Universitas Gadjah Mada

DTMI departemen teknik mesin dan industri

KMPTI-UGM

SeNTI_UGM 2019

SEMINAR NASIONAL TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS GADJAH MADA 2019

FRONTIERS IN *INDUSTRIAL ENGINEERING*

PROCEEDING

Prosiding

SEMINAR NASIONAL TEKNIK INDUSTRI 2019
UNIVERSITAS GADJAH MADA

Frontiers in Industrial Engineering

Yogyakarta, 09 Oktober 2019

Diterbitkan oleh:
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada

Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri 2019
Frontiers in Industrial Engineering

***Editor*:** Ir. Nur Aini Masruroh, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM, ASEAN Eng., Ir. Muhammad Kusumawan Herliansyah, S.T., M.T., Ph.D., IPM, ASEAN Eng., Ir. Fitri Trapsilawati, S.T., Ph.D., IPM, ASEAN Eng.

Reviewer:

Agus Darmawan, S.T., M.S. Ph.D.	(Universitas Gadjah Mada)
Anak Agung Ngurah Perwira Redi, S.Kom., M.B.A., Ph.D.	(Universitas Pertamina)
Anita Nofiana, S.T., M.Sc.	(Dinas Tenaga Kerja)
Ardiyanto, S.T., M.Sc.	(Universitas Gadjah Mada)
Ary Arvianto, S.T., M.T.	(Universitas Diponegoro)
Astrid Wahyu A W., S.T., M.Sc.	(Universitas Pembangunan Nasional)
Berty Dwi Rahmawati, S.T., M.Sc.	(Universitas Pembangunan Nasional)
Deny Ratna Yuniartha, S.T., M.T.	(Universitas Atma Jaya)
Dr.Eng. Meilinda Fitriani Nur Maghfiroh, S.T., M.B.A.	(Universitas Sampoerna)
Dr.Eng. Titis Wijayanto, S.T., M.Des., IPM.	(Universitas Gadjah Mada)
Hilya Mudrika Arini, S.T., M.Sc., M.Phil., Ph.D.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Andi Sudiarso, S.T., M.Sc., M.T., Ph.D., IPM.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Anna Maria Sri Asih, S.T., M.M., M.Sc., Ph.D., IPM, ASEAN Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Budi Hartono, S.T., M.PM., Ph.D., IPM. ASEAN Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Fitri Trapsilawati, S.T., Ph.D., IPM, ASEAN Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. I Gusti Bagus Budi Dharma, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Muhammad Kusumawan Herliansyah, S.T., M.T., Ph.D., IPM, ASEAN Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Nur Aini Masruroh, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM, ASEAN Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Nur Mayke Eka Normasari, S.T., M.Eng., IPM.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Rini Dharmastiti, M.Sc., Ph.D., IPM.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Subagyo, Ph.D., IPM, ASEAN Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Ismianti, S.T., M.Sc.	(Universitas Pembangunan Nasional)
Muhammad Adha Ilhami, S.T., M.T.	(Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)
Orchida Dianita, S.T., M.Sc., M.B.A.	(Universitas Gadjah Mada)
Retno Wulan Damayanti, S.T., M.T.	(Universitas Negeri Sebelas Maret)
Sekar Sakti, S.T., M.Sc., M.B.A.	(Universitas Gadjah Mada)

ISBN : 978-623-92050-0-3

© 2019 Departemen Teknik Mesin dan Industri,
Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Alamat : Jalan Grafika No. 2, Yogyakarta, 55281
Email : senti.ft@ugm.ac.id

KATA PENGANTAR

Seminar Nasional Teknik Industri (SeNTI) merupakan seminar nasional tahunan yang diselenggarakan oleh Program Studi Magister Teknik Industri Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada (UGM). SeNTI merupakan wadah bagi para peneliti, praktisi, dan mahasiswa untuk mendiseminasikan serta memperoleh pengetahuan terbaru pada bidang teknik dan teknologi industri.

Tahun ini, SeNTI kembali diselenggarakan dengan mengusung tema "*Frontiers in Industrial Engineering".* Tema ini merepresentasikan keilmuan dan capaian-capaian terkini pada bidang keteknikindustrian. Makalah-makalah yang dipresentasikan pada SeNTI 2019 secara umum meliputi empat pilar teknik industri yaitu bidang Ergonomika, Riset Operasi, Teknik Produksi, dan Sistem Manufaktur. Abstrak dari makalah-makalah tersebut disusun di dalam *Proceding* SeNTI 2019 ini. Penerbitan *Proceding* SeNTI 2019 ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan penelitian di masa mendatang, serta memacu sinergi dan kolaborasi antar para akademisi dan praktisi di bidang keteknikindustrian.

Kesuksesan acara ini didukung oleh partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih dihaturkan kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan SeNTI 2019 ini baik pembicara utama, *reviewer*, pemakalah, pihak *sponsor*, peserta, dan seluruh panitia yang terlibat. Kami menyampaikan permohonan maaf apabila terdapat kekurangan atau kesalahan pada penyusunan *Proceding* SeNTI 2019 ini.

Yogyakarta, 09 Oktober 2019

Fitri Trapsilawati, S.T., Ph.D.
NIP. 11119890520180220

ISBN 978-623-92050-0-3

Halaman ini sengaja dikosongkan

SUSUNAN PANITIA

Pengarah

Dekan Fakultas Teknik UGM
Prof. Ir. Nizam, M.Sc., Ph.D.
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM
Prof. Mochammad Noer Ilman, S.T., M.Sc., Ph.D.
Ketua Program Studi Sarjana Teknik Industri Fakultas Teknik UGM
Bertha Maya Sopha, ST., M.Sc., Ph.D.
Ketua Program Studi Magister Teknik Industri Fakultas Teknik UGM
M. Kusumawan Herliansyah, ST., MT., Ph.D.

Penanggung jawab

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM
Prof. Mochammad Noer Ilman, S.T., M.Sc., Ph.D.

Panitia

Ketua Panitia	: Fitri Trapsilawati, S.T., Ph.D.
Sekretariat	: Hilya Mudrika Arini, S.T., M.Sc., M.Phil., Ph.D.
Proceeding	: Ir. Rini Dharmastiti, M.Sc., Ph.D.
Bendahara	: Sinta Sulistyo S.T., MSIE.
Sie Dana Usaha dan *Sponsorship*	: Ir. Subagyo, Ph.D.
Sie Acara	: Budi Hartono, S.T, MPM, Ph.D.
Sie Humas, Publikasi, Dokumentasi	: IGB Budi Dharma, S.T, M.Eng, Ph.D.
Sie Perlengkapan	: Andi Rahadiyan Wijaya, S.T, M.Sc, Lic., Ph.D.
Koordinator Reviewer	: Nur Aini Masruroh, S.T, M.Sc.,Ph.D.
Sie Konsumsi	: Anna Maria Sri Asih, S.T., M.M., M.Sc., Ph.D.
Koordinator Mahasiswa	: Salsabila Amnes K.T.,S.T.
Kesekretariatan	: Nurul Atikah, S.T.
Proceeding/KSK	: Andy Nurul Y P, S.T.
	: Nia Sastra Permata, S.T.
	: Winda Wulandari, S.T.
Bendahara	: Nurhikmah Fajar, S.S.T.
	: Dwi Adi Purnama, S.T
Dana Usaha	: Sony Candra S, S.T.
	: Irene Hanusia I S, S.T.
	: Harun Indra K, S.T.
	: Galih Mahardika M, S.T.
Acara	: Andita Nirmala, S.T.P.
	: Annisa Dewi Akbari, S.T.

	: Laksmira KA, S.T.P.
	: Muhammad Ave Sina, S.T.
Publikasi, Dekorasi, Dokumentasi	: Aiza Yudha P, S.T.
	: Miftah Arya K, S.T.
	: Rafi Dio, S.T.
	: Surya Yuniar, S.T.
	: Faradhina Azzahra, S.T.
Konsumsi dan Perlengkapan	: Maria Gratiana Dian J., S.T.
	: Nevia Yulfa Fadhlika, S.T.
	: Eka Rachmadi, S.T.
	: Unggul Setiaji, S.T.
	: Riza Said, S.T.
	: Happy Wahyu P., S.T.

Editor :

Ir. Nur Aini Masruroh, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM, ASEAN Eng.
Ir. Muhammad Kusumawan Herliansyah, S.T., M.T., Ph.D., IPM, ASEAN Eng.
Ir. Fitri Trapsilawati, S.T., Ph.D., IPM, ASEAN Eng.

Reviewer :

Agus Darmawan, S.T., M.S. Ph.D.	(Universitas Gadjah Mada)
Anak Agung Ngurah Perwira Redi, S.Kom., M.B.A., Ph.D.	(Universitas Pertamina)
Anita Nofiana, S.T., M.Sc.	(Dinas Tenaga Kerja)
Ardiyanto, S.T., M.Sc.	(Universitas Gadjah Mada)
Ary Arvianto, S.T., M.T.	(Universitas Diponegoro)
Astrid Wahyu A W., S.T., M.Sc.	(Universitas Pembangunan Nasional)
Berty Dwi Rahmawati, S.T., M.Sc.	(Universitas Pembangunan Nasional)
Deny Ratna Yuniartha, S.T., M.T.	(Universitas Atma Jaya)
Dr.Eng. Meilinda Fitriani Nur Maghfiroh, S.T., M.B.A.	(Universitas Sampoerna)
Dr.Eng. Titis Wijayanto, S.T., M.Des., IPM.	(Universitas Gadjah Mada)
Hilya Mudrika Arini, S.T., M.Sc., M.Phil., Ph.D.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Andi Sudiarso, S.T., M.Sc., M.T., Ph.D., IPM.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Anna Maria Sri Asih, S.T., M.M., M.Sc., Ph.D., IPM, ASEAN Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Budi Hartono, S.T., M.PM., Ph.D., IPM. ASEAN Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Fitri Trapsilawati, S.T., Ph.D., IPM, ASEAN Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. I Gusti Bagus Budi Dharma, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Muhammad Kusumawan Herliansyah, S.T., M.T., Ph.D., IPM, ASEAN Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Nur Aini Masruroh, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM, ASEAN Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Nur Mayke Eka Normasari, S.T., M.Eng., IPM.	(Universitas Gadjah Mada)

ISBN 978-623-92050-0-3

Ir. Rini Dharmastiti, M.Sc., Ph.D., IPM.	(Universitas Gadjah Mada)
Ir. Subagyo, Ph.D., IPM, ASEAN Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Ismianti, S.T., M.Sc.	(Universitas Pembangunan Nasional)
Muhammad Adha Ilhami, S.T., M.T.	(Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)
Orchida Dianita, S.T., M.Sc., M.B.A.	(Universitas Gadjah Mada)
Retno Wulan Damayanti, S.T., M.T.	(Universitas Negeri Sebelas Maret)
Sekar Sakti, S.T., M.Sc., M.B.A.	(Universitas Gadjah Mada)

ISBN 978-623-92050-0-3

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL **i**
KATA PENGANTAR **iii**
SUSUNAN PANITIA **v**
DAFTAR ISI **viii**

ER- ERGONOMIKA

Judul dan Penulis	Halaman
Perancangan Alat Pemotong Tahu untuk Mengurangi Waktu Proses dan Gerakan Repetitif (Studi Kasus: Industri Pengolahan Tahu Tradisional Kampung Krajan Surakarta) **Anindya R Lakhsita, Rahmaniyah Astuti dan Bambang Suhardi**	ER-1
Usulan Strategi Pemasaran Menggunakan Metode ANP dan TOPSIS di UKM Seprei Aneka Collection **Dewi Diniaty, Rizky Andrean Simanjuntak, dan Muhammad Nur**	ER-10
Perancangan Perbaikan Alat Kerja pada Pabrik Tahu Pak Utar Dengan Pendekatan Ergonomi **Fadhillah Royhan dan Nurfajriah**	ER-19
Perancangan Mesin Penggoyang Wijen pada Industri Rumahan Onde – Onde di Dusun Gaduhan, Yogyakarta dengan Pendekatan Ergonomi Antropometri **Muhammad Irvan Dwi Putra, Nur Erzha Vidawati, Rizki Melati Febbyola Raflyani, Lia Illfiana, dan Tri Wibawa**	ER-23
Analisis Potensi Limbah Buah-buahan Sebagai Pupuk Organik Cair **Muhammad Nur**	ER-28
Perbandingan Analisis Pengukuran Beban Kerja Psikologis pada Perawat Menggunakan Metode NASA-TLX dan RSME (Studi Kasus di Rumah Sakit di Daerah Banyumas) **Reisya Nurrianti, Niko Siameva Uletika, dan Rani Aulia Imran**	ER-33
Analisa Beban Kerja Mental Divisi HR & GA PT. Pertamina Transkontinentall dengan Metode Rating Scale Mental Effort **Samuel Hamonangan Pandiangan, Manik Mahachandra dan Naniek Handayani**	ER-42

ISBN 978-623-92050-0-3

Judul dan Penulis	Halaman
Perancangan Meja Kerja Produksi Tahu Berdasarkan Analisis NBM, QEC, dan RULA (Studi Kasus: Industri Pengolahan Tahu Tradisional Kampung Krajan Surakarta) **Shofitri D Hanifah, Rahmaniyah Astuti dan Wakhid Jauhari**	ER-47
Usulan Perancangan Mesin Injection Plastik Daur Ulang pada Ecoro Project Dengan Pendekatan Ergonomi **Tegar Isanto dan Nurfajriah**	ER-55
Profiling Beban Kerja Mental Dosen **Yasdin dan Andi Rahadiyan Wijaya**	ER-60

RO – RISET OPERASI

Judul dan Penulis	Halaman
Optimasi Penjadwalan Shift Kerja Waiters Dengan Tujuan Pemerataan Jumlah Waiters Setiap Shift serta Menghindari Pola Terisolasi, dan pada Restaurant Menggunakan Metode *Goal Programming* (Studi Kasus : Hotel 'X' Di Jakarta) **Agustinus Silalahi, Riana Magdalena, Jeremy Verrel Satrio**	RO-1
Simulasi Pengelolaan Sampah Plastik di Kota Yogyakarta Berbasis Perilaku Masyarakat: Studi Literatur **Andana Dwi Aprilia Rakadiputra, Anna Maria Sri Asih**	RO-12
Analisis Kualitas Pelayanan Perpustakaan Dengan Metode Kano Studi Kasus Dinas Perpustakaan Dan Kearsipan Provinsi Lampung **Emy Khikmawati, Marcelly Widya Wardana, Siti Nur Rohma**	RO-18
Pengembangan Model Jaringan Rantai Pasok dengan Inventory Control dan Permintaan Stokastik **Famila Dwi Winati, Nur Aini Masruroh, Agus Darmawan**	RO-24
Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Stasiun Kutablang dengan Metode *Project Evaluation And Review Technique* (PERT) dan *Critical Path Method (*CPM) **Farhan Jordan Akbar, Manik Mahachandra, Naniek Utami Handayani**	RO-31

ISBN 978-623-92050-0-3

Judul dan Penulis	Halaman
Analisis Pengendalian Persediaan *Critical Spare Part* Pada Salah Satu Unit Perusahaan *Refinery* Di Indonesia **Hanissa Okitasari, Nur Aini Masruroh**	RO-38
Usulan Perancangan Sistem Antrian pada Kasir *Lotte Mart Wholesale* dengan Metode Simulasi **Kartinasari Ayuhikmawati Sekarjati, Argaditia Mawadati**	RO-47
Penentuan Prioritas Permasalahan Program Jak Lingko DKI Jakarta Menggunakan Pendekatan *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) **Rini Indahwati, Alina Cynhia Dewi, Nurfajriah**	RO-53
Pengaruh Digital Marketing, *Profitability*, Literasi Keuangan, dan Pendapatan terhadap Keputusan Investasi LAT (Lobster Air Tawar) PT. Tri Karya Makmur Jaya **Siti Muhimatul Khoiroh, Siti Mundari, Roikan Sofianto**	RO-60
Pengembangan Model Strategi Pembinaan Sentra UKM Kerajinan Bambu Kabupaten Sleman **Yulinda Uswatun Kasanah, Nur Aini Masruroh**	RO-67

TP-TEKNIK PRODUKSI

Judul dan Penulis	Halaman
Kajian Faktor Kesuksesan Implementasi Total *Quality Management* di Perguruan Tinggi **Afiqoh Akmalia Fahmi, Subagyo**	TP-1
Perancangan Kompartemen Muatan Roket RPX 100 **Agus Budi Djatmiko, Mahfud Ibadi, Ronald Gunawan Putra, Haryadi Abrizal**	TP-7
Analisis Kebutuhan dan Spesifikasi *Electric Shuttle Car* untuk Penumpang di Bandar Udara **Ahmartiago Aspurwa, M. Arif Wibisono, I Gusti Bagus Budi Dharma, Alva Edy Tontowi, R. Rachmat A. Sriwijaya, Heru Santoso Budi Rochardjo, Andi Sudiarso**	TP-14

ISBN 978-623-92050-0-3

Judul dan Penulis	Halaman
Perancangan Ulang Fasilitas Produksi Guna Meningkatkan Output Produksi **Arum Anindita Ramadhana, Putu Eka Dewi Karunia Wati**	TP-19
Analisis Sensitivitas pada Pengelolaan *Inventory* Bahan Baku di Industri Kayu **Aulia Rahma Wanudya, Hilyatun Nuha**	TP-24
Kajian Penerapan Total Quality Management di Industri Jasa Perhotelan **Desita Nur Rachmaniar, Subagyo**	TP-30
Evaluasi Penggunaan Data Media Sosial Sebagai Pengembangan *Tools* Prediksi Kesuksesan Produk **Dwi Adi Purnama, Subagyo, Nur Aini Masruroh**	TP-34
Proyeksi Ketersediaan Sistem dan Biaya *Repowering* dengan Metode *Cost Estimation Ratio* Pada Kilang Minyak di Indonesia **Dyah Sukmawati, Muhammad Herliansyah**	TP-41
Kaji Numerik dan Eksperimental Penggunaan Ejektor Sebagai Alat Ekspansi pada Pengkondisi Udara Jenis Split Mengggunakan *Refrigeran* Propana **Kasni Sumeru, Yudi Prana Hikmat**	TP-46
Penjadwalan Penggantian Komponen Mesin Press Selang Hidrolik di CV RHODA JAYA **Nur Aziza, Wahyu Aji Prastiyo, Wiwin Widiasih**	TP-54
Usulan Perbaikan Tata Letak Ruang Perkantoran Fakultas Teknik Menggunakan Metode CORELAP *(Computerized Relationship Layout Planning)* **Oki Rizkiyanto, Ratih Setyaningrum, Jazuli**	TP-60
Peningkatan Pengetahuan dan Motivasi Belajar Mahasiswa dengan Menggunakan 3D *Printing* **Poppy Nandasari, Herianto**	TP-65
Usulan Strategi Mitigasi Risiko UMKM *Handycraft* Di Sentra UKM Purabaya **Putri Shinta Yuniawati, Wiwin Widiasih**	TP-69

ISBN 978-623-92050-0-3

Judul dan Penulis	Halaman
Perancangan Produk Loyang Prasmanan untuk Meningkatkan Efisiensi Pada UKM Catering Menggunakan Metode HOQ **Rheza Adnandy, Saniy Zahrah Firdausa, M. Roy Ali Saputra, Debrina Puspita Andriani**	TP-75
Peramalan Persediaan Darah Pada Unit Transfusi Darah PMI Kota Yogyakarta **Rineita Diah Iriani, Muhammad Kusumawan H**	TP-83
Perancangan Struktur Tabung Motor Roket RX 320 Lapan Akibat Temperatur dan Tekanan **Ronald Gunawan Putra, Mahfud Ibadi, Agus Budi Djatmiko, Antonius Apriyanto**	TP-89
Analisis Pengendalian Persediaan Produk Darah Pada Unit Pelayanan Bank Darah Rumah Sakit X Yogyakarta **Rozar Rayendra, Bertha Maya Sopha**	TP-95
Perancangan Produk Terminal Listrik pada UKM Kota Malang dengan Metode *Quality Function Deployment* (QFD) **Qurrota A'yunin, Adinda Nur Ramadhani Nainggolan, Muhammad Syaifurrizal Majid , Debrina Puspita Andriani**	TP-100
Redesign Produk Anjun Pada UKM Keramik Dengan Menggunakan Metode *Quality Function Deployment* (QFD) **Vina Dwi Novianti, Yuka Putri, Arga Bayu, Debrina Puspita Andriani**	TP-107

M – MANUFAKTUR

Judul dan Penulis	Halaman
Analisis Penggunaan Mesin *Offset* Printing dengan Menggunakan Algoritma C4.5 **Agustinus Alfian Anwar, Ilma Visi Rahmani, Azizah Putri Nur Aini dan Debrina Puspita Andriani**	M-1
Pengaruh Serat Alam dari Limbah Kayu Bangkirai terhadap Modulus Elastisitas Material Komposit **Andromeda D Laksono, Lusi Ernawati, dan Desy Maryanti**	M-5
Identifikasi Waktu Kerusakan Mesin Ditinjau dari Tingkat Keandalan,	M-10

ISBN 978-623-92050-0-3

Judul dan Penulis	Halaman
Waktu Perbaikan, dan Spesifikasi Mesin **Chieka Nabella Primanocthora dan Subagyo**	
Pengembangan Prototipe Sistem untuk *Concept Generation* pada Perancangan Produk **Debrina Puspita Andriani, Fakhriyudha dan Febrina Puji Purwandani**	M-15
Perbaikan Tata Letak Fasilitas Dengan Algoritma *Craft* Guna Meminimasi Ongkos *Material Handling* (Studi Kasus CV. Surabaya Trading & Co) **Ferdianto Hermawan dan Putu Eka Dewi Karunia Wati**	M-26
Karakteristik Hasil Pelapisan Kitosan-Kurkumin pada material *stent Stainless Steel* 316L dengan Metode Electrophoretic Deposition (EPD) **Ibnu Rosyid Al Hassany dan Muhammad Kusumawan Herliansyah**	M-31
Analisis Desain Mesin CNC Batik Tulis **Irvan setiawan dan Andi Sudiarso**	M-36
Kajian Awal Implementasi dan Evaluasi Lean Manajemen Informasi Terhadap Kinerja Pelayanan Pada Proses Administrasi Akademik **Krisnawati dan I Gusti Bagus Budi Dharma**	M-42
Implementation of Group Technology to Improve Production Layouts in the Furniture Industry **Orchida Dianita, Thomas Djorgie, Muhammad Kusumawan Herliansyah**	M-46
Pengaruh *Briefing* Pagi Terhadap Motivasi Kerja Pegawai pada Departemen Housekeeping pada Industri Resort di Indonesia **Realita Prodea, Mahendra Habriantama, Widya Rahayu Utami, dan Debrina Puspita Andriani**	M-50
Analisis Pengaruh Parameter Operasional Mesin Ekstrusi Terhadap Konsistensi Produk Filamen **Rony Azmi Faisal dan Herianto**	M-56

ISBN 978-623-92050-0-3

Judul dan Penulis	Halaman
Perancangan Sistem Kerja untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi dengan Pendekatan Keseimbangan Lintasan Perakitan pada Produk *Circuit Breaker* **Rosmiyati dan Hery Murnawan**	M-62
Perancangan Tata Letak Fasilitas Produksi *(Relayout)* Guna Perluasan Area Produksi Pengecoran Logam **Sumara Hartik dan Hery Murnawan**	M-67
Identifikasi Hubungan Keterkaitan Faktor-Faktor Pendukung Penerapan *Lean manufacturing di Indonesian Aerospace (IAe)* **Wiwin Widiasih, Niza Nurmalasari dan Lucky Handayani**	M-72
Peningkatan Kualitas Alat Bantu Pemotong Tempe pada UKM Keripik Tempe Menggunakan HOQ **Yayan Adi Prastyo, Sulchi Tauzinal Maghlidah, Adam Khano, dan Debrina Puspita Andriani**	M-76

ISBN 978-623-92050-0-3

ER - ERGONOMI

Departemen Teknik Mesin dan Industri FT UGM
ISBN 978-623-92050-0-3

Perancangan Alat Pemotong Tahu untuk Mengurangi Waktu Proses dan Gerakan Repetitif

(Studi Kasus: Industri Pengolahan Tahu Tradisional Kampung Krajan Surakarta)

1st Anindya Ratna Lakhsita
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret
Surakarta, Indonesia
anindyaratnaa@gmail.com

2nd Rahmaniyah Dwi Astuti
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret
Surakarta, Indonesia
niyah22@gmail.com

3rd Bambang Suhardi
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret
Surakarta, Indonesia
bambangsuhardi@staff.uns.ac.id

Abstrak*—Industri Tahu Sari Murni merupakan salah satu industri tahu di Surakarta. Proses produksi tahu di industri ini menggunakan alat tradisional untuk menjaga kualitas dari tahu. Salah satu proses dari keseluruhan proses produksi mengandung beberapa gerakan repetitif yaitu pada proses pemotongan tahu. Selain itu, tingginya jumlah gerakan repetitif menyebabkan tingginya waktu proses pemotongan. Maka dari itu diperlukan adanya perancangan alat pemotong tahu yang bertujuan untuk mengurangi waktu proses pemotongan dan gerakan repetitif yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan perhitungan waktu baku untuk menghitung waktu yang diperlukan pada proses pemotongan menggunakan alat saat ini, penilaian *Assessment of Repetitive Tasks Tool* untuk menilai faktor risiko yang menjadi fokus kebutuhan perancangan alat, serta analisis gerakan menggunakan peta tangan kiri dan tangan kanan. Berdasarkan penilaian *Assessment of Repetitive Tasks Tool*, faktor risiko pengulangan, pergerakan lengan, serta kecepatan kerja menunjukkan pada level risiko medium. Sedangkan faktor risiko tekanan, postur lengan, dan postur genggaman tangan menunjukkan pada level risiko tinggi. Peta tangan kiri dan tangan kanan menunjukkan adanya beberapa gerakan yang tidak efektif dan berulang pada proses pemotongan tahu. Perancangan alat pemotong tahu menggunakan metode NIDA (*Need, Idea, Decision, and Action*) menghasilkan alat pemotong tahu yang dapat memenuhi kebutuhan pada proses pemotongan tahu di Industri Tahu Sari Murni.

Keywords—Gerakan Repetitif, Perhitungan Waktu Baku, Assessment of Repetitive Tasks (ART) Tool, Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan, NIDA (Need, Idea, Decision, and Action)

I. PENDAHULUAN

Tahu merupakan makanan yang terbuat dari kedelai. Tahu sebagai salah satu produk olahan dari kedelai merupakan sumber protein yang sangat baik sebagai bahan substitusi bagi protein susu, daging, dan telur karena jumlah protein yang dikandungnya serta daya cernanya yang tinggi [1]. Tahu merupakan makanan yang digemari oleh masyarakat Indonesia. Terdapat peningkatan jumlah konsumsi tahu perkapita pada setiap tahunnya. Untuk 3 tahun terakhir, yaitu pada tahun 2016 sejumlah 0,151 kg, pada tahun 2017 sejumlah 0,157 kg, dan pada tahun 2018 sejumlah 0,158 kg [2]. Peningkatan permintaan tahu memicu perkembangan industri tahu di Indonesia.

Industri Tahu Sari Murni merupakan salah satu produsen tahu yang bertempat di Kampung Krajan, Kecamatan Mojosongo, Kota Surakarta. Proses produksi tahu bersifat sederhana sehingga alat yang digunakan bersifat manual dan tradisional untuk menjaga kualitas tahu yang dihasilkan.

Gerakan repetitif adalah aktivitas yang diulang setiap 15 detik dan lebih dari 4 kali per menit yang terjadi dalam lebih dari 50% dari waktu kerja keseluruhan [3]. Proses pemotongan tahu merupakan salah satu proses produksi tahu yang menghasilkan jumlah gerakan repetitif yang tinggi. Dengan menggunakan pisau potong dan penggaris kayu, maka proses pemotongan menghasilkan gerakan repetitif sejumlah 18 kali untuk memotong 1 loyang tahu. Pekerjaan dengan gerakan berulang dapat menimbulkan kebosanan. Kebosanan yang terjadi pada waktu singkat tidak memberikan pengaruh namun kemungkinan buruk yang terjadi adalah bila

ISBN 978-623-92050-0-3

berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Hal ini dapat menyebabkan stress bagi karyawan dan berdampak pada penurunan kinerja [4]. Hal tersebut ditandai dengan adanya ketidakseragaman hasil potongan tahu. Tingginya gerakan repetitif juga mengakibatkan tingginya waktu proses yang dibutuhkan saat pemotongan.

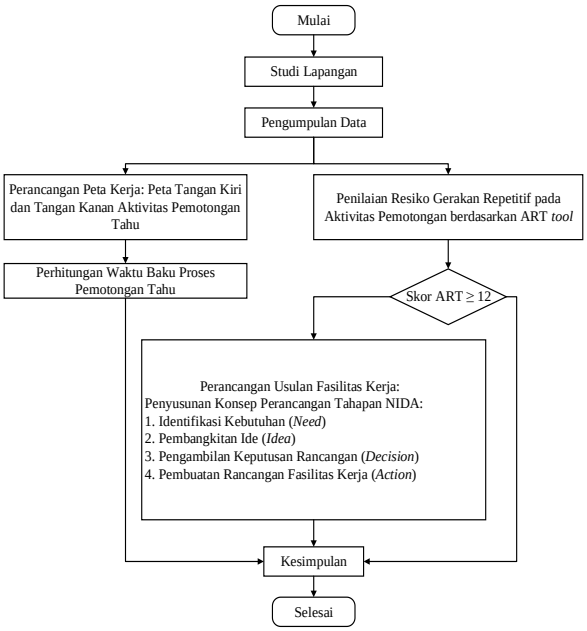
Pekerjaan manual repetitif dalam industri dapat menimbulkan gangguan pada anggota tubuh bagian atas [5]. *Assessment of Repetitive Tasks Tool* diterapkan untuk menilai risiko yang ditimbulkan dari gerakan berulang terhadap anggota tubuh bagian atas [6]. *Assessment of Repetitive Tasks Tool* tepat digunakan untuk pekerjaan yang melibatkan gerakan pada anggota tubuh bagian atas, berulang setiap beberapa menit, dan diulang setiap 1-2 jam per hari atau per *shift*. Analisis studi gerak dan waktu juga diterapkan dalam penelitian ini. Analisis studi gerak dan waktu merupakan analisis yang tepat untuk mengurangi gerakan berulang dan untuk menghitung rata – rata waktu yang diperlukan pekerja untuk menyelesaikan tugas [7]. Studi gerakan digunakan untuk menganalisis beberapa gerakan badan pekerja/operator dalam menyelesaikan pekerjaannya sehingga diharapkan gerakan – gerakan yang tidak efektif dapat dikurangi atau dihilangkan, sehingga dapat menghemat waktu kerja dan pemakaian fasilitas yang digunakan dalam pekerjaannya [8]. Peta tangan kiri-tangan kanan merupakan suatu alat dari studi gerakan untuk mengetahui gerakan – gerakan yang dilakukan oleh tangan kiri dan tangan kanan dalam melakukan pekerjaan yang biasanya adalah proses perakitan [9]. Sedangkan studi waktu bertujuan untuk menentukan waktu yang diperlukan pekerja dengan tugasnya untuk menyelesaikan pekerjaan secara normal [10].

Untuk mengurangi waktu proses dan menyederhanakan pekerjaan dapat menggunakan alat bantu produksi [11]. Alat bantu produksi yang dirancang yaitu alat pemotong tahu. Dengan adanya alat pemotong tahu, maka dapat mempercepat proses pemotongan tahu dan hasil potongan tahu menjadi seragam. Terdapat beberapa penelitian terdahulu mengenai perancangan alat pemotong tahu. Penelitian oleh Siboro et al menghasilkan alat pemotong tahu secara fisik [12]. Alat yang dihasilkan dapat meringkas gerakan dari proses pemotongan tahu dari 22 gerakan menjadi 2 gerakan sehingga dapat mempercepat proses pemotongan tahu. Penelitian oleh Wibowo et al menghasilkan alat pemotong tahu secara fisik yang dapat meningkatkan produktivitas industri tahu [13]. Serta penelitian oleh Izzhati yang menghasilkan rancangan alat pemotong tahu yang dirancang berdasarkan analisis RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) [14].

Metode perancangan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode NIDA. Metode NIDA terdiri dari 4 tahap (*Need, Idea, Decision*, dan *Action*). Tahap pertama yaitu seorang perancang menetapkan dan mengidentifikasi kebutuhan, kemudian dilanjutkan dengan pengembangan ide yang akan melahirkan alternatif untuk memenuhi kebutuhan lalu dilakukan suatu penilaian dan penganalisaan terhadap berbagai alternative yang ada, sehingga perancang dapat memutuskan suatu alternatif yang terbaik. Dan pada akhirnya dilakukan suatu proses pembuatan [15]

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada proses pemotongan tahu di Industri Tahu Sari Murni Mojosongo. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: kamera *smartphone* untuk merekam proses pemotongan tahu, Perhitungan Waktu Baku menggunakan *Stopwatch Time Study* untuk menentukan waktu standar yang diperlukan dalam proses pemotongan tahu, Peta Kerja: Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan untuk menggambarkan proses pekerjaan yang dilakukan oleh tangan kiri dan tangan kanan pekerja secara detail dalam melakukan proses pemotongan tahu, *Assessment of Repetitive Tasks Tool* untuk menilai risiko dari anggota tubuh bagian atas yang diakibatkan oleh gerakan repetitif serta memperoleh informasi bagian yang mempunyai level risiko tinggi yang digunakan untuk menentukan kebutuhan rancangan alat, Wawancara dengan pemilik dan pekerja di Industri Tahu Sari Murni untuk menentukan kebutuhan rancangan alat, metode NIDA (*Need, Idea, Decision*, dan *Action*) sebagai metode perancangan alat, dan *software Autodesk Inventor* untuk merancang desain alat pemotong tahu. Objek dari penelitian ini yaitu aktivitas pada proses pemotongan tahu di Industri Tahu Sari Murni. Sedangkan responden dari penelitian ini yaitu pemilik dan pekerja di Industri Tahu Sari Murni. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar. 1 sebagai berikut:



ISBN 978-623-92050-0-3

Gambar. 1. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Pengumpulan Data*

Pengumpulan data yang dilakukan yaitu berupa waktu proses pemotongan tahu di Industri Tahu Sari Murni yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut:

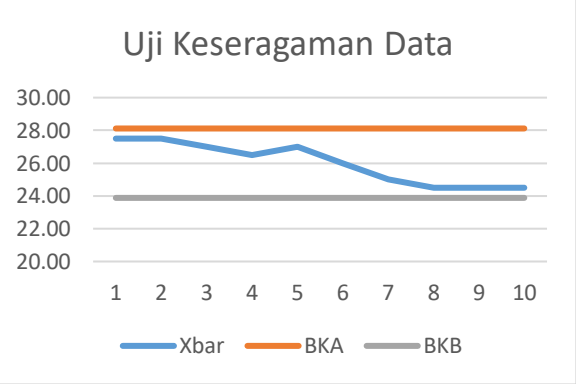
TABEL I. WAKTU PROSES PEMOTONGAN TAHU

Pengamatan Ke-	Waktu (s)	Pengamatan Ke-	Waktu (s)
1	21	11	25
2	21	12	25
3	21	13	26
4	21	14	27
5	22	15	30
6	22	16	32
7	23	17	32
8	23	18	33
9	24	19	34
10	24	20	34

Data waktu proses pemotongan tahu sejumlah 20 data dibagi menjadi 10 *subgroup*.

Setelah pengumpulan data waktu proses pemotongan tahu, lalu dilakukan uji keseragaman dan uji kecukupan data. Berikut adalah perhitungan uji keseragaman dan uji kecukupan data.

1) Uji Keseragaman Data: Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh sudah seragam, yang ditandai dengan tidak adanya data keluar dari batasan (out of control) [16]. Gambar. 2 menunjukkan grafik hasil uji keseragaman data.



Gambar. 2.Grafik Uji Keseragaman Data

Berdasarkan uji keseragaman data, data pengamatan yang telah diambil telah seragam.

2) Uji Kecukupan Data: Uji kecukupan data dilakukan untuk menguji apakah data pengataman telah mencukupi atau tidak [16].

$$N' = \left[\frac{40\sqrt{N\ \Sigma X_j{}^2 - \left(\Sigma X_j\right)^2}}{\Sigma X_j}\right] \quad (1)$$

$$N' = 7{,}1$$

Nilai dari N > N', maka data pengamatan yang diperoleh telah mencukupi.

B. *Perhitungan Waktu Baku*

Perhitungan waktu baku dilakukan untuk menentukan waktu standar dalam proses pemotongan 1 loyang tahu. Berikut adalah perhitungan waktu baku dari proses pemotongan tahu.

- Waktu Siklus

$$Ws = \frac{\Sigma Xi}{N} \quad (2)$$

$$Ws = 26{,}0\ detik$$

- Waktu Normal

$$Wn = Ws\ x\ p \quad (3)$$

Dengan nilai penyesuaian = 1,25

$$Wn = 32{,}5\ detik$$

- Waktu Baku

$$Wb = Wn\ x \frac{100\%}{100\% - Allowance\%} \quad (4)$$

$$Wb = 43{,}9\ detik$$

Dengan faktor kelonggaran yang dijabarkan pada Tabel 2 berikut:

TABEL II. FAKTOR KELONGGARAN

No	Faktor	Kelonggaran
1	Tenaga yang dikeluarkan	6%
2	Sikap kerja	1%
3	Gerakan kerja	0%
4	Kelelahan mata	2%
5	Keadaan suhu tempat kerja	10%
6	Keadaan atmosfer	5%
7	Keadaan lingkungan yang baik	2%
	Total	**26%**

Pada tenaga yang dikeluarkan termasuk dalam kategori sangat ringan, sikap kerja dengan berdiri di atas dua kaki, gerakan kerja yang normal, kelelahan mata termasuk dalam kategori pandangan yang terputus-putus, keadaan suhu tempat kerja yang tinggi, keadaan atmosfer yang cukup, serta siklus kerja yang berulang antara 0-5 detik.

C. *Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan*

Peta tangan kiri dan tangan kanan dilakukan untuk menunjukkan gerakan yang dilakukan oleh tangan kiri

ISBN 978-623-92050-0-3

dan tangan kanan secara detail. Peta tersebut ditunjukkan pada Tabel 3 di bawah ini:

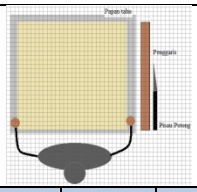
TABEL III. PETA TANGAN KIRI-TANGAN KANAN

PETA TANGAN KIRI TANGAN KANAN

PEKERJAAN: MEMOTONG TAHU

SEKARANG ☑ USULAN ☐

DIPETAKAN OLEH: ANINDYA RATNA L





Tangan kiri	Jarak (cm)	Waktu (s)	Lam-bang		Waktu (s)	Jarak (cm)	Tangan kanan
Menunggu	-	3	D	RE	3	60	Menjangkau
Menunggu	-		D	G		-	Memegang
Memegang	60		M	M		-	Membawa
Tangan kiri	Jarak (cm)	Waktu (s)	Lam-bang		Waktu (s)	Jarak (cm)	Tangan kanan
Mengarahkan	55	2	P	M	2	-	Membawa
Memegang	-		H	P		55	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	55	1	P	M	1	-	Membawa
Memegang	-		H	P		50	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	50	1	P	M	1	-	Membawa
Memegang	-		H	P		45	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	45	1	P	M	1	-	Membawa
Memegang	-		H	P		40	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	40	1	P	M	1	-	Membawa
Memegang	-		H	P		35	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	35	1	P	M	1	-	Membawa
Memegang	-		H	P		30	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	30	1	P	M	1	-	Membawa
Memegang	-		H	P		25	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	25	1	P	M	1	-	Membawa
Memegang	-		H	P		20	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	20	1	P	M	1	-	Membawa
Memegang	-		H	P		15	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	15	2	P	M	2	-	Membawa
Memegang	-		H	P		30	Mengarahkan
Memegang	-	1	H	U	1	-	Memotong
Mengarahkan	30	1	P	M	1	-	Membawa
Memegang	-		H	P		30	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	30	1	P	M	1	-	Membawa
Memegang	-		H	P		30	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	30	1	P	M	1	-	Membawa
Tangan kiri	Jarak (cm)	Waktu (s)	Lam-bang		Waktu (s)	Jarak (cm)	Tangan Kanan
Memegang	-	1	H	P	1	30	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	30		P	M		-	Membawa
Memegang	-		H	P		30	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	30	1	P	M	1	-	Membawa
Memegang	-		H	P		30	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	30	1	P	M	1	-	Membawa
Memegang	-		H	P		30	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	30	1	P	M	1	-	Membawa
Memegang	-		H	P		30	Mengarahkan
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Mengarahkan	30	1	P	M	0,5 0,5 2	-	Membawa
Memegang	-		H	P		30	Mengarahkan

ISBN 978-623-92050-0-3

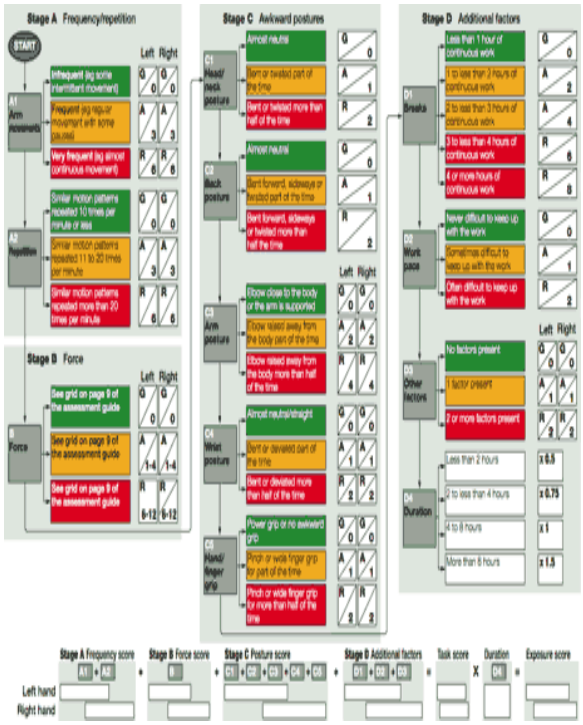
Memegang	-		H	U		-	Memotong
Membawa	-	1	M	M	1	-	Membawa
Memindahkan	30	1	M	M	1	-	Membawa
Menunggu	0		D	RL		-	Meletakkan
TOTAL	700		30	30	645		

Pada peta tangan kiri dan tangan kanan di atas, lambang D menunjukkan *delay*, lambang RE menunjukkan *reach*, lambang G menunjukkan *grasp*, lambang M menunjukkan *move*, lambang H menunjukkan *hold*, lambang P menunjukkan *position*, lambang U menunjukkan *use*, dan lambang RL menunjukkan *release*.

Berdasarkan peta tangan kiri dan tangan kanan, proses pemotongan tahu menggunakan alat yang digunakan saat ini menghasilkan gerakan repetitif dan gerakan yang tidak efektif pada kedua tangan. Gerakan yang tidak efektif tersebut meliputi *position* sebanyak 18 kali, *delay* sebanyak 3 kali, dan *hold* sebanyak 35 kali. Selain itu, jarak yang dilakukan oleh tangan kiri dan tangan kanan tidak seimbang.

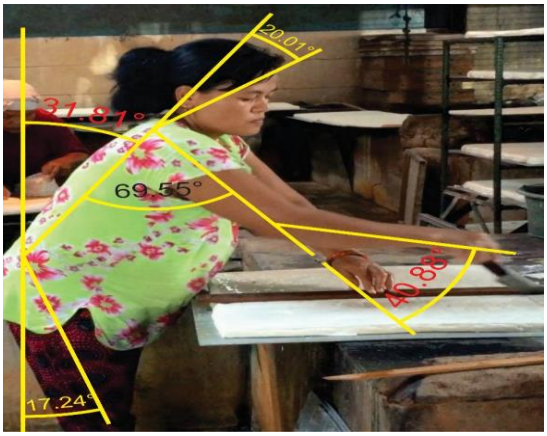
D. Assessment of Repetitive Tasks Tool

Assessment of Repetitive Tasks Tool (ART *Tool*) bertujuan untuk menilai risiko pada anggota tubuh bagian atas (tangan dan lengan) yang ditimbulkan dari gerakan repetitif. Gambar. 3 menunjukkan form penilaian *Assessment of Repetitive Tasks Tool*.



Gambar. 3.Form Penilaian *Assessment of Repetitive Tasks Tool*

Form tersebut digunakan untuk menilai risiko dari tangan kiri dan tangan kanan pada postur proses pemotongan tahu. Gambar. 4 menunjukkan gambar postur kerja dari proses pemotongan tahu untuk dinilai menggunakan ART *Tool*.



Gambar. 4.Postur Kerja Proses Pemotongan Tahu

Postur kerja tersebut kemudian dianalisis menggunakan *Assessment of Repetitive Tasks Tool*. Pada Tabel 4 menunjukkan hasil penilaian risiko penilaian berdasarkan *Assessment of Repetitive Tasks Tool*.

TABEL IV. HASIL PENILAIAN *ASSESSMENT OF REPETITIVE TASKS TOOL*

Lembar Penilaian					
Faktor Risiko		**Tangan Kiri**		**Tangan Kanan**	
A1	Pergerakan lengan		A3		A3
A2	Pengulangan		A3		A3
B	Tekanan		R8		R8
C1	Postur Kepala/Leher		G0		G0
C2	Postur Punggung		G0		G0
C3	Postur Lengan		R4		R4
C4	Postur Pergelangan		G0		G0
C5	Postur Genggaman Tangan		R2		G0
D1	Istirahat		G0		G0
D2	Kecepatan Kerja		A1		A1
D3	Faktor Lain		G0		G0
Skor Aktivitas			21		19
D4	Pengali Durasi		X 0,75		X 0,75
Exposure Score			**15,75**		**14,25**

Nilai akhir yang diperoleh dari penilaian tersebut lalu diinterpretasikan berdasarkan Gambar. 5 di bawah ini:

ISBN 978-623-92050-0-3

Exposure score	Proposed exposure level	
0–11	Low	Consider individual circumstances
12–21	Medium	Further investigation required
22 or more	High	Further investigation required urgently

Gambar. 5. Interpretasi Nilai Akhir *Assessment of Repetitive Tasks Tool*

Berdasarkan interpretasi nilai akhir, maka proses pemotongan tahu dengan alat yang saat ini digunakan menghasilkan level risiko medium pada kedua tangan.

E. Perancangan Alat Pemotong Tahu: Metode NIDA

Metode NIDA meliputi 4 tahap, yaitu perancangan kebutuhan, pembangkitan ide, penentuan desain alternatif, dan pembuatan alat.

1) Tahap 1: NEED: Pada tahap ini perancang menentukan kebutuhan dari rancangan alat. Kebutuhan tersebut diperoleh dari wawancara dengan pemilik dan pekerja di Industri Tahu Sari Murni dan faktor risiko dengan level medium dan tinggi berdasarkan penilaian ART Tool. Tabel 5 menunjukkan hasil kebutuhan dari rancangan.

TABEL V. PENENTUAN KEBUTUHAN RANCANGAN FASILITAS KERJA

Wawancara dengan Operator Pemotongan	**Penilaian Risiko dengan *Assessment of Repetitive Tasks Tool***		
	Tangan Kiri	**Tangan Kanan**	**Simbol Warna**
Alat pemotong tahu yang dapat meminimalkan waktu proses pemotongan.	- Pengulangan - Pergerakan Lengan - Kecepatan Kerja	- Pengulangan - Pergerakan Lengan - Kecepatan Kerja	
Alat pemotong tahu yang dapat menghasilkan potongan tahu dengan ukuran yang diharapkan.	- Tekanan - Postur Lengan - Postur Genggaman Tangan	- Tekanan - Postur Lengan	

2) Tahap 2: IDEA: Pada tahap ini perancang mengembangkan ide yang didapatkan dari kebutuhan yang telah ditentukan. Ide dari rancangan alat ini didapatkan dari kebutuhan serta penelitian terdahulu mengenai perancangan alat pemotong tahu. Tabel 6 menunjukkan hasil ide yang dikembangkan.

TABEL VI. PENGEMBANGAN IDE RANCANGAN BERDASARKAN KEBUTUHAN

Kebutuhan	**Fitur Alat**
Alat pemotong tahu yang dapat meminimalkan waktu proses pemotongan.	Penggabungan fungsi pisau potong dan penggaris dengan jumlah dan ukuran yang disesuaikan dengan ukuran potongan tahu.
Alat pemotong tahu yang dapat menghasilkan potongan tahu dengan ukuran yang diharapkan.	Kisi – kisi antarplat pemotong diberi jarak sesuai dengan ukuran potongan.
Alat pemotong tahu yang dapat mengurangi jumlah gerakan berulang.	Alat pemotong tahu didesain dengan menggabungkan fungsi pisau potong dan penggaris sehingga mempersingkat gerakan menjadi 1 kali gerakan yang dilakukan oleh tangan kiri dan tangan kanan secara bersamaan.
Alat pemotong tahu yang dapat mengurangi frekuensi dari pergerakan lengan kanan dan lengan kiri.	
Alat pemotong tahu yang mudah digunakan untuk semua pekerja.	Alat pemotong tahu didesain sederhana.
Alat pemotong tahu tidak memerlukan tekanan berlebih.	Tinggi dari alat pemotong tahu disesuaikan dengan tebal tahu papan.
Alat pemotong tahu yang saat digunakan, postur lengan tidak menjauhi badan pekerja.	Rancangan alat dilengkapi dengan *handle* dengan jarak yang tidak berjauhan dengan badan pekerja.
Kebutuhan	**Fitur Alat**
Alat pemotong tahu yang saat digunakan tidak membentuk postur "*pinch or wide finger grip*" saat menggunakannya.	Rancangan alat dilengkapi dengan *handle* yang disesuaikan dengan antropometri Indonesia sehingga postur menjadi "*power grip*".

Selain dari kebutuhan, ide dikembangkan dari penelitian terdahulu mengenai perancangan alat pemotong tahu. Penelitian oleh Izzhati (2010) merancang alat pemotong tahu dengan mempertimbangkan RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*). Alat pemotong tahu oleh Izzhati (2010) menggunakan tuas pada ujung alat. Dengan adanya tuas, saat pemotong diturunkan maka bagian alat pemotong di dekat tuas akan merusak hasil potongan tahu. Penelitian oleh Wibowo et al (2016) merancang alat pemotong tahu secara fisik yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas industri tahu. Namun dimensi alat pemotong tahu oleh Wibowo et al (2016) yang besar memerlukan area pemotongan yang luas. Selain itu, penelitian oleh Siboro et al (2017) merancang alat pemotong tahu yang dapat mempersingkat waktu pemotongan serta. Namun dengan menggunakan alat tersebut, maka proses

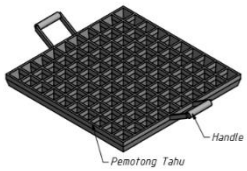
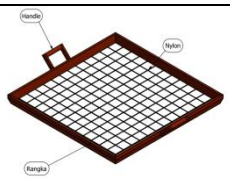
ISBN 978-623-92050-0-3

pemotongan masih menghasilkan gerakan repetitif yaitu 2 kali pemotongan secara horizontal dan vertikal.

Berdasarkan studi literatur tersebut, maka didapatkan gagasan prinsip kerja alat pemotong tahu yaitu dengan menggabungkan fungsi penggaris dan pisau. Rancangan fasilitas kerja terdiri dari plat dengan dimensi disesuaikan dengan dimensi tahu papan dan potongan tahu yang disusun secara vertikal dan horizontal. Rancangan fasilitas kerja digunakan dengan cara memposisikan alat terhadap tahu papan lalu menekan alat terhadap tahu papan.

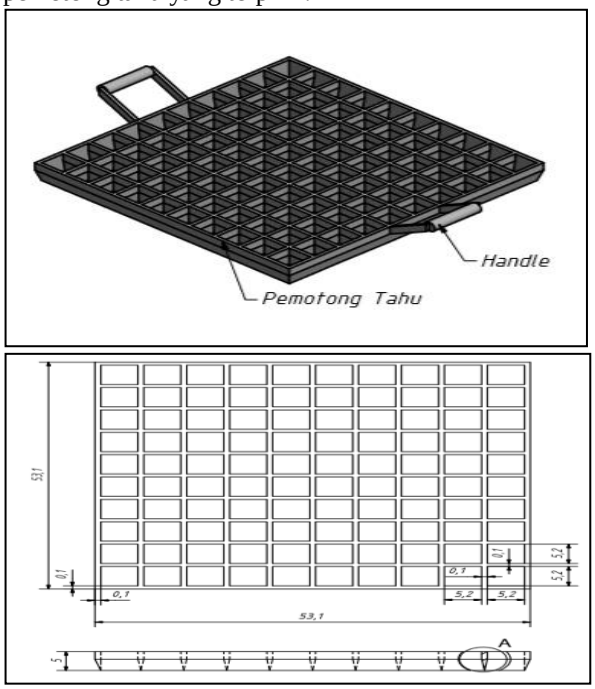
3) Tahap 3: DECISION: Pada tahap ini perancang memberikan alternatif rancangan alat pemotong tahu lalu diputuskan rancangan yang terpilih. Keputusan rancangan ditentukan oleh pekerja di Industri Tahu Sari Murni sebagai operator pemotongan tahu. Tabel 7 menunjukkan alternatif desain alat pemotong tahu.

TABEL VII. ALTERNATIF DESAIN ALAT PEMOTONG TAHU

Desain 1	**Desain 2**
	
Desain 1 1. Desain alat pemotong tahu dibuat sesuai dengan data kebutuhan, yaitu pengulangan. 2. Proses pemotongan dapat dilakukan dalam satu kali proses tanpa menggunakan pisau dan penggaris. 3. Dapat menghasilkan tahu dengan ukuran 52mm x 52mm. 4. Berbahan *stainless steel* sehingga alat pemotong bersifat kokoh dan hasil pemotongan tepat sesuai dengan ukuran yang diharapkan. 5. Terdapat *handle* yang dapat memudahkan dan memberi kenyamanan pada pekerja dalam menggunakan alat. 6. Berbahan *stainless steel* yang bersifat *food grade* sehingga dapat menjaga higienitas dan kualitas dari tahu. 7. Kelemahan pada desain ini yaitu pembuatannya yang cukup rumit.	**Desain 2** 1. Desain alat pemotong tahu dibuat sesuai dengan data kebutuhan, yaitu pengulangan. 2. Proses pemotongan dapat dilakukan dalam satu kali proses tanpa menggunakan pisau dan penggaris. 3. Dapat menghasilkan tahu dengan ukuran 52mm x 52mm. 4. Terdapat *handle* yang dapat memudahkan dan memberi kenyamanan pada pekerja dalam menggunakan alat. 5. Material yang digunakan untuk alat bagian luar dan *handle* yaitu kayu sedangkan pemotong berbahan senar nilon sehingga biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan alat pemotong ini lebih murah. 6. Kelemahan pada desain ini yaitu material yang terbuat dari kayu sehingga dapat mempengaruhi kebersihan dan higienitas tahu. Selain itu, pemotong tahu menggunakan senar nilon, sedangkan senar nilon bersifat lentur sehingga tahu yang dipotong memungkinkan untuk tidak terpotong secara sempurna.

Berdasarkan wawancara terhadap pemilik dan operator pemotongan tahu di Industri Tahu Sari Murni, terpilih desain 1 sebagai rancangan alat pemotong tahu. Karena desain 1 berbahan *stainless steel* sehingga alat dapat digunakan dalam jangka panjang dan lebih kuat.

4) Tahap 4: ACTION: Pada tahap ini perancang menentukan spesifikasi alat pemotong tahu untuk dilakukan perancangan alat yang terpilih pada tahap sebelumnya. Gambar. 6 menunjukkan desain alat pemotong tahu yang terpilih.



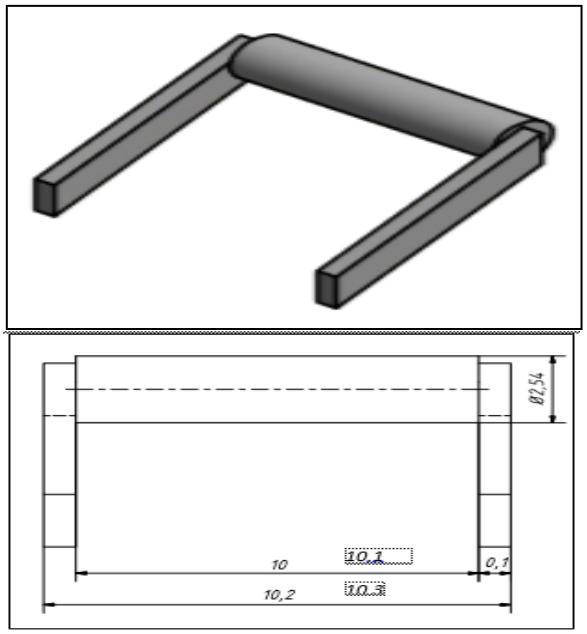
Gambar. 6. Alat Pemotong Tahu

Spesifikasi alat pemotong:

1. Berbahan *Stainless steel* 304 yang bersifat *food grade*.
2. Berukuran 531 x 531 x 1 mm.
3. Tinggi alat pemotong 50mm, dengan dimensi 30mm ke bawah dipipihkan agar bersifat tajam.
4. Plat pemotong sebanyak 9 lembar sisi horizontal dan 9 lembar sisi vertikal.

Desain dari *handle* alat pemotong tahu ditunjukkan pada Gambar. 7 di bawah ini:

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar. 7. *Handle* Alat Pemotong Tahu

Spesifikasi *handle*:

- Terbuat dari besi *hollow* dan plat *stainless steel* 304.
- Besi *hollow* berbentuk *round* sehingga memudahkan genggaman tangan pekerja dalam menggunakan alat.
- Dimensi dari lebar *handle* didapatkan dari dimensi lebar tangan berdasarkan data Antropometri Indonesia dengan persentil 95 (dimensi ruang).
- Terdapat *allowance* 10mm untuk lebar *handle*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis gerakan menggunakan *Assessment of Repetitive Tasks Tool* menunjukkan bahwa pekerjaan dengan gerakan berulang menimbulkan risiko pada anggota tubuh bagian atas. Proses pemotongan tahu dengan alat yang digunakan saat ini, yaitu penggaris kayu dan pisau potong, menimbulkan gerakan repetitif yang tinggi serta berisiko pada beberapa bagian tubuh. Faktor risiko yang memiliki level risiko medium yaitu pada pengulangan, pergerakan lengan, dan kecepatan kerja. Sedangkan tekanan, postur lengan, dan postur genggaman tangan berada pada level risiko tinggi. Peta tangan kiri dan tangan kanan menunjukkan adanya ketidakseimbangan gerakan dan jarak yang dilakukan oleh kedua tangan operator saat melakukan proses pemotongan. Waktu baku yang diperlukan oleh operator dalam melakukan proses pemotongan yaitu 43,9 detik. Untuk menurunkan nilai risiko dan waktu proses pemotongan tahu, maka dilakukan adanya perancangan alat pemotong tahu. Dengan menggunakan metode NIDA diperoleh rancangan alat pemotong tahu yang disesuaikan dengan kebutuhan di Industri Tahu Sari Murni.

DAFTAR PUSKTAKA

[1] Suhaidi, I. "Pengaruh Lama Perendaman Kedelai Dan Jenis Zat Penggumpal Terhadap Mutu Tahu." *Sumatra Utara: Universitas Sumatra Utara*, 2003. [Online]. Available: luk.tspili.ugm.ac.id. [Accessed July. 23, 2019]

[2] Badan Pusat Statistik. (2019, Juli 8). *Rata-Rata Konsumsi per Kapita Seminggu Beberapa Macam Bahan Makanan Penting, 2007-2018* [Online]. Available: Badan Pusat Statistik, https://bps.go.id. [Accessed July. 23, 2019]

[3] A.J. Roodbandi, A. Choobineh, V. Feyzi, "The investigation of intra-rater and inter-rater agreement in Assessment of Repetitive Task (ART) as an ergonomic method", *Occup Med Health Aff*, vol. 3, no. 5, p. 1-5, 2015. [Online]. Available: Research Gate, www.researchgate.net. [Accessed July. 23, 2019

[4] H. Leksono, A. U. M. C. Malang, "Kebosanan Kerja: Peningkatan Stres dan Penurunan Kinerja karyawan dalam Spesialisasi Pekerjaan", *Jurnal JI Beka*, vol. 8, no. 2, 2014. [Online]. Available: https://lp2m.asia.ac.id. [Accessed July. 23, 2019]

[5] J. M. Muggleton, R. Allen, P. H. Chappell, "Hand and Arm Injuries Associated with Repetitive Manual Work in Industry: A Review Of Disorders, Risk Factors and Preventive Measures", *Ergonomics*, vol. 42, no. 5, p. 714-739, 1999. [Online]. Available: Taylor and Francis Online, https://www.tandfonline.com. [Accessed July. 23, 2019]

[6] Health and Safety Executive. (2014). *Assessment of Repetitive Tasks of The Upper Limbs (The ART Tool).* [Online]. Available: http://www.hse.gov.uk/pubns/indg438.pdf. [Accessed May. 23, 2019]

[7] S. Nallusamy, S. Muthamizhmaran, "Enhancement of Productivity and Overall Equipment Efficiency Using Time and Motion Study Technique-A Review", *Advanced Engineering Forum* , Vol. 14, p. 59-66, 2016. [Online]. Available: Research Gate, www.researchgate.net. [Accessed July. 23, 2019]

[8] Y. Herlambang, A. B. Sriwarno, M. I. Drsas, "Penerapan Micromotion Study Dalam Analisis Produktivitas Desain Peralatan Kerja Cetak Saring", *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi (Tematik)*, vol. 2, no. 2, p. 26-34, 2015. [Online]. Available: Academia, www.academia.edu. [Accessed July. 23, 2019]

[9] I.W.Sukania, "Perbaikan Metode Perakitan Steker Melalui Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan", *Karya Ilmiah Dosen Teknik Industri*, 2014. [Online]. Available: UNTAR Repository, http://repository.untar.ac.id/. [Accessed July. 23, 2019]

[10] A.T. Bon, D. Daim, "Time Motion Study In Determination Of Time Standard In Manpower Process", *3rd Engineering Conference on Advancement in Mechanical and Manufacturing for Sustainable Environment*, p. 1-6, April 2010. [Online]. Available: CORE, https://core.ac.uk. [Accessed July. 23, 2019]

[11] M. D. Singh, K. Shah Saurabh, B. Patel Sachin, B. Patel Rahul, P. Pansuria Ankit, "To Improve Productivity By Using Work Study & Design A Fixture In Small Scale Industry", *International Journal on Theoretical and Applied Research in Mechanical Engineering*, vol. 1, no. 2, p. 75-81, 2012. [Online]. Available: Research Gate, www.researchgate.net. [Accessed July. 23, 2019]

[12] B. A. H. Siboro, R. A. Siregar, A. Purbasari, "Perancangan Alat Pemotong Tahu Untuk Mengurangi Gerak dengan Metode Motion Time Measurement (MTM)-Motion Time Study (Studi Kasus Pabrik Tahu Pak Joko)", *PROFISIENSI*, vol. 5, no. 2, 2018. [Online]. Available: Jurnal UNRIKA, https://www.journal.unrika.ac.id. [Accessed July. 23, 2019]

ISBN 978-623-92050-0-3

[13] Y. M. Wibowo, R. R. P. Zendrato, B. I. A. Wicaksana, "Perancangan Alat Pemotong Tahu dan Rekayasa Pemanfaatan Limbah Cair untuk Meningkatkan Produktivitas Industri Tahu", *Tekinfo: Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Informasi*, vol. 5, no. 1, p. 52-57, November 2016. [Online]. Available: TEKINFO, http://setiabudi.ac.id/tekinfo/. [Accessed July. 23, 2019]

[14] D. N. Izzhati, "Pengembangan alat pemotong tahu yang ergonomis dengan menggunakan metode RULA", *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, vol. 1, no. 1, 2010. [Online]. Available: Publikasi Ilmiah UNWAHAS, https://www.publikasiilmiah.unwahas.ac.id/. [Accessed July. 23, 2019]

[15] M. Andriani, D. Dewiyana, E. Erfani, "Perancangan Ulang Egrek yang Ergonomis Untuk Meningkatkan Produktivitas Pekerja Pada Saat Memanen Sawit", *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, vol. 4, no. 2, p. 119-128, 2018. [Online]. Available: Jurnal UMJ, https://jurnal.umj.ac.id/. [Accessed July. 23, 2019]

[16] A.L. Setyabudhi, "Perancangan Sistem Kerja Kompor Ekonomis Dengan Bahan Bakar Oli Bekas", *Jurnal Teknik Ibnu Sina JT-IBSI*, vol. 2, no. 1, 2017. [Online]. Available: Jurnal Online STT Ibnu Sina Batam, https://ojs.stt-ibnusina.ac.id/. [Accessed July. 23, 2019]

ISBN 978-623-92050-0-3

USULAN STRATEGI PEMASARAN MENGGUNAKAN METODE ANP DAN TOPSIS DI UKM SEPREI ANEKA COLLECTION

1st Dewi Diniaty, ST, M.Ec.Dev
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Pekanbaru, Indonesia
dewidiniaty@uin-suska.ac.id,

2nd Rizky Andrean Simanjuntak
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Pekanbaru, Indonesia
rizkyandreansimanjuntak@gmail.com

3rd Muhammad Nur
Jurusan Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi,
UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Pekanbaru, Indonesia
muhammad.nur@uin-suska.ac.id

Abstrak **- Usaha Kecil Menengah (UKM) Seprei Aneka Collection merupakan industri yang bergerak dalam bidang produksi tekstil. Permasalahan yang dihadapi oleh UKM Seprei Aneka Collection adalah sistem pemasaran yang dimiliki perusahaan belum optimal sehingga mengakibatkan penurunan penjualan dan target perusahaan tidak tercapai. Tujuan penelitian ini adalah untuk memilih kriteria terbaik dalam bauran pemasaran 7P dengan metode *Analytical Network Process* (ANP) dan menentukan alternatif terbaik dengan metode *Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution* (TOPSIS) serta memberikan usulan strategi pemasaran terbaik. Kriteria terpilih berdasarkan pengolahan ANP pada bauran pemasaran 7P yaitu kriteria *Promotion* dengan memiliki nilai bobot tertinggi sebesar 0,3263. Alternatif kriteria yang terdapat pada kriteria *Promotion* adalah memberikan brosur dan katalog, iklan di media sosial dan mengikuti bazar. Pemilihan alternatif kriteria dengan metode TOPSIS diperoleh bahwa alternatif iklan di media sosial merupakan alternatif yang paling ideal karena memiliki nilai *preference* tertinggi sebesar 0,8067. Perusahaan dapat mengiklankan produk seprei Aneka Collection di media sosial seperti *Facebook* dan *Instagram* ataupun di situs jual beli online seperti Olx, Tokopedia, Bukalapak dan Shopee.**

Kata Kunci : Strategi Pemasaran, Marketing Mix 7P, ANP, TOPSIS

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini semakin sulit untuk mencari pekerjaan, sehingga banyak orang yang memilih untuk memiliki bisnis sendiri. Semakin banyak orang yang membuka bisnis baru, maka akan semakin banyak perusahaan yang memiliki jenis bisnis yang sama. Perusahaan yang memiliki jenis bisnis yang sama akan bersaing untuk menjadi lebih baik dari perusahaan lain agar menarik konsumen dan mendapatkan keuntungan bagi perusahaan.

Semua perusahaan pasti bertujuan untuk mendapatkan keuntungan atau target yang maksimal dengan cara meningkatkan volume penjualan produk. Perusahaan harus dapat memenuhi target dari keuntungan agar dapat menjaga keberadaan perusahaan itu sendiri. Hal ini dapat dilakukan dengan cara memperhatikan dan meningkatkan strategi pemasaran.

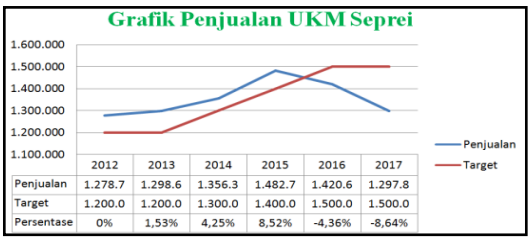
Kegiatan pemasaran saat ini menjadi kebutuhan yang sangat penting. Industri yang menghasilkan produk membutuhkan cara agar konsumen mengetahui dan membeli produk yang dihasilkan. Kegiatan yang dapat dilakukan agar produk dapat diketahui masyarakat ialah pemasaran. Pemasaran dapat memberikan informasi kepada konsumen mengenai produk yang dipasarkan. Semakin baik kegiatan pemasaran maka akan semakin mudah untuk menarik perhatian konsumen.

UKM Seprei Aneka Collection merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi tekstil yang beralamat di Jl. Ayahanda No 42 Medan Sumatera Utara.Perusahaan ini merupakan salah satu perusahaan tekstil yang berada di Kota Medan yang berdiri sejak tahun 2001 dan sudah berjalan selama kurang lebih 16 tahun. Sejak awal mula

ISBN 978-623-92050-0-3

perusahaanberdiri perusahaan telah mengalami perkembangan. Produk yang diproduksi perusahaan ini adalah seprei dan bed cover. Ada 3 jenis bahan produk seprei dan bed cover yang diproduksi yaitu jenis bahan lokal, import dan *silk*.

UKM Seprei Aneka Collection sudah bergerak selama 16 tahun tetapi belum memiliki strategi pemasaran yang tepat. Perusahaan hanya melakukan pemasaran dengan cara melakukan penjualan di toko yang terletak di salah satu pusat perbelanjaan tradisional di Kota Medan. Karena semakin banyaknya perusahaan yang memproduksi produk sejenis, maka terjadi persaingan antara perusahaan ini dengan perusahaanpesaing yang mengakibatkan penurunan penjualan. Berikut ini adalah data penjualan UKM Seprei Aneka Collection tahun 2012-2017 yang dapat dilihat pada Gambar 1.1.

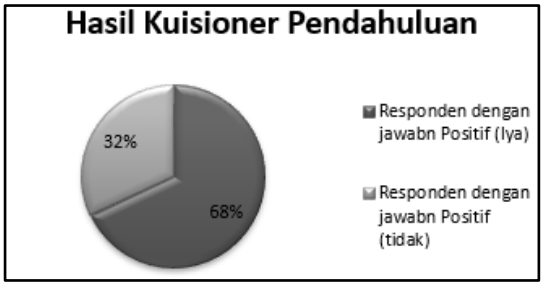


	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Penjualan	1.278.7	1.298.6	1.356.3	1.482.7	1.420.6	1.297.8
Target	1.200.0	1.200.0	1.300.0	1.400.0	1.500.0	1.500.0
Persentase	0%	1,53%	4,25%	8,52%	-4,36%	-8,64%

Gambar 1.1 Grafik Penjualan di UKM Seprei (Dalam Ribuan Rupiah)

Berdasarkan Gambar 1.1 dapat dilihat bahwa penjualan perusahaan meningkat dari tahun 2012 sampai 2015, akan tetapi pada tahun 2016 dan 2017 terjadi penurunan. Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan dengan pemilik perusahaan bahwa sistem pemasaran yang ada pada perusahaan ini masih sederhana dan belum menggunakan teknik atau rancangan pemasaran. Terjadinya penurunan penjualan menyebabkan tidak tercapainya target perusahaan.

Selain melakukan wawancara dengan pemilik perusahaan, penelitian ini juga melakukan penyebaran kuisioner pendahuluan kepada konsumen seprei Aneka Collection. Tujuan penyebaran kuisioner ini adalah untuk mengetahui respon konsumen terhadap strategi pemasaran perusahaan Aneka Collection. Kuisioner pendahuluan disebarkan kepada 20 orang responden seprei Aneka Collection.



Gambar 1.2 Diagram Hasil Kuisioner Pendahuluan

Berdasarkan hasil wawancara dan penyebaran kuisioner pendahuluan yang telah dilakukan, dapat diidentifikasi permasalahan yang ada pada UKM Seprei Aneka Collection yaitu sistem pemasaran yang dimiliki perusahaan belum optimal. Sehingga mengakibatkan penurunan penjualan dan tidak tercapainya target perusahaan.

Oleh karena itu pihak perusahaan harus memiliki beberapa alternatif pemasaran untuk meningkatkan penjualan, sehingga tercapai target penjualan. Setiap alternatif pemasaran memiliki keuntunganya tersendiri. Alternatif terbaik akan dipilih sehingga teknik pemasaran yang dilakukan pihak perusahaan tepat sasaran dan dapat bersaing di pasar.

Untuk mencari alternatif perusahaan dan mendapatkan teknik pemasaran, perancangan sistem pemasaran akan dilakukan dengan menggunakan metode *Analytical Network Process* (ANP) dan *Technique For Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). ANP digunakan untuk menentukan bobot dari kriteria pemasaran yang saling berhubungan sehingga membentuk sebuah jaringan (Guntara, 2013).

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk menghitung nilai bobot kriteria berdasarkan bauran pemasaran 7P dengan metode *Analytical Network Process* (ANP)
2. Untuk menentukan alternatif terbaik berdasarkan hasil dari nilai bobot kriteria tertinggi dengan metode *Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution* (TOPSIS)
3. Memberikan usulan strategi pemasaran yang terbaik.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk memberikan informasi mengenai strategi pemasaran yang akan dilakukan untuk meningkatkan volume penjualan sesuai yang diharapkan perusahaan.

Kajian mengenai strategi pemasaran telah banyak dilakukan sebelumnya, seperti penelitian yang dilakukan oleh Achmad Rusvito (2015) mengenai Perancangan Strategi Komunikasi Pemasaran Menggunakan Metode *Balanced Scorecard* dan *Benchmarking*. Tujuan dari penelitian

ISBN 978-623-92050-0-3

ini adalah untuk mengetahui faktor kunci perumusan strategi pemasaran dan memberikan rekomendasi strategi komunikasi pemasaran. Dari hasil penelitian didapatkan strategi komunikasi pemasaran yang dapat diterapkan antara lain perluasan area pemasaran dan saluran distribusi serta program komunikasi pemasaran seperti perbaikan kemasan, penggunaan media social facebook, dan program reseller. Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Hari Wijaya dengan judul Strategi Segmenting, Targeting Positioning Serta Harga Pada Perusahaan Kecap Blekok di Cilacap. Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa segmen pasar dari kecap Blekok adalah kelas menengah ke bawah, target pasar yang dipilih adalah konsentrasi segmen atau pasar tunggal dan posisi perusahaan diposisikan pada kelas menengah ke bawah dengan kualitas tinggi. Untuk strategi harga menggunakan metode *cost plus pricing* untuk mengatur harga jual.

II. Tinjauan Pustaka

2.1 Pengertian Pemasaran

Willian J. Stanton menyatakan bahwa pemasaran adalah suatu sistem keseluruhan dari kegiatan-kegiatan bisnis yang ditujukan untuk merencanakan, menentukan harga, mempromosikan, mendistribusikan barang dan jasa yang memuaskan kebutuhan baik pada pembeli yang ada maupun pembeli potensial (Swastha, 2008).

American Marketing Association (AMA) memberikan definisi pemasaran adalah aktivitas, serangkaian intuisi dan proses menciptakan, mengkomunikasikan, menyampaikan dan mempertukarkan tawaran (*offerings*) yang bernilai bagi pelanggan, klien, mitra dan masyarakat umum. Pemasaran dipandang sebagai aktivitas dan bukan sekedar fungsi organisasional. (Tjiptono, 2012).

2.2 Bauran Pemasaran 7P

Bauran pemasaran adalah elemen-elemen organisasi perusahaan yang dapat dikontrol oleh perusahaan dalam melakukan komunikasi dengan konsumen dan akan dipakai untuk memuaskan konsumen. Konsep bauran pemasaran tradional terdiri dari 4P yaitu *Product, Place, Promotion* dan *Price*. Sementara itu, untuk pemasaran jaga perlu bauran yang diperluas dengan penambahan unsur non-tradisional *marketng mix* yang terdiri dari *People, Physical Evidence* dan *Process* (Zeithaml,.2001)

2.3 *Analytical Network Process* (ANP)

ANP adalah cara yang digunakan untuk memecahkan masalah yang saling berhubungan. Model dari ANP berada di dalam sebuah jaringan yang dapat dilihat tiap elemen yang saling berhubungan dalam kriteria yang sama atau dalam kriteria yang berbeda (Saaty, 1999 dikutip oleh Mulyanto, 2017).

Pada ANP elemen keputusan pada setiap komponen dihubungan berpasangan terhadap tingkat kepentingan dalam pengendalian kriteria dan komponen-komponen tersebut juga dihubungkan berpasangan terhadap tingkat kontribusi hingga akhir (Saaty, 2006).

Pada dasarnya, prosedur atau langkah-langkah dalam metode ANP yang digunakan meliputi (Saaty, 1999 dikutip oleh Kaluku, 2015):

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan,
2. Menentukan prioritas elemen
   a. Menentukan prioritas elemen dengan membuat perbandingan berpasangan.
   b. Dalam model ANP, langkah yang harus dilakukan adalah mengetahui suatu tingkat kepentingan terhadap kriteria ANP untuk perbandingan kriteria dalam seluruh sistem.
   c. Nilai numerik pada seluruh perbandingan diperoleh dari skala perbandingan 1 sampai 9.

Nilai Numerik	Definisi	Keterangan
1	Sama penting	Dua aktivitas berpengaruh sama terhadap tujuan
3	Sedikit lebih penting	Satu aktivitas dinilai sedikit lebih berpengaruh dibandingkan aktivitas lainnya
5	Lebih penting	Satu aktivitas dinilai lebih berpengaruh dibandingkan aktivitas lainnya
7	Sangat lebih penting	Satu aktivitas dinilai sangat lebih berpengaruh dibandingkan aktivitas lainya
9	Mutlak lebih penting	Satu aktivitas nilai sangat lebih berpengaruh dibandingkan aktivitas lainnya
2,4,6 dan 8	Nilai Tengah	Nilai yang berbeda diantara skala-skala diatas

Gambar 2.1 Skala Numerik ANP

3. Menghitung bobot elemen dalam pembuatan keputusan.
4. Menghitung *Consistensy Index* (CI)
   CI : (λ maks-n) / (n-1) (1)
5. Menghitung *Consistency Ratio* (CR). Bila

ISBN 978-623-92050-0-3

hasil perhitungan CR lebih kecil dari 0.1 maka penilaian dapat diterima jika tidak maka penilaian perlu diulang.

CR : CI/IR (2)

Nilai IR atau Index Random telah ditentukan

Matrix Size (N)	IR Value
1	0,00
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49

Gambar 2.2 *Index Random*

6. Pembuatan supermatriks
   Supermatriks terdiri dari tiga tahap, yaitu:
   a. Tahap *Unweighted Supermatrix*.
   b. Tahap *Weighted Supermatrix*
   c. Tahap *Limmiting Supermatrix*
7. Menghitung bobot keseluruhan (*Global Weight*) Bobot keseluruhan dapat diperoleh dengan mengalikan bobot subkriteria dengan kriteria. Bobot subkriteria diperoleh dari perbandingan berpasangan subkriteria, sedangkan bobot kriteria diperoleh dari perbandingan berpasangan kriteria. Alternatif dengan prioritas tertinggi adalah alternatif yang baik.

2.4 *Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution* (TOPSIS)

TOPSIS adalah sebuah metode perangkingan yang sederhana dalam konsepsi dan aplikasi. TOPSIS bertujuan untuk memilih alternatif yang memiliki jarak terdekat dengan solusi ideal positif dan alternatif yang memiliki jarak terjauh dengan solusi ideal negatif. Solusi ideal positif memaksimalkan kriteria manfaat dan meminimalkan kriteria biaya, sedangkan solusi ideal negatif memaksimalkan kriteria biaya dan meminimalkan kriteria manfaat (Hwang, 1981 dikutip oleh Behzadia, 2012).

Secara umum, prosedur TOPSIS mengikuti langkah-langkah sebagai berikut (Kusumadewi, 2006).

1. Membuat matriks keputusan yang ternormalisasi

$$R_{ij} \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} X^2_{ij}}} \qquad (3)$$

Dengan: i = 1,2...,m; dan j = 1,2...,m.

2. Membuat matriks keputusan ternormalisasi terbobot.

$$Y_{ij} = W_j \text{ x } R_{ij} \qquad (4)$$

Dengan: i = 1,2...,m; dan j = 1,2...,m.

3. Menentukan matriks solusi ideal positif dan negatif

$$A^+ = (y_1^+, y_2^+ \ldots, y_n^+) \qquad (5)$$

$$A^- = (y_1^-, y_2^- \ldots, y_n^-) \qquad (6)$$

Dengan :

$$y_j^+ = \begin{cases} \max y_{ij} \text{ ; j adalah atribut keuntungan} \\ \max y_{ij} \text{ ; j adalah atribut biaya} \end{cases}$$

$$y_j^- = \begin{cases} \max y_{ij} \text{ ; j adalah atribut keuntungan} \\ \max y_{ij} \text{ ; j adalah atribut biaya} \end{cases}$$

j = 1,2...m

4. Menentukan jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif dan negatif

$$D^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (Y_j^+ - Y_{ij})^2} \qquad (7)$$

$$D^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (Y_{ij} - Y_i^-)^2} \qquad (8)$$

dengan : i = 1,2...m

5. Menentukan nilai preferensi untuk setiap alternatif

$$V_i = \frac{D_i^-}{(D_i^+ + D_i^-)}, 0 \le V_i \le 1 \qquad (9)$$

Dengan : i = 1,2...m

III.Metodologi Penelitian

Langkah awal yang dilakukan sebelum melakukan penelitian adalah melakukan studi pendahuluan. Studi pendahuluan dilakukan di UKM Seprei Aneka Collection untuk mengetahui permasalahan yang ada. Studi pendahuluan dilakukan dengan wawancara kepada pemilik dan penjual serta melakukan penyebaran kuisioner pendahuluan kepada pelanggan untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada di UKM Seprei Aneka Collection. Setelah dilakukan studi pendahuluan maka dapat diketahui permasalahan yang terjadi pada UKM Seprei Aneka Collection yaitu kegiatan pemasaran yang dilakukan oleh perusahaan belum optimal. Hal ini mengakibatkan perusahaan sulit berkembang yang sudah berdiri cukup lama, bahkan mengalami penurunan omset penjualan. perlu dilakukan penelitian mengenai

ISBN 978-623-92050-0-3

strategi pemasaran yang baik dan tepat dengan tujuan agar perusahaan bisa meningkatkan omset penjualan.

Setelah diketahui permasalahan, dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana strategi pemasaran yang tepat untuk meningkatkan penjualan perusahaan di UKM Seprei Aneka Collection dengan menggunakan metode *Analytical Network Process* (ANP) dan *Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solutio*n (TOPSIS). Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah tahap pengumpulan data, data yang dikumpulkan adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang dikumpulkan dengan menyebarkan kuesioner kriteria teknik pemasaran dan kuisioner perbandingan berpasangan. Kuisioner disebarkan kepada *expertise* yang dianggap mengerti tentang teknik pemasaran yaitu konsultan pemasaran, *owner* dan bagian pemasaran perusahaan. Untuk data sekunder berupa profil perusahaan, visi dan misi perusahaan.

Langkah selanjutnya melakukan pengolahan data. Adapun tahapan yang digunakan untuk pengolahan data dengan menggunakan metode ANP dan TOPSIS adalah sebagai berikut:

1. Metode ANP

a. Penetapan Kriteria

Pada tahap ini merupakan tahap dimana menentukan kriteria penyusunan strategi pemasaran. Dalam penelitian ini penetapan kriteria menggunakan konsep *marketing mix* 7P. Kuisioner untuk penetapan kriteria diberikan kepada responden yang dianggap ahli (*expertise*).

b. Perancangan Model ANP dengan menggunakan *Software Super Decision*

Pada tahap ini, merupakan dimana dilakukan perancangan model dari kriteria dan subkriteria yang saling terkait dengan menggunakan *Software Super decition*, dengan tujuan untuk menentukan hubungan antar kriteria dan subkriteria.

c. Matrik Perbandingan Berpasangan

Pada tahap selanjunya, menentukan kelompok yang akan dibandingakan sesuai kriteria dengan membandingkan elemen kriteria dengan kriteria dengan cara menyebarkan kuisioner kepada responden yang dianggap ahli (*expertise*). Setelah didapatkan hasil dari penilaian perbandingan berpasangan dari keseluruhan kriteria yang ada, lalu nilai yang telah didapatkan dimasukkan ke dalam matriks perbandingan berpasangan.

d. Perhitungan rata-rata bobot kriteria

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepentingan dari suatu alternatif. Perhitungan ini dilakukan dengan cara menjumlahkan nilai bobot keseluruhan lalu dibagi dengan total responden. Kemudian nilai dimasukkan kembali pada matrik.

e. Perhitungan bobot parsial dan konsistensi matrik.

Perhitungan ini dilakukan untuk mendapatkan suatu nilai bobot yang akan digunakan untuk mengetahui relatif suatu kriteria dengan kriteria lainya. Konsistensi matrik dihitung untuk melihat apakah jawaban responden yang didapat dinilai konsisten atau tidak konsisten. Perhitungan bobot ini dilakukan dengan menggunakan rumus (1) dan rumus (2).

f. Penyusunan Super Matrik ANP

Supermatrik merupakan hasil vektor prioritas dari perbandingan berpasangan antar *cluster*, kriteria dan alternatif. Tahapan yang terdapat untuk membuat supermatrik adalah *unweigthed supermatrix, weigthed supermatrix* dan *limmiting supermatrix*.

2. Metode TOPSIS

a. Normalisasi Matriks

Tahap ini merupakan tahap dimana membuat matriks keputusan terbobot. Pembuatan matriks ini menggunakan rumus (3).

b. Normalisasi matriks terbobot

Langkah selanjutnya menghitung matriks ternomalisir terbobot yang bertujuan untuk mengukur kepentingan relatif dari kriteria seleksi yang berbeda. Menghitung matriks ini dilakukan dengan cara mengalikan setiap elemen pada setiap kolom dari normalisasi keputusan dengan bobot acak dan menggunakan rumus (4).

c. Matriks solusi ideal positif dan negatif

Menentukan solusi ideal positif dan negatif dengan cara menentukan nilai max dan min disetiap kriteria sehingga didapat solusi ideal positif dan solusi ideal negatif. Pembuatan matriks solusi ideal positif dan negatif ini menggunakan rumus (5) dan rumus (6).

d. Jarak antara nilai alternatif dengan matriks solusi ideal positif dan negatif

Selanjutnya menghitung jarak setiap alternatif yang kompetitif dari solusi ideal positif dan negatif dengan menggunakan rumus (7) dan rumus (8).

e. Nilai preferensi alternatif

Nilai preferensi didapat dari rumus (9) dimana semakin besar nilai kedekatan relatif dari alternatif ke satu maka semakin baik kinerja alternatif.

IV. Hasil dan Pembahasan

4.1 Perhitungan Bobot Parsial dan Konsistensi Matriks

TABEL 4.1 PERHITUNGAN CR

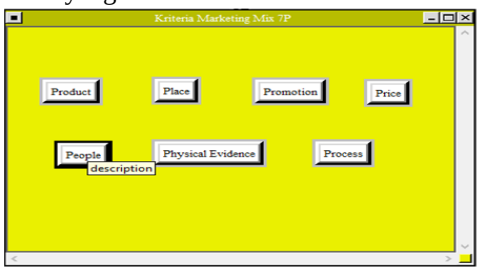
ISBN 978-623-92050-0-3

Elemen	N	CI	RI	CR	Keterangan
Kriteria	7	0.131	1.32	0.099	Konsisten
Product	3	0.042	0.58	0.073	Konsisten
Place	3	0.191	0.58	0.033	Konsisten
Promotion	3	0.051	0.58	0.088	Konsisten
Price	3	0.038	0.58	0.065	Konsisten
People	3	0.055	0.58	0.095	Konsisten
Physical Evidence	3	0.043	0.58	0.074	Konsisten
Process	3	0.036	0.58	0.063	Konsisten

Berdasarkan hasil dari perhitungan bobot parsial dan konsistensi matriks bahwa penilaian responden terhadap kuisioner yang disebarkan adalah konsisten dan dapat digunakan ke dalam perhitungan ANP dengan menggunakan *software superdecision*. Penilaian responden dianggap konsisten jika nilai dari perhitungan *Consistency Ratio* lebih kecil dari 0.1.

4.2 Pengolahan ANP dengan menggunakan *software Superdecision*

Hal yang pertama harus dilakukan dengan pengolahan menggunakan *software Superdecision* yaitu membuat model *Network* teknik pemasaran yang bertujuan untuk membandingkan setiap kriteria pemasaran yang ada.



Gambar 4.1 Model *Network* Teknik Pemasaran

Setelah setiap kriteria yang ada pada *network* tersebut dibandingkan dan diberi bobot sesuai dengan penilaian dari responden lalu akan diperoleh supermatriks.

Super Decisions Main Window: ini diaa.sdmod: Unweighted Super Matrix

Cluster Node Labels		Kriteria Marketing Mix 7P						
		People	Physical Evidence	Place	Price	Process	Product	Promotion
Kriteria Marketing Mix 7P	People	0.000000	0.091163	0.090447	0.065216	0.059785	0.086069	0.115782
	Physical Evidence	0.166694	0.000000	0.144520	0.164290	0.163922	0.211650	0.303578
	Place	0.100995	0.145514	0.000000	0.099612	0.094406	0.130340	0.170049
	Price	0.065789	0.069486	0.068353	0.000000	0.048088	0.063028	0.089343
	Process	0.034797	0.034412	0.035550	0.034090	0.000000	0.034249	0.042795
	Product	0.149124	0.179108	0.154070	0.156012	0.148411	0.000000	0.278452
	Promotion	0.482600	0.480317	0.507061	0.480780	0.485388	0.474663	0.000000

Done

Gambar 4.2 *Unweighted Supermatrix*

Super Decisions Main Window: ini diaa.sdmod: Weighted Super Matrix

Cluster Node Labels		Kriteria Marketing Mix 7P						
		People	Physical Evidence	Place	Price	Process	Product	Promotion
Kriteria Marketing Mix 7P	People	0.000000	0.091163	0.090447	0.065216	0.059785	0.086069	0.115782
	Physical Evidence	0.166694	0.000000	0.144520	0.164290	0.163922	0.211650	0.303578
	Place	0.100995	0.145514	0.000000	0.099612	0.094406	0.130340	0.170049
	Price	0.065789	0.069486	0.068353	0.000000	0.048088	0.063028	0.089343
	Process	0.034797	0.034412	0.035550	0.034090	0.000000	0.034249	0.042795
	Product	0.149124	0.179108	0.154070	0.156012	0.148411	0.000000	0.278452
	Promotion	0.482600	0.480317	0.507061	0.480780	0.485388	0.474663	0.000000

Done

Gambar 4.3 *Weighted Supermatrix*

Weighted Supermatrix yang telah diperoleh selanjutnya dikalikan dengan matriks itu sendiri dalam beberapa iterasi. Iterasi ini bertujuan agar bobot supermatriks stabil, artinya nilai baris setiap elemen menjadi sama. Ketika bobot pada setiap kolom memiliki nilai yang sama, maka *Limiting Supermatrix* telah didapatkan.

Super Decisions Main Window: ini diaa.sdmod: Limit Matrix

Cluster Node Labels		Kriteria Marketing Mix 7P						
		People	Physical Evidence	Place	Price	Process	Product	Promotion
Kriteria Marketing Mix 7P	People	0.087351	0.087351	0.087351	0.087351	0.087351	0.087351	0.087351
	Physical Evidence	0.185218	0.185218	0.185218	0.185218	0.185218	0.185218	0.185218
	Place	0.123976	0.123976	0.123976	0.123976	0.123976	0.123976	0.123976
	Price	0.068836	0.068836	0.068836	0.068836	0.068836	0.068836	0.068836
	Process	0.036032	0.036032	0.036032	0.036032	0.036032	0.036032	0.036032
	Product	0.172256	0.172256	0.172256	0.172256	0.172256	0.172256	0.172256
	Promotion	0.326331	0.326331	0.326331	0.326331	0.326331	0.326331	0.326331

Done

Gambar 4.4 *Limiting Supermatrix*

Dari nilai *Limiting Supermatrix* yang telah didapatkan lalu dilakukan perangkingan prioritas terhadap nilai yang telah diperoleh.

TABEL 4.2 PERANGKINGAN BOBOT PRIORITAS

Kriteria	Bobot	Persentase	Peringkat
Product	0.172256	17,23%	III
Place	0.123976	12,40%	IV
Promotion	0.326331	32,63%	I
Price	0.068836	6,88%	VI
People	0.087351	8,74%	V
Physical Evidence	0.185218	18,52%	II
Process	0.036032	3,60%	VII
	1.00000	100,00%	

Hasil dari perhitungan ANP dengan *software Superdecision* yaitu diperoleh bahwa kriteria yang memiliki nilai bobot yang paling tinggi ialah *Promotion* dengan nilai bobot sebesar 0.326. Kriteria *Promotion* bertujuan untuk memberikan informasi mengenai produk yang ditawarkan kepada orang banyak, sehingga konsumen mengetahui apa produk yang kita tawarkan. Kriteria *Promotion* menjadi kriteria prioritas sehingga akan dilakukan pengolahan lebih lanjut terhadap kriteria *Promotion.* Pengolahan akan dilakukan dengan menggunakan metode *Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution* (TOPSIS). Alternatif kriteria yang ada pada kriteria *Promotion* akan dilakukan pengolahan yang bertujuan untuk memperoleh alternatif yang paling ideal yang akan

ISBN 978-623-92050-0-3

digunakan sebagai strategi pemasaran di UKM Seprei Aneka Collection.

4.3 Pengolahan TOPSIS

4.3.1 Normalisasi Matriks

Penilaian yang telah diberikan oleh responden untuk alternatif terpilih terhadap seluruh kriteria yang ada dilakukan perhitungan untuk mendapatkan bobot penilaian tersebut. Setelah bobot penialian tersebut diperoleh lalu disusun untuk dijadikan matriks yang ternormalisasi.

TABEL 4.3 NORMALISASI MATRIKS

	A	B	C	D	E	F	G
C1	0.124	0.296	0.092	0.226	0.1911	0.087	0.093
C2	0.343	0.621	0.681	0.696	0.124	0.629	0.370
C3	0.533	0.083	0.227	0.078	0.685	0.284	0.537

4.3.2 Normalisasi Matriks Terbobot

Setelah matriks ternormalisasi selanjutnya, dilakukan pembobotan terhadap normalisasi tersebut dengan cara setiap baris pada matriks yang ternormalisasi dikalikan dengan W_i, dimana nilai W_i adalah bobot kriteria alternatif *Promotion* hasil dari pengolahan data ANP.

TABEL 4.4 MATRIKS TERNORMALISASI TERBOBOT

	A	B	C	D	E	F	G
C1	0.0184	0.0331	0.0369	0.0138	0.0149	0.0148	0.0029
C2	0.0511	0.0695	0.2726	0.0425	0.0096	0.1063	0.0115
C3	0.0794	0.0093	0.0906	0.0048	0.0534	0.0479	0.0166

4.3.3 Matriks Solusi Ideal Positif dan Negatif

Matriks solusi ideal positif dan negatif ditentukan berdasarkan bobot pada matriks ternormalisasi terbobot. Adapun solusi ideal positif (A^+) dapat dihitung sebagai berikut:

(A^+) = Max (0.0184, 0.0511, 0.0794)

(A^-) = Min (0.0184, 0.0511, 0.0794)

TABEL 4.5 SOLUSI IDEAL POSITIF (A^+) DAN SOLUSI IDEAL NEGATIF (A^-)

A^+	0.0184	0.0331	0.0369	0.0138	0.0149	0.0148	0.002
A^-	0.0511	0.0695	0.2726	0.0425	0.0096	0.1063	0.011

4.3.4 Jarak Antara Nilai Alternatif dengan Matriks Solusi Ideal Positif dan Negatif

Jarak antara nilai terbobot setiap alternatif terhadap solusi ideal positif dihitung sebagai berikut :

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(y_i^+ - y_i)^2}$$

$$D_1^+ = \sqrt{(0.0794-0.0184)^2 + \cdots + (0.0166-0.0029)^2} = \sqrt{0.0715} = 0.2674$$

$$D_2^+ = \sqrt{(0.0794-0.0511)^2 + \cdots + (0.0166-0.0115)^2} = \sqrt{0.0027} = 0.0519$$

$$D_3^+ = \sqrt{(0.0794-0.0794)^2 + \cdots + (0.0166-0.0166)^2} = \sqrt{0.0416} = 0.2039$$

Sedangkan jarak antara nilai terbobot setiap alternatif terhadap solusi ideal negatif dihitung sebagai berikut :

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(y_{ij} - y_i^-)^2}$$

$$D_1^- = \sqrt{(0.0184-0.0184)^2 + \cdots + (0.0029-0.0029)^2} = \sqrt{0.1110} = 0.3331$$

$$D_2^- = \sqrt{(0.0511-0.0184)^2 + \cdots + (0.0115-0.0029)^2} = \sqrt{0.0470} = 0.2167$$

$$D_3^- = \sqrt{(0.0794-0.0184)^2 + \cdots + (0.0166-0.0029)^2} = \sqrt{0.0145} = 0.1204$$

4.3.5 Nilai Preferensi Alternatif

Adapun nilai preferensi alternatif untuk setiap alternatif dihitung sebagai berikut :

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \qquad (12)$$

$$V_1 = \frac{0.3331}{0.3331 + 0.2674} = 0.5547$$

$$V_2 = \frac{0.2167}{0.2167 + 0.0519} = 0.8067$$

$$V_3 = \frac{0.1204}{0.1204 + 0.2039} = 0.3712$$

TABEL 4.6 URUTAN NILAI PREFERENSI ALTERNATIF

No	Alternatif	Preferensi	Nilai Preferensi
1	Iklan di *Social Media*	V_2	0.8067
2	Membagikan Brosur dan Katalog	V_1	0.5547
3	Mengikuti Bazar	V_3.	0.3712

Berdasarkan pengolahan data menggunakan metode TOPSIS diperoleh alternatif yang paling ideal yang dapat meningkatkan pemasaran perusahaan seprei Aneka Colletion. Alternatif-alternatif ideal diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Alternatif Memberikan Brosur dan Katalog

Alternatif memberikan brosur dan katalog berada pada posisi kedua dengan nilai preferensi sebesar 0.5547. Alternatif ini dilakukan dengan cara membuat dan membagikan brosur dan katalog kepada masyarakat, brosur dan katalog yang dibuat

ISBN 978-623-92050-0-3

harus menarik agar orang melihat produk yang ditawarkan tertarik. Seperti misalnya perusahaan membuat brosur yang berisikan gambar dari produk yang ditawarkan dan juga membuat kalimat-kalimat yang menarik contohnya memberikan diskon ataupun hadiah untuk pembelian produk. Perusahan juga dapat memberikan seperti jaminan terhadap kualitas barang yang ditawarkan seperti warna seprei dijamin tidak pudar dan luntur, agar konsumen lebih yakin untuk membeli barang yang ditawarkan pada brosur dan katalog tersebut. Brosur dan katalog yang disebarkan harus terlihat bagus dan menarik karena hal ini sangat berpengaruh terhadap konsumen untuk membaca atau melihat brosur dan katalog yang diberikan.

2. Alternatif Iklan di Media Sosial

Alternatif iklan di media sosial berada pada posisi pertama dengan nilai preferensi sebesar 0.8067. Alternatif ini dapat dilakukan dengan cara memasang iklan seprei Aneka Collection di berbagai sosial media, seperti Tokopedia, Lazada, Facebook, Olx dan Shopee.co.id. Selain itu perusahaan juga dapat melakukan *endorse* di *Instagram* karena cara ini merupakan cara pemasaran terikini yang lebih mudah untuk memasarkan produk dibandingkan dengan iklan di televisi. Pada era modern seperti sekarang banyak konsumen yang ingin berbelanja hanya dengan menggunakan *handphone* karena lebih mudah dan praktis.

3. Alternatif Mengikuti Bazar

Alternatif mengikuti bazar berada pada posisi ke tiga dengan nilai preferensi sebesar 0.3712. Alternatif ini dilakukan dengan mengikuti acara bazar yang diselenggarakan oleh pemerintah ataupun swasta yang ada disekitar kota Medan. Kegiatan alternatif ini dilakukan dengan membuka stand pada acara bazar untuk dapat mempromosikan produk kepada masyarakat luas di kota Medan. Alternatif ini cukup efektif untuk dilakukan, karena dapat memperkenalkan produk ke masyarakat luas khususnya masyarakat di kota Medan. Perusahaan dapat langsung berkomunikasi dan menjelaskan kepada calon konsumen mengenai produk yang ditawarkan. Selain itu, perusahaan juga dapat langsung memperlihatkan contoh produk yang ada kepada masyarakat yang ada atau calon konsumen pada acara bazar tersebut.

V. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kriteria yang terpilih dari kriteria bauran pemasaran 7P dengan menggunakan metode *Analytical Network Process* (ANP) yaitu *Promotion* dengan nilai bobot 0,326.

2. Alternatif kriteria yang terpilih pada kriteria *Promotion* setelah dilakukan pengolahan data dengan menggunakan metode *Techniqie for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution* (TOPSIS) adalah alternatif membuat iklan di media sosial. Alternatif ini memiliki jarak terdekat dengan nilai solusi ideal positif yaitu 0.0519 dan memiliki jarak terjauh dengan nilai solusi ideal positif yaitu 0.2167 serta memiliki nilai preferensi sebesar 0.8067. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan perkembangan zaman modern seperti sekarang ini media sosial merupakan salah satu alat pemasaran yang efektif untuk meningkatkan pangsa pasar lebih luas, karena dengan sosial media dapat memperkenalkan atau memasarkan produk kepada orang banyak secara bersamaan serta dapat menjangkau konsumen di seluruh Indonesia. Melakukan pemasaran dengan menggunakan *social media* memiliki kesempatan yang besar untuk dapat meningkatkan penjualan perusahaan.

3. Berdasarkan alternatif strategi pemasaran yang terpilih maka usulan strategi pemasaran yang dapat diberikan yaitu perusahaan melakukan penjualan produk secara *online* dikarenakan promosi yang dilakukan di *social media* dapat menarik perhatian konsumen. Konsumen yang dapat dijangkau bukan hanya konsumen yang berada di daerah yang sama dengan perusahaan, bahkan dengan *social media* perusahaan dapat memasarkan produknya hingga internasional. Konsumen dapat mengakses informasi mengenai produk yang ditawarkan dengan menggunakan *social media*. Perusahaan dapat memasang atau membuat iklan di *social media* seperti *Facebook* dan *Instagram* atau juga dapat memasang iklan tersebut di situs toko online seperti Olx, Tokopedia, Shopee, Lazada dan Bukalapak

DAFTAR PUSTAKA

Afrillita, Nur. Analisis SWOT Dalam Menentukan Strategi Pemasaran Sepeda Motor Pada PT. Samekarino Indah Di Samarinda. *Journal Administrasi Bisnis*. 2013.

Assauri, Sofjan. *Strategic Marketing: Sustaining Lifetime Customer Value*. Rajawali Pers. Jakarta. 2012.

Behzadia, Majid dan Khanmohammadi Otaghsara. A State-of the-art Survey of TOPSIS Applications. *Journal Expert Systems with Applications* 39 13051-13069. 2012.

Caesaron, Dino. Penentuan Strategi Pembinaan UMKM Provinsi DKI Jakarta Dengan Menggunakan Metode AHP

ISBN 978-623-92050-0-3

TOPSIS. *Jurnal Metris* ISSN: 1418-3287 Program Studi Teknik Industri Universitas Bunda Mulia. 2014.

Guntara, Gugi. Aplikasi Metode ANP (Analytical Network Process) dan TOPSIS (Technique For Other Preference by Similarity to Ideal Solution) untuk Pengambilan Keputusan Alternatif Pemasaran Terbaik pada Hotel Citi Inn Medan. *Tugas Akhir Teknik Industri* Universitas Sumatera Utara. 2013.

Jannah, Alfi. Strategi Pemasaran Usaha Kafe Kucing "Cats And Coffee" Jln. Bougenvile, Gejayan, Yogyakarta. *Tugas Akhir Teknik Boga* Universitas Negeri Yogyakarta. 2015.

Kaluku, Arif dan Ferry Jie. Penerapan ANP-TOPSIS untuk Pengukuran Kinerja Human Resources Procurement Section. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis* 2. 2015)

Kotler, Philip dan Gary Armstrong. *Prinsip-Prinsip Pemasaran*. Erlangga. Jakarta. 2001.

Kotler, Philip dan Kevin Lane Keller. *Manajemen Pemasaran*. Erlangga. Jakarta. 2009.

Kusumadewi, Sri. *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 2006.

Lee, Chuan dan Cheng-Shiung Wu. Optimal Marketing Strategy: A Decision-making with ANP dan TOPSIS. *Internation Journal Production Economics* 127. 2010.

Lin, Su-Mei. Marketing Mix (7P) and Performance Assessment of Western Fast Food Indsutry in Taiwan: An Apllication by Associating DEMATEL and ANP. *African Journal of Business Management* Vol.5. ISSN: 1993-8233. 2011.

Rusvito, Achmad. Perancangan Strategi Komunikasi Pemasaran Produk Pisang Pelangi Dengan Metode Balanced Scorecard dan Benchmarking. *E-Proceeding Of Engineering: Vol.2, No.2*. ISSN : 2355-9365. 2015.

Saaty, L. Thomas and Luis Vargas. *Decision Making With The Analytical Network Process Economics, Political, Sosial adn Technological Application with Benefis, Opportunities, Cost and Risks*. Springer, Pittsburgh. 2006.

Sefti, Fakhriyan. Strategi Bauran Pemasaran (Marketing Mix) 7P (Product, Price, Place, Promotion, People, Process, Physical Evidence) di Cherrka Bakery. *Tugas Akhir Program Studi Teknik Boga* Universitas Negeri Yogyakarta. 2016.

Supriyanto dan Ernawati. *Pemasaran Industri Jasa Kesehatan*. Andi, Yogyakarta. 2011.

Suyanto, Muhammad. *Marketing Strategy TOP Brand Indonesia*. Andi, Yogyakarta. 2007.

Swastha, Basu dan Irawan. *Manajemen Pemasaran Modern*. Liberty, Yogyakarta. 2008.

Tjiptono, Fandy dan Gregorius Chandra. *Pemasaran Strategik*. Andi, Yogyakarta. 2012.

Triton P.B. *Marketing Strategic: Meningkatkan Pangsa Pasar & Daya Saing*. Tugu, Yogyakarta. 2008.

Tsai, Hui-Yin dan Bao-Huey Huang. Combining ANP and TOPSIS Concepts for Evaluation the Performance of Property-Liability Insurance Companies. *Journal of Social Sciences* 4. ISSN: 1549-3652. 2008.

Ukhrowi, Zayyin. Penentuan Strategi Pemasaran Dengan Menggunakan Metode Analytical Network Process (ANP) dan Technique for Others Reference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). *Tugas Akhir Teknik Industri* Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. 2017.

Wijayanti, Titik. *Managing Marketing Plan*. Elex Media Komputindo. Jakarta. 2012.

Wijaya, Hari. Strategi Segmenting, Targetting, Positioning Serta Strategi Harga Pada Perusahaan Kecap Blekok di Cilacap. *AJIE-Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship Vol. 01, No.03*. ISSN: 2477-0574. 2016.

ISBN 978-623-92050-0-3

Perancangan Perbaikan Alat Kerja Pada Pabrik Tahu Pak Utar Dengan Pendekatan Ergonomi

1st Fadhillah Royhan Abdurrasyid
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta
Jakarta, Indonesia
abdurrasyid4897@gmail.com

2nd Nurfajriah
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta
Jakarta, Indonesia
nurfajriah@upnvj.ac.id

***Abstract* --Pak Utar's Tofu Factory is a conventional home industry in the production of Tofu. There are three types of tofu produced, namely White Tofu, Chinese Tofu, and Jambi Tofu. In plain view, it can be seen that the work stations in this factory are still lacking in ergonomics and have a very high risk of injury to Musculoskeletal Disorders (MSDs), therefore the authors conducted research by applying the Rapid Entire Body Assessment method. After observation, there are 6 work stations with a total of 27 activities in total. After conducting research with the method, it was found that the REBA method produced all work stations to be repaired. After reviewing and seeing the results of the methods at each work station, the author will make improvements to the design of work tools at work station two because the work station does not have a big effect on the procedures of the operator working, compared to other work stations. The author makes the design of work tool repairs at work station 1 which was originally dipper, becomes a water flush, and after simulation, the results of REBA are included in the Low Risk category with final scores 2 and 3.**

Keywords --TofuFactory, Musculoskeletal Disorders (MSDs), Rapid Entire Body Assessment (REBA), Siemens Tecnomatix Jack.

I. PENDAHULUAN

Kesehatan dan keselamatan kerja merupakan salah satu faktor penting yang harus diperhatikan oleh manusia saat sedang bekerja. Apabila tidak diperhatikan maka akan memberikan kerugian tersendiri bagi pekerja dan perusahaan. Kerugian yang didapat berupa berkurangnya tenaga kerja, menurunnya produktivitas, dan kebutuhan biaya kesehatan yang tinggi.

Keluhan muskuloskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan yang sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam jangka waktu yang lama akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Keluhan inilah yang biasanya disebut sebagai *Musculoskeletal Disorder* (MSDs) atau cedera pada sistem musculoskeletal. [2]

Pabrik Tahu Pak Utar adalah sebuah *home industry* yang bergerak dalam bidang proses produksi Tahu Cina, Tahu Putih, dan Tahu Jambi. Adapun semua aktivitas dimulai dari penyimpanan barang sampai dengan pengiriman barang masih dilakukan secara manual. Secara kasat mata, tingkat resiko cidera yang dihadapi oleh pekerja sangat besar terutama MSDs. Hal ini diakibatkan karena postur pekerja yang membungkuk pada saat melakukan pengangkatan dan dengan frekuensi yang cukup lama dalam satu hari.

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan atau cidera otot, dilakukannya sebuah pencegahan melalui penganalisaan lebih lanjut terhadap pekerjaan-pekerjaan yang sedang berlangsung. Penulis akan meneliti semua stasiun kerja dengan metode yaitu metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA).



Gambar 1. Aktivitas Produksi Tahu

II. TINJAUAN PUSTAKA

Untuk melakukan analisa ergonomi dan perbaikan lingkungan kerja dalam permasalahan faktor resiko pekerjaan, terdapat beberapa cara yaitu observasi kejanggalan posisi tubuh, meneliti kelelahan otot, dsb. [2]. Berikut adalah metode yang digunakan.

A. Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Rapid Entire Body Assissment (REBA) adalah suatu metode dalam bidang ergonomi yang digunakan secara cepat untuk menilai postur leher, punggung, lengan, pergelangan tangan dan kaki seorang pekerja.

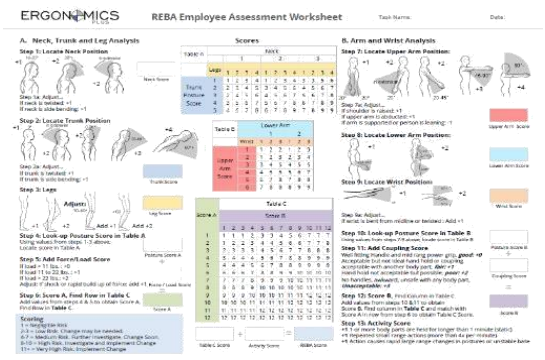
Metode ini juga dilengkapi dengan faktor *coupling*, beban eksternal, dan aktivitas kerja. Dalam metode ini, segmen-segmen tubuh dibagi menjadi dua grup, yaitu grup A dan Grup B. Grup A terdiri dari punggung (batang tubuh), leher dan kaki. Sedangkan grup B terdiri dari lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan.

Penentuan skor REBA, yang mengindikasikan level resiko dari postur kerja, dimulai dengan

ISBN 978-623-92050-0-3

menentukan skor A untuk postur-postur grup A ditambah dengan skor beban (*load*) dan skor B untuk postur-postur grup B ditambah dengan skor *coupling.* Kedua skor tersebut (skor A dan B) digunakan untuk menentukan skor C. Skor REBA diperoleh dengan menambahkan skor aktivitas pada skor C. Dari nilai REBA dapat diketahui level resiko cedera.

Pengembangan *Rapid Entire Body Assissment* (REBA) terdiri atas 3 (tiga) tahapan, yaitu mengidentifikasikan kerja, sistem pemberian skor, skala level tindakan yang menyediakan sebuah pedoman pada tingkat yang ada, dibutuhkan untuk mendorong penilaian yang lebih detail berkaitan dengan analisis yang didapat.



Gambar 2. REBA *Assessment*

B. Worksheet B. Software Siemens Jack 8.4

Software ini merupakan sebuah perangkat lunak permodelan dan simulasi manusia (*human modeling and simulation*) yang membantu dalam peningkatan aspek ergonomi dari design produk dan stasiun kerja. *Software Jack* dapat memposisikan model manusia secara akurat dalam lingkunan *virtual* (*virtual environment*), memberikan tugas kepada model manusia tersebut dan menganalisis kinerja model manusia tersebut. Terdapat 4 tahap dalam mensimulasikan ini, yaitu:

Membangun sebuah *virtual environment.*
Menciptakan *virtual human.*
Memposisikan manusia *virtual* dalam *virtual environment* tersebut,
Memberikan tugas kepada manusia *virtual*, dan kemudian dilakukannya analisa performa *virtual human.*

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada proses produksi tahu putih di pabrik tahu pak Utar. Pelaksanaan penelitian ini pada setiap stasiun kerja pada pabrik tahu pak Utar dengan total 6 stasiun kerja. Penelitian dilangsungkan pada bulan Maret 2019 dalam jangka waktu 1 bulan. Jenis data yang digunakan yakni data primer meliputi: observasi, wawancara, dan kuisioner. Untuk mengambil ketiga data tersebut penulis menggunakan alat bantu berupa form REBA, kamera DSLR, dan *stopwatch handphone.*

A. Identifikasi Masalah

Sehubungan dengan yang ada pada bab pendahuluan, bahwa pokok permasalahan yang akan diteliti adalah aktivitas yang dilakukan secara terus menerus dengan menggunakan anggota tubuh bagian atas dengan kelompok otot yang sama akan menimbulkan resiko yang berbahaya. Setelah dilakukan beberapa kali observasi, peneliti menilai SK 1 berpotensi dapat menimbulkan cidera dalam kerja. Maka dari itu dalam penelitian ini permasalahan yang angkat yaitu "Bagaimana perbaikan postur tubuh yang diterima saat melakukan aktivitas produksi?"

B. Prosedur Pengambilan data

Metodologi penelitian dimulai dengan mengidentifikasi masalah yang terdapat pada pabrik, yaitu potensi cidera MSDs pada setiap pekerja di semua stasiun. Selanjutnya diobservasi dan dianalisis postur para pekerja menggunakan metode REBA, yang kemudian diolah dan diperbaiki dengan membuat suatu alat bantu di stasiun kerja, lalu disimulasikan dengan *software jack*. Langkah selanjutnya yakni analisis dan pembahasan setelah diberikan perbaikan berupa alat. Langkah terakhir adalah memberi kesimpulan dan saran atas penelitian yang telah dilakukan.

IV. PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

Penulis mengambil data untuk metode REBA. Setelah dilakukan pengumpulan data dan pengolahan data, hasil yang dihasilkan oleh setiap SK akan dikomparasi hingga terlihat SK mana yang paling berisiko.

A. Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Sebelum melakukan pengambilan foto untuk tiap stasiun kerja, penulis melakukan pengumpulan data titik kritis di setiap-setiap stasiun kerja, yang didapatkan dari pelakukan pengamatan secara langsung pada proses kerja tiap-tiap stasiun. Berikut rekapitulasi stasiun kerja dan titik kritis postur tubuh yang penulis dapatkan:

TABEL 1. AKTIVITAS SETIAP SK

Stasiun Kerja	Aktvitas
1	Menuang kedelai
	Menuang kedelai
	Menuang kedelai
2	Mengangkat wadah
	Mengambil air
	Mengaduk kedelai
3	Membuka klep
	Menggoyangkan kain
	Membuang limbah
4	Menuang biang
	Mengaduk endapan
5	Menaruh kain
	Memindahkan endapan
	Menutup kain
	Menaruh bambu
	Menutup cetakan
	Menumpuk cetak
	Membuka tutup cetakan
	Mengangkat bambu
	Membuka kain penutup
	Menutup kembali
	Membalik cetakan
	Mengambil bawah cetakan
	Mengangkat kain
6	Menaruh penggaris
	Memotong
	Memindahkan tahu

ISBN 978-623-92050-0-3

Setelah dilakukan pengambilan foto setiap operator, penulis memberikan sudut pada bagian tubuh operator yang mana selanjutnya dilakukan perhitungan REBA menggunakan *assessment worksheet*, berikut merupakan rekapitulasi dari perhitungan REBA tersebut.



Gambar 3. Pemberian sudut di foto

TABEL 2. REKAPITULASI INDIKATOR REBA

SK	Aktivitas	STEP REBA													Ket
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	Menuang kedelai	1	4	2	5	1	6	3	2	2	5	2	7	0	7	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Menuang kedelai	2	4	1	5	1	6	4	2	2	6	1	7	0	9	High Risk. Investigate and Implement Change
	Menuang kedelai	1	1	1	1	1	2	4	2	2	6	1	7	0	5	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
2	Mengangkat wadah	2	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	3	0	2	Low Risk. Change May Be Needed
	Mengambil air	3	4	1	6	1	7	2	2	2	3	0	3	1	8	High Risk. Investigate and Implement Change
	Mengaduk kedelai	2	1	1	1	0	1	3	2	1	4	0	4	1	3	Low Risk. Change May Be Needed
3	Membuka klep	2	4	4	8	0	8	3	2	2	5	0	5	0	10	High Risk. Investigate and Implement Change
	Menggoyangkan kain	2	1	4	4	2	6	1	2	2	2	2	4	2	9	High Risk. Investigate and Implement Change
	Membuang limbah	3	3	3	7	2	9	1	2	2	2	2	4	0	10	High Risk. Investigate and Implement Change
4	Menuang biang	1	2	1	2	0	2	4	1	2	5	0	5	1	5	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Mengaduk endapan	1	2	1	2	0	2	3	2	1	4	2	6	2	6	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
5	Menaruh kain	1	3	2	4	0	4	4	2	3	7	0	7	0	7	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Memindahkan endapan	1	5	2	6	0	2	3	2	3	5	0	5	2	10	High Risk. Investigate and Implement Change
	Menutup kain	1	4	3	6	0	6	3	2	2	5	0	5	0	8	High Risk. Investigate and Implement Change
	Menaruh bambu	2	1	2	3	0	3	2	2	1	2	0	2	0	3	Low Risk. Change May Be Needed
	Menutup cetakan	1	4	2	5	0	5	2	2	1	2	0	2	0	4	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Menampuk cetak	1	2	3	4	0	4	3	2	3	5	1	6	0	6	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Membuka tutup cetakan	2	3	1	4	0	4	1	2	3	3	0	3	0	4	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Mengangkat bambu	1	2	1	2	0	2	4	2	1	5	0	5	0	4	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Membuka kain penutup	1	4	1	3	0	3	1	1	1	1	0	1	0	2	Low Risk. Change May Be Needed
	Menutup kembali	1	2	1	2	0	2	2	2	1	2	0	2	0	2	Low Risk. Change May Be Needed
	Membalik cetakan	1	2	1	2	0	2	3	1	2	4	1	5	0	4	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Mengambil bawah cetakan	2	1	1	1	0	1	2	1	1	1	1	2	0	1	High Risk. Investigate and Implement Change
	Mengangkat kain	1	3	2	4	0	4	4	2	3	7	0	7	0	7	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
6	Menaruh penggaris	1	3	1	2	0	2	3	2	2	5	0	5	0	4	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Memotong	1	2	1	2	0	2	1	1	1	1	0	1	2	3	Low Risk. Change May Be Needed
	Memindahkan tahu	3	4	2	7	0	7	3	2	1	4	0	4	2	10	High Risk. Investigate and Implement Change

B. Analisis Data

Setelah dilakukan perhitungan setiap metode pada setiap stasiun kerja di pabrik tahu pak Utar, penulis mengkomparasi hasil dari ketiga metode hingga dapat terlihat stasiun kerja mana yang paling berisiko dan memerlukan perbaikan.

Berdasarkan tabel komparasi tiga metode diatas, semua stasiun kerja memiliki risiko menengah keatas kecuali pada stasiun kerja 6, hasil kuisioner NBM menunjukkan tidak perlu ditinjau namun hasil REBA dan OWAS menampilkan sebaliknya.

C. Perbaikan Stasiun Kerja 2

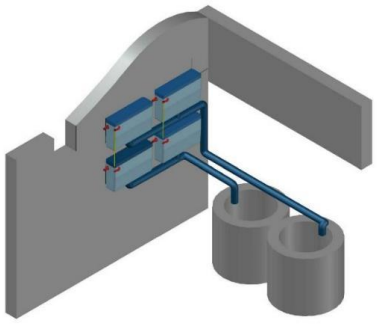
Setelah meninjau dan melihat hasil dari ketiga metode pada setiap stasiun kerja, penulis akan melakukan perbaikan perancangan alat kerja pada stasiun kerja dua karena stasiun kerja tersebut tidak berpengaruh besar kepada tatacara operator bekerja, dibandingkan stasiun kerja lainnya.

Stasiun kerja 2 merupakan stasiun kerja perebusan kacang kedelai yang telah digiling. Hasil pengujian ketiga metode menunjukkan bahwa stasiun kerja 2 berisiko cedera.

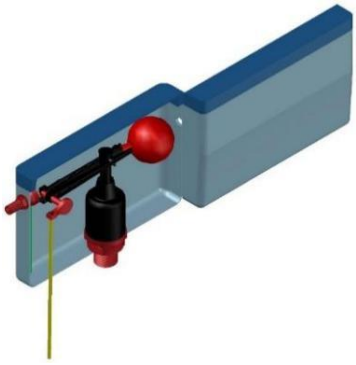
Dari proses tersebut, penulis akan melakukan perancangan perbaikan alat kerja pada proses menuang air, yang semula menuang air manual yaitu menimba air dengan gayung yang terbuat dari derijen yang dibelah, lalu mengangkutnya dari bak air di kiri operator ke tungku perebusan di kanan operator, menjadi menuang air menggunakan *Water Flush* yang dapat digunakan dengan hanya menarik tuas *flush* tersebut.

Berikutnya adalah simulasi menggunakan *software Siemens Tecnomatix Jack 8.4*. *Design* alat *water flush* tersebut diimport ke *software jac*k dan dibuat operator *virtual human* untuk mengoperasikan alat tersebut.

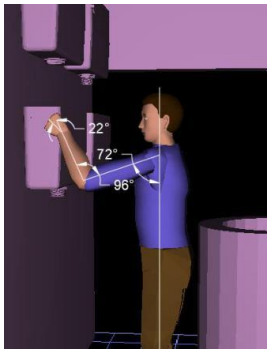
Operator *virtual human* dibuat dengan menggunakan antropometri langsung dari operator stasiun kerja 2 tersebut, yang setelahnya akan dilakukan pemberian sudut kepada operator virtual tersebut. Berikut merupakan visual dari simulasi diatas yang telah diberi sudut kepada bagian tubuh operatornya.



Gambar 4. *Design Layout* SK 2



Gambar 5. *Design Water Flush System*



Gambar 6. Visual dari simulasi SK 2

ISBN 978-623-92050-0-3

Setelah disimulasikan, penulis melakukan perhitungan dengan menggunakan metode REBA kepada *operator virtual human*. Berikut merupakan hasil perhitungan tersebut.

TABEL 3. HASIL REBA DENGAN ALAT

SK	Aktvitas	STEP REBA													FS	Ket
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Putar Tuas Bawah	1	1	1	1	0	1	3	1	2	4	0	4	0	2	Low Risk. Change May Be Needed
	Menarik Tali Tuas Atas	1	1	1	1	0	1	4	2	1	5	0	5	0	3	Low Risk. Change May Be Needed

Didapatkan bahwa dengan menggunakan alat *Water Flush* di stasiun kerja 2 produksi tahu, nilai yang dihasilkan dari metode REBA menunjukkan hasil yang baik dan rendah risiko cidera MSDs.

TABEL 4. REKAPITULASI NILAI REBA

SK	Aktvitas	STEP REBA													FS	Ket
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Menuang kedelai	1	4	2	5	1	6	3	2	2	5	2	7	0	7	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Menuang kedelai	2	4	1	5	1	6	4	2	2	6	1	7	0	9	High Risk. Investigate and Implement Change
	Menuang kedelai	1	1	1	1	1	2	4	2	2	6	1	7	0	5	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
2	Mengangkat wadah	2	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	3	0	2	Low Risk. Change May Be Needed
	Mengambil air	3	4	1	6	1	7	2	2	2	3	0	3	1	8	High Risk. Investigate and Implement Change
	Mengaduk kedelai	2	1	1	1	0	1	3	2	1	4	0	4	1	3	Low Risk. Change May Be Needed
3	Membuka klep	3	4	4	8	0	8	3	2	2	5	0	5	0	10	High Risk. Investigate and Implement Change
	Menggoyangkan kain	2	1	4	4	2	6	1	2	2	2	2	4	2	9	High Risk. Investigate and Implement Change
	Membuang limbah	3	3	3	7	2	9	1	2	2	2	2	4	0	10	High Risk. Investigate and Implement Change
4	Menuang biang	1	2	1	2	0	2	4	1	2	5	0	5	1	5	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Mengaduk endapan	1	2	1	2	0	2	3	2	1	4	2	6	2	6	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Menaruh kain	1	3	2	4	0	4	4	2	3	7	0	7	0	7	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Memindahkan endapan	3	3	2	6	0	6	3	2	2	5	0	5	2	10	High Risk. Investigate and Implement Change
5	Menutup kain	1	4	3	6	0	6	3	2	2	5	0	5	0	8	High Risk. Investigate and Implement Change
	Menaruh bambu	2	1	2	3	0	3	2	2	1	2	0	2	0	3	Low Risk. Change May Be Needed
	Menutup cetakan	1	4	2	5	0	5	2	2	1	2	0	2	0	4	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Menumpuk cetak	1	2	3	4	0	4	3	2	3	5	1	6	0	6	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Membuka tutup cetakan	2	3	1	4	0	4	1	2	3	3	0	3	0	4	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Mengangkat bambu	1	2	1	2	0	2	4	2	1	5	0	5	0	4	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Membuka kain penutup	1	4	1	3	0	3	1	1	1	1	0	1	0	2	Low Risk. Change May Be Needed
	Menutup kembali	1	2	1	2	0	2	2	2	1	2	0	2	0	2	Low Risk. Change May Be Needed
	Membalik cetakan	1	2	1	2	0	2	3	1	2	4	1	5	0	4	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Mengambil bawah cetakan	2	1	1	1	0	1	2	1	1	1	1	2	0	1	Negligible Risk
	Mengangkat kain	1	3	2	4	0	4	4	2	3	7	0	7	0	7	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
6	Menaruh penggaris	1	3	1	2	0	2	3	2	2	5	0	5	0	4	Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
	Memotong	1	2	1	2	0	2	1	1	1	1	0	1	2	3	Low Risk. Change May Be Needed
	Memindahkan tahu	3	4	2	7	0	7	3	2	1	4	0	4	2	10	High Risk. Investigate and Implement Change

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukannya penelitian dan analisa terhadap setiap stasiun kerja di bagian produksi Pabrik Tahu Pak Utar, berikut merupakan kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini.

1. Metode *Rapid Entire Body Assessment*

Berdasarkan perhitungan metode *Rapid Entire Body Assessment* di setiap stasiun kerja, stasiun kerja yang memiliki nilai terendah yaitu stasiun kerja 5 dengan aktivitas "mengambil bagian bawah cetakan" dengan nilai *final score* sebesar 1, dan stasiun kerja yang memiliki nilai tertinggi yaitu stasiun kerja 3 dengan aktivitas "membuka klep", dan aktivitas "membuang limbah" dengan *final score* sebesar 10, dan juga stasiun kerja 5 aktivitas "memindahkan endapan" dengan *final score* sebesar 10. Berikut rekapitulasi keseluruhan nilai REBA di setiap stasiun kerja.

2. Dapat disimpulkan, bahwa rancangan alat bisa mengurangi resiko cidera *musculoskeletal disorder.*

DAFTAR PUSKTAKA

[1] Dinar Prasetyawan. *Analisis Resiko Beban Kerja Berdasarkan Biomekanika dan Fisiologi*. Surakarta: Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

[2] Hardianto, Yassierli. 2014. *Ergonomi Suatu Pengantar*. Bandung: Penerbit PT. Remaja Rosdakarya.

[3] Sutalaksana, Iftikar Z. dkk.. 2006. *Teknik Perancangan Sistem Kerja Edisi Kedua*. Bandung: Penerbit ITB.

[4] Dani Ramdhani, Putri Mety. *Analisis Postur Kerja Pengrajin Handycraft Menggunakan Nordic Body Map dan Metode Rapid Upper Limb Assessment.* Bandung: Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.

[5] Reza Fatimah, Endah Rahayu, Siti Asmaul. *Analisis Postur Kerja Pada Stasiun Pemanenan Tebu Dengan Metode OWAS dan REBA, Studi Kasus di PG Kebon Agung, Malang.* Malang: Program Studi Agro Industrial Technology, Fakultas Teknologi Agrikultural, Universitas Brawijaya.

[6] Marulloh. *Analisis Postur Kerja dan Keluhan Subjektif Pekerja Untuk Aktivitas Pemindahan Batako Secara Manual*. Jakarta: Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gunadarma.

[7] Rachmad Devianto Wijaya. 2013. *Analisis Postur Tubuh dan Keluhan Muskuloskeletal Pada Pekerja Krupuk Putih di Bagian Percetakan di UD. Purnama Surabaya*. Surabaya: Jurusan Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga.

[8] Tarwaka. *Ergonomi Industri: Dasar Dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi Di Tempat Kerja*. Solo: Penerbit Harapan Press Solo.

ISBN 978-623-92050-0-3

Perancangan Mesin Penggoyang Wijen pada Industri Rumahan Onde – Onde di Dusun Gaduhan, Yogyakarta dengan Pendekatan Ergonomi Antropometri

1st Muhammad Irvan Dwi Putra
Fakultas Teknik Industri
UPN "Veteran" Yogyakarta
Sleman, Indonesia

2nd Nur Erzha Vidawati
Fakultas Teknik Industri
UPN "Veteran" Yogyakarta
Sleman, Indonesia
n_ezhav@yahoo.com

3rd Rizky Melati
Fakultas Teknik Industri
UPN "Veteran" Yogyakarta
Sleman, Indonesia

4th Febbyola Raflyani
Fakultas Teknik Industri
UPN "Veteran" Yogyakarta
Sleman, Indonesia

5th Lia Ilfiana
Fakultas Teknik Industri
UPN "Veteran" Yogyakarta
Sleman, Indonesia

6th Tri Wibawa
Fakultas Teknik Industri
UPN "Veteran" Yogyakarta
Sleman, Indonesia

***Abstrak*—Industri Kecil dan Rumah Tangga (IKRT) adalah salah satu industri yang memiliki peran yang cukup besar bagi perekonomian Indonesia. Salah satu industri IKRT yang berkembang yaitu produksi makanan tradisional seperti onde-onde di Dusun Gaduhan, Pedukuhan Wonolopo, Kelurahan Canden, Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta milik Pak Aris Widodo. Onde-onde merupakan makanan tradisional berbahan tepung beras ketan dengan kacang hijau sebagai *filling*/isian serta taburan wijen di permukaan onde-onde. Proses produksi dilakukan secara manual dari proses pembuatan adonan hingga penggorengan onde-onde. Kendala utama yang dihadapi terdapat pada proses penaburan wijen yang dilakukan secara manual. Pekerja harus menghentikan pekerjaannya dan berfokus pada penggoyangan onde-onde pada tampah dengan taburan wijen. Hal tersebut menyebabkan alur proses produksi menjadi terganggu dan jumlah onde-onde yang dihasilkan menurun. Paper ini bertujuan untuk menghasilkan suatu rancangan teknologi yang memudahkan proses penaburan dan pekerja tidak harus menghentikan pekerjaannya serta tidak mengganggu aliran produksi. Mesin ini menerapkan prinsip ergonomi pada perancangan desain dan ukuran dari mesin. Data yang dipertimbangkan dalam perancangan mesin yaitu data-data antropometri seperti Tinggi Bahu Duduk (TBD), Jangkauan Tangan ke Depan (JTD) dan Rentangan Tangan (RT). Hasil dari perhitungan antropometri yaitu rancangan mesin penggoyang wijen dengan dimensi panjang, lebar, dan tinggi berturut – turut sebesar 150,84 cm × 59,42 cm × 48,11 cm.**

Keywords—ergonomi, antropometri, perancangan alat, desain alat

I. PENDAHULUAN

Industri Kecil dan Rumah Tangga (IKRT) memiliki peranan yang cukup besar dalam sektor manufaktur dilihat dari sisi jumlah unit usaha dan daya serapnya terhadap tenaga kerja (Kuncoro & Widjajanto, 2001). Salah satunya yaitu industri rumahan milik Bapak Aris Widodo yang merupakan penghasil onde-onde di Dusun Gaduhan, Padukuhan Wonolopo, Kelurahan Canden, Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Onde-onde merupakan kue jajanan pasar yang terbuat dari tepung beras ketan dengan kacang hijau sebagai isian serta biji wijen sebagai *topping* yang menempel di permukaannya. Pembuatan onde-onde masih dilakukan secara manual dari proses pembuatan adonan, proses penaburan wijen hingga penggorengan onde-onde. Pada saat penaburan wijen dilakukan, pekerja harus menghentikan pekerjaannya dalam memasukkan isian kacang hijau untuk melakukan penggoyangan wijen pada tampah. Alat penggoyang wijen menggunakan prinsip

ISBN 978-623-92050-0-3

ergonomi dirancang untuk memudahkan pekerja. Tujuan dari perancangan mesin ini adalah agar proses penaburan wijen menjadi lebih efektif dan efisien. Pekerja tidak perlu menghentikan aktivitasnya dalam pembentukan bulatan onde-onde dan proses penaburan wijen tidak perlu menunggu hingga penuh.

Ergonomi adalah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi – informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan dengan efektif, aman, nyaman, sehat, efisien (Wingjosoebroto, 2000). Ergonomi juga dapat diartikan sebagai suatu aplikasi ilmu pengetahuan yang memperhatikan karakteristik manusia yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan (Sander dan Cormick, 1987). Menurut Tarwaka (2004) salah satu tujuan dari penerapan ergonomi yaitu dapat meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cidera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja. Tujuan ergonomi adalah menambah efektivitas penggunaan objek fisik dan fasilitas yang digunakan oleh manusia dan merawat atau menambah nilai tertentu, misalnya kesehatan, kenyamanan, dan kepuasan, pada proses penggunaan tersebut (Hadiguna, 2008)

Dalam kegiatan suatu usaha, kajian tentang produktivitas umumnya selalu dikaitkan hanya pada masalah teknologi produksi, metode kerja, dan masalah ekonomi. Masalah pengembangan sumber daya manusia adalah manusia dianggap sebagai aset perusahaan. Diperlukan adanya teknik kegiatan mana yang paling relevan dan mempunyai potensi paling besar dalam meningkatkan produktivitas berupa perbaikan sistem kerja (Manuaba, 1992). Perbaikan sistem kerja melalui perancangan desain mesin penggoyang wijen yang ergonomis ini berfungsi memudahkan pekerja dalam proses penaburan wijen dengan menitikberatkan kenyamanan bagi seorang pekerja. Hal tersebut bertujuan agar desain diarahkan sedemikian rupa sehingga sesuai dengan kemampuan orang secara umum. Ergonomi erat kaitannya dengan aspek-aspek manusia dalam perencanaan dan lingkungan kerja, sehingga tidak jauh hubungannya dengan pengukuran tubuh manusia atau yang biasanya disebut dengan antropometri

Antropometri berasal dari kata *antropo* (manusia) dan *metri* (ukuran). Menurut Stevenson (1989) dalam Nurmianto, (1991), antropometri merupakan satu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia, ukuran, bentuk, dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan desain. Ukuran yang digunakan yaitu standar rata-rata/kurva normal yang diaplikasikan secara luas dalam perancangan peralatan kerja, perancangan produk konsumtif, perancangan area kerja, dan perancangan lingkungan kerja fisik. Dimensi akan disesuaikan melalui perhitungan dengan persentil. Persentil merupakan sekumpulan data yang dibagi menjadi 100 bagian yang sama, akan menghasilkan 99 pembagi berturut-turut yang dinamakan persentil pertama, persentil kedua, hingga persentil ke-99. Penjelasan di atas juga didukung oleh Riduwan (2009: 114), menyatakan persentil (Ps) ialah nilai yang membagi data menjadi 100 bagian yang sama. Setelah disusun dari angka terkecil sampai ke yang terbesar. Harga persentil ada 99 bagian yaitu Ps_1 s.d Ps_{99}. Penjelasan lain juga disampaikan oleh Andi (2007: 85), menyatakan nilai persentil merupakan nilai sekumpulan data yang dibagi menjadi seratus bagian yang sama, dan yang membagi data tersebut dinamakan persentil. Perancangan suatu produk hendaknya harus memperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi ukuran tubuh manusia, yaitu umur, jenis kelamin, suku/bangsa, dan posisi tubuh.

Pada perancangan mesin penggoyang wijen, tahapan-tahapan pembuatan dimulai dengan mengambil data antropometri di industri onde – onde sebagai objek penelitian. Selanjutnya terdapat perancangan mesin yang disesuaikan dengan data antropometri pekerja yang telah diambil. Data tersebut diantaranya tinggi bahu duduk (TBD) yaitu jarak vertikal dari bahu hingga ujung pantat, jangkauan tangan ke depan (JTD) yaitu jarak horizontal dari ujung bahu hingga ujung jari tengah, dan rentangan tangan (RT) yaitu jarak horizontal dari ujung jari tengah hingga ujung jari tengah sebelahnya. Lalu, dilakukan penentuan spesifikasi komponen dan mesin sesuai perancangan mesin yang telah dibuat. Kemudian pembelian komponen sekaligus pembuatan mesin dilakukan hingga mendapatkan mesin yang sesuai dengan kebutuhan. Setelah itu, terdapat evaluasi pada mesin demi mendapatkan hasil mesin yang layak.

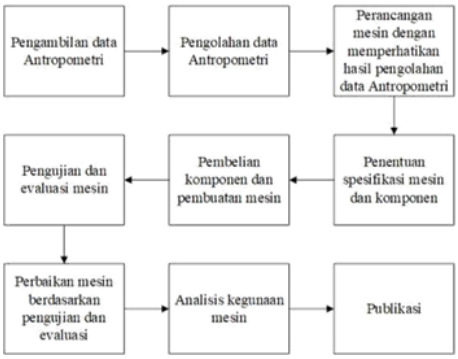
II. METODE PENELITIAN

Penelitian mengenai rekayasa desain ergonomi dilakukan pada pekerja penabur wijen pada onde-onde dengan bantuan tampah secara manual sebanyak empat (4) orang dengan jenis kelamin perempuan yang dilakukan yaitu pengukuran secara langsung pada seluruh pekerja pada bagian penaburan wijen ke onde – onde. Pengukuran dilakukan menggunakan meteran jahit dan alat tulis sebagai media mencatat. Pengumpulan data yang dilakukan adalah pengambilan data Tinggi Bahu Duduk (TBD), Jangkauan Tangan ke Depan (JTD) dan Rentangan Tangan (RT). Dari penelitian pertama, didapatkan data primer dan sekunder sebagai penunjang proses perhitungan data.

Perancangan mesin dilakukan dengan beberapa tahap. Tahap pertama adalah mengambil data yang

ISBN 978-623-92050-0-3

relevan terkait perancangan mesin meliputi Tinggi Bahu Duduk (TBD), Jangkauan Tangan ke Depan (JTD), dan Rentangan Tangan (RT) dari pekerja. Data ini kemudian diolah dengan memperhatikan persentil yang digunakan. Tahap selanjutnya adalah merancang mesin sesuai kegunaan mesin dengan memperhatikan data Antropometri yang telah diolah. Tahap selanjutnya adalah menentukan spesifikasi mesin dan komponen secara rinci, sehingga tidak terjadi kesalahan dalam pembuatan mesin dan mesin dapat bekerja sesuai dengan rancangan. Setelah diketahui spesifikasi mesin dan komponen secara rinci, maka dapat dilakukan pembelian komponen sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Tahap selanjutnya adalah membuat mesin sesuai rancangan yang telah dibuat. Mesin yang telah selesai dibuat akan diuji dan dievaluasi untuk mengetahui kesesuaian fungsi dan tujuannya. Kemudian, dilakukan perbaikan apabila terdapat kekurangan pada mesin yang dibuat. Tahapan yang terakhir adalah melakukan analisis terhadap kegunaan mesin dan publikasi melalui artikel ilmiah. Tahapan pembuatan dapat dilihat pada Gambar 1:



Gambar 1. Diagram alir

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah permasalahan utama diperoleh, didapatkan gambaran awal rancangan desain mesin penggoyang wijen yang diharapkan mampu menyelesaikan permasalahan. Selanjutnya, diperlukan adanya pendekatan agar mesin penggoyang onde – onde bersifat ergonomis. Pengukuran anthropometri dilakukan untuk mengetahui ukuran mesin penggoyang wijen guna mencapai sifat ergonomis. Pengukuran anthropometri yang dilakukan adalah berupa pengukuran Tinggi Bahu Duduk (TBD), Jangkauan Tangan ke Depan (JTD) dan Rentangan Tangan (RT). Data hasil pengukuran pada keempat pekerja dapat dilihat pada Tabel 1.orang pekerja di Divisi HR & GA terlibat dalam penelitian ini sebagai responden. Data demografi mereka ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1. DATA PENGUKURAN

Nama Pekerja	Tinggi Bahu Duduk (TBD	Jangkaun Tangan ke Depan (JTD)	Rentangan Tangan (RT)
Pekerja 1	48 cm	68 cm	155,5 cm
Pekerja 2	53 cm	61 cm	160,5 cm
Pekerja 3	51 cm	61 cm	162 cm
Pekerja 4	54 cm	67 cm	152 cm

Data yang telah didapat tersebut kemudian diolah dengan memperhatikan persentil yang sesuai. Perhitungan selanjutnya adalah menentukan rata – rata dan persentil yang akan digunakan sebagai landasan membuat dimensi mesin. Perhitungan yang dilakukan pada data antropometri tinggi bahu duduk (TBD), jangkauan tangan ke depan (JTD), dan rentangan tangan (RT) menggunakan perhitungan persentil. Persentil yang digunakan pada perhitungan kali ini yaitu persentil 10 dan persentil 90. Pada perhitungan antropometri didapatkan rata-rata tinggi bahu duduk (TBD) seluruh pekerja yaitu sebesar 51,5 cm. Setelah itu, menghitung simpangan baku dengan rumus :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{N-1}} \quad \text{.....(1)}$$

N merupakan banyaknya data. Simpangan tinggi bahu duduk (TBD) didapatkan sebesar 2,65 cm. Lalu, menghitung persentil 10 dan persentil 90 yang akan digunakan sebagai dimensi tinggi mesin dengan rumus $10 = -1{,}28$ dan $90 = +1{,}28$. Dari perhitungan tersebut didapatkan persentil ke-10 sebesar 48,11 cm dan persentil ke-90 sebesar 54,89 cm. Persentil dari tinggi bahu duduk (TBD) yang digunakan untuk merancang mesin penggoyang wijen yaitu persentil ke-10 sebesar 48,11 cm. Hal tersebut bertujuan agar pekerja yang memiliki ukuran terkecil dapat meraih tinggi dari mesin.

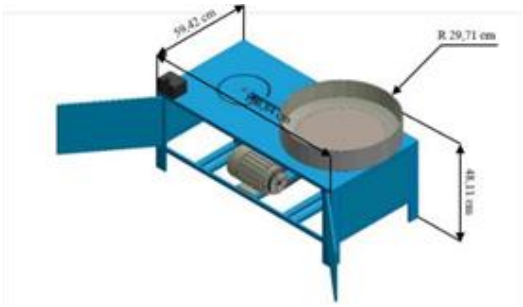
Selanjutnya yaitu perhitungan data antropometri Jangkauan Tangan ke Depan (JTD). Pada perhitungan ini didapatkan ratarata Jangkauan Tangan ke Depan (JTD) seluruh pekerja yaitu sebesar 64,25 cm. Setelah itu, menghitung simpangan baku dengan rumus (1). Simpangan Jangkauan Tangan ke Depan (JTD) didapatkan sebesar 3,77 cm. Lalu, menghitung persentil 10 dan persentil 90 yang akan digunakan sebagai dimensi lebar mesin dan diameter tampah dengan rumus $P_{10} = x - 1{,}28\ \sigma$ dan $P_{90} = x + 1{,}28\ \sigma$. Dari perhitungan tersebut didapatkan persentil ke-10 sebesar 59,42 cm dan persentil ke-90 sebesar 69,08 cm. Persentil

ISBN 978-623-92050-0-3

dari jangkauan tangan ke depan (JTD) yang digunakan untuk merancang mesin penggoyang wijen yaitu persentil ke-10 sebesar 59,42 cm. Hal tersebut bertujuan agar pekerja yang memiliki ukuran terkecil dapat meraih lebar mesin dan diameter tampah.

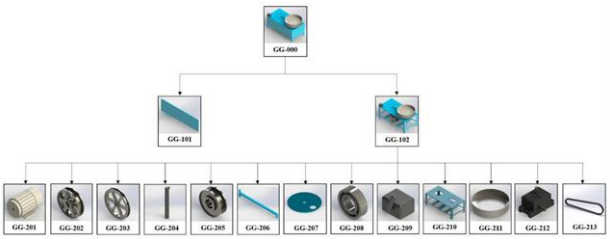
Data antropometri yang terakhir yaitu perhitungan data pada rentangan tangan (RT). Pada perhitungan ini didapatkan ratarata rentangan tangan (RT) seluruh pekerja yaitu sebesar 64,25 cm. Selanjutnya, menghitung simpangan baku dengan rumus (1). Simpangan rentangan tangan (RT) didapatkan sebesar 5,01 cm. Setelah itu, menghitung persentil 10 dan persentil 90 yang akan digunakan sebagai dimensi panjang mesin dengan rumus $P_{10} = x - 1{,}28\ \sigma$ dan $P_{90} = x + 1{,}28\ \sigma$. Dari perhitungan tersebut didapatkan persentil ke-10 sebesar 150,84 cm dan persentil ke-90 sebesar 163,66 cm. Persentil dari rentangan tangan (RT) yang digunakan untuk merancang mesin penggoyang wijen yaitu persentil ke-10 sebesar 150,84 cm. Hal tersebut bertujuan agar pekerja yang memiliki ukuran terkecil dapat meraih sakelar yang berada di ujung mesin.

Setelah dilakukan pengambilan dan perhitungan data, didapatkan angka yang akan digunakan sebagai landasan membuat dimensi mesin penggoyang wijen. Hasil perhitungan Tinggi Bahu Duduk (TBD), Jangkauan Tangan ke Depan (JTD) dan Rentangan Tangan (RT) akan memengaruhi dimensi perancangan mesin seperti tinggi mesin yang merupakan tinggi posisi tampah yang dihitung dari permukaan lantai hingga bagian atas tampah berdasarkan perhitungan Tinggi Bahu Duduk (TBD). Lalu, lebar mesin dan diameter tampah yaitu ukuran panjang mesin dari satu sisi ke sisi lain berdasarkan Jangkauan Tangan ke Depan (JTD). Terakhir panjang mesin merupakan ukuran lebar mesin dari satu sisi ke sisi lain berdasarkan Rentangan Tangan (RT) sehingga pekerja tidak perlu mencondongkan badan untuk mematikan sakelar di ujung mesin. Setelah data Antopometri diolah, hasil pengolahan tersebut digunakan sebagai dasar dari perancangan mesin. Hasil perancangan alat dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 :



Gambar 1. Hasil Perancangan Mesin Penggoyang Wijen

Bill of Material mesin penggoyang wijen dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. *Bill of Materia*l Mesin Penggoyang Wijen

Desain yang telah selesai dirancang, kemudian dilakukan penentuan spesifikasi mesin dan komponen yang akan digunakan untuk membuat mesin. Mesin yang dirancang menggunakan material berupa besi agar lebih kuat dalam menahan getaran dan memiliki tingkat keawetan yang tinggi. Tampah yang digunakan oleh mesin ini menggunakan bahan dasar *stainless steel* yang aman untuk makanan dan memiliki kekuatan yang baik untuk menahan getaran. Mesin penggerak yang digunakan dalam mesin penggoyang wijen ini adalah *Brushless* DC *Motor* dengan kekuatan 0,25 *Horse Power*. Kemudian untuk mereduksi kecepatan putar yang dihasilkan digunakan *Reducer* dengan tipe WPO dengan perbandingan 1:10. Mesin ini juga menggunakan *pulley* dengan ukuran yang berbeda untuk mengurangi kecepatan yang dihasilkan, yaitu dengan *pulley* ukuran 2, 4 dan 8 *inch.* Kecepatan akhir yang dihasilkan mesin adalah 35 rpm, dimana pada mulanya mesin penggerak memiliki kecepatan sebesar 1400 rpm.

Spesifikasi yang terlah ditetapkan digunakan sebagai dasar dalam pembelian komponen untuk membuat mesin. Setelah seluruh komponen dibeli, maka dapat dilakukan pembuatan mesin dengan melakukan pemotongan dan perakitan dari komponen – komponen yang diperlukan. Setelah mesin selesai dibuat, kemudian dilakukan pengujian dan evaluasi untuk mengetahui apakah mesin telah berfungsi sesuai dengan tujuan. Apabila terdapat kekurangan mesin dalam pengujian dan evaluasi, maka dilakukan perbaikan sesuai dengan kekurangan yang ada. Mesin yang telah berfungsi sesuai dengan tujuan kemudian dianalisis tingkat kegunaannya dan dilakukan publikasi untuk memperkenalkan mesin yang telah dirancang.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. *Kesimpulan*

Berdasarkan hasil pengambilan data, perhitungan dan perancangan yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa pekerja melakukan pekerjaan dengan posisi yang tidak

ISBN 978-623-92050-0-3

ergonomis karena membungkuk dan menggunakan tampah yang berat secara manual.

2. Hasil pengukuran yang dilakukan pada keempat pekerja adalah Tinggi Bahu Duduk (TBD), Jangkauan Tangan ke Depan (JTD) dan Rentangan Tangan (RT) sebesar 48,11 cm, 59,42 cm dan 150,84 cm berturut – turut.
3. Rancangan mesin penggoyang wijen menyesuaikan dengan hasil pengukuran yang telah dilakukan, dengan tinggi mesin, diameter tampah, lebar mesin dan panjang mesin sebesar 48,11 cm, 59,42 cm, 59,42 cm, 150,84 cm berturut – turut.

B. *Saran*

Hasil perancangan ini dapat dikembangkan ke ukuran yang lebih universal, dengan melakukan pengambilan data ulang dengan meningkatkan jumlah sampel dengan teknik perhitungan dan perancangan yang sama.

DAFTAR PUSKTAKA

[17] Andi. 2007. Statistika "*Data Kajian Deskriftif, Inferensi, dan Non Parametrik"*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group .

[18] Hadiguna R.A. dan Setiawan H. 2008. *Tata Letak Pabrik*. Penerbit Andi: Yogyakarta.

[19] Kuncoro, M., & Widjajanto, K. 2001. Studi Kasus Dl Kabupaten Ngawi, Jawa Timur. *Ekonomi Pembangunan*, 6(1), 33–51.

[20] S Mark S. Sanders, Ernest McCormick.1993. *Human Factors In Engineering and Design, 7th.ed.,McGraw-Hill, Inc*.

[21] Nurmianto, Eko. 2004. *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya*.Surabaya: Guna Widya.

[22] Manuaba A. 1990. Pengaruh Ergonomi Terhadap Produktifitas. *Bunga Rampai Ergonomi* Vol 1. Denpasar: PS Ergonomi Fisiologi.

[23] Riduawan. 2009. *Pengantar statistika sosial*. Bandung: Alfabeta.

[24] S. Wignjosoebroto, 2003. *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*, PT Guna Widya, Surabaya

[25] Tarwaka, Solichul HA.B. dan Lilik S. 2004. *Ergonomi Untuk Keselamatan*, Kesehatan *Kerja dan Produktivitas*, Cetakan Pertama, UNIBA Press: Surakarta.

ISBN 978-623-92050-0-3

Analisis Potensi Limbah Buah-buahan Sebagai Pupuk Organik Cair

1st Muhammad Nur
Jurusan Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi,
UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Pekanbaru, Indonesia
muhammad.nur@uin-suska.ac.id

Intisari - Limbah buah-buahan yang terdapat di kota Pekanbaru belum dimanfaatkan dengan baik oleh masyarakat. Limbah buah-buahan tersebut dibuang dan dibiarkan membusuk, sehingga menimbulkan dampak kurang baik untuk lingkungan serta mencemari dan mengurangi keindahan lingkungan sekitar. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk memanfaatkan limbah buah-buahan menjadi produk yang bernilai tambah atau bernilai ekonomi baik bagi pelaku atau stakeholders lainnya. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui potensi limbah buah-buahan untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair. Metode yang digunakan ialah metode desain eksperimen. Setelah proses pembuatan pupuk organik cair selesai maka langkah selanjutnya ialah meneliti kandungan unsur hara pada pupuk organik cair. Adapun pengujian kandungan unsur hara terdapat tiga jenis kandungan yaitu nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa limbah buah-buahan berpotensi sebagai pupuk organik cair. Pemanfaatan limbah buah-buahan tersebut sebagai pupuk organik cair diharapkan bisa menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi volume limbah buah-buahan yang ada.

Kata kunci: limbah, buah-buahan, pupuk cair

I. Pendahuluan

Pada era sekarang, permasalahan lingkungan hidup mulai lebih banyak mendapatkan perhatian dari berbagai kalangan, baik akademisi pemerhati lingkungan, politisi maupun masyarakat umum. Hal ini diakibatkan semakin memburuknya kondisi lingkungan dalam beberapa dekade terakhir. Diantaranya adalah permasalahan pengelolaan limbah / sampah yang dihasilkan akibat dari aktifitas manusia, baik dari aktifitas perindustrian, pertanian, maupun aktifitas rumah tangga (Nur, 2016).

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Limbah padat lebih dikenal sebagai sampah. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah itu sendiri terdiri dari senyawa organik dan senyawa anorganik. Kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya keracunan terhadap limbah tergantung pada karakteristik dan jenis limbah. Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat bahaya limbah adalah volume limbah, frekuensi pembuangan limbah, kandungan bahan pencemar (Jalaluddin, 2016).

Salah satu jenis limbah yang kurang dimanfaatkan adalah limbah buah-buahan. Limbah buah-buahan merupakan bahan buangan yang biasanya dibuang secara *open dumping* tanpa pengelolaan lebih lanjut sehingga akan menyebabkan gangguan lingkungan dan bau tidak sedap. Limbah buah-buahan mempunyai kandungan gizi rendah, yaitu protein kasar sebesar 1-15% dan serat kasar 5-38% (Jalaluddin, 2016).

Akibat dari banyaknya peredaran buah-buahan dimasyarakat menyebabkan tingginya volume sampah dari sisa buah-buahan tersebut. Permasalahan limbah buah-buahan hingga saat ini masih belum dapat diselesaikan secara optimal, hal ini dikarenakan rendahnya tingkat kesadaran masyarakat terhadap pengolahan limbah. Dampak dari libah itu sendiri menyebabkan berbagai persoalan seperti timbulnya penyakit, polusi udara, polusi air dan lain sebagainya

Salah satu kota yang yang mempunyai sentra ekonomi dengan perkembangan peredaran produk yang perputarannya sangat cepat adalah kota Pekanbaru yang berada di provinsi Riau. Beragam produk telah masuk ke Pekanbaru salah satunya adalah buah-buahan. Pekanbaru bukanlah daerah penghasil buah-buahan, akan tetapi persediaan buah-buahan di Pekanbaru sangat berlimpah, hal ini dikarenakan banyaknya pasokan buah-buahan dari daerah lain.

Akibat banyak peredaran buah-buahan tersebut berdampak pula terhadap limbah yang dihasilkan. Berikut jumlah limbah buah-buahan berdasarkan data yang didapat dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan kota Pekanbaru tahun 2015-2017.

TABEL 1. REKAPITULASI LIMBAH BUAH-BUAHAN TAHUN 2015 -2017

Tahun	Jumlah (kg)	Jumlah (ton)
2015	14.733.155,547	14.733,15
2016	12.049.075,863	12.049,10

ISBN 978-623-92050-0-3

2017	13.091.016.312	13.091,02

Sumber: Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru (2018)

Berdasarkan Tabel 1. dapat dilihat jumlah limbah buah-buahan itu berfluktuasi setiap tahunnya, akan tetapi jumlah limbah buah-buahan itu sendiri masih tetap tinggi. Oleh karena itu perlu dilakukan pengelolaan limbah buah-buahan agar potensi yang ada pada limbah tersebut bisa dimanfaatkan dan diberdayakan sebagai produk yang lebih bermanfaat.

Salah satu potensi yang bisa dilihat dari limbah buah-buahan adalah sebagai pupuk cair organik karena limbah buah-buahan itu sendiri memiliki kandungan Nitrogen (N), Fospor (P), Kalium (K), Vitamin, Kalsium (Ca), Zat besi (Fe), Natrium (Na), Magnesium (Mg) dan lain sebagainya. Kandungan yang ada pada limbah buah-buahan itu sendiri sangat berguna bagi kesuburan tanah, sehingga ada potensi dijadikan sebagai pupuk organik cair maupun mikro organisme lokal.

Pupuk organik cair (POC) merupakan pupuk organik yang mengandalkan organisme lokal. Pupuk organik cair juga sering disebut juga mikro organisme lokal (MOL). POC dapat menjadi alternatif lain sebagai usaha dalam membebaskan tanaman dari pengaruh yang tidak baik yaitu residu kimia yang selama ini digunakan oleh masyarakat untuk menyuburkan tanaman (Nisa, 2016).

Penelitian pemanfaatan limbah buah-buahan sebagai pupuk cair organik ini perlu dilakukan dikarenakan jika potensi limbah buah-buahan bisa dijadikan sebagai bahan pembuatan pupuk cair organik tersebut itu sendiri dapat mengurangi jumlah volume sampah yang menumpuk di Pekanbaru.

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui potensi limbah buah-buahan yang dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair.

II. METODOLOGI

2.1 Metode

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen. Desain eksperimen merupakan suatu proses pengujian yang bertujuan untuk memperoleh suatu hasil dari perubahan-perubahan variabel-variabel *input* dan mengidentifikasi perubahan dari *output* (Sudjana, 1994).

Desain eksperimen mempunyai arti suatu proses rancangan percobaan sedemikian rupa sehingga informasi-informasi yang dibutuhkan dari penelitian dapat diperoleh dan dikumpulkan. Desain eksperimen itu sendiri berfungsi untuk melihat hasil terbaik dari beberapa eksperimen-eksperimen yang telah dilakukan setelah diuji terlebih dahulu.

Desain eksperimen yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL). RAL diartikan sebagai suatu eksperimen di mana kita hanya mempunyai sebuah faktor yang nilainya berubah-ubah.Faktor yang diperhatikan dapat memiliki sejumlah taraf dengan nilai yang bisa kuantitatif, kualitatif, bersifat tetap ataupun acak (Sudjana, 1994).

Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada pengerjaannya memerlukan beberapa perlakuan untuk melihat perbandingan dari masing-masing percobaan itu sendiri. Pada percobaan yang menggunakan RAL hasil terbaik akan diambil dari beberapa percobaan yang telah dilakukan.

Perlakuan yang dilakukan pada penelitian ini sebanyak 2 (dua) perlakuan, yaitu:

1. Kadar 100 ml cairan EM-4, 4 kg limbah buah-buahan, 1/4 kg gula merah, 1/2 kg ubi singkong dan 4 liter air cucian beras.
2. Kadar 200 ml cairan EM-4, 4 kg limbah buah-buahan, 1/4 kg gula merah, 1/2 kg ubi singkong dan 4 liter air cucian beras.

2.2 Alat dan Bahan

Sebelum memulai pengujian, terlebih dahulu dilakukan proses pembuatan dengan menggunakan alat-alat dan bahan sebagai berikut:

1. Alat yang diperlukan:
   a. Tong
   b. Penutup
   c. Pisau
   d. Timbangan
   e. Gelas ukur
2. Bahan baku yang diperlukan:
   a. Buah-buahan yang sudah busuk. Buah-buahan yang digunakan adalah limbah buah nenas, pepaya, pisang, dan semangka.
   b. Gula merah, digunakan karena mengandung glukosa dan juga untuk makanan bagi bakteri.
   c. Ubi singkong, digunakan karena ubi mengandung karbohidrat sebagai tambahan nutrisi pada MOL.
   d. EM-4, digunakan sebagai bakteri pengurai limbah buah-buahan.
   e. Air cucin beras, digunakan karena mengandung karbohidrat untuk

ISBN 978-623-92050-0-3

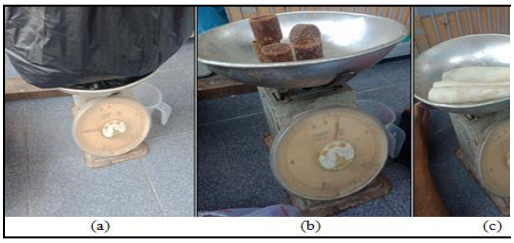
menambah nutrisi bagi MOL, selain itu sebagai pengganti air biasa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Pembuatan Pupuk Organik Cair

Proses pembuatan pupuk organik cair dapat dilakukan dengan melalui beberapa tahap yaitu:

1. Proses penimbangan limbah buah-buahan, gula merah dan ubi singkong
   Proses penimbangan bertujuan untuk mengetahui kadar bahan baku dalam proses pembuatan pupuk cair organik.



Gambar 1. (a) Penimbangan Limbah Buah (b) Penimbangan Gula Merah (c) Penimbangan Ubi Singkong

2. Proses penghalusan limbah buah-buahan
   Limbah buah-buahan yang telah didapat dihaluskan terlebih dahulu. Bisa dengan cara ditumbuk, diparut atau dicincang halus.



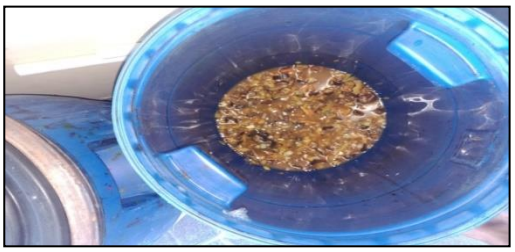
Gambar 2. Proses penghalusan limbah Buah-buahan

3. Proses pemotongan ubi singkong
   Ubi singkong yang sudah disiapkan dipotong terlebih dahulu. Bisa dengan cara dicincang atau diparut.



Gambar 3. Ubi Singkong

4. Pencampuran bahan
   Bahan yang sudah dipotong dan dihaluskan kemudian dimasukkan kedalam tong, kemudian tambahkan 4 liter air cucian beras kedalamnya. Adapun pencampuran kadar cairan EM-4, limbah buah-buahan, gulamerah, ubi singkong, dan air cucian beras. Adapun pencampuran yang dilakukan adalah dengan kadar 100 ml cairan EM-4, 4 kg limbah buah-buahan, 1/4 kg gula merah, 1/2 kg ubi singkongd an 4 liter air cucian beras.



Gambar 4. Pencampuran Bahan

5. Proses pengadukan
   Pada proses ini semua bahan-bahan yang sudah dicampurkan tadid iaduk sampai tercampur merata selama 3-5 menit.



Gambar 5. Proses Pengadukan

6. Proses penyimpanan
   Pada proses ini semua bahan kemudian disimpan atau difermentasi pada wadah tertutup selama 2 minggu di tempat teduh. Wadah dilubangi dan diberi selang untuk mengeluarkan panas pada proses fermentasi.

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 6. Proses Penyimpanan

3.2 Uji Nilai Unsur Hara

Setelah proses pembuatan pupuk organik cair selesai maka langkah selanjutnya ialah meneliti kandungan unsur hara pada pupuk cair organik. Adapun pengujian kandungan unsur hara terdapat tiga jenis kandungan yaitu nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) sesuai dengan Peraturan Menteri No. 02/Pert. /HK. 060/2/2006.

Persyaratan teknis pupuk organik cair yang telah ditetapkan berdasarkan standar mutu pupuk organik dan pembenahan tanah dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2. STANDAR MUTU PUPUK ORGANIK CAIR

No	Parameter	Satuan	Standar
1.	Nitrogen	%	< 5
2 .	Kalium	%	< 5
3.	Fospor	%	< 5

Sumber: Modul Pelatihan Pembuatan Kompos (2007)

Pengujian kadar nilai N (Nitrogen), kadar dilai P (Fosfor), dan kadar nilai K (Kalium) di lakukan di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang Povinsi Riau. Berikut ini adalah data hasil uji Nitrogen (N), Fospor (P), dan Kalium (K).

3.2.1 Kandungan Unsur Nitrogen (N)

Unsur nitrogen merupakan unsur hara yang sangat berperan dalam pertumbuhan tanaman dan paling banyak dibutuhkan tanaman. Nitrogen diperlukan dalam pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang dan akar. Nitrogen berperan dalam pembentukan sel tanaman, jaringan, organ tanaman dan fungsi utama sebagai bahan sintesis klorofil, protein dan asam amino.

Berdasarkan uji yang telah dilakukan terhadap limbah buah-buahan maka diperoleh nilai Nitrogen (N) pada perlakuan pertama sebesar 0,11% dan pada perlakuan kedua sebesar 0,26%. Berdasarkan hasil uji terhadap nilai parameter tersebut, jika dibandingkan dengan nilai standar yang ditetapkan, maka parameter nitrogen tersebut masuk dalam nilai standar yaitu <5 % dari komposisi limbah tersebut. Artinya limbah buah-buahan berdasarkan nilai nitrogen berpotensi dijadikan pupuk organik cair.

3.2.2 Kandungan Unsur Fosfor (P)

Unsur Fosfor (P) pada tanaman berperan dalam merangsang pertumbuhan akar tanaman muda ataupun mempercepat pertumbuhan akar semai, dapat mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman dewasa, merangsang pembentukan bagian-bagian tubuh tanaman saat pembiakan generatif. Didalam tanah fungsi Fospor (P) terhadap tanaman adalah sebagai zat pembangun dan terikat dalam senyawa-senyawa organik.

Berdasarkan uji yang telah dilakukan terhadap limbah buah-buahan maka diperoleh nilai Fosfor (P) pada perlakuan pertama sebesar 0,016% dan pada perlakuan kedua sebesar 0,015%. Berdasarkan hasil uji terhadap nilai parameter tersebut, jika dibandingkan dengan nilai standar yang ditetapkan, maka Fosfor tersebut masuk dalam nilai standar yaitu <5 % dari komposisi limbah tersebut. Artinya limbah buah-buahan berdasarkan nilai Fosfor berpotensi dijadikan pupuk organik cair.

3.2.3 Kandungan Unsur Kalium (K)

Unsur Kalium (K) berperan membantu pembentukan protein dan karbohidrat, meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit serta meningkatkan kualitas biji atau buah. Kalium banyak terkandung di dalam sel-sel muda tanaman yang banyak mengandung protein, inti-inti sel tidak mengandung kalium. Unsur Kalium juga berperan dalam mengatur tegangan sel sehingga tanaman memiliki ketahanan terhadap serangan penyakit. Selain itu unsur Kalium (K) juga berperan dalam mengatur peralihan dari masa vegetatif ke masa generatif, sehingga bunga dan bakal buah tidak gugur, serta warna buah merata.

Berdasarkan uji yang telah dilakukan terhadap limbah buah-buahan maka diperoleh nilai Kalium (K) pada perlakuan pertama sebesar 0,025% dan pada perlakuan kedua sebesar 0,022%. Berdasarkan hasil uji terhadap nilai parameter tersebut, jika dibandingkan dengan nilai standar yang ditetapkan, maka Kalium tersebut masuk dalam nilai standar yaitu <5 % dari komposisi limbah tersebut. Artinya limbah buah-buahan berdasarkan nilai Kalium berpotensi dijadikan pupuk organik cair.

ISBN 978-623-92050-0-3

3.3 Potensi Limbah buah-buahan

Setelah proses pembuatan pupuk organik cair selesai maka langkah selanjutnya ialah meneliti kandungan unsur hara pada pupuk organik cair. Adapun pengujian kandungan unsur hara terdapat tiga jenis kandungan yaitu nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Berdasarkan hasil uji unsur hara tersebut maka diperoleh bahwa limbah buah-buahan berpotensi sebagai pupuk organik cair.

Selain potensi limbah buah-buahan bisa menjadi pupuk organik cair, limbah buah-buahan juga berpotensi secara ekonomi. Hasil perhitungan harga pokok produksi dengan biaya produksi sebesar Rp 69.414, maka didapatkan harga pokok produksi MOL ini sebesar Rp 17.353,5/Liter atau dibulatkan Rp 17.000/liter. Kemudian dengan keuntungan margin sebesar 20% didapatkan harga jual sebesar Rp 20.824,2 atau dibulatkan sebesar Rp21.000/Liter, dibandingkan harga dipasaran yang berkisar Rp 43.000/Liter, harga jual MOL ini jauh lebih murah.

Oleh karena itu, limbah buah-buahan sangat perlu dimanfaatkan secara optimal sehingga bisa menambah nilai tambah untuk limbah tersebut dan juga bisa menambah peluang secara ekonomi untuk aspek pemasarannya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat dibuat kesimpulan berdasarkan tujuan yang telah ditetapkan. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah limbah buah-buahan berpotensi sebagai pupuk organik cair. Dengan pemanfaatan limbah buah-buahan tersebut sebagai pupuk organik cair maka diharapkan bisa menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi volume limbah buah-buahan yang ada.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang diberikan adalah sebagai berikut :

1. Sebaiknya pemerintah melakukan sosialisasi tentang pemanfaatan limbah buah-buahan sehingga masyarakat bisa ikut andil dalam mengurangi limbah yang ada.
2. Perlu adanya pemberdayaan masyarakat terhadap pemanfaatan limbah buah-buahan menjadi pupuk organik cair sehingga bisa menjadi nilai tambah bagi masyarakat tersebut.
3. Perlu dilakukan juga pemanfaatan limbah lainnya sebagai bahan yang lebih berguna sehingga permasalahan limbah bisa diatasi secara baik.

DAFTAR PUSTAKA

Jalaluddin, Nasrul ZA, Rizki Syafrina, 2016, Pengolahan Sampah Organik Buah-buahan Menjadi Pupuk Dengan Menggunakan *Effective Microorganism*, Aceh: Jurnal Teknologi Kimia Unimal.

Nisa, Khalimatu Dkk, 2016, Memproduksi Kompos dan Mikro Organisme Lokal. Jakarta: Bibit Publisher.

Nur, Muhammad, 2016, Faktor-faktor Penentu Tingkat Partisipasi Masyarakat dan Perspektif Islam Tentang Pengelolaan Sampah Di Kota Pasir Pengaraian, akses online 11 September 2019, *URL:http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/t!@file_artikel_abstrak/Isi_Artikel_911340806934.pdf*

Sudjana, 1994, Desain dan Analisis Eksperimen, Bandung: Tars

ISBN 978-623-92050-0-3

Perbandingan Analisis Pengukuran Beban Kerja Psikologis pada Perawat Menggunakan Metode NASA-TLX dan RSME

(Studi Kasus di Rumah Sakit di Daerah Banyumas)

1st Reisya Nurrianti
Fakultas Teknik Industri
Universitas Jenderal Soedirman
Purbalingga, Indonesia
reisyanurrianti@gmail.com

2nd Niko Siameva Ujetika
Fakultas Teknik Industri
Universitas Jenderal Soedirman
Purbalingga, Indonesia
nikosiameva@unsoed.ac.id

3rd Rani Aulia Imran
Fakultas Teknik Industri
Universitas Jenderal Soedirman
Purbalingga, Indonesia
raniauran14@gmail.com

***Abstract*— Nursing services are one of the important elements to ensure the health of patients. There are potential hazards in terms of ergonomics and psychosocial perceived by nurses, this is due to the responsibilities of nurses that have manual and repetitive tasks, demand a high concentration, physical activity, tight time needs, and contact with patients by superfine conditions. Through this research, mental workload measurements were implemented to 65 nurses who perform their activities in 8 work units at hospital. This study aims to measure nurse mental workload, compare measurement results, and analyze the relationship between mental workload values and the factors causing it. The NASA-TLX and RSME questionnaires were used as a subjective measurement instrument. Data were collected and analyzed using SPSS to find out the statistic descriptive, Pearson correlation, Rank-Spearman correlation, reliability test, validity test, comparative test, and t-test. Results showed the value of mental workload using the NASA-TLX and RSME methods in 8 work units respectively are 82.48 and 107 (Cempaka), 81.87 and148 (Dahlia), 81.25 and 106 (Kenanga), 81.20 and 102 (Anggrek), 70.15 and 85 (Flamboyan), 68.50 and 80 (Edelweis), 64.94 and 116 (Lavender), the last is 63.89 and 95 (Menur). The application of the two methods was comparable because there was a correlation between the measured workload value using NASA-TLX and RSME method with a value of p = 0.006 and the value of r = 0.339.**

Keywords— Mental Workload, Nurse, NASA-TLX, and RSME

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Rumah sakit menjadi salah satu institusi yang memiliki tanggung jawab langsung atas pelayanan kesehatan yang komperhensif, kuratif, dan preventif terhadap masyarakat [1]. Pelayanan keperawatan menjadi salah satu garda utama dalam menjamin kesehatan pasien di rumah sakit [2]. Terdapat potensi bahaya dari sisi ergonomi dan psikososial yang dirasakan oleh perawat, hal ini disebabkan karena pekerjaan yang dilakukan oleh perawat cenderung manual dan berulang, menuntut konsentrasi tinggi, aktivitas fisik, kebutuhan waktu, dan kontak dengan pasien yang menuntut kondisi prima [2]. Beban kerja mental yang berlebih menjadi salah satu *stressor* atau pemicu stress yang utama bagi tenaga medis di bidang keperawatan [3].

Sementara pada praktiknya, perawat melakukan aktivitas psikis yang bersinggungan langsung dengan pasien, aktivitas psikis tersebut berhubungan erat akan kebutuhan psikologis perawat, karena dapat memicu adanya perselisihan, tekanan akibat waktu, kurangnya dukungan sosial, perbedaan pendapat, dan hilangnya kontrol atas pekerjaan. Hal tersebut dapat dikategorikan sebagai faktor psikologis yang berdampak pada kondisi mental perawat [4]. Berdasarkan kondisi tersebut, perlu dilakukan pengukuran untuk mengetahui nilai beban kerja yang dirasakan oleh perawat. Besarnya beban kerja tersebut dapat diketahui dan diukur melalui pengukuran secara psikologis, secara fisiologis, dan melalui pengukuran performansi kerja [5].

Pengukuran dilakukan menggunakan dua metode yaitu NASA-TLX (*Task Load Index)* yang merupakan alat ukur bersifat multidimensional atau memiliki banyak indikator. Metode kedua yang digunakan adalah RSME (*Rating Scale Mental Effort*) merupakan alat ukur yang bersifat unidimensional atau memiliki satu dimensi tunggal. Atas dasar ini pula dilakukan pemilihan alat ukur yang bersifat multidimensional dan unidimensional, untuk membuktikan apakah dengan perbedaan sifat alat ukur yang digunakan, akan menghasilkan nilai beban kerja yang sebanding atau tidak.

Menurut penelitian yang telah dilakukan, hasil menunjukkan bahwa kedua metode ini dapat dinyatakan valid dan reliabel, namun tentunya dengan jumlah objek dan jenis objek penelitian yang beragam. Maka dari itu, melalui penelitian ini juga ingin turut membuktikan apakah metode yang diterapkan benar-

ISBN 978-623-92050-0-3

benar valid dan reliabel atau tidak. Selain itu dibandingkan dengan metode serupa lainnya seperti COPSOQ, *Workprofile Method*, dan Borg CR10, ketiga metode ini merupakan metode yang terus mengalami evaluasi dan percobaan pengukuran. Pertimbangan lainnya adalah kedua metode ini memiliki indikator pengukuran yang berbeda-beda, sehingga faktor penyebab timbulnya beban kerja mental pada objek penelitian dapat dianalisis melalui sudut pandang yang berbeda pula.

Luaran yang diperoleh dari penelitian ini adalah perbandingan nilai beban kerja mental di masing-masing unit kerja menggunakan kedua metode, pengelompokkan ukuran beban kerja mental, perbandingan penggunaan kedua alat ukur, hasil uji korelasi antara hasil skor NASA-TLX dan RSME terhadap nilai atribut yang melekat pada responden seperti umur, jenis kelamin, masa kerja, dan tingkat pendidikan terakhir. Kemudian, dilakukan pengujian korelasi terhadap jumlah daya tampung pasien di setiap ruangan dengan nilai WWL masing-masing unit kerja terkait. Alasan yang mendasari dilakukannya perbandingan hasil pengukuran dengan menggunakan dua metode adalah untuk membuktikan bahwa keduanya merupakan alat ukur yang valid dan reliabel sebagai alat ukur beban kerja menta.

B. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui nilai hasil pengukuran beban kerja mental pada perawat.
2. Untuk mengetahui pengelompokkan tingkat beban kerja perawat mental.
3. Untuk mengetahui hasil evaluasi terhadap perbandingan penggunaan alat ukur beban kerja mental perawat.
4. Untuk mengetahui hubungan antara umur, jenis kelamin, masa kerja, pendidikan terakhir, dan daya tampung pasien tehadap nilai beban kerja mental.

C. Batasan Penelitian

1. Pengukuran beban kerja mental dilakukan dengan pendekatan secara subjektif menggunakan metode RSME dan NASA-TLX.
2. Objek penelitian adalah perawat pelaksana yang beraktivitas di unit kerja ruangan rawat inap RSUD dr. R. Goeteng Taroenadibrata.
3. Penentuan jumlah sampel calon responden penelitian dilakukan dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus *slovin.*
4. Pengukuran beban kerja mental dilakukan di setiap unit kerja yang berbeda oleh perawat pelaksana yang memiliki tanggung jawab dan aktivitas yang sama atau sejenis tanpa mempertimbangkan sistem *shifting* atau penjadwalan aktivitas
   .

D. Asumsi Penelitian

1. Objek penelitian yaitu perawat pelaksana di RSUD dr. R. Goeteng Taroenadibrata sedang dalam kondisi yang prima ketika menjadi responden penelitian, sekaligus saat melakukan aktivitas keperawatan.
2. Berbagai kondisi pasien di setiap unit kerja tidak turut menjadi pertimbangan dalam penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Ergonomi*

Ergonomi adalah ilmu tentang pekerjaan yang mendesain pekerjaan yang nyaman bagi pekerja daripada harus menyesuaikan kondisi fisik pekerja terhadap pekerjaan 6]. Penerapan ilmu ergonomi berhubungan dengan peningkatan faktor kesehatan dan keselamatan kerja. Hal tersebut direalisasikan dengan merancang desain stasiun kerja yang dapat mengurangi rasa nyeri, mengurangi ketidaknyamanan, mengurangi kelelahan kerja, dan meminimumkan resiko kesalahan, namun tetap meningkatkan optimasi dan efisiensi kerja [7]. Ergonomi kognitif mencoba untuk mendesain peralatan dan sistem berdasarkan pemahaman ilmiah dari ketelitian, tanggapan, daya ingat, *mental model*, keahlian, dan beban kerja dalam meningkatkan *situation awareness*, penyelesaian masalah, dan kemampuan pengambilan keputusan [8].

B. *Beban Kerja*

Beban kerja atau *workload* yaitu suatu kondisi yang menunjukkan ketidakmampuan operator dalam memenuhi permintaan atas pekerjaan. Sehingga perlu dilakukannya pengukuran beban kerja sebagai bentuk usaha untuk mengelompokkan karakter performansi setiap pekerjaan yang dapat disesuaikan dengan kapabilitas atau kemampuan operator. Beban kerja psikologis atau beban kerja mental menunjukkan porsi operator dalam melakukan proses penyerapan sumber daya atau kapasitas yang sebenarnya dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan sistem. Namun, secara umum beban kerja dapat dinyatakan sebagai sebuah gagasan mengenai mental yang merefleksikan tekanan mental akibat dari pelaksanaan suatu pekerjaan pada lingkungan dan kondisi operasional tertentu, dibandingkan dengan kapabilitas atau kemampuan operator dalam merespon permintaan tersebut [9]. Terdapat faktor eksternal dan faktor internal penyebab munculnya beban kerja yaitu [10]

a. Faktor Eksternal : faktor-faktor yang berasal dari interaksi di luar tubuh, berikut hal-hal yang berhubungan dengan pekerjaan seperti sarana kerja, stasiun kerja, alat kerja, dan sikap kerja, lamanya waktu kerja, sistem penggajian, hak serta wewenang pekerjaan, dan lainnya
b. Faktor Internal : faktor yang berasal dari reaksi di dalam tubuh manusia. Faktor-faktor tersebut meliputi faktor somatis seperti umur, jenis kelamin, kondisi, kesehatan, ukuran tubuh, dan status gizi.

C. *NASA-TLX*

National Aeronautics and Space Administration - Task Load Index (NASA – TLX) bertujuan untuk

ISBN 978-623-92050-0-3

mengevaluasi beban kerja mental yang sifatnya subjektif. Secara teknis responden mengisi kuesioner dengan cara menilai antara poin 1 sampai dengan 100 dari 6 indikator yang berkaitan dengan pekerjaan yang sedang dilakukan [11]. Indikator tersebut meliputi [12],

1. Kebutuhan Fisik (KF) : Ukuran atas banyaknya pekerjaan yang dilakukan memerlukan aktivitas fisik seperti mendorong, mengangkat, memutar, dan lainnya.
2. Kebutuhan Mental (KM) : Ukuran atas banyaknya pekerjaan yang diakukan memerlukan aktivitas mental dan perseptualnya seperti menghitung, mengingat, membandingkan, dan lain-lain.
3. Kebutuhan Waktu (KW) : Ukuran atas tingginya tekanan waktu ketika melaksanakan pekerjaan. Contohnya adalah apakah pekerjaan harus diselesaikan dengan cepat dan tergesa atau dapat dikerjakan dengan santai.
4. Performansi (P) : Ukuran atas tingkat keberhasilan dalam melakukan pekerjaan.
5. Usaha (U) : Ukuran besarnyaa tingkat usaha baik mental maupun fisik yang diperlukan untuk memperoleh suatu performansi yang diharapkan.
6. Tingkat Frustasi (TF) : Ukuran besarnya tingkat frustasi berkaitan dengan persepsi pekerjaan, seperti apakah pekerjaan yang dilakukan penuh tekanan, tidak memotivasi, atau justru menyenangkan dan tidak penuh tekanan.

Berikut di bawah ini merupakan poin pertanyaan pada kuesioner NASA-TLX :

1. Kebutuhan Mental atau *Mental Demand*

Berapa besar usaha mental dan persepsi (seperti berfikir, memutuskan pendapat, menghitung, mengingat, melihat, mencari, merespon, dsb) yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan di unit kerja ini?

0	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**

Rendah ***Tinggi***

2. Kebutuhan Fisik atau *Physical Demand*

Berapa besar usaha fisik (seperti mengangkat, menarik, mendorong, mengontrol, melakukan tindakan medis, dsb) yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan di unit kerja ini?

0	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**

Rendah ***Tinggi***

3. Kebutuhan Waktu atau *Temporal Demand*

Berapa besar tekanan waktu yang dirasakan untuk menyelesaikan pekerjaan di unit kerja ini?

0	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**

Rendah ***Tinggi***

4. Performansi atau P*erformance*

Berapa besar tingkat keberhasilan performansi kerja anda dalam menyelesaikan serangkaian tugas atau pekerjaan di unit kerja ini?

0	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**

Rendah ***Tinggi***

5. Usaha atau *Effort*

Berapa besar usaha yang anda lakukan untuk melaksanakan serangkaian pekerjaan di unit kerja ini?

0	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**

Rendah ***Tinggi***

6. Tingkat Frustasi atau *Frustation*

Berapa besar tingkat kecemasan, perasaan tertekan, dan *stress* yang dirasakan ketika melaksanakan serangkaian pekerjaan di unit kerja ini?

0	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**

Rendah ***Tinggi***

Sedangkan di bawah ini merupakan tabel perbandingan berpasangan setiap indikator atau disebut tahap pembobotan;

TABEL 1. PERBANDINGAN BERPASANGAN

Perbandingan Berpasangan		
(MD) / (KF)	(KF) / (KW)	(KW) / (TU)
(MD) / (KW)	(KF) / (P)	(KW) / (TF)
(MD) / (P)	(KF) / (TU)	(P) / (TU)
(MD) / (TU)	(KF) / (TF)	(P) / (TF)
(MD) / (TF)	(KW) / (P)	(TU) / (TF)

Berdasarkan kedua langkah di atas, dapat dilakukan pengolahan data beban kerja mental dan memperoleh nilai *Weighted Workload* (WWL), serta menghitung skor beban mental. Adapun penjelasannya di bawah ini [13]

1. Pada tahap pemberian *rating*, responden melingkari nilai dari 0 sampai dengan 100 pada tiap faktor yang merepresentasikan kondisi pekerjaan.
2. Pada tahap pembobotan, responden memilih salah satu dari dua pilihan yang merupakan sub skala dimensi beban kerja mental. Responden memilih salah satu yang paling dominan dirasakan ketika melaksanakan pekerjaan.
3. Melakukan perkalian antara *rating* dan bobot yang dinamakan dengan produk.

Produk = $(\boldsymbol{rating}$ **x bobot**$)$ (1)

ISBN 978-623-92050-0-3

4. Menghitung *Weighted Work Load* (WWL) atau keseluruhan jumlah hasil perkalian antara *rating* dan bobot.

$$\text{WWL} = \sum(Rating \text{ x bobot}) \qquad (2)$$

5. Menghitung skor beban kerja mental berdasarkan urutan perhitungan di atas, dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$\text{Skor Beban Kerja Mental} = \frac{\sum(Rating\ x\ Bobot)}{15} \qquad (3)$$

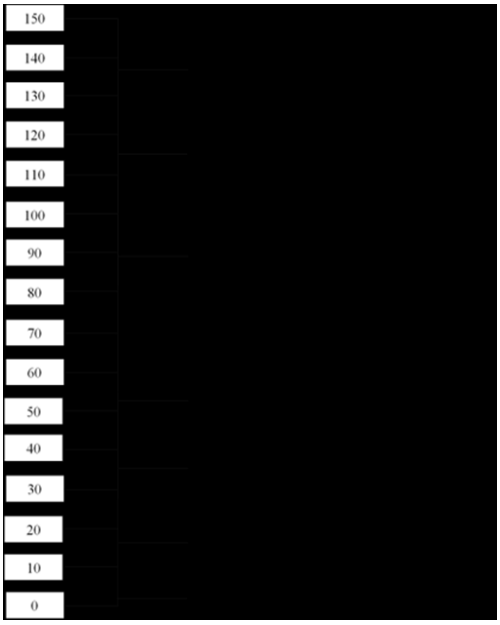
6. Penentuan klasifikasi beban kerja mental berdasarkan interpretasi hasil nilai skor beban kerja mental. Adapun klasifikasi tersebut terdapat pada tabel di bawah ini.

TABEL 2. KLASIFIKASI BEBAN KERJA METODE NASA-TLX

Skala	Kategori
> 80	Tinggi
50-80	Sedang
< 50	Rendah

D. *RSME*

Rating Scale Mental Effort merupakan metode pengukuran beban kerja mental yang bersifat subjektif dengan menggunakan skala tunggal. Responden memberikan tanda baik dengan memberi silang atau melingkari pada skala 0-150 yang memiliki deskripsi berupa 7 titik acuan. Setiap titik acuan mengindikasikan tingkat usaha dan peningkat beban kerja psikologis [14]



Gambar 1. Kuesioner RSME

Objek penelitian diberi kebebasan untuk memilih satu dari tujuh titik yang merepresentasikan usaha mental yang dirasakan oleh responden ketika menyelesaikan pekerjaan di setiap unit kerja.. Hasil dari pengukuran kuesioner RSME ini dapat dikorelasikan dengan hasil pengukuran dengan menggunakan metode NASA-TLX, berdasarkan nilai rata-rata sub skala pada metode NASA-TLX.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat observasional dengan melakukan pengukuran beban kerja psikologis secara subjektif. Objek penelitiannya adalah perawat pelaksana di delapan unit kerja rawat inap di salah satu rumah sakit di daerah Banyumas. Objek penelitian ini adalah perawat pelaksana di delapan unit kerja meliputi ruangan rawat inap Dahlia, Anggrek, Cempaka, Edelweis, Flamboyan, Kenanga, Lavender, dan Menur, dengan populasi jumlah perawat sebanyak 73 orang. Jumlah sampel penelitian diperoleh dengan cara menggunakan rumus slovin dari data populasi yang ada dengan tingkat *error* senilai 5%, sebagai berikut;

$$n = \frac{N}{N.e^2 + 1}$$

$$n = \frac{73}{73\ x\ (0.05)^2 + 1}$$

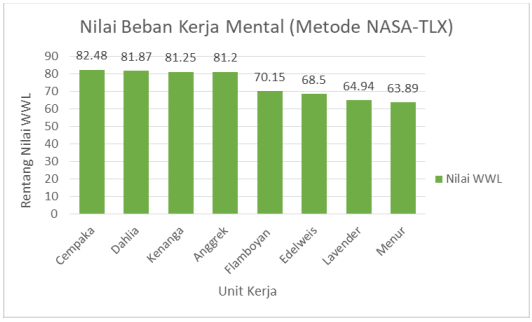
$$n = \frac{8}{0.1825 + 1}$$

$n = \frac{8}{1.1825} = 61{,}73 \approx 62$ sampel perawat pelaksana

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Metode NASA-TLX

Berdasarkan hasil penelitian dan observasi lapangan diperoleh jumlah responden sebanyak 65 perawat pelaksana yang tersebar di delapan unit kerja berbeda. Tahap penelitian yang dilakukan adalah pengumpulan dan pengolahan data. Nilai WWL setiap unit kerja diperoleh dari kedua tahap tersebut Di bawah ini grafik yang menghimpun nilai beban kerja rata-rata di setiap unit kerja menggunakan metode NASA-TLX.



Gambar 2. Grafik WWL

Gambar 2 merupakan representasi dari rekapitulasi hasil pengukuran beban kerja mental dari masing-masing perawat pelaksana yang ada di setiap unit kerja. Dari keseluruhan hasil pengukuran, beban

ISBN 978-623-92050-0-3

kerja mental di setiap unit kerja cenderung dikategorikan sedang dan tinggi, namun tentunya terdapat perbedaan nilai rata-rata WWL.

Unit kerja yang termasuk kategori beban kerja tinggi merupakan unit kerja dengan nilai WWL lebih dari 80 seperti unit kerja Dahlia dengan nilai WWL 81.87, nilai WWL unit kerja Anggrek sebesar 81.2, nilai WWL unit kerja Cempaka sebesar 82.48, dan unit kerja Anggrek dengan nilai WWL sebesar 81.25. Sedangkan untuk unit kerja dengan kategori beban kerja sedang, memiliki nilai WWL yang berada pada rentang nilai 50 sampai dengan 80. Unit kerja tersebut adalah unit kerja Edelweis dengan nilai WWL sebesar 68.5, unit kerja Flamboyan dengan nilai WWL sebesar 70.15, unit kerja Lavender dengan nilai WWL sebesar 64.94, dan unit kerja Menur dengan nilai WWL sebesar 63.89.

Adanya perbedaan nilai beban kerja di setiap unit kerja dipengaruhi oleh berbagai faktor yang melekat pada responden, baik itu faktor eskternal maupun internal. Faktor eksternal yang bersifat objektif dan dapat memengaruhi besaran beban kerja mental meliputi perbedaan jumlah perawat pelaksana di masing-masing unit kerja, perbedaan jumlahf daya tampung pasien, dan penetapan jam kerja. Sedangkan faktor internal yang melekat pada responden dan dapat memngaruhi besarnya nilai beban kerja adalah umur, masa kerja, jenis kelamin, dan pendidikan terakhir. Keempat faktor tersebut dapat diuji pengaruhnya terhadap nilai beban kerja mental untuk mengetahui hubungan korelasi antar keduanya. Jadi, walaupun setiap perawat pelaksana memiliki tanggung jawab dan aktivitas yang sama, namun luaran nilai beban kerja mental yang diperoleh bisa sangat berbeda satu sama lain, hal ini juga dapat dipengaruhi subjektivitas masing-masing responden penelitian.

Berikut di bawah ini merupakan contoh perhitungan WWL pada salah satu responden yang beraktivitas di unit kerja Dahlia,

Inisial Responden : Tn. E
Jenis Kelamin : Pria
Umur : 23
Pendidikan Terakhir : D3 Keperawatan
Pengalaman Bekerja : 2 Tahun

Pemberian Rating :
Kebutuhan Mental (KM) : 100
Kebutuhan Fisik (KF) : 90
Kebutuhan Waktu (KW) : 90
Performansi (P) : 80
Tingkat Frustasi (TF) : 80
Tingkat Usaha (TU) : 80

Pembobotan :
Kebutuhan Mental (KM) : 5
Kebutuhan Fisik (KF) : 4
Kebutuhan Waktu (KW) : 2
Performansi (P) : 1
Tingkat Frustasi (TF) : 2
Tingkat Usaha (TU) : 1

Perhitungan WWL = bobot x *rating*
Kebutuhan Mental (KM) = 5 x 100 = 500
Kebutuhan Fisik (KF) = 4 x 90 = 360
Kebutuhan Waktu (KW) = 2 x 90 = 180
Performansi (P) = 1 x 80 = 80
Tingkat Frustasi (TF) = 2 x 80 = 160
Tingkat Usaha (TU) = 1 x 80 = 80

Perhitungan WWL = $\frac{KM+KF+KW+P+TF+TU}{15}$

Nilai WWL = $\frac{500+360+180+80+160+80}{15}$

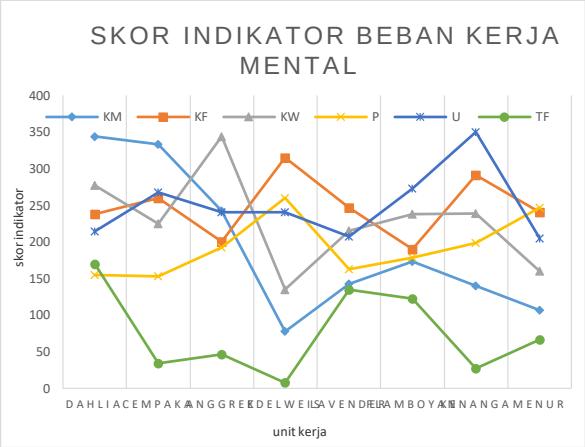
Nilai WWL = $\frac{1280}{15}$

Nilai WWL = 85,33

Kategori Beban Kerja Mental : Tinggi

Selain menganalisis beban kerja mental dari masing-masing unit kerjanya, nilai pembebanan juga dapat dilihat masing-masing indikator pada metode NASA-TLX terhadap seluruh unit kerja. Seperti yang telah kita ketahui sebelumnya terdapat enam indikator pengukuran yang melekat pada metode NASA-TLX, indikator-indikator tersebut meliputi besaran Kebutuhan Fisik (KF), Kebutuhan Mental (KM), Kebutuhan Waktu (KF), Performansi (P), Usaha (U), dan Tingkat Frustasi (TF). Setiap responden memiliki kecenderungan yang tinggi dan rendah terhadap salah satu indikator. Hal ini dapat dijadikan informasi untuk mengetahui indikator yang mendominasi suatu unit kerja dan sebaliknya

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 3. Grafik Skor Indikator Beban Kerja Mental

Berdasarkan gambar 3, dapat dinyatakan bahwa setiap unit kerja memiliki indikator beban kerja mental dominan yang berbeda satu sama lain. Hal ini dipengaruhi perasaan dan subjektifitas responden ketika melakukan aktivitas. Nilai indikator ini diperoleh dari rata-rata hasil kali antara nilai hasil pemberian *rating* dan pemberian bobot, sebelum dibagi oleh nilai kombinasi perbandingan berpasangan indikator. Namun, untuk indikator yang subordinat atau memiliki nilai paling rendah di semua unit kerja adalah indikator tingkat frustasi. Tingkat frustasi ini merujuk pada persepsi responden terhadap pekerjaan, apakah penuh dengan tekanan, tidak memotivasi, atau justru menyenangkan dan tidak penuh tekanan.

Pengujian statistik yang dilakukan adalah uji korelasi Pearson ang bertujuan untuk mengetahui hubungan antara umur dan masa kerja responden terhadap nilai beban kerja mental. Selain itu, dilakukan juga pengujian korelasi antara kapasitas setiap ruangan dengan nilai beban kerja mental. Adapun seluruh pengujian statistik ini dilakukan menggunakan *Software* SPSS. Uji korelasi ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara dua buah data yang bersifat parametrik. Data yang diuji adalah umur responden dan masa kerja terhadap beban kerja mental di masing-masing unit kerja, sehingga terdapat 65 data yang diuji korelasinya.

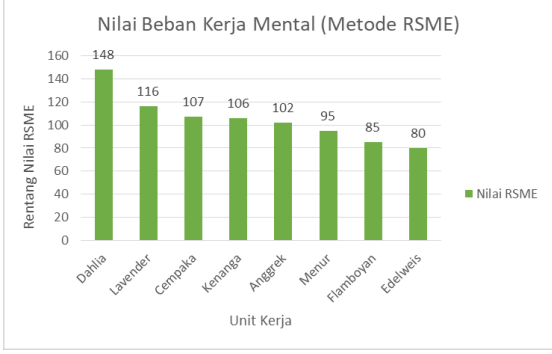
TABEL 3. HASIL UJI KORELASI DENGAN WWL

Uji Korelasi *Pearson*				
No	**Pasangan**	**Nilai Signifikansi (*p*)**	**Koefisien Korelasi (r)**	**Korelasi**
1	Umur – WWL	*p* = 0,693	r = -0,05	Tidak Berkorelasi
2	Masa Kerja – WWL	*p* = 0,145	r = 0,25	Tidak Berkorelasi
3	Kapasitas Ruangan – WWL	*p* = 0,376	r = 0,001	Berkorelasi Cukup (Positif)
Uji Korelasi *Rank-Spearman*				
1	Jenis Kelamin – WWL	*p* = 0.225	r = 0,153	Tidak Berkorelasi
2	Pendidikan Terakhir - WWL	p = 0,055	r = 0,239.	Tidak Berkorelasi

Berdasarkan hasil uji korelasi di atas, terdapat variabel terikat yang memiliki korelasi dengan nilai WWL adapula yang tidak berkorelasi sama sekali. Untuk variabel yang berkorelasi adalah kapasitas ruangan terhadap nilai WWL, hal ini membuktikan semakin besar nilai kapasitas ruangan maka, nilai WWL yang diperoleh akan tinggi pula. Penyebabnya adalah semakin besar nilai kapasitas ruangan maka daya tampung pasien juga akan meningkat, dengan kondisi tersebut, maka aktivitas perawat akan lebih tinggi, baik dari segi aktivitas fisik maupun non fisik. Sedangkan untuk variabel yang tidak saling berkorelasi sama sekali, menunjukkan faktor internal yang melekat pada perawat sama sekali tidak berpengaruh terhadap persepsi atas beban kerja mental yang dirasakan selama melakukan aktivitas keperawatan.

B. Metode RSME

Pengukuran beban kerja mental yang selanjutnya dilakukan menggunakan instrumen unidimensional bernama RSME. Durasi waktu yang diperlukan oleh responden ketika mengisi kuesioner ini berkisar antara 2 hingga 3 menit. Luaran dari hasil pengukuran menggunakan RSME ini adalah besarnya usaha mental responden dalam menyelesaikan aktivitasnya Usaha mental tersebut dapat merujuk pada besar atau kecilnya seseorang dalam mengerahkan usahanya saat beraktivitas atau menjawab suatu bentuk pertanyaan. Pada Penelitian ini, tentunya rata-rata nilai RSME yang diperoleh di setiap unit kerja akan berbeda serta akan memiliki kategori usaha mental yang juga berbeda. Di bawah ini terdapat grafik yang menyajikan rekapitulasi nilai usaha mental



Gambar 4. Grafik Nilai RSME

Berdasarkan gambar 4, dapat dilihat bahwa rata-rata nilai usaha mental di setiap unit kerja akan berbeda-beda. Untuk nilai usaha mental yang sangat

ISBN 978-623-92050-0-3

besar sekali yaitu senilai 148, diperoleh oleh unit kerja Dahlia, sedangkan yang paling rendah memiliki nilai 80 diperoleh oleh unit kerja Edelweis. Perbedaan nilai tersebut dipengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor eksternal maupun internal responden penelitian.

Faktor internal itu dapat meliputi meliputi perbedaan usia responden dan masa kerja responden. Kemudian untuk faktor eksternal yang dapat memengaruhi adalah adanya perbedaan jumlah perawat pelaksana di setiap ruangan serta perbedaan jumlah pasien yang harus ditangani. Untuk mengetahui apakah nilai beban kerja mental berdasarkan metode RSME valid atau tidak, dapat dibuktikan dengan mengidentifikasi korelasinya dengan nilai beban kerja mental hasil pengukuran dengan menggunakan metode NASA-TLX.

Berikut di bawah ini adalah contoh perhitungan nilai RSME unit kerja Dahlia,

Ruangan : Dahlia

Jumlah Responden Penelitian : 10 sampel perawat pelaksana

Inisial Responden	**: Nn. Y**
	Tn. E
	Tn. I
	Tn. R
	Nn. E
	Nn. A
	Nn. R
	Nn E.S
	Nn F
	Tn A
Nilai RSME	**: 140**
	150
	150
	140
	150
	150
	150
	150
	150
	150

Perhitungan Nilai RSME $= \frac{\sum(nilai\ RSME\ tiap\ responden)}{\text{jumlah responden}}$

Nilai RSME =

$$\frac{(140+150+150+140+150+150+150+150+150+150)}{10}$$

Nilai RSME $= \frac{1480}{10}$

Nilai RSME = 148

Kategori = Usaha yang dilakukan sangat besar sekali

TABEL 4. HASIL UJI KORELASI DENGAN RSME

No	Pasangan	Nilai Signifikansi (*p*)	Koefisien Korelasi (r)	Korelasi
Uji Korelasi *Pearson*				
1	Umur – RSME	*p* = 0,027	r = - 0,274	Berkorelasi Negatif
2	Masa Kerja – RSME	*p* = 0,056	r = 0,38	Tidak Berkorelasi
3	Kapasitas Ruangan – RSME	*p* = 0,759	r = 0,00	Tidak Berkorelasi
Uji Korelasi *Rank-Spearman*				
1	Jenis Kelamin – RSME	*p* = 0,262	r = -0,141	Tidak Berkorelasi
2	Pendidikan Terakhir - RSME	p = 0,988	r = 0,002	Tidak Berkorelasi

Berdasarkan hasil uji korelasi pada table 4, diperoleh hasil bahwa tidak ada korelasi sama sekali antara masa kerja, jenis kelamin, dan pendidikan terakhir perawat terhadap nilai usaha mental yang dirasakan oleh perawat selama melakukan aktivitas keperawatan. Tidak terdapat pula korelasi antara variabel kapasitas ruangan terhadap nilai usaha mental. Sedangkan, terdapat korelasi negatif antara variabel usaha mental dengan umur, yang menunjukkan bahwa semakin tinggi umur maka nilai usaha mental yang dirasakan semakin rendah dan berlaku sebaliknya.

C. Uji Reliabilitas dan Validitas

Instrumen pengukuran seperti kuesioner harus diuji reliabilitasnya, untuk memastikan apakah butir pertanyaan yang terdapat pada kuesioner dapat dipahami oleh responden atau tidak. Apabila dinyatakan hasil pengisian kuesioner yang tidak valid, maka data tersebut tidak direkomendasikan untuk diolah di tahap selanjutnya. Selain itu, solusi yang dapat dilakukan adalah mengganti kata atau kalimat yang tertera pada butir pertanyaan kuesioner,

ISBN 978-623-92050-0-3

untuk mempermudah pemahaman responden dalam mengisi lembar kuesioner.

NASA-TLX sendiri merupakan instrumen pengukuran beban kerja mental yang telah digunakan oleh peneliti di berbagai penelitian. Kuesioner NASA-TLX memiliki enam butir pertanyaan yang mengarah kepada enam indikator pengukuran beban kerja mental. Dari segi kelengkapan isi, terdapat 65 kuesioner hasil pengisian yang dapat dinyatakan lengkap, namun belum melalui proses pengujian secara statistik, yang dapat memastikan apakah data hasil pengisian kuesioner tersebut valid dan reliabel atau tidak. Maka dari itu, perlu dilakukan pengujian reliabilitas terhadap 65 data hasil pengukuran beban kerja mental.

Berikut di bawah ini merupakan tabel yang berisi informasi hasil uji reliabilitas pengisian kuesioner oleh responden penelitian

TABEL 5. NILAI HASIL UJI RELIABILIAS

Cronbach's Alpha	Jumlah Butir Pertanyaan
0.833	6

Informasi yang dapat diperoleh dari tabel 5 adalah bahwa kuesioner penelitian dan hasil pengisiannya dapat dinyatakan reliabel. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai $\alpha > 0{,}6$, yakni diperoleh nilai $\alpha = 0{,}833$. Berdasarkan nilai ini dapat dinyatakan bahwa responden cukup memahami dengan baik tujuan yang tertulis dalam 6 butir pertanyaan pada kuesioner. Kemudian untuk mengidentifikasi penggunaan alat ukur telah valid dapat dilihat dari nilai *corrected item-total correlation*. Berikut di bawah ini adalah tabel yang berisi hasil uji validitas,

TABEL 6. NILAI HASIL UJI VALIDITAS

No.	Butir Pertanyaan	Nilai *Corrected Item Total Correlation*
1	Kebutuhan Mental (KM)	0.726
2	Kebutuhan Fisik (KF)	0.779
3	Kebutuhan Waktu (KW)	0.748
4	Performansi (P)	0.656
5	Usaha (U)	0.742
6	Tingkat Frustasi (TF)	0.329

Berdasarkan tabel 6, dapat diperoleh informasi bahwa nilai *corrected item-total correlation* setiap butir pertanyaan kuesioner memiliki nilai lebih dari 0,24 hal ini menunjukkan kuesioner dinyatakan *reliable* begitu pula dengan data hasil pengisiannya.

D. Perbandingan Alat Ukur

Selain melakukan pengujian antar atribut yang melekat pada responden, pengujian juga dilakukan untuk mengetahui signifikansi dari kedua metode yang digunakan untuk mengukur. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah nilai hasil pengukuran beban kerja mental dengan menggunakan 2 metode yang skalanya berbeda akan saling signifikan atau tidak. Hasilnya dapat dilihat pada tabel hasil uji di bawah ini;

TABEL 7. NILAI HASIL PERBANDINGAN ALAT UKUR

Uji Korelasi *Pearson*			
Pasangan	**Nilai Signifikansi (*p*)**	**Koefisien Korelasi (r)**	**Korelasi**
WWL - RSME	0,006	- 0,339	Berkorelasi Positif

Dari tabel 7 dapat diketahui bahwa kedua penggunaan metode sudah dapat dinyatakan sebanding, karena hasil pengukuran keduanya signifikan dan saling berkorelasi pada nilai 33,9%. Hal tersebut dapat diketahui melalui nilai $p < 0{,}05$ dan nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$, $r_{0,339} > r_{0,317}$. Selain itu, nilai saling berkorelasi pada tingkat signifikansi 1%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

1. Nilai beban kerja mental perawat pelaksana yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan metode NASA-TLX di 8 unit kerja secara berturut-turut adalah di unit kerja Dahlia sebesar 81,87 (tinggi); unit kerja Anggrek sebesar 81,20 (tinggi); unit kerja Cempaka sebesar 82,48 (tinggi); unit kerja Edelweis sebesar 68,50 (sedang); unit kerja Flamboyan sebesar 70,15 (sedang); unit kerja Kenanga sebesar 81,25 (tinggi); unit kerja Lavender sebesar 64,94 (sedang); dan unit kerja Menur sebesar 63,89 (sedang).
2. Berdasarkan pengukuran menggunakan NASA-TLX, diperoleh nilai indikator beban kerja mental paling tinggi di setiap unit kerja secara berturut-turut adalah indikator Usaha sebesar 350 di unit kerja Kenanga; indikator Kebutuhan Mental sebesar 344 di unit kerja Dahlia; indikator Kebutuhan Waktu sebesar 344 di unit kerja Anggrek; indikator indikator Kebutuhan Mental sebesar 333 di unit kerja Cempaka; indikator Kebutuhan Fisik sebesar 315 di unit kerja Edelweis; indikator Usaha sebesar 273 di unit kerja Flamboyan; indikator Kebutuhan Fisik sebesar 247 di unit kerja Lavender; dan indikator Performansi sebesar 247 di unit kerja Menur.
3. Nilai beban kerja mental perawat pelaksana yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan metode RSME di 8 unit kerja secara berturut-turut adalah di unit kerja Dahlia sebesar 148 (usaha sangat besar sekali); unit kerja Anggrek sebesar 102 (usaha cukup besar); unit kerja Cempaka sebesar 107 (usaha cukup besar); unit kerja Edelweis sebesar 80

ISBN 978-623-92050-0-3

(usaha kecil); unit kerja Flamboyan sebesar 85 (usaha kecil); unit kerja Kenanga sebesar 106 (usaha cukup besar); unit kerja Lavender sebesar 116 (usaha sangat besar); dan unit kerja Menur sebesar 95 (usaha cukup besar).

4. Hasil evaluasi terhadap penggunaan metode NASA-TLX dan RSME dapat dinyatakan sebanding, karena terdapat korelasi yang positif antara hasil nilai beban kerja mental kedua metode, dengan nilai signifikansi sebesar 33,9% dan nilai p = 0,006.
5. Hasil uji korelasi *pearson* menunjukkan tidak ada korelasi antara WWL terhadap variabel umur responden, dengan nilai r sebesar r = -0,05, lalu tidak terdapat korelasi antara nilai beban kerja terhadap variabel masa kerja dengan nilai r = 0,145, dan terdapat korelasi positif antara nilai beban kerja mental dengan daya tampung ruangan dengan nilai r sebesar r = 0,376.
6. Hasil uji korelasi *rank-spearman* menunjukkan korelasi antara nilai WWL dengan variabel jenis kelamin, hal tersebut ditunjukkan oleh nilai r = -0,153 dan terdapat korelasi lemah antara nilai beban kerja mental dengan variabel pendidikan terakhir dengan nilai r = 0,239.
7. Hasil uji korelasi *pearson* menunjukkan adanya korelasi yang bersifat berkebalikan antara nilai RSME terhadap umur responden, dengan nilai r = -0,274, lalu tidak ada korelasi nilai beban kerja mental terhadap umur responden dengan nilai r = - 0,238, dan terdapat korelasi positif yang signifikan antara nilai RSME dengan daya tampung ruangan dengan nilai r sebesar r = 0,00.
8. Hasil uji korelasi *rank-spearman* menunjukkan bahwa tidak ada korelasi antara nilai RSME terhadap, dengan nilai r = -0,141 dan terdapat korelasi lemah antara nilai RSME terhadap Jenis Kelamin responden dan nilai RSME. Hal tersebut ditunjukkan melalui nilai r = -0,002.

b. Saran

Berdasarkan penelitian mengenai pengukuran beban kerja mental yang telah dilaksanakan, dapat diajukan poin-poin saran sebagai berikut :

Bagi peneliti yang ingin melakukan penelitian di institusi pelayanan kesahatan dan membutuhkan sikap intervensi terhadap objek penelitian seperti pasien, sebaiknya memiliki izin etik kesehatan yang legal dan diakui oleh institusi terkait

1. Bagi peneliti yang ingin melakukan penelitian di institusi pelayanan kesahatan dan membutuhkan sikap intervensi terhadap objek penelitian seperti pasien, sebaiknya memiliki izin etik kesehatan yang legal dan diakui oleh institusi terkait.
2. Penggunaan metode RSME dan NASA-TLX dapat diterapkan terhadap objek penelitian dan lokasi penelitian yang lebih luas dan beragam lagi, karena penelitian ini tidak dapat merpresentasikan tingkat beban kerja mental di rumah sakit secara umum.
3. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi informasi dasar bagi pihak rumah sakit untuk ditindaklanjuti menjadi suatu rekomendasi atau perbaikan sistem kerja di unit kerja terkait dengan tujuan untuk remunerasi bagi perawat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] WHO. (2019, May). Retrieved from World Health Organization: https://www.who.int/hospitals/en/

[2] Handini, Erys, & Pratiri, S. G. (2013). Perbaikan Sistem Kerja Untuk Meningkatkan Produktivitas Dan Mengurangi Burnout Pada Perawat UGD (Studi Kasus : UGD RSU Haji Surabaya). Surabaya.

[3] Menteri Kesehatan RI. (2016). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 66 Tahun 2016 Mengenai Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Rumah Sakit. Jakrta: Sekretariat Negara.

[4] Habibi, E., Taheri, M. R., & Hasanzadeh, A. (2014). Relationship Between Mental Workload And Musculoskeletal Disorders Among Alzahra Hospital Nurses. Iranian Journal Of Nursing And Midwifery Research, Vol. 20, Issue 1, 1-6.

[5] Salvendy, G. (2012). Handbook Of Human Factors And Eronomics 4th Edition. New Jersey: John Wiley And Sons, Inc.

[6] OSHA. (2000). Ergonomics: The Study Of Work. United States: Occupational Safety And Health Administration.

[7] Nurmianto, E. (2005). Ergonomi: Konsep Dasar Dan Aplikasinya. Surabaya: Penerbit Guna Widya.

[8] Harris, D. (Ed.), 2013. Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics: Understanding Human Cognition. 10th International Conference, EPCE 2013, Held as Part of HCI International 2013, Las Vegas, NV, USA, 21–26 July 2013, Proceedings Part. Springer, New York.

[9] Wiebe, E. N., Roberts, E., & Behrend, T. S. (2010). An examination of two mental workload measurement approaches to understanding multimedia learning.Computers in Human Behavior, 26(3), 474–481.

[10] Tarwaka, Bakri, & Sudiajeng (2004). Ergonomi Untuk Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Dan Produktivitas. Surakarta: UNIBA Press.

[11] Iriadiastadi, H., & Yassierli. (2014). *Ergonomi Suatu Pengantar*. Bandung : PT Remaja Rosdakarya

[12] Hariyanti, N. R. (2017). Perbandingan Dan Pengukuran Beban Kerja Mental Dengan Pendekatan Nasa-TLX (Studi Kasus : IKM Maria Jaya Dan IKM Mukti Abadi). Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

[13] Widyanti, A., Johnson, A., & Waard, D. De. (2013). International Journal of Industrial Ergonomics Adaptation of the Rating Scale Mental Effort (RSME) for use in Indonesia. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *43*(1), 70–76

ISBN 978-623-92050-0-3

Analisis Beban Kerja Mental Divisi HR & GA PT. Pertamina Transkontinental Dengan Metode Rating Scale Mental Effort

1st Samuel H Pandiangan
Departemen Teknik Industri
Universitas Diponegoro
Semarang, Indonesia
samuel.pandiangan13@gmail.com

2nd Manik Mahachandra
Departemen Teknik Industri
Universitas Diponegoro
Semarang, Indonesia
manik.mahachandra@ft.undip.ac.id

3rd Naniek Handayani
Departemen Teknik Industri
Universitas Diponegoro
Semarang, Indonesia
naniekh@ft.undip.ac.id

***Abstrak*—Faktor tekanan waktu, jadwal pekerjaan, kebisingan, informasi berlebihan, aktivitas berulang dan juga tanggung jawab menjadi hal yang memengaruhi tekanan mental. Faktor tersebut juga muncul pada kondisi kerja Divisi HR & GA PT Pertamina Transkontinental. Tingkat beban kerja pekerja dapat diketahui dengan penerapan analisis beban kerja. Salah satu metode analisis beban kerja adalah Rating Scale Mental Effort (RSME), yang merupakan salah satu metode pengukuran beban mental subyektif dari satu dimensi saja, yaitu usaha mental, sehingga praktis digunakan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui tingkat beban kerja mental para pekerja, mengidentifikasi penyebab utama timbulnya beban mental, dan juga untuk memberikan saran kepada perusahaan atas dasar identifikasi beban mental tersebut. Hasil menunjukkan bahwa beban mental pekerja cukup tinggi, meskipun tidak ada perbedaan signifikan antar jenis kelamin, kelompok usia, dan kelompok masa kerja. Kondisi yang menjadi penyebab dasar tingginya beban kerja mental pekerja adalah ketidakjelasan pembagian kerja pada divisi tersebut. Beberapa rekomendasi diberikan sebagai solusi.**

Keywords—beban kerja mental, rating scale mental effort, performansi kerja, stress kerja

I. PENDAHULUAN

PT. Pertamina Transkontinental (PTK) memiliki peran penting dalam proses pengiriman bahan bakar minyak ke seluruh penjuru negeri, mulai dari wilayah yang tersentuh hingga ke wilayah yang sangat sulit untuk dilalui. Tanggung jawab yang besar mengharuskan PT. Pertamina Transkontinental memiliki amunisi-amunisi yang handal dalam melakukan pekerjaannya, sehingga total pekerja PTK mencapai 673 pekerja yang tersebar di 13 kantor cabang seluruh Indonesia dan 1 kantor pusat. Dengan jumlah pekerja yang sangat banyak tersebut tentu perlu ada satu fungsi yang mengelola kebijakan-kebijakan dan kesejahteraan para pekerjanya, yaitu fungsi Human Resource (HR) & General Affair (GA).

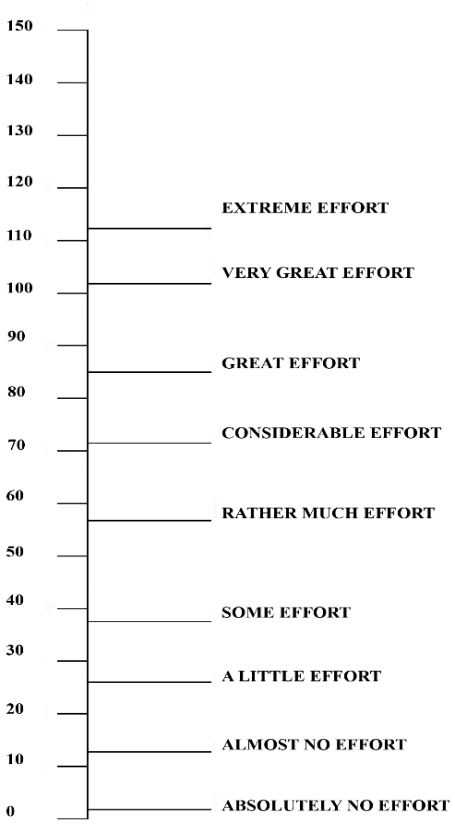
Pekerjaan HR & GA hampir 90% waktunya berada di dalam ruangan kantor. Para pekerja melakukan pekerjaan yang berulang-ulang, tekanan waktu cukup besar, dan tanggungjawab akan kesejahteraan maupun fasilitas gedung PTK. Beberapa faktor tersebut merupakan hal yang sangat memengaruhi beban kerja dari para pekerja HR & GA. Beban kerja yang diberikan bisa timbul karena perasaan bosan akan tugas dan tanggungjawabnya, juga bisa timbul karena tuntutan pekerjaan yang terlalu tinggi. Atas dasar inilah penelitian ini dilakukan untuk mengobservasi beban mental para pekerja di Divisi HR & GA, juga menganalisis faktor apa dari pekerjaan mereka yang dominan dapat meningkatkan beban kerja tersebut.

Pada dasarnya beban kerja dapat disebabkan oleh kerja fisik (otot) dan juga kerja mental (otak) **Error! Reference source not found.**. Kerja fisik mengharuskan para pekerjanya menggunakan fisiknya secara berlebihan untuk menyelesaikan target, sedangkan kerja mental mengharuskan pekerja menggunakan otaknya secara berlebihan dalam mencapai target 0. Beban kerja mental dapat dianalisis dengan menggunakan *workload analysis*, dimana terdapat beberapa alat ukur yang dapat digunakan seperti Subjective Workload Assessment Technique (SWAT), NASA Task Load Index (NASA-TLX), dan Rating Scale Mental Effort (RSME). Metode SWAT mengkaji tiga dimensi ukuran yaitu beban waktu (*time load*), beban usaha (*mental effort*), dan beban tekanan psikologis (*psychological stress*) 0. Untuk metode NASA-TLX mengkaji enam dimensi ukuran yaitu *mental demand*, *physical demand*, *temporal demand*, *performance*, *effort*, dan *frustration level* 0.

Berbeda dengan skala sebelumnya, Rating Scale Mental Effort (RSME) merupakan sebuah alat pengukur beban kerja mental yang hanya terfokus kepada satu dimensi ukuran saja 0, yaitu *mental effort*. Dengan demikian, skala ini sangatlah praktis untuk diterapkan. Metode ini dikembangkan langsung oleh Zijlstra dkk (Zijlstra & Van Doorn, 1985 dalam 0.

ISBN 978-623-92050-0-3

Data yang dikumpulkan dari metode ini telah dikemas secara langsung dalam bentuk kuantitatif. Responden hanya perlu mengukur seberapa besar usaha mental yang diperlukan dalam mengerjakan pekerjaannya, lalu melingkari skala 0 – 150 yang telah tersedia pada kuisioner dengan deskriptor pada beberapa titik acuan. Gambar 1 merupakan bentuk penilaian RSME. Meskipun menunjukkan satu dimensi ukuran, namun penilaian RSME dilakukan terhadap enam variabel beban kerja mental, yaitu: (1) Beban Kerja (BK), (2) Kesulitan Kerja (KK), (3) Performansi Kerja (PK), (4) Usaha Mental Kerja (UMK), (5) Kegelisahan Kerja (KgK), dan Kelelahan Kerja (KIK). Hasil penilaian skala RSME kemudian dapat dikategorikan dalam kelompok berikut 0: (a) Tidak ada usaha sama sekali (jika nilainya berada diantara 0-10); (b) Hampir tidak ada usaha (11-28); (c) Usaha yang dilakukan sangat kecil (29-39); (d) Usaha yang dilakukan kecil (40-58); (e) Usaha yang dilakukan agak besar (59-70); (f) Usaha yang dilakukan cukup besar (71-80); (g) Usaha yang dilakukan besar (90-100); (h) Usaha yang dilakukan sangat besar (100-110); atau (i) Usaha yang dilakukan sangat besar sekali (120-150).



Gambar 1. Skala RSME

II. METODE PENELITIAN

Terdapat beberapa tahapan dalam penelitian ini, yang dimulai dari studi pendahuluan mengenai gejala yang ada di tempat kerja, kemudian merumuskan masalah, dan penentuan tujuan penelitian. Kegiatan dilanjutkan dengan pengumpulan data, pengolahan data, analisis hasil pengolahan data, hingga memberikan kesimpulan dan saran.

A. Pengumpulan Data

Langkah selanjutnya adalah mengumpulkan data penelitian, yang dimulai dari data demografi dan data nilai RSME. Karena jumlahnya tidak banyak, maka seluruh pekerja di divisi HR & GA ini dilibatkan sebagai responden penelitian. Data demografi yang dikumpulkan meliputi usia, jenis kelamin, dan lama bekerja. Semua data demografi dan skala RSME yang dikumpulkan berupa data primer yang langsung ditanyakan kepada setiap pekerja. Nilai RSME diperoleh melalui enam buah pertanyaan yang mengarah kepada indikator usaha mental pekerja, yaitu:

a. Seberapa berat pekerjaan yang anda lakukan di divisi HR & GA? (Beban Kerja)

b. Seberapa besar tingkat kesulitan pekerjaan yang anda lakukan di HR & GA? (Kesulitan Kerja)

c. Bagaimana anda menilai performansi diri anda di HR & GA? (Performansi / Kepuasan Kerja)

d. Menurut anda seberapa besar usaha mental yang anda keluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan sehari-hari di HR & GA? (Usaha Mental Kerja)

e. Seberapa besar kegelisahan yang anda rasakan setelah bekerja? (Kegelisahan Kerja)

f. Seberapa besar kelelahan yang anda rasakan akibat mengerjakan pekerjaan di HR & GA? (Kelelahan Kerja)

B. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk menguji perbedaan diantara kelompok demografi, dengan bantuan software SPSS. Uji perbedaan juga dilakukan pada masing-masing variabel RSME dengan bantuan *software* Minitab untuk mengetahui variabel yang mungkin signifikan lebih tinggi nilainya dibandingkan variabel lainnya. Langkah berikutnya adalah penggunaan teknik *fishbone* untuk mencari akar masalah beban kerja mental tersebut.

I. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sebaran Demografi Pekerja

Sebanyak 18 orang pekerja di Divisi HR & GA terlibat dalam penelitian ini sebagai responden. Data demografi mereka ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1. HASIL DATA DEMOGRAFI RESPONDEN

Karakteristik Responden		Jumlah	Persentase (%)
Jenis kelamin	Laki-laki	13	72,22
	Perempuan	5	27,78
Usia	20-30 tahun	6	33,33
	31-40 tahun	6	33,33

ISBN 978-623-92050-0-3

Karakteristik Responden		Jumlah	Persentase (%)
	41-50 tahun	3	16,67
	> 50 tahun	3	16,67
Masa kerja	< 3 tahun	6	33,33
	3-7 tahun	4	22,22
	8-12 tahun	3	16,67
	12-16 tahun	2	11,11
	>16 tahun	3	16,67

B. Nilai RSME Pekerja

Hasil pengumpulan data RSME untuk setiap variabel ditunjukkan oleh Tabel 2.

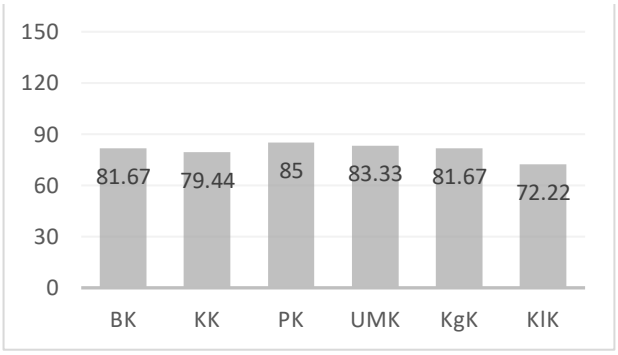
TABEL 2. HASIL DATA RSME

Responden	BK	KK	PK	UMK	KgK	KlK
P1	60	50	70	60	40	50
P2	100	90	100	100	80	100
P3	60	50	70	60	50	40
P4	100	90	100	100	100	90
P5	100	100	100	110	90	80
P6	60	90	100	80	110	100
P7	100	90	100	100	100	90
P8	100	90	80	100	100	70
P9	100	100	80	100	100	80
P10	100	70	80	100	70	90
P11	80	80	100	80	70	80
P12	110	110	90	120	120	70
P13	60	80	100	60	70	60
W1	40	30	60	40	40	20
W2	30	60	50	30	40	50
W3	70	80	70	70	90	40
W4	110	100	90	110	100	100
W5	80	70	90	80	100	90
Rata-rata	81,67	79,44	85,00	83,33	81,67	72,22
Min	30	30	50	30	40	20
Maks	110	110	100	120	120	100
Jangkauan	80	80	50	90	80	80
SD	24,55	20,99	12,81	25,44	25,49	23,90

Keterangan: BK: Beban Kerja; KK: Kesulitan Kerja;PK: Performansi Kerja; UMK: Usaha Mental Kerja; KgK: Kegelisahan Kerja; dan KlK: Kelelahan Kerja.

Rekapitulasi nilai beban kerja keseluruhan ditunjukkan oleh Gambar 2. Dari grafik dan tabel penilaian Rating Scale Mental Effort diatas dapat kita perhatikan bahwa secara rata-rata indikator ketiga, yakni performansi kerja menjadi nilai tertinggi, kemudian disusul oleh indikator usaha mental kerja, dan yang paling rendah adalah indikator kelelahan kerja. Posisi tersebut dapat menggambarkan bahwa indikator performansi kerja merupakan indikator terbesar yang menjadi penyebab beban kerja mental pekerja Divisi HR & GA di PTK. Selanjutnya, data standar deviasi memperlihatkan nilai sebaran data yang cukup besar. Hal ini menunjukkan bahwa sebenarnya titik data individu berada jauh dari nilai rata-rata tersebut.

Nilai RSME pada komponen Performansi Kerja yang mencapai 85,00 dan termasuk dalam kategori *great effort* (memiliki usaha yang besar) menunjukkan ketidakpuasan para karyawan dengan performa kerja yang mereka lakukan dalam kaitannya dengan pelayanan seluruh pekerja maupun pensiunan PTK. Beberapa aspek yang menyebabkan kurang puasnya pekerja HR & GA kemudian dikaji lebih lanjut pada analisis *fishbone*. Setelah variabel tersebut, terdapat komponen Usaha Mental Kerja yang tinggi yang dirasakan pekerja yakni 83,33 (kategori *great effort*). Tingginya beban usaha mental yang dirasakan oleh para pekerja dapat disebabkan oleh sangat tingginya mobilisasi pekerjaan. Setiap hari terdapat pekerja PTK yang mengurus surat perjalanan dinas darat maupun laut, para kru kapal selalu melakukan *medical check up*, divisi lain PTK mengadakan rapat, dan setiap hari infrastruktur kantor harus terjaga dengan baik. Mobilisasi dan intensitas kerja yang tinggi inilah yang kemudian menyebabkan usaha mental pekerja HR & GA sangat tinggi. Pada peringkat terakhir ada variabel Kelelahan Kerja dengan skor RSME 72,22 (Kategori *considerable effort*). Komponen ini tidak terlalu berpengaruh besar terhadap para pekerja HR & GA karena mereka hampir tidak ada yang melakukan pekerjaan fisik berat seperti divisi fleet ataupun operasional dan bahkan hanya berkaitan dengan pekerjaan kantoran.



Gambar 2. Nilai RSME keseluruhan

[1] *Analisis Penyebab Beban Mental*

Langkah selanjutnya yang akan dilakukan adalah mengidentifikasi masalah-masalah apa saja yang menjadi penyebab kurangnya kepuasan pekerja HR & GA PTK terhadap performansi bekerja mereka dengan menggunakan *fishbone* diagram. Diagram tulang ikan ini dapat digunakan untuk mengetahui hal yang menjadi akar permasalahan tingginya beban kerja

ISBN 978-623-92050-0-3

mental pekerja, sebagaimana yang ditampilkan oleh Gambar 3.

Diagram tulang ikan tersebut dapat menjelaskan apa sebenarnya yang menjadi akar permasalahan beban kerja pekerja HR & GA PTK, yaitu ketidakpuasan para pekerja terhadap performansinya PTK. Keluhan-keluhan tersebut diperoleh dari wawancara mendalam dengan masing-masing responden. Metode kerja di fungsi HR & GA menjadi faktor pertama yang menjadi penyebab beban kerja mental tinggi, seperti SOP yang berbelit, *job description* yang tidak jelas, pembagian tugas yang kurang jelas, adanya pekerjaan yang merangkap, dan lain sebagainya. Ketidakjelasan *job description* ini disebabkan oleh adanya pelimpahan tugas dari pekerja satu ke pekerja lainnya, yang disebabkan oleh terbatasnya jumlah pekerja di divisi HR & GA tersebut. Divisi ini tidak melakukan *recruitment* secara rutin, namun hanya dilakukan ketika ada jabatan yang lowong. Dengan demikian, aktivitas kerjanya lebih banyak mengandalkan pekerja senior. Penentuan *job description* hanya dibicarakan oleh pekerja senior dan juga atasan tanpa mengikut sertakan pekerja yang masih junior. SOP yang ada di HR & GA pun sangat berbelit, sehingga menyulitkan operasional di PT. Pertamina Transkontinental Pusat. Pekerja juga banyak yang merangkap pekerjaan, seperti seorang *asistant manager* yang merangkap menjadi *asistant maintenance & facility* perusahaan. Hal tersebut dapat terjadi karena jumlah pekerja PTK yang semakin bertambah dan juga terdapat tugas yang menumpuk.

Faktor berikutnya selain metode kerja tadi adalah faktor manusia, dimana terdapat kemampuan pekerja yang kurang mumpuni disebabkan oleh tidak adanya pelatihan yang rutin. Pelatihan yang rutin juga tidak dapat terlaksana karena divisi HR & GA ini memiliki banyak pekerjaan yang masih menumpuk. Pelatihan terbukti berpengaruh kepada kepuasan kerja, sebagaimana yang disimpulkan dalam penelitian 0. Dengan rendahnya kesempatan seorang untuk mendapatkan peningkatan ketrampilan dan pengetahuan melalui pelatihan, maka kepuasan kerjanya pun rendah, yang dapat berdampak pada beban mental yang tinggi akan pekerjaannya.

Motivasi yang kurang juga dialami oleh para pekerja, karena terdapat faktor senioritas yang kental dalam aktivitas kerja. Tidak semua pekerja dilibatkan dalam keputusan-keputusan PTK, sehingga banyak pekerja yang merasa tidak memiliki peran penting didalamnya. Senioritas dapat bermakna lamanya masa kerja seseorang yang diakui prestasi baik pada jabatan yang bersangkutan maupun dalam instansi secara keseluruhan 0. Kondisi senioritas ini, menurut penelitian 0 akan berpengaruh secara signifikan terhadap kepuasan kerja jika diiringi pula dengan faktor penggajian dan kinerja

Lebih lanjut, jumlah pekerja yang harus dilayani oleh kedua divisi ini juga semakin banyak, sehingga menyebabkan tingginya beban kerja mental yang dialami. Demografi juga merupakan hal yang memengaruhi tingkat beban mental yang dirasakan pekerja, seperti usia dan juga lamanya waktu bekerja di PTK. Pekerja yang berusia diatas 50 tahun pada divisi ini umumnya diberikan tugas dan tanggungjawab yang lebih besar, begitupun halnya dengan pekerja yang telah bekerja lebih dari 8 tahun di HR & GA. Pelimpahan tugas kepada senior ini lebih disebabkan oleh *recruitment* PTK yang tidak dilaksanakan dengan rutin dan adanya *gap* antara junior dan senior.

Peralatan atau fasilitas divisi HR & GA kemudian mengikuti dua faktor sebelumnya. Peralatan yang tidak dalam kondisi baik menyebabkan banyak pekerja tidak puas dengan performansi pekerjaanya. Peralatan yang rusak ini sering disebabkan karena *maintenance* yang kurang rutin, penggunaan fasilitas secara bersamaan dan juga karena mobilitas pekerjaan yang sangat tinggi. Sebagai contoh, printer sangat sering digunakan, sementara perawatannya jarang dilakukan. Perlu digarisbawahi bahwa subfaktor penggunaan fasilitas secara bersama jelas akan meningkatkan beban kerja mental, hal ini disebabkan oleh seringnya pekerjaan tertunda karena harus menunggu fasilitas yang sedang digunakan pekerja lain. Ketika pekerjaan tertunda pastinya akan membuat rasa keresahaan pekerja meningkat dan berujung pada tertekannya pekerja secara mental.

Faktor kontekstual lingkungan kerja juga tidak kalah penting, hal-hal seperti intensitas pekerjaan yang tinggi, komunikasi antar pekerja yang kurang, dan waktu kerja yang singkat menjadi penyebabnya. Dimulai dari komunikasi yang kurang, hal ini disebabkan oleh rasa sungkan pekerja junior kepada atasan maupun senior mereka. Rasa sungkan ini timbul karena terdapat senioritas dalam manajerial PTK. Target yang diberikan perusahaan juga sangat tinggi sehingga pekerja lebih fokus kepada ketercapaian terget tersebut daripada menjalin komunikasi antar pekerja. Struktur organisasi yang kurang baik juga menjadi dampak berarti dari tingkat beban kerja mental yang tinggi. Struktur organisasi yang kurang jelas, *policy* yang masih mengandalkan senioritas dan jabatan, pengupahan kurang adil bagi para *outsourcing*, serta tidak adanya perubahan yang dirasakan oleh perusahaan dengan sistem seperti itu.

Permasalahan tersebut di atas diakibatkan oleh senioritas yang sangat terasa sehingga tidak ada perubahan yang lebih baik dalam diri HR & GA. Motivasi pekerja berkurang karena senioritas tersebut, *recruitment* yang tidak rutin juga menyebabkan pekerja lama (senior) mendapatkan tanggungjawab yang lebih besar dibanding pekerja baru (junior).

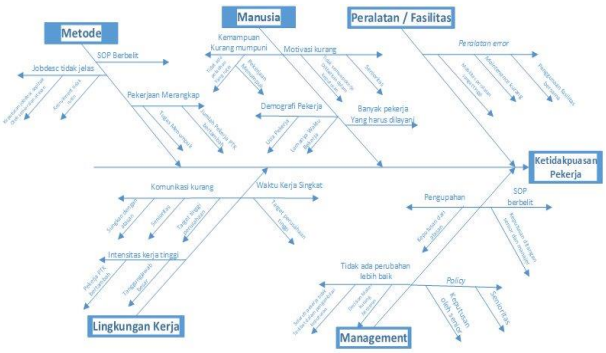
ISBN 978-623-92050-0-3

[2] *RSME Antar Kelompok Demografi*

Selanjutnya dicoba melakukan pengujian perbedaan nilai RSME antar kelompok demografi pekerja, dengan tujuan untuk mengetahui ada tidaknya suatu kelompok pekerja yang memiliki tingkat beban kerja yang signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok pekerja lainnya. Karena jika hal ini terjadi, maka kelompok tersebut perlu mendapatkan perhatian khusus oleh manajemen.

Sebelum uji perbedaan dijalankan, terlebih dahulu dilakukan pengujian prasyarat, salah satunya adalah normalitas data. Saat terdapat kelompok data yang tidak memenuhi persyaratan uji, maka uji perbedaan dilakukan dengan metode non parametrik Uji Friedman atau Mann Whitney U. Jika semua kelompok data yang diujikan memenuhi persyaratan uji, maka uji perbedaan dilakukan dengan metode parametrik ANOVA atau Uji-t.

TABEL 3 menunjukkan hasil uji perbedaan dari ketiga kelompok demografi tersebut, dimana tidak terdapat perbedaan signifikan beban mental antar setiap kelompok pekerja tersebut. Dengan demikian, pihak manajemen dapat melakukan pendekatan yang sama untuk semua kelompok demografi tersebut dalam menanggulangi tingginya beban kerja mental pekerja di HR & GA PTK



Gambar 3. *Fishbone* diagram penyebab beban kerja mental pekerja

TABEL 3. HASIL UJI PERBEDAAN DEMOGRAFI

Variabel	Hasil uji	df	p	Kesimpulan
Jenis kelamin	t = 1,116	4	0,327	Tidak ada perbedaan signifikan
Usia	$\chi^2 = 3{,}566$	3	0,312	Tidak ada perbedaan signifikan
Masa kerja	$\chi^2 = 2{,}280$	3	0,516	Tidak ada perbedaan signifikan

[3] *Rekomendasi Solusi*

Berdasarkan hasil pengukuran beban mental dan analisis faktor yang mempengaruhinya, maka dapat diberikan beberapa rekomendasi berikut untuk menurunkan tingkat beban mental para pekerja di HR & GA PTK:

a. Deskripsi pekerjaan yang diberikan sebaiknya diperjelas lagi dengan membuat sebuah diagram tugas dan tanggungjawab masing-masing jabatan di HR & GA PTK, agar pekerja dapat mengetahui dengan pasti tugas dan tanggungjawab yang harus diselesaikannya. Dengan demikian, tidak ada lagi yang merasa terbebani dengan pekerjaan menumpuk hanya karena ambiguitas *job description* dan tekanan senior.

b. Asistant Manager dan Manager dapat mendiskusikan lebih lanjut mengenai penambahan fasilitas pendukung didalam fungsi HR & GA PTK.

c. Sebaiknya evaluasi jumlah pekerja dan segera diadakan penambahan pekerja baru (*recruitment*) jika diperlukan. Hal ini juga mengingat ada tiga orang pekerja yang hampir purnabakti pada divisi tersebut. Apabila tidak dilakukan penambahan jumlah pekerja, maka penumpukan tugas akan terus menjadi kendala berarti bagi para pekerja HR & GA, mengingat intensitas dan mobilitas kerjanya yang juga sangat tinggi.

DAFTAR PUSKTAKA

H. Iridiastadi & Yassierli, “Ergonomi: Suatu Pengantar,” Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2014.

P. A. Hancock & N. Meshkati, Human Mental Workload. Elsevier, 1988.

G. B. Reid & T. E. Nygren, “The Subjective Workload Assessment Technique: A scaling procedure for measuring mental workload,” Advances in Psychology, vol. 52, pp. 185-218, 1988.

S. G. Hart, “NASA-Task Load Index (NASA-TLX), 20 years later,” Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting, pp. 904-908, 2006.

A. Widyanti, A. Johnson, & D. de Waard, "pengukuran beban kerja mental dalam *searching task* dengan metode Rating Scale Mental Effort (RSME)," J@ti Undip : Jurnal Teknik Industri, vol. 5, no. 1, pp. 1-6, Feb. 2012.

I. D. G. A. Saputra & I. N. Sudharma, “Pengaruh promosi jabatan, pelatihan dan lingkungan kerja terhadap kepuasan kerja karyawan,” E-Jurnal Manajemen, vol. 6, no. 2, pp. 1030-1054, 2017.

A. S. Nitisemito, “Manajemen Personalia,” Jakarta: Ghalia Indonesia, 2002.

I.B. Suhartoto & Z. Yamit, “Pengaruh sistem penggajian, kinerja dan senioritas terhadap kepuasan kerja karyawan di Pertamina UP IV Cilacap,” Sinergi: Kajian Bisnis dan Manajemen, vol. 7, no. 2, pp. 53-67, 2005

ISBN 978-623-92050-0-3

Perancangan Meja Kerja Produksi Tahu Berdasarkan Analisis NBM, QEC, dan RULA. (Studi Kasus: Industri Pengolahan Tahu Tradisional Kampung Krajan Surakarta)

1st Shofitri Dhia Hanifah
Jurusan Teknik Industri
Universitas Sebelas Maret
Surakarta, Indonesia
shofitridhia@gmail.com

2nd Rahmaniyah Dwi Astuti
Jurusan Teknik Industri
Universitas Sebelas Maret
Surakarta, Indonesia
Niyah22@gmail.com

3rd Wakhid Ahmad Jauhari
Jurusan Teknik Industri
Universitas Sebelas Maret
Surakarta, Indonesia
Wachid_aj@yahoo.com

Abstrak— ***Industri Kecil Menengah Sari Murni memproduksi 250 loyang tahu setiap hari secara manual dan tradisional sehingga menyebabkan pemborosan transportasi (pemindahan material). Operator penyimpanan tahu sementara dan pemotongan tahu masing-masing menempuh jarak 5.000 m dan 2.500 m setiap hari. Selain itu, tidak terdapat meja yang berfungsi khusus sebagai meja pemotongan tahu sehingga menyebabkan operator melakukan pekerjaannya di atas sembarang permukaan yang dapat menyangga loyang tahu dengan tinggi bervariasi antara 38 hingga 71 cm. Masalah ini dapat menyebabkan gangguan musculoskeletal terkait kerja (WMSDs) yang diakibatkan postur kerja yang buruk. Hasil NBM menunjukkan bahwa terdapat operator yang mengalami rasa sakit di bagian tubuh yang yang memiliki level risiko tinggi pada penilaian QEC. Evaluasi postur kerja operator pemotongan tahu menggunakan RULA menunjukkan nilai 7 atau sangat tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif perancangan fasilitas kerja berdasarkan data keluhan dan kebutuhan operator serta dari hasil analisis metode NBM, QEC, dan RULA. Perancangan meja kerja produksi tahu dilakukan menggunakan metode NIDA (Need, Idea, Decision, Action) untuk memperbaiki metode kerja operator.***

Kata kunci—Metode Kerja, MSDs, NBM, QEC, RULA, Perancangan NIDA

I. PENDAHULUAN

Menurut Occupational Safety and Health Administration (OSHA), kegiatan manual material handling (MMH) dapat diartikan sebagai tugas pemindahan barang, aliran material, produk akhir atau benda-benda lain yang menggunakan manusia sebagai sumber tenaga [1]. Pemilihan manusia sebagai tenaga kerja dalam melakukan kegiatan penanganan material bukanlah tanpa sebab, penanganan material secara manual memiliki suatu keuntungan yaitu fleksibel Krajan di Kelurahan Mojosongo merupakan daerah sentra produksi tahu yang dikelompokkan sebagai industri rumah tangga sesuai dengan Peraturan Daerah dalam gerakan sehingga memberikan kemudahan pemindahan beban pada ruang terbatas dan pekerjaan yang tidak beraturan [2]. Penerapan working comfort juga dilakukan agar proses kerja yang terbentuk dapat lebih ideal [3]. Working comfort diterapkan dengan ilmu ergonomi, dimana dilakukan evaluasi resiko postur kerja dengan menilai dan memperhitungkan paparan resiko berbagai posisi kerja dan analisis faktor risiko gangguan MSDs (musculoskeletal disorders) [3].

Untuk melakukan identifikasi bagian-bagian otot atau sendi yang mengakibatkan keluhan dari para pekerja dapat menggunakan Nordic Body Map (NBM) [4]. Salah satu metode untuk menganalisa beban postur adalah dengan metode quick exposure check (QEC) [5]. QEC adalah suatu alat untuk penilaian terhadap resiko kerja yang berhubungan dengan gangguan otot di tempat kerja [6]. Metode RULA dianggap sebagai alat yang efektif untuk mengukur kualitas postur kerja dalam pekerjaan yang melibatkan banyak tubuh bagian atas, tetapi kaki-kaki bekerja pada kondisi statis [7]. Dalam perancangan fasilitas kerja usulan, mempertimbangkan hal seperti desain fasilitas kerja yang baik harus berorientasi dan mempertimbangkan dimensi tubuh pengguna, agar dapat diperoleh kenyamanan dan membantu mendapatkan postur kerja yang aman bagi pekerja [8]. Proses perancangan yang merupakan tahapan umum teknik perancangan dikenal dengan sebutan NIDA, yang merupakan kepanjangan dari need (kebutuhan), idea (gagasan), decision (keputusan) dan action (tindakan) [6]. NIDA dipergunakan untuk merancang produk yang memberikan kemudahan dan kenyamanan bagi pemakai.

Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2019, rata-rata konsumsi tahu per kapita per minggu selalu mengalami peningkatan sejak tahun 2012 [10]. Desa Kota Surakarta Nomor 1 Tahun 2012 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surakarta Tahun 2011 –2031 pada pasal 41 ayat 2 [11].

ISBN 978-623-92050-0-3

Industri Kecil Menengah (IKM) Sari Murni merupakan salah satu industri tahu berskala kecil di daerah Krajan, Surakarta. Target produksi harian industri ini yaitu membuat 250 loyang tahu. Adapun proses pembuatan tahu meliputi proses perendaman, pencucian, penggilingan, perebusan, penyaringan, pencukaan, pencetakan, penyimpanan sementara, pemotongan, dan penyimpanan akhir. Proses pembuatan tahu di IKM ini masih bersifat sederhana, sebab masih banyak proses yang dilakukan secara manual dan tradisional untuk mempertahankan rasa khas tahu yang dihasilkan.

Berdasarkan pengamatan di IKM Sari Murni, proses penyimpanan sementara adalah proses menyimpan tahu yang sudah dicetak ke dalam rak-rak untuk didiamkan serta diangin-anginkan agar tahu mengeras dan tidak hancur saat dipotong

Pada proses penyimpanan sementara, operator pencetakan meletakkan loyang tahu ke dalam rak-rak yang terletak kurang lebih 10m dari stasiun pencetakan, maka jarak total yang ditempuh untuk memindahkan 250 loyang tahu yaitu sebanyak 5.000 m untuk berpindah dari stasiun pencetakan ke stasiun penyimpanan sementara dan kembali ke stasiun pencetakan. Waktu yang dihabiskan hanya untuk aktivitas memindahkan tahu yaitu selama 5.500 detik. Walaupun aktivitas ini bukan merupakan aktivitas inti, namun aktivitas ini penting untuk dilakukan dan metode kerja tersebut perlu diperbaiki agar mengurangi waktu produksi tahu.

Setelah tahu didiamkan agar mengeras di rak penyimpanan sementara, proses selanjutnya yaitu proses pemotongan tahu. Proses pemotongan tahu diawali dengan operator pemotongan mengambil loyang tahu yang terletak kurang lebih 5m dari stasiun pemotongan, sehingga operator menempuh jarak total 2.500 m untuk berpindah dari stasiun pemotongan tahu ke stasiun penyimpanan sementara dan kembali ke stasiun pemotongan tahu. Selain itu, dari hasil observasi terlhat bahwa terdapat beberapa postur tidak tidak alamiah operator pemotongan tahu, dikarenakan tidak terdapat fasilitas meja yang difungsikan khusus untuk proses pemotongan tahu. Tidak tersedianya fasilitas tersebut, menyebabkan operator pemotongan melakukan pekerjaannya pada sembarang permukaan yang dapat menyangga loyang tahu selama proses pemotongan. Ketinggian penyangga ini bervariasi dari 38 cm hingga 71 cm, sehingga operator pemotongan harus membukuk selama melakukan proses pemotongan selama 7.000 detik

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan melakukan pengamatan mengenai cara produksi tahu, seperti aktivitas yang dilakukan operator dalam memproduksi tahu, jarak yang ditempuh operator, dan waktu setiap proses operasi di IKM Sari Murni. Selanjutnya dilakukan pengambilan data keluhan dan kebutuhan pekerja berdasarkan kuesioner NBM dan QEC dengan cara wawancara dengan semua operator. Kuesioner NBM memetakan bagian tubuh yang mengalami rasa sakit akibat pekerjaan. Kuesioner QEC menilai apakah pekerjaan operator memiliki level resiko yang tinggi serta metode ini juga dapat mengidentifikasi bagian tubuh/variabel yang memiliki exposure level tinggi sehingga perbaikan dapat dilakukan tepat pada bagian tubuh/variabel tersebut.

Kemudian dilakukan penilaian presentase exposure level QEC.

Lalu perbandingan keluhan operator (berdasarkan NBM) dengan bagian tubuh/variabel (berdasarkan QEC) dilakukan kepada operator yang memiliki nilai presentase QEC dari 50%. Apabila bagian tubuh yang dikeluhkan operator (berdasarkan NBM) sama dengan bagian tubuh/variabel yang memiliki exposure level tinggi (berdasarkan QEC), maka dilakukan peninjauan lebih lanjut mengenai proses dan postur kerja operator tersebut menggunakan RULA. Penilaian menggunakan RULA juga dilakukan kepada operator yang memiliki nilai presentase QEC terbesar.

Selanjutnya, perancangan alternatif desain fasilitas kerja usulan menggunakan metode NIDA dilakukan berdasarkan jarak tempuh operator, keluhan dan kebutuhan operator, keluhan berdasarkan NBM, hasil penilaian QEC, dan hasil penilaian RULA.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Produksi Tahu

Proses pembuatan meliputi proses perendaman, pencucian,
penggilingan, perebusan, penyaringan, pencukaan, pencetakan, penyimpanan sementara, pemotongan, dan penyimpanan akhir. Tabel 1 berikut menjelaskan jarak tempuh yang dilakukan setiap operator di IKM Sari Murni.

TABEL IV. JARAK TEMPUH OPERATOR

Operator	Jumlah Pemindahan Material (Berjalan Kaki)	Jarak Tempuh per Hari
Perendaman	14	392 m
Pencucian	-	-
Penggilingan	-	-
Perebusan	70	980 m
Penyaringan	-	-
Pencukaan	-	-
Pencetakan	-	-
Penyimpanan sementara	250	5.000 m
Pemotongan	250	2.500

Hasil wawancara menggunakan kuesioner NBM pada operator di IKM Sari Murni ditunjukkan pada tabel 2.

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL V. HASIL WAWANCARA BERDASARKAN NBM

Keluhan	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Leher bagian atas	V															
Leher bagian bawah		V		V	V				V				V	V	V	
Bahu kiri		V		V	V		V			V	V				V	V
Bahu kanan		V		V	V		V	V	V	V	V			V	V	V
Lengan atas kiri	V					V	V			V	V	V				V
Punggung						V						V		V	V	
Lengan atas kanan	V		V	V		V	V	V	V	V	V	V		V	V	V
Pinggang		V												V	V	
Lengan bawah kiri	V					V										V
Lengan bawah kanan	V			V		V			V							V
Pergelangan tangan kiri							V	V					V			
Pergelangan tangan kanan			V				V	V		V	V		V	V		
Tangan kiri								V	V			V	V			
Tangan kanan		V	V					V		V		V	V			

Keterangan Operator:
A = Perendaman, B = Pencucian, C = Penggilingan, D = Perebusan 1,
E = Perebusan 2, F = Penyaringan 1, G = Penyaringan 2, H = Pencukaan 1,
I = Pencukaan 2, J = Pencetakan 1, K = Pencetakan 2,
L = Penyimpanan Sementara 1, M = Penyimpanan Sementara 2,
N = Pemotongan 1, O = Pemotongan 2, P = Pengiriman

C. Penilaian Menggunakan QEC

Hasil rekapitulasi data penilaian pengamat dan penilaian pekerja di IKM Tahu Sari Murni dijelaskan pada tabel 3, terdiri dari variabel punggung, bahu/lengan, pergelangan/tangan, leher dan dvws (*driving, vibration, work pace, stress*).

TABEL VI. REKAPITULASI NILAI QEC

Operator	Nilai QEC				
	Punggung	Bahu/Lengan	Pergelangan/Tangan	Leher	DVWS
Perendaman	32	28	20	4	7
Pencucian	20	16	20	8	4
Penggilingan	30	30	16	8	4
Perebusan 1	18	18	10	6	7
Perebusan 2	18	14	10	6	4
Penyiringan 1	30	30	20	10	4
Penyiringan 2	30	30	24	8	4
Pencukaan 1	24	16	20	8	7
Pencukaan 2	20	16	20	8	4
Pencetakan 1	32	16	26	8	4
Pencetakan 2	32	16	26	8	4
Penyimpanan Sementara 1	28	28	20	6	4
Penyimpanan Sementara 2	32	32	20	6	4
Pemotongan 1	36	32	30	14	7
Pemotongan 2	32	32	30	14	7
Pengiriman	32	28	20	8	7

Skor pada tabel 3 dapat dikategorikan menjadi empat kategori seperti punggung, bahu/ lengan, pergelangan tangan/ tangan, leher sesuai dengan exposure score yang dimiliki per segmen tubuh pekerja yang terdiri dari kategori low, moderate, high, dan very high. Kategori exposure level tersebut dijabarkan pada tabel 4 [12].

TABEL VII. REKAPITULASI NILAI QEC

Skor		Exposure Level		
	Low	*Moderate*	*High*	*Very High*
Punggung (Statis)	Aug-15	16-22	23-29	29-40
Punggung (Bergerak)	Oct-20	21-30	31-40	41-56
Bahu/ Lengan	Oct-20	21-30	31-40	41-56
Pergelangan/ Tangan	Oct-20	21-30	31-40	41-56
Leher	04-Jun	08-Oct	Dec-14	16-18

Kemudian setelah melakukan penilaian *exposure score*, langkah selanjutnya adalah melakukan penghitungan *exposure level* dengan menggunakan persamaan (1) [12].

$$E\,(\%) = x / xmax * 100\% \quad (1)$$

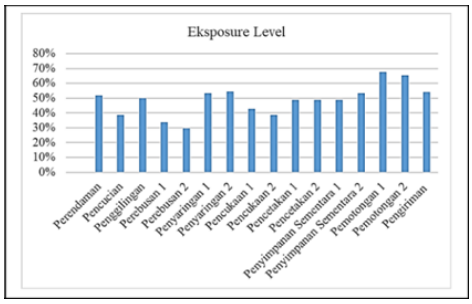
Tabel 5 berikut menunjukkan level tindakan serta tindakan yang perlu dilakukan berdasarkan presentase skor hasil penilaian QEC [12].

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL VIII. LEVEL TINDAKAN QEC

Level Tindakan	Presentase Skor	Tindakan
1	0-40%	Aman
2	41-50%	Diperlukan beberapa waktu ke depan
3	51-70%	Tindakan dalam waktu dekat
4	71-100%	Tindakan sekarang juga

Gambar 1 menampilkan grafik exposure level dari masing – masing operator.



Gambar 1. Grafik *Exposure Level*

Berdasarkan gambar 1 diketahui bahwa aktivitas yang memiliki nilai *exposure level* terbesar dimiliki oleh operator pemotongan yaitu sebesar 68% pada operator pemotongan 1 dan 65% pada operator 2. Berdasarkan tabel 5, nilai presentase dari kedua operator pemotongan tersebut termasuk ke dalam kategori 3 yang berarti diperlukan tindakan dalam waktu dekat terhadap kedua operator pemotongan.

D. Rekapitulasi NBM dan QEC

Berdasarkan gambar 1 dan tabel 5, operator yang memiliki nilai *exposure level* pada level 3 atau memerlukan tindakan dalam waktu dekat yaitu operator perendaman, penyaringan 1, penyaringan 2, penyimpanan sementara 2, pemotongan 1, pemotongan 2, dan pengiriman. Sehingga dilakukan perbandingan hasil NBM dan variabel QEC dengan *exposure level: high* pada operator-operator tersebut.

1) Operator Perendaman

Keluhan NBM : Bahu kiri, bahu kanan, lengan atas kiri, lengan atas kanan, pergelangan tangan kiri, pergelangan tangan kanan

Variabel QEC bernilai high : Punggung

A. Operator Penyaringan 1

Keluhan NBM : Lengan atas kiri, punggung, lengan atas kanan, tangan kiri, tangan kanan

Variabel QEC bernilai high : -

B. Operator Penyaringan 2

Keluhan NBM : Lengan atas kiri, lengan atas kanan, pinggang,
tangan kiri, tangan kanan

Variabel QEC bernilai high : -

[9]. Operator Penyimpanan Sementara 2

Keluhan NBM : Leher bagian bawah, pergelangan tangan kanan, pergelangan tangan kiri, tangan kiri, tangan kanan Variabel QEC bernilai high : Punggung, Bahu/Lengan

A Operator Pemotongan 1

Keluhan NBM : **Leher** bagian bawah, **bahu** kanan, **lengan** atas kiri, punggung, **lengan** atas kanan, pinggang, pergelangan tangan kanan

Variabel QEC bernilai high : Punggung, **bahu/lengan**, **leher**

C. Operator Pemotongan 2

Keluhan NBM : **Leher** bagian bawah, **bahu** kiri, **bahu** kanan, **punggung**, **lengan** atas kanan, pinggang

Variabel QEC bernilai high : **Punggung, bahu/lengan, leher**

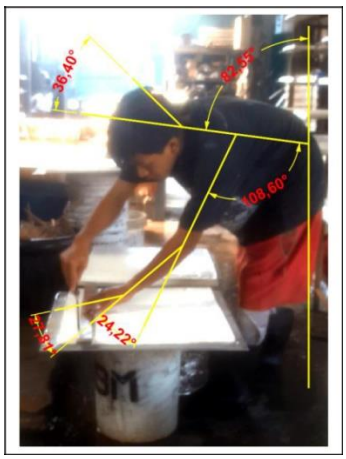
1. Operator Pengiriman

Keluhan NBM : Bahu kiri, bahu kanan, lengan atas kiri, lengan atas kanan, lengan bawah kiri, lengan bawah kanan Variabel QEC bernilai high : Punggung

Berdasarkan pembahasan rekapitulasi NBM dan QEC, diketahui bahwa bagian tubuh keluhan operator berdasarkan NBM yang sesuai dengan penilaian dengan QEC yaitu pada operator pemotongan, sehingga postur operator saat melakukan pekerjaan perlu ditinjau lebih dalam menggunakan metode RULA.

E. Penilaian RULA

Operator pemotongan melakukan beberapa elemen kerja yaitu mengecek kekerasan tahu, memindah loyang ke stasiun pemotongan, mengisi air ke dalam baskom, set up alat pemotongan, memotong tahu secara horizontal, set up alat pemotongan, memotong tahu secara vertikal, memasukkan tahu ke dalam baskom, dan mengisi air ke dalam baskom. Penilaian dengan metode RULA dilakukan pada kesembilan elemen kerja operator pemotongan. Hasil penilaian RULA menunjukkan bahwa elemen kerja memotong tahu secara vertikal memiliki nilai terbesar, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Postur Kerja Elemen Kerja Memotong Tahu Secara Vertikal

Skor RULA pada setiap elemen kerja operator pemotongan tahu ditampilkan pada tabel 6.

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL VI. SKOR RULA

Elemen Kerja	Skor RULA	Level Resiko	Tindakan
Mengecek kekerasan tahu	3	Kecil	Diperlukan dalam beberapa waktu ke depan
Memindahkan loyang dari rak ke stasiun pemotongan	4	Kecil	Diperlukan dalam beberapa waktu ke depan
Mengisi air ke dalam baskom	3	Kecil	Diperlukan dalam beberapa waktu ke depan
Melakukan set up alat pemotongan	6	Sedang	Diperlukan dalam waktu dekat
Memotong tahu secara horizontal	7	Tinggi	Sekarang juga
Melakukan set up alat pemotongan	6	Sedang	Diperlukan dalam waktu dekat
Memotong tahu secara vertikal	7	Tinggi	Sekarang juga
Memasukkan tahu ke baskom	5	Sedang	Diperlukan dalam waktu dekat
Mengisi air pada baskom	4	Kecil	Diperlukan dalam beberapa

Berdasarkan penilaian metode RULA yang ditampilkan pada tabel 6, diketahui bahwa elemen kerja memotong tahu secara horizontal dan vertikal membutuhkan tindakan perubahan sekarang juga

F. Perancangan Fasilitas Kerja Usulan

Penyusunan konsep perancangan bertujuan untuk merancang fasilitas kerja sesuai dengan kebutuhan operator penyimpanan sementara dan operator pemotongan tahu dengan konsep stasiun kerja berdiri. Penyusunan konsep perancangan dilakukan dengan menjabarkan kebutuhan, keluhan dan harapan operator. Tahapan NIDA yaitu:

1) Need

Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan dalam perancangan berdasarkan pengumpulan data (jarak perpindahan operator dan hasil kuesioner NBM) dan penilaian postur kerja menggunakan QEC dan RULA.

Hasil pengumpulan data diketahui bahwa operator penyimpanan sementara menempuh jarak 5.000 m untuk memindahkan loyang tahu. Hasil pengumpulan data jawaban kuesioner NBM, diketahui bahwa operator mengeluhkan sakit di leher bagian bawah, lengan atas kiri, lengan atas kanan, punggung, pergelangan tangan kanan, pergelangan tangan kiri, tangan kiri, dan tangan kanan. Hasil pengolahan data menggunakan metode QEC, diketahui bahwa exposure level operator penyimpanan sementara 2 berada pada level 3 yang berarti diperlukan tindakan perubahan dalam waktu dekat dengan variabel bagian tubuh bernilai high pada punggung dan bahu/lengan operator penyimpanan sementara 2. Berdasarkan hasil wawancara, operator penyimpanan sementara mengeluhkan rak penyimpanan tahu sementara terletak terlalu jauh dari stasiun pencetakan sehingga operator harus berulang
kali berpindah tempat dari stasiun pencetakan menuju rak penyimpanan sementara dan sebaliknya.

Hasil pengumpulan data diketahui bahwa operator pemotongan tahu menempuh jarak 2.500 m untuk memindahkan loyang tahu. Hasil pengumpulan data jawaban kuesioner NBM diketahui bahwa operator mengeluhkan sakit di leher bagian bawah, bahu kanan, bahu kiri, lengan atas kiri, lengan atas kanan, punggung, pinggang, dan pergelangan tangan kanan. Hasil pengolahan data menggunakan metode QEC, diketahui bahwa nilai exposure level tertinggi terdapat pada kedua operator pemotongan tahu yang berada pada level 3 yang berarti diperlukan tindakan perubahan dalam waktu dekat. Variabel bagian tubuh kedua operator pemotongan tahu yang memiliki nilai high yaitu variabel punggung, bahu/lengan, dan leher. Hasil ini menunjukkan bahwa operator mengeluhkan rasa sakit (berdasarkan NBM) pada variabel bagian tubuh yang memiliki nilai high (berdasarkan QEC), sehingga penilaian postur kerja lebih mendalam menggunakan RULA dibutuhkan. Hasil pengolahan data menggunakan RULA, diketahui bahwa elemen kerja memotong tahu secara horizontal dan vertikal memiliki skor RULA 7 yang berarti diperlukan tindakan perubahan sekarang juga. Skor pada bagian B (leher, batang tubuh, dan kaki) menyumbangkan nilai yang lebih besar dalam penilaian tabel C dibandingkan dengan skor pada bagian A. Dalam skor B, diketahui bahwa nilai pada leher dan batang tubuh masing-masing bernilai 4 sedangkan nilai pada kaki bernilai 1. Dari hasil ini didapatkan infomasi bahwa besarnya skor B dipengaruhi posisi leher dan batang tubuh. Oleh karena itu, dibutuhkan tindakan untuk merubah posisi leher dan batang tubuh operator sekarang juga. Berdasarkan hasil wawancara, operator pemotongan tahu mengeluhkan rak penyimpanan tahu sementara terletak terlalu jauh dari stasiun pemotongan tahu sehingga operator harus berulang kali berpindah tempat dari stasiun pemotongan tahu menuju rak penyimpanan sementara dan sebaliknya.

Selain itu, dari informasi yang didapatkan, diketahui bahwa operator penyimpanan sementara membutuhkan rak penyimpanan tahu yang terletak dekat dengan stasiun pencetakan. Sedangkan operator pemotongan tahu membutuhkan rak penyimpanan tahu yang terletak dekat dengan stasiun pemotongan tahu dan membutuhkan adanya perbaikan desain fasilitas kerja yang dapat memperbaiki postur kerja operator pemotongan yang membungkuk dan mengeluh mengenai rasa sakit yang dirasakan di beberapa bagian tubuh sewaktu bekerja. Informasi-informasi tersebut digunakan sebagai dasar kebutuhan perbaikan metode dan postur kerja operator dalam pembuatan rancangan fasilitas kerja serta untuk menyusun konsep perbaikan pada fasilitas kerja, sebagai solusi terhadap kebutuhan dan keluhan operator saat melakukan aktivitas.

2) Idea

Terdapat beberapa gagasan atau ide yang dibangkitkan dari hasil analisis pada tahap *need*, yaitu:

ISBN 978-623-92050-0-3

1. Gagasan pertama (operator penyimpanan sementara): memindahkan tata letak fasilitas kerja agar rak dan stasiun pencetakan saling berdekatan.
2. Gagasan kedua (operator penyimpanan sementara): mendesain rak yang dapat dipindahkan dan memiliki jumlah laci sebanyak jumlah loyang yang dihasilkan dalam sekali proses pencetakan (4 buah loyang).
3. Gagasan pertama (operator pemotongan tahu): memindahkan tata letak fasilitas kerja agar rak dan stasiun pemotongan saling berdekatan
4. Gagasan kedua (operator pemotongan tahu): mendesain rak yang dapat dipindahkan dan memiliki beberapa laci agar mengurangi aktivitas dan waktu berpindah tempat dari stasiun pemotongan ke rak
5. Gagasan ketiga (operator pemotongan tahu): mendesain fasilitas kerja yang dapat menurunkan risiko gangguan musculoskeletal
6. Gagasan keempat (operator pemotongan tahu): perancangan ulang meja kerja produksi tahu dengan ketinggian meja berdasarkan tinggi siku berdiri operator, disesuaikan dengan konsep kerja berdiri yang selama ini diterapkan.

3) Decision

Pada tahap ini dilakukan pengambilan keputusan mengenai ide yang akan diterapkan berdasarkan penilaian yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan dan keluhan pengguna yang telah dibahas pada tahap *idea*.

Beberapa stasiun dan peralatan produksi yang terdapat di IKM Sari Murni merupakan stasiun dan peralatan yang permanen, dimana empat buah tungku perebusan disemen dengan dasar tungku lantai produksi serta instalasi pipa uap panas pada tungku perebusan dibuat secara permanen. Selain itu, empat buah tungku pencukaan yang juga berfungsi sebagai salah satu peralatan dalam proses penyaringan juga disemen dengan dasar tungku lantai produksi. Bak air bersih dan bak penampungan cuka pada beberapa stasiun serta meja untuk stasiun pencetakan juga disemen menyatu dengan dasar lantai produksi. Meja stasiun pencetakan di IKM Sari Murni terletak berdekatan dengan tungku perebusan, tungku pencukaaan, bak penampungan cuka, dan bak penampungan air bersih sehingga apabila semua rak tahu yang masing-masing kurang lebih berukuran panjang 2 meter, lebar 0,4 meter, dan tinggi 1,5 meter dipindahkan berdekatan dengan stasiun pencetakaan maka akan mengurangi ruang transportasi pekerja. Sehingga berdasarkan situasi stasiun dan peralatan yang ada di IKM Sari Murni maka gagasan pertama untuk operator penyimpanan sementara dan gagasan pertama untuk operator pemotongan tahu tidak dapat dilakukan.

Gabungan dari gagasan kedua (operator penyimpanan sementara) dan gagasan kedua, ketiga, keempat (operator pemotongan tahu) menghasilkan satu gagasan, yaitu fasilitas kerja berupa meja kerja produksi tahu dengan ketinggian meja berdasarkan tinggi siku berdiri, yang dapat dipindahkan yang dilengkapi dangan meja yang berfungsi sebagai landasan untuk proses pemotongan tahu dan laci berjumlah 4 buah.

Analisa nilai terkait identifikasi ongkos yang tidak perlu adalah salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam suatu rancangan [13]. Diketahui bahwa dalam sekali proses pencetakan tahu dapat menghasilkan 4 buah loyang, untuk menghindari pengeluaran ongkos yang tidak perlu dalam pembuatan prototype maka jumlah laci yang semula 4

dapat dikurangi menjadi 3 buah laci untuk 3 buah loyang dan 1 loyang yang lain dapat diletakkan di atas meja.

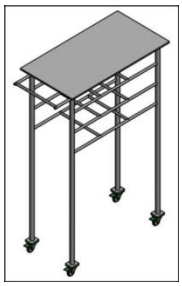
Sehingga gagasan akhir yang dihasilkan yaitu fasilitas kerja berupa meja kerja produksi tahu dengan ketinggian meja berdasarkan tinggi siku berdiri, yang dapat dipindahkan yang dilengkapi dangan meja yang berfungsi sebagai landasan untuk proses pemotongan tahu dan laci berjumlah 3 buah.

4) Action

Pada tahap ini membahas detail ide pada perancangan ulang fasilitas kerja. Hasil detail ide tersebut adalah perancangan ulang fasilitas kerja berupa meja kerja produksi tahu yang dapat memperbaiki postur tubuh operator dan dilengkapi dengan tiga buah laci sehingga mengurangi aktivitas berpindah tempat operator penyimpanan sementara dari stasiun pencetakan ke stasiun penyimpanan sementara (dan sebaliknya) dan aktivitas berpindah tempat operator pemotongan tahu dari stasiun penyimpanan sementara ke stasiun pemotongan (dan sebaliknya). Gambar 3 merupakan hasil rancangan meja kerja produksi tahu menggunakan *software* Autodesk Inventor.

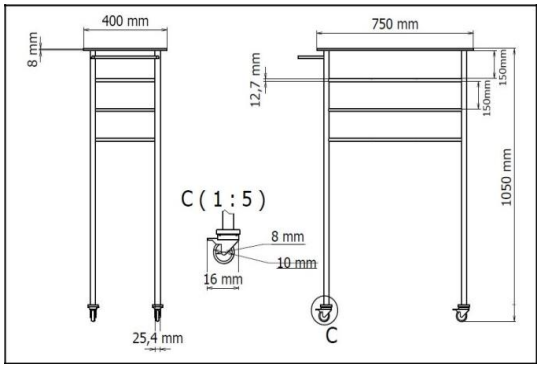
Penentuan dimensi tancangan tinggi meja berdasarkan pada data antropometri Indonesia [14]. Dimensi yang digunakan yaitu tinggi siku berdiri persentil ke-50 dan mempertimbangkan tinggi sol operator setinggi ± 2 cm, sehingga ketinggian meja kerja produksi tahu yang ditetapkan yaitu 105 cm. Dimensi loyang tahu di IKM Sari Murni yaitu 0,8 cm x 60 cm x 60 cm dan tebal tahu yang dicetak berada pada rentang rentang ± 3 cm hingga ± 5 cm. Penentuan dimensi panjang dan lebar alas meja, panjang dan lebar laci meja serta jarak antar tiang penyangga laci berdasarkan pada dimensi loyang tahu dan *allowance*. Penentuan jarak antar laci (tinggi laci) berdasarkan pada tebal loyang dan ketebalan tahu yang dicetak. Dimensi roda yang digunakan menyesuaikan roda yang terdapat di pasaran. Tinggi meja kerja produksi tahu yang ditetapkan di awal adalah 105 cm, sehingga tinggi kaki meja menyesuaikan tinggi roda dan tebal plat meja agar tinggi meja kerja produksi tahu tetap 105 cm

ISBN 978-623-92050-0-3



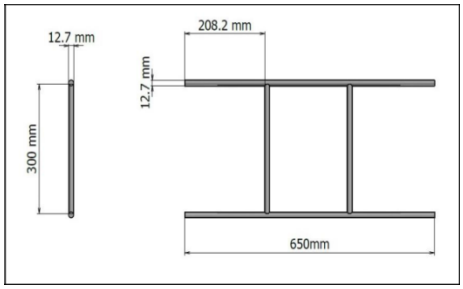
Gambar 3. Meja Kerja Produksi Tahu

Desain meja kerja produksi tahu dibuat untuk memenuhi keluhan dan kebutuhan operator berdasarkan antropometri, allowance, dan masukan dari pemilik IKM Sari Murni. Keluhan pekerja seperti rasa sakit di leher, bahu, punggung, dan pinggang dikarenakan postur kerja membungkuk akibat tidak tersedianya meja khusus untuk stasiun pemotongan merupakan dasar dari penentuan tinggi meja kerja produksi tahu disesuaikan data antropometri tinggi siku berdiri menyesuaikan stasiun kerja berdiri yang diterapkan IKM Sari Murni agar operator tidak membungkuk saat bekerja. Dimensi dari meja kerja produksi tahu dijabarkan dalam gambar 4.



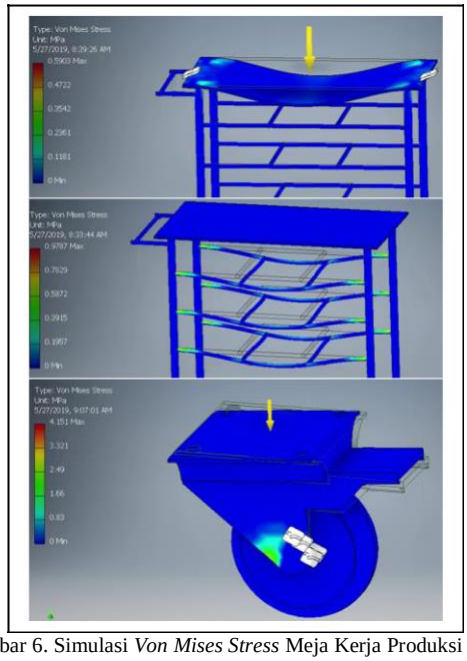
Gambar 4. 2D Meja Kerja Produksi Tah

Meja kerja produksi tahu tersusun dari 3 buah laci untuk mengurangi waktu pemindahan loyang tahu hingga sebanyak 3 kali lipat, yang dilakukan operator penyimpanan sementara dan operator pemotongan tahu, serta untuk mengurangi jarak yang ditempuh, gambar 5 menampilkan dimensi laci meja kerja produksi tahu yang disesuaikan dengan dimensi tahu yang sudah dicetak dan disesuaikan dimensi loyang tahu.



Gambar 5. Gambar 2D Laci Meja Kerja Produksi Tahu

Perhitungan mekanis meja kerja produksi tahu dilakukan untuk mengetahui kekuatan meja kerja produksi tahu, menggunakan software AutoDesk Inventor untuk meningkatkan akurasi perhitungan. Berdasarkan simulasi, diketahui bahwa alas meja, laci, dan roda dikatakan mampu menahan beban yang diterima, ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Simulasi *Von Mises Stress* Meja Kerja Produksi Tahu

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu metode kerja pekerja di IKM Sari Murni perlu diperbaiki karena terdapat pekerjaan yang menyebabkan perpindahan tempat (transportasi) jauh dan juga terdapat pekerjaan yang menyebabkan postur tubuh operator dalam kondisi perlu perubahan berdasarkan penilaian RULA. Untuk memperbaiki metode kerja operator penyimpanan sementara dan operator pemotongan tahu, dilakukan perancangan meja kerja produksi tahu dengan pertimbangan tinggi siku berdiri, yang dapat mengurangi jarak tempuh operator penyimpanan sementara dan operator pemotongan tahu serta dapat meminimalkan risiko paparan terhadap MSDs operator pemotongan tahu.

DAFTAR PUSKTAKA

1. OSHA (Occupational Safety and Health Administration), *Ergonomic Guidelines for Manual Material Handling*, California: Department of Industrial Relations, 2007.
2. A. Sirajudin, "Hubungan Manual Material Handling dan Faktor-faktor Lain dengan Kejadian Low Back Pain (LBP) pada Nelayan di Kelurahan Kangkung Kecamatan Bumi Waras Bandar Lampung", S.Ked, Skripsi, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 2017.
3. U.O. Abaraogu, D.O. Odebiyi, and O.A. Olawale, "Association Between Postures and Work-Related Musculoskeletal Discomforts (WRMD) Among Beverage Bottling Workers", *IOS Press*, vol.54, pp.113-119, 2016.
4. M.A. Wahyudi, W.A.P. Dania, and R.L.R Silalahi, "Work Posture Analysis of Manual Material Handling Using OWAS Method", *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, vol.3, pp.195-199, 2015.

ISBN 978-623-92050-0-3

5. B. Anna, R. Sofian, and A. Purbasari, "Rancangan Perbaikan Meja Kerja dengan Metode Quick Exposure Check (QEC) dan Antropometri di Pabrik Tahu Sumedang", in Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan (SENATIK) Vol. 2, 2016, pp.135-142.

6. M. Andriani, Dewiyana, and E. Erfani, "Perancangan Ulang Egrek yang Ergonomis untuk Meningkatkan Produktivitas Pekerja Saat Memanen Sawit", *Jurnal Integrasi Sistem Industri*, Vol. 4 no.2, pp. 119-128, 2017.

7. S. Wiyono, Y.N.D. Yekti, M.D. Astuti, and Y.M. Sari, "Analysis of Working Posture on Muscular Skelton Disorders of Operator in Stamp Scrapping in 'Batik Cap' Industry", *Procedia Manufacturing*, vol.4, pp.133-138, 2015.

8. R. Purwaningsih, Dyah A.P., and N. Susanto, "Desain Stasiun Kerja dan Postur Kerja dengan Menggunakan Analisis Biomekanik Untuk Mengurangi Beban Statis dan Keluhan Pada Otot", Jati Undip 1, vol.XII no.1, pp.15-22, 2017.

9. B. Suhardi, P.W. Laksono, and D.J. Setiawan, "Usulan Perbaikan Desain Sepatu Wanita Berujung Runcing dengan Pendekatan Anthropometri", *Prosiding SNST*, vol.6 , pp.37-40, 2015.

10. Badan Pusat Statistik. (2019). Rata-Rata Konsumsi per Kapita Seminggu Beberapa Macam Bahan Makanan Penting. Diunduh pada 18 Juni 2019.

11. A.S. Dewantara, "Evaluasi Terhadap Ketidaksesuaian P-Irt Dan Sistem Jaminan Halal Dengan Menggunakan Metode Haccp Untuk Meningkatkan Kesiapan Ikm Memasuki Ritel Modern", S.T., Skripsi Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Jawa Tengah, Indonesia, 2017.

12. D.P.H. Pangesti, "Redesign Meja Pemotong Berdasarkan Simulasi Human Posture Untuk Mengurangi Resiko Cedera Muskuloskeletal", S.T., Skripsi Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Jawa Tengah, Indonesia, 2017.

13. E. Nurmianto, Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya, 2nd ed, Jakarta: Guna Widya, 2008.

14. Antropometri Indonesia, (2019 Mei 27), *Rekap Data Antropometri Indonesia*, [Online], Available:

ISBN 978-623-92050-0-3

Usulan Perancangan Mesin *Injection* Plastik Daur Ulang Pada Ecoro Project Dengan Pendekatan Ergonomi

1st Tegar Isanto
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta
Jakarta, Indonesia
tegarisantogalas@gmail.com

2nd Nurfajriah
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta
Jakarta, Indonesia
nurfajriah@upnvj.ac.id

***Abstract* -- Ecology Hero Project or abbreviated as ECORO Project appears as a simulation model of manufacturers of plastic waste recycling from the UPN "Veteran" Jakarta Industrial Engineering program which aims to convert plastic waste into products that have economic value. However, the plastic recycling process on ecoro project still shows an abnormal work posture and can cause operators to experience Musculoskeletal Disorder (MSDs). This study aims to provide a proposal for a plastic injection machine prototype on the ECORO Project through ergonomic analysis in accordance with the operator's posture to reduce complaints of musculoskeletal disorders (MSDs). The results showed that there were 4 body parts categorized as "very sick" and 9 parts of the body categorized as "sick" according to the Analysis of Nordic Body Map (NBM). Proposals in the form of injection machine prototypes showed that there were no "very sick" and "sick" categories from the Nordic Body Map (NBM) analysis. The proposed prototype can be stated to be more ergonomic and can reduce the risk of Musculoskeletal Disorder (MSDs) because it has a lower value than the actual design based on the results of the Nordic Body Map (NBM)**

***Keywords*-- Musculoskeletal Disorder, Nordic Body Map, prototype**

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan data Jambeck (2015), Indonesia berada di peringkat kedua dunia penghasil sampah plastik ke laut yang mencapai sebesar 187,2 juta ton setelah Cina yang mencapai 262,9 juta ton. Hasil kajian Sustainable Waste Indonesia (SWI) menyatakan bahwa presentasi sampah kota di Indonesia, sebanyak 60% adalah sampah organik, 14% adalah sampah plastik, 9% sampah kertas, 4,3% metal dan 12,7% sampah lainnya (kaca, kayu dan bahan lainnya). Sampah plastik menduduki posisi ke-dua dengan presentase 14% dimana sebagian besar berasal dari produk – produk kemasan seperti kemasan minuman, makanan dan kantong plastik. Dari data – data diatas, Indonesia sudah darurat sampah plastik dan perlu adanya upaya segera untuk mengurangi dan mengelola sampah plastik.

Cara yang optimal dalam melawan polusi sampah plastik adalah dengan mengoptimalkan potensi nilai ekonomisnya, salah satunya melalui model daur ulang. Oleh karena itulah, *Ecology Hero Project* atau disingkat ECORO *Project* muncul sebagai simulasi model produsen daur ulang sampah plastik yang berasal dari program Teknik Industri UPN "Veteran" Jakarta. ECORO *Project* bertujuan untuk mengurangi sampah plastik yang dihasilkan di lingkungan UPN "Veteran" Jakarta dengan cara mendaur ulang (*recycle*) sampah plastik menjadi produk yang memiliki nilai ekonomis dan dipasarkan di lingkungan kampus.

ECORO *Project* menerapkan metode *Recasting* dalam proses produksinya, yaitu memilah sampah menurut jenisnya, lalu mencacah plastik sampai menjadi serpihan – serpihan. Setelah itu plastik dipanaskan menggunakan mesin pemanas khusus hingga titik lelehnya lalu dimasukan kedalam cetakan sesuai dengan produk tujuan. Mesin yang digunakan dalam proses pemanasan adalah mesin buatan sendiri yang diberi nama mesin *Injection.* Mesin *Injection* mengunakan tenaga listrik untuk memanaskan plastik dan memerlukan tenaga manusia untuk membantu menyuntikan plastik kedalam cetakan



Gambar 1. Postur Kerja Operator

Gambar diatas menunjukan cara mengoprasikan mesin *Injection.* Biji plastik yang sudah dicacah dimasukan

ISBN 978-623-92050-0-3

kedalam tabung pemanas mesin *Injection* melalui corong, lalu mesin dinyalakan dan temperatur diatur sesuai dengan ketentuan. Setelah temperatur sudah mencapai target, plastik akan meleleh dan mengalir kebawah tabung. Untuk mengeluarkan cairan plastik, operator menekan tuas kebawah untuk mendorong plastik cair keluar dari tabung dan langsung dimasukan ke cetakan yang sudah dipersiapkan lalu ditekan dan didiamkan sampai temperatur normal. Proses penekanan seperti gambar **(b)** dapat dilakukan selama 5 – 10 menit dengan Operator membutuhkan tenaga yang tidak sedikit dalam sekali proses injeksi plastik dan dilakukan secara terus menerus dalam sehari. Postur kerja tidak normal seperti digambar, menyebabkan ketidaknyamanan dalam mengoprasikannya dan operator dapat mengalami gejala *Musculoskeletal Disorder (*MSDs).

MSDs adalah penyakit atau luka yang mempengaruhi pergerakan tubuh, atau pergerakan sistem otot, hal ini dikarenakan pekerja melakukan pekerjaan yang terus menerus (berulang-ulang), tekanan atau beban kerja yang tinggi, dan memiliki posisi tubuh yang janggal. menurut *Bureau of Labor Statistic* (BLS) pada tahun 2016 tercatat sebanyak 2.9 juta kecelakaan yang disebabkan dari faktor MSDs tersebut.

Demi mencegah operator *Injection* di ECORO *Project* mengalami *Musculoskeletal Disorder (*MSDs), penulis melakukan penelitian yang didasarkan pada postur kerja operator *Injection* dengan menggunakan metode *Nordic Body Map* (NBM) sebagai perangkat identifikasi lalu merancang sebuah prototipe usulan berdasarkan analisis antropometri dimensi tubuh operator *Injection* di ECORO *Project*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Untuk melakukan analisa ergonomi dan perbaikan lingkungan kerja dalam permasalahan faktor resiko pekerjaan, terdapat beberapa cara yaitu observasi kejanggalan posisi tubuh, meneliti kelelahan otot, dsb. Berikut adalah metode yang digunakan.

A. Nordic Body Map (NBM)

Anthropometri berasal dari kata "*anthro*" yang berarti manusia dan "*metri*" yang berarti ukuran. Secara definitif antropometri dapat dinyatakan sebagai satu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Antropometri secara luas akan diaplikasikan dalam hal seperti perancangan areal kerja (*work station*, interior mobil, dll); perancangan peralatan kerja seperti mesin, *equipment*, perkakas (*tools*) dan sebagainya; perancangan produk-produk onsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer, dll; perancangan lingkuangan kerja fisik (Wignjosoebroto, 2006).

B. Nordic Body Map (NBM)

NBM merupakan salah satu metode berupa kuisioner untuk mengetahui bagian tubuh yang mengalami keluhan mulai dari tidak terasa sakit *(no pain)* hingga sangat sakit *(very painful)* Wignjosoebroto, 2006) yang dijelaskan di tabel bawah ini:

TABEL 1. TINGKAT KELUHAN PADA KUISIONER *NORDIC BODY MAP*

	Simbol Deskripsi
A	*No Pain* / Tidak Sakit
B	*Moderately Pain* / Cukup Sakit
C	*Painful* / Sakit
D	*Very Painful* / Sangat Sakit

Sumber: Wignjosoebroto (2006)

Kuisioner ini menggambarkan bagian tubuh manusia yang dibagi menjadi 9 bagian tubuh utama yaitu leher, bahu, punggung, bagian atas, siku, punggung bagian bawah, tangan, pinggang, lutut dan tumit. Dari 9 bagian tubuh tersebut kemudian terbagi menjadi 28 bagian kuisioner.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada proses produksi plastik daur ulang pada Ecoro Project. Penelitian dilangsungkan pada bulan Januari 2019 dalam jangka waktu 1 bulan. Jenis data yang digunakan yakni data primer meliputi: observasi, wawancara, dan kuisioner. Untuk mengambil ketiga data tersebut penulis menggunakan alat bantu berupa kuisioner NBM dan kamera.

A. Identifikasi Masalah

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk memberikan usulan prototipe mesin *injection* plastik pada ECORO *Project* melalui analisis antropometri yang sesuai dengan postur operator guna mengurangi keluhan *musculoskeletal disorders* (MSDs). Tujuan ini dapat dicapai dengan merancangan lalu melakukan perbandingan melalui analisa *Nordic Body Map* (NBM) antara desain aktual dengan desain usulan

B. Prosedur Pengambilan data

Dalam tahapan ini, dilakukan identifikasi dan pengumpulan data-data yang akan digunakan dalam pengerjaan penelitian. Data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

1. Data interaksi antara operator dengan mesin *Injection* yaitu data keluhan otot (musculoskeletal disorders) yang dialami operator saat mengoprasikan mesin *Injection* dengan mengisi Kuisioner *Nordic Body Map* (NBM) oleh operator.
2. Dimensi mesin *Injection* dengan cara observasi.
3. Proses pengoprasian mesin Injection dengan cara pengambilan gambar dan pengamatan.
4. Dimensi tubuh (antropometri) operator. dengan pengukuran langsung, dokumentasi, wawancara dan kuesioner.

IV. PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

A. *Pengumpulan Data*

Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu:

Data keluhan otot *(musculoskeletal disorders)* yang dialami operator saat mengoprasikan mesin *Injection*, Dimensi mesin *Injection*, Proses pengoprasian mesin *Injection* dan Dimensi tubuh *(antropometri)* operator.

B. Kuisioner *Nordic Body Map* (NBM).

Berikut rekapitulasi perhitungan presentase keluhan operator mesin Injection:

TABEL 2. REKAPITULASI KUISIONER NBM

No	Operator	Jenis Kelamin	Keluhan			
			TS	AS	S	SS
1	sofi	Perempuan	9	5	11	3
2	prisky	Laki - Laki	11	3	10	4
3	Firda	Perempuan	9	7	9	3
4	Almaash	Perempuan	11	4	10	3
5	Rizal	Laki - Laki	11	5	8	4
6	adel	Perempuan	11	4	9	4
7	Danilo	Laki - Laki	9	5	9	5
8	Lukman	Laki - Laki	12	4	10	2
9	Tegar	Laki - Laki	12	2	10	4

ISBN 978-623-92050-0-3

No	Operator	Jenis Kelamin	Keluhan			
			TS	AS	S	SS
10	Geras	Laki - Laki	11	2	14	1
11	Dika	Laki - Laki	13	3	8	4
12	Rizqi	Laki - Laki	11	6	9	2
13	Sasmita	Laki - Laki	11	5	8	4
14	Abhirama	Laki - Laki	11	4	10	3
15	Ariq	Laki - Laki	11	6	8	3

Sumber : Pengumpulan data penulis (2019)

2) Data Antropometri Operator

Pengukuran antropometri operator dilakukan untuk mengetahui berapa persentil dari setiap dimensi tubuh operator yang akan digunakan untuk penyesuaian desain mesin *Injection*. Berikut adalah hasil pengukuran dimensi tubuh operator berdasarkan hasil observasi penulis :

TABEL 3. DIMENSI TUBUH YANG DIPERLUKAN

No	Dimensi tubuh	Kode
1	Tinggi tubuh	D1
2	Tinggi bahu	D3
3	Tinggi siku	D4
4	Panjang genggam tangan	D25
5	Tinggi telapak tangan ke atas posisi berdiri	D34
6	Panjang bahu ke siku	D22
7	Panjang lengan bawah duduk	D23
8	Panjang telapak tangan	D28
9	Lebar telapak tangan	D29
10	Lebar telapak kaki	D31

Sumber : Pengumpulan data penulis (2019)

TABEL 4. HASIL PENGUKURAN DIMENSI TUBUH OPERATOR

NAMA	L / P.	Dimensi Tubuh (cm)									
		D25	D34	D22	D23	D1	D3	D4	D29	D28	D31
sofi	P	84	198	35	51,3	164,3	138	106	9	17,4	8
prisky	L	72,5	210	31	55	182	148,5	117.7	10	18,5	10
Firda	P	66	188	33	42	155,5	132,5	99.5	9	17,5	9
Almaash	P	67,3	184	34	46	155	123,5	95	9,2	17,8	8,8
Rizal	L	71	194	33	46,6	165	135	115	9,5	17,5	9,5
adel	P	63	185,8	38	41,5	161	130	102.5	9,5	17	8
Danilo	L	74	202,5	36,4	37	167	138,9	107.3	9,2	17,5	11
Lukman	L	73	212	43	49,5	170	144	110	10,5	20	10,5
Tegar	L	72,5	200,3	39	46,5	175	145	114.5	10	19	9
Geras	L	66	200	33	42	164	124	100	9,5	17,2	9,5
Dika	L	78	169,8	35,2	46	166,3	142,5	105	8,9	18,5	10,1
Rizqi	L	85,5	212,3	36,5	47	176	144,5	110	9,1	19,8	9,7
Sasmita	L	67,7	180	34	47	154	130	98	9,6	17,1	8
Abhirama	L	60	186	36	48,5	157	129	96	11	18,5	10
Ariq	L	66	200	34	45	165	136,5	100	9,5	18	9

Sumber : Pengumpulan data penulis (2019)

B. Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu : Analisa NBM, perhitungan persentil data dan perancangan desain susulan.

1. Analisa Nordic Body Map (NBM)

Setelah data kuisioner telah direkapitulasi, perlu dilakukan perhitungan presentase keluhan ditiap peta tubuh, dan juga persentase dilakukan dengan cara sebagai berikut :

$$Persentase = \frac{\sum_i Indeks\ Pengukur}{Jumlah\ Kuisioner} \times 100\%$$

$$= \frac{\sum TS_i}{n} \times 100\% \text{.....(1)}$$

TABEL 5. PRESENTASE NBM BERDASARKAN KELUHAN

No	keluhan	PRESENTASE				Kategori
		TS	AS	S	SS	
0	Sakit kaku pada dibagian leher atas	93%	7%	0%	0%	TS
1	Sakit kaku pada dibagian leher bawah	100%	0%	0%	0%	TS
2	Sakit di bahu kiri	93%	7%	0%	0%	TS
3	Sakit di bahu kanan	0%	0%	0%	100%	SS
4	Sakit di lengan atas kiri	93%	7%	0%	0%	TS
5	Sakit di punggung	7%	67%	27%	0%	AS
6	Sakit lengan atas kanan	0%	0%	13%	87%	SS
7	Sakit pada pinggang	0%	7%	93%	0%	S
8	Sakit pada bokong	0%	7%	87%	7%	S
9	Sakit pada pantat	0%	100%	0%	0%	AS
10	Sakit pada siku kiri	93%	7%	0%	0%	TS
11	Sakit pada siku kanan	87%	7%	7%	0%	TS
12	Sakit lengan bawah kiri	100%	0%	0%	0%	TS
13	Sakit lengan bawah kanan	0%	0%	87%	13%	SS
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri	100%	0%	0%	0%	TS
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	0%	0%	27%	73%	SS
16	Sakit pada tangan kiri	100%	0%	0%	0%	TS
17	Sakit pada tangan kanan	0%	0%	87%	13%	S
18	Sakit pada paha kiri	0%	7%	80%	13%	S
19	Sakit pada paha kanan	0%	13%	80%	7%	S
20	Sakit pada lutut kiri	0%	87%	13%	0%	AS
21	Sakit pada lutut kanan	13%	87%	0%	0%	AS
22	Sakit pada betis kiri	7%	0%	87%	7%	S
23	Sakit pada betis kanan	0%	7%	87%	7%	S
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	0%	13%	87%	0%	S
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	0%	7%	93%	0%	S
26	Sakit pada kaki kiri	100%	0%	0%	0%	TS
27	Sakit pada kaki kanan	100%	0%	0%	0%	TS

2. Perhitungan Persentil

Ukuran dimensi yang akan diterapkan pada desain usulan berdasarkan dimensi tubuh operator yang berkaitan dengan part – part mesin *injection.* Dikarenakan operator mesin *injection* tidak hanya satu orang maka perlu diterapkan ukuran persentil agar ukuran yang akan diterapkan pada desain usulan merepresentasikan operator. Pada penelitian ini, pendekatan antropometri yang diterapkan adalah prinsip perancangan dengan ukuran ekstrim, dimana penentuan dimensi menggunakan persentil 5th untuk dimensi maksimum, persentil 90th untuk dimensi minimum dan persentil 50th untuk rata – rata. Berikut hasil perhitungan persentil dari data antropometri operator :

TABEL 6. REKAPITULASI PERSENTIL DATA ANTROPOMETRI OPERATOR

	Percentiles		
	5	50	90
tinggi genggaman tangan ke atas posisi berdiri	169,8	198,0	212,1
panjang genggam tangan	60,0	71,0	84,6
panjang bahu ke siku	31,0	35,0	40,6
panjang lengan bawah duduk	37,0	46,5	57,5
tinggi tubuh	154,0	165,0	178,4
tinggi bahu	123,5	136,5	146,4
tinggi siku	95,0	105,0	116,1

ISBN 978-623-92050-0-3

	Percentiles		
	5	50	90
lebar tangan	8,9	9,5	10,5
Panjang Telapak tangan	17,0	17,8	19,9
Lebar kaki	8,0	9,5	10,7

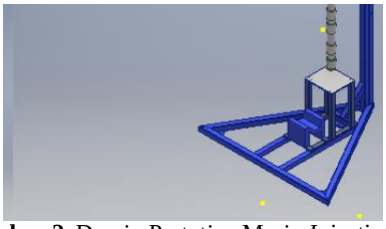
Sumber : Pengolahan data penulis (2019)

3. Perancangan Desain Usulan

Postur kerja seperti disebut di pendahuluan dapat membebani bagian – bagian tubuh yang memiliki postur tidak normal, terbukti dari hasil rekapitulasi NBM di tahap sebelumnya. oleh karena itu, penulis akan merancang prototipe yang memiliki beberapa fitur untuk mengurangi beban MSDs pada saat mengoperasikan mesin *Injection*, fitur – fitur yang dimiliki prototipe adalah sebagai berikut :

a) fitur *mold holder* (penahan cetakan) agar operator tidak perlu lagi memegang cetakan dan akan lebih fokus menekan tuas untuk mengeluarkan plastik cair.
b) Fitur *adjustable lever* (tuas yang panjangnya dapat diatur) yang dapat disesuaikan dengan tinggi dan panjang tangan operator. dapat mengeliminasi postur tidak normal yang membebani bagian tubuh operator.

Desain ukuran prototipe berdasarkan dari persentil 5th, 50th dan 90th selaku persentil minimum, rata – rata dan maksimum. Berikut adalah desiain prototipe mesin *Injection* yang telah disesuaikan dengan dimensi antropometri operator serta ditambahkan fitur – fitur baru



Gambar 2. Desain Prototipe Mesin *Injection*
Sumber : Pengolahan data penulis (2019)

C. Analisis Data

Pada penelitian ini, penulis melakukan Analisa data dengan cara membandingkan skor akhir dari analisis NBM antara mesin *Injection* aktual dan mesin *Injection* prototipe, sehingga dapat diketahui bahwa prototipe lebih ergonomis jika hasil analisis NBM prototipe lebih rendah dari hasil aktual.

Tabel 8. Perbandingan Skor Akhir NBM

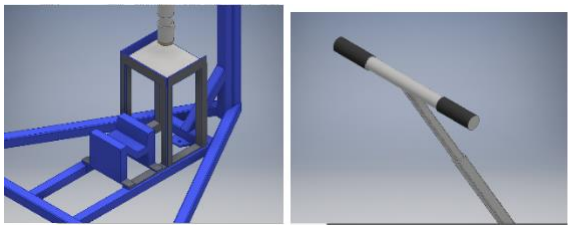
No	Keluhan	Aktual	Prototitpe
0	Sakit kaku pada dibagian leher atas	AS	AS
1	Sakit kaku pada dibagian leher bawah	TS	TS
2	Sakit di bahu kiri	TS	TS
3	Sakit di bahu kanan	SS	TS
4	Sakit di lengan atas kiri	TS	AS
5	Sakit di punggung	AS	TS
6	Sakit lengan atas kanan	SS	AS
7	Sakit pada pinggang	S	AS
8	Sakit pada bokong	S	TS
9	Sakit pada pantat	AS	TS
10	Sakit pada siku kiri	TS	TS
11	Sakit pada siku kanan	TS	TS
12	Sakit lengan bawah kiri	TS	TS
13	Sakit lengan bawah kanan	SS	TS
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri	TS	AS
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	SS	AS
16	Sakit pada tangan kiri	TS	AS
17	Sakit pada tangan kanan	S	AS
18	Sakit pada paha kiri	S	TS
19	Sakit pada paha kanan	S	TS
20	Sakit pada lutut kiri	AS	TS
21	Sakit pada lutut kanan	AS	TS
22	Sakit pada betis kiri	S	TS
23	Sakit pada betis kanan	S	TS
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	S	TS
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	S	TS
26	Sakit pada kaki kiri	TS	TS
27	Sakit pada kaki kanan	TS	TS
	Kesimpulan	Tinjau	Abaikan

Sumber : Pengolahan data penulis (2019)

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukannya penelitian dan analisa terhadap aktivitas mengoperasikan mesin *Injection* pada *Ecoro Project*, berikut kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini :

1. Kelelahan otot bedasarkan perhitungan rata – rata NBM pada 15 operator untuk aktivitas mengoperasikan mesin *Injection* sebesar 39% “tidak sakit”, 15% “agak sakit” , 34% “sakit” dan 12% “sangat sakit”. Dimana presentase tersebut termasuk kategori “tinjau” dan perlu ada perbaikan. Untuk presentase NBM berdasarkan tiap keluhan didapatkan bahwa ada 4 bagian tubuh yang berada pada tingkat SS (Sangat sakit) dan ada 9 bagian tubuh yang berada pada tingkat S (Sangat sakit).
2. Pada tahap perancangan desain usulan, penulis membuat prototipe yang memiliki dua fitur baru antara lain *Mold holder* dan *Adjustable lever*. Dimana kedua fitur tersebut dirancang untuk mengurangi beban pada postur tubuh operator saat mengoperasikan prototipe mesin *Injection* berdasarkan identifikasi dari analisis NBM. Berikut adalah gambar dari kedua fitur yang dimiliki oleh prototipe :



Gambar 3. Fitur Baru Pada Prototipe Mesin *Injection*
Sumber : Pengolahan data penulis (2019)

3. Setelah dilakukan perbandingan analisis NBM antara desain prototipe dan aktual dari mesin *Injection*, menunjukan bahwa kategori NBM prototipe adalah “ abaikan dimana lebih rendah dari kategori NBM yang membuktikan desain prototipe lebih ergonomis.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ambar, Nopsi. 2018 . Analisis Pengurangan Risiko MSD pada Proses Pewarnaan Batik dengan QEC di UKM Tatsaka. Skripsi. Universitas Brawijaya

ISBN 978-623-92050-0-3

[2] Antropometri Indonesia. 2018. Rekap Data Antropometri Indonesia. http://antropometriindonesia.org. Diakses pada Januari 2019
[3] BLS (Bureau of Labor Statistic). 2016. Employer Reported Workplace Injuries and Illness: 2016
[4] CNN Indonesia. 2016. Indonesia Penyumbang Sampah Plastik Terbesar Ke-dua Dunia. https://www.cnnindonesia.com/gaya hidup/20160222182308-277-112685/indonesia-penyumbang-sampah-plastik-terbesar-ke-dua-dunia?. Diakses pada Januari 2019.
[5] Karwowski, W. 2006. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors Volume 1*. CRC Press.
[6] Kristanto, Agung & Widodo, S. C. 2015 . Perancangan Ulang Alat Perontok Padi yang Ergonomis untuk Meningkatkan Produktivitas dan Kualitas Kebersihan Padi. Jurnal Teknik Industri, Universitas Ahmad Dahlan N0. 01 Vol. 14.
[7] MacLeod, D. 1999. *The Ergonomis Edge : Improving Safey, Quality and Productivity*
[8] Nurmianto, Eko. 2003 . Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya. Surabaya: Guna Widya.
[9] Santoso, Gempur. 2004 . Ergonomi Manusia, Peralatan dan lingkungan. Jakarta.: Prestasi
[10] Sutalaksana, Iftikar Z. dkk.. 2006. *Teknik Perancangan Sistem Kerja Edisi Kedua*. Bandung: Penerbit ITB.
[11] Wignjosoebroto, S. 2006 . Ergonomi Studi Gerak dan Waktu. Surabaya: Guna Widya.
[12] Yassierli, Hardianto Iridiastadi. 2014. Ergonomi Suatu Pengantar. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.

ISBN 978-623-92050-0-3

Profiling Beban Kerja Mental Dosen

1st Yasdin
Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik,
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia.
yasdin@unm.ac.id

2nd Andi Rahadiyan Wijaya
Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik,
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia.
andi.rw@gmail.com

***Abstract*- Penelitian ini bertujuan untuk memprofilkan beban kerja mental dosen dalam bidang pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat. Selain itu juga memberikan gambaran kinerja dosen. Penelitian menggunakan metode *Subjective Workload Analysis Technique* (SWAT) yang mempertimbangkan tiga dimensi yaitu, dimensi waktu, dimensi usaha mental, dan dimensi tekanan psikologis. Hasil penelitian menunjukkan, (1) beban kerja mental dosen pada bidang pengajaran berada pada kategori rendah dengan nilai 39,42, (2) beban kerja mental dosen pada bidang penelitian berada pada kategori sedang dengan nilai 51,85, dan (3) beban kerja mental dosen pada bidang pengabdian berada pada kategori rendah dengan nilai 35,98.**

Kata Kunci: Profiling, Beban Kerja Mental, Dosen

I. PENDAHULUAN

"*Setiap aktivitas atau pekerjaan yang dilakukan pekerja selalu mempunyai suatu beban kerja. Beban kerja tersebut terdiri dari dua macam yaitu beban kerja fisik dan beban kerja mental* [1]". Salah satu profesi yang memiliki tuntutan pekerjaan adalah profesi dosen. Tuntutan dosen bersumber dari tugas dan tanggung jawab yang dimiliki. Dosen memiliki beberapa tugas utama untuk melaksanakan tri dharma perguruan tinggi yang meliputi, pendidikan atau pengajaran, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat.

Selain tri dharma perguruan tinggi, dosen juga sering mendapatkan tugas tambahan untuk mengelola administrasi. Tri dharma perguruan tinggi dan tugas tambahan yang dilakukan dosen menyebabkan beban kerja dalam aktivitas dosen. Beban kerja yang paling potensial yang dialami dosen adalah beban kerja mental hal ini dikarenakan banyaknya aktivitas yang dilakukan dosen terkait dengan tugas utamanya. Dosen memiliki waktu libur yang terbatas jika dilihat dari tugas dan tanggung jawab tri dharma perguruan tinggi yang diemban. Aktivitas yang dilakukan oleh dosen juga monoton sehingga potensial mengalami beban mental. Aktivitas yang monoton dapat menimbulkan beban kerja mental berupa kejenuhan [2].

Beberapa hal yang dianggap berpengaruh terhadap beban kerja mental yaitu, beban usaha mental, beban tekanan psikologis, dan beban waktu. Selain itu, ada dua aspek lain yang berpengaruh terhadap beban kerja mental yaitu jumlah pekerjaan dan keberhasilan memenuhi tuntutan [3]. Beban usaha mental dan beban tekanan psikologis dianggap cukup berpengaruh terhadap beban kerja mental dosen, sementara beban waktu dianggap kurang berpengaruh [4].

Tuntutan yang dihadapi dosen berbeda dengan profesi lainnya. Tuntutan kepada dosen bisa menjadi lebih kompleks karena menyangkut kepuasan terhadap kinerja yang ditunjukkan. Dosen dituntut memberikan kinerja optimal dalam kondisi apapun. Tuntutan yang ada berpotensi memberikan kontribusi terhadap beban kerja mental dosen. Beban kerja mental dialami oleh seluruh dosen, baik yang bertugas di perguruan tinggi negeri maupun yang bertugas di perguruan tinggi swasta di seluruh Indonesia.

Tuntutan yang dialami dosen bahkan dapat menimbulkan perasaan tertekan atau *stress* yang dapat menimbulkan ketidakstabilan emosi, proses berpikir, dan kondisi tertekan [5]. *Stress* yang dialami seseorang berpotensi menimbulkan *burn out* yaitu perasaan terlalu terbebani oleh perasaan gagal dan kelesuan akibat tuntutan yang terlalu membebankan tenaga dan kemampuan seseorang. Hal ini menunjukkan bahwa sumber utama yang paling potensial menyebabkan *stress* dan *burn out* adalah beban kerja mental.

Beban kerja mental sering digambarkan dengan istilah seperti ketegangan mental, konsep usaha mental, dan ketegangan emosional (kelebihan usaha mental yang timbul dari kecemasan yang membangkitkan aspek kognitif dari tugas) [6]. Para ahli berpendapat bahwa beban kerja mental merupakan salah satu bagian dari beban kerja yang terjadi karena adanya tuntutan pekerjaan dan kapasitas maksimum seseorang. Beberapa ahli bahkan menjelaskan lebih detail tentang beban kerja mental.

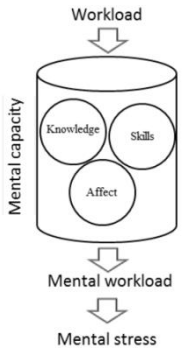
Beban kerja mental dapat dipandang sebagai selisih antara kapasitas sistem pemrosesan informasi

ISBN 978-623-92050-0-3

yang dibutuhkan untuk kinerja tugas guna memenuhi harapan kinerja dan kapasitas yang tersedia pada waktu tertentu [7]. Beban kerja mental merupakan derajat kapasitas dari proses yang dikeluarkan selama pekerja mengerjakan tugas [2]. Beban kerja mental mengacu pada porsi kapasitas pemrosesan informasi operator atau sumber daya yang benar-benar dibutuhkan untuk memenuhi permintaan sistem [8]. Beban kerja mental sebagai jumlah sumber daya kognitif atau perhatian yang dikeluarkan pada suatu titik waktu tertentu [9]. Sumber daya kognitif yang dimaksud dalam beban kerja mental dapat berupa kewaspadaan, konsentrasi, proses pengambilan keputusan, dan proses ingatan [10]. Sumber daya kognitif itu sangat dibutuhkan karena beban kerja mental merupakan interaksi kerangka sistem, sumber daya, keterbatasan dan kapabilitas pekerja [11].

Beban kerja mental mengacu pada jumlah sumber daya atensi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu tugas dan dapat dipengaruhi oleh karakteristik operator (misalnya, pengalaman, pelatihan, perhatian, dan keterampilan) dan fitur tugas seperti beban tugas dan prosedur [12]. Beban kerja mental dianggap sebagai persentase dari sumber daya yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan sistem operasi. Beban kerja mental mencakup tugas yang berbeda: pengambilan keputusan, pemantauan, persepsi, dan perhitungan [13].

Hampir semua ahli berpendapat bahwa beban kerja mental merupakan interaksi antara karakteristik manusia dengan tuntutan tugas. Beban kerja mental tidak hanya dipengaruhi oleh permintaan tugas, namun juga dipengaruhi oleh faktor operator (misalnya, pengalaman dan keterampilan) dan perbedaan individu [12;14]. Beban kerja mental dapat berdampak pada kapasitas sumber daya dan menyebabkan penurunan kinerja [15]. Secara sederhana dapat digambarkan [16]:



Gambar 4. Hubungan Beban Kerja Mental

Beberapa asumsi dengan hubungan kapasitas sumber daya dengan tuntutan pekerjaan. Bbeban kerja mental terjadi karena banyaknya pekerjaan yang harus dilakukan seseorang dalam periode waktu tertentu periode waktu tertentu, beban kerja mental memiliki atribut statis dan dinamis, yang masing-masing, merupakan beban kerja mental dalam interval waktu dan pada saat tertentu, setiap individu memiliki kapasitas pemrosesan atau pengolahan yang terbatas, dan beban kerja mental melibatkan penipisan sumber daya internal untuk menyelesaikan pekerjaan [14]. Beban kerja mental dapat dikaitkan dengan keadaan stres dan usaha fisiologis, terhadap pengalaman subjektif stres, usaha mental, dan tekanan waktu, dan ukuran tindakan objektif tingkat kinerja dan penurunan kinerja [17].

II. METODE

Subyek dalam penelitian ini adalah dosen pada salah satu departemen Perguruan Tinggi Negeri (PTN). Sampel dalam penelitian ini dipilih menggunakan pendekatan *purposive sampling*. Jumlah responden dalam penelitian ini sebanyak 21 orang. Tahapan penelitian meliputi, kajian literatur beban kerja mental, penyusunan hipotesis, pemodelan konsep, penyusunan instrumen, pengukuran beban kerja menggunakan skala SWAT, pengembangan skala SWAT, tahap penilaian, uji statistik, dan pembahasan. Variabel beban kerja dalam penelitian ini diukur melalui tiga dimensi yaitu dimensi waktu, dimensi usaha mental, dan dimensi tekanan psikologis. Tanggapan responden terhadap tiga dimensi tersebut disajikan dalam tabel distribusi frekuensi didasarkan pada skala *simplified* SWAT berikut :

TABEL 9. SKALA SIMPLIFIED SWAT

Urutan	Rata-Rata	Nilai
111	3	0
112	4	16,67
113	5	33,34
121	4	16,67
122	5	33,34
123	6	50
131	5	33,34
132	6	83,4
133	7	66,67
211	4	16,67
212	5	33,34
213	6	50
221	5	33,34
222	6	50
223	7	66,67
231	6	50
232	7	66,67
233	8	83,34
311	5	33,34
312	6	50
313	7	66,67
321	6	50
322	7	66,67
323	8	83,34

ISBN 978-623-92050-0-3

Urutan	Rata-Rata	Nilai
331	7	66,67
332	8	83,34
333	9	100

Data penilaian dosen terhadap dimensi waktu, dimensi usaha mental, dan dimensi tekanan psikologis pada setiap pekerjaan selajutnya dikonversi menjadi nilai SWAT. Nilai SWAT yang diperoleh selajutnya dikonversi menjadi beban kerja mental dengan ketentuan untuk 0-40 dikategorikan rendah, >40-60 dikategorikan sedang, dan >60-100 dikategorikan tinggi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Beban Kerja Mental Bidang Pengajaran

Hasil penelitian beban kerja mental bidang pengajaran diukur pada saat merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi. Berikut beban kerja mental bidang pengajaran.

TABEL 10. BEBAN KERJA MENTAL DOSEN BIDANG PENGAJARAN

Resp	Kegiatan			Rata-Rata Nilai
	Merencanakan Pembelajaran	*Melaksanakan Pembelajaran*	*Mengevaluasi Pembelajaran*	
Dosen 1	0	16,67	33,34	16,67
Dosen 2	33,34	50	33,34	38,89
Dosen 3	16,67	33,34	33,34	27,78
Dosen 4	33,34	66,67	50	50,00
Dosen 5	33,34	33,34	33,34	33,34
Dosen 6	33,34	33,34	33,34	33,34
Dosen 7	33,34	50	33,34	38,89
Dosen 8	16,67	50	33,34	33,34
Dosen 9	16,67	50	33,34	33,34
Dosen 10	66,67	83,34	33,34	61,12
Dosen 11	50	50	33,34	44,45
Dosen 12	50	50	50	50,00
Dosen 13	50	50	50	50,00
Dosen 14	50	50	50	50,00
Dosen 15	50	50	66,67	55,56
Dosen 16	33,34	50	33,34	38,89
Dosen 17	50	33,34	33,34	38,89
Dosen 18	16,67	16,67	16,67	16,67
Dosen 19	0	33,34	66,67	33,34
Dosen 20	50	50	33,34	44,45
Dosen 21	33,34	33,34	50	38,89
Rata-Rata	**34,13**	**44,45**	**39,69**	**39,42**

Hasil penelitian menunjukkan beban kerja mental dosen pada saat merencanakan pembelajaran sebesar 34,13 atau dikategorikan rendah. Beban kerja mental pada saat melaksanakan pembelajaran sebesar 44,45 atau dikategorikan sedang. Beban kerja mental pada saat mengevaluasi pembelajaran sebesar 39,69 dikategorikan rendah Secara umum, beban kerja mental pada bidang pengajaran berada pada kategori rendah atau sebesar 39,42.

B. Beban Kerja Mental Bidang Penelitian

Penilaian responden berdasarkan dimensi waktu, dimensi usaha mental, dan dimensi tekanan psikologis terhadap bidang penelitian pada saat merencanakan, melaksanakan, dan melaporkan yang disajikan pada Tabel 11.

TABEL 11. BEBAN KERJA MENTAL DOSEN BIDANG PENELITIAN

Resp	Kegiatan			Rata-Rata Nilai
	Merencanakan Penelitian	*Melaksanakan Penelitian*	*Melaporkan Penelitian*	
Dosen 1	50	50	50	50,00
Dosen 2	33,34	50	66,67	50,00
Dosen 3	33,34	50	50	44,45
Dosen 4	50	50	50	50,00
Dosen 5	50	50	50	50,00
Dosen 6	50	66,67	33,34	50,00
Dosen 7	50	66,67	66,67	61,11
Dosen 8	33,34	50	33,34	38,89
Dosen 9	66,67	33,34	33,34	44,45
Dosen 10	50	50	50	50,00
Dosen 11	66,67	66,67	100	77,78
Dosen 12	66,67	50	66,67	61,11
Dosen 13	50	50	50	50,00
Dosen 14	50	50	50	50,00
Dosen 15	50	66,67	50	55,56
Dosen 16	83,34	50	33,34	55,56
Dosen 17	66,67	50	50	55,56
Dosen 18	16,67	33,34	33,34	27,78
Dosen 19	66,67	66,67	66,67	66,67
Dosen 20	50	50	66,67	55,56
Dosen 21	50	50	33,34	44,45
Rata-Rata	**51,59**	**52,38**	**51,59**	**51,85**

Hasil penelitian menunjukkan beban kerja mental dosen pada saat merencanakan penelitian sebesar 51,59 atau dikategorikan sedang. Beban kerja mental pada saat melaksanakan penelitian sebesar 52,38 atau dikategorikan sedang. Beban kerja mental pada saat melaporkan penelitian sebesar 51,59 juga dikategorkan sedang Secara umum, beban kerja mental pada bidang penelitian berada pada kategori sedang atau sebesar 51,85.

C. Beban Kerja Mental Bidang Pengabdian

Penilaian responden berdasarkan dimensi waktu, dimensi usaha mental, dan dimensi tekanan psikologis terhadap bidang pengabdian pada saat merencanakan, melaksanakan, dan melaporkan yang disajikan pada Tabel 12.

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL 12. BEBAN KERJA MENTAL DOSEN BIDANG PENGABDIAN

Resp	Kegiatan			Rata-Rata Nilai
	Merencanakan Pengabdian	*Melaksanakan Pengabdian*	*Melaporkan Pengabdian*	
Dosen 1	16,67	0	33,34	16,67
Dosen 2	33,34	66,67	33,34	44,45
Dosen 3	33,34	16,67	16,67	22,23
Dosen 4	33,34	50	50	44,45
Dosen 5	50	50	50	50,00
Dosen 6	33,34	33,34	16,67	27,78
Dosen 7	16,67	16,67	16,67	16,67
Dosen 8	33,34	33,34	50	38,89
Dosen 9	50	33,34	33,34	38,89
Dosen 10	16,67	50	50	38,89
Dosen 11	0	0	0	0
Dosen 12	50	66,67	66,67	61,11
Dosen 13	50	50	50	50,00
Dosen 14	66,67	50	16,67	44,45
Dosen 15	66,67	33,34	66,67	55,56
Dosen 16	33,34	33,34	16,67	27,78
Dosen 17	16,67	33,34	33,34	27,78
Dosen 18	16,67	33,34	16,67	22,23
Dosen 19	66,67	66,67	66,67	66,67
Dosen 20	50	33,34	50	44,45
Dosen 21	16,67	16,67	16,67	16,67
Rata-Rata	**35,72**	**36,51**	**35,72**	**35,98**

Hasil penelitian menunjukkan beban kerja mental dosen pada saat merencanakan pengabdian sebesar 35,72 atau dikategorikan rendah. Beban kerja mental pada saat melaksanakan pengabdian sebesar 36,51 atau dikategorikan rendah. Beban kerja mental pada saat melaporkan pengabdian sebesar 35,72 juga dikategorikan rendah. Secara umum, beban kerja mental pada bidang pengabdian berada pada kategori rendah atau sebesar 35,98.

Beban kerja mental pada bidang pengabdian merupakan aktivitas dengan beban kerja mental terendah yaitu sebesar 35,98. Beban kerja mental tertinggi berada pada aktivitas penelitian yaitu sebesar 51,85. Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menganggap beban kerja mental dosen pada bidang pengajaran berada pada kategori sedang, sementara bidang penelitian dan pengabdian berada pada kategori rendah [18]. Temuan penelitian ini menunjukkan, beban kerja mental dosen pada bidang pengajaran dan bidang penelitian berada pada kategori rendah, sementara pengabdian berada pada kategori sedang. Asumsi ini ini dapat dijadikan acuan untuk merumuskan usulan penjadwalan terkait dengan aktivitas dosen yang lebih optimal [19].

Beban kerja mental dalam bidang pengajaran, penelitian, dan pengabdian ditinjau dari dimensi waktu dapat dipengaruhi oleh pekerjaan yang datang tiba-tiba, dua pekerjaan yang harus dilakukaan secara bersamaan, dan pekerjaan yang tidak menentu. Pekerjaan yang harus diselesaikan dalam batas waktu tertentu akan memberikan beban mental lebih [17]. Beban kerja mental dalam bidang pengajaran, penelitian, dan pengabdian ditinjau dari dimensi usaha mental dipengaruhi konsentrasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan, gangguan yang didapatkan saat melakukan pekerjaan, seperti gangguan dari teman, keluarga, dan mahasiswa. Jumlah perhatian yang diberikan terhadap suatu pekerjaan berpengaruh terhadap beban kerja mental [17].

Beban kerja mental dalam bidang pengajaran, penelitian, dan pengabdian ditinjau dari dimensi tekanan psikologis dipengaruhi oleh resiko pekerjaan dan kompensasi yang didapatkan. Pekerjaan yang menciptakan kebingungan, frustasi, dan ketakutan selama melaksanakan pekerjaan dapat menimbulkan beban kerja mental lebih [17]. Beban kerja mental lebih yang dimiliki manusia berpotensi menimbulkan kesalahan [20].

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menujukkan: (1) beban kerja mental dosen pada bidang pengajaran berdasarkan skala SWAT berada pada kategori rendah dengan nilai 39,42, (2) beban kerja mental dosen pada bidang penelitian berdasarkan skala SWAT berada pada kategori sedang dengan nilai 51,85, dan (3) beban kerja mental dosen pada bidang pengabdian berdasarkan skala SWAT berada pada kategori rendah dengan nilai 35,98. Beberapa hal tersebut dapat menjadi pertimbangan kepada responden dalam mengatur aktivitas tri dharma perguruan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] I. Pratiwi, U. Muhammadiyah, dan E. Muslimah, E., "Analisis beban kerja fisik dan mental pada pengemudi bus Damri di perusahaan umum UBK Surakarta", March 2016.

[2] S. Haga, H. Shinoda, dan M. Kokurun, M., "Japanese psychology" Japanese Psycholgycal Research Association: Blackwell Publisher, Ltd vol. 44(3), pp. 134-143, 2002.

[3] N. Made dan S. Wulanyani, "Tantangan dalam mengungkap beban Kerja mental," vol. *21*(2), pp. 80–89, 2013.

[4] P. Ratna, "Analisis beban kerja mental dosen Teknik Industri Undip dengan Metode Subjective Workload Assessment Technique (SWAT)", Jurnal Teknik Industri, vol. II (2), pp. 28–39, 2007.

[5] A.M. Fitri, "Analisis faktor-faktor yang berhubungan dengan stress kerja pada karyawan bank (Studi pada karyawan Bank BMT)," Journal Kesehatan Masyarakat, vol. 2, no. 1, 2013.

[6] B. Cain, "A Review of the mental workload literature," Defence Research and Development Toronto *(Canada)*, vol. 4, pp. 4–34, 2007.

[7] D. Gropher dan E. Donchin, Handbook of Perception and Human Performance: Cognitive Processes and Performance. New York, A Wiley-Interscience Publication, 1986.

[8] F.T. Eggemeier dan G.F. Wilson, G.F., Performanced-based and Subjective Assesment of Workload in Multi Task Environments Multiple Task Performance. London, Taylor & Francis, 1991.

[9] S. Charlton and T O'Brien, Testing and Evaluation Handbook of Human Factors, 2nd Edition. Mahwah, Law-rence Erlbaum Associates Inc, 2002.

[10] J.K. Sluiter, "High-demand jobs: Age-related diversity in work ability?, Applied Ergonomics," vol. 4, pp. 429-440, 2006.

ISBN 978-623-92050-0-3

[11] K.H. Kroemer, H.J. Kroemer, dan K.E Kroemer, Engineering Physiology: Base of Human Factors/Ergonomics (3rd). New York, Van Nostrand Reinhold, 1997.

[12] M.S. Young and N. A. Stanton, Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods. London, Taylor and Francis Group, 2004.

[13] C.M. Perry, M.A. Sheik-Nainar, N. Segall, and D.B. Kaber, "Effects of physical workload on cognitive taskerformance and situation awareness," Theoretical Issues in Ergonomics Science, vol. 9, pp. 95-113, 2008

[14] B. Xie and G. Salvendy, "Review and reappraisal of modeling and predicting mental workload in single- and multi-task environments," Work & Stress, vol. 14, pp. 74-99, 2010.

[15] C.D. Wickens, "Multiple resources and mental workload," Human Factors, vol. 50, pp. 449-455, 2008.

[16] T.A. Nguyen and Y. Zeng, "A theoretical model of design creativity: nonlinear design dynamics and mental stress-creativity relation," Journal of Integrated Design and Process Science, vol. 16(3), 65-88, 2012.

[17] G.B. Reid, Subjective Workload Assesment Technique (SWAT): A User's Guide (U). Ohio, Amstrong Aerospace Medical Research Laboratory, 1989.

[18] S. Purwaningsih dan A. Sugiyanto, A., "Analisis beban kerja mental dosen Teknik Industri UNDIP dengan metode Subjective Workload Assement Technique (SWAT)," J@TI Undip, vol III, No 2, 2007.

[19] T. Yogasara, Santoso, dan V. Kurniawan, "Analisis beban kerja mental dan perancangan sistem kerja usulan dengan menggunakan Metode simplified SWAT (Studi Kasus di Bank X)," Seminar on Application and Research in Industrial Technology, SMART, Yogyakarta, November 2008.

[20] R.S. Bridger, R.S, Introduction to Ergonomics. Singapura, McGraw-Hill Co, 1995.

ISBN 978-623-92050-0-3

RO - RISET OPERASI

Departemen Teknik Mesin dan Industri FT UGM
ISBN 978-623-92050-0-3

Optimasi Penjadwalan *Shift* Kerja *Waiters* dengan Tujuan Pemerataan Jumlah *Waiters* Setiap *Shift* serta Menghindari Pola Terisolasi, dan pada *Restaurant* Menggunakan Metode *Goal Programming* (Studi Kasus : Hotel 'X' di Jakarta)

1st Agustinus Silalahi
Program Studi Teknik Industri,
Fakultas Teknik
Universitas Katolik Indonesia
Atma Jaya
Jakarta, Indonesia
agustinus.sinabariba@gmail.com

2nd Riana Magdalena
Program Studi Teknik Industri,
Fakultas Teknik
Universitas Katolik Indonesia
Atma Jaya
Jakarta, Indonesia
r_magdalena2012@yahoo.com

3rd Jeremy Verrel Satrio
Program Studi Teknik Industri,
Fakultas Teknik
Universitas Katolik Indonesia
Atma Jaya
Jakarta, Indonesia
verrelsatrio@gmail.com

***Abstract*-Pada umumnya penyusunan jadwal kerja bagi pegawai masih dilakukan secara manual demikian juga halnya untuk penjadwalan waiters yang ada di divisi Restaurant pada Hotel 'X', Hal ini menyebabkan terjadinya jumlah shift antar waiter tidak merata baik, jumlah shift dan jenis shift.Ada pernyimpangan terhadap kebijakan yang telah ditetapkan yaitu terdapat beberapa waiter yang mendapat pola libur kemudian kerja dihari berikutnya kemudian mendapat libur kembali (pola terisolasi). Sementara hal ini harus dihindari. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi jadwal yang telah diterapkan di divisi Restaurant pada Hotel 'X' dan meminimumkan penyimpangan yang terjadi dalam penjadwalan tersebut, seperti pada jumlah hari kerja setiap waiters, pola libur-kerja-libur, dan jumlah minimum waiters pada setiap shift. Untuk dapat mencapai beberapa tujuan tersebut, digunakan metode goal programming yang penyelesaiannya dengan dengan software LINGO 18.0 .Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat sejumlah penyimpangan yang terjadi pada penjadwalan awal Hotel 'X' dan berhasil dioptimalkan menjadi 0 penyimpangan pada jadwal yang dihasilkan LINGO dengan rata-rata hari kerja sebanyak 22 hari dan standar deviasi sebesar 2 hari serta tidak terdapat pola libur kemudian kerja dihari berikutnya kemudian mendapat libur kembali.**

Keywords-Optimasi, Goal Programming, Binary Integer Programming, LINGO.

I. PENDAHULUAN

Hotel X merupakan hotel yang berlokasi di Jakarta Pusat yang berdiri sejak tahun 1990-an. Penelitian penjadwalan pekerja yang dilakukan saat ini khusunya di devisi Restaurant yang memilki 4 unit yaitu: *lifestyle* (L), *asian* (A), *western* (W), dan *japanese* (J). Unit L,A dan W terdiri dari 2 shift yaitu shift pagi dan sore, sementara unit J terdiri dari 3 shift yaitu pagi, sore dan malam. Setiap waiters hanya bertugaskan di unitnya, sehingga tidak ada lintas unit. Penjadwalan untuk divisi Restaurant dilakukan sebelum bulan berjalan dan dilakukan secara manual berdasarkan aturan yang berlaku di Hotel tersebut dan kondisi khusus yang ada pada waiters tertentu, sehingga terjadi jumlah shift antar waiter tidak merata baik, jumlah shift dan jenis shift**.**Ada beberapa waiter yang mendapat pola libur kemudian kerja dihari berikutnya kemudian mendapat libur kembali. Sementara hal ini harus dihindari.

Penelitian penjadwalan yang sudah dilakukan oleh S. Prahasti, R. Ratianingsih, dan A. Sahari [10] Penelitian ini membahas penjadwalan *shift* pada bagian resepsionis untuk 12 tim dalam 3 hari kerja. Kemudian penelitian oleh Ruzzakiah Jenal, Wan Rosmanira Ismail, Liong Choong Yeun, dan Ahmed Oughalime [11], Penelitian ini membahas penjadwalan perawat selama 21 hari dan penelitian ini memiliki 4 fungsi tujuan yang ingin dicapai. Penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi Siregar, Habibis Saleh, M.D.H. Gamal [12], membahas mengenai pembagian jadwal pada perawat di ruang

ISBN 978-623-92050-0-3

bersalin dengan jumlah 36 perawat dan dalam penelitian ini telah memperhitungkan keinginan dari perawatnya.

Tujuan pada penelitian ini adalah membuat model matematik penjadwalan berdasarkan aturan karyawan yang berlaku pada *waiters restaurant* dan adanya kondisi khusus pada *waiters* tentu. Karena kemungkinan adanya perbedaan jumlah *shift* dan jenis *shift* yang didapat waiters maka analisa yang dilakukan dengan goal programming yang tujuannya adalah meminimumkan devasi atau penyimpangan. Keunikan yang terdapat pada penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya [10][11] dan [12] adalah telah dilakukan perhitungan terhadap jenis kelamin dari *waiters*, penjadwalan dilakukan pada 1 divisi yang terdiri dari 4 bagian/unit dan *waiters* yang telah ditempatkan pada 1 bagian tidak dapat berpindah bagian dalam 1 periode tertentu (bulan).

II. STUDI LITERATUR

Program Linier (PL) adalah suatu teknis matematika yang dirancang untuk membantu pengambil keputusan dalam merencanakan dan membuat keputusan dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai tujuan perusahaan. Tujuan perusahaan pada umumnya adalah memaksimalisasi keuntungan, namun karena terbatasnya sumber daya, maka dapat juga perusahaan meminimalkan biaya. Pada PL terdapat dua kelompok fungsi linier yaitu fungsi tujuan dan fungsi batasan. Fungsi tujuan adalah fungsi yang dibentuk dengan tujuan untuk memaksimalkan ataupun meminimumkan suatu permasalahan yang dihadapi dan fungsi batasan adalah fungsi permodelan yang menjadi batasan terdahap kapasitas persediaan ataupun kebijakan yang harus dipenuhi selama dalam proses pengotimalan , yang bentuknya bisa dalam persamaan ataupun pertidaksamaan. Metoda yang digunakan untuk menyelesaikan PL adalah Metoda simpleks yang dikembangkan oleh Danzig.

A. Integer Programming

Pemrograman integer (PI) atau Integer programming (IP) adalah suatu model pemrograman linear dengan variabel yang digunakan berupa bilangan bulat (integer). Integer programming dengan semua variabelnya harus bernilai 0 atau 1 disebut binary integer programming. (Garfinkel & Nemhauser, 1972). Kedua angka tersebut digunakan untuk mewakili pemilihan atau penolakan dari sebuah pilihan, jawaban ya / tidak, atau banyak situasi lain. Umumnya, keputusan yang dihasilkan disimbolkan dalam nilai 1 sebagai "ya" dan nilai 0 sebagai "tidak".

B. Goal Programming

Metode goal programming merupakan perluasan dari model program linear. Goal programming diperkenalkan oleh Charles dan Cooper pada awal 1960. Teknik ini disempurnakan oleh Ijiri pada pertengahan 1960 dan penjelasan yang lengkap pada beberapa aplikasi dikembangkan oleh Ignizo dan Leen pada 1970. Perbedaan utama antara goal programming dengan linear programming terletak pada struktur dan penggunaan fungsi tujuan. Pada linear programming fungsi tujuannya hanya mengandung satu tujuan, sedangkan dalam goal programming terdapat beberapa tujuan yang digabungkan dalam sebuah fungsi tujuan. Hal ini dilakukan dengan mengubah tujuan dalam bentuk sebuah kendala (goal constraint), memasukkan suatu variabel penyimpangan (devational variable) dalam kendala yang dibuat untuk mencerminkan pencapaian dari suatu tujuan, dan dengan menggabungkan variabel simpangan dalam fungsi tujuan. Dalam linear programming tujuannya bisa memaksimasilkan atau minimasi, sementara dalam goal programing tujuannya adalah meminimumkan penyimpangan-penyimpangan dari tujuan-tujuan tertentu.

C. Aturan Kerja untuk Restaurant Bagian Lifestyle, Asian, Western dan Japanese Pada Hotel X

Berikut ini adalah beberapa ketentuan dan peraturan yang didapatkan dari hasil wawancara tersebut :

- Hanya pekerja pria yang dapat bekerja di shift malam
- Terdapat minimal kebutuhan waiters di setiap bagian
- Lifestyle : shift pagi 1 orang dan shift sore 2 orang
- Asian : shift pagi 2 orang dan shift sore 2 orang
- Western : shift pagi 3 orang dan shift sore 2 orang
- Japanese : shift pagi 2 orang dan shift sore 1 orang
- Terdapat jumlah minimal waiters yang bekerja pada 1 shift dalam 1 hari
- Shift pagi : 10 orang
- Shift sore : 8 orang
- Shift malam : minimal 2 orang dan maksimal 4 orang
- Dalam satu hari hanya mendapatkan 1 shift kerja
- Waiters yang mendapat shift malam harus mendapat libur 2 hari
- Tidak mendapat shift pagi ataupun sore, setelah mendapat shift malam
- Maksimal 6 hari kerja (shift pagi & sore) dan minimal 1 hari libur dalam 1 minggu
- Diharapkan tidak terjadi pola terisolasi (libur-kerja-libur)
- Diharapkan minimal hari kerja 20 hari dan maksimal hari kerja 25 hari dalam 1 bulan untuk setiap waiters.

Pada restaurant juga terdapat beberapa waiters yang memiliki kebutuhan khusus yang perlu dipenuhi yang disebut sebagai waiters khusus. Waiters khusus

ISBN 978-623-92050-0-3

biasanya memiliki kebutuhan untuk bekerja pada satu shift kerja dalam 1 bulan ataupun harus cuti selama 1 bulan akibat sakit atau hamil. Hal ini terjadi pada beberapa waiters yang nanti akan dijabarkan lebih lanjut pada bagian pengolahan

D. Model Matematik

- Notasi dan Indeks

Berikut ini adalah himpunan notasi yang akan digunakan dalam permodelan :

i : indeks untuk hari kerja (i = 1, 2,...,31)
j : indeks untuk waiters di L (j = 1,... , 6)
k : indeks untuk waiters di A (k = 7, ... , 19)
l : indeks untuk waiters di W (l = 20,... , 30)
m : indeks untuk waiters di J (m = 31,... ,36)
ML_{ij} : waiters j di shift pagi pada hari i di L
EL_{ij} : waiters j di shift sore pada hari i di L
NJ_{ij} : waiters j di shift malam pada hari i di J
MA_{ik} : waiters k dishift pagi pada hari i di A
EA_{ik} : waiters k di shift sore pada hari i di A
NJ_{ik} : waiters k di shift malam pada hari i di J
MW_{il} : waiters l di shift pagi pada hari i di W
EW_{il} : waiters l di shift sore pada hari i di W
NJ_{il} : waiters l di shift malam pada hari i di J
MJ_{im} : waiters m di shift pagi pada hari i di J
EJ_{im} : waiters m di shift sore pada hari i di J
NJ_{im} : waiters m di shift malam pada hari i di J

$$EW_{il} = \begin{cases} 1, \text{waiters l bekerja shift sore pada hari i di bagian W} \\ 0, \text{waiters l tidak bekerja shift sore pada hari i di bagian W} \end{cases}$$

$$EJ_{im} = \begin{cases} 1, \text{waiters m bekerja shift sore pada hari i di bagian J} \\ 0, \text{waiters m tidak bekerja shift sore pada hari i di bagian J} \end{cases}$$

$$NJ_{ij} = \begin{cases} 1, \text{waiters j bekerja shift malam pada hari i di bagian J} \\ 0, \text{waiters j tidak bekerja shift malam pada hari i di bagian J} \end{cases}$$

$$NJ_{ik} = \begin{cases} 1, \text{waiters k bekerja shift malam pada hari i di bagian J} \\ 0, \text{waiters k tidak bekerja shift malam pada hari i di bagian J} \end{cases}$$

$$NJ_{il} = \begin{cases} 1, \text{waiters l bekerja shift malam pada hari i di bagian J} \\ 0, \text{waiters l tidak bekerja shift malam pada hari i di bagian J} \end{cases}$$

$$NJ_{im} = \begin{cases} 1, \text{waiters m bekerja shift malam pada hari i di bagian J} \\ 0, \text{waiters m tidak bekerja shift malam pada hari i di bagian J} \end{cases}$$

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, \text{waiters j libur pada hari i} \\ 0, \text{waiters j tidak libur pada hari i} \end{cases}$$

$$X_{ik} = \begin{cases} 1, \text{waiters k libur pada hari i} \\ 0, \text{waiters k tidak libur pada hari i} \end{cases}$$

- Fungsi Kendala

Fungsi kendala terbagi menjadi 2 bagian, yaitu Kendala utama dan kendala Tambahan. Kendala Utama merupakan kendala yang merepresentasikan peraturan-peraturan kerja yang tidak boleh dilanggar sementara. Kendala tambahan adalah batasan-batasan yang merepresentasikan peraturan-peraturan kerja yang sewaktu-waktu dapat dilanggar, namun sebisa mungkin pelanggaran terhadap kendala tambahan tersebut seminimal mungkin

1. Kendala Utama

X_{ij} : waiters j yang libur pada hari i
X_{ik} : waiters k yang libur pada hari i
X_{il} : waiters l yang libur pada hari i
X_{im} : waiters m yang libur pada hari i
Xn_{ij} : waiters j yang libur pada hari i setelah mendapat shift malam
Xn_{ik} : waiters k yang libur pada hari i setelah mendapat shift malam
XN_{il} : waiters l yang libur pada hari i setelah mendapat shift malam
XN_{im}: waiters m yang libur pada hari i setelah mendapat shift malam
a : variabel untuk deviasi negatif (d^-)
g : variabel untuk deviasi positif (d^+)

- Variabel Keputusan

Variabel keputusannya merupakan variabel biner, dimana:

$$ML_{ij} = \begin{cases} 1, \text{waiters j bekerja shift pagi pada hari i di bagian L} \\ 0, \text{waiters j tidak bekerja shift pagi pada hari i di bagian L} \end{cases}$$

$$MA_{ik} = \begin{cases} 1, \text{waiters k bekerja shift pagi pada hari i di bagian A} \\ 0, \text{waiters k tidak bekerja shift pagi pada hari i di bagian A} \end{cases}$$

$$MW_{il} = \begin{cases} 1, \text{waiters l bekerja shift pagi pada hari i di bagian W} \\ 0, \text{waiters l tidak bekerja shift pagi pada hari i di bagian W} \end{cases}$$

$$MJ_{im} = \begin{cases} 1, \text{waiters m bekerja shift pagi pada hari i di bagian J} \\ 0, \text{waiters m tidak bekerja shift pagi pada hari i di bagian J} \end{cases}$$

$$EL_{ij} = \begin{cases} 1, \text{waiters j bekerja shift sore pada hari i di bagian L} \\ 0, \text{waiters j tidak bekerja shift sore pada hari i di bagian L} \end{cases}$$

$$EA_{ik} = \begin{cases} 1, \text{waiters k bekerja shift sore pada hari i di bagian A} \\ 0, \text{waiters k tidak bekerja shift sore pada hari i di bagian A} \end{cases}$$

$$X_{il} = \begin{cases} 1, \text{waiters l libur pada hari i} \\ 0, \text{waiters l tidak libur pada hari i} \end{cases}$$

$$X_{im} = \begin{cases} 1, \text{waiters m libur pada hari i} \\ 0, \text{waiters m tidak libur pada hari i} \end{cases}$$

$$XN_{ij} = \begin{cases} 1, \text{waiters j libur pada hari i setelah mendapat shift malam} \\ 0, \text{waiters j tidak libur pada hari i setelah mendapat shift malam} \end{cases}$$

$$XN_{ik} = \begin{cases} 1, \text{waiters k libur pada hari i setelah mendapat shift malam} \\ 0, \text{waiters k tidak libur pada hari i setelah mendapat shift malam} \end{cases}$$

$$XN_{il} = \begin{cases} 1, \text{waiters l libur pada hari i setelah mendapat shift malam} \\ 0, \text{waiters l tidak libur pada hari i setelah mendapat shift malam} \end{cases}$$

$$XN_{im} = \begin{cases} 1, \text{waiters m libur pada hari i setelah bekerja shift malam} \\ 0, \text{waiters m tidak libur pada hari i setelah bekerja shift malam} \end{cases}$$

Kendala ini merupakan kerangka utama dari penjadwalan yang nantinya akan terbentuk. Berikut adalah permodelan kendala utama yang terdapat di Hotel 'X' :

i. Waiters wanita tidak boleh bekerja di shift malam

$\sum_{i=1}^{31} NJ_{ij} = 0$; j = 1, 2, 3, 4, 5
$\sum_{i=1}^{31} NJ_{ik} = 0$; k = 7, 8, 9, 10
$\sum_{i=1}^{31} NJ_{il} = 0$; l = 20
$\sum_{i=1}^{31} NJ_{im} = 0$; m = 31, 32

ii. Memastikan ketersediaan minimal pekerja pada setiap shift untuk semua unit

ISBN 978-623-92050-0-3

a. Jumlah minimum waiters yang bertugas pada shift pagi di bagian lifestyle, asian, western, dan japanese dengan model matematika

$\sum_{j=1}^{6} ML_{ij} \geq 1$
$\sum_{k=7}^{19} MA_{ik} \geq 2$
$\sum_{l=20}^{30} MW_{im} \geq 3$
$\sum_{m=31}^{36} MJ_{il} \geq 2$
Untuk i = 1, 2, ..., 31

b. Jumlah minimum waiters yang bertugas pada shift sore di bagian lifestyle, asian, western, dan japanese dengan model matematika

$\sum_{j=1}^{6} EL_{ij} \geq 2$
$\sum_{k=7}^{19} EA_{ik} \geq 2$
$\sum_{l=20}^{30} EW_{il} \geq 2$
$\sum_{m=31}^{36} EJ_{im} \geq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31

c. Jumlah minimum waiters yang bertugas pada shift malam di bagian lifestyle, asian, western, dan japanese dengan model matematika

$$\sum_{j=1}^{6} NJ_{ij} + \sum_{k=7}^{19} NJ_{ik} + \sum_{l=20}^{30} NJ_{il} + \sum_{m=31}^{36} NJ_{im} \geq 2$$

$\forall$ i = 1, 2, ..., 31

d. Memastikan setiap waiters hanya mendapat 1 shift kerja dalam 1 hari

a. Pada bagian lifestyle
$ML_{ij} + EL_{ij} + NJ_{ij} + X_{ij} + XN_{ij} = 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 1, 2, ..., 6
b. Pada bagian asian
$MA_{ik} + EA_{ik} + NJ_{ik} + X_{ik} + XN_{ik} = 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ k = 7, 8, ..., 19
c. Pada bagian western
$MW_{il} + EW_{il} + NJ_{il} + X_{il} + XN_{il} = 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ l = 20, 21, ..., 30
d. Pada bagian japanese
$MJ_{im} + EJ_{im} + NJ_{im} + X_{im} + XN_{im} = 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ m = 31, 32, ..., 36

e. Memastikan setelah waiters pria mendapat shift malam, ia tidak mendapat shift pagi, sore ataupun libur di hari berikutnya

a. Pada bagian lifestyle
$NJ_{ij}+ML_{ij} \leq 1$
$NJ_{ij}+EL_{ij} \leq 1$
$NJ_{ij}+X_{ij} \leq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 1, 2, ..., 6
b. Pada bagian asian
$NJ_{ik}+MA_{ik} \leq 1$
$NJ_{ik}+EA_{ik} \leq 1$
$NJ_{ik}+X_{ik} \leq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ k = 7, 8, ..., 19

c. Pada bagian western
$NJ_{il}+MW_{il} \leq 1$
$NJ_{il}+EW_{il} \leq 1$
$NJ_{il}+X_{il} \leq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ l = 20, 21, ..., 30
d. Pada bagian japanese
$NJ_{im}+MA_{im} \leq 1$
$NJ_{im}+EA_{im} \leq 1$
$NJ_{im}+X_{im} \leq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ m = 31, 32, ..., 36

f. Maximal shift kerja yang berturut-turut dalam 1 minggu

a. Shift pagi maximal 6 kali berturut turut dalam 1 minggu
$ML_{ij} + ML_{(i+1,j)} + ML_{(i+2,j)} + ML_{(i+3,j)} + ML_{(i+4,j)} + ML_{(i+5,j)} + ML_{(i+6,j)} \leq 6$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 1, 2, ..., 6
$MA_{ik} + MA_{(i+1,k)} + MA_{(i+2,k)} + MA_{(i+3,k)} + MA_{(i+4,k)} + MA_{(i+5,k)} + MA_{(i+6,k)} \leq 6$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ k = 7, 8, ..., 19
$MW_{il} + MW_{(i+1,l)} + MW_{(i+2,l)} + MW_{(i+3,l)} + MW_{(i+4,l)} + MW_{(i+5,l)} + MW_{(i+6,l)} \leq 6$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ l = 20, 21, ..., 30
$MJ_{im} + MJ_{(i+1,m)} + MJ_{(i+2,m)} + MJ_{(i+3,m)} + MJ_{(i+4,m)} + MJ_{(i+5,m)} + MJ_{(i+6,m)} \leq 6$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ m = 31, 32, ..., 36
b. Shift sore maximal 6 kali berturut-turut dalam 1 minggu
$EL_{ij} + EL_{(i+1,j)} + EL_{(i+2,j)} + EL_{(i+3,j)} + EL_{(i+4,j)} + EL_{(i+5,j)} + EL_{(i+6,j)} \leq 6$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 1, 2, ..., 6
$EA_{ik} + EA_{(i+1,k)} + EA_{(i+2,k)} + EA_{(i+3,k)} + EA_{(i+4,k)} + EA_{(i+5,k)} + EA_{(i+6,k)} \leq 6$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ k = 7, 8, ..., 19
$EW_{il} + EW_{(i+1,l)} + EW_{(i+2,l)} + EW_{(i+3,l)} + EW_{(i+4,l)} + EW_{(i+5,l)} + EW_{(i+6,l)} \leq 6$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ l = 20, 21, ..., 30
$EJ_{im} + EJ_{(i+1,m)} + EJ_{(i+2,m)} + EJ_{(i+3,m)} + EJ_{(i+4,m)} + EJ_{(i+5,m)} + EJ_{(i+6,m)} \leq 6$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ m = 31, 32, ..., 36
c. Shift malam maximal 5 kali berturut-turut dalam 1 minggu
$NJ_{ij} + NJ_{(i+1,j)} + NJ_{(i+2,j)} + NJ_{(i+3,j)} + NJ_{(i+4,j)} + NJ_{(i+5,j)} + NJ_{(i+6,j)} \leq 5$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 1, 2, ..., 6
$NJ_{ik} + NJ_{(i+1,k)} + NJ_{(i+2,k)} + NJ_{(i+3,k)} + NJ_{(i+4,k)} + NJ_{(i+5,k)} + NJ_{(i+6,k)} \leq 5$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ k = 7, 8, ..., 19
$NJ_{il} + NJ_{(i+1,l)} + NJ_{(i+2,l)} + NJ_{(i+3,l)} + NJ_{(i+4,l)} + NJ_{(i+5,l)} + NJ_{(i+6,l)} \leq 5$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ l = 20, 21, ..., 30

ISBN 978-623-92050-0-3

$NJ_{im} + NJ_{(i+1,m)} + NJ_{(i+2,m)} + NJ_{(i+3,m)} + NJ_{(i+4,m)} + NJ_{(i+5,m)} + NJ_{(i+6,m)} \leq 5$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ m = 31, 32, ..., 36

g. Waiters bekerja maksimal 6 hari dengan minimal libur 1 hari dalam 1 minggu

$X_{ij} + X_{(i+1,j)} + X_{(i+2,j)} + X_{(i+3,j)} + X_{(i+4,j)} + X_{(i+5,j)} + X_{(i+6,j)} \geq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 1, 2, ..., 6
$X_{ik} + X_{(i+1,k)} + X_{(i+2,k)} + X_{(i+3,k)} + X_{(i+4,k)} + X_{(i+5,k)} + X_{(i+6,k)} \geq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ k = 7, 8, ..., 19
$X_{il} + X_{(i+1,l)} + X_{(i+2,l)} + X_{(i+3,l)} + X_{(i+4,l)} + X_{(i+5,l)} + X_{(i+6,l)} \geq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ l = 20, 21, ..., 30
$X_{im} + X_{(i+1,m)} + X_{(i+2,m)} + X_{(i+3,m)} + X_{(i+4,m)} + X_{(i+5,m)} + X_{(i+6,m)} \geq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ m = 31, 32, ..., 36
$XN_{ij} + XN_{(i+1,j)} + XN_{(i+2,j)} + XN_{(i+3,j)} + XN_{(i+4,j)} + XN_{(i+5,j)} + XN_{(i+6,j)} \geq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 1, 2, ..., 6
$XN_{ik} + XN_{(i+1,k)} + XN_{(i+2,k)} + XN_{(i+3,k)} + XN_{(i+4,k)} + XN_{(i+5,k)} + XN_{(i+6,k)} \geq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ k = 7, 8, ..., 19
$XN_{il} + XN_{(i+1,l)} + XN_{(i+2,l)} + XN_{(i+3,l)} + XN_{(i+4,l)} + XN_{(i+5,l)} + XN_{(i+6,l)} \geq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ l = 20, 21, ..., 30
$XN_{im} + XN_{(i+1,m)} + XN_{(i+2,m)} + XN_{(i+3,m)} + XN_{(i+4,m)} + XN_{(i+5,m)} + XN_{(i+6,m)} \geq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ m = 31, 32, ..., 36

h. Waiters yang mendapat shift pagi, sore ataupun libur, tidak boleh mendapatkan libur malam di hari berikutnya.

a. Pada bagian lifestyle
$ML_{ij} + XN_{ij} \leq 1$
$EL_{ij} + XN_{ij} \leq 1$
$X_{ij} + XN_{ij} \leq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 1, 2, ..., 6
b. Pada bagian asian
$MA_{ik} + XN_{ik} \leq 1$
$EA_{ik} + XN_{ik} \leq 1$
$X_{ik} + XN_{ik} \leq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ k = 7, 8, ..., 19
c. Pada bagian western
$MW_{il} + XN_{il} \leq 1$
$EW_{il} + XN_{il} \leq 1$
$X_{il} + XN_{il} \leq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ l = 20, 21, ..., 30
d. Pada bagian japanese
$MJ_{im} + XN_{im} \leq 1$
$EJ_{im} + XN_{im} \leq 1$
$X_{im} + XN_{im} \leq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ m = 31, 32, ..., 36

i. Waiters yang mendapatkan libur malam harus mendapatkan libur dihari berikutnya

a. Pada bagian lifestyle
$XN_{ij} + ML_{ij} \leq 1$
$XN_{ij} + EL_{ij} \leq 1$
$XN_{ij} + NJ_{ij} \leq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 1, 2, ..., 6
b. Pada bagian asian
$XN_{ik} + MA_{ik} \leq 1$
$XN_{ik} + EA_{ik} \leq 1$
$XN_{ik} + NJ_{ik} \leq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ k = 7, 8, ..., 19
c. Pada bagian western
$XN_{il} + MW_{il} \leq 1$
$XN_{il} + EW_{il} \leq 1$
$XN_{il} + NJ_{il} \leq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ l = 20, 21, ..., 30
d. Pada bagian japanese
$XN_{im} + MJ_{im} \leq 1$
$XN_{im} + EJ_{im} \leq 1$
$XN_{im} + NJ_{im} \leq 1$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ m = 31, 32, ..., 36

j. Kendala untuk Waiters Khusus

Kendala waiters adalah batasan yang terbentuk karena adanya kebutuhan khusus atau permintaan dari waiters untuk penjadwalan di bulan tersebut.

i. Waiters 3 selalu masuk shift sore setiap mendapat giliran kerja

$$\sum_{i=1}^{31} ML_{i3} = 0$$

ii. Waiters 5 dan 9 tidak dapat bekerja selama 1 bulan

$$\sum_{i=1}^{31} X_{i5} = 31$$

$$\sum_{i=1}^{31} X_{i9} = 31$$

iii. Waiters 23, 32, dan 34 selalu masuk shift pagi setiap mendapat giliran kerja

$$\sum_{i=1}^{31} EJ_{im} + NJ_{im} = 0$$

m = 23, 32 dan 34

k. Kendala Tambahan

Kendala tambahan merupakan batasan yang terbentuk dari peraturan yang masih memiliki bias dan bersifat tidak pasti dalam penerapannya, namun peraturan tersebut selalu

ISBN 978-623-92050-0-3

diusahakan untuk dapat dipenuhi dalam pembuatan jadwal di Hotel 'X'.

i. Diharapkan minimal setiap waiters mendapat 20 hari kerja dalam 1 bulan

$$\sum_{i=1}^{31} ML_{ij} + EL_{ij} + NJ_{ij} \geq 20$$
$\forall$ j = 1, 2, ..., 6
$$\sum_{i=1}^{31} MA_{ik} + EA_{ik} + NJ_{ik} \geq 20$$
$\forall$ k = 7, 8, ..., 19
$$\sum_{i=1}^{31} MW_{il} + EW_{il} + NJ_{il} \geq 20$$
$\forall$ l = 20, 21, ..., 30
$$\sum_{i=1}^{31} MJ_{im} + EJ_{im} + NJ_{im} \geq 20$$
$\forall$ m = 31, 32, ..., 36

ii. Diharapkan maksimal setiap waiters mendapat 25 hari kerja dalam 1 bulan

$$\sum_{i=1}^{31} ML_{ij} + EL_{ij} + NJ_{ij} \leq 25$$
$\forall$ j = 1, 2, ..., 6
$$\sum_{i=1}^{31} MA_{ik} + EA_{ik} + NJ_{ik} \leq 25$$
$\forall$ k = 7, 8, ..., 19
$$\sum_{i=1}^{31} MW_{il} + EW_{il} + NJ_{il} \leq 25$$
$\forall$ l = 20, 21, ..., 30
$$\sum_{i=1}^{31} MJ_{im} + EJ_{im} + NJ_{im} \leq 25$$
$\forall$ m = 31, 32, ..., 36

iii. Waiters tidak mendapat pola libur-masuk-libur

$X_{ij} + ML_{(i+1,j)} + EL_{(i+1,j)} + NJ_{(i+1,j)} + X_{(i+2,j)} \leq 2$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 1, 2, ..., 6
$X_{ik} + MA_{(i+1,k)} + EA_{(i+1,k)} + NJ_{(i+1,k)} + X_{(i+2,k)} \leq 2$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 7, 8, ..., 19
$X_{il} + MW_{(i+1,l)} + EW_{(i+1,l)} + NJ_{(i+1,l)} + X_{(i+2,l)} \leq 2$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 20, 21, ..., 30
$X_{im} + MJ_{(i+1,m)} + EJ_{(i+1,m)} + NJ_{(i+1,m)} + X_{(i+2,m)} \leq 2$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 31, 32, ..., 36

iv. Diharapkan minimal pekerja untuk setiap shift dalam 1 hari

a. Untuk shift pagi adalah 10 orang

$$\sum_{j=1}^{6} ML_{ij} + \sum_{k=7}^{19} MA_{ik} + \sum_{l=20}^{30} MW_{il} + \sum_{m=31}^{36} MJ_{im} \geq 10$$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31

b. Untuk shift sore adalah 8 orang

$$\sum_{j=1}^{6} EL_{ij} + \sum_{k=7}^{19} EA_{ik} + \sum_{l=20}^{30} EW_{il} + \sum_{m=31}^{36} EJ_{im} \geq 8$$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31

c. Untuk shift malam adalah 2 orang

$$\sum_{j=1}^{6} NJ_{ij} + \sum_{k=7}^{19} NJ_{ik} + \sum_{l=20}^{30} NJ_{il} + \sum_{m=31}^{36} NJ_{im} \geq 2$$
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31

l. Formulasi Goal Programming

Formulasi Goal Programming merupakan batasan yang dibentuk dengan tujuan untuk meminimumkan penyimpangan yang terjadi pada kebijakan tersebut. Pada batasan tersebut terdapat deviasi positif dan negatif untuk dapat melakukan pengurangan terhadap penyimpangan.

i. Diharapkan minimal setiap waiters mendapat 20 hari kerja dalam 1 bulan

$$\sum_{i=1}^{31} ML_{ij} + EL_{ij} + NJ_{ij} + a_{1j} - g_{1j} = 20$$
$\forall$ j = 1, 2, ..., 6
$$\sum_{i=1}^{31} MA_{ik} + EA_{ik} + NJ_{ik} + a_{2j} - g_{2j} = 20$$
$\forall$ k = 7, 8, ..., 19
$$\sum_{i=1}^{31} MW_{il} + EW_{il} + NJ_{il} + a_{3j} - g_{3j} = 20$$
$\forall$ l = 20, 21, ..., 30
$$\sum_{i=1}^{31} MJ_{im} + EJ_{im} + NJ_{im} + a_{4j} - g_{4j} = 20$$
Untuk m = 31, 32, ..., 36

ii. Diharapkan maksimal setiap waiters mendapat 25 hari kerja dalam 1 bulan

$$\sum_{i=1}^{31} ML_{ij} + EL_{ij} + NJ_{ij} + a_{5j} - g_{5j} = 25$$
$\forall$ j = 1, 2, ..., 6
$$\sum_{i=1}^{31} MA_{ik} + EA_{ik} + NJ_{ik} + a_{6j} - g_{6j} = 25$$
$\forall$ j = 7, 8, ..., 19
$$\sum_{i=1}^{31} MW_{il} + EW_{il} + NJ_{il} + a_{7j} - g_{7j} = 25$$

ISBN 978-623-92050-0-3

$\forall$ j = 20, 21, ..., 30

$$\sum_{i=1}^{31} MJ_{im} + EJ_{im} + NJ_{im} + a_{8j} - g_{8j} = 25$$

$\forall$ j = 31, 32, ..., 36

iii. Diharapkan waiters tidak mendapat pola libur-masuk-libur

Xij + ML(i+1,j) + EL(i+1,j) + NJ(i+1,j) + X(i+2,j) + a9ij + g9ij = 2
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 1, 2, ..., 6

Xik + MA(i+1,k) + EA(i+1,k) + NJ(i+1,k) + X(i+2,k) + a10ij + g10ij = 2
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 7, 8, ..., 19

Xil + MW(i+1,l) + EW(i+1,l) + NJ(i+1,l) + X(i+2, l) + a11ij + g11ij = 2
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 20, 21, ..., 30

Xim + MJ(i+1,m) + EJ(i+1,m) + NJ(i+1,m) + X(i+2,m) + a12ij + g12ij = 2
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31 dan $\forall$ j = 31, 32, ..., 36

iv. Diharapkan minimal pekerja untuk setiap shift dalam 1 hari

a. Untuk shift pagi adalah 10 orang

$$\sum_{j=1}^{6} ML_{ij} + \sum_{k=7}^{19} MA_{ik} + \sum_{j=20}^{30} MW_{il} + \sum_{j=31}^{36} MJ_{im} + a_{13i} - g_{13i} = 10$$

$\forall$ i = 1, 2, ..., 31

b. Untuk shift sore adalah 8 orang

$$\sum_{j=1}^{6} EL_{ij} + \sum_{k=7}^{19} EA_{ik} + \sum_{l=20}^{30} EW_{il} + \sum_{m=31}^{36} EJ_{im} + a_{14i} - g_{14i} = 8$$

$\forall$ i = 1, 2, ..., 31

c. Untuk shift malam adalah 2 orang

$$\sum_{j=1}^{6} NJ_{ij} + \sum_{k=7}^{19} NJ_{ik} + \sum_{l=20}^{30} NJ_{il} + \sum_{m=31}^{36} NJ_{im} + a_{15i} - g_{15i} = 2$$

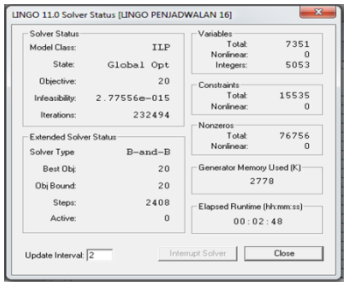
$\forall$ i = 1, 2, ..., 31

5. Fungsi Tujuan

Min = $\sum_{j=1}^{6} a_{1j} + \sum_{j=7}^{19} a_{2j} + \sum_{j=20}^{30} a_{3j} + \sum_{j=31}^{36} a_{4j} + \sum_{j=1}^{6} g_{5j} + \sum_{j=7}^{19} g_{6j} + \sum_{j=20}^{30} g_{7j} + \sum_{j=31}^{36} g_{8j} + \sum_{j=1}^{6} g_{9ij} + \sum_{j=7}^{19} g_{10ij} + \sum_{j=20}^{30} g_{11ij} + \sum_{j=31}^{36} g_{12ij} + \sum_{i=1}^{31} a_{13i} + \sum_{i=1}^{31} a_{14i} + \sum_{i=1}^{31} a_{15i}$

- Model LINGO

Untuk memasukkan permodelan matematis ke software LINGO, dibutuhkan pendefinisian set, dimana set yang didefinisikan adalah hari penjadwalan, waiters di setiap bagian restaurant, waiters khusus, dan juga gabungan indeks hari dengan waiters. Setiap sets harus mendefinisikan semua variabel keputusan dan juga indeks yang akan digunakan pada permodelan LINGO. Setelah sets selesai dibuat, kita dapat memasukkan model matematis sebagai batasan dan juga tujuan dari pengoptimalan yang akan dilakukan. Permodelan matematis yang telah dibuat harus dikonversikan ke dalam bahasa pemrograman LINGO untuk dapat dioptimalkan dengan software tersebut. Hal mendasar yang perlu diketahui ketika melakukan pengubahan tersebut adalah penggunaan @sum sebagai pengganti $\sum$ dan @for sebagai pengganti $\forall$. Dalam software LINGO, penggunaan tanda " ; " dan "( )" bersifat sangat krusial atau sensitif, karena ketika penggunaannya berlebihan atau kurang maka akan langsung terjadi error. Setelah permodelan matematis sudah di input ke dalam LINGO, akan dilakukan solving atau penyelesaian untuk melihat hasil yang mendekati optimal menurut LINGO. Berikut adalah hasil yang dikeluarkan ketika penyelesaian telah berhasil dilakukan :



Gambar 1. Output Penyelesaian LINGO

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL 1. JADWAL KERJA *WAITERS* DENGAN LINGO

No	JK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	M	E	N	
Life Style & Pastry																																				
1	P	M	M	X	E	M	E	M	X	E	E	E	M	M	M	X	M	E	X	E	M	E	M	E	X	E	E	M	E	M	E	X	12	13	0	25
2	P	E	X	E	M	E	X	E	E	M	M	M	E	X	E	M	E	E	E	M	X	E	E	M	M	X	X	E	E	E	M	M	10	15	0	25
3	P	X	E	E	X	E	E	E	E	E	X	E	E	E	E	E	E	X	E	E	E	X	E	E	E	E	E	X	E	E	E		0	25	0	25
4	P	E	E	M	E	M	M	X	M	M	E	X	M	E	E	E	X	M	M	E	E	M	M	X	E	M	M	X	M	M	X	E	14	11	0	25
5	P	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0
6	L	N	N	N	N	N	XN	X	X	N	N	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	N	XN	X	N	N	0	0	22	22
Asian & Middle East																																				
7	P	M	M	M	X	X	E	M	E	X	E	M	X	M	E	E	X	M	M	X	M	E	M	X	X	X	X	M	E	E	X	E	11	9	0	20
8	P	M	M	X	M	M	X	M	M	E	E	M	X	X	X	M	X	E	M	X	M	M	X	X	X	M	E	E	E	M	X	E	13	7	0	20
9	P	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0
10	P	X	E	M	X	X	X	X	M	M	M	M	X	E	M	X	X	E	E	M	X	M	E	M	X	M	M	X	M	E	M	E	13	7	0	20
11	L	M	M	M	X	X	M	E	E	E	E	X	X	E	M	M	X	X	E	M	M	X	E	M	M	X	E	E	E	E	E	X	10	12	0	22
12	L	X	E	E	E	E	X	X	M	M	M	X	M	M	E	X	M	M	M	E	X	E	M	E	X	E	M	X	M	M	M	E	13	10	0	23
13	L	X	E	M	E	E	E	M	X	X	M	E	E	X	X	M	E	X	X	M	M	X	X	M	E	M	M	E	E	X	M	E	10	11	0	21
14	L	E	M	E	X	X	E	M	E	X	X	X	E	E	X	X	M	M	M	X	E	M	M	X	E	M	M	E	M	X	X	M	11	9	0	20
15	L	X	E	E	X	M	M	X	X	X	M	M	M	X	X	E	E	X	M	M	X	M	E	E	M	E	X	E	E	E	M	X	10	10	0	20
16	L	X	X	E	E	X	M	E	M	X	X	X	M	M	M	X	E	M	E	M	M	E	X	M	M	X	E	M	M	M	M	X	14	7	0	21
17	L	E	M	M	M	X	X	X	X	M	M	E	M	X	X	X	X	M	E	E	E	M	X	E	M	E	E	X	M	M	E	M	12	9	0	21
18	L	X	X	X	N	N	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	N	N	XN	X	0	0	20	20
19	L	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	N	XN	X	E	N	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	N	0	1	22	23
1	P	M	M	X	E	M	E	M	X	E	E	E	M	M	M	X	M	E	X	E	M	E	M	E	X	E	E	M	E	M	E	X	12	13	0	25
2	P	E	X	E	M	E	X	E	E	M	M	M	E	X	E	M	E	E	E	M	X	E	E	M	M	X	X	E	E	E	M	M	10	15	0	25
3	P	X	E	E	X	E	E	E	E	E	X	E	E	E	E	E	E	X	E	E	E	X	E	E	E	E	E	X	E	E	E		0	25	0	25
4	P	E	E	M	E	M	M	X	M	M	E	X	M	E	E	E	X	M	M	E	E	M	M	X	E	M	M	X	M	M	X	E	14	11	0	25
5	P	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0
6	L	N	N	N	N	N	XN	X	X	N	N	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	N	XN	X	N	N	0	0	22	22
Asian & Middle East																																				
7	P	M	M	M	X	X	E	M	E	X	E	M	X	M	E	E	X	M	M	X	M	E	M	X	X	X	X	M	E	E	X	E	11	9	0	20
8	P	M	M	X	M	M	X	M	M	E	E	M	X	X	X	M	X	E	M	X	M	M	X	X	X	M	E	E	E	M	X	E	13	7	0	20
9	P	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0
10	P	X	E	M	X	X	X	X	M	M	M	M	X	E	M	X	X	E	E	M	X	M	E	M	X	M	M	X	M	E	M	E	13	7	0	20
11	L	M	M	M	X	X	M	E	E	E	E	X	X	E	M	M	X	X	E	M	M	X	E	M	M	X	E	E	E	E	E	X	10	12	0	22
12	L	X	E	E	E	E	X	X	M	M	M	X	M	M	E	X	M	M	M	E	X	E	M	E	X	E	M	X	M	M	M	E	13	10	0	23
13	L	X	E	M	E	E	E	M	X	X	M	E	E	X	X	M	E	X	X	M	M	X	X	M	E	M	M	E	E	X	M	E	10	11	0	21
14	L	E	M	E	X	X	E	M	E	X	X	X	E	E	X	X	M	M	M	X	E	M	M	X	E	M	M	E	M	X	X	M	11	9	0	20
15	L	X	E	E	X	M	M	X	X	X	M	M	M	X	X	E	E	X	M	M	X	M	E	E	M	E	X	E	E	E	M	X	10	10	0	20
16	L	X	X	E	E	X	M	E	M	X	X	X	M	M	M	X	E	M	E	M	M	E	X	M	M	X	E	M	M	M	M	X	14	7	0	21
17	L	E	M	M	M	X	X	X	X	M	M	E	M	X	X	X	X	M	E	E	E	M	X	E	M	E	E	X	M	M	E	M	12	9	0	21
18	L	X	X	X	N	N	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	N	XN	X	0	0	20	20
19	L	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	N	XN	X	E	N	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	N	XN	X	N	N	N	N	N	0	1	22	23

TABEL 1. JADWAL KERJA *WAITERS* DENGAN LINGO (LANJUTAN)

No	JK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	M	E	N	
Western Section																																				
20	P	M	M	E	X	M	E	M	X	M	M	M	E	M	E	X	X	M	M	X	M	M	E	E	M	E	X	E	M	E	E	E	14	11	0	25
21	L	M	X	E	M	E	X	E	E	X	E	M	E	X	X	X	E	E	X	E	E	M	M	X	X	X	E	M	E	M	M	X	8	12	0	20
22	L	X	E	M	X	X	M	E	E	M	X	X	E	M	M	M	X	X	E	E	E	X	M	M	M	M	X	X	E	M	X	E	11	9	0	20
23	L	M	M	M	X	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	X	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	25	0	0	25
24	L	E	X	X	X	E	E	M	M	X	M	M	M	X	M	M	X	M	E	E	X	E	E	X	X	M	M	E	X	E	E	X	10	10	0	20
25	L	E	X	E	E	M	X	X	M	M	E	E	E	E	X	E	E	E	E	E	E	X	X	X	X	X	E	E	E	M	M	X	5	16	0	21
26	L	X	X	M	M	X	E	M	X	E	E	M	X	E	M	M	X	E	E	M	X	X	E	M	M	X	M	M	X	X	E	E	11	9	0	20
27	L	X	X	M	M	E	E	M	X	E	M	X	X	X	E	E	X	M	M	M	M	M	X	E	E	X	X	E	M	E	M	E	11	10	0	21
28	L	M	E	M	X	X	X	E	M	X	X	E	E	E	M	E	M	X	E	M	X	X	M	M	M	E	X	M	M	X	X	M	12	8	0	20
29	L	E	E	E	E	M	M	X	M	M	X	E	M	E	X	X	M	E	X	X	E	E	X	E	E	M	M	X	M	E	X	M	10	12	0	22
30	L	M	M	X	M	M	M	X	X	E	M	E	X	X	E	E	M	X	M	E	X	M	E	X	E	M	X	E	E	M	X	X	11	9	0	20
Japanese Station																																				
31	P	M	E	X	E	M	E	M	E	X	X	E	E	E	X	M	E	E	M	X	E	E	X	E	M	M	X	M	E	M	X	M	10	13	0	23
32	P	M	M	X	M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	X	M	M	M	M	X	M	M	X	M	M	M	X	M	M	M	M	M	24	0	0	24
33	L	E	X	E	E	E	X	M	M	M	E	E	X	X	M	M	M	X	E	M	M	X	M	M	M	X	E	M	E	M	M	E	14	10	0	24
34	L	M	X	M	M	M	X	M	M	M	M	X	M	M	M	M	X	M	M	M	M	X	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	24	0	0	24
35	L	E	M	X	E	M	X	E	E	E	M	X	X	M	E	M	M	X	M	E	E	M	E	X	E	E	M	E	X	X	E	E	9	14	0	23
36	L	M	X	M	M	M	M	M	E	X	M	E	M	M	M	E	X	M	M	M	E	X	X	E	E	E	X	X	X	E	M	M	15	8	0	23
	m	13	11	13	10	14	10	15	12	12	14	12	11	10	12	12	10	12	15	12	12	13	11	12	14	12	10	11	13	15	14	10				
	e	9	10	11	10	8	10	8	10	8	9	11	10	11	9	9	8	9	12	11	11	8	10	10	9	9	9	13	13	11	8	13				
	n	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2				
	x	12	13	10	13	12	13	11	12	13	11	10	13	13	12	13	15	13	6	11	10	12	13	11	11	12	15	9	7	8	11	11				
	xn	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0				

Catatan : m : *morning* | e : *evening* | n : *night* | x : libur | xn : libur setelah *shift* malam

III. ANALISIS

Pada bagian analisis akan dilakukan perbandingan antara jadwal awal Hotel ‘X’ dengan jadwal baru yang telah dioptimalkan dengan *software* LINGO. Berikut ini adalah jadwal awal Hotel ‘X’ :

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL 2. JADWAL AWAL HOTEL 'X'

No	JK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	m	e	n	Jumlah
Life Style & Pastry																																				
1	P	X	M	M	M	M	X	X	M	M	E	E	E	X	M	M	M	M	M	M	X	E	E	E	E	E	E	X	E	E	E	X	12	12	0	24
2	P	E	E	E	X	X	E	E	E	E	X	E	X	E	E	E	X	E	E	X	E	E	E	E	E	E	X	E	E	X	E	E	0	22	0	22
3	P	E	X	E	E	E	E	E	E	X	X	E	E	E	E	E	X	E	E	E	E	E	E	X	E	E	E	E	E	E	X	E	0	24	0	24
4	P	E	E	E	E	E	X	X	E	X	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	18	6	0	24
5	P	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	0	0	0	0
6	L	N	N	N	X	X	M	M	M	E	X	X	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	E	E	E	X	M	16	4	3	23
Asian & Middle East																																				
7	P	M	X	X	E	E	E	E	E	X	E	E	E	E	E	E	X	E	E	E	E	E	E	X	M	M	M	M	M	M	X	M	8	17	0	25
8	P	E	E	X	X	M	X	E	E	E	E	X	E	E	E	E	X	E	E	E	E	E	E	X	E	E	E	E	E	E	X		1	23	0	24
9	P	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	0	0	0	0
10	P	X	X	X	M	M	M	X	X	X	X	X	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	X	X	X	M	M	M	X	M	17	0	0	17
11	L	E	E	E	E	M	X	X	M	N	N	N	N	X	X	E	E	E	E	E	E	X	N	N	N	N	X	X	X	N	N	N	2	10	11	23
12	L	X	X	X	X	M	E	E	X	E	E	E	E	E	E	X	E	E	N	N	N	X	X	E	E	E	E	E	X	M	M	M	4	15	1	20
13	L	M	X	M	M	X	M	M	M	M	X	X	X	N	N	N	N	N	X	X	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	18	0	5	23
14	L	E	E	E	X	X	E	E	E	E	E	X	X	E	E	E	E	E	E	X	E	E	E	N	N	N	X	X	E	X	E	E	0	20	3	23
15	L	X	E	E	X	E	E	E	X	X	E	E	N	N	X	X	E	E	E	E	E	X	E	E	E	E	E	X	E	N	N		0	19	4	23
16	L	M	M	X	E	N	N	N	N	X	X	X	M	M	M	M	M	X	E	E	N	N	N	N	X	X	N	N	N	N	X	X	7	3	12	22
17	L	X	N	N	N	N	N	X	X	X	E	E	E	E	E	E	E	X	E	E	E	E	E	E	X	E	E	E	E	E	E	X	E	0	19	5	24
18	L	X	M	M	M	M	M	M	X	X	N	N	N	N	N	X	X	M	M	M	M	M	M	X	X	M	M	E	X	X	M	M	X	15	1	5	21
19	L	X	X	M	M	M	X	X	X	X	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	X	M	M		21	0	0	21

TABEL 2. JADWAL AWAL HOTEL 'X'(LANJUTAN)

No	JK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	m	e	n	Jumlah
Western Section																																				
20	P	M	E	E	E	E	X	X	E	E	E	E	E	E	X	E	E	E	E	E	X	E	E	E	E	E	E	X	E	E	E	E	1	25	0	26
21	L	N	N	X	X	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	N	N	N	X	X	19	0	5	24
22	L	N	N	N	N	X	X	M	M	E	E	E	E	X	X	M	M	M	M	M	M	X	M	E	E	E	E	X	M	M	M	M	13	8	4	25
23	L	M	X	M	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	X	M	M	M	22	0	0	22
24	L	M	M	M	X	M	N	N	N	N	X	X	M	M	M	X	X	X	X	X	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	18	0	4	22
25	L	X	E	E	E	E	E	E	X	X	E	E	E	E	E	X	N	N	N	N	N	X	X	E	E	E	E	E	E	X	E	E	0	19	5	24
26	L	E	E	E	E	X	E	N	N	N	X	X	X	E	E	E	E	E	E	X	E	N	N	N	X	X	E	E	E	X	E	E	0	17	6	23
27	L	X	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	E	E	E	20	3	0	23
28	L	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	X	M	M	M	X	M	M	M	M	25	0	0	25
29	L	E	X	E	N	N	N	N	X	X	E	X	X	X	E	E	X	E	E	E	E	E	E	E	X	N	N	N	X	X	E	E	E	0	14	7	21
30	L	E	E	E	E	X	X	E	E	E	E	E	X	N	N	N	N	N	X	X	E	E	E	E	E	E	X	E	E	E	N	N	0	18	7	25
Japanese Station																																				
31	P	E	E	X	E	E	E	E	E	E	X	E	M	E	E	E	E	X	E	E	E	E	X	E	X	E	E	E	E	E	E	X	1	24	0	25
32	P	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	26	0	0	26
33	L	M	M	M	X	X	M	M	M	M	M	X	M	N	N	N	N	X	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	X		20	0	4	24
34	L	M	M	M	X	X	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M		24	0	0	24
35	L	X	X	X	E	E	X	M	M	M	M	E	X	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M	X	M		19	3	0	22
36	L	M	X	E	E	E	E	X	X	X	M	M	M	M	M	X	E	N	N	N	N	X	X	M	M	M	M	M	M	X	M	M		13	5	4	22
	m	10	9	11	8	12	9	9	11	10	9	8	13	9	12	13	13	13	14	14	12	12	13	13	15	13	13	10	11	13	13	15				
	e	10	11	12	12	9	10	9	9	10	12	12	9	10	11	12	9	11	13	9	12	11	11	10	10	12	12	11	12	11	10	9				
	n	3	4	3	3	3	4	4	3	3	2	3	3	4	4	3	4	4	2	2	4	2	3	4	3	3	2	2	2	3	3	3				
	x	11	10	8	10	9	11	11	11	11	10	10	8	10	7	6	8	6	4	7	6	9	7	7	6	6	6	11	9	7	8	7				

ISBN 978-623-92050-0-3

Pada jadwal awal banyak terjadi beberapa penyimpangan yang terjadi terhadap kebijakan Hotel 'X'.Berikut adalah perbandingan penyimpangan yang terjadi di penjadwalan awal dan penjadwalan yang telah dioptimalkan oleh LINGO :

TABEL 3. PERBANDINGAN JADWAL AWAL DAN JADWAL LINGO

No	Kendala-kendala	Jumlah Pelanggaran		Letak pelanggaran		Persentase Pemenuhan Kendala	
		Manual	Model	Hari ke-	*Waiters* ke-	Manual	Model
	Kendala Tambahan						
14	Diharapkan minimal hari kerja 20 hari dalam 1 bulan untuk setiap *waiters*	1	0	-	10	96%	100%
15	Diharapkan maksimal hari kerja 25 hari dalam 1 bulan untuk setiap *waiters*	3	0	-	20,28,32	90%	100%
16	Diharapkan tidak terjadi pola terisolasi (libur-kerja-libur)	6	0	-	2,4,8,14,29,31	81%	100%
17	Shift pagi : 10 orang	5	0	2,4,6,11,13	-	84%	100%
18	Shift sore : 8 orang	0	0	-	-	100%	100%
19	Shift malam : minimal 2 orang dan maksimal 4 orang	0	0	-	-	100%	100%

No	Kendala-kendala	Jumlah Pelanggaran		Letak pelanggaran		Persentase Pemenuhan Kendala	
		Manual	Model	Hari ke-	*Waiters* ke-	Manual	Model
	Kendala Utama						
1	Hanya pekerja pria yang dapat bekerja di shift malam	0	0	-	-	100%	100%
2	Lifestyle : shift pagi 1 orang	3	0	1,27,28	-	90%	100%
3	Lifestyle : shift sore 2 orang	3	0	10,16,19	-	90%	100%
4	Asian : shift pagi 2 orang	3	0	9,10,11	-	90%	100%
5	Asian : shift sore 2 orang	0	0	-	-	100%	100%
6	Western : shift pagi 3 orang	2	0	4 dan 10	-	93%	100%
7	Western : shift sore 2 orang	0	0	-	-	100%	100%
8	Japanese : shift pagi 2 orang	2	0	4 dan 5	-	93%	100%
9	Japanese : shift sore 1 orang	6	0	10,12,17, 22,24,31	-	81%	100%
10	Dalam satu hari hanya mendapatkan 1 shift kerja	0	0	-	-	100%	100%
11	Waiters yang mendapat shift malam harus mendapat libur 2 hari	0	0	-	-	100%	100%
12	Tidak mendapat shift pagi ataupun sore, setelah mendapat shift malam	0	0	-	-	100%	100%
13	Maksimal 6 hari kerja (shift pagi & sore) dan minimal 1 hari libur dalam 1 minggu	0	0	-	-	100%	100%

Berdasarkan tabel yang ada diatas, dapat dilihat bahwa pelanggaran masih terjadi kepada kebijakan 2,3,6,8,9,14,15,16, dan 17 pada penjadwalan awal. Pelanggaran terjadi pada jumlah hari kerja, pola libur-masuk libur dan sebagian besar pelanggaran yang terjadi adalah jumlah minimum *waiters* yang terdapat di suatu bagian dan pada suatu *shift*.

TABEL 4. RATA-RATA DAN STANDAR DEVIASI JADWAL AWAL DAN LINGO

Pekerja	Jadwal Lama		Jadwal Baru	
	Hari Kerja	Libur	Hari Kerja	Libur
1	24	7	25	6
2	23	8	25	6
3	25	6	25	6
4	24	7	25	6
5	-	-	-	-
6	23	8	22	9
7	25	6	20	11
8	24	7	20	11
9	-	-	-	-
10	17	14	20	11
11	23	8	22	9
12	22	9	23	8
13	23	8	21	10
14	23	8	20	11
15	23	8	20	11
16	22	9	21	10
17	24	7	21	10
18	21	10	20	11
19	21	10	23	8
20	26	5	25	6
21	24	7	20	11
22	25	6	20	11
23	24	7	25	6
24	22	9	20	11
25	24	7	21	10
26	23	8	20	11
27	25	6	21	10
28	26	5	20	11
29	21	10	22	9
30	25	6	20	11
31	25	6	23	8
32	26	5	24	7
33	24	7	24	7
34	25	6	24	7
35	22	9	23	8
36	23	8	23	8
Rata-rata	23,4	7,6	22,0	9,0
Std. Deviasi	1,8	1,8	1,9	1,9
Minimal	17	5	20	6
Maximal	26	14	25	11

Berdasarkan tabel 5.2., dapat dilihat bahwa rata-rata hari kerja dan libur pada jadwal lama adalah 23 hari kerja dan 8 hari libur, sedangkan pada jadwal LINGO adalah 22 hari kerja dan 9 hari libur.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berikut merupakan kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini :

a. Hasil penjadwalan yang terbentuk dari *software* LINGO dapat dikatakan lebih mendekati optimal dari penjadwalan awal dari Hotel 'X' secara manual karena sudah mampu memenuhi seluruh kendala utama, kendala tambahan dan kendala *waiters* yang terdapat pada Hotel 'X'.
b. Pada penjadwalan awal terdapat penyimpangan pada kebijakan minimal jumlah *waiters* di setiap bagian (sebanyak 6 penyimpangan di bagian

ISBN 978-623-92050-0-3

lifestyle, 3 penyimpangan di bagian *asian*, 2 penyimpangan di bagian *western*, dan 8 penyimpangan di bagian *japanese*), minimal hari kerja setiap *waiters* sebanyak 1 penyimpangan, maksimal hari kerja setiap *waiters* sebanyak 3 penyimpangan, pola libur-masuk-libur sebanyak 6 penyimpangan, dan minimal jumlah *waiters* dalam satu *shift* sebanyak 5 penyimpangan untuk *shift* pagi yang telah berhasil di optimalkan dengan penggunaan *software* LINGO hingga tidak terdapat penyimpangan lagi yang terjadi.

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka terdapat beberapa saran yang diberikan :

- Saran yang dapat diberikan untuk perusahaan adalah perusahaan dapat menggunakan jadwal yang dibuat dalam penelitian ini sebagai alternatif jadwal waiters karena jadwal yang dibuat dalam penelitian ini tidak terdapat penyimpangan didalamnya.
- Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengembangan terhadap kasus ataupun objek yang memiliki sistem penjadwalan yang berbeda, dimana penjadwalan tersebut membutuhkan pengotimalan dibidang lain selain pemerataan dengan mempertimbangkan faktor lainnya, seperti permintaan yang datang kepada perusahaan per hari.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Chinneck, John W. (2016). Practical Optimization : a Gentle Introduction. Ottawa : System and Computer Engineering Carleton University.
[2] Mulyono, S. (1991). Operations Research. Jakarta: Lembaga Penerbit FE-UI.
[3] Garfinkel, RS & Nemhauser, GL. (1972). Integer Programming. Jo Ghn Wiley & Sons. New York.
[4] Hillier, Frederick & Lieberman, Gerald J. (2010). Introduction to Operations Research. New York : Mcgraw-Hill Companies, Inc.
[5] Pangalajo. (2009). Pengertian Linear Programming. Jakarta: FMIPA Binus University.
[6] R.S. Damarjati. (1992). Istilah-istilah Dunia Pariwisata. Cetakan Keempat. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
[7] Sutrisno. (2007). Manajemen Keuangan: Teori, Konsep dan Aplikasi. Yogyakarta: Ekonisia.
[8] Suseno, & Dhuha, E. (2017). Penjadwalan Tenaga Kerja Untuk Tiga Shift Kerja Dengan Pengembangan Metode Algoritma Tibrewala, Philippe Dan Browne . Seminar Nasional Teknik Industri.
[9] Winston, W.L. (2007). Operations Research Applications and Algorithms 4th ed. Duxbury. New York
[10] Prahasti, S., Ratianingsih,R & Sahari,A. (2013). Merancang Model Penjadwalan Shift Kerja Resepsionis Hotel Dengan Menggunakan Metode Goal Programming (Studi Kasus: Swiss BelHotel Palu). JIMT Vol.10 No.1 Juni 2013 (Hal 55-64)
[11] Jenal, Ruzzakiah, Ismail, Wan Rosmanira, Yeun, Liong Choong, & Oughalime, Ahmed. (2011). A Cyclical Nurse Scheduling Using Goal Programming. ITB J. Sci, Vol. 43 A, No.3, 2011 (Hal 151-164)
[12] Siregar, Pratiwi, Saleh, Habibis & M.D.H. Gamal. (2015). Optimasi Penjadwalan Perawat dengan Program Gol Linear. Jurnal Sains Matematika dan Statistika, Vol. 1, No. 2, Juli 2015, ISSN 2460-4542.

ISBN 978-623-92050-0-3

Simulasi Pengelolaan Sampah Plastik di Kota Yogyakarta Berbasis Perilaku Masyarakat: Studi Literatur

1st Andana Dwi Aprilia Rakadiputra
Magister Departemen Teknik Mesin dan Industri,
Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, Indonesia
e-mail: andana.dwi.a@mail.ugm.ac.id

2nd Anna Maria Sri Asih, S.T., M.M, M.Sc., Ph.D.
Kepala Laboratorium Teknik Rantai Pasok dan Logistik,
Departemen Teknik Mesin dan Industri,
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
email: amsriasih@ugm.ac.id

***Abstrak*—Masalah mengenai sampah saat ini adalah masalah yang memiliki urgensi tinggi dalam hal pemerhatian, baik di dalam maupun luar negeri. Provinsi D.I Yogyakarta menempati urutan ke-13 dengan produksi sampah terbanyak dibandingkan daerah lainnya di Indonesia (600 ton sampah /hari, dengan 20% sampah plastik), dan Kota Yogyakarta sebagai kabupaten penyumbang terbanyak. Tiga hal utama yang menyebabkan masalah persampahan adalah pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan perubahan pola konsumsi masyarakat. Beberapa penelitian terkait dengan pengelolaan sampah telah ditinjau, namun belum ada model pengelolaan sampah plastik berdasarkan perilaku masyarakat yang dikombinasikan dengan simulasi sebagai alat uji. Padahal, faktor yang terkait dengan masyarakat memegang peranan penting mengingat semua hal/kejadian dilakukan oleh manusia. Maka hasil dari studi literatur ini adalah munculnya ide membangun model simulasi dengan variabel perilaku masyarakat Kota Yogyakarta yang telah dikuantitatifkan menjadi total sampah plastik (dengan satuan berat), dengan tujuan untuk mereduksi sampah plastik yang akan menuju TPST Piyungan.**

Keywords—sampah, plastik, perilaku masyarakat, pengelolaan sampah, model, simulasi, Yogyakarta.

I. PENDAHULUAN

Permasalahan lingkungan hidup terbesar yang saat ini dihadapi oleh Indonesia selain polusi adalah sampah (pembuangan limbah), terutama limbah plastik. Hal ini dibuktikan oleh Jambeck, *et al*. [19] yang memaparkan bahwa Indonesia menjadi negara dengan urutan kedua penyumbang sampah plastik terbesar di dunia. Perilaku masyarakat mengenai pengelolaan sampah di Indonesia dapat dikatakan belum cukup maksimal. Sampah seringkali dibiarkan/dibuang begitu saja tanpa ada perlakuan lebih lanjut, atau biasa disebut dengan *open dumping*. Tidak hanya itu, masyarakat pun masih biasa mengolah sampah dengan cara membakar sampah tersebut. Proses pemusnahan limbah plastik dengan cara dibakar akan menimbulkan potensi *global warming*. Tetapi, jika dibiarkan pun sampah plastik akan sangat sulit terurai. Webb, et al. [38] mengatakan bahwa proses degradasi plastik adalah proses yang sangat lamban dan dapat memakan waktu 50 tahun atau lebih untuk penguraian yang sempurna. Pada Provinsi D.I Yogyakarta, jumlah perkiraan produksi sampah per hari berdasarkan data yang dihimpun oleh Statistik Lingkungan Hidup Indonesia mencapai 1048 m^3 dengan jumlah penduduk di tahun 2017 berjumlah 3.762.200 jiwa, dan menempati urutan ke- 13 bila dibandingkan dengan daerah lain di Indonesia. Hal ini sangat kontras bila dibandingkan dengan daerah yang menempati urutan ke-14, yaitu Lampung. Provinsi Lampung memproduksi sampah setiap harinya sebanyak 800 m^3, dengan jumlah penduduk sebanyak 8.289.600 jiwa. Mulasari [23] dalam hasil penelitiannya menunjukkan volume sampah terbanyak dihasilkan oleh Kota Yogyakarta (sekitar 200.000 ton dalam 1 tahun) diikuti oleh Kabupaten Sleman, dan Bantul. Pada akhir 2017, National Geographic dalam Adimaja [2] melaporkan 4 sungai di Indonesia yakni Sungai Brantas, Bengawan Solo, Serayu, dan Progo termasuk dalam 20 sungai terkotor di dunia. Sungai/Kali Progo berhulu di Gunung Sindoro, melewati Provinsi Jawa Tengah dan D.I Yogyakarta. Sumber air Kali Progo selain dari hulu utama (Gunung Sindoro), juga bersumber dari Gunung Merapi, Gunung Menoreh, Gunung Merbabu, dan Gunung Sumbing. Sunandar [35] menyebutkan bahwa 75% daerah aliran Kali Progo terdapat di Provinsi D.I Yogyakarta. Hal ini menandakan bahwa Provinsi D.I Yogyakarta memiliki urgensi yang cukup tinggi untuk pemerhatian terhadap permasalahan sampah. Menumpuknya gunungan sampah di TPST Piyungan, kotornya Kali Progo serta banyaknya produksi sampah setiap harinya menggambarkan buruknya kondisi lingkungan Provinsi D.I Yogyakarta saat ini.

ISBN 978-623-92050-0-3

Berdasarkan kondisi tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk menggali informasi mengenai kegiatan yang paling mungkin dilakukan dan diharapkan dapat mengurangi timbunan sampah pada TPS maupun TPST di Kota Yogyakarta.

II. STUDI LITERATUR

Beberapa penelitian terkait dengan pengelolaan sampah dan perilaku masyarakat telah ditinjau, namun belum ada model pengelolaan sampah plastik berdasarkan perilaku masyarakat yang dikombinasikan dengan simulasi sebagai alat uji.

A. Analisis dengan Studi Literatur

Desa, *et al*. [10] meneliti beberapa faktor, yakni pengetahuan, sikap, status kesadaran, dan perilaku masyarakat Malaysia mengenai pengelolaan sampah. Objek penelitiannya adalah sampah padat. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa faktor yang paling mempengaruhi seseorang dalam hal pengelolaan sampah adalah tingkat pendidikan dan kesadaran orang tersebut. Stoeva dan Alriksson [34] juga melakukan analisis dengan studi literatur terhadap pengaruh program daur ulang pada perilaku pemisahan limbah. Mereka melakukan penelitian perilaku secara langsung, dan hasil yang didapatkan menyebutkan bahwa kondisi yang tidak mendukung (dalam rangka akan dilakukannya pemisahan limbah) dapat membuat masyarakat menjadi tidak melakukannya, walaupun mereka ingin. Lain halnya dengan Zurbrügg, *et al*. [43], mereka meneliti

mengenai faktor-faktor penentu keberhasilan dari sistem pengelolaan limbah, berdasarkan mobilisasi dan elemen sosial, pengaturan pemangku kepentingan, hukum, dan kelembagaan, serta persyaratan keuangan dan operasional pada proyek Gianyar *Waste Recovery*. Berdasarkan penelitian tersebut, hasil yang didapatkan adalah faktor ketiga (persyaratan keuangan dan operasional) yang masih menjadi hambatan dalam keberhasilan pengelolaan limbah.

Cox, *et al*. [9] menganalisis faktor-faktor yang dapat mempengaruhi tindakan dalam mengelola sampah. Beberapa faktor terkuat ialah kolaborasi antar sektor organisasi, tanggung jawab dari produsen, serta target dari pencegahan penumpukan sampah itu sendiri. Cox mengatakan bahwa utuk mengatasi perilaku yang kompleks, tidak dapat dengan 1 (satu) solusi sederhana, melainkan beraneka ragam.

Mwanza dan Mbohwa [24] melakukan penelitian di Afrika Selatan mengenai faktor utama pendorong sistem *recycle* untuk produk dengan kemasan plastik di negara maju dan berkembang. Hasilnya, *recycle* kemasan sampah plastik bekas konsumen memberikan peluang untuk mengurangi penggunaan minyak, emisi karbon dioksida dan jumlah limbah. Maka, *recycle* limbah plastik dianggap berkelanjutan karena produk baru diproduksi tanpa menggunakan bahan baru sehingga berkontribusi terhadap pembangunan berkelanjutan. Esmaeilian, *et al*. [14] melakukan studi literatur dan menyimpulkan bahwa terdapat 3 elemen yang menjadi kerangka konseptual untuk pengelolaan limbah terpusat, yaitu infrastruktur yang layak, model bisnis baru dengan mengandalkan data siklus hidup produk, dan infrastruktur berbasis sensor cerdas untuk pemisahan limbah.

Pada metode yang sama, Rohani [29] telah melakukan penelitian mengenai pengetahuan masyarakat dalam pengelolaan sampah di Kabupaten Deliserdang dan Asam Kumbang yang menyimpulkan bahwa sebagian besar responden memiliki pengetahuan yang baik mengenai pengelolaan sampah, karena lebih dari 70% dari responden di kedua kelurahan tersebut mengetahui cara mengelola sampah, sedangkan karakteristik responden yang paling umum didapatkan adalah Ibu Rumah Tangga. Wibowo [39] melakukan penelitian di Kota Pontianak mengenai perilaku masyarakat dalam pengelolaan sampah (berkaitan dengan Sungai Kapuas). Berdasarkan penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa Sungai Kapuas memiliki *image* sebagai tempat pengelolaan sampah permukiman. Bentuk konstruksi rumah panggung (yang memiliki kolong di bagian bawahnya) di bantaran sungai pun berkesempatan untuk menciptakan timbulan sampah. Maka dapat dikatakan masyarakat Kota Pontianak masih memerlukan pembinaan pengelolaan sampah. Pada tahun 2011, Abrauw, *et al*. [1] melakukan penelitian mengenai perilaku dan faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pengelolaan sampah di Kota Jayapura. Perilaku masyarakatnya dapat dikatakan apatis, dan faktor yang paling kuat adalah kurangnya pengetahuan masyarakat tersebut akibat kurangnya sosialisasi dari pemerintah.

Elviza dan Kadarisman [13] melakukan penelitian mengenai perilaku masyarakat dalam pengelolaan sampah rumah tangga di Kota Pekanbaru. Berdasarkan penelitian tersebut, didapatkan hasil pengetahuan masyarakat dalam hal pengelolaan sampah sudah tergolong baik. Tindakan masyarakat termasuk kategori sedang, dan masih ada responden yang mengurangi sampah dengan cara dibakar. Faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku masyarakat pun turut diteliti, hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor yang paling kuat adalah minimnya pengetahuan masyarakat. Isthofiyani, *et al*. [18] melakukan penelitian terhadap persepsi dan pola perilaku masyarakat bantaran sungai, upaya dalam menanggulangi sampah di sungai, serta faktor- faktor yang mempengaruhi persepsi dan pola perilaku masyarakat itu sendiri. Berdasarkan penelitian

ISBN 978-623-92050-0-3

tersebut didapatkan hasil persepsi masyarakat yang rendah terhadap sampah, serta ketiadaan fasilitas (tempat sampah dan truk pengangkut) menjadi faktor utama penyebab rendahnya persepsi. Pratama [26] melakukan penelitian mengenai perilaku masyarakat dalam membuang sampah, dengan lokasi penelitian bertempat di Kota Pontianak mendapatkan tingkat perilaku masyarakat di Kelurahan Sungai Jawi dan Beliung (keduanya) dalam membuang sampah dengan cara langsung melempar ke luar kendaraan maupun turun terlebih dahulu di atas *rate* 40%. Norival [25] dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa perilaku masyarakat di Kabupaten Tanah Datar masih tergolong buruk. Faktor yang mempengaruhi perilaku tersebut adalah faktor internal (kurangnya pengetahuan, motivasi, dan persepsi) serta faktor eksternal (fasilitas kebersihan yang belum tersedia). Elamin, *et al*. [12] melakukan penelitian yang menyatakan bahwa pengelolaan sampah di Kabupaten Sampang masih kurang baik dikarenakan kurangnya fasilitas serta tingkat kesadaran masyarakat yang rendah. Yogiswatin, *et al*. [40] pun melakukan penelitian mengenai perbedaan perilaku masyarakat di Desa Babakan dan Desa Ciwaringin dalam mengelola sampah. Kesimpulan dari penelitian ini ialah perilaku masyarakat Desa Babakan masih dirasa kurang baik dalam hal mengelola sampah dibandingkan dengan masyarakat Desa Ciwaringin.

B. Analisis Korelasi

Menurut Gumilar [16], analisis korelasi adalah alat statistik yang dapat digunakan untuk mengetahui derajat hubungan linier antara satu variabel dengan variabel lain. Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan pada satu variabel akan diikuti oleh perubahan variabel lain, baik dengan arah yang sama maupun dari arah yang berlawanan. Yuliani, *et al*. [42] melakukan penelitian mengenai faktor yang mempengaruhi perilaku masyarakat Kecamatan Kota Manna dalam mengelola sampah dengan analisis korelasi. Hasil penelitiannya mengatakan bahwa faktor-faktor sosial (umur, pendidikan, pendapatan, dll.) dapat dikatakan berpengaruh nyata terhadap perilaku masyarakat kecamatan tersebut dalam pengelolaan sampah. Selain Yuliani, Abrauw, *et al*. [1] pun memakai metode analisis korelasi dalam penelitiannya.

C. Cross-Sectional

Hiriansah [17] mengatakan bahwa penelitian *cross-sectional* adalah penelitian yang dilakukan dengan mengambil waktu yang relatif pendek dan tempat tertentu. Dua penelitian berikut memakai metode *cross-sectional* dalam penelitiannya. Saputra dan Mulasari [32] meneliti pengetahuan, sikap, dan perilaku pengelolaan sampah pada karyawan di Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta. Penelitian menunjukkan bahwa perilaku pengelolaan sampah pada karyawan di kampus tersebut tidak ada hubungannya dengan sikap, melainkan berhubungan dengan pengetahuan masing-masing individu. Masih pada kota yang sama, Sari dan Mulasari [33] melakukan penelitian Kecamatan Tegalrejo, Yogyakarta dengan fokus penelitian perilaku masyarakat di kecamatan tersebut. Hasil yang didapatkan adalah lebih banyak masyarakat yang memiliki perilaku baik dalam hal pengelolaan sampah dibandingkan yang buruk (55 responden: 26 responden), serta tidak terdapat hubungan antara pengetahuan dan sikap dengan perilaku pengelolaan sampah di Kecamatan Tegalrejo.

D. Analisis Regresi

Menurut Santoso [31], analisis regresi adalah metode untuk mengembangkan sebuah model (persamaan) yang menjelaskan hubungan antara dua variabel. Berbeda dengan korelasi, *output* dari analisis regresi adalah sebuah persamaan regresi. Barr, *et al*. menggunakan analisis regresi di penelitiannya di tahun 2001 [7] dan tahun 2007 [6]. Pada tahun 2001, ia telah melakukan penelitian mengenai sikap/ perilaku pengelolaan sampah rumah tangga, dimana hasilnya terdapat variasi yang signifikan dalam tingkat di mana minimalisasi, *reuse*, dan perilaku daur ulang/ *recycle* dilakukan. Perilaku minimalisasi dan *reuse* masih dirasa kurang dilakukan masyarakat setempat. Selain itu, dilakukan analisis terhadap masing-masing faktor yang mempengaruhi perilaku pengelolaan sampah. Berdasarkan analisis tersebut, didapatkan hasil bahwa tampaknya membutuhkan lebih banyak penelitian dan upaya untuk mendorong minimalisasi dan perilaku *reuse*. Pada tahun 2007, ia menambahkan beberapa faktor baru dalam pengaruh perilaku pengelolaan sampah. Beberapa di antaranya adalah pengetahuan mengenai lingkungan global, keyakinan tiap individu, serta norma-norma yang subjektif. Chung dan Yeung [8] melakukan analisis regresi dalam penelitiannya (menggunakan multinomial logit). Persamaan multinomial logit dipakai untuk melihat pengaruh faktor-faktor yang diteliti, yaitu metode pembayaran berdasarkan volume total (rumah tangga berbagi total biaya pembuangan limbah, yang dihitung berdasarkan volume total limbah yang dibuang dari bangunan tempat tinggal), berdasarkan berat (dihitung berdasarkan berat total limbah buangan dari bangunan tempat tinggal), serta berdasarkan volume rumah tangga (rumah tangga membayar kantong limbah mereka sendiri dengan ukuran volume yang tetap).

E. Q Methodology

Berdasarkan buku yang ditulis oleh Watts dan Stenner [37], metodologi Q adalah metode penelitian yang digunakan dalam psikologi dan ilmu sosial untuk mempelajari "subjektivitas" seseorang, yaitu

ISBN 978-623-92050-0-3

sudut pandang mereka. Q dikembangkan oleh seorang psikolog bernama William Stephenson. Mbeng, *et al.* di tahun 2009 [22] mengidentifikasi tren perilaku yang berbeda dalam pengelolaan limbah rumah tangga di Douala, Kamerun menggunakan metodologi Q. Pada intinya, hasil dari penelitian ini adalah sangat dibutuhkannya pemberian pemahaman secara rutin dan efektif ke berbagai kelompok (seperti sekolah dan lembaga wanita), terutama mengenai *recycle*. Selain itu pelatihan dan pendidikan (pemberian pengetahuan) juga perlu diberikan untuk para pemangku kepentikan saat mereka merancang sesuatu (pendekatan) yang baru.

F. Membandingkan Skenario

Saidan, *et al.* [30] melakukan penelitian dalam hal menilai berbagai skenario untuk mengendalikan penggunaan kantong plastik berdasarkan analisis dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan di Yordania. Hasil yang diperoleh mengungkapkan bahwa pengenaan retribusi pada kantong plastik dapat mengurangi konsumsinya hingga 70%. Berdasarkan penelitian- penelitian yang sudah ada, belum ditemukan peneliti yang melakukan simulasi untuk mengurangi kuantitas sampah berdasarkan perilaku masyarakat (hanya ada pembandingan skenario, tidak membangun model). Al-Maaded, *et al.* [4] pun melakukan perbandingan, ia membandingkan indikator potensi pemanasan global, *human toxicity*, dan *abiotic depletion* dalam hal pengelolaan limbah. Berdasarkan penelitian tersebut, disimbulkan bahwa pengelolaan limbah dengan cara daur ulang dapat dikatakan paling baik karena memiliki dampak lingkungan yang rendah.

G. Optimasi

Yücesan, *et al.* [41] melakukan penelitian dengan melakukan simulasi mengenai optimasi untuk kelayakan proyek daur ulang. Hasilnya, dapat disimpulkan proyek yang diteliti bersifat layak.

H. Pemodelan

Arif [5] menyatakan bahwa pemodelan adalah proses membangun atau membentuk sebuah model dari suatu sistem nyata dalam bahasa formal tertentu. Model yang sudah diformulasikan dapat diuji kesesuaiannya dengan sistem nyata secara ilmiah. Rigamonti, *et al*. [28] membangun model MRF (*Material Recovery Facility*) dengan tujuan mencari strategi paling optimal dalam pemilahan sampah. Hasil penelitiannya tidak menunjukkan adanya skenario yang paling baik, masing- masing skenario memiliki kelebihan dan kekurangan. Lee dan Paik [20] membangun model matematis dalam hal perilaku masyarakat mengenai pengelolaan sampah/limbah. Hasilnya, faktor lingkungan disimpulkan dapat mempengaruhi daur ulang dan perilaku pengolahan limbah. Di Nola, *et al*. [11] melakukan pemodelan sistem dinamis untuk menganalisis skenario terbaik dalam hal pengelolaan limbah. Skenario yang dibangun adalah menambah kapsasitas insinerasi, mengolah limbah campuran, dan pemisahan limbah. Berdasarkan simulasi yang telah dibangun, didapatkan kesimpulan bahwa pemisahan limbah adalah skenario terbaik.

I. Klasifikasi

Menurut Rahayu [27], klasifikasi merupakan suatu metode untuk menempatkan barang-barang dalam suatu sistem kelas tertentu hingga dapat dilihat hubungannya. Faraca dan Astrup [15] melakukan klasifikasi dalam penelitiannya dalam masing- masing jenis sampah plastik. Hasil penelitan yang didapatkan adalah potensi dari perlakuan untuk masing-masing sampah plastik tersebut, seperti potensi *sorting*, *reprocessing*, dan *recycling.*

J. Metode Anova

Unaradjan [36] menjelaskan bahwa Anova tergolong analisis komparatif lebih dari dua variabel atau lebih dari dua rata-rata. Tujuannya ialah untuk membandingkan lebih dari dua rata-rata. Gunanya untuk menguji kemampuan generalisasi, artinya data sampel dianggap dapat mewakili populasi. Martinho, *et al.* [21] meneliti pengaruh pemberian harga terhadap kantong plastik di Portugis. Dua kota yang dipilihnya dalam penelitian ini adalah Almada dan Castelo Branco. Berdasarkan penelitiannya, dapat berhasil mengurangi minat masyarakat untuk memakai kantong Plastik tersebut.

K. Eksperimen

Ketika upaya pemisahan sampah tidak mungkin untuk dilakukan secara teknis maupun ekonomis, biasanya sampah akan dikirim ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) ataupun insinerator. Adrados, *et al.* [3] yang berasal dari Departemen Kimia meneliti mengenai hal yang dapat mengantisipasi kejadian tersebut, yakni daur ulang residu pemisahan. Hasilnya, ternyata residu/sisa sampah dari pemisahan yang didaur ulang dapat menjadi alternatif untuk bahan bakar fosil, juga pembangkit listrik tambahan. Hal ini pun didukung dengan *High Heating Value* (HHV) yang didapatkan bernilai cukup rendah. *Research gap* untuk studi literatur ini dapat dilihat pada Fig. 1.

Fig. 1. *Research gap*

	Faktor/Objek yang Diteliti					
Metode	*Cost*	*WTP*	Perilaku Masyarakat	Pengelolaan Sampah	Potensi Perlakuan	Pengelola-an Limbah
Studi Litera-tur			Desa, *et al*. (2011), Stoeva dan Alriksson (2017), Wibowo (2010),	Rohani (2007), Elamin, *et al*. (2018), Cox *et al*. (2010)	Mwanza dan Mbohwa (2017)	Esmaeilian, *et al*. (2018), Zurbrügg, *et al*. (2012), Esmaeilian, *et al*. (2018)

ISBN 978-623-92050-0-3

	Faktor/Objek yang Diteliti					
Metode	*Cost*	*WTP*	Perilaku Masyarakat	Pengelolaan Sampah	Potensi Perlaku an	Pengelola-an Limbah
			Abrauw *et al*. (2011), Elviza dan Kadarisman (2013), Isthofiyani, *et al*. (2016), Pratama (2016), Norival (2018), Yogiswatin (2016)			
Analisis Korelasi			Yuliani, *et al*. (2012), Abrauw *et al*. (2011)			
Cross-Sectional			Saputra dan Mulasari (2017), Sari dan Mulasari (2017)	Saputra dan Mulasari (2017)		
Analisis Regresi		Chung dan Yeung (2019)	Barr, *et al*. (2001), Barr, *et al*. (2007)	Barr, *et al*. (2001), Barr, *et al*. (2007)		
Q Metho-dology			Mbeng, *et al*. (2009)	Mbeng, *et al*. (2009)		
Perban-dingan Skena-rio	Saidan, *et al*. (2017)		Saidan, *et al*. (2017)			Al-Maaded, *et al*. (2012)
Optima-si	Yüceson, *et al*. (2002)					
Simulasi			Penelitian ini			
Pemode-lan			Rigamonti, *et al*. (2014), Lee dan Paik (2011)	Di Nola, *et al*. (2018), Rigamonti, *et al*. (2014)		
Klasifi-kasi					Faraca dan Astrup (2019)	
Metode Anova		Marthinho, *et al*. (2017)				
Eksperi-men						Adrados, *et al*. (2012)

III. KESIMPULAN

Model yang sudah ada cukup beragam macamnya. Mayoritas model tersebut lebih menitikberatkan kepada perilaku pengelolaan sampah. Perilaku pengelolaan sampah memang penting, akan tetapi kuantitas dari sampah itu sendiri dapat dikatakan menempati urutan yang lebih penting. Maka dari itu, penelitian selanjutnya disarankan/diharapkan untuk melihat dari kombinasi antara perilaku masyarakat dalam mengelola sampah serta jumlah/kuantitas sampah (dalam satuan berat), khususnya pada kota Yogyakarta. Kuesioner perilaku pengelolaan sampah dapat disimpulkan melalui kumpulan kuesioner dari penelitian-penelitian terdahulu, juga dapat diketahui langsung dari masyarakat dengan cara wawancara. Berdasarkan perilaku ini, nantinya dapat diketahui jumlah berat total keseluruhan sampah untuk masing-masing titik pemegang kepentingan. Kombinasi perilaku pengelolaan sampah oleh masyarakat dapat dibangkitkan dengan metode simulasi. Simulasi dapat menjadi salah satu cara yang tepat karena banyaknya data yang akan dikumpulkan, dan akan sangat kompleks bila dibuat menjadi model matematis. Total berat sampah menuju TPST Piyungan yang paling minimal diharapkan dapat menjadi *output*/hasil simulasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Abrauw, A., Yunus, H.S. dan Giyarsih, S.R., 2011. Perilaku Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah Anorganik di Kecamatan Abepura Kota Jayapura. Majalah Geografi Indonesia, 25(1), pp.1-14.

[2] Adimaja, M., 2018. Bijak Tangani Plastik: Dua Kota Indonesia Produksi 1,3 Juta Ton Sampah. Suara Pembaruan, 25 April 2018.

[3] Adrados, A., De Marco, I., Caballero, B.M., López, A., Laresgoiti, M.F. and Torres, A., 2012. Pyrolysis of plastic packaging waste: A comparison of plastic residuals from material recovery facilities with simulated plastic waste. Waste Management, 32(5), pp.826-832.

[4] Al-Maaded, M., Madi, N.K., Kahraman, R., Hodzic, A. and Ozerkan, N.G., 2012. An overview of solid waste management and plastic recycling in Qatar. Journal of Polymers and the Environment, 20(1),pp.186-194.

[5] Arif, M., 2017. Pemodelan Sistem. Deepublish: Yogyakarta.

[6] Barr, S., 2007. Factors influencing environmental attitudes and behaviors: A UK case study of household waste management. Environment and behavior, 39(4), pp.435-473.

[7] Barr, S., Gilg, A.W. and Ford, N.J., 2001. A conceptual framework for understanding and analysing attitudes towards household-waste management. Environment and Planning A, 33(11), pp.2025-2048.

[8] Chung, W. and Yeung, I.M., 2019. Analysis of residents' choice of waste charge methods and willingness to pay amount for solid waste management in Hong Kong. Waste Management, 96, pp.136-148.

ISBN 978-623-92050-0-3

[10] Cox, J., Giorgi, S., Sharp, V., Strange, K., Wilson, D.C. and Blakey, N., 2010. Household waste prevention—a review of evidence. Waste Management & Research, 28(3), pp.193-219.

[11] Desa, A., Kadir, N.B.Y.A. and Yusooff, F., 2011. A study on the knowledge, attitudes, awareness status and behaviour concerning solid waste management. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 18, pp.643- 648.

[12] Di Nola, M.F., Escapa, M. and Ansah, J.P., 2018. Modelling solid waste management solutions: The case of Campania, Italy. Waste management, 78, pp.717-729.

[13] Elamin, M.Z., Ilmi, K.N., Tahrirah, T., Zarnuzi, Y.A., Suci, Y.C., Rahmawati, D.R., Kusumaardhani, R., Rohmawati, R.A., Bhagaskara,
P.A. dan Nafisa, I.F., 2018. Analysis of Waste Management in The Village of Disanah, District of Sreseh Sampang, Madura. Jurnal Kesehatan Lingkungan, 10(4), pp.368-375.

[14] Elviza, R. and Kadarisman, Y., 2013. Perilaku Masyarakat dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga di Kelurahan Tanjung RHU Kecamatan Lima Puluh Kota Pekanbaru.

[15] Esmaeilian, B., Wang, B., Lewis, K., Duarte, F., Ratti, C. and Behdad, S., 2018. The future of waste management in smart and sustainable cities: A review and concept paper. Waste management, 81, pp.177-195.

[16] Faraca, G. and Astrup, T., 2019. Plastic waste from recycling centres: Characterisation and evaluation of plastic recyclability. Waste Management, 95, pp.388-398.

[17] Gumilar, I., 2007. Metode Riset untuk Bisnis & Manajemen. Utamalab.

[18] Hiriansah, 2019. Metodologi Penelitian, Suatu Tinjauan Konsep dan Konstruk. Qiara Media Partner: Pasuruan.

[19] Isthofiyani, S.E., Prasetyo, A.P.B. and Iswari, R.S., 2016. Persepsi dan Pola Perilaku Masyarakat Bantaran Sungai Damar dalam Membuang Sampah di Sungai. Journal of Innovative Science Education, 5(2), pp.128- 136.

[20] Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R. and Law, K.L., 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. Science, 347(6223), pp.768-771

[21] Lee, S. and Paik, H.S., 2011. Korean household waste management and recycling behavior. Building and Environment, 46(5), pp.1159-1166.

[22] Martinho, G., Balaia, N. and Pires, A., 2017. The Portuguese plastic carrier bag tax: The effects on consumers' behavior. Waste management, 61, pp.3-12.

[23] Mbeng, L., Probert, J., Phillips, P. and Fairweather, R., 2009. Assessing public attitudes and behaviour to household waste management in Cameroon to drive strategy development: AQ Methodological approach. Sustainability, 1(3), pp.556-572.

[24] Mulasari, S.A., Husodo, A.H. dan Muhadjir, N., 2016. Analisis Situasi Permasalahan Sampah Kota Yogyakarta dan Kebijakan Penanggulangannya. Jurnal Kesehatan Masyarakat, 11(2), pp.259-269.

[25] Mwanza, B.G. and Mbohwa, C., 2017. Drivers to sustainable plastic solid waste recycling: a review. Procedia Manufacturing, 8, pp.649-656.

[26] Norival, A., 2018. Perilaku Masyarakat di Bagian Tengah Batang Ino terhadap Sampah di Nagari Salimpaung Kecamatan Salimpaung Kabupaten Tanah Datar. Jurnal Buana, 2(1), pp.262-262.

[27] Pratama, R.A., 2016. Perilaku Masyarakat dalam Membuang Sampah di Tempat Penampungan Sementara (TPS) di Kecamatan Pontianak Barat Kota Pontianak. Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah, 1(1).

[28] Rahayu, M., 2007. Bahasa Indonesia di perguruan tinggi. Grasindo.

[29] Rigamonti, L., Grosso, M., Møller, J., Sanchez, V.M., Magnani, S. and Christensen, T.H., 2014. Environmental evaluation of plastic waste management scenarios. Resources, Conservation and Recycling, 85, pp.42-53.

[30] Rohani, L., 2007. Perilaku Masyarakat dalam Pengelolaan Sampah di Desa Medan Senembah Kabupaten Deliserdang dan di Kelurahan Asam Kumbang Kota Medan tahun 2007.

[31] Saidan, M.N., Ansour, L.M. dan Saidan, H., 2017. Management of Plastic Bags Waste: An Assessment of Scenarios in Jordan. Journal of chemical technology & metallurgy, 52(1).

[32] Santoso, S., 2010. Statistik Parametrik. Elex Media Komputindo.

[33] Saputra, S. and Mulasari, S.A., 2017. Pengetahuan, Sikap, dan Perilaku Pengelolaan Sampah pada Karyawan di Kampus. Jurnal Kesehatan Masyarakat, 11(1), pp.22-27.

[34] Sari, N. and Mulasari, S.A., 2017. Pengetahuan, Sikap dan Pendidikan dengan Perilaku Pengelolaan Sampah di Kelurahan Bener Kecamatan Tegalrejo Yogyakarta. Medika Respati, 12(2).

[35] Stoeva, K. and Alriksson, S., 2017. Influence of recycling programmes on waste separation behaviour. Waste Management, 68, pp.732-741.

[36] Sunandar, P., 2009. Profil Daerah Aliran Kali Progo (Kab. Magelang Kab. Temanggung dan DI Yogyakarta). Universitas Indonesia.

[37] Unaradjan, D.D., 2019. Metode penelitian kuantitatif. Penerbit Atma Jaya.

[38] Watts, S. and Stenner, P., 2012. Doing Q methodological research: Theory, method & interpretation. Sage.

[39] Webb, H., Arnott, J., Crawford, R. and Ivanova, E., 2013. Plastic degradation and its environmental implications with special reference to poly (ethylene terephthalate). Polymers, 5(1), pp.1-18.

[40] Wibowo, H.E., 2010. Perilaku Masyarakat dalam Mengelola Sampah Permukiman di Kampung Kamboja Kota Pontianak (Doctoral dissertation, Universitas Diponegoro).

[41] Yogiswatin, G., Kastolani, W., Sungkawa, D. dan Geografi, D.P., 2016. Studi Komparasi Perilaku Masyarakat dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Di Desa Babakan Dan Desa Ciwaringin Kecamatan Ciwaringin Kabupaten Cirebon (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).

[42] Yücesan, E., Chen, C.H., Snowdon, J.L. and Charnes, J.M., 2002. Optimization of the waste management for construction projects using simulation.

[43] Yuliani, Y., Rohidin, R. dan Bieng, B., 2012. Pengelolaan sampah di kecamatan Kota Manna kabupaten Bengkulu selatan melalui pendekatan sosial kemasyarakatan. Naturalis, 1(2), pp.95-100.

[44] Zurbrügg, C., Gfrerer, M., Ashadi, H., Brenner, W. and Küper, D., 2012. Determinants of sustainability in solid waste management–The Gianyar Waste Recovery Project in Indonesia. Waste management, 32(11), pp.2126-2133

ISBN 978-623-92050-0-3

Analisis Kualitas Pelayanan Perpustakaan dengan Metode Kano Studi Kasus Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi Lampung

1st *Emy Khikmawati*
Program Studi Teknik Industri
Universitas Malahayati Bandar Lampung
Jl. Pramuka No.27 Kemiling
Bandar Lampung, Indonesia
emy_khikmawati@yahoo.com

2nd *Marcelly Widya Wardana*
Program Studi Teknik Industri
Universitas Malahayati Bandar Lampung
Jl. Pramuka No.27 Kemiling
Bandar Lampung, Indonesia
emy_khikmawati@yahoo.com

3rd *Sitti Nur Rohma*
Program Studi Teknik Industri
Universitas Malahayati Bandar Lampung
Jl. Pramuka No.27 Kemiling
Bandar Lampung, Indonesia
emy_khikmawati@yahoo.com

Abstrak-Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi Lampung sebagai lembaga penyedia informasi keilmuan dan pendukungnya, baik berupa buku, artikel, jurnal, laporan-laporan maupun dokumentasi lainnya disediakan, akan tetapi kurangnya beberapa fasilitas layanan seperti sarana prasarana yang kurang memadai serta bahan pustaka yang kurang mencukupi kebutuhan informasi yang diperlukan oleh para pengunjung. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kepuasan pengunjung terhadap pelayanan yang diberikan Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi Lampung, mengetahui atribut layanan apa saja yang perlu mendapat prioritas perbaikan, serta upaya apa yang bisa direkomendasikan untuk perbaikan atribut layanan sehingga dapat meningkatkan kepuasan pengunjung. Metode yang digunakan yaitu metode Kano, untuk mengetahui tingkat kepuasan pengguna jasa dan didukung oleh dimensi Servqual untuk mengetahui kualitas layanan yang diberikan dengan mencari nilai harapan, kinerja dan gap. Dengan metode Servqual diperoleh hasil bahwa kualitas layanan perpustakaan masih bisa dikatakan rendah. Hal ini dibuktikan dengan seluruh skor gap antara nilai kinerja dan nilai harapan dari tiap atribut layanan bernilai negatif (-) dan dengan nilai kualitas layanan sebesar 0.736. Kemudian dengan metode Kano diperoleh hasil yaitu ada 15 atribut layanan yang mendapat prioritas perbaikan. Atribut tersebut antara lain penataan ruangan dan buku, suhu ruangan, ruangan yang tidak bising, kondisi meja dan kursi, fasilitas komputer, kondisi penitipan barang, koleksi ilmiah dan umum, koleksi referensi, koleksi surat kabar, jam buka perpustakaan, jumlah maksimal peminjaman buku, pelayanan diberikan dalam waktu cepat, petugas layanan siap dan sigap melayani, petugas pelayanan mempunyai pengetahuan dan kemampuan memberikan informasi, informasi dan tata cara pemanfaatan layanan yang jelas.

Keywords-Gap, Kano,Pelayanan, Servqual.

I. PENDAHULUAN

Dinas perpustakaan dan Kearsipan Provinsi Lampung merupakan fasilitas yang disediakan oleh Pemerintah Provinsi Lampung untuk masyarakat, guna untuk memenuhi kebutuhan informasi dan kebutuhan bahan belajar untuk para pelajar dan masyarakat umum. Kegiatan membaca merupakan salah satu kegiatan yang sudah ada dalam program Pemerintah Provinsi Lampung yang bertujuan untuk mewujudkan sumber daya manusia yang berkualitas. Program tersebut seharusnya didukung dengan fasilitas yang menunjang. Bangunan yang berfungsi sebagai perpustakaan utama di Provinsi Lampung bertujuan mengetahui kualitas layanan dan kepuasan pengunjung yang diberikan di Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi Lampung dengan menggunakan Metode Kano. Metode Kano dapat dirasa kurang menunjang untuk memenuhi program tersebut. Hal ini dikarenakan manajemen yang kurang baik, contohnya dalam hal sarana dan prasarana yang kurang memadai serta penyediaan bahan pustaka yang dianggap kurang mencukupi kebutuhan informasi yang diperlukan oleh para pengunjung. Oleh karena itu Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi Lampung perlu meningkatkan kualitas layanan. Kualitas Pelayanan merupakan tingkat keunggulan yang diharapkan dan pengendalian atas keunggulan tersebut untuk memenuhi kebutuhan konsumen[1]. Penelitian ini mengkategorikan atribut-atribut dari produk maupun jasa berdasarkan seberapa baik produk atau jasa tersebut mampu memuaskan kebutuhan pelanggan.

ISBN 978-623-92050-0-3

II. METODE PENELITIAN

Jenis data dalam penelitian ini ialah data yang diperoleh dari pengunjung perpustakaan yang berumur 15-35 tahun dengan menggunakan metode Kuesioner. Kuesioner merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawabnya [2]. Data pengunjung perpustakaan diperoleh melalui penyebaran kuesioner dan pengamatan langsung. Data yang digunakan berupa kuesioner yang berhubungan dengan kualitas layanan yang diuji dari dimensi *Tangible* (Bukti Fisik), *Reability* (Kehandalan), *Responsiveness* (Ketanggapan), *Assurance* (Kepastian), *Empathy* (Kepedulian). Langkah pemecahan dimulai dari studi lapangan di Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi Lampung dan adanya studi pustaka yang didapat dari penelitian terdahulu, kemudian didapatkan perumusan masalah, dan dilanjutkan dengan menentukan tujuan penelitian, setelah itu dilakukan identifikasi variabel terhadap penelitian ini, kemudian dilakukan pengumpulan data mulai dari penyusunan kuisioner berupa data responden, kuisioner servqual dan kuisoner Kano dan kuisioner disebarkan kepada pengunjung Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi Lampung sebagai sampel. Lalu di uji kecukupan data di lanjutkan dengan pengujian validitas berikutnya pengujian reliabilitas jika data tidak *reliable* maka kembali pada pengumpulkan data jika data sudah *reliable* semua maka dapat dilakukan pengolahan data kuisioner. Untuk data kuisoner *servqual* diolah dengan metode *servqual* dengan menghitung nilai rata-rata harapan, kinerja dan *Gap*, dan untuk data kuisoner Kano diolah dengan metode Kano dengan mengkatagorikan pertanyaan *functional* dan pertanyaan *dysfunctional* menggunakan tabel penentu Kano, setelah didapatkan hasil katagori tiap atribut, maka terlihat atribut mana yang dapat diperbaiki. Kemudian dapat dilakukan penyimpulan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam metode pengolahan data dilakukan tahapan, yakni uji validitas untuk mengetahui sejauh mana ketepatan suatu alat ukur dalam melakukan pengkuran atas apa yang diukur. Uji Signifikasi dilakukan dengan membandingka nilai r Hitung dan r Tabel untuk *degree of freedom* (df) = n-2, dalam hal ini n adalah jumlah sampel. Jumlah Sampel pada penelitian ini adalah (n) = 50 dan besarnya df dapat dihitung 100-2 = 98, dengan df = 98 dan alpha 0,05 didapat r Tabel = 0,195. Bandingkan nilai *correlated item –total ccorrelation* dengan hasil perhitungan r Tabel. Jika r hitung > r Tabel dan nilai positif maka butir atau Pertanyaan atau indikator tersebut [2]. Kemudian uji reliabilitas untuk mengetahui tingkat ketepatan/tingkat presisi suatu ukuran atau alat pengukur karena syarat untuk kualifikasi suatu instrumen pengukur adalah konisten atau tidak berubah-ubah. Karena instrumen yang digunakan menggunakan jawaban berskala maka uji reliabilitas menggunakan *Cronsbach Alpha*. Dan perhitungan *Gap* untuk mengetahui atribut-atribut pada dimensi mana yang memberikan konstribusi besar dan paling kecil, maka dilakukan perhitungan rata-rata harapan pengunjung dan rata-rata kinerja [3].

TABEL 1. NILAI HARAPAN, KINERJA DAN *GAP*

No.	Harapan	Kinerja	Gap		No.	Harapan	Kinerja	GaP
T1	4.56	3.42	-1.14		Ri14	4.51	3.29	-1.22
T2	4.50	3.26	-1.24		Ri15	4.46	3.18	-1.28
T3	4.45	3.26	-1.19		Ri16	4.11	3.15	-0.96
T4	4.38	3.27	-1.11		Ri17	4.51	3.40	-1.11
T5	4.39	3.32	-1.07		Ri18	4.42	3.17	-1.25
T6	4.45	3.43	-1.02		Re19	4.59	3.45	-1.14
T7	4.34	3.30	-1.04		Re20	4.51	3.29	-1.22
T8	4.49	3.07	-1.42		Re21	4.54	4.54	-1.24
T9	4.28	2.90	-1.38		A22	4.55	3.41	-1.14
T10	4.38	3.41	-0.97		A23	4.58	3.41	-1.17
Ri11	4.70	3.24	-1.46		E24	4.61	3.44	-1.17
Ri12	4.49	3.26	-1.23		E25	4.4	3.23	-1.17
Ri13	4.35	2.92	-1.43					

ISBN 978-623-92050-0-3

Dari masing-masing dimensi tersebut diambil nilai keseluruhan rata-rata dari harapan, kinerja dan kesenjangan (*Gap*). Hasil tersebut dapat dilihat dibawah ini :

TABEL 2. NILAI RATA-RATA DARI HARAPAN, KINERJA DAN *GAP* TIAP DIMENSI

No.	**Dimensi**	Harapan	Kinerja	Gap	Q
1.	***Tangible***	4.422	4.505	-1.158	0.738
2.	***Reability***	4.444	3.201	-1.293	0.720
3.	***Responsiveness***	4.547	3.347	-1.200	0.736
4.	***Assurance***	4.565	3.410	-1.155	0.747
5.	***Empathy***	4.505	3.335	-1.17	0.740
Mean		**4.497**	**3.311**	**-1.195**	**0.736**
Tertinggi		**4.565**	**3.410**	**-1.155**	**0.747**
Terendah		**4.422**	**3.201**	**-1.293**	**0.720**

Jika kualitas (Q) ≥ 1, maka kualitas pelayanan dikatakan baik . Berdasarkan harapan dan kinerja yang telah diperoleh untuk setiap dimensi, maka penggolongan kualitas untuk setiap dimensi.
Identifikasi Atribut Berdasarkan Metode Kano Mengiklasifikasikan atribut-atribut kedalam katagori Kano antara lain : *must-be, one dimensional, indifferent, attractive, reverse dan questionsble*.

TABEL 3. TABEL KLASIFIKASI KANO

Kebutuhan Konsumen		Dysfunctional				
		1	2	3	4	5
		Suka	Mengharapkan	Netral	Toleransi	Tidak Suka
Functional	1.Suka	Q	A	A	A	Q
	2.Mengharapkan	R	I	I	I	M
	3.Netral	R	I	I	I	M
	4.Toleransi	R	I	I	I	M
	5.Tidak Suka	R	R	R	R	Q

Berikut adalah hasil klasifikasi Kano dari kuisoner yang didapat dari pengunjung Dinas Perpustakaan dan Kearsipan provinsi Lampung.

TABEL 4. KLASIFIKASI KATAGORI KANO TIAP ATRIBUT

Atribut	**Kategori Kano**						**Atribut**	**Kategori Kano**					
	Q	**R**	**A**	**I**	**O**	**M**		**Q**	**R**	**A**	**I**	**O**	**M**
T1	0	0	16	28	16	40	T7	0	0	24	24	33	13
T2	0	0	16	36	24	25	T8	0	0	11	11	33	23
T3	0	0	25	34	26	15	T9	0	0	13	13	45	21
T4	0	0	22	27	29	22	T10	0	0	19	19	38	23
T5	0	0	19	27	39	15	Ri11	0	01	7	7	25	28
T6	0	0	16	34	29	21	Ri12	0	0	7	7	21	29
Ri13	0	0	12	37	28	23	Re20	0	0	23	33	28	16
Ri14	0	0	14	49	21	16	Re21	0	0	22	31	28	19
Ri15	0	0	10	21	33	36	A22	0	0	17	36	30	17
Ri16	0	0	11	34	26	29	A23	0	0	12	22	41	25
Ri17	0	0	14	39	26	21	E24	0	0	23	31	27	19
Ri18	0	0	18	46	18	18	E25	0	0	22	29	32	16
Re19	0	0	22	20	35	23							

ISBN 978-623-92050-0-3

Setelah didapatkan jumlah atau nilai kategori Kano tiap-tiap atribut terhadap semua responden maka dilakukan penentuan kategori Kano dengan menggunakan rumus *Blauth's formula.* kategori one dimensional merupakan atribut layanan yang memenuhi harapan pengguna layanan, semakin tinggi tingkat layanan kinerja semakin tinggi tingkat kepuasan pelaggan [5]. Berikut table hasil klasifikasi katagori Kano.

TABEL 5. HASIL KLASIFIKASI KANO

No.	**Atribut**	***Kategori Kano***	**No.**	**Atribut**	***Kategori Kano***
1.	T1	*One Dimensional*	14.	Ri14	*Indeffrent*
2.	T2	*Indeffrent*	15.	Ri15	*Must Be*
3.	T3	*Indeffrent*	16.	Ri16	*Indeffrent*
4.	T4	*One Dimensional*	17.	Ri17	*Indeffrent*
5.	T5	*One Dimensional*	18.	Ri18	*Indeffrent*
6.	T6	*Indeffrent*	19.	Re19	*One Dimensional*
7.	T7	*Indeffrent*	20.	Re20	*Indeffrent*
8.	T8	*One Dimensional*	21.	Re21	*Indeffrent*
9.	T9	*Indeffrent*	22.	A22	*Indeffrent*
10.	T10	*Indeffrent*	23.	A23	*One Dimensional*
11.	Ri11	*One Dimensional*	24.	E24	*Indeffrent*
12.	Ri12	*One Dimensional*	25.	E25	*One Dimensional*
13	Ril13	*Indeffrent*			

Dari hasil klasifikasi katagori Kano dapat dilihat pada Tabel 6, dari tabel tersebut lalu dilakukan perhitungan untuk mengetahui katagori yang paling diinginkan terhadap kepuasan pengunjung.

TABEL 6. HASIL KLASIFIKASI SELURUH KATEGORI KANO BERDASARKAN DIMENSI *SERVQUAL* PADA RESPONDEN PENGUNJUNG KESELURUHAN

No.	**Dimensi**	**Jumlah Responden per kategori kano**					
		A	**O**	**I**	**M**	**Q**	**R**
1.	***Tangible***	18	29	34	19	-	-
2.	***Reability***	12	29	34	25	-	-
3.	***Responsiveness***	22	30	28	20	-	-
4.	***Assurance***	15	36	29	21	-	-
5.	***Emphaty***	23	29	30	18	-	-

Atribut yang paling berpengaruh terhadap keinginan dan kepuasan pengunjung berdasarkan dimensi *servqual* adalah sebagai berikut :

1. *Tangibles* Untuk dimensi *Tangibles*, pengunjung memilih kategori *Indefferent* dengan jumlah tertinggi yaitu 34 Pengunjung memilih kategori *Indefferent* berarti semakin tinggi atau rendahnya kinerja fasilitas dan layanan yang diberikan kepada pengunjung berupa fisik, maka tidak akan berpengaruh terhadap kenaikan atau penurunan tingkat kepuasan pengunjung.
2. *Reliability* Untuk dimensi *reliability*, pengunjung memilih kategori *Indefferent* dengan jumlah tertinggi yaitu 34 Pengunjung memilih kategori *Indefferent* berarti semakin tinggi atau rendahnya kinerja fasilitas dan layanan yang diberikan kepada pengunjung, maka tidak akan berpengaruh terhadap kenaikan atau penurunan tingkat kepuasan pengunjung.
3. *Responsiveness* Untuk dimensi *Responsiveness*, pengunjung memilih kategori *One Dimensional* dengan jumlah tertinggi yaitu 30. Pengunjung memilihkategori *One Dimensional* berarti semakin tinggi kinerja fasilitas dan layanan yang diberikan pengunjung berupa tanggung jawab besar maka pengunjung akan merasa semakin puas.
4. *Assurance*Untuk dimensi *Assurance*, pengunjung memilih kategori *One Dimensional* dengan jumlah tertinggi yaitu 36.Pengunjung memilih kategori *One Dimensional* berarti semakin tinggi kinerja fasilitas dan layanan yang diberikan kepada pengunjung berupa keamanan makapengunjung akan merasa semakin puas.
5. *Empathy* Untuk dimensi *Empathy*, pengunjung memilih kategori *Indefferent* dengan jumlah tertinggi yaitu 30. Pengunjung memilihkategori *Indefferent* berarti semakin tinggi atau rendahnya kinerja fasilitas dan layanan yang diberikan kepada pengunjung, maka tidak akan berpengaruh terhadap kenaikan atau penurunan tingkat kepuasan pengunjung. Selain itu juga katagori *One Dimensional* sedikit mempengaruhi dimensi *Empathy*.

Setelah diketahui hasil klasifikasi katagori Kano, maka langkah selanjutnya adalah mengukur klasifikasi atribut berdasarkan kategori Kano dengan identifikasi hasil klasifikasi katagori Kano. Sehingga dapat mengetahui atribut mana saja untuk prioritas

ISBN 978-623-92050-0-3

diperhatikan dan dipertahankan. Dari hasil katagori Kano untuk mengindentifikasi atribut yang menjadi prioritas diperhatikan dan diperhatikan, maka diketahui hasilnya. Atribut layanan yang harus diprioritaskan untuk diperhatikan dan 10 atribut layanan yang harus diprioritaskan untuk di pertahankan.Adapun upaya perbaikan untuk atribut yang diperhatikan. Indefferent (netral), kategori dimana jika ada tidaknya layanan tidak akan berpengaruh pada kepuasan konsumen. Reverse (kemunduran), derajat kepuasan konsumen lebih tinggi jika layanan berlangsung tidak semestinya dibandingkan kepuasan terhadap layanan yang berjalan lebih baik., questionable (diragukan), kadangkala konsumen puas atau tidak puas jika layanan itu diberikan [4].

TABEL 7. REKOMENDASI UPAYA PERBAIKAN ATRIBUT YANG DIPERHATIKAN

Atribut	Kategori kano	Rekomendasi Perbaikan
T2	*Indefferent*	Menyediakan meja atau lemari transit yang digunakan untuk meletakkan buku setelah selesai digunakan.
T3	*Indefferent*	Menambah pendingin ruangan agar pengunjung merasa nyaman dengan suhu ruangan menurut Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 2014 Tentang Perpustakaan adalah 23-26oC.
T6	*Indefferent*	Membuat papan pemberitahuan atau menerapkan larangan untuk tidak melakukan kebisingan atau keributan yang dapat menggangu pengunjung lain.
T7	*Indefferent*	Mengganti meja dan kursi yang sudah tidak layak digunakan.
T9	*Indefferent*	Melakukan kegiatan perawatan atau *maintenance* secara terjadwal pada komputer dan mengganti komputer
T10	*Indefferent*	Mengganti loker atau memperbaiki loker yang sudah rusak.
Ri13	*Indefferent*	Menambah koleksi terbaru majalah ilmiah dan umum, sosialisasi penggunaan *e-resources* yang diselenggrakan oleh Perpustakaan Nasional.
Ri14	*Indefferent*	Menambah koleksi referensi terbaru
Ri16	*Indefferent*	Menambah jumlah surat kabar terlama dan terbaru, meminta ke penerbit surat kabar lokal untuk menyerahkan kepada perpustakaan.
Ri17	*Indefferent*	Menambah jam buka perpustakaan di hari Sabtu dan Minggu dari pukul 08:00-13:00 menjadi 08:00-15:30.
Ri18	*Indefferent*	Menambah jumlah peminjaman buku misalnya menjadi 3 eksempler.
Re20	*Indefferent*	Melakukan pelatihan kepada para pegawai agar memberikan pelayanan dengan cepat dan melengkapi sarana prasarana dalam pelayanan.
Re21	*Indefferent*	Melakukan pelatihan kepada para pegawai agar selalu siap dan sigap dalam melayani pengunjung perpustakaan, menambah pegawai yang kompeten dibidang perpustakaan.
A22	*Indefferent*	Melakukan pelatihan kepada para pegawai agar memiliki pengetahuan dan kemampuan dalam melayani pengunjung perpustakaan.
E24	*Indefferent*	Membuat papan petunjuk atau rambu-rambu untuk informasi tata cara pemanfaatan tentang perpustakaan agar pengunjung mendapatkan informasi yang jelas

Penilaian *Better* mengindikasikan seberapa banyak kenaikan kepuasan pelanggan jika kita menyediakan fitur nya (A&O), sedangkan *Worse* mengindikasikan seberapa banyak penurunan kepuasan pelanggan jika kita tidak menyediakan fiturnya (O&M).

TABEL 8. HASIL PERHITUNGAN NILAI *BETTER* DAN *WORSE*

No.	Q	R	A	I	O	M	Better	Worse
T1	0	0	16	28	40	16	0.56	0.56
T2	0	0	16	36	23	25	0.39	0.48
T3	0	0	25	34	26	15	0.51	0.41
T4	0	0	22	27	29	22	0.51	0.51
T5	0	0	19	27	39	15	0.58	0.54
T6	0	0	16	34	29	21	0.45	0.50
T7	0	0	24	33	30	13	0.54	0.43
T8	0	0	11	33	33	23	0.44	0.56

ISBN 978-623-92050-0-3

No.	Q	R	A	I	O	M	Better	Worse
T9	0	0	13	45	21	21	0.34	0.42
T10	0	0	19	38	20	23	0.39	0.43
Ri11	0	0	11	33	33	23	0.44	0.56
Ri12	0	0	13	45	21	21	0.34	0.42
Ri12	0	0	19	38	20	23	0.39	0.43
Ri13	0	0	11	33	33	23	0.44	0.56
Ri14	0	0	13	45	21	21	0.34	0.42
Ri15	0	0	19	38	20	23	0.39	0.43
Ri16	0	0	11	33	33	23	0.44	0.56
Ri18	0	0	13	45	21	21	0.34	0.42
Re19	0	0	22	20	35	23	0.57	0.58
Re20	0	0	23	33	28	16	0.51	0.44
Re21	0	0	22	31	28	19	0.50	0.47
A22	0	0	17	36	30	17	0.47	0.47
A23	0	0	12	22	41	25	0.53	0.66
E24	0	0	23	31	27	19	0.50	0.46
E25	1	0	22	29	32	16	0.55	0.48

Berdasarkan hasil perhitungan nilai *better* dan *worse* pada dapat diketahui atribut yang sangat berpengaruh kepada kenaikan tingkat kepuasan pengunjung Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi Lampung jika atribut tersebut dipenuhi sebagai berikut : Pencahayaan yang nyaman (dimana kenaikan kepuasaan pengunjung mencapai 58% jika terpenuhi), kesediaan pihak perpustakaan untuk membantu (dimana kenaikan kepuasaan pengunjung mencapai 57% jika terpenuhi), ruangan luas, rapi, bersih dan wangi (dimana kenaikan kepuasaan pengunjung mencapai 56% jika terpenuhi), keluhan dan saran ditanggapi dengan baik oleh pihak perpustakaan (dimana kenaikan kepuasaan pengunjung mencapai 55% jika terpenuhi). Sedangkan atribut yang berpengaruh terhadap penurunan tingkat kepuasan pengunjung Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi Lampung jika atribut tersebut tidak dipenuhi sebagai berikut : Koleksi jurnal tersedia lengkap (dimana penurunan kepuasaan pengunjung mencapai 70% jika tidak terpenuhi), koleksi karya ilmiah tersedia lengkap (dimana penurunan kepuasan pengunjung mencapai 69% jika tidak terpenuhi), penyediaan koleksi buku lengkap (dimana penurunan kepuasan pengunjung mencapai 68% jika tidak terpenuhi), petugas layanan bersikap ramah, sopan tertib dan rapi memberikan pelayanan (dimana penurunan kepuasan pengunjung mencapai 66% jika tidak terpenuhi)

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian meyimpulkan bahwa Tingkat kualitas pelayanan Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi Lampung berdasarkan tingkat kepuasaan pengunjung masih dikatakan rendah. Dengan nilai kualitas pelayanan rata-ratanya sebesar 0.736. Atribut dengan *Gap* tertinggi adalah penyediaan koleksi buku dan *Gap* terendah adalah koleksi surat kabar. Dan ada 15 atribut yang mendapatkan prioritas perbaikan untuk meningkatkan kualitas pelayanan Dinas Perpustakaan dan Kearsipan Provinsi Lampung antara lain: Penataan ruangan dan buku, Suhu ruangan, Ruangan yang tidak bising, Kondisi meja dan kursi, Fasilitas komputer, Kondisi penitipan barang, Koleksi majalah ilmiah dan umum, Koleksi referensi, Koleksi surat kabar, Jam buka perpustakaan, Jumlah maksimal pinjaman buku, Pelayanan diberikan dalam waktu cepat, Petugas layanan siap dan sigap melayani, Petugas pelayanan mempunyai pengetahuan dan kemampuan memberikan informasi dan Informasi dan tata cara pemanfaatan layanan yang diberikan jelas.

V. UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan ini, kami sangat menghargai Universitas Malahayati untuk mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Tjiptono, Fandy. 2014. "*Pemasaran jasa*". Yogyakarta: Andi Offset

[2] Sugiono. 2013. "*Metode Penelitian Bisnis*". Bandung: Alfabeta.

[3] Wijaya, Toni. 2018. *"Manajemen Kualitas Jasa Edisi Kedua"*. Jakarta: PT.Indeks.

[4] Anggoro, Bayu Rahman. 2008. "*Evaluasi Kualitas Pelayanan Pendidikan dengan menggunakan Model Kano Di Pusat Pendidikan Istibank Pabelan, Kartasura*". Skripsi S1 Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah. Surakarta : Universitas Muhammadiyah.

[5] Huda Mahmudatul, Santoso Budi dan Rahayuningsih Sri. 2017. *"Analisis Kualitas Layanan Perpustakaan Menggunakan Metode Kano: Studi Kasus Perpustakaan Universitas Kadiri"*. Jati Unik: Jurnal Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Kadiri. Vol.1, No.1:30-39.

ISBN 978-623-92050-0-3

Pengembangan Model Jaringan Rantai Pasok dengan *Inventory Control* dan Permintaan Stokastik

1st Famila Dwi Winati
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta
famila.dwi.w@mail.ugm.ac.id

2nd Nur Aini Masruroh
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta
aini@ugm.ac.id

3rd Agus Darmawan
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta
agusd@ugm.ac.id

***Abstract* — Penelitian ini menggabungkan permasalahan alokasi dan persediaan pada pemodelan jaringan rantai pasok, yang terdiri dari beberapa manufaktur, gudang potensial, dan ritel sebagai sumber *demand*. Fokus utama penelitian adalah menentukan alokasi distribusi optimal tiap eselon, dan memilih sejumlah gudang yang akan dioperasikan pada kondisi permintaan stokastik. Penelitian ini menyajikan model *mixed integer nonlinear programming* yang bertujuan untuk meminimalkan total biaya transportasi, biaya pembukaan gudang, serta biaya persediaan pada jaringan rantai pasok. Model diaplikasikan ke dalam *numerical example* berskala kecil untuk membuktikan bahwa model yang dikembangkan dapat diaplikasikan dan berjalan sesuai dengan konsep pemodelan yang diharapkan.**

Keywords—rantai pasok, persediaan, alokasi fasilitas, desain jaringan rantai pasok

I. PENDAHULUAN

Kegagalan dan kesuksesan suatu perusahaan seringkali dikaitkan dengan kemampuan perusahaan tersebut dalam mengelola rantai pasoknya. Dalam lingkungan bisnis yang terus berkembang, perusahaan dituntut untuk terus mengevaluasi kinerja rantai pasoknya dalam melayani konsumen dengan kualitas produk dan layanan yang tinggi, namun dengan biaya yang seminimal mungkin [1]. Jumlah dan lokasi fasilitas merupakan salah satu faktor penting dalam keberhasilan rantai pasok [2]. Bahkan para ahli berpendapat bahwa sebanyak 80% dari biaya rantai pasok adalah pengaruh dari penentuan lokasi fasilitas dan aliran optimal produk antar fasilitas tersebut [3].

Oleh karena itu, dibutuhkan desain jaringan rantai pasok yang memungkinkan perusahaan untuk menemukan kemungkinan konfigurasi terbaik rantai pasok sesuai dengan strategi kompetitif perusahaan [4]. Berdasarkan beberapa penelitian, perusahaan-perusahaan yang melakukan redesain jaringan rantai pasok mampu melakukan penghematan biaya ataupun meningkatkan profit secara signifikan, seperti Llamasoft, Cocacola, dan Inditex [5]–[7].

Saat ini, penelitian mengenai pemodelan lokasi fasilitas rantai pasok mulai dikembangkan dan diperbaiki dengan menambahkan keputusan terkait persediaan (*inventory*) ke dalam keputusan alokasi fasilitas klasik. Keputusan mengenai persediaan memiliki hubungan erat dengan penentuan lokasi fasilitas optimal, seperti penentuan ukuran pengiriman (*shipment size*), frekuensi pengiriman yang akan mempengaruhi biaya transportasi [2], serta level apa persediaan tersebut akan disimpan. Isu persediaan kemudian juga menjadi penting karena kondisi permintaan saat ini yang seringkali bersifat tidak pasti (*uncertain*). Karena pasar yang tidak stabil, industri-industri saat ini dihadapkan dengan masalah manajemen persediaan pada rantai pasoknya, yaitu kelebihan maupun kekurangan stok yang akan berdampak pada biaya persediaan (*holding cost*) [8]. Adanya *demand uncertainty* mendorong perusahaan untuk menyimpan *safety stock* produk pada fasilitas-fasilitas tertentu (seperti gudang atau *distribution center*) sehingga dapat dengan cepat merespon permintaan konsumen.

Keputusan persediaan dan kondisi permintaan yang tidak pasti ini membuat pemodelan jaringan rantai pasok menjadi lebih kompleks. Saat ini, pemodelan jaringan rantai pasok dengan mempertimbangkan keputusan persediaan telah berkembang dengan berbagai bentuk konfigurasi dan asumsi yang telah ditetapkan. Sifat permintaan, keputusan *sourcing*, dan jumlah fasilitas adalah beberapa hal yang membedakan antara penelitian pada bidang ini.

ISBN 978-623-92050-0-3

Penelitian ini mempertimbangkan multi eselon dan multi *nodes* pada konfigurasi rantai pasoknya, yang terdiri dari manufaktur, gudang (*warehouse*), dan ritel, dimana asumsi persediaan berada pada eselon gudang dan ritel. Model yang akan dibangun bertujuan untuk meminimalkan total biaya, yang terdiri dari biaya lokasi, transportasi, dan persediaan sembari memastikan pemenuhan permintaan konsumen dengan kondisi permintaan yang bersifat stokastik.

Beberapa penelitian sebelumnya, hanya mempertimbangkan *single sourcing* pada ritelnya, dimana kondisi ini akan memungkinkan adanya kekurangan persediaan (*shortage*) gudang dalam pemenuhan permintaan dari ritel, mengingat bahwa pada kenyataannya permintaan bisa saja lebih dari kapasitas gudang tersebut. Selain itu, kecenderungan penelitian lainnya yang berasumsi bahwa manufaktur memiliki kapasitas yang tidak terbatas, sehingga konfigurasi yang seringkali digunakan pada penelitian sebelumnya adalah *single manufacturer* atau *supplier*. Sedangkan realitas yang seringkali ditemui adalah manufaktur memiliki keterbatasan-keterbatasan dalam produksinya.

Oleh karena itu, tujuan utama penelitian ini adalah melengkapi beberapa celah dalam penelitian-penelitian sebelumnya, yaitu mengakomodasi adanya *multi sourcing* pada ritel dan multi manufaktur yang memiliki kapasitas produksi masing-masing. Untuk mewujudkan tujuan tersebut, pemodelan dengan *mixed integer nonlinear programming* diusulkan untuk memodelkan masalah alokasi fasilitas dan persediaan pada rantai pasok ini. Untuk verifikasi dan validasi, model ini akan dicobakan menggunakan *hypotetical data* yang kemudian akan diselesaikan secara analitis menggunakan bantuan *software* Lingo.

II. TINJAUAN LITERATUR

Jaringan rantai pasok pada dasarnya telah banyak didesain untuk menyelesaikan masalah-masalah tertentu. Analisis sistem produksi dan jaringan distribusi merupakan area penelitian yang masih aktif diteliti selama bertahun-tahun dalam pemodelan jaringan rantai pasok [9]. Dengan berkembangnya teknologi komputasi, pemodelan jaringan rantai pasok mulai berkembang luas namun dengan dasar model yang sama, dengan mengintegrasikan komponen-komponen tertentu dalam modelnya. Salah satunya adalah *inventory control*. Oleh karena itu, bab ini akan berisi tinjauan literatur-literatur terdahulu yang mulai mengintegrasikan masalah alokasi dan persediaan dalam memodelkan jaringan rantai pasok.

Sebagian besar model jaringan rantai pasok berfokus pada *facility location problem*, yaitu permasalahan yang berkaitan dengan pemodelan jaringan distribusi, seperti penentuan lokasi, alokasi fasilitas dan permintaan, hingga produksi per periodenya [10], [11]. Setiap distribusi antar eselon dalam pemodelan rantai pasok saat ini makin dipertimbangkan, sehingga keterlibatan hampir seluruh eselon dalam rantai pasok menambah kerumitan dari pemodelan. Adapun eselon yang seringkali dipertimbangkan dalam pemodelan jaringan distribusi rantai pasok adalah *suppliers*, manufaktur, gudang, dan ritel [12]–[14].

Dalam pemodelan jaringan rantai pasok untuk permasalahan distribusi, batasan kapasitas seringkali menjadi batasan yang utama. Pada beberapa penelitian lainnya, batasan permintaan yang dapat dipenuhi dan *service level* juga dipertimbangkan, baik itu permintaan yang bersifat deterministik maupun stokastik [15]. [16] menyajikan model *capacitated facility location problem* (CFLP) yang mempertimbangkan batasan *coverage*, yaitu minimum permintaan yang harus dipenuhi oleh setiap gudang dan juga target *service level* yang ditentukan oleh pelanggan dalam lingkungan deterministik. [9] memodelkan jaringan rantai pasok untuk menentukan sumber daya, transportasi, dan alokasi optimal dengan batasan-batasan sumber daya, namun untuk kondisi permintaan yang bersifat tidak tentu (*uncertain*). Karena permintaan yang bersifat stokastik, kebijakan terkait kemungkinan adanya kekurangan dan kelebihan persediaan dengan batasan-batasan sumber daya seringkali diformulasikan untuk mendapatkan model yang optimal [17], [18].

Pada pemodelan jaringan rantai pasok standar, biaya persediaan seringkali dianggap independen dengan desain jaringan rantai pasok itu sendiri, sehingga tingkat persediaan pada jaringan rantai pasok seringkali diasumsikan konstan [19]. Pengecualian biaya persediaan saat merancang jaringan rantai pasok dianggap kesalahan dan menjadi salah satu kekurangan penelitian saat ini [20]. Oleh karena itu, beberapa penelitian telah menggabungkan keputusan-keputusan alokasi fasilitas dan distribusi, khususnya pada permintaan stokastik [15], [19], [21], [22]. Sedangkan [23] menambahkan pertimbangan adanya kemungkinan *understock* dan *overstock*, sehingga biaya pinalti dan *salvage value* dibahas dalam penelitian tersebut.

Penelitian [19], [21]–[23] menggunakan konsep *economic order quantity* (EOQ) sebagai dasar untuk menentukan jumlah pesanan optimal dengan asumsi *single sourcing* pada ritelnya. Asumsi ini berarti bahwa setiap ritel hanya bisa disuplai oleh satu gudang. Namun, asumsi ini mulai dikembangkan dari *single* menjadi *multi sourcing* pada beberapa penelitian [2], [15], [24], termasuk dalam penelitian ini. Perkembangan asumsi *multi sourcing* ini

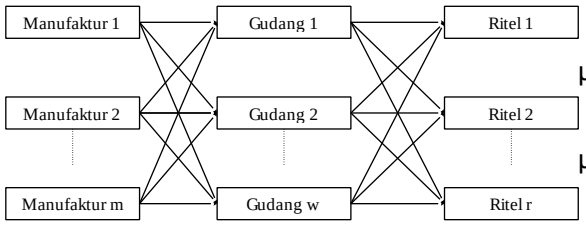
ISBN 978-623-92050-0-3

kemudian hanya dikembangkan pada eselon ritel saja, dengan manufaktur/*supplier* tidak memiliki batasan kapasitas sehingga berapapun permintaan gudang akan selalu dapat dipenuhi. Oleh karena itu, pada pemodelan jaringan rantai pasok yang berfokus pada adanya persediaan hanya menggunakan satu eselon manufaktur yang akan mendistribusikan produk ke seluruh gudang.

Perbedaan mendasar penelitian ini dengan penelitian lainnya berada pada aspek konfigurasinya. Penelitian ini kemudian mengasumsikan adanya *multi sourcing* pada ritel dan gudang, sehingga akan ditugaskan beberapa manufaktur yang memiliki kapasitas produksi masing-masing. Pemodelan yang akan digunakan secara garis besar mengikuti model yang digunakan oleh penelitian [22], dengan perluasan asumsi dan modifikasi pada bagian *sourcing* ritel dan manufaktur.

III. DESKRIPSI MASALAH

Penelitian ini terdiri dari multi eselon yang terdiri dari multi manufaktur, beberapa (multi) kandidat gudang, dan multi ritel dimana adanya *inventory control* dipertimbangkan terdapat pada gudang dan ritel. Adapun kebijakan persediaan yang digunakan adalah (R,Q) *policy*. Jenis persediaan yang dipertimbangkan pada penelitian ini adalah persediaan siklus (*cycle inventory*) dan *safety stock*. *Cycle inventory* ditentukan oleh ukuran pemesanan yang didapatkan dari rumus klasik EOQ. *Safety stock* digunakan untuk mengakomodasi permintaan yang tidak pasti. Karena permintaan berada pada kondisi stokastik, maka rata-rata (*mean*) dan variansi permintaan pada ritel menjadi parameter pada penelitian ini. Permintaan pada tiap ritel bersifat independen dan diasumsikan berdistribusi normal. Selain itu, *lead time* dan *service level* juga ditentukan sebelumnya. Parameter biaya yang akan dipertimbangkan meliputi biaya persediaan, biaya pemesanan, serta biaya transportasi.



Gambar 1. Jaringan distribusi rantai pasok

Dalam penelitian ini, akan dipilih sejumlah gudang yang akan digunakan pada konfigurasi optimal dengan meminimalkan total biaya, penentuan penugasan dari manufaktur menuju gudang, maupun dari gudang ke ritel, serta keputusan persediaan. Adapun formula matematis akan dijelaskan secara spesifik untuk memodelkan masalah alokasi dan persediaan pada sub bab selanjutnya.

a. Notasi

Bagian ini akan mendefinisikan semua index, parameter, serta variabel yang akan digunakan dalam membangun model.

Indeks

m : manufaktur (m = 1, 2,....,M)
w : gudang (w = 1, 2,....,W)
r : ritel (r = 1, 2,....,R)

Parameter

p_{mw}^{A} biaya transportasi per unit produk dari manufaktur m menuju gudang w

p_{wr}^{B} biaya transportasi per unit produk dari gudang w menuju ritel r

FC_w *fixed cost* pembukaan gudang w

Cap_w kapasitas gudang w

Cap_m kapasitas produksi manufaktur m

μ_r rata-rata (*mean*) permintaan di ritel r

V_r variansi permintaan ritel r

a_w biaya pesan gudang w

A_r biaya pesan ritel r

h_w biaya simpan gudang w

H_r biaya simpan ritel r

LT_{mw}^{A} *lead time* pemesanan oleh gudang w kepada manufaktur m

LT_{wr}^{B} *lead time* pemesanan oleh ritel r kepada gudang w

k_w *safety factor* gudang w

K_r *safety factor* ritel r

Variabel

x_w variabel biner, dimana 1 berarti gudang w dibuka

y_{wr} variabel biner, dimana 1 berarti gudang w ditugaskan untuk ritel r

S_{mw}^{A} unit produk yang dikirim dari manufaktur m ke gudang w

S_{wr}^{B} unit produk yang dikirim dari gudang w ke ritel r

ISBN 978-623-92050-0-3

μ_w rata-rata (*mean*) permintaan di gudang w

μ_m rata-rata (*mean*) permintaan di manufaktur m

v_w variansi permintaan di gudang w

b. Fungsi Biaya

Model matematis yang akan dibangun terdiri dari beberapa komponen biaya, yaitu biaya transportasi, biaya untuk pembukaan gudang, serta biaya persediaan. Biaya transportasi dimodelkan secara sederhana dengan perkalian biaya transportasi per unitnya. Biaya transportasi ini dilibatkan dalam aliran distribusi antara manufaktur dan gudang, serta gudang dan ritel.

Biaya transportasi:

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{w=1}^{W} S_{mw}^{A}\, p_{mw}^{A} + \sum_{w=1}^{W}\sum_{r=1}^{R} S_{wr}^{B} p_{wr}^{B} y_{wr}$$

Formulasi untuk biaya persediaan dipengaruhi oleh dua biaya utama, yaitu biaya penyimpanan (*holding cost*) dan biaya pemesanan (*ordering cost*). Biaya pemesanan dimodelkan dengan mengalikan biaya pemesanan tetap dengan jumlah order yang dilakukan per periode, $\frac{\mu}{Q}$. Untuk biaya penyimpanan, biaya penyimpanan tetap per unit dikalikan dengan jumlah persediaan yang terdiri dari *cycle inventory* dan *safety stock*.

Cycle inventory pada gudang dan ritel mengikuti rumus klasik persediaan yaitu $\frac{Q}{2}$. Permintaan yang bersifat stokastik menyebabkan *safety stock* (SS_w dan SS_r) juga turut dipertimbangkan dalam model ini. Sehingga, biaya penyimpanan pada gudang dan ritel dapat dirumuskan sebagai berikut.

Biaya penyimpanan =

$$\sum_{w=1}^{W} a_w \frac{\mu_w}{Q_w} + \sum_{w=1}^{W} h_w\left(\frac{Q_w}{2} + SS_w\right) + \sum_{r=1}^{R} A_r \frac{\mu_r}{Q_r} + \sum_{r=1}^{R} H_r\left(\frac{Q_r}{2} + SS_r\right)$$

Variabel ukuran pemesanan Q dapat ditentukan menggunakan rumus klasik EOQ yaitu:

$$Q_w = \sqrt{\frac{2a_w\mu_w}{h_w}}$$

$$Q_r = \sqrt{\frac{2A_r\mu_r}{H_r}}$$

Safety stock dibuat sebagai stok pengaman untuk memenuhi permintaan selama *lead time* dengan probabilitas sesuai dengan *service level* yang ditentukan. *Safety stock* diformulasikan berdasarkan nilai target *service level*, yang kemudian mengacu pada tabel Z. *k* adalah notasi yang mewakili nilai tersebut. Adanya asumsi *multi sourcing* pada gudang dan ritel membuat rumus *safety stock* dimodifikasi mengikuti penelitian [2] dengan formula sebagai berikut.

$$SS_w = k_w\sqrt{v_w}\left(\sum_{m=1}^{M}\frac{S_{mw}^{A}}{\mu_w}\sqrt{LT_{mw}^{A}}\right) \quad (5)$$

$$SS_r = K_r\sqrt{V_r}\left(\sum_{w=1}^{W}\frac{S_{wr}^{B}}{\mu_r}\sqrt{LT_{wr}^{B}}\right) \quad (6)$$

Dengan menggabungkan formula (3), (4), (5), dan (6) pada formula (2), maka didapatkan formula untuk biaya persediaan pada gudang dan ritel sebagai berikut.

$$\left[\sum_{w=1}^{W}\sqrt{2a_w h_w\mu_w} + \sum_{w=1}^{W} h_w\left(k_w\sqrt{v_w}\left(\sum_{m=1}^{M}\frac{S_{mw}^{A}}{\mu_w}\sqrt{LT_{mw}^{A}}\right)\right)\right] + \left[\sum_{r=1}^{R}\sqrt{2A_r H_r\mu_r} + \sum_{r=1}^{R} H_r\left(K_r\sqrt{V_r}\left(\sum_{w=1}^{W}\frac{S_{wr}^{B}}{\mu_r}\sqrt{LT_{wr}^{B}}\right)\right)\right] \quad (7)$$

Formula terakhir adalah biaya untuk pembukaan gudang yang diformulasikan secara sederhana dengan mengalikan antara biaya tetap pembukaan gudang dan variabel biner x_w yaitu sebagai berikut.

$$\sum_{w=1}^{W} x_w FC_w \quad (8)$$

c. Model Matematis

Seluruh formula biaya yang terlibat dalam model ini digabungkan menjadi sebuah model *mixed integer nonlinear programming*, yaitu sebagai berikut.

(2) Min Z :

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{w=1}^{W} S_{mw}^{A}\, p_{mw}^{A} + \sum_{w=1}^{W}\sum_{r=1}^{R} S_{wr}^{B} p_{wr}^{B} y_{wr} + \sum_{w=1}^{W} x_w FC_w + \left[\sum_{w=1}^{W}\sqrt{2a_w h_w\mu_w} + \right.$$

(3) $$\left.\sum_{w=1}^{W} h_w\left(k_w\sqrt{v_w}\left(\sum_{m=1}^{M}\frac{S_{mw}^{A}}{\mu_w}\sqrt{LT_{mw}^{A}}\right)\right)\right] +$$

(4) $$\left[\sum_{r=1}^{R}\sqrt{2A_r H_r\mu_r} + \sum_{r=1}^{R} H_r\left(K_r\sqrt{V_r}\left(\sum_{w=1}^{W}\frac{S_{wr}^{B}}{\mu_r}\sqrt{LT_{wr}^{B}}\right)\right)\right]$$

Subject to:

$$\mu_w \le Cap_w\, x_w \qquad \forall w \quad 1, 2, \ldots, W \quad (9)$$

ISBN 978-623-92050-0-3

$\mu_m \leq Cap_m$ ∀ m 1, 2,.....,M (10)

$\mu_r = \sum_{w=1}^{W} S_{wr}^{B}\, y_{wr}$ ∀ r 1, 2,.....,R (11)

$\mu_w = \sum_{m=1}^{M} S_{mw}^{A}$ ∀ w 1, 2,.....,W (12)

$\mu_w = \sum_{r=1}^{R} S_{wr}^{B} y_{wr}$ ∀ w 1, 2,.....,W (13)

$\mu_m = \sum_{w=1}^{W} S_{mw}^{A}$ ∀ w 1, 2,.....,M (14)

$v_w = \sum_{r=1}^{R} V_r\, y_{wr}$ ∀ w 1, 2,.....,W (15)

$x_w = \{0, 1\}$ ∀ w 1, 2,.....,W (16)

$y_{wr} = \{0, 1\}$ ∀ w, r 1, 2,.....,W,R (17)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini akan menunjukkan hasil dari pengaplikasian model yang telah dibuat pada sebuah *numerical case* dalam skala kecil. Aplikasi model ini menghasilkan hasil berupa pilihan pada sejumlah kandidat gudang yang berbeda kapasitas, yaitu apakah gudang akan dibuka atau tidak, dan berapa banyak produk yang akan dialokasikan untuk tiap-tiap fasilitas tersebut.

Model ini akan diaplikasikan pada skala kecil terlebih dahulu untuk memastikan bahwa model matematis yang dibangun dapat berjalan sesuai konsep dan memberikan hasil yang sesuai. Adanya pengaplikasian ini juga bertujuan untuk memeriksa seluruh ekspresi matematis dalam model telah mempresentasikan hubungan yang benar. Model akan dicobakan menggunakan data hipotesis (*hypotetical data*) yang mengacu pada data yang digunakan oleh penelitian Miranda dan Garrido [21] dengan tingkat *service level* sebesar 95%. Penelitian ini mempertimbangkan dua manufaktur, dua gudang potensial, dan tiga ritel sebagai sumber *demand*.

TABEL 1. PARAMETER PADA MANUFAKTUR

Eselon	**Parameter**
	Cap$_m$
Manufaktur 1	30
Manufaktur 2	50

TABEL 2. PARAMETER PADA GUDANG

Eselon	**Parameter**			
	FC$_w$	***Cap$_w$***	***a$_w$***	***h$_w$***
Gudang 1	2391084	47	846	184
Gudang 2	1722391	49	757	133

TABEL 3. PARAMETER PADA RITEL

Eselon	**Parameter**			
	A$_r$	***H$_r$***	***μ$_r$***	***Vr***
Ritel 1	810	148	10	108
Ritel 2	767	163	15	221
Ritel 3	669	133	16	295

TABEL 4. PARAMETER BIAYA TRANSPORTASI MANUFAKTUR DAN GUDANG

p_{mw}^{A}	**Gudang 1**	**Gudang 2**
Manufaktur 1	62	46
Manufaktur 2	40	51

TABEL 5. PARAMETER LEAD TIME MANUFAKTUR DAN GUDANG

LT_{mw}^{A}	**Gudang 1**	**Gudang 2**
Manufaktur 1	4	3
Manufaktur 2	3	3

TABEL 6. PARAMETER BIAYA TRANSPORTASI GUDANG DAN RITEL

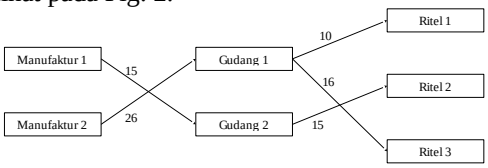
p_{wr}^{B}	**Ritel 1**	**Ritel 2**	**Ritel 3**
Gudang 1	55	47	30
Gudang 2	66	33	51

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL 7. PARAMETER LEAD TIME GUDANG DAN RITEL

LT_{wr}^{B}	**Ritel 1**	**Ritel 2**	**Ritel 3**
Gudang 1	2	4	2
Gudang 2	3	2	2

Berdasarkan model yang telah dijalankan pada *software* Lingo, hasil menunjukkan bahwa model ini dapat berjalan dengan baik dan memiliki *output* sesuai dengan yang diinginkan, yaitu keputusan gudang apakah beroperasi atau tidak, serta alokasi produk dari manufaktur ke gudang, serta dari gudang ke ritel. Konfigurasi rantai pasok optimal berdasarkan skenario yang telah ditetapkan menunjukkan bahwa kedua gudang akan dibuka, dengan alokasi penugasan dapat dilihat pada Fig. 2.



Gambar 2. Keputusan konfigurasi optimal

TABEL 8. VARIABEL KEPUTUSAN MEAN DEMAND PADA MANUFAKTUR DAN GUDANG

Eselon	**μ_m**	**μ_w**
Manufaktur 1	15	
Manufaktur 2	26	
Gudang 1		26
Gudang 2		15

TABEL 9. VARIABEL KEPUTUSAN PEMBUKAAN GUDANG

Eselon	**x_w**
Gudang 1	1
Gudang 2	1

TABEL 10. VARIABEL KEPUTUSAN ALOKASI DISTRIBUSI MANUFAKTUR DAN GUDANG

S_{mw}^{A}	**Gudang 1**	**Gudang 2**
Manufaktur 1	0	15
Manufaktur 2	26	0

TABEL 11. VARIABEL KEPUTUSAN ALOKASI DISTRIBUSI GUDANG DAN RITEL

S_{wr}^{B}	**Ritel 1**	**Ritel 2**	**Ritel 3**
Gudang 1	10	0	16
Gudang 2	0	15	0

TABEL 12. VARIABEL KEPUTUSAN VARIANSI DEMAND PADA GUDANG

Eselon	**v_w**
Gudang 1	403
Gudang 2	221

Hasil *running model* menunjukkan bahwa kedua manufaktur dan gudang dioperasikan untuk menjalankan penugasan-penugasan distribusi. Manufaktur 1 menyuplai gudang 2, dan manufaktur 2 menyuplai gudang 1. Adapun gudang 1 bertugas untuk menyuplai ritel 1 dan 3, sedangkan gudang 2 bertugas untuk menyuplai ritel 2 saja. Dari konfigurasi ini, didapatkan total biaya minimum yaitu 4.202.159.Tiap penugasan distribusi telah memenuhi batasan-batasan yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu kapasitas pada persamaan (9) dan (10), batasan alokasi *mean demand* pada persamaan (11), (12), (13), dan (14), serta batasan alokasi variansi *demand* di gudang pada persamaan (15). Model ini tidak mencantumkan batasan variansi pada manufaktur karena asumsi persediaan pada manufaktur tidak dipertimbangkan, sehingga pencantuman variabel variansi *demand* pada manufaktur pada dasarnya tidak dibutuhkan. Adapun keputusan-keputusan ini akan membantu perusahaan dalam menentukan jumlah order optimal Q pada konfigurasi terbaik yang mampu meminimalkan total biaya.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini menyajikan pengembangan model jaringan rantai pasok yang melibatkan keputusan persediaan pada kondisi permintaan stokastik. Kelas model ini bersifat *mixed integer nonlinear programming* (MINLP) untuk penyelesaian masalah

ISBN 978-623-92050-0-3

alokasi dan persediaan, dengan mengintegrasikan parameter-parameter biaya, seperti biaya transportasi, biaya pembukaan gudang, serta biaya persediaan. Model ini diaplikasikan ke dalam *numerical case* berskala kecil untuk membuktikan bahwa model ini dapat berjalan sesuai dengan konsep yang diinginkan. Hasil *running* model telah mampu menunjukkan nilai-nilai variabel keputusan yang meminimalkan total biaya.

Model pada penelitian ini hanya diaplikasikan pada skala kecil, sehingga pembuktian model pada kasus yang lebih besar dan realistis menjadi tantangan untuk penelitian selanjutnya. Selain itu, tidak adanya pertimbangan secara menyeluruh terhadap biaya-biaya di manufaktur, seperti biaya produksi dan persediaan menjadi kekurangan penelitian ini. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya akan menjadi lebih menarik jika mampu mengakomodasi parameter dan kondisi pada manufaktur yang belum dibahas pada penelitian ini, seperti jumlah produksi optimal, persediaan, hingga jumlah pemesanan optimal untuk bahan baku.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Z. Zhang, "Towards theory building in agile manufacturing strategies — case studies of an agility taxonomy," Int . J . Prod. Econ., vol. 131, pp. 2010–2012, 2011.

[2] M. S. Puga and J. Tancrez, "A heuristic algorithm for solving large location – inventory problems with demand uncertainty," Eur. J. Oper. Res., vol. 259, pp. 413–423, 2017.

[3] M. Watson, S. Lewis, P. Cacioppi, and J. Jayaraman, Supply chain network design: Applying optimization and analytics to the global supply chain. New Jersey: Pearson Education, 2013.

[4] M. Varsei and S. Polyakovskiy, "Sustainable supply chain network design : A case of the wine industry in Australia," Int. J. Manag. Sci., 2017.

[5] SupplyChain, "Supply chain design for the automotive industry," 2014. [Online]. Available: https://www.supplychain247.com/article/supply_chain_design_for_the_automotive_industry/LLamasoft. [Accessed: 14-May-2019].

[6] C. Sapardanis, "Coca-cola supply chain management success story," 2018. [Online]. Available: https://supplychainminded.com/coca-cola-supply-chain-management-success-story/. [Accessed: 15-May-2019].

[7] Gartner, "Learn from the leaders: gartner supply chain top 25 spotlights leadership," 2013. [Online]. Available: https://www.gartner.com/en/supply-chain/research-tools/supply-chain-top-25. [Accessed: 15-May-2019].

[8] K. S. Navarro, J. A. Chedid, W. F. Florez, H. O. Mateus, L. E. Cardenas-Barron, and S. S. Sana, "A collaborative EPQ inventory model for a three-echelon supply chain with multiple products considering the effect of marketing effort on demand," J. Ind. Manag. Optim., no. 3, 2019.

[9] L. Nagar and K. Jain, "Supply chain planning using multi-stage stochastic programming," Supply Chain Manag. An Int. J., vol. 13, no. 3, pp. 251–256, 2008.

[10] O. Baron, J. Milner, and H. Naseraldin, "Facility location : a robust optimization approach," Prod. Oper. Manag., vol. 20, no. 5, pp. 772–785, 2011.

[11] B. Fahimnia, R. Z. Farahani, and J. Sarkis, "Integrated aggregate supply chain planning using memetic algorithm – A performance analysis case study," Int. J. Prod. Res., vol. 51, no. 18, pp. 5354–5373, 2013.

[12] C. Chen and W. Lee, "Multi-objective optimization of multi-echelon supply chain networks with uncertain product demands and prices," Comput. Chem. Eng., vol. 28, pp. 1131–1144, 2004.

[13] F. Altiparmak, M. Gen, L. Lin, and T. Paksoy, "A genetic algorithm approach for multi-objective optimization of supply chain networks," Comput. Ind. Eng., vol. 51, no. 1, pp. 196–215, 2006.

[14] M. Jafarian and M. Bashiri, "Supply chain dynamic configuration as a result of new product development," Appl. Math. Model., vol. 38, no. 3, pp. 1133–1146, 2014.

[15] G. R. Nasiri, H. Davoudpour, and B. Karimi, "The impact of integrated analysis on supply chain management : a coordinated approach for inventory control policy," Supply Chain Manag. An Int. J., vol. 15, no. 4, pp. 277–289, 2010.

[16] L. K. Nozick, "The fixed charge facility location problem with coverage restrictions," Transp. Res. Part E, vol. 37, pp. 281–296, 2001.

[17] S. Tamjidzad and S. H. Mirmohammadi, "Optimal (r , Q) policy in a stochastic inventory system with limited resource under incremental quantity discount," Comput. Ind. Eng., vol. 103, pp. 59–69, 2017.

[18] C. K. Chan, F. Fang, and A. Langevin, "Single-vendor multi-buyer supply chain coordination with stochastic demand," Int. J. Prod. Econ., 2018.

[19] K. L. Croxton and W. Zinn, "Inventory considerations in network design," J. Bus. Logist., vol. 26, no. 1, pp. 149–168, 2018.

[20] R. H. Ballou, "Unresolved issues in supply chain network design," Inf. Syst. Front., vol. 3, no. 44, pp. 417–426, 2001.

[21] P. A. Miranda and R. A. Garrido, "Incorporating inventory control decisions into a strategic distribution network design model with stochastic demand," Transp. Res. Part E, vol. 40, pp. 183–207, 2004.

[22] J. Kang and Y. Kim, "Inventory control in a two-level supply chain with risk pooling effect," Intern. J. Prod. Econ., vol. 135, no. 1, pp. 116–124, 2012.

[23] S. Tiwari, C. K. Jaggi, and S. Sankar, "Integrated supply chain of supplier and retailer for stochastic demand," Math. Model. Anal., vol. 23, no. 4, pp. 582–595, 2018.

[24] T. Paksoy, E. Özceylan, and G. Weber, "A multi-objective mixed integer programming model for multi echelon supply chain network design and optimization," J. Syst. Res. Inf. Technol., pp. 47–57, 2010.

ISBN 978-623-92050-0-3

Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Stasiun Kutablang Dengan Metode Project Evaluation and Review Technique (PERT) dan Critical Path Method (CPM)

1st Farhan Jordan Akbar
Departemen Teknik Industri
Universitas Diponegoro
Semarang, Indonesia
jordanakbar@gmail.com

2nd Manik Mahachandra
Departemen Teknik Industri
Universitas Diponegoro
Semarang, Indonesia
manik.mahachandra@ft.undip.ac.id

3rd Naniek Handayani
Departemen Teknik Industri
Universitas Diponegoro
Semarang, Indonesia
naniekh@ft.undip.ac.id

***Abstrak*— Manajemen proyek adalah ilmu dan seni yang berhubungan dengan memimpin dan mengkoordinir sumber daya yang terdiri dari manusia dan material dengan menggunakan teknik pengelolaan modern untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan, yaitu lingkup, mutu, jadwal, dan biaya, serta memenuhi keinginan para stakeholder. PT Bintang Leo Indonesia merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang kontraktor dan konsultan. Perusahaan mendapat masalah dalam waktu penyelesaian proyek Stasiun Kutablang yang berlokasi di Lhokseumawe, Aceh Utara karena waktu penyelesaian tidak sesuai dengan waktu yang telah disepakati. Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan metode lintasan kritis, PERT, perhitungan waktu dan biaya proyek, serta analisis penyebab keterlambatan proyek menggunakan Fishbone dan Tree Diagram. Dari penelitian yang telah dilakukan, peluang keberhasilan proyek sebesar 95,15% dengan waktu penyelesaian jika dipercepat menjadi 189 minggu dari jadwal perusahaan yaitu 230 minggu jika semua kondisi dalam keadaan ideal. Setelah menemukan akar masalah menggunakan *fishbone*, rekomendasi perbaikan penjadwalan yang diusulkan dengan diagram pohon, seperti manajemen proyek mengikuti SOP, mempelajari data historis, penerapan sistem reward dan punishment bagi karyawan, negosiasi dengan pemerintah agar mengizinkan tenaga kerja non lokal, melakukan pengawasan lebih maksimal, dan pemfokusan kerja karyawan.**

Keywords*— *manajemen proyek, PERT, CPM, crashing, fishbone, tree diagram

I. PENDAHULUAN

Kemajuan pembangunan di segala bidang semakin dirasakan, terutama di negara yang sedang berkembang, hal ini dilakukan dalam rangka meningkatkan taraf hidup rakyatnya. Banyak kemajuan yang harus dikejar, ketertinggalan ini diusahakan harus dikejar dengan pembangunan di segala bidang. Pembangunan tersebut berupa pembangunan fisik proyek, pembangunan gedung, stasiun, dermaga, industri besar atau kecil, jaringan telekomunikasi, dan lain-lain. Demi kelancaran jalannya sebuah proyek dibutuhkan manajemen yang akan mengelola proyek dari awal hingga proyek berakhir, yakni manajemen proyek. Bidang manajemen proyek tumbuh dan berkembang karena adanya kebutuhan dalam dunia industri modern untuk mengkoordinasi dan mengendalikan berbagai kegiatan yang kian kompleks.

Kegagalan dari pelaksanaan sering kali disebabkan kurang terencananya kegiatan proyek serta pengendalian yang kurang efektif sehingga kegiatan proyek tidak efisien, hal ini akan mengakibatkan keterlambatan, menurunnya kualitas pekerjaan, dan membengkaknya biaya pelaksanaan. PT. Bintang Leo Indonesia sebagai unsur pelaksana pengadaan pekerjaan konstruksi bertugas menyelenggarakan pembangunan Stasiun Kutablang di Cot Seurani, Aceh Utara Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam. Dalam pengerjaan proyeknya, PT. Bintang Leo Indonesia mendapatkan masalah dalam waktu penyelesaian proyek karena waktu penyelesaian tidak sesuai dengan waktu yang telah disepakati sebelumnya. Hal ini akan berdampak buruk bagi perusahaan, diantaranya memperburuk image perusahaan yang terkesan tidak mampu menyelesaikan proyek sesuai kontrak yang telah disepakati. Oleh karena itu diperlukan analisis optimalisasi durasi proyek sehingga dapat diketahui berapa lama suatu proyek tersebut diselesaikan dan mencari adanya kemungkinan percepatan waktu pelaksanaan proyek. Metode yang paling tepat digunakan dalam kondisi ini adalah PERT (Project Evaluation and Review Technique) dan CPM (Critical Path Method - Metode Jalur Kritis).

ISBN 978-623-92050-0-3

Metode jalur kritis *critical path method* (CPM) menurut [1] yaitu metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek-proyek merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan di antara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. Metode CPM banyak digunakan oleh kalangan industri atau proyek konstruksi. PERT atau *project evaluation and review technique* merupakan sebuah model management science untuk perencanaan dan pengendalian sebuah proyek [2] Metode PERT adalah suatu metode yang bertujuan untuk sebanyak mungkin mengurangi adanya penundaan, maupun gangguan dan konflik produksi, mengkoordinasikan dan sebagai suatu keseluruhan pekerjaan dan mempercepat selesainya proyek.

Lebih lanjut, untuk menganalisis penyebab keterlambatan dan agar mampu memberikan solusi perbaikan digunakan pendekatan *root cause analysis* untuk mencari akar permasalahan dari suatu gejala yang ditemukan [3]. *Fishbone* diagram merupakan salah satu alat yang umum digunakan dalam *root cause analysis.* Diagram ini menggambarkan hubungan karakteristik suatu permasalahan dan faktor-faktornya. Diagram ini digunakan untuk mencari sebab dari suatu masalah atau penyimpangan. Diagram sebab-akibat ini dikembangkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa pada tahun 1943, sehingga biasa disebut dengan diagram Ishikawa. Diagram pohon atau *tree diagram* juga merupakan alat untuk mencari akar permasalahan. Diagram ini membagi kategori-kategori besar ke dalam tingkat yang lebih kecil atau terperinci. Seperti namanya, diagram pohon berbentuk seperti pohon yang memiliki satu batang dahan yang mencabang dua atau lebih.

II. METODE PENELITIAN

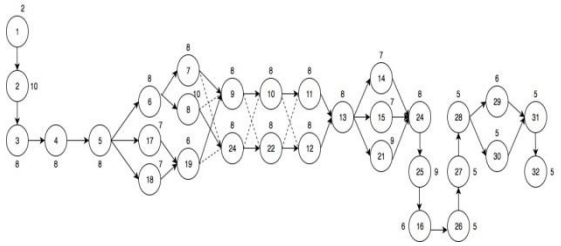
A. Pengumpulan Data

Dalam tahap ini pengumpulan data diperoleh berdasarkan wawancara dan observasi langsung, dimana diperoleh dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dengan mewawancarai kepala dan staff bagian proyek didapat data jadwal pembangunan proyek dan waktu penyelesaian tiap kegiatan. Untuk data sekunder sendriri diperoleh berdasarkan sudah ada pada perusahaan seperti sejarah berdirinya perusahaan, struktur organisasi, dan gambaran umum perusahaan.

B. Pengolahan Data

Pada penelitian mengenai penjadwalan proyek di PT. Bintang Leo Indonesia, data yang ada diolah dengan: (1) membuat analisa penjadwalan proyek dengan menggunakan Project Evaluation and Reviews Technique, (2) mengidentifikasi lintasan kritis dengan menggunakan metode Critical Path Method, dan (3) menganalisis keterlambatan proyek menggunakan *fishbone diagram* dan *tree diagram*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. *Precedence diagram* proyek

Dalam menyusun jadwal proyek diperlukan aktivitas kerja yang ada pada proyek itu sendiri. Selain itu juga diperlukan hubungan antar aktivitas, serta durasi dari setiap aktivitas. Gambar 1. *Precedence diagram* proyek dan tabel 1 menunjukkan urutan aktivitas dan penjelasan tiap aktivitas proyek pembangunan Stasiun Kutablang tersebut.

Perhitungan lintasan kritis dengan CPM dilakukan berdasarkan data aktivitas dan precedence diagram yang telah dibuat. Perhitugan lintasan kritis ini dapat dijadikan sebagai acuan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Lintasan kritis dihasilkan berdasarkan nilai dari slack time masing-masing aktivitas.

Dimana aktivitas dengan nilai slack time 0 (nol) merupakan lintasan kritis (critical path) dari aktivitas pada proyek Stasiun Kutablang. Setelah melakukan perhitungan earliest start, latest start, earliest finish, dan latest finish, maka dapat diketahui yang menjadi critical path proyek yaitu aktivitas dengan ID 1,2,3,4,5,6,8,24,22,12,13,2124,25,16,26,27,28,29,31, dan 32 dengan total waktu penyelesaian selama 153 minggu.

Waktu penyelesaian kegiatan yang dilakukan diasumsikan dilakukan berkali-kali sehingga memberikan perkiraan waktu estimasi, antara lain waktu realistis, waktu optimis, dan waktu pesimis. Kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus (1), dimana hasil perhitungannya kemudian ditampilkan dalam.

$$Te=\frac{a+4m+b}{6} \qquad (1)$$

Setelah dilakukan perhitungan didapat waktu harapan pembangunan proyek stasiun sebesar 170,92 minggu. Lalu, menghitung total variansi yang berada di lintasan kritis dan didapat hasil sebesar 115,86 minggu. Dengan demikian, standar deviasinya adalah 10,7639. Dalam penentuan probabilitas penyelesaian proyek dapat dilakukan dengan perhitungan menggunakan Tabel Z distribusi.

ISBN 978-623-92050-0-3

TABLE 1. JADWAL PEMBANGUNAN PROYEK STASIUN KUTABLANG

TASK	Durasi (Minggu)	Predesesor
PEKERJAAN PERSIAPAN	2	
PEMATANGAN LAHAN	18	
pekerjaan tanah I	10	1
pekerjaan dinding penahan tanah, drainase, dan pagar keliling	8	3
EMPLASEMEN	8	4
BANGUNAN GEDUNG STASIUN	94	
pekerjaan tanah II	8	5
pekerjaan pondasi II	8	5
pekerjaan beton dan beton bertulang	8	6
pekerjaan sanitier	10	6
pekerjaan dinding dan plasteran	8	7,8, 19
Pekerjaan Struktur baja dan rangka atap II	8	9, 24
pekerjaan atap	8	10, 22
pekerjaan kusen pintu dan jendela	8	10, 22
langit-langit	8	11, 12
penutup lantai dan dinding	7	13
ornamen dan dekoratif	7	13
pengecatan	6	25
PLUMBING	20	
STP/Sewage treatment plant	7	5
pekerjaan deepwell	7	5
pipa air bersih	6	17, 18
ELEKTRIKAL	19	
pemasangan main cable dan panel	10	9, 10, 22
pekerjaan penangkal petir dan penerangan	9	13
LANDSCAPE	16	
pekerjaan pagar	8	9, 24
pekerjaan parkir dan halaman	8	34
PERON	8	14, 15,21
TATA UDARA	9	24
POWERHOUSE	36	
pekerjaan tanah dan pondasi	5	16
pekerjaan beton dan beton bertulang	5	26
dinding dan plasteran	5	27
struktur baja dan atap	6	28
pekerjaan kusen dan jendela	5	28
pekerjaan plafon	5	29, 30
pekerjaan penutup lantai dinding dan pengecatan	5	31

TABEL 2. PERHITUNGAN LINTASAN KRITIS DENGAN CPM

TASK	ES	LS	EF	LF	SLACK	CRITICAL PATH?
PEKERJAAN PERSIAPAN	0	0	2	2	0	Yes
PEMATANGAN LAHAN						
pekerjaan tanah I	2	2	12	12	0	Yes
pekerjaan dinding penahan tanah, drainase, dan pagar keliling	12	12	20	20	0	Yes
EMPLASEMEN	20	20	28	28	0	Yes
BANGUNAN GEDUNG STASIUN						
pekerjaan tanah II	28	28	36	36	0	Yes
pekerjaan pondasi II	36	36	44	44	0	Yes
pekerjaan beton dan beton bertulang	44	44	52	54	2	No
pekerjaan sanitier	44	44	54	54	0	Yes
pekerjaan dinding dan plasteran	54	56	62	64	2	No
Pekerjaan Struktur baja dan rangka atap D	64	66	70	72	2	No
pekerjaan atap	72	72	80	80	0	Yes
pekerjaan kusen pintu dan jendela	72	72	80	80	0	Yes
langit-langit	80	80	88	88	0	Yes
penutup lantai dan dinding	88	90	95	97	2	No
ornamen dan dekoratif	88	90	95	97	2	No
pengecatan	114	114	120	120	0	Yes
PLUMBING						
STP/Sewage treatment plant	36	41	43	48	5	No
pekerjaan deepwell	36	41	43	48	5	No
pipa air bersih	43	48	49	54	5	No
ELEKTRIKAL						

ISBN 978-623-92050-0-3

TASK	ES	LS	EF	LF	SLACK	CRITICAL PATH?
pemasangan main cable dan panel	54	54	64	64	0	Yes
pekerjaan penangkal petir dan penerangan	88	88	97	97	0	Yes
LANDSACPE						
pekerjaan pagar	64	64	72	72	0	Yes
pekerjaan parkir dan halaman	135	135	143	143	0	Yes
PERON	97	97	105	105	0	Yes
TATA UDARA	105	105	114	114	0	Yes
POWERHOUSE						
pekerjaan tanah dan pondasi	120	120	125	125	0	Yes
pekerjaan beton dan beton bertulang	125	125	130	130	0	Yes
dinding dan plasteran	130	130	135	135	0	Yes
struktur baja dan atap	135	135	143	143	0	Yes
pekerjaan kusen dan jendela	135	138	140	143	3	No
pekerjaan plafon	143	143	148	148	0	Yes
pekerjaan penutup lantai dinding dan pengecatan	148	148	153	153	0	Yes

TABEL 3. PERHITUNGAN WAKTU HARAPAN PROYEK PEMBANGUNAN STASIUN KUTABLANG

TASK	Durasi (Minggu)	a	m	b	Te
PEKERJAAN PERSIAPAN	2	1	2	2	1.83
PEMATAGAN LAHAN					0.00
pekerjaan tanah I	10	6	10	10	9.33
pekerjaan dinding penahan tanah, drainase, dan pagar keliling	8	4	8	8	7.33
EMPLASEMEN	8	5	8	8	7.5
BANGUNAN GEDUNG STASIUN					0.00
pekerjaan tanah II	8	5	8	8	7.5
pekerjaan pondasi II	8	5	8	9	7.67
pekerjaan beton dan beton bertulang	8	4	8	8	7.33
pekerjaan sanitier	10	6	10	10	9.33
pekerjaan dinding dan plasteran	8	4	8	8	7.33
Pekerjaan Struktur baja dan rangka atap II	8	4	8	8	7.33
pekerjaan atap	8	5	8	8	7.5
pekerjaan kusen pintu dan jendela	8	4	8	8	7.33
langit-langit	8	4	8	8	7.33
penutup lantai dan dinding	7	4	7	7	6.5
ornamen dan dekoratif	7	3	7	7	6.33
pengecatan	6	3	6	6	5.5
PLUMBING					0.00
STP/Sewage treatment plant	7	3	7	7	6.33
pekerjaan deepwell	7	3	7	7	6.33
pipa air bersih	6	3	6	6	5.5
ELEKTRIKAL					0.00
pemasangan main cable dan panel	10	6	10	10	9.33
pekerjaan penangkal petir dan penerangan	9	5	9	9	8
LANDSACPE					0.00
pekerjaan pagar	8	4	8	9	7.5
pekerjaan parkir dan halaman	8	4	8	8	7.33
PERON	8	4	8	8	7.33
TATA UDARA	9	5	9	9	8.33
POWERHOUSE					0.00
pekerjaan tanah dan pondasi	5	2	5	5	4.5
pekerjaan beton dan beton bertulang	5	2	5	5	4.50
dinding dan plasteran	5	3	5	6	4.83
struktur baja dan atap	6	3	6	6	5.5
pekerjaan kusen dan jendela	5	2	5	5	4.50
pekerjaan plafon	5	2	5	5	4.50
pekerjaan penutup lantai dinding dan pengecatan	5	2	5	5	4.50
		120	230	233	170,92

TABEL 4. STANDAR DEVIASI DAN VARIANSI *CRITICAL PATH*

Critical	a	m	b	Te	s	V

ISBN 978-623-92050-0-3

Path						
PEKERJAAN PERSIAPAN	1	2	2	2	0.17	0.03
pekerjaan tanah I	6	10	10	9.33	2.67	7.11
pekerjaan dinding penahan tanah, drainase, dan pagar keliling	4	8	8	7.33	2.67	7.11
EMPLASEMEN	5	8	8	7.50	1.50	2.25
pekerjaan tanah II	5	8	8	7.50	1.50	2.25
pekerjaan pondasi II	5	8	9	7.67	2.67	7.11
pekerjaan sanitier	6	10	10	9.33	2.67	7.11
Pekerjaan Struktur baja dan rangka atap D	4	8	8	7.33	2.67	7.11
pekerjaan atap	5	8	8	7.50	1.50	2.25
pekerjaan kusen pintu dan jendela	4	8	8	7.33	2.67	7.11
langit-langit	4	8	8	7.33	2.67	7.11
pengecatan	3	6	6	5.50	1.50	2.25
pemasangan main cable dan panel	6	10	10	9.33	2.67	7.11
pekerjaan penangkal petir dan penerangan	5	9	9	8.33	2.67	7.11
pekerjaan pagar	4	8	9	7.50	4.17	17.36
pekerjaan parkir dan halaman	4	8	8	7.33	2.67	7.11
TATA UDARA	5	9	9	8.33	2.67	7.11
pekerjaan tanah dan pondasi	2	5	5	4.50	1.50	2.25
pekerjaan beton dan beton bertulang	2	5	5	4.50	1.50	2.25
dinding dan plasteran	3	5	6	4.83	1.50	2.25
pekerjaan plafon	2	5	5	4.50	1.50	2.25
pekerjaan penutup lantai dinding dan pengecatan	2	5	5	4.50	1.50	2.25
			total	149	total	115.86
					s	10.7638799 3

Dalam penentuan probabilitas penyelesaian proyek dapat dilakukan dengan perhitungan menggunakan Tabel Z ditribusi normal seperti berikut:

$$Z = \frac{x-\mu}{\sigma} \quad (2)$$

$$Z = \frac{bts\ waktu\ penyelesaian\ -\ waktu\ penyelesaian}{standar\ deviasi}$$

$$Z = \frac{170{,}92-153}{10{,}7639}$$

Z tabel = 0.9515

$X > \mu \rightarrow P(x \leq 170{,}92) = 0{,}9515 = 95{,}15\%$

Dengan demikian, berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui bahwa peluang keberhasilan proyek stasiun kutablang dengan menggunakan metode Critical Path Method (CPM) dan Program Evaluation and Review Technique (PERT) sebesar 95,15%. Kondisi ini dapat tercapai ketika semua sumber daya dalam keadaan ideal, seperti SDM yang berkualitas, fasilitas yang digunakan juga mendukung dan kebutuhan material sesuai dengan yang dibutuhkan dan waktu yang diinginkan.

Percepatan Waktu dan Biaya Proyek

Dalam Percepatan proyek untuk alternative penambahan jam kerja ini hanya berlaku pada kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis karena kegiatan pada lintasan kritis adalah kegiatan yang tidak boleh tertunda. Maka akan diambil salah satu lintasan kritis yang didapat dari pembuatan penjadwalan proyek dengan 2 metode sebelumnya.

Sebelum melakukan perhitungan biaya tambahan proyek, perlu diawali dengan melakukan perhitungan produktivitas mingguan. Produktivitas mingguan dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut

$$\text{Produktivitas Harian} = \frac{\text{Satuan Pekerjaan}}{\text{Durasi Normal}} \quad (3)$$

Kemudian dilakukan perhitungan produktivitas harian sesudah *crash* dengan menggunakan persamaan berikut

$$\text{Produktivitas Harian} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{\text{7 Jam}} \quad (4)$$

Kemudian dilakukan perhitungan produktivitas sesudah crash :

Produktivitas Harian Sesudah Crash =

ISBN 978-623-92050-0-3

7 x Produktivitas Tiap Jam + (a x b x Produktivitas Tiap Jam)

Setelah itu dilakukan perhitungan *crash duration* dengan menggunakan persamaan Berikut

$$\text{CD} = \frac{\text{Satuan Pekerjaan}}{\text{Produktivitas Harian Sesudah Crash}} \quad (5)$$

Kemudian hitung biaya lembur pekerja yaitu biaya Lembur pekerja = 1,5 x upah sejam normal untuk jam kerja lembur pertama + (2 x *n* x upah sejam normal untuk jam kerja lembur berikutnya)

Lalu dihitung crash perhari dan slopenya yaitu

Crash pekerja perhari = (7jam x normal cost pekerja) + (n x biaya lembur perjam)

$$\text{Slope} = \frac{Crash\ Cost - Normal\ Cost}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}} \quad (6)$$

Dan didapat hasil rekapan perhitungan *crash duration* dengan penambahan waktu 2 jam dan 3 jam dapat dilihat pada Tabel 6.Tabel 6 menunjukkan perbandingan tambahan biaya waktu pengerjaan proyek antara waktu normal, penambahan 2 jam, dan penambahan 3 jam. Pengambilan keputusan dari alternatif penambahan kerja yang ada perlu melihat terlebih dahulu besarnya penundaan waktu dan kemampuan dana yang dimiliki. Jika terjadi penundaan yang cukup lama dan memiliki pendanaan yang cukup, maka alternatif penambahan jam kerja sebesar 3 jam adalah pilihan terbaik. Namun jika penundaan tidak cukup lama dan pendanaan terbatas, maka alternatif penambahan jam kerja sebesar 2 jam adalah pilihan terbaik. Selain itu juga melihat dimana atau saat kegiatan apa yang terjadi penundaan. Penambahan kerja hanya dilakukan saat kegiatan dalam lintasan kritis mengalami penundaan.

Untuk analisis fishbone, terdapat 4 faktor utama yang menyebabkan kendala pada proyek yaitu

(1) Material, Ketersediaan material yang kurang mengakibatkan terjadinya keterlambatan proyek pembangunan stasiun ini, Disamping itu juga terjadi keterlambatan pengadaan material untuk proyek dari supplier Sehingga material memenuhi proyek tersebut.
(2) Metode, metode merupakan faktoryang menyebabkan keterlambatan Proyek Pembangunan Stasiun Kutablang. Hal tersebut dikarenakan kontrak antara PT Bintang Leo Indonesia dan Pemerintah dalam hal ini Kementerian Perhubungan terburu- buru dan hanya mengnejar deadline. PT Bintang Leo Indonesia menjanjikan pembuatan proyek Stasiun ini kepada Pemerintah dengan kontrak yang ada dan target yang telah di tentukan. Namun pada kenyataannya PT Bintang Leo Indonesia tidak memperhatikan sumber daya yang ada, seperti ketersedian SDM, mesin,dan material. Kemudian desain proyek yang ada kembali direview ulang dan banyak perubahan yang memakan waktu selama 2 bulan.
(3) Mesin, Fasilitas mesin atau peralatan ini ada yang kondisinya sudah rusak atau dicuri karena lemahnya pengawasan dari petugas proyek yang ada di proyek tersebut.
(4) Manusia, Terdapat beberapa faktor yang memperngaruhi keterlambatan proyek Stasiun Kutablang. Faktor yang pertama yaitu pendekatan kepada masyarakat terkait persiapan serah terima lahan yang cukup lama disebabkan kontrak harga yang dianggap tak sesuai, pemerintah sendiri juga mewajibkan untuk membangun proyek dengan melibatkan masyarakat di sekitar proyek dimana budaya masyarakat Aceh yang tidak diperbolehkan untuk bekerja pada malam hari/ lembur. Kemudian manajemen pengelolaan yang tidak terlalu biasa bekerja dengan schedule yang ada.

Kemudian dampak keterlambatan yang terdapat pada proyek yaitu kontrak yang dilakukan pihak Kementerian Perhubungan dengan PT Bintang Leo Indonesia dapat diketahui bahwa biaya penalty yang harus dibayarkan PT Bintang Leo ke pihak Kemenhub apabila melebihi batas yang disepakati yaitu 1/1000 dari nilai kontrak sebesar Rp. 11.502.651,35,-/hari. Dengan demikian dapat dipastikan bahwa semakin lama pekerjaan PT Bintang Leo Indonesia menyelesaikan proyek Stasiun Kutablang, akan semakin banyak biaya yang dikeluarkan PT Bintang Leo Indonesia. Selain itu juga banyak biaya-biaya selain biaya penalty seperti biaya tenaga kerja dan biaya variable lainnya yang terus meningkat seiring bertabahnya waktu pengerjaan. Dampak lain yang ditimbulkan yaitu adanya penurunan kepercayaan pelanggan terhadap PT Bintang Leo Indonesia.

Lalu, membuat usulan perbaikan sistem dengan diagram pohon (*tree diagram*) untuk memberikan solusi yang diusulkan berdasarkan analisis penyebab permasalahan pada subbab sebelumnya. Berikut merupakan usulan yang dapat diterapkan dalam manajemen proyek PT Bintang Leo Indonesia yaitu :

(1) Manajemen Proyek mengikuti SOP, manajemen proyek yang baik adalah ketika suatu proyek dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan tanpa melewati satupun proses yang telah ditentukan. Seperti pada saat perancangan desain seharusnya mengikuti SOP yang ada sehingga kesalahan pembuatan dapat diminimalisir. dan resiko terhadap revisi secara keseluruhan dan penambahan biaya produksi dan proyek akan semakin kecil.
(2) Mempelajari Data Historis, Dalam menjalankan proyek yang baru, sudah seharusnya pemegang system melakukan riset sampai tingkat yang paling detail termasuk dalam penentuan penjadwalan. Untuk itu perlu data historis proyek yang sejenis. Data tersebut bisa berupa data waktu maupun yang lainnya. Contohnya dalam

ISBN 978-623-92050-0-3

penentuan penjadwalan adanya waktu realistis, waktu, optimis, waktu pesimis, dan waktu yang diharapkan.

(3) Penerapan sistem *Reward and Punishment* bagi karyawan, PT. Bintang Leo Indonesia perlu menerapkan system reward and punishment bagi karyawan yang melakukan kesalahan dan melakukan improvement. Hal ini bertujuan untuk memberikan motivasi bekerja terhadap karyawan yang ada di PT Bintang Leo Indonesia. Penerapan system ini bukan tanpa dasar, melainkan berdasarkan kebiasaan pekerja yang cenderung masih mengikuti kebiasaan atau budaya setempat. Sehingga system ini bisa meningkatkan kedisiplinan dan meningkatkan motivasi karyawan.Reward yang dapat diberikan dapat berupa penambahan bonus bagi karyawan berprestasi dan untuk hukuman yang dapat diberikan yaitu pemotongan gaji bagi karyawan yang kurang disiplin.

(4) Negosiasi dengan Pemerintah agar Mengizinkan Tenaga Kerja Non Lokal, PT. Bintang Leo Indonesia sebaiknya melakukan negosiasi dengan pemerintah atau pihak setempat agar mengizinkan mempekerjakan tenaga kerja non lokal jika dirasa tenaga kerja setempat kurang memadai.

(5) Melakukan Pengawasan Lebih Maksimal, PT. Bintang Leo Indonesia sebaiknya melakukan pengawasan lebih maksimal seperti menambah jumlah personil untuk meningkatkan pengawasan sehingga tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan seperti mesin yang rusak atau hilang.

TABEL 5. REKAPITULASI PERHITUNGAN *COST SLOPE*

Keterangan	**Waktu Penyelesaian Proyek (Minggu)**	**Jumlah Waktu Yang Dipercepat (Minggu)**	**Besar Biaya Proyek (Rp)**	**Biaya Tambahan (Rp)**	**Cost Slope (Rp)**
Waktu Normal	230	0	995.850.000	0	-
Penambahan 2 Jam	189	40	1.010.649.326	14.799.326	546.900
Penambahan 3 Jam	182	47	1.018.762.542	22.912.542	673.898
Jam					

(6) Pemfokusan Kerja Karyawan, PT Bintang Leo Indonesia sebaiknya harus dapat memgatur pembagian tugas sehingga tidak terjadi pembagian ganda sehingga karyawan dapat lebih fokus pada pekerjaannya dan lebih maksimal dalam melaksanakan tugasnya, kemudian juga harus dapat melaksanakan koordinasi yang tepat.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian serta analisis yang telah dilakukan, dalam melakukan penjadwalan Proyek Stasiun Kutablang dengan manajemen proyek, metode yang dapat digunakan adalah Critical Path Method dan Program Evaluation and Review Technique. Proyek menjadi lebih efisien dan efektif dalam hal waktu ditunjukkan dengan durasi pengerjaan proyek dari 230 minggu bisa dipercepat menjadi 189 minggu jika dilakukan penambahan waktu (*crashing*) sebesar 2 jam per hari. Penyebab terjadinya keterlambatan dalam proyek Stasiun Kutablang ini dapat dilihat dari 4 faktor utama, yaitu pada material, metode, manusia, dan pada machine. Usulan perbaikan yang dapat diajukan berdasarkan permasalahan yang ada adalah manajemen proyek mengikuti SOP, mempelajari data historis. penerapan sistem reward and punishment, bagi karyawan, negosiasi dengan pemerintah agar mengizinkan tenaga kerja lokal, pengawasan lebih maksimal, dan pemfokusan kerja karyawan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Z. Djamin, “Perencanaan dan analisa proyek,” Jakarta: UIPRESS, 2008.
[2] Siswanto, “Operation Research, Jilid II,” Jakarta: Erlangga, 2007.
[3] B. Andersen & T. Fagerhaug, “Root cause analysis: simplified tools and techniques,” ASQ Quality Press, 2006.
[4] E.Dannyanti. "Optimalisasi Pelaksanaan Proyek dengan Metode Pert dan CPM (Studi Kasus Twin Tower Building Pascasarjana Undip)". Skripsi, FT Undip. Semarang. 2010.
[5] Gaspersz, Vincent. "Metode Analisis Untuk Peningkatan Kualitas". PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.2003.
[6] Handoko, T.H. "Manajemen Personalia dan Sumber Daya Manusia". BPFE. Yogyakarta. 1999.
[7] Hughes, Mike Cotterell. "Software Project Management". Edisi Ke-3. McGraw-Hill. London. 2002.
[8] Meredith, Jack."Project Management, A Managerial Approach". Sixth Edition. John Wiley & Sons, Hoboken. New Jersey. 2006.
[9] Nagarajan. "Project Management". New Age International Pvt. New Delhi.2007.
[10] Render, Barry & Jay Heizer. "Operations Management". 8th Edition. Pearson Prentice-Hall Inc. New Jersey.2006.
[11] Soeharto, I. "Manajemen Konstruksi dari Konseptual Hingga Operasional". Erlangga. Jakarta. 1999.

ISBN 978-623-92050-0-3

Analisis Pengendalian Persediaan *Critical Spare Part* pada salah satu unit perusahaan *refinery* di Indonesia

1st Hanissa Okitasari
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
email: hanissa.okitasari@gmail.com

2nd Nur Aini Masruroh
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
email: aini@ugm.ac.id

***Abstract*— Pada perusahaan *refinery*, salah satu proses bisnis yang menjadi fokus perbaikan dalam upaya menjaga daya saing yang semakin kompetitif adalah *maintenance management*, dimana salah satu bagian dari *maintenance management* adalah *critical spare parts management*. Rendahnya nilai ito (*inventory turn over*) menyebabkan terjadinya penumpukan inventory di gudang, serta masih perlu dilakukannya cuci gudang oleh perusahaan tiap tahunnya, menunjukkan bahwa kebijakan *inventory planning* yang dilakukan perusahaan masih perlu dievaluasi. Penelitian ini dilakukan untuk membantu perusahaan menentukan komponen-komponen kritis untuk kemudian menentukan minimum *stock* serta maksimum *stock* untuk masing-masing komponen-komponen kritis. Penelitian ini dimulai dengan penentuan komponen-komponen kritis menggunakan metode MUSIC-3D, lalu dilakukan penentuan jenis demand untuk menentukan metode peramalan yang akan dilakukan. Jenis demand yang *lumpy/intermittent* menjadi dasar penggunakan metode peramalan croston dan metode *Syntetos-Boylan Approximation* (SBA). Kemudian di akhir penelitian dilakukan penentuan *minimum stock*, *maximum stock*, dan *reorder point* dengan menggunakan metode *periodic review*. Hasil akhir menunjukkan bahwa tidak semua komponen kritis perlu untuk dilakukan penyimpanan persediaan dalam jumlah besar, beberapa komponen kritis hanya perlu menyediakan sejumlah satu kali permintaan dengan jumlah dalam satu kali permintaan bergantung dengan data historis masing-masing komponen.**

Keywords*— *critical spare parts management, inventory planning, MUSIC-3, lumpy demand, croston, Syntetos-Boylan Approximation (SBA), periodic review

I. PENDAHULUAN

Perusahaan *refinery* x merupakan salah satu perusahaan yang mengelola penambangan minyak dan gas bumi di Indonesia dengan laba bersih pada semester 1 tahun 2018 tidak sampai Rp 5 triliyun. Hal ini menunjukkan perlu dilakukannya upaya perbaikan untuk meningkatkan daya saing yang berdampak pada meningkatnya *revenue* perusahaan. Salah satu proses bisnis yang menjadi fokus perbaikan dalam upaya menjaga daya saing yang semakin kompetitif pada perusahaan *refinery* adalah *maintenance management*. Menurut Dhillon (2002) pemeliharaan merupakan semua tindakan yang dilakukan untuk mempertahankan atau mengembalikan item atau peralatan ke keadaan tertentu. Kemampuan perusahaan dalam manajemen perawatan salah satunya diihat dari aspek *availibility* (ketersediaan) dan *reliability* (keandalan). Upaya perusahaan untuk mencapai target *availibility* (ketersediaan) dan *reliability* (keandalan) erat kaitannya dengan kemampuan perusahaan dalam mengelola *spare part*. Ada beberapa aspek yang membuat permintaan *spare part* dan pengelolaan *spare part* menjadi kompleks, antara lain banyaknya jumlah *spare part* yang dikelola dan pola permintaan *spare part* yang *intermittent* atau *lumpy*. Permintaan *intermittent* adalah permintaan yang berlangsung dalam interval waktu yang tidak teratur dengan kuantitas yang beragam. Sedangkan permintaan *lumpy* adalah permintaan yang tidak merata pada sisi waktu dan kuantias yang diminta, selain itu membutuhkan investasi lebih atas persediaan maupun waktu respon yang lebih lama dibandingkan dengan yang telah diprediksi sebelumnya. (Bacchetti dan Saccani, 2012)

Perusaahaan ini merupakan salah satu perusahaan *refinery* di Indonesia yang telah menerapkan kebijakan *spare parts management* dengan metode intuitif, dimana jumlah pemesanan *spare parts* pada

ISBN 978-623-92050-0-3

periode tertentu berdasarkan data permintaan pemesanan *spare parts* pada periode sebelumnya. Selain itu nilai ito (*inventory turn over*) perusahaan masih rendah, yakni sebesar 0,4 saja dengan nilai k = 1. Nilai ito = 0,4 dan masih terjadi penumpukan inventory di gudang, sehingga perusahaan masih harus melakukan cuci gudang satu kali dalam satu tahun. Berdasarkan permasalahan tersebut dapat dilihat bahwa *inventory planning* yang dilakukan perusahaan belum tepat.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membantu perusahaan menentukan komponen-komponen kritis untuk kemudian menentukan minimum *stock* serta maksimum *stock* untuk masing-masing komponen-komponen kritis tersebut.

Rendahnya nilai ito (*inventory turn over*) perusahaan yang menyebabkan terjadinya penumpukan inventory di gudang serta masih perlu dilakukannya cuci gudang oleh perusahaan satu tahun sekali menunjukkan bahwa kebijakan *inventory planning* yang dilakukan perusahaan masih perlu dievaluasi. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perlu dilakukan penelitian mengenai bagaimana cara menentukan komponen-komponen kritis, juga bagaimana cara menentukan minimum *stock* serta maksimum *stock* untuk masing-masing komponen-komponen kritis tersebut.

II. METODE

Objek penelitian ini adalah salah satu unit perusahaan refinery yang ada di Indonesia. Adapun metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

A. Penentuan Komponen Kritis

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan komponen-komponen kritis. Terdapat beberapa metode penentuan komponen kritis. Pada penelitian ini kami menggunakan metode MUSC-3D untuk menentukan komponen-komponen kritis. Gopalakrishnan dan banereji (2004) dalam bukunya menjelaskan bahwa Metode *MUSIC-3D* merupakan singkatan dari "*Multi Unit Spares Inventory Control-Three Dimensional approach*". Metode *MUSIC-3D* merupakan metode yang menggunakan 3 dimensi pendekatan yaitu *consumption value*, *availability* dan c*ritically*. Ketiga dimensi tersebut diwakili oleh tiga pendekatan yaitu Sistem ABC (*Activity Based Costing*), VED (*Vital,Essential,Desirable*) dan SDE (*Scarce, difficult to get, eay to obtain*). Berapa manfaat penggunaan metode MUSIC-3D antara lain dalam penyusunan perencanaan, peramalan, sistem informasi manajemen, level persediaan, kebijakan pembelian, penentuan *service level*, antisipasi keusangan, audit perusahaan dan mengendalikan persediaan suku cadang. Metode MUSIC-3D mengelompokkan *spare parts* menjadi dua bagian yakni *High Consumption value (HCV)* dan *Low Consumption Value (LCV)* melalui metode ABC. Kemudian melalui metode VED akan mengelompokkan *spare parts* menjadi 2 katagori yakni *critically* dan *non critically*. Terakhir *lead time* untuk masing-masing *spare parts* akan dikelompokkan menjadi 2 katagori yakni *spare parts* yang masuk katagori *Long Lead Time (LLT)* dan *Short Lead Time (SLT)* melalui metode SDE.

TABEL 1. MATRIX MUSIC-3D

	HIGH CONSUMPTION VALUE (HCV)		***LOW CONSUMPTION VALUE (LCV)***	
	LLT	***SLT***	***LLT***	***SLT***
CRITICAL	1	2	3	4
NON CRTICAL	5	6	7	8
	20% (KECIL) JUMLAH MEWAKILI NILAI PENJUALAN 80% (BESAR)		80% (BESAR) JUMLAH MEWAKILI NILAI PENJUALAN 20% (KECIL)	

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa *spare parts* yang terletak pada kategori 3,4,7 dan 8 mempunyai jumlah item yang banyak tapi frekuensi penggunaannya rendah, sedangkan bahwa *spare parts* yang terletak pada kategori 1,2,5 dan 6 mempunyai jumlah item yang sedikit tapi frekuensi penggunaannya tinggi

a. Penentuan Jenis Demand

Setalah dilakukan penentuan komponen-komponen kritis, dilakukan penentuan jenis demand untuk masing-maisng komponen kritis. Demand dibagi menjadi 4 jenis berdasarkan periode permintaan dan besar permintaan dalam kuadran, yakni sebagai berikut:

- *Erratic Demand*

Permintaan yang selalu ada di setiap periode dengan besar permintaan setiap periodenya tidak

ISBN 978-623-92050-0-3

sama, cenderung fluktuatif, dengan nilai CV mulai dari 0,49 dan nilai ADI mulai dari 0 sampai 1,32

- *Slow Moving/Smooth Demand*

Permintaan yang selalu ada di setiap periode dengan besar permintaan setiap periodenya relatif sama, cenderung tidak fluktuatif, dengan nilai CV mulai dari 0 sampai 0,49 dan nilai ADI mulai dari 0 sampai 1,32

- *Lumpy Demand*

Permintaan yang tidak selalu ada di setiap periode dengan besar permintaan setiap periodenya tidak sama, cenderung fluktuatif, dengan nilai CV mulai dari 0,49 dan nilai ADI mulai dari 1,32

- *Intermittent Demand*

Permintaan yang tidak selalu ada di setiap periode dengan besar permintaan setiap periodenya relatif sama, cenderung tidak fluktuatif, dengan nilai CV mulai dari 0 sampai 0,49 dan nilai ADI mulai dari 1,32

Nilai CV dan Nilai ADI diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$ADI = \frac{\sum_{N}^{i=1} t_i}{N} \quad (1)$$

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(\varepsilon_i - \varepsilon)^2}{N}}}{\varepsilon} \quad (2)$$

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^{N} \varepsilon_i}{N} \quad (3)$$

Keterangan:

ε_i= *Demand ke i*

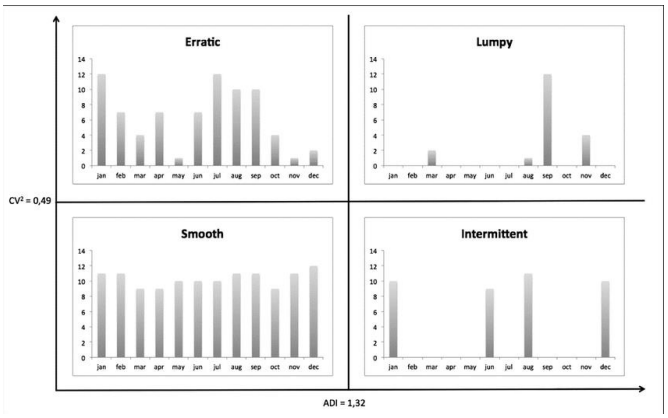
Demand ke i

N pada nilai CV = Jumlah periode total

N pada nilai ADI = Jumlah periode yang memiliki nilai *demand*

t_i= Jumlah *demand* ke i

Berikut contoh grafik pembagian kuadran jenis demand:



Gambar 1. Grafik Contoh Kuadran Demand

b. Penentuan Metode Peramalan Terbaik

Setelah diketahui jenis demand untuk masing-maisng komponen kritis, maka dialkukan peramalan dengan metode yang tepay. Pada tahap ini akan ditentukan metode peramalan terbaik untuk maisng-masing komponen kritis. Hasil ramalan tidak selalu tepat atau sesuai dengan keadaan yang akan terjadi maka perlu dilihat nilai dari kesalahan peramalan atau keakuratan peramalan dari hasil peramalan data historis tersebut, jika nilai kesalahan peramalan kecil maka hasil peramalan tersebut lebih akurat (Putri, 2011). Setiap komponen akan dlakukan peramalan dengan 2 metode, yakni croston dan SBA, kemudian dilakukan pemilihan metode peramalan terbaik berdasarkan nilai SMAPE nya. Metode peramalan permintaan dengan SMAPE terkecil merupakan metode terbaik. Berikut adalah penjelasan metode croston dan metode SBA:

- Metode *Croston*

  Berdasarkan penelitian Willemain, et al. (1994), *Croston's method* menyediakan hasil peramalan yang lebih akurat dibandingkan *exponential smoothing.* Metode ini digunakan untuk meramal permintaan yang bersifat *lumpy*, yaitu permintaan yang kejadian tidak setiap periode dan mempunyai variansi yang tinggi, sehingga metode ini ditujukan untuk menghitung peramalan pada periode yang tidak terjadi permintaan atau nol permintaannya.

  a) *Forecast Size* (St)

  $$S_t = \alpha X_t + (1-\alpha) S_{t-1} \quad (4)$$

  b) *Forecast Interval* (It)

  $$I_t = \alpha q + (1-\alpha) I_{t-1} \quad (5)$$

ISBN 978-623-92050-0-3

c) *Forecast* (Mt)

$$M_t = \frac{S_t}{I_t} \quad (6)$$

d) *Forecast Error*

$$FE = Actual\ Demand - Demand\ Forcast \quad (7)$$

e) *SMAPE*

$$SMAPE = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}\frac{F_k - A_k}{F_k + A_k} \quad (8)$$

Keterangan:

Zt= *Forecast Size* pada periode ke t

Pt= *Forecast Interval* pada periode ke t

F(t+1)= *Forecast* pada periode ke t+1

FE = *Forecast Error*

α = koefisien kali untuk menentukan tingkat variasi jumlah permintaan

Xt = Demand pada periode ke t

P(t-1) = *Forecast Interval* pada periode sebelumnya

N = Jumlah periode

Fk = *Forcast Demand*

Ak= Demand Aktual

- Metode *Synthetos Boylan Approximation*

  Metode *Syntetos-Boylan Approximation* (SBA) merupakan koreksi terhadap metode *Croston.* Syntetos dan Boylan (2005) menunjukkan metode *Croston* yang asli adalah bias. Untuk memperbaiki bias tersebut maka Syntetos dan Boylan mengusulkan mengurangi metode peramalan *Croston* dengan sebuah faktor (1 – α). Sehingga metode SBA tidak jauh berbeda dengan metode *Croston*, yang membedakan hanya paada perhitungan permalan permintaan nya dimana dikalikan dengan (1-α).

  a) *Forecast Size* (St)

  $$S_t = \alpha X_t + (1-\alpha)S_{t-1} \quad (9)$$

  b) *Forecast Interval* (It)

  $$I_t = \alpha q + (1-\alpha)I_{t-1} \quad (10)$$

  c) *Forecast* (Mt)

  $$M_t = (1-\alpha)\frac{S_t}{I_t} \quad (11)$$

  d) *Forecast Error*

  $$FE = Actual\ Demand - Demand\ Forcast \quad (12)$$

  e) *SMAPE*

  $$SMAPE = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}\frac{F_k - A_k}{F_k + A_k} \quad (13)$$

  Keterangan:

  Zt= *Forecast Size* pada periode ke t

  Pt= *Forecast Interval* pada periode ke t

  F(t+1)= *Forecast* pada periode ke t+1

  FE = *Forecast Error*

  α = koefisien kali untuk menentukan tingkat variasi jumlah permintaan

  Xt = Demand pada periode ke t

  P(t-1) = *Forecast Interval* pada periode sebelumnya

  N = Jumlah periode

  Fk = *Forcast Demand*

  Ak= Demand Aktual

c. Penentuan *Minimum Stock* dan *Maximum Stock*

Setalah dilakukan peramalan, maka langkah terakhir adalah melakukan perhitungan persediaan untuk menentukan *minimum stock* dan *maximum stock*. Metode penentuan kebijakan stok yang mampu mengakomodir jenis demand *lumpy* atau *intermittent* adalah metode *periodic review*. Metode ini memiliki 2 parameter dengan persamaan sebagai berikut:

$$D_p = 1{,}30\mu^{0{,}494}\left(\frac{K}{h}\right)^{0{,}506}\left(1+\frac{(\sigma_L)^2}{\mu^2}\right)^{0{,}116} \quad (14)$$

$$S_p = 0{,}973\mu_L + \sigma_L\left(\frac{0{,}183}{z}\right) + 1{,}063 - 2{,}192z \quad (15)$$

dimana

$$z = \sqrt{\frac{D_p}{(\sigma_L p/h)}} \quad (16)$$

$$\mu_L = \mu(R+L) \quad (17)$$

$$\sigma_L = \sigma \times \sqrt{L+R} \quad (18)$$

ISBN 978-623-92050-0-3

Jika nilai Dp/μ>1,5 maka

$$s = S_p \quad (19)$$

$$S = S_p + D_p \quad (20)$$

Jika tidak maka menjadi

$$v = \frac{\frac{h \times 12}{R}}{\frac{h \times 12}{R}} + p \quad (21)$$

$$S_0 = \mu bar_L + v\sigma_L \quad (22)$$

Maka didapat persamaannya menjadi

$$s = minimum\ (S_p, S_0) \quad (23)$$

$$S = minimum\ (S_p + Q_p, S_0) \quad (24)$$

Keterangan:

Dp= parameter 1

Sp= parameter 2

R = *Interval review*

L = *Leadtime*

μ= Rata-rata demand

μL= Rata-rata *leadtime*

σL= Standar deviasi *leadtime*

K = Biaya pemesanan

h = Biaya simpan

p = *Backorder cost* atau *shortage cost*

S = Batas Maksimum tingkat persediaan

s = *Reoreder point*

III. HASIL

a. Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen kritis dilakukan dengan lebih dulu melakukan pengelompokkan berdasarkan dimensi *consumption value*, dimensi *criticality*, dan dimensi *availibility*. Berikut adalah hasil pengelompokkan masing-masing dimensi:

- Pengelompokkan berdasarkan dimensi *Consumption value*

Penentuan komponen yang masuk katagori *High Consumption Value* (HCV) adalah komponen yang memiliki unit value yang tinggi yakni lebih dari Rp 109.437.260,00. Sedangkan komponen yang masuk katagori *Low Consumption Value* (LCV) adalah komponen yang memiliki unit value yang rendah yakni kurang dari sama dengan Rp 109.437.260,00. Berdasarkan parameter pengelompokkan tersebut, maka hasil pengelompokkan komponen berdasarkan *Consumption Value* adalah sebagai berikut:

TABEL 2. HASIL PENGELOMPOKAN HCV

No.	Kode Komponen	Unit Value
1	P103A	4.315.789.932
2	K101A	676.929.541
3	P127B	495.000.120
4	S107	262.875.048
5	P124A	113.435.000
6	P125A	113.435.000

TABEL 3. HASIL PENGELOMPOKAN LCV

No.	Kode Komponen	Unit Value
1	E110	76.313.111
2	K101B	0
3	P103B	0
4	P104A	4
5	P104B	12.118.804
6	P105A	4
7	P106B	109.437.260
8	P108B	32.276.804
9	P109A	0
10	P110A	1.442.018
11	P111A	38.576.577

ISBN 978-623-92050-0-3

No.	Kode Komponen	Unit Value
12	P112A	0
13	P114B	0
14	P121A	0
15	P121B	42.619.499
16	P123A	0
17	P124B	0
18	P127A	0
19	P129A	0
20	P129B	0
21	P130A	0
22	P130B	8

- Pengelompokkan berdasarkan dimensi *criticality*

Penentuan komponen yang masuk katagori *Critical* adalah komponen yang merupakan bagian dari mesin kritis sehingga harus tersedia jika dibutuhkan karena ketidaktersediaan dapat mengganggu beroperasinya sistem produksi. Sedangkan komponen yang masuk katagori *Non Critical* adalah komponen yang merupakan bagian dari mesin yang tidak masuk katagori kritis. Berdasarkan parameter pengelompokkan tersebut, maka hasil pengelompokkan komponen yang masuk katagori komponen critical ada 14 komponen, yakni E110, P103A, P104A, P104B, P105A, P110A, P112A, P114B, P124B, P124A, P125A, P129A, P129B, S107. Sedangkan komponen yang masuk katagori non-critical ada 14 komponen, yakni K101A, K101B, P103B, P106B, P108B, P109A, P121A, P121B, P123A, P130A, P130B, P111A, P127A, P127B

- Pengelompokkan berdasarkan dimensi *avaialibility*

Penentuan komponen yang masuk katagori *Long Leadtime* (LLT) adalah komponen yang memiliki *leadtime* pengadaan yang lama yakni lebih dari 180 hari. Sedangkan komponen yang masuk katagori *Short Leadtime* (SLT) adalah komponen yang memiliki nilai *leadtime* pengadaan yang sebentar yakni kurang dari 180 hari. Berdasarkan parameter pengelompokkan tersebut, maka hasil pengelompokkan komponen berdasarkan *Availibility* adalah sebagai berikut:

TABEL 4. HASIL PENGELOMPOKAN LLT

No.	Kode Komponen	Leadtime
1	P125A	308
2	P127A	617
3	P127B	617
4	P130A	371
5	P130B	371

TABEL 5. HASIL PENGELOMPOKAN SLT

No.	Kode Komponen	Leadtime
1	E110	176
2	K101A	5
3	K101B	5
4	P103A	20
5	P103B	20
6	P104A	4
7	P104B	4
8	P105A	3
9	P106B	1
10	P108B	25
11	P109A	1

ISBN 978-623-92050-0-3

No.	Kode Komponen	Leadtime
12	P110A	1
13	P111A	10
14	P112A	17
15	P114B	1
16	P121A	1
17	P121B	1
18	P123A	40
19	P124B	4
20	P124A	4
21	P129A	1
22	P129B	1
23	S107	3

Berdasarkan matrix MUSIC 3D, pengelompokkan komponen kritis yang terdiri dari 3 dimensi (*consumption value*, *criticality*, dan *availibility*) menjadi sebagai berikut:

TABEL 6. HASIL AKHIR PENGELOMPOKKAN METODE MUSIC-3D

K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
P125A	P103A		E110	P127B	K101A	P127A	K101B
	S107		P104A			P130A	P103B
	P124A		P104B			P130B	P106B
			P105A				P108B
			P110A				P109A
			P112A				P111A
			P114B				P121A
			P124B				P121B
			P129A				P123A
			P129B				

Berdasarkan katagori-katagori yang ada, maka yang menjadi prioritas untuk dilakukan perencanaan strategis berupa peramalan dan perhitungan *minimum stock* dan *maximum stock* adalah katagori 1, katagori 2, katagori 5, dan katagori 6 dengan komponen-komponennya secara berurutan yakni komponen P125A, komponen P103A, komponen S107, komponen P124A, komponen P127B, dan komponen K101A.

b. Penentuan Jenis Demand

Sebelum melakukan peramalan permintaan, dilakukan penentuan jenis demand dengan cara menghitung nilai ADI dan CV untuk seluruh komponen yang masuk katagori kritis. Berikut adalah rekapitulasi jenis demand untuk masing-masing komponen:

TABEL 7. REKAPITULASI JENIS DEMAND

No.	Kode Komponen	Jenis Demand
1	P125A	Lumpy Demand
2	P103A	Intermittent Demand
3	P124A	Lumpy Demand
4	P127B	Lumpy Demand
5	K101A	Lumpy Demand

ISBN 978-623-92050-0-3

6	S107	Lumpy Demand

Jenis demand yang masuk katagori *lumpy* dan *intermittent* inilah yang menjadi dasar pemilihan metode peramalan yang tepat, dimana jenis demand seperti ini lebbih tepat menggunakan metode croston atau metode *Syntetos-Boylan Approximation* (SBA).

c. Penentuan Metode Peramalan Terbaik

Metode Peramalan yang digunakan adalah metode croston dan metode *Syntetos-Boylan Approximation* (SBA). Pemilihan metode peramalan terbaik untuk masing-masing komponen ditentukan dengan melihat nilai SMAPE yang paling kecil dan keterpenuhan demand untuk masing-masing komponen.

TABEL 8. REKAPITULASI METODE PERAMALAN TERPILIH

No.	**Kode Komponen**	**Metode Peramalan Terpilih**
1	P125A	Croston
2	P103A	SBA
3	P124A	Croston
4	P127B	Croston
5	K101A	SBA
6	S107	SBA

d. Penentuan *Minimum Stock* dan *Maximum Stock*

Penentuan *minimum stock* dan *maximum stock* dilakukan dengan menggunakan metode *periodic review*. Sebelum dilakukan pengukuran, terdapat beberapa asumsi yang digunakan, antara lain adalah sebagai berikut:

TABEL 9. ASUMSI YANG DIGUNAKAN

No	**Komponen Asumsi**	**Ukuran Asumsi**
1	Jumlah 1x order	5 komponen
2	**Service Level** a. Service factor	**95%** 1,65
3	**Interval Review**	**Setiap 6 bulan 1x**
4	**Biaya Pemesanan**: a. Biaya Internet b. Biaya Telefon	**9.000** 7.000 6.000
5	**Biaya Simpan**: a. Harga Beli per unit *presentase = 15% dari Harga Beli per unit	**15.000** 100.000
6	**Biaya Backorder**: a. Harga Beli per unit *presentase = 5% dari Harga Bei per unit	**5.000** 100.000

Berdasarkan perhitungan dengan asumsi yang digunakan, maka diperoleh hasil *Minimum Stock* (MinStock), *Maximum Stock* (MaxStock), dan *Reorder point* (ROP) sebagai berikut:

TABEL 10. REKAPITULASI MIN-MAX STOCK DAN ROP

No.	**Kode Komponen**	**MinStock**	**MaxStock**	**ROP**
1	P125A	1	1	1
2	P103A	0	3	0
3	P124A	0	1	0
4	P127B	1	1	1
5	K101A	0	2	0
6	S107	0	4	0

ISBN 978-623-92050-0-3

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

A. Komponen yang masuk katagori kritis menggunakan metode MUSIC-3D yakni sebagai berikut: komponen P125A, komponen P103A, komponen S107, komponen P124A, komponen P127B, dan komponen K101A.
B. Nilai minimum *stock*, nilai maksimum *stock*, dan nilai *reorder point* untuk masing-masing komponen kritis secara berurutan adalah sebagai berikut: komponen P125A (1,1,1); komponen P103A (0,3,0); komponen P124A (0,1,0); komponen P127B (1,1,1); komponen K101A (0,2,0); komponen S107 (0,4,0); komponen

DAFTAR PUSTAKA

[12] Bacchetti, A. & Saccani, N., Spare Parts Classification And Demand Forecasting For Stock Control: Investigating The Gap Between Research And Practice. *Omega*, 40(6), 2012. pp.722–737.

[13] Dhillon, B.S., Engineering Maintenance : A Modern Approach, CRC Press LLC, 2002.

[14] Gopalakhrisnan, P., & Banerji, A. K., Maintenance and Spareparts Management. *PHI Learning Pvt. Ltd*, 2004.

[15] Putri, Triana Rahayu. Pengendaliaan Persediaan Suku Cadang pada Perusahaan Kontraktor Tambang PT XYZ dengan Menggunakan Metode *Quantity Exponential Smoothing* dan *Economic Order*. *Laporan Skripsi. Depok: Universitas Indonesia*, 2011.

[16] Syntetos, A., Boylan, J. & Croston, J., On The Categorization Of Demand Patterns. *Journal of the Operational Research Society*, 56(5), 2005. pp.495–503.

[17] Willemain, T.R., Smart, C.N., Shockor J. H., DeSautels P. A., Forecasting intermittent demand in manufacturing : a comparative evaluation of Croston's method. *International Journal of Forecasting* 10 (4), 1994. 529-538.

ISBN 978-623-92050-0-3

Usulan Perancangan Sistem Antrian Pada Kasir Lotte Mart Wholesale Dengan Metode Simulasi

1st Kartinasari Ayuhikmatin Sekarjati
Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Jl. Kalisahak No. 28, Klitren, Gondokusuman Yogyakarta
E-mail: sekar@akprind.ac.id

2rd Argaditia Mawadati
Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakara
Jl. Kalishak No.28, Kliteran, Gondokusuman Yogyakarta, 55222 Telp. 0274-563029
E-mail: sekar@akprind.ac.id

***Abstrak*-Sistem kasir sendiri merupakan suatu sistem yang membantu para penjual untuk memudahkan dalam melayani para konsumen. Bagi sebagian masyarakat, salah satu alasan mengapa memilih berbelanja di pasar swalayan karena dapat menghemat waktu, sebab konsumen tidak perlu lagi melakukan tawar menawar harga. Barang yang dijual sudah relatif lengkap, tertata rapi, teratur dan menarik, sehingga barang yang diinginkan bisa didapatkan dengan cepat dan mudah. Oleh karena itu, maka pelayanan dalam transaksi pembayaran yang dilakukan oleh kasir harus benar-benar diperhatikan. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode simulasi dengan software Promodel 7.5. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu persentase utilitas yang paling besar terdapat pada karyawan kasir 1 yaitu 77.98% dan persentase idle yang paling besar terdapat pada karyawan kasir 3 yaitu 85.54%. Untuk perbaikan utilitas dan idle maka akan dibangun 2 skenario simulasi. Pada skenario 1, terdapat perubahan pada kapasitas antrian pada kasir 1 dan kasir 2 menjadi 10 customer dan pada kasir 3 menjadi 25 customer. Sedangkan pada skenario 2, akan dilakukan perubahan pada jumlah resource pada kasir 1 menjadi 1-4 operator.**

Berdasarkan dari hasil skenario tersebut, maka skenario yang akan diterapkan pada sistem nyata yaitu skenario 1. Skenario ini dipilih karena mengurangi persentase idle dari kasir 3 menjadi 82.44% dan waktu toleransi yang diinginkan customer untuk menunggu diantrian kurang dari 1 menit terpenuhi.

***Keywords*-simulasi, skenario, utilitas, dan idle.**

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya kompetisi yang mengarah pada pemenuhan tuntutan konsumen baik dari segi kuantitas maupun kualitas menyebabkan dunia usaha harus terus berjuang dalam peningkatan pelayanan dan fleksibilitasnya untuk dapat beradaptasi dan berinovasi secara cepat dan tepat. Salah satu hal yang menyolok dalam sebuah usaha pelayanan langsung ke konsumen adalah bagian fasilitas pelayanan (kasir). Sistem kasir sendiri merupakan suatu sistem yang membantu para penjual untuk memudahkan dalam melayani para konsumen.

Bagi sebagian masyarakat, salah satu alasan mengapa memilih berbelanja di pasar swalayan karena dapat menghemat waktu, sebab konsumen tidak perlu lagi melakukan tawar menawar harga. Barang yang dijual sudah relatif lengkap, tertata rapi, teratur dan menarik, sehingga barang yang diinginkan bisa didapatkan dengan cepat dan mudah. Oleh karena itu, maka pelayanan dalam transaksi pembayaran yang dilakukan oleh kasir harus benar-benar diperhatikan. Pengusaha pasar swalayan harus mengambil keputusan yang tepat dalam menentukan jumlah kasir dan fasilitas pelayanan pembayaran yang dibutuhkan pada hari yang dianggap paling ramai dan jam sibuk, bila jumlah kasir (fasilitas pelayanan dalam transaksi pembayaran) terlalu sedikit maka akan terjadi antrian panjang yang menyebabkan konsumen merasa tidak nyaman karena harus menunggu lama dalam melakukan transaksi pembayaran. Sebaliknya, bila jumlah kasir terlalu banyak maka akan menyebabkan biaya pengadaan fasilitas pelayanan kasir menjadi terlalu besar. Selain itu, kasir juga berada dalam keadaan menganggur jika tidak ada konsumen yang melakukan transaksi pembayaran. Hal ini menyebabkan kerugian secara implisit bagi perusahaan. Namun, jika dilihat pada sistem nyata di Lotte Mart Wholesale, terdapat permasalahan pada masing-masing sistem antrian di kasir. Persentase utilitas pada masing-masing kasir berbeda dan adanya ketidaksesuaian antara tingkat utilitas masing-masing kasir tersebut dengan tingkat aspirasi konsumen untuk menunggu di sistem antrian.

Salah satu cara yang biasa digunakan untuk mengamati perilaku sistem yang mengandung

ISBN 978-623-92050-0-3

faktor ketidakpastian (*randomize*) yaitu menggunakan model simulasi. Sistem yang besar dan kompleks menyebabkan simulasi sebagai alat analisis untuk pengambilan keputusan menjadi semakin populer dan diperlukan. Simulasi berusaha mempresentasikan sistem nyata yang ada dengan presisi dan lebih mudah untuk diamati dibandingkan jenis model lain. Dengan simulasi juga memungkinkan untuk dapat mengamati bagaimana sistem dipresentasikan dalam model ini berperilaku. Dengan kata lain model simulasi yang baik adalah model simulasi yang tidak hanya berorientasi pada *output*/hasil dari sebuah sistem, melainkan bagaimana model tersebut dapat menjelaskan karakteristik dan perubahan sistem dari waktu ke waktu. Semakin mampu model simulasi menirukan sistem nyatanya, maka semakin baik model tersebut. Oleh karena itu, pada penelitian ini sebelum diputuskan untuk menambah kasir, perlu dianalisis berapa jumlah fasilitas pelayanan yang efisien sehingga pelanggan tidak perlu menunggu terlalu lama dan biaya yang dikeluarkan untuk pengadaan fasilitas tidak terlalu besar. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan analisis antrian dengan menggunakan bantuan *software ProModel 7.5* untuk mengevaluasi kinerja antrian pada kasir di Lotte Mart Wholesale. Adapun kinerja antrian tersebut terdiri dari waktu menunggu, utilitas kasir, jumlah konsumen yang menunggu dan *work in process (WIP).*

Penelitian ini telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa peneliti sebelumnya terkait simulasi antrian pada berbagai bidang. Penelitian Utami (2009), membahas mengenai antrian yang dilalui pada sebuah *server* dengan satu garis antrian yang melayani unit dalam antrian satu per satu dengan tipe kedatangan berkelompok. Pola kedatangan pada antrian ini berdistribusi *Poisson* dan pola pelayanan berdistribusi Eksponensial dengan disiplin antrian *First in First Out* (FIFO). Untuk mengamati perilaku sistem antrian digunakan simulasi yang akan dijalankan dengan memberikan input yang berbeda-beda dan akan mempengaruhi output sistem. dari hasil simulasi diharapkan dapat diketahui karakteristik sistem antrian terutama probabilitas kesibukan *server* sehingga dapat dijadikan landasan untuk pengambilan keputusan terhadap sistem antrian yang diamati.

Penelitian Ekoanindiyo (2011), membahas mengenai simulasi mengenai mode untuk menghasilkan kondisi dari situasi dengan model untuk studi pelatihan atau pengujian. Model dideskripsikan sebagai deskripsi logis tentang bagaimana sistem bekerja atau komponennya bereaksi. Antrian timbul karena persyaratan layanan akan melebihi kemampuan (kapasitas layanan) atau fasilitas layanan, sehingga pengguna fasilitas yang datang tidak dapat langsung mendapatkan layanan akibat beban kerja layanan. Banyak hal, fasilitas layanan tambahan dapat diberikan untuk mengurangi antrian atau untuk mencegah timbulnya antrian. Namun biaya karena memberikan layanan tambahan, akan menghasilkan pengurangan keuntungan yang mungkin dicapai di bawah tingkat yang dapat diterima.

Penelitian Prihati (2012), melakukan simulasi antrian dengan bantuan *software* simulasi Arena 12.0 agar dapat memecahkan masalah mengenai antrian pada loket pembayaran rekening XYZ Semarang. Penelitian ini dilakukan agar proses pelayanan di loket lebih efektif dan efisien. Hasil yang diperoleh melalui penelitian ini adalah pelanggan mampu dilayani 100%, waktu tunggu pelanggan adalah 0 menit dengan waktu maksimum 3,2 menit dengan rata-rata 1,6 menit. Banyak antrian di loket 1 sebanyak 0 pelanggan, dengan maksimal 19 pelanggan dan rata-rata 8,7 pelanggan.

Penelitian yang dilakukan oleh Aji dan Bodroastuti (2012), memiliki tujuan untuk mengetahui dan menganalisis tingkat pelayanan pada asisten apoteker Purnama Semarang. Penelitian ini dilakukan pada periode 1 Juni hingga 30 Juni 2012 dari pukul 15:00 hingga 21:00. Analisis yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan simulasi multichannel singlephase. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu perlu adanya tambahan *server* sebanyak 4 hingga 7 asisten apoteker. Penambahan asisten ini mengakibatkan pengurangan waktu menunggu pasien yang semula 19 menit 5 detik menjadi 10 menit 36 detik. Kinerja layanan telah sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Penelitian Pratama (2016), dilakukan dengan tujuan untuk merancang model antrian pada unit pelayanan mahasiswa UPI-YPTK Padang. Metode yang digunakan untuk pengujian distribusi data waktu antar kedatangan dan pelayanan adalah dengan *Kolmogorov-Smirnov* Normal. Setelah data dianggap sesuai dengan pengujian hipotesa kemudian digambarkan dalam bentuk media animasi antrian. Adapun Jumlah mahasiswa yang dijadikan simulasi sebanyak 120 sampel data dengan Rata-rata waktu antar kedatangan mahasiswa adalah 277.78 detik, Rata-rata waktu Pelayanan adalah 221.98 detik, Rata-rata banyaknya pengantri dalam sistem adalah : 225 Orang, Rata-rata waktu antri adalah : 14.06 Menit.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka rencana penelitian ini akan menggunakan *software Promodel 7.5* sebagai pemodelan sistem dan

ISBN 978-623-92050-0-3

menganalisis sistem, yang akan menghasilkan *output* berupa beberapa usulan model simulasi ketika terjadi antrian pada salah satu *server* di swalayan.

II. Metodologi

a. Objek Penelitian

Dalam penelitian ini objek yang diamati adalah kasir Lotte Mart Wholesale yang berlokasi di Jl. Ring Road Utara, Maguwoharjo, Depok, Sleman**.** Dengan jam operasional buka mulai dari jam 09.00 WIB s/d 21.00 WIB.

b. Subjek Penelitian

Dalam penelitian ini subjek yang di amati adalah pelanggan dari Lotte Mart Wholesale yang sedang melakukan transaksi pembayaran di kasir. Sample data yang akan diambil pada penelitian ini adalah 40 *customer* dengan jumlah kasir yaitu 3 buah.

c. Metode Pengumpulan Data

Untuk membuat simulasi diperlukan data yang bisa diambil dari sistem nyata sebagai data input. Data-data input tersebut dibedakan menjadi dua macam, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Pada penelitian ini penulis melakukan tahapan penggumpulan data dengan cara :

a. Metode pengamatan *(Observation)*

Dengan melakukan pengamatan secara langsung di lokasi penelitian yaitu di Lotte Mart Wholesale dan mencatat beberapa hal yang berkaitan langsung dengan objek penelitian secara cermat dan sistemik. Adapun data yang diamati adalah sebagai berikut :

- Data waktu antar kedatangan pelanggan.
- Data waktu layanan *server* (*service time*) per pelanggan.
- Data waktu pelanggan meninggalkan *server*.

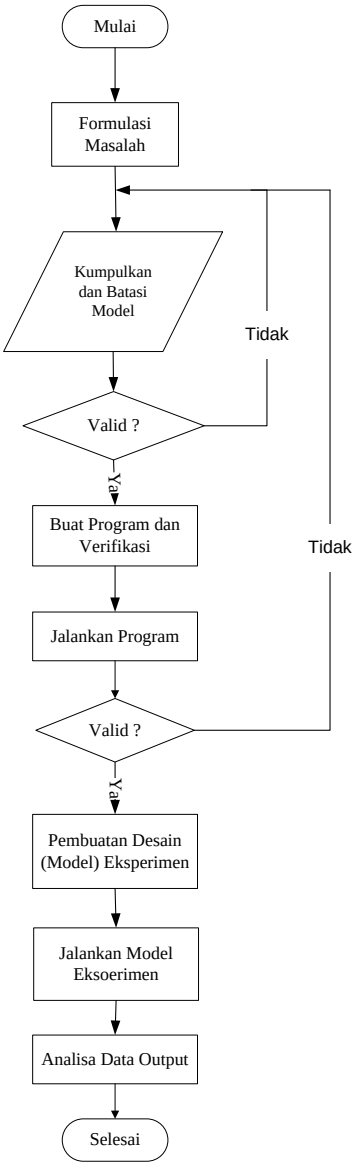
2. Data sekunder

Survei sekunder dilakukan untuk melengkapi data yang diperoleh dari survei primer berupa kajian literatur yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Proses awal penelitian ini ditunjang dengan studi kepustakaan yang meliputi literatur, jurnal, laporan penelitian, dan internet mengenai topik yang bersangkutan untuk lebih memahami objek yang diteliti secara teoritis

d. Metode Pengolahan Data

Setelah proses pengumpulan data, maka langkah selanjutnya adalah proses pengolahan data. Data akan diolah dengan menggunakan *software Promodel 7.5*.

e. Tahapan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam melakukan penelitian :

a. Formulasi Masalah

Penelitian ini dimulai dengan pernyataan yang jelas mengenai tujuan yang akan dicapai. Dengan menjabarkan variabel-variabel yang direncanakan terdapat pada sistem objek.

b. Mengumpulkan Data

Pada tahapan ini, dikumpulkan data berupa waktu antar kedatangan, waktu kasir melayani pelanggan dan waktu saat meninggalkan *server*.

c. Validasi Data *Input*

Pada langkah ini, validasi data dilakukan di awal. Ini dilakukan untuk melihat distribusi data, keseragaman data dan aktualitas variabel

ISBN 978-623-92050-0-3

yang lain yang mendukung model sudah benar/sah.

d. Pembuatan Program Komputer dan Verifikasi
Pada penelitian ini akan menggunakan program *Promodel 7.5* untuk menjalankan model dan program *Microsoft Excel* untuk menguji data. Selama melakukan translasi model kedalam program yang dipilih dilakukan verifikasi model terhadap sistem nyata apakah bentuk fisik model sudah seperti sistem nyatanya.

e. Jalankan Program
Dengan bantuan dari *software Promodel 7.5* yang telah dibuat dan kemudian dijalankan (*run*) untuk melihat hasilnya.

f. Validasi
Program yang dijalankan dapat digunakan untuk menguji sensitivitas hasil dari model terhadap perubahan kecil pada parameter masukan. Jika hasilnya berubah secara ekstrim maka suatu estimasi yang baik harus diambil. Jika sistem nampak sama dengan yang ada saat ini, data hasil program simulasi dapat dibandingkan dengan sistem nyatanya dan program dinyatakan valid.

g. Mendesain (Model) Eksperimen
Dilakukan ketika program simulasi sudah valid dengan melakukan berbagai eksperimen atau solusi-solusi yang ditawarkan.

h. Jalankan Model Eksperimen
Mengulangi langkah ke-5 sesuai dengan panjang simulasi yang telah ditentukan sebelumnya.

i. Analisa Data *Output*
Berdasarkan hasil *output* simulasi yang berbeda-beda untuk tiap eksperimen yang dilakukan, maka model dengan performansi terbaik yang diambil sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai diawal.

III. Hasil dan Pembahasan

a. Hasil

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan oleh peneliti maka didapat beberapa data berikut, seperti :

1. Data interval waktu kedatangan konsumen.

TABEL 1. DATA INTERVAL KONSUMEN (DETIK)

0	1.05	1.05	0.40
3.25	1.05	3.10	1.15
1.14	1.21	1.55	1.45
2.20	3.20	1.25	6.15
0.25	2.25	0.20	8.10
1.20	2.10	0.20	1.30
3.10	2.01	1.13	1.12
2.05	1.12	2.50	0.19
0.21	2.10	3.15	0.27
1.22	1.19	2.21	1.08

2. Data waktu proses

Waktu proses ini merupakan waktu dimana konsumen dilayani pada saat proses pembayaran produk yang dibeli oleh konsumen. Apabila konsumen pertama belum selesei pada proses pembayaran tersebut, maka akan terjadi antrian.

TABEL 2. DATA WAKTU PROSES TIAP KONSUMEN (detik)

2.04	1.10	2.11	2.18
1.41	3.21	4.02	1.52
5.01	3.09	3.13	1.45
2.31	0.58	3.15	2.27
2.10	2.08	1.32	4.03
2.32	5.02	3.09	2.34
5.03	1.51	5.01	2.45
5.04	3.27	4.12	3.21
4.10	3.11	2.52	1.02
1.15	3.20	4.09	3.20

TABEL 3. DATA WAKTU ANTRIAN TIAP KONSUMEN (detik)

0.12	0.25	1.34
0.48	0.52	1.53
4.03	0.42	1.54
0.41	2.31	2.55
1.57	0.25	0.51
0.21	0.59	0.35
0.52	0.48	0.33
2.14	0.42	2.14
0.12	2.55	0.33
0.39	1.53	2.31

3. Data waktu transfer

TABEL 4. DATA WAKTU TRANSFER

Lokasi awal	**Lokasi tujuan**	**waktu transfer**
pintu masuk	antrian 1	15 detik
pintu masuk	antrian 2	15 detik
pintu masuk	antrian 3	15 detik
antrian 1	server 1	7 detik
antrian 2	server 2	7 detik
antrian 3	server 3	7 detik

4. Kapasitas di setiap lokasi

TABEL 5. DATA KAPASITAS TIAP LOKASI

Lokasi	**Kapasitas Lokasi (orang)**
Kedatangan	INF
Antrian 1	50

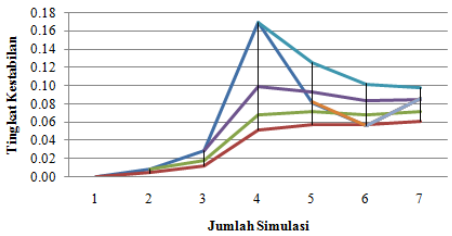
ISBN 978-623-92050-0-3

Lokasi	Kapasitas Lokasi (orang)
Antrian 2	50
Antrian 3	50
Kasir 1	1
Kasir 2	1
Kasir 3	1

5. Data Statfit

Data Statfit yang akan digunakan pada pembuatan model ini yaitu data lama pelayanan konsumen di kasir dan data interval kedatangan konsumen. Setelah dilakukannya pengolahan data lama pelayanan di kasir dan data interval kedatangan konsumen ini dengan menggunakan proses statfit, maka hasil yang di dapat akan berbentuk distribusi. Distribusi yang akan dipilih adalah distribusi yang berada di rangking 1 dan *acceptance*nya "*do not reject".*

Data-data yang sudah diperoleh melalui pengamatan, akan diolah dengan menggunakan *software Promodel 7.5*. Hasil simulasi akan dilakukan validasi dengan menggunakan validasi uji dua rata-rata, validasi uji dua variansi, validasi *chi square*. Hasil output yang diperoleh dengan metode *batcmean* dan di replikasi sebanyak 40 kali.



Gambar 2. Grafik *Batchmean Method*

Dari perhitungan dengan menggunakan metode *batchmean* dan di replikasi sebanyak 40 kali. Didapat hasil dari simulasi pada perhitungan ke 1 sampai ke 7, nilainya cukup stabil dengan besar nilai dari 0 sampai 1. Namun, nilai yang sering muncul adalah 0. Dari gambar grafik yang muncul, dapat disimpulkan bahwa sistem antrian tidak mempunyai fase *steady state*nya dan sistem antrian ini termasuk ke *terminating*. Hal ini terjadi karena waktu antri konsumen pada tiap kasir tidak dapat diprediksi. Dan keadaan inipun pasti tidak akan pernah stabil.

b. Pembahasan

Simulasi pada sistem antrian dijalankan selama 1 jam 12 menit. Hasil simulasi yang diperoleh melalui *software Promodel 7.5.* Total entitas yang masuk ada 40 orang. Untuk persentase utilitas lokasi setiap *server* tidak seimbang. Terdapat persentase utilitas yang paling tinggi di kasir 1 dengan persentase sebesar 77.98%. Pada *locations states multi* terdapat persentase *empty* yang paling tinggi terdapat pada pintu masuk. Hal ini terjadi karena tidak perlu adanya menunggu untuk melewati pintu masuk. Pada *location states single* terdapat persentase *idle* setiap *server* yang paling tinggi terdapat pada kasir 3 yaitu 85.54%.

Dari 1 jam 12 menit bekerja setiap karyawan kasir memiliki persentase utilisasi yang berbeda. Persentase utilitas paling besar terdapat pada karyawan kasir 1 yaitu 77.98%. Setiap karyawan kasir di setiap kasir memiliki persentase *idle* yang berbeda, dan persentase *idle* paling besar terdapat pada karyawan kasir 3 yaitu 85.54%.

Untuk perbaikan utilitas dan persentase *idle* pada masing-masing karyawan maka akan dibentuk beberapa skenario. Pada skenario 1 ini diharapkan hasil simulasi sesuai dengan aspirasi *customer* dengan apa yang diinginkan oleh perusahaan. Perusahaan menginginkan tiap karyawan kasir bekerja dengan semaksimal mungkin dan memiliki persentase *idle* yang rendah. Hal ini disebabkan agar dapat melayani *customer* dengan sepenuhnya. Sedangkan *customer* menginginkan toleransi menunggu kurang dari 1 menit. Di model ini akan di ubah kapasitas antrian pada kasir 1 dan kasir 2 menjadi 10 *customer* dan pada kasir 3 menjadi 25 *customer*. Dan setelah disimulasikan, ternyata persentase *idle* untuk kasir 3 berkurang menjadi 82.44%, dan waktu toleransi yang diinginkan *customer* untuk menunggu diantrian kurang dari 1 menit terpenuhi. Hal ini, berarti dengan adanya penambahan maupun pengurangan kapasitas antrian disaat antrian sedang banyak, dapat mengurangi persentase *idle* dari kasir yang banyak menganggur dan toleransi menunggu yang diinginkan oleh *customer* dapat tercapai.

Telah diketahui bahwa persentase utilisasi pada karyawan kasir 1 adalah yang tertinggi yaitu 77.98%. Pada skenario 2 yang akan dilakukan adalah merubah jumlah *resource* yang ada pada kasir 1 antara 1 - 4 operator untuk mengetahui apakah persentase utilitas masih dapat ditingkatkan atau tidak. Dari hasil skenario yang telah dilakukan pada maka pada skenario 2, diketahui bahwa sebaiknya pada kasir 1 karyawannya tetap 1 *resources.*

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari model yang telah dibuat adalah:

1. Tingkat utilitas yang dimiliki oleh masing-masing kasir di Lotte Mart Wholesale yaitu

ISBN 978-623-92050-0-3

pada kasir 1 tingkat utilitasnya adalah 77.98%, pada kasir 2 tingkat utilitasnya adalah 49.75%, pada kasir 3 tingkat utilitasnya adalah 14.46%

2. Persentase utilitas dan persentase *idle* dari masing-masing kasir cukup berbeda jauh, persentase utilitas yang paling tinggi dan persentase *idle* yang paling rendah terdapat pada kasir 1. Dan ini menyebabkan *customer* menunggu untuk dilayani. Untuk menyeimbangkan persentase utilitas di masing-masing kasir tersebut, pada skenario 1 terdapat perubahan kapasitas di masing-masing antrian pada tiap kasir agar waktu aspirasi menunggu *customer* tercapai. Untuk antrian di kasir 1 kapasitasnya di ubah menjadi 10, untuk antrian di kasir 2 kapasitasnya di ubah menjadi 10, dan untuk antrian di kasir 3 kapasitasnya di ubah menjadi 25. Untuk waktu tunggu telah memenuhi tingkat aspirasi *customer* karena nilainya 29 detik lebih kecil dibandingkan dengan tingkat aspirasi dari perusahaan sebesar 50 detik.
3. Pada skenario 2 didapatkan hasil bahwa pada kasir 1 tetap digunakan 1 karyawan karena tetap memiliki persentase utilitas tertinggi yaitu sebesar 78.48%.

b. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah dapat melakukan pengamatan di sistem nyata dengan waktu dan hari yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Aji, S. P., dan Bodroastuti, T., 2012, Penerapan Model Simulasi Antrian Multi Channel Single Phase pada Antrian di Apotek Purnama Semarang, pp. 1-16.

Ekoanindiyo, F. A., 2011, Pemodelan Sistem Antrian dengan Menggunakan Simulasi, Jurnal Dinamika Teknik, Vol. 5 No. 1 pp. 72-85.

Kakiay, T. J., 2004, Dasar Teori Antrian untuk Kehidupan Nyata, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Pratama, A., 2016, Model Simulasi Antrian dengan Metode *Kolmogorov-Smirnov* Normal Pada Unit Pelayanan, Jurnal Edik Informatika, Vol. 3 No. 1 pp. 27-37.

Prihati, Y., 2012, Simulasi dan Pemodelan Sistem Antrian Pelanggan di Loket Pembayaran Rekening XYZ Semarang, Majalah Ilmiah Informatika, Vol. 3 No. 3 pp. 1-20.

Utami, A. S., 2009, Simulasi Antrian Satu *Channel* dengan Tipe Kedatangan Berkelompok, Jurnal Ilmiah Generic, Vol. 4 No.1 pp. 49-56.

ISBN 978-623-92050-0-3

Penentuan Prioritas Permasalahan Program Jak Lingko DKI Jakarta Menggunakan Pendekatan *Multi Criteria Decision Making* (MCDM)

1st Rini Indahwati
Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta
Jakarta, Indonesia
rini.indah55@gmail.com

2nd Alina Cynhia Dewi
Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta
Jakarta, Indonesia
alinacynthia@gmail.com

3rd Nurfajriah
Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta
Jakarta, Indonesia
zhieee_zhia@yahoo.com

***Abstrak*-Objek penelitian ini adalah program transportasi baru yang sedang dilakukan uji coba oleh pemerintah DKI Jakarta bernama Jak Lingko-3 jurusan Andara – Lebak Bulus yang memiliki beberapa masalah dalam operasionalnya. Penetian ini bermaksud untuk menentukan prioritas permasalahan yang ada pada Jak Lingko-3 dan penting dilakukan agar kedepannya daat membantu decision maker dalam merancang strategi transportasi program Jak Lingko-3 . Pendekatan yang digunakan adalah menggunakan MCDM (*Multi Criteria Decision Making*) dengan tujuannya adalah untuk menentukan prioritas permasalahan Jak Lingko dalam upaya perancangan strategi jangka panjang sehingga tahapan selanjutnya untuk melakukan perbaikan program Jak-3 dapat diketahui. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini ANP (*Analysis Network Proces*). Berdasarkan pendekatan tersebut, tahapan pertama penelitian yang dilakukan memecahkan permasalahan ini yaitu diawali melakukan wawancara dengan Koordinator Lapangan Jak-3 dan pengisian dua jenis kuisioner , salah satunya tipe pairwaise comparison hasilnya adalah didapatkan tiga belas subkriteria permasalahan yang dihadapi oleh program ini. Lima bobot prioritas permasalahan terbesar yang didapatkan dengan perbandingan secara keseluruhan meliputi permasalahan : 1. Keterbatasan dan ketergantungan program terhadap anggaran pemerintah (20,4%) ; 2. Sosialisasi kepada masyarakat tentang program masih kurang (11,9%) ; 3. Pelayanan dan keselamatan pekerja terhadap penumpang angkutan kurang baik (11,8%), 4. Kurang mengutamakan keselamatan penumpang dan pengemudi (pencegahan kelelahan pengemudi (11,8%), dan 5. Partisipasi masyarakat terhadap program kurang (11,3%).**

Keywords—Jak Lingko, Permasalahan Transportasi, MCDM, Analytic Network Process, Software Super Decision

I. PENDAHULUAN

Program transportasi yang dijalankan oleh pemerintah dapat dikembangkan dengan melakukan analisa program dengan analisis kriteria dan subkriteria permasalahan program terkait untuk menetapkan perancangan strategi perbaikan jangka panjang. Pengembangan yang diajukan berupa tahapan dalam penentuan prioritas perencanaan serta menambahkan beberapa kriteria dan alternatif perencanaan jangka panjang transportasi di Surabaya menggunakan pendekatan Multi Criteria Decision Making (MCDM) dengan kerangka kerja pengembangan model prioritas perencanaan dengan mempertimbangankan energi, lingkungan, sosial, (Indah Apriliana Sari ,2011).



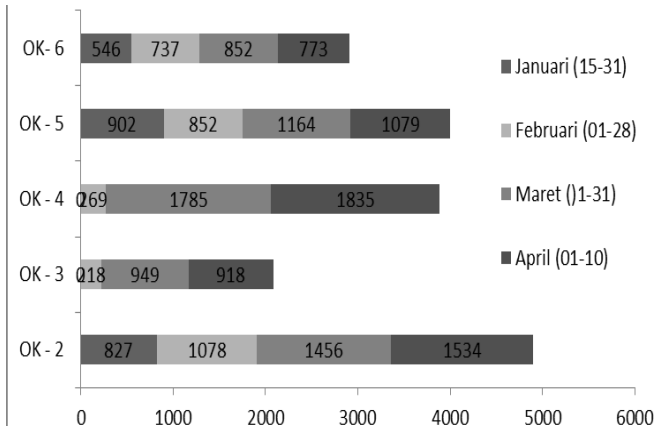
Gambar 1. Moda Transportasi Jak Lingko

Program transportasi DKI Jakarta yang baru saja dirintis yaitu Jak Lingko. Jak Lingko memiliki arti jejaring atau integrasi yang diambil dari nama sistem persawahan tanah adat di Manggarai, Nusa Tenggara Timur. Nama ini dipilih oleh pemerintah DKI Jakarta karena merepresentasian makna dari integrasi yaitu harapan sistem transportasi yang akan dibangun di DKI Jakarta (FAQ Jak Lingko, 2018).

Sejak dimulainya uji coba program ini pada Januari 2018 (masih bernama OK-Otrip) hingga triwulan pertama , jumlah penumpang Jak Lingko untuk setiap trayek,

seperti ditunjukkan oleh gambar 1.1 dibawah ini

ISBN 978-623-92050-0-3



Sumber : Dinas Perhubungan, 2018

Gambar 2. Jumlah Penumpang per Hari pada Triwulan Satu

Pada gambar diatas, dapat diketahui, bahwa OK 3 rute Pondok Labu – Lebak Bulus (Sekarang disebut Jak-3 rute Andara – Lebak Bulus), memiliki jumlah penumpang terendah dibandingkan dengan keempat trayek Jak Lingko yang lainnya. Rendahnya angka peminat program ini selama masa uji coba ditengarai karena terdapat beberapa hambatan yang dialami oleh pemerintah.

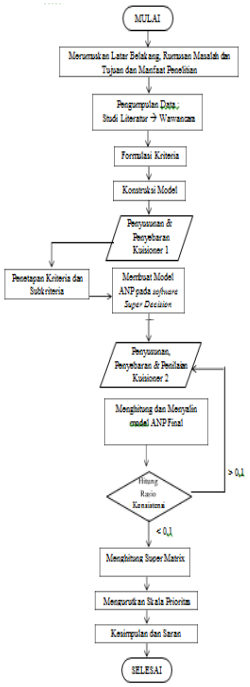
Berdasarkan data dari Dinas Perhubungan (2018), permasalahan lain yang dihadapi oleh operasional Jak Lingko adalah harga Rp/km yang dinilai terlalu rendah sehingga dianggap belum memadai untuk menutup operasional dan pendapatan operator dan pemilik, rasionalitas terhadap kebutuhan armada untuk Jak Lingko yang membutuhkan penanganan dan pencarian solusinya dan kebutuhan akan *card reader* yang belum sempurna . Bahkan pihak Organda pun menganggap Jak Lingko memiliki kendala lain, yaitu batasan kuota bus kecil yang dibatasi oleh program (Bima Setiyadi, 2019)

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis bermaksud untuk membantu pemerintah dalam melakukan analisis permasalahan yang muncul dalam upaya perbaikan dan pengembangan program Jak Lingko di DKI Jakarta secara komprehensif dan sistematis, sehingga mampu menangani masalah reformasi dan integrasi sistem transportasi perkotaan dengan menginterasikan kriteria kualitatif dan kuantitatif sebagai pertimbangan pengambilan keputusan. Pada penelitian ini akan menggunakan pendekatan MCDM yang mampu mengakomodasi multi kriteria yang bertentangan serta memberikan solusi yang ideal.

II. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian analisis kualitatif- kuantitatif dengan tujuan menangkap suatu nilai atau pandangan yang mewakili para praktisi transportasi tentang program Jak Lingko di DKI Jakarta. Alat analisis yang digunakan adalah Metode ANP (Analytic Network Process) dan diolah menggunakan software “Super Decision”. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan ditunjukkan oleh flowchart dibawah ini :



Sumber : Pengolahan Data, 2019

Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

ISBN 978-623-92050-0-3

B. Kajian Pustaka

Penelitian acuan utama adalah penelitian yang digunakan sebagai bahan masukan utama yang digunakan penulis untuk menetapkan kriteria dan subkriteria permasalahan program. Adapun penelitian acuan tersebut antara lain :

1) Indah Apriliana Sari (2011), Pengembangan Model Penentuan Prioritas Perencanaan Transportasi Jangka Panjang dengan Menggunakan Pendekatan Multi Criteria Decision Making (MCDM).

   Penelitian ini mengajukan sebuah kerangka kerja pengembangan model prioritas perencanaan dengan mempertimbangkan kriteria energi, lingkungan, sosial, ekonomi, teknologi, dan politik menggunakan metode Delphi, Cognitive Map, ANP dan TOPSIS. Pengembangan yang diajukan berupa tahapan dalam penentuan prioritas perencanaan serta menambahkan beberapa kriteria dan alternatif perencanaan transportasi jangka panjang. Pengembangan yang diajukan berupa tahapan dalam penentuan prioritas perencanaan serta menambahkan beberapa kriteria dan alternatif perencanaan transportasi jangka panjang
2) I Gusti Agung Bagus Angga Putra (2016), Studi Evaluasi Program Bus Trans Sarbagita Pemerintah Provinsi Bali

   Penelitian ini akan melakukan evaluasi program Bus Trans Sarbagita sehingga penjelasan atas kelambanan perkembangan program dan penyempurnaan program Bus Trans Sarbagita dapat ditermukan. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif (evaluation research). Kriteria permasalahan transportasi yang muncul dari penelitian ini antara lain :
   - Program transportasi yang tidak menjadi prioritas utama pilihan kebijakan transportasi saat ini.
   - Komunikasi dan koordinasi antar instansi kurang berjalan baik.
   - Keterbatasan dan ketergantungan program terhadap anggaran pemerintah
   - Prasarana dan infrastuktur yang belum memadai selama pelaksanaan program
   - Perilaku dan budaya masyarakat yang lebih memilih kendaraan pribadi dibandingkan program
3) Nabilah Ulfah Dewi (2017), Efektivitas Pelayanan Transportasi Publik (Studi Kasus : BRT

   Penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan model perspektif sistem terbuka Richard M. Steers untuk dapat diketahui tingkat efektivitas pelayanan transportasi publik pada BRT Mamminasata yang terdiri atas beberapa karakteristik yaitu, karakteristik organisasi, karakterisitik lingkungan, karakterisitik pekerja dan praktik manajemen. Metode yang digunakan adalah metode kualitatif. Kriteria permasalahan transportasi yang muncul dari penelitian ini antara lain :
   - Kerja sama yang kurang baik dengan instansi terkait (operator penyedia angkutan)
   - Sosialisasi kepada masyarakat tentang program masih kurang
   - Kualitas dan profesionalitas pekerja atau operator angkutan kurang
   - Pelayanan dan keselamatan pekerja terhadap penumpang angkutan kurang baik
4) Ummu Kaslum dan M. Yamin Jinca (2017), Strategi Pengembangan Transportasi Massal Di Wilayah Suburban Makassar

   Kota berkembang ke arah Timur dan Selatan kota Makassar secara horizontal dan tidak sesuai dengan hierarki jalan. Karakter pergerakan masyarakat sub- urban adalah rata-rata melakukan perjalanan ke tempat tujuan sebanyak 5 kali dalam seminggu dengan jarak tempuh 0,6–5 km per sekali perjalanan, waktu tempuh berkisar 16 – 30 menit, dengan biaya transportasi Rp.5000 – Rp.20.000 perhari. Kondisi akses ke halte pelayanan angkutan massal masih sulit dijangkau meskipun biaya penggunaan BRT sangat terjangkau dan memberikan kenyamanan lebih dibanding angkutan massal lainnya. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif deskriptif (analisa SWOT) Kriteria permasalahan transportasi yang muncul dari penelitian ini antara lain :
   - Sistem intra dan antar moda transportasi yang belum terpadu
   - Akses penumpang ke fasilitas halte sulit
   - Tidak adanya jadwal yang jelas mengenai waktu kedatangan dan keberangkatan angkutan
   - Waktu tunggu dan waktu tempuh angkutan lama
5) Achmad Affandi, et.al (2016), Road-map Pengembangan Intelligent Transport System di Surabaya

   Perkembangan manajemen transportasi di Surabaya telah seiring untuk menuju penerapan ITS, namun penerapan teknologi pendukung ITS tersebut perlu disusun secara bertahap, dan dibuat rancangan rinci rekayasa dan realisasinya. Sistem yang telah dibangun (ACTS ITS, CCROM) dan yang dirancang (sistem manajemen armada, *reveneu*, integrasi e-transportasi) perlu diselaraskan dengan skenario ITS yang mendukung smart mobility. Merupakan kajian kualitatif. Kriteria permasalahan transportasi yang muncul dari penelitian ini antara lain :
   - Ketersediaan sistem tiket elektronik yang ada kurang baik
   - Pengaturan tingkat tingkat konsumsi bahan bakar dan tingkat polusi emisi gas buang dari armada tinggi

ISBN 978-623-92050-0-3

- Pelayanan dan keselamatan pekerja terhadap penumpang angkutan kurang baik
- Kurang mengutamakan keselamatan penumpang dan pengemudi (pencegahan kelelahan pengemudi)

6) Mardiaman (2010), Model Kebijakan Pengelolaan Transportasi Berkelanjutan Bus Rapid Transit Transjakarta (Busway) di DKI Jakarta (Studi Kasus: Koridor V dan VII)

Penelitian ini menganalisis berbagai peraturan perundang-undangan tentang transportasi. Dijelaskan pula beberapa artibut pengelolaan BRT Transjakarta yang belum efektif menggunakan baik metode kualitatif dan kuantitatif. Kriteria permasalahan transportasi yang muncul dari penelitian ini antara lain :

- Partisipasi masyarakat terhadap program kurang
- Pelayanan dan keselamatan pekerja terhadap penumpang angkutan kurang baik
- Kurang mengutamakan keselamatan penumpang dan pengemudi (pencegahan kelelahan pengemudi)

.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Hasil Penelitian*

1) *Tahap 1 – Identifikasi Masalah*

Metode yang digunakan dalam melakukan indentifikasi masalah adalah dengan malakukan wawancara dengan narasumber, yaitu Koordinator Lapangan Jak-3. Pertanyaan yang diajukan dalam wawancara merupakan perbandingan permasalahan Jak-3 dengan permasalahan program transportasi lain yang sudah penulis telusuri melalui studi pustaka.

2) *Tahap 2 –Formulasi Kriteria dan Subkriteria, serta Konstruksi Model*

Formulasi kriteria dan subkriteria merupakan hasil validasi dan pengelompokkan dari wawancara yang telah dilakukan penulis dengan narasumber serta berbagai studi literatur lainnya. Berikut adalah formulasi kriteria dan subkriteria yang telah dilakukan formulasi.

TABEL 1. FORMULASI KRITERIA DAN SUBKRITERIA

Kode	Kriteria	Kode	Subkriteria	Sumber
E	EKOMONI	E1	Keterbatasan dan ketergantungan program terhadap anggaran pemerintah	Putra (2016)
		E2	Prasarana dan infrastuktur yang belum memadai selama pelaksanaan program	Putra (2016)
		E3	Ketersediaan sistem tiket elektronik yang ada kurang baik	Affandi,Achmad, et.al (2016)
S	SOSIAL DAN BUDAYA	S1	Perilaku dan budaya masyarakat yang lebih memilih kendaraan pribadi dibandingkan program	Putra (2016)
		S2	Sosialisasi kepada masyarakat tentang program masih kurang	Dewi, Nabila Ulfa (2017)
M	MANAJE-MEN ARMADA	M1	Sistem inta dan antar moda transportasi yang belum terpadu	Kalsum,Ummu &Jinca,Yamin (2017)
		M2	Akses penumpang ke fasilitas halte sulit	Kalsum,Ummu &Jinca,Yamin (2017)
		M3	Tidak adanya jadwal yang jelas mengenai waktu kedatangan dan keberangkatan angkutan	Kalsum,Ummu &Jinca,Yamin (2017)
		M4	Waktu tunggu dan waktu tempuh angkutan lama	Kalsum,Ummu &Jinca,Yamin (2017)
K	KARAKTE-RISTIK PEKERJA	K1	Kualitas dan profesionalitas pekerja atau operator angkutan kurang	Dewi, Nabila Ulfa (2017)
		K2	Pelayanan dan keselamatan pekerja terhadap penumpang angkutan kurang baik	Dewi, Nabila Ulfa (2017); Affandi,Achmad, et.al (2016)
		K3	Kurang mengutamakan keselamatan penumpang dan pengemudi (pencegahan kelelahan pengemudi)	Mardiaman (2010), Affandi,Achmad, et.al (2016)

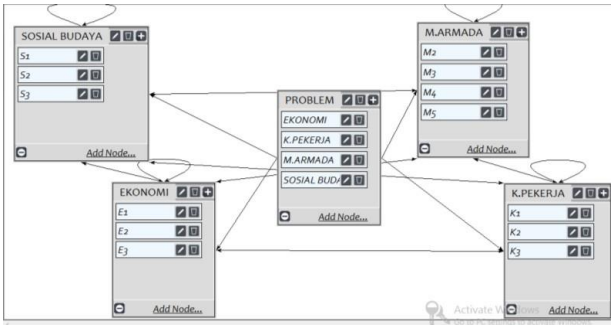
Sumber : Pengolahan Data, 2019

3) *Tahap 3 – Penyusunan Kuisioner 1*

Kuisioner 1 merupakan tahapan pemodelan system dalam ANP. Kuisioner ini bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan atau pengaruh subkriteria terhadap subkriteria yang lainnya. Dalam mengidentifikasi hubungan ini ditentukan dengan melihat banyaknya hubungan yang diisikan oleh narasumber.

4) *Tahap 4&5 - Membuat Model ANP pada software SuperDecision*

Pembuatan model yang dibuat berdasarkan kuisioner satu adalah sebagai berikut :



Sumber : Pengolahan Data, 2019

Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

5) *Tahap 6 - Pembuatan Matriks Perbandingan Berpasangan (Kuisioner 2)*

Matriks perbandingan berpasangan dibuat dengan menggunakan hasil dari kuisioner kedua. Hasil kuisioner akan melakukan penilaian perbandingan permasalahan antar subkriteria dari satu kluster ataupun berdasarkan kluster yang berbeda sekalipun.

6) *Tahap 7 – Menghitung Rasio Konsistensi*

Rasio konsistensi ini dilakukan perhitungan untuk menilai tingkatan *inconsistency index* dari hasil kuisioner yang diisi oleh narasumber.

7) *Tahap 8 – Pengambilan Data Ulang*

Pengambilan data ulang kuisioner 2 dilakukan apabila nilai *inconsistency index* yang didapatkan >0,1. Jika sebaliknya, maka tidak perlu dilakukan pengambilan data ulang.

8) *Tahap 9 – Menghitung Supermatriks*

Supermatriks yang dibuat berdasarkan *output* dari *software Super Decision* yang diberikan.

9) *Tahap 10 – Menghitung Skala Prioritas Permasalahan*

Skala prioritas disajikan oleh tabel 1, berdasarkan

ISBN 978-623-92050-0-3

pada hasil perhitungan menggunakan *software Super Decision.*

TABEL 2. SKALA PRIORITAS PERMASALAHAN JAK LINGKO DKI JAKARTA

Kode	Kriteria	Bobot Prioritas	Kode	Subkriteria	Bobot Prioritas			
					Kluster		Global	
					Nilai	Prioritas	Nilai	Prioritas
E	Ekonomi	0.26832	E1	Keterbatasan dan ketergantungan program terhadap anggaran pemerintah	81,42%	1	20,36%	1
			E2	Prasarana dan infrastuktur yang belum memadai selama pelaksanaan program	11,40%	2	2,85%	10
			E3	Ketersediaan sistem tiket elektronik yang ada kurang baik	7,18%	3	1,80%	11
S	Sosial Dan Budaya	0.03503	S1	Perilaku dan budaya masyarakat yang lebih memilih kendaraan pribadi dibandingkan program	7,16%	3	1,79%	12
			S2	Sosialisasi kepada masyarakat tentang program masih kurang	47,61%	1	11,90%	2
			S3	Partisipasi masyarakat terhadap program kurang	45,23%	2	11,31%	5
M	Manajemen Armada	0.31528	M2	Sistem inta dan antar moda terputus				
			M3	Akses penumpang ke fasilitas haite sulit	25,00%	1	6,25%	7
			M4	Tidak adanya jadwal yang jelas mengenai waktu kedatangan dan keberangkatan angkutan.	25,00%	1	6,25%	8
			M5	Waktu tunsu dan waktu tempuh angkutan lama	25,00%	1	6,25%	9
K	Karak-teristik Pekerja	0.38136	K1	Kualitas dan profesionalitas pekerja atau operator angkutan kurang	5,26%	2	1,32%	13
			K2	Pelayanan dan keselamatan pekerja terhadap penumpang angkutan kurang baik	47,37%	1	11,84%	3
			K3	Kurang mengutamakan keselamatan penumpang dan pengemudi (pencerahan kelelahan pengemudi)	47,37%	1	11,84%	4

B. Pembahasan

Berdasarkan keempat kriteria yang diajukan, kriteria karakteristik pekerja memiliki bobot kriteria yang terbesar dengan nilai bobot 38,136%, urutan kedua yaitu kriteria manajemen armada dengan nilai bobot 31,528%, urutan ketiga adalah kriteria ekonomi dengan nilai bobot 26,832%, urutan terakhir adalah kriteria sosial budaya dengan nilai bobot 3,503%. Kriteria tersebut diatas kemudian dipecah kembali menjadi tiga belas subkriteria berurutan seperti ditunjukkan oleh tabel dibawah ini :

TABEL 3. URUTAN PRIORITAS PERMASALAHAN JAK-3

Urutan Prioritas	Kode	Persentase
1	E1	20,36%
2	S2	11,90%
3	K2	11,84%
4	K3	11,84%
5	S3	11,31%
6	M1	6,25%
7	M2	6,25%
8	M3	6,25%
9	M4	6,25%
10	E2	2,85%
11	E3	1,80%
12	S1	1,79%
13	K1	1,32%

Sumber : Pengolahan Data, 2019

Secara keseluruhan permasalahan dengan kode E1, yaitu keterbatasan dan ketergantungan program Jak Lingko terhadap anggaran pemerintah merupakan permasalahan dengan prioritas terbesar (20,36%) dan tentu saja menduduki peringkat teratas permasalahan dalam kriteria ekonomi (81,421%) yang dihadapi oleh program, hal ini juga sesuai dengan wawancara yang telah dilakukan dengan narasumber, bahwa dalam pembuatan terminal pemberhentian Jak Lingko belum dirasakan layak, terlebih pada saat hujan turun saat pramudi sedang bertugas. Hal ini selaras dengan bobot prioritas permsalahan dengan kode E2, yaitu Prasarana dan infrastuktur yang belum memadai selama pelaksanaan program (11,40%) namun memiliki nilai persentase prioritas ke-10 secara global (2,85%)

Permasalahan dengan bobot kriteia ke-11 secara global adalah ketersediaan sistem tiket elektronik yang ada kurang baik (1,80%) dan menempati urutan terakhir dalam kluster kritria ekonomi (7,18%). Peringkat bobot terbawah ini disebabkan bahwa narasumber merasa bahwa permasalahan ini bukan masalah yang besar dan telah teratasi dengan menyiapkan persediaan kartu elektonik di ujung terminal pemberhentian Jak Lingko 3, yaitu terdapat di Lebak Bulus dan Andara atau Pondok Labu.

Alternatif solusi yang diharapkan adalah pembuatan tenda pemberhentian yang lebih layak untuk petugas lapangan Permasalahan untuk kriteria sosial dan budaya yang menduduki peringkat pertama (47,61%) , sekaligus merupakan peringkat kedua secara keseluruhan (11,90%) adalah sosialisasi kepada masyarakat yang masih kurang (kode S2).

Sesuai dengan wawancara yang telah dilakukan, bahwa untuk sosialisasi terhadap masyarakat di sekitar daerah Pondok Labu telah dilakukan, namun sosialisasi ini hanya dilakukan pada awal program saja, sampai sekarang sosialisasi telah dihentikan. Padahal penting untuk melakukan sosialisasi secara berkelanjutan untuk keberlangsungan suatu program. Pada saat wawancara, narasumber pun bertutur bahwa terkadang ada masyarakat yang tidak mengetahui cara penggunaan angkot Jak Lingko yang harus menggunakan kartu khusus.

Peringkat kedua permasalahan dalam kriteria sosial dan budaya dengan *score* yang tidak terlalu jauh dari *score* peringkat pertama dengan kode S3 (45,23%), yaitu partisipasi masyarakat terhadap program kurang. Hal ini terntu saja sesuai dengan permasalahan sosialisasi kepada masyarakat tersebut. Bila sosialisasi berkurang hal ini tentu saja berdampak pada tingkat partisipasi masyarakat yang tidak begitu baik, sehingga tidak heran bobot prioritas keduanya hampir serupa satu sama lain. terkait dengan partisipasi masyarakat, permasalahan ini juga menduduki prioritas permasalahan urutan ke lima (11,31%) secara keseluruhan.

Permasalahan dengan bobot kriteia ke-12 (1,79%)

ISBN 978-623-92050-0-3

secara global adalah perilaku dan budaya masyarakat yang lebih memilih kendaraan pribadi dibandingkan program (7,16%). Alasan permasalahan ini adalah narasumber merasa bahwa program ini merupakan program yang sangat tepat untuk membuat masyarakat berpindah moda transportasi dan memilih Jak Lingko, karna selain untuk mengatasi masalah kemacetan Jakarta, program ini selama masih dalam masa uji coba masih memilki tarif gratis untuk penumpang.

Permasalahan untuk kriteria manajemen armada memiliki bobot prioritas yang sama, hal ini dikarnakan narasumber menganggap permasalahan mengenai hal ini tidak terlalu ketara dan sulit untuk dibandingkan satu sama lain, namun bergitu kriteria ini memiliki bobot priorita ditingkat menengah, yaitu peringkat ke 6 dari total 13 subkritia permasalahan.
Peringkat menengah ini dipicu oleh pemasalahan waktu tunggu dan waktu tempuh angkutan yang lama (kode: M4 dengan bobot global sebesar (6,25%), solusi dari berbagai permasalahan ini seperti yang telah disebutkan oleh narasumber adalah dibutuhkan petugas pembantu seperti Dinas Perhubungan, terutama dilokasi yang rawan macet seperti di pertigaan PDK dekat secara global diperoleh dari permasalahan 1. Keterbatasan dan ketergantungan program terhadap anggaran pemerintah (20,36%), 2. Sosialisasi kepada masyarakat tentang program masih kurang (11,90%), 3. Pelayanan dan keselamatan pekerja terhadap penumpang angkutan kurang baik (11,84%), 4. Kurang mengutamakan keselamatan penumpang dan pengemudi (pencegahan kelelahan pengemudi) (11,84%), 5. Partisipasi masyarakat terhadap program kurang (11,31%).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Pemecahan masalah ini kemudian dilakukan penguraian masalah dengan menggunakan pendekatan *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) dengan menggunakan metode ANP *(Analytic Hierarchy Process)* dengan alat bantu kerja berupa *Sofware Super Decision.*

Berdasarkan *output* yang didapatkan dari sofware, yaitu data dari hasil pembobotan permasalahan yang telah diisi oleh pengawasan lapangan Jak-3, didapatkan bobot prioritas dari empat kriteria yang diajukan, kriteria karakteristik pekerja memiliki bobot kriteria yang terbesar dengan nilai bobot 38,14%, urutan kedua yaitu kriteria yang terbesar dengan nilai bobot 31,53%, urutan ketiga adalah kriteria ekonomi dengan nilai bobot 26,83%, urutan terakhir adalah kriteria sosial budaya dengan nilai bobot 3,50%.

Sedangkan untuk *output* lima bobot prioritas permasalahan dari subkriteria mulai dari yang terbesar secara global diperoleh dari permasalahn 1. Keterbatasan dan ketergantungan program terhadap anggaran pemerintah (20,36%), 2. Sosialisasi kepada masyarakat tentang program masih kurang (11,90%), 3. Pelayanan dan keselamatan pekerja terhadap penumpang angkutan kurang baik (11,84%), 4. Kurang mengutamakan keselamatan penumpang dan pengemudi (pencegahan kelelahan pengemudi) (11,84%), 5. Partisipasi masyarakat terhadap program kurang (11,31%).

b. Saran

Penelitian ini telah dilakukan untuk dapat digunakan sebagai langkah awal dalam melakukan perbaiakan dalam program Jak Lingko 3 jurusan Lebak Bulus- Andara. Selanjutnya penelitian lanjutan berdasarkan penelitian ini yang dapat dilakukan antara lain pembuatan desain tenda lapangan petugas Jak Lingko yang lebih layak atau identifikasi jumlah toilet yang dapat ditempatkan sepanjang rute Jak-3 dengan menganalisis tingkat kelelahan dan intensitas buang air kecil rata-rat pengemudi atau dapat dilakukan perbaikan desain dan tata letak terminal akhir Jak-3 yang lebih baik dengan mengakomodasi berbagai fasilitas pendukung yang lebih layak seperti ketersediaan ruang istrirahat pengemudi, ruang ibadah, dll.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Affandi, Achmad, 2016 ,"Road-map Pengembangan Intelligent Transport System di Surabaya". *The 2nd Conference on Innovation and Industrial Applications (CINIA 2016)*
[2] Angga Putra, I Gusti Agung Bagus, 2016, „Studi Evaluasi Program Bus Trans Sarbagita Pemerintah Provinsi Bali". *Kebijakan dan Manajemen Publik. Volume 4, Nomor 1,* Januari-April 2016
[3] Aprilana Sari, Indah , 2011, „Pengembangan Model Penentuan Prioritas Perencanaan Transportasi Jangka Panjang dengan Menggunakan Pendekatan *Muliti Criteria Decision Making* (MCDM), Tesis Pasca Sarjana Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh November.
[4] Ascarya. 2009. Analytic Network Process (ANP): Pendekatan Baru dalam Penelitian Kualitatif. Pusat Pendidikan dan Studi Kebanksentralan. Bank Indonesia. Jakarta. Indonesia.
[5] Badan Pusat Statistik Jakarta 2016, diakses 13 Februari 2019 https://jakarta.bps.go.id/publication/
[6] Berapa Kepadatan Penduduk di DKI Jakarta,2018, diakses 13 Februari 2019 https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2018/01/25/berapa-kepadatan-penduduk-di-dki-jakarta
[7] Buwana,Evan, Hasibuan & Abdini,Chairil 2016,„ Alternatives selection for sustainable transportation system in Kasongan City". *CITIES 2015 International Conference, Intelligent Planning Towards Smart Cities Procedia- Sosial and Behavioral Sciences 227,* November, pp 11-18.
[8] Dewi, Nabilah Ulfah, 2017, Efektivitas Pelayanan Transportasi Publik (Studi Kasus : BRT Mamminasata), Skripsi Program Studi Administrasi Negara Departemen Ilmu Administrasi Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Hasanuddin.
[9] Ekawati, Ratna dkk, 2018, „Penilaian Performa *Supplier*

ISBN 978-623-92050-0-3

Menggunakan Pendekatan *Analytic Network Process* (ANP)". *Journal Industrial Servicess Vol.3 no.*2, Maret 2018

[10] Fitri, Resfa & Wilantoro , 2018, „Analisis Prioritas Permasalahan Pengelolaan Wakaf Produktif (Studi Kasus Kabupaten Banjarnegara)" . *Jurnal Al-Muzara'ah, Vol 6* No.1 2018. ISSN p: 2337-6333; e: 2615- 7659

[11] *Properti.Kompas.com.* 'Ini 10 Kota Termacet di Indonesia 2018", 25 Februari 2018, diakses 13 Februari 2019 https://properti.kompas.com/read/2018/02/25/182046621/ini-10-kota- termacet-di-indonesia

[12] Kaslum, Ummu & Jinca, M.Yamin , 2017, „Strategi Pengembangan Transportasi Massal di Wilayah Suburban Makassar" *Jurnal Transportasi Multimoda,Volume 15* No. 01 Juni 2017. hal. 33 – 38.

[13] Mardiaman, 2010, „Model Kebijakan Pengelolaan Transportasi Berkelanjutan Bus Rapid Transit Transjakarta (Busway) di DKI Jakarta (Studi Kasus: Koridor V dan VII)", Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor

[14] Ma"ruf, Priyanto,Sigit, Dewanti 2018, Integrasi Sistem Informasi Transportasi untuk Meningkatkan Aksesibilitas Destinasi Wisata di Kota Sabang ". *Seminar nasional Energi &Teknologi UGM 2018,* Juli, pp 245 – 252

[15] *Metro.tempo.co 2019,* 'OK-Otrip Lebak Bulus-Pondok Labu Beroperasi, Begini Rutenya", 19 Fabruari 2019, diakses 20 Februari 2019https://metro.tempo.co/read/1062174/ok-otrip-lebak-bulus-pondok-labu-beroperasi-begini rutenya/full&view=ok

[16] *Metro.tempo.co 2019,* 'Transjakarta Jak Lingko Buka 3 Rute Baru Ini Cakupan Koneksinya" , 21 Fabruari 2019, diakses 22 Februari 2019 https://metro.tempo.co/read/1178102/transjakarta-jak-lingko-buka-3- rute-baru-ini-cakupan-koneksinya

[17] *M.Republika.co.id 2019,* 'Transjakarta Tambah Armada Kecil Untuk Perluas Jak Lingko", 9 Januari 2019, diakses 19 Januari 2019 https://www.republika.co.id/berita/nasional/jabodetabek-nasional/19/01/09/pl1f24428-transjakarta-tambah-armada-kecil-untuk- perluas-jak-lingko

[18] PT.Transportasi Jakarta,DKI Jakarta 2018, FAQ Jak Lingko, , diakses 7 Januari 2019 https://transjakarta.co.id/faq-jak-lingko/

[19] Rahmita, Fani 2018,"Press Release Urban Transport Discussion #7 Mimpi Integrasi Angkutan Umum di Jakarta", diakses 7 Januari 2019. www.itdp-indonesia.org/news/urban-transport-discussion-7-mimpi- integrasi-angkutan-umum-di-jakarta/

[20] Saaty, T. L., dan Vargas, L.,G. 2006. *Decision Making With The Analytic Network Process Economic, Political, Social, and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*. Pittsburgh: Springer. USA.

[21] Setianto, Aris Yanuar, 2018, „Analisis *Supplier* Ikan Bandeng dengan Metode *Analytic Network Process* dan *Goal Programming'* , Skripsi Teknik Industri Universitas Brawijaya Malang

[22] Setiyadi, Bima, 2019, "Organda Anggap Jak Lingko Terkendala Batasan Kuota Bus Kecil", Meto Sindonews 24 Januari, diakses 22 April 2019 https://metro .sindonews.com/read/1373300/171/organda-anggap-jak-lingko-terkendala-batasan-kuota-bus-kecil-1548333570

[23] Tamvakis, Pavlos & Xenidis, Yiannis 2012, „Resilience in Transportation".*Transport Research Arena Europe 2012 Procedia- Sosial Behavioral Sciences 48,* pp 3441-3450.

[24] Wibowo, Wahyu , 2017, „Aplikasi *Analytic Network Process* (ANP) di dalam Strategi Implementasi Dimensi Lingkungan dari *Common Code For The Coffee Community* (4C) di Provinsi Lampung", Tesis Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Lampung Bandar Lampung.

[25] Yulifanto & Sarjono, Haryadi 2017, „Pengukuran Kinerja dengan Pendekatan Metode Cut-Off Point", Diakases 2 April 2019. http://bbs.binus.ac.id/management/2017/08/pengukuran-kinerja- dengan-pendekatan-metode-cut-off-point/

ISBN 978-623-92050-0-3

Pengaruh Digital Marketing, *Profitability*, Literasi Keuangan, dan Pendapatan terhadap Keputusan Investasi LAT (Lobster Air Tawar) PT. Tri Karya Makmur Jaya

1st Siti Muhimatul Khoiroh
Industrial Engineering Department
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya
Surabaya, Indonesia
siti_muhimatul@untag-sby.ac.id

2nd Siti Mundari
Industrial Engineering Department
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya
Surabaya, Indonesia
mundari@untag-sby.ac.id

3rd Roikan Sofianto
Industrial Engineering Department
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya
Surabaya, Indonesia
roykaniwak@gmail.com

***Abstract*—Budidaya Lobster Air Tawar (LAT) adalah salah satu komoditi baru bidang perikanan konsumtif yang berkembang pesat di Indonesia sejak diterbitkannya Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan (Permen KP) No. 56/ Permen-KP/2016. Budidaya LAT jenis *cherax quadricarinatus* atau *redclaw* di pasar Indonesia menjadi salah satu daya tarik investasi bagi para investor untuk menarik minat investasi. PT. Tri Karya Makmur Jaya merupakan salah satu perusahaan budidaya lobster jenis *redclaw* yang memiliki pertumbuhan investasi cukup tinggi selama dua tahun sejak berdiri. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh faktor *digital marketing*, profitabilitas, *financial literacy*, dan pendapatan terhadap keputusan investasi budidaya komoditi LAT menggunakan metode statistik *linear regression analysis*. Dengan teknik kuisioner yang bersifat *purposive sampling*, diperoleh model regresi Y = 1,296 + 0,082*X1 + 0,066*X2 + 0,013*X3 + 0,018*X4 dengan *good of fitness* model sebesar 75,7% yang menunjukkan bahwa keputusan investasi bagi calon investor budidaya lobster dipengaruhi oleh variabel independen dalam penelitian, sedangkan 24,3 % dipengaruhi oleh variabel lain.**

Keywords—LAT (Lobster Air Tawar), regresi linear berganda, digital marketing, profitabilitas, financial literacy, pendapatan, keputusan investasi.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia investasi semakin pesat. Salah satu minat investasi masyarakat saat ini adalah dalam bidang barang komoditi. Hal ini menuntut para pegiat bisnis menawarkan berbagai macam produk untuk ditawarkan kepada calon investor. Berdasarkan [6] menjelaskan keputusan investasi berhubungan dengan sejumlah dana besar untuk memperoleh keuntungan dalam jangka panjang, yang sering kali berdampak besar terhadap kelangsungan hidup perusahaan. Pengambilan keputusan untuk melakukan investasi menjadi salah satu hal terpenting dalam mengkaji aspek keuangan yang bertujuan untuk meningkatkan kekayaan perusahaan *(maximize firm's wealth).*

Menurut [21] minat konsumen yang berubah-ubah dipengaruhi dengan adanya *digital markting* yang dengan mudah diakses melalui *device (smartphone).* Bahkan [1] mengidentifikasi bahwa pengetahuan tentang *internet marketing* secara signifikan mempengaruhi keberhasilan *digital marketing* bagi UMKM di Indonesia. Dalam keputusan investasi bisnis, tingkat kelayakan investasi (profitabilitas) keuangan menjadi dasar pengambilan investasi bagi seseorang [18]. Laporan keuangan merupakan salah satu sumber informasi untuk mengetahui kondisi dan kinerja sebuah perusahaan bagi pihak eksternal [2].

Beberapa pendekatan yang dapat dipakai utuk mengukur kelayakan usaha suatu perusahaan adalah dengan pendekatan *capital budgeting* seperti *internal rate of return, net present value, pay back period,* dan sebagainya. Selain itu menurut [30] menunjukkan bahwa penyebaran informasi melalui teknologi (internet) menjadi faktor penting yang mempengaruhi investasi produk.

Penggunaan internet di Indonesia khususnya bagi Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) masih tergolong cukup rendah. Berdasarkan hasil riset pada tahun 2015, dari sekitar 57 juta UMKM hanya sekitar 18% yang menggunakan media *digital marketing* untuk mengembangkan usaha atau bisnisnya [19]. Bahkan menurut departemen pengembangan UMKM Bank Indonesia sejak tahun 2016, penguasaan teknologi dan inovasi UMKM Indonesia dalam kepemilikan *website* hanya sebesar 4,2%, dan pemanfaatan email hanya 9,2% lebih rendah dari rata-rata negara ASEAN.

ISBN 978-623-92050-0-3

Budidaya Lobster Air Tawar (LAT) merupakan salah satu komoditas ekonomis perikanan yang mulai banyak dibudidayakan di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan konsumen baik dari dalam maupun luar negeri terkait munculnya Peraturan Menteri tentang larangan penangkapan dan atau pengeluaran lobster, kepiting, dan rajungan dari Indonesia No.56/Permen-KP/2016. Salah satu jenis lobster yang banyak dikembangkan di wilayah Indonesia adalah jenis *Cherax quadricarinatus (red claw)* yang tidak hanya dapat dikonsumsi akan tetapi juga bisa menjadi alternatif akuarium hias. Tingginya permintaan lobster baik didalam maupun diluar negeri ternyata masih belum diimbangi dengan jumlah ketersediaan benih yang ada, dalam artian jumlah kompetitor sejenis untuk bisnis budidaya lobster masih sangat minim.

PT. Tri Karya Makmur Jaya merupakan salah satu pelaku bisnis budidaya LAT jenis *redclaw* yang berdiri sejak tahun 2017. Berdasarkan hasil *indepth interview* bersama dengan pemilik perusahaan, diperoleh informasi bahwa perkembangan investasi cukup signifikan sejak empat bulan terakhir (awal bulan desember 2018). Jumlah investor yang dimiliki perusahaan telah mencapai ±300 investor yang tersebar dari berbagai daerah di Pulau Jawa dan pulau luar Jawa. Perusahaan yang bergerak dalam bidang budidaya LAT tersebut memasarkan bisnisnya dalam bentuk investasi modal dalam bentuk slot dengan sistem persentase bagi hasil. Peningkatan jumlah investor yang hampir 200 persen tersebut menjadi dasar dalam penelitian yang mengidentifikasi pengaruh *digital marketing*, tingkat kelayakan investasi (profitabilitas), literasi keuangan, serta pendapatan terhadap minat investasi budidaya komoditi LAT di PT. Tri Karya Makmur Jaya dengan menggunakan pendekatan statistik Regresi Linear Berganda..

II. METODE

a. Objek dan Sampel Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. Tri Karya Makmur Jaya dengan investor sebagai responden. Populsasi atau jumlah investor dalam penelitian ini sejumlah 280 investor. Dengan menggunakan rumus menurut [5] adalah dengan mengalikan jumlah variabel independen dengan banyaknya indikator seluruh variabel independen :

n = jumlah variabel x jumlah indikator (1)
n = 4 x 31 = 124

Dalam penelitian ini sampel digenapkan menjadi 130 responden untuk menjaga validitas hasil penelitian.

b. Deskripsi Operasional Variabel

1. *Digital Marketing*

E-marketing menurut [8] merupakan pengembangan dari *marketing* tradisional. *E-marketing* merupakan hasil adopsi penerapan media internet pada perusahaan.

Pemasaran *online* juga dikenal sebagai *digital marketing*, pemasaran *web*, pemasaran digital, mesin pencari pemasaran serta promosi pemasaran kepada konsumen. Jenis *digital marketing* dapat dikategorikan seperti email, *search engine*, media sosial, iklan *banner web* (berbagai jenis iklan *display)*, dan *mobile advertising* [22]. *Digital marketing* dianggap efektif untuk diterapkan oleh UMKM dalam pemasaran produk.

Penguasaan teknologi informasi merupakan daya saing yang harus dimiliki oleh UMKM [20]. *Digital marketing* dapat menjadi peluang bagi UMKM dalam mendapatkan perhatian.

Langkah tercepat untuk mendapatkan perhatian dari konsumen dan dengan berbagai macam cara dimana organisasi telah ditemukan untuk terhubung dengan konsumen mereka adalah melalui media sosial [12]. Selain itu, [24] juga menyatakan bahwa kegiatan promosi dan pencarian pasar bisa dilakukan dengan memanfaatkan berbagai macam jejaring sosial adalah bagian dari *digital marketing.*

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, dapat dikatakan konsumen saat ini semakin mandiri dalam memilih dan memilah produk serta membuat keputusan pembelian dan investasi berdasarkan hasil pencariannya melalui media sosial. *Digital marketing* menjadi fasilitas pemasaran bagi banyak lapisan masyarakat tanpa ada batasan waktu maupun wilayah.

2. Profitabilitas (Tingkat Kelayakan Investasi)

Aktivitas yang mampu menghasilkan laba bersih selama periode waktu akuntansi yang dapat dilakukan oleh perusahaan disebut profitabilitas [25]. Untuk menilai kinerja manajemen dari tingkat profitabilitas (pengembalian investasi) biasanya digunakan analisis *Return on Asset* (ROA) atau *Return on Investment* (ROI). Semakin tinggi nilai ROA/ ROI dari rasio profitabilitas perusahaan maka semakin efisien aktiva yang digunakan. Hal ini bermakna bahwa tingkat produktivitas perusahaan semakin baik [30].

Keputusan investasi sebagai bentuk proyeksi keuntungan dan pengaturan anggaran serta keputusan-keputusan lainya yang berkaitan dengan investasi erat hubungannya dengan profitabilitas [7]. Jadi proses keputusan investasi akan berjalan selama periode tertentu hingga mecapai keputusan investasi dengan hasil terbaik [27].

3. *Financial Literacy* (Literasi keuangan)

Kemampuan seseorang dalam memproses informasi ekonomi yang didapatkan untuk menyusun

ISBN 978-623-92050-0-3

perencanaan keuangan, akumulasi, dan hutang yang akan ditanggung disebut literasi keuangan [16]. Literasi keuangan akan sangat berguna dalam memperbaiki pemahaman dalam mengolah informasi finansial untuk membuat keputusan pengelolaan keuangan bagi seseorang.

Financial Literacy merupakan kunci bagi seseorang dalam membuat keputusan investasi dalam menghasilkan keputusan keuangan yang lebih baik [4]. Secara umum, *financial literacy* membahas pendapatan seseorang, sumber dan penggunaan yang efektif dan efisien dari pendapatannya, membelanjakan pendapatan dengan membuat keputusan yang percaya diri tentang tabungan atau simpanan sesuai dengan situasi [11].

Selain itu, literasi keuangan berhubungan dengan kemampuan untuk menghindari masalah dengan keputusan keuangan yang tepat maka diperlukan kemampuan terkait pemahaman, analisa, dan pengelolaan *asset* keuangan [3]. Tujuan utama dari pengetahuan dan peningkatan kemampuan dalam hal ini adalah untuk mecapai kesejahteraan [15].

Literasi Keuangan menurut persepsi OJK (Otoritas Jasa Keuangan) berhubungan dengan keyakinan *(confidence),* pengetahuan *(knowledge),* dan keterampilan *(skills)* yang mencangkup konsep pengelolaan uang [29]. Bahkan [9] menyatakan bahwa semakin tinggi tingkat pendidikan seseorang, maka literasi keuangan terhadap dunia investasi akan semakin baik.

Jadi, literasi keuangan akan mengukur sejauh mana tingkat pemahaman, kemampuan, serta kepercayaan diri seseorang terkait pengambilan keputusan baik *short term* maupun *long term* dalam kegiatan investasi keuangan sesuai rencana dan kondisi perekonomian.

4. Pendapatan *(Personal Income)*

Perndapatan personal adalah penghasilan kotor dalam periode tertentu dari hasil gaji, upah, investasi, maupun hasil bisnis usaha yang dimiliki yang sering disebut "laba sebelum pajak" untuk mengetahui besarnya laba kotor individu dalam menghasilkan *income* [13].

Salah satu indikator untuk mengukur permintaan konsumen dimasa yang akan datang adalah dengan cara mengukur besarnya *personal income* yang dapat dilihat dari pendapatan dari semua sumber seperti total upah dan gaji, subsidi pemerintah, pendapatan sewa dan bunga, serta deviden [10].

5. Keputusan Investasi

Keputusan investasi memerlukan analisis rasional dalam pengambilan keputusan yang pada dasarnya bergantung pada besarnya *return* (keuntungan) dan minimalnya *risk* (resiko) yang diharapkan oleh para investor dalam berinvestasi [23]. Keputusan investasi menurut [28] sangat dipengaruhi lamanya pengalaman dalam hal investasi, sehingga faktor-faktor lain akan cenderung terabaikan dan lebih banyak berdasarkan pengalaman.

6. Regresi Linear Berganda

Penelitian ini menggunakan model statistik regresi untuk menganalisis variabel terikat (Y) dan variabel tidak terikat (X) [5]. Selain itu, analisis regresi linear berganda dapat digunakan untuk meramalkan variabel Y jika terdapat lebih dari satu variabel X sebagai faktor *predictor* dimanipulasi [26]. Model formula regresi linear berganda dalam penelitian ini adalah :

$$\boldsymbol{Y = \alpha + \beta X_1 + \beta X_2 + \beta X_3 + \beta X_4 + \mu} \quad (2)$$

Dimana :

Y = Keputusan berinvestasi
α = Konstanta
X_1 = *Digital marketing*
X_2 = Profitabilitas
X_3 = Literasi keuangan
X_4 = Pendapatan
β = Koefisien regresi

7. Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis dalam model analisis regresi pada sampel dilihat dari nilai *good of fit* yang dapat diketahui dari nilai koefisien determinasi (R^2), hasil uji F (ANOVA), dan uji statistik t. Model uji dikatakan signifikan jika nilai uji statistiknya berada didaerah penolakan Ho dan model uji dinyatakan tidak berpengaruh signifikan bila pengambilam keputusan terima Ho [14].

- **Koefisien Determinasi (R^2)**

R^2 menghitung sejauh mana variasi *independen variable* dalam model regresi dengan rentang nilai antara 0 - 1. Semakin kecil nilai R^2 maka dapat dinyatakan bahwa *independen variable* sangat terbatas dalam menjelaskan *dependen variable* pada model penelitian. Jika nilai R^2 mendekati 1, berarti bahwa *independen variable* dapat menjelaskan hampir sebagian informasi untuk memprediksi *dependen variable* pada model [14]. Dengan demikian, nilai R^2 (koefisien determinasi) model regresi pada penelitian dikatakan semakin fit jika nilai semakin R^2 mendekati 1.

- **Uji F**

Analisis uji keseluruhan (F) dipakai untuk menguji kelayakan dan signifikansi model dalam persamaan regresi secara menyeluruh serta secara spesifik dari koefisien regresi parsial.

Hipotesis uji F : Ho:$R^2 = 0$.

Uji keseluruhan dapat dilakukan dengan menggunakan uji statistik F, dimana :

$$F = \frac{R^2/K}{(1-R^2)(n-K-1)} \quad (3)$$

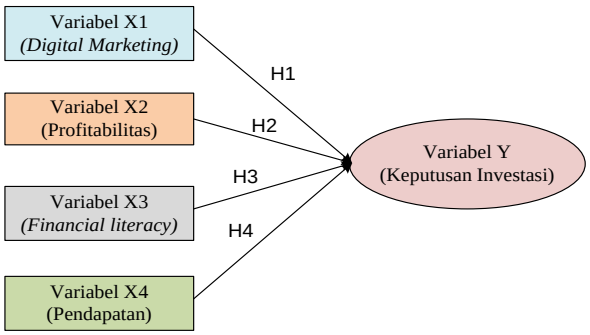
Uji keseluruhan pada distribusi F memiliki nilai derajat kebebasan k dan (n-k-1). Pengambilan

ISBN 978-623-92050-0-3

keputusan dalam uji F adalah jika Ho ditolak, berarti bahwa satu atau lebih koefisien regresi majemuk mempunyai nilai tidak sama dengan nol dalam populasi [17].

- **Uji Parsial (Uji t)**

Uji tambahan dalam analisis regresi untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel bebas pada variabel terikat model regresi yaitu dengan uji t [14]. Level sigifikansi koefisien uji parsial distribusi t dengan nilai derajat kebebasan nk-1, dan signifikan pada α = 0,05.



Gambar 1. Model Regresi

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa hipotesa yang coba dibuktikan sebagai berikut :

H1: Terdapat pengaruh *digital maketing* terhadap keputusan berinvestasi pada LAT (Lobster Air Tawar)

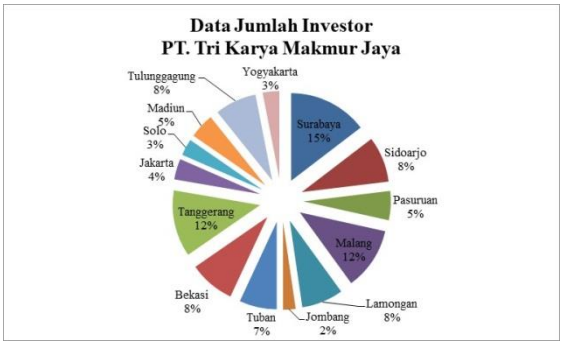
H2: Terdapat pengaruh profitabilitas terhadap keputusan investasi LAT (Lobster Air Tawar)

H3 : Terdapat pengaruh *financial literacy* terhadap keputusan berinvestasi pada LAT (Lobster Air Tawar)

H4 :Terdapat pengaruh pendapatan terhadap keputusan berinvestasi pada LAT (Lobster Air Tawar)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil kuisioner diperoleh profil investor dari PT. Tri Karya Makmur Jaya adalah sejumlah 130 sampel investor dengan persentase dari berbagai daerah sebagai berikut :



Gambar 2. Profil Sebaran Investor PT. Tri Karya Makmur

a. Uji Validitas dan Reliabilitas

Dari hasil sebaran kuisioner terhadap sejumlah 130 sampel, berikut hasilnya :

TABEL 1. UJI VALIDITAS

Variabel	Pearson Correlation	r Tabel
X1	0,236	0,1723
X2	0,406	0,1723
X3	0,333	0,1723
X4	0,541	0,1723
X5	0,218	0,1723
X6	0,25	0,1723
X7	0,309	0,1723
X8	0,426	0,1723
X9	0,38	0,1723
X10	0,42	0,1723
X11	0,292	0,1723
X12	0,385	0,1723
X13	0,299	0,1723
X14	0,329	0,1723
X15	0,455	0,1723
X16	0,646	0,1723
X17	0,35	0,1723
X18	0,312	0,1723
X19	0,26	0,1723
Y1	0,176	0,1723
Y2	0,313	0,1723
Y3	0,318	0,1723

Dari total variabel dalam kuisioner pada Tabel 1, diperoleh nilai *pearson Correlation* > r tabel, maka data yang diperoleh adalah valid.

TABEL 2. UJI RELIABILITAS

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
,646	22

Dari Tabel 2. diperoleh *Cronbach's Alpha* > 0,05, maka dapat dinyatakan atribut kuisioner adalah reliabel.

b. Analisis Uji Asumsi Klasik

1. Normalitas

Uji dilakukan terhadap asumsi kenormalan dilihat dari nilai *Kolmogorov Smirnov*. Jika nilai signifikansi > 5% atau 0,05 (p ≥ 0,05) maka data dinyatakan normal.

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL 3. UJI NORMALITAS

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		Unstandardized Residual
N		3
Normal Parameters[a,b]	Mean	,0000000
	Std. Deviation	65,09848836
Most Extreme Differences	Absolute	,208
	Positive	,186
	Negative	-,208
Kolmogorov-Smirnov Z		,361
Asymp. Sig. (2-tailed)		,999

Output pada Tabel 3. diatas, nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* 0,999 atau Sig > 0,05, maka data penelitian adalah berdistribusi normal.

2. Multikolinearitas

Untuk mendeteksi terjadinya korelasi antara variabel-variabel X. Dalam analisis regresi tidak diijinkan korelasi antar pada variabel-variabel independen dilihat dari nilai *Variance Inflation Factor* (VIF).

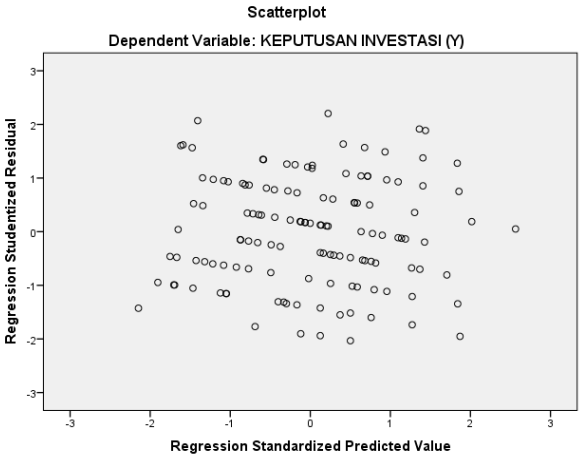
TABEL 4. HASIL ANALISIS MULTIKOLINEARITAS

Coefficients[a]								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	5,610	1,296		4,330	,000		
	DIGITAL MARKETING (X1)	,202	,087	,220	2,322	,022	,842	1,187
	PROFITABILITAS (X2)	-,181	,282	-,057	-,643	,521	,971	1,029
	LITERASI (3)	,013	,058	,020	,217	,828	,867	1,154
	PENDAPATAN (4)	,018	,074	,023	,241	,810	,832	1,202
a. Dependent Variable: KEPUTUSAN INVESTASI (Y)								

Tabel 4. menilai VIF dari keempat variabel independen yaitu *digital marketing*, profitabilitas, *financial literacy* (literasi keuangan), dan *personal income* (pendapatan) yang memiliki nilai VIF < 10, dan nilai *tolerance yang lebih dari* 10. Hal ini bermakna tidak ada multikolinearitas antar variabel-variabel independen.

3. Uji Heteroskedastisitas

Nilai prediksi variabel terkait dapat dilihat dari ZPRED residualnya dari sebaran grafik plot yang menunjukkan ada tidaknya heteroskedastisitas pada model regresi yang dibangun.



Gambar 6. Hasil Uji Heteroskedastisitas

Berdasarkan Gambar 6. diatas yang merupakan grafik *scatter plot* yang menunjukkan heteroskedastisitas tidak terjadi karna nilai residual memiliki pola terbesar merata pada titik-titik di area angka 0 dari atas dan bawah dilihat dari sumbu Y.

4. Uji Autokorelasi

Uji yang dilakukan untuk membuktikan bahwa tidak terjadi *autocorrelation* atau dengan dirinya sendiri pada variabel terikat (Y)

TABEL 5. HASIL UJI AUTOKORELASI

Model Summary[b]					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.961[a]	,924	,772	27,359	2,554
a. Predictors: (Constant), PENDAPATAN (4), PROFITABILITAS (X2), LITERASI (3), DIGITAL MARKETING (X1)					

Berdasarkan Tabel 5. Nilai "D-W>dU> dL" atau "dU < d < 4-dU" yaitu 2,554, artinya autokorelasi tidak terjadi pada model regresi.

5. Uji Analisis Regresi

Hasil pengolahan data dengan SPSS 16.0 didapatkan model persamaan regresi :

Y = 1,296 + 0,082*X1 + 0,066*X2 + 0,013*X3 + 0,018*X4

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL 6. MODEL REGRESI LINEAR BERGANDA

Coefficients[a]						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,296	0,896		4,330	,000
	DIGITAL MARKETING (X1)	,082	,004	,472	2,322	,002
	PROFITABILITAS (X2)	,066	,002	,357	,643	,001
	LITERASI (3)	,013	,005	,360	,217	,003
	PENDAPATAN (4)	,018	,001	,042	,241	,005

Berdasarkan model persamaan, dapat menjelaskan beberapa pengaruh yang artinya adalah :

a. 1,296 pada nilai konstanta, artinya apabila variabel *digital marketing*, probabilitas, literasi keuangan, dan pendapatan = 0, maka pengaruhnya terhadap keputusan investasi masyarakat terhadap budidaya Lobster Air Tawar (LAT) adalah sebesar 1.296.
b. b1 = 0,082 berarti untuk setiap kenaikan atau perubahan variabel *digital markting* sebesar 1 satuan maka berpengaruh dalam keputusan investasi masyarakat terhadap budidaya LAT 0,082 dengan asumsi variabel X2, X3, dan X4 adalah nol.
c. b2 = 0,066 bahwa perubahan pada variabel probabilitas sebesar 1 satuan, akan mempengaruhi keputusan investasi masyarakat terhadap budidaya LAT 0,066 dengan asumsi variabel X lain adalah nol.
d. b3 = 0,013 menunjukkan perubahan sebesar 1 satuan variabel literasi keuangan, berpengaruh pada keputusan investasi masyarakat terhadap budidaya LAT 0,013 dengan asumsi variabel X1, X2, dan X4 sama dengan nol.
e. B4 = 0,018. Perubahan variabel pendapatan 1 satuan, berpengaruh terhadap keputusan investasi masyarakat terhadap budidaya LAT 0,018 jika asumsi variabel X1, X2, dan X3 sama dengan nol.

6. Uji Hipotesis

a. Uji Koefisien Dererminasi (R^2)

Nilai R (koefisien korelasi) dan R^2 (koefisien determinasi) pada model regresi yang diperoleh adalah:

TABEL 7. UJI KOEF. DETERMINASI (R^2)

Model Summary[b]				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.838[a]	,757	,727	1,949

Tabel 7. Menunjukkan nilai R sebesar 0,838 artinya antara *digital marketing, profitabilitas,* literasi keuangan, dan pendapatan terhadap keputusan investasi budidaya LAT di PT. Tri Karya Makmur Jaya secara simultan hubungannya sangat erat. Jika dilihat dari nilai R square (0,757) artinya variabel independen memiliki pengaruh pada perubahan variabel Y sebesar 75,7%, sedangkan sisanya 24,3% dipengaruhi oleh variabel yang lainnya.

b. Uji Serentak (Uji F)

Dengan analisis hasil ANOVA, maka diperoleh hasil uji F (serentak) pengaruh dari seluruh variabel X terhadap Y adalah:

TABEL 8. UJI F (ANOVA)

ANOVA[a]						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	128,576	4	127,144	21,881	.001[b]
	Residual	474,724	125	13,798		
	Total	503,300	129			

Diketahui bahwa pada Tabel 8 nilai p-value (0,001) < α , berarti bahwa secara serentak X *variables* berpengaruh signifikan pada Y.

c. Uji Parsial (t)

Berdasarkan hasil uji secara parsial masing-masing variabel X (bebas) terhadap variavel terikat (Y) adalah :

TABEL 9. UJI T

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,296	0,896		4,330	,000
	DIGITAL MARKETING (X1)	,082	,004	,472	2,322	,002
	PROFITABILITAS (X2)	,066	,002	,357	,643	,001
	LITERASI (3)	,013	,005	,360	,217	,003
	PENDAPATAN (4)	,018	,001	,042	,241	,005

Tabel 9. didapatkan masing-masing nilai signifikansi *(sig)* dari setiap variabel independen < 0,05, maka setiap variabel X berpengaruh terhadap keputusan investasi budidaya LAT (Y).

Artinya pada pengambilan keputusan investasi budidaya LAT, bagi para calon investor faktor budidaya lobster yang paling berpengaruh dan menentukan berdasarkan penelitian ini adalah terkait faktor kemampuan *marketing* dari perusahaan dalam meyakinkan caln penanam modal (investor) dalam minat investasi. Proses pemasaran yang memudahkan pencarian informasi terkait budidaya lobster, peluang, bentuk dan model investasi, transparansi, dan lain sebagainya yang disajikan secara menarik, up to date, dan informatif melalui media *online* maupun *offline* bila diperlukan.

ISBN 978-623-92050-0-3

IV KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan analisis regresi linear berganda, diperoleh kesimpulan bahwa variabel *digital marketing*, profitabilitas, literasi keuangan, serta pendapatan berpengaruh terhadap keputusan investasi budidaya Lobster Air Tawar di PT. Tri Karya Makmur Jaya dengan model regresi Y = 1,296 + 0,082(X1) + 0,066(X2) + 0,013(X3) + 0,018(X4), dengan *good of fitness* model sebesar 75,7% keputusan investasi dipengaruhi oleh variabel independen dalam penelitian, sedangkan 24,3 % dipengaruhi oleh variabel lain.

DAFTAR PUSTAKA

[18] Afifah, A. N., "Penerapan *digital marketing* dan Pengaruhnya Terhadap Keberhasilan Usaha Mikro, Kecil dan Menengah Sektor Kreatif di Indonesia dan Malaysia". 2018.

[19] Agustia, D., "Pengaruh Faktor *Good Corporate Governance, Free Cash Flow*, dan *Leverage* Terhadap Manajemen Laba". Jurnal Akuntansi dan Keuangan, Vol. 15, No. 1, Mei 2013, 27-42. ISSN 1411-0288 print / ISSN 2338-8137 Online. 2013.

[20] Ariadi, R., Malelak, M. I., Astuti, D., Analisa Hubungan Financial Literacy dan Demografi Dengan Investasi, Saving dan Konsumsi**.** Jurnal FINESTA, Vol. 03., No. 1, Pp. 7-12. 2015.

[21] Ates, Sinem; Coşkun, Ali; Şahin, M. Abdullah & Demircan, M. Levent. Impact Of Financial Literacy On The Behavioral Biases Of Individual Stock Investors: Evidence From Borsa Istanbul. Business And Economics Research Journal, Vol. 7, No. 3, Pp. 1-19. 2016.

[22] Augusty Ferdinand. Metode Penelitian Manajemen :Pedoman Penelitian Untuk Penulisan Skripsi, Tesis, dan Disertasi Ilmu Manajemen. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro. 2006.

[23] Brealey, Myers, Marcus., Dasar-dasar Manajemen Keuangan. Edisi Kelima : Erlangga. Hal :199. 2009.

[24] Brigham, Eugene F., Gapenski, Louis C. Financial Management : Theory and Practice. 2006.

[25] Chaffey, Dave. E-Business and E-Commerce Management. Strategy, Implementation and Practice.Fourth Edition. Prentice Hall, 2002.

[26] Fedorova, Elena Anatol'evna; Nekhaenko, Viktoriya Viktorovna & Dovzhenko, Sergei Eugen'evich. "Impact Of Financial Literacy Of The Population Of The Russian Federation On Behavior On Financial Market:Empirical Evaluation". *Russian Economic Development*, Vol. 26, No. 4, Pp. 394–402. 2015.

[27] Hilgert, M. A., Hogarth, J. M., & Beverly, S. G., Household Financial Management: The Connection Between Knowledge and Behavior. Federal Reserve Bulletin, Vol. 89, pp. 309-322. 2003.

[28] Hussain, Dr. Irshad & Sajjad, Prof. Dr. Shahida. Significance Of Financial Literacy And Its Implications: A Discussion. Journal Of Business Strategies, Vol.10, No.2, Pp 141–154. 2016.

[29] Icha O. Effectiveness of Social Media Networks as a Strategic Tool for Organizational Marketing Management. J of Inter Bank and Comm.21 (S2). 2016.

[30] Ida, & Dwinta, C. Y. Pengaruh *Locus of Control, Financial Knowledge, Income* Terhadap *Financial Management Behavior*. Jurnal Bisnis Dan Akuntansi, Vol. 01, No. 01, 2010.

[31] Imam Ghozali, Aplikasi MultiVariate Dengan Program SPSS, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2005.

[32] Lusardi, Annamaria. Financial Literacy among the Young: Evidence and Implication for Consumer Policy). 2010.

[33] Lusardi, A., Mitchell, O., Financial Literacy and retirement Planning : New Evidence from the Rand American Life Panel, MRRC Working Paper 157. 2007.

[34] Malhotra, Naresh K., Marketing Research An Applied Orientation. Prestice Hall, United State of America, 2006.

[35] Marchioni, A., Magni, C.A. "Investment Decisions and Sensitivity Analysis: NPV-Consistency of Rates of Return". *European Journal of Operational Research*. Pp. 361-372. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.01.007 ". 2018.

[36] Margrit, A., "Literasi Digital UKM Perlu Ditingkatkan". http://ekonomi.bisnis.com. Diakses tanggal 11 Juli 2019, Pukul 08.00 WIB.

[37] Mujiyana LS, M Abdul M. Pengaruh Penerapan Periklanan di *internet* dan Pemasaran melalui *E-mail* Produk UMKM di Wilayah Depok. *J@TI Undip.*Vol. 7, No.3. 2012.

[38] Müller, J. M., Pommeranz, B., Weisser, J., Voigt, Kai-Ingo. "Digital, Social Media, and Mobile Marketing in industrial buying: Still in need of customer segmentation? Empirical evidence from Poland and Germany". Vol. 73. Pp. 70-83.

[39] Pawar, V.A. & Pawar P.R., 2014, Costus speciosus: An Important Medicinal Plant, International Journal of Science and Research (IJSR), Vol. 3, No. 7, Pp. 28-33.

[40] Pratiwi, Indah & Priajati. "Pengaruh Faktor Demografi Terhadap Jenis Investasi Dan Perilaku Investor Pasar Modal Surabaya". Jurnal Ilmu Dan Reset Manajemen, Vol. 4, No. 7. 2015.

[41] Purwana, D. ES., Rahmi., Aditya, S., Pemanfaatan *Digital Marketing* Bagi Usaha Mikro, Kecil, Dan Menengah (Umkm) Di Kelurahan Malaka Sari, Duren Sawit. Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Madani (JPMM), Vol. 1, No. 1, E-ISSN: 2580-4332, 2017.

[42] Rahmiati, & Huda, P. H. Pengaruh Kebijakan Dividen, Kesempatan Investasi, dan Profitabilitas Terhadap Keputusan Investasi. Jurnal Kajian Manajemen Bisnis, Vol. 4, No. 2. 2015.

[43] Sugiyono. Metode Penelitian Bisnis. Bandung: Alfabeta. 2005.

[44] Tandelilin, Eduardus. *Analisis Investasi dan Manajemen Portofolio*. Yogyakarta: BPFE. 2001.

[45] Utami, L. D., Kartini., Faktor Demografis, *Personality Traits*, dan *Overconfidence* (*Survey* terhadap Investor Saham di Yogyakarta)., Jurnal Siasat Bisnis., Vol. 20, No. 2. Pp. 181-189. 2016.

[46] Xu, Lisa., dan Bilal Zia. Financial Literacy around the World – An Overview of the Evidence with Practical Suggestions for the Way Forward. The World Bank: Finance and Private Sector Development. 2012.

[47] Wahyuni, S., Arfan, M., Shabri., Pengaruh Kepemilikan Manajerial, Kepemilikan Institusional, Financial Leverage, dan Profitabilitas Terhadap Keputusan Investasi Perusahaan Manufaktur di Indonesia. Jurnal Magister Akuntansi, Vol. 4, No. 2, Pp. 51-63, 2015.

[48] Zhao, Narisa ., Cheng, Xiaokang ., Guo, Xianda. "Impact of information spread and investment behavior on the diffusion of internet investment products". https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.08.075 . 2018.

ISBN 978-623-92050-0-3

Pengembangan Model Strategi Pembinaan Sentra UKM Kerajinan Bambu Kabupaten Sleman

1st Yulinda Uswatun Kasanah
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
yulinda.uswatun.k@mail.ugm.ac.id

2nd Nur Aini Masruroh
Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
aini@mail.ugm.ac.id

***Abstract*— Keberhasilan UKM dalam meningkatkan nilai ekspor dan nilai tambah dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yang terdiri atas aspek sumber daya manusia, aspek keuangan, aspek teknik produksi/operasional, aspek pasar dan pemasaran mempunyai, serta aspek lain yang mempunyai pengaruh yang signifikan dan positif terhadap kinerja usaha mikro dan kecil. Faktor dominan yang menjadi penunjang utama dalam menentukan kinerja UKM harus diidentifikasi, serta peran pemerintah dalam mendukung kinerja UKM harus di evaluasi sehingga pembinaan yang tepat dapat diberikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kinerja produksi sentra kerajinan bambu mengembangkan model skenario alternatif yang mampu mengakomodasi kesinambungan antar faktor yang mempengaruhi kinerja Sentra UKM kerajinan bambu.**

Keywords—sentra UKM, industri kreatif, sistem dinamik, causal loop diagram.

I. PENDAHULUAN

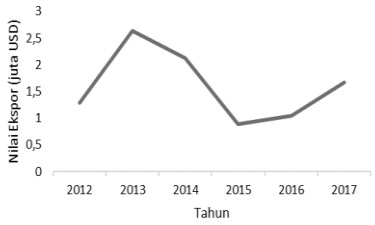
Perkembangan industri yang baik dapat memberi dorongan ekonomi bagi setiap negara. Upaya penguatan industri kecil merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menggerakkan perekonomian nasional, hal tersebut sesuai dengan UU RI No. 3 tahun 2014 tentang perindustrian yang menyebutkan bahwa perindustrian diselenggarakan untuk mewujudkan industri nasional sebagai pilar dan penggerak perekonomian nasional. Industri kecil yang terus dikuatkan oleh pemerintah salah satunya merupakan industri rumahan yang terbentuk dalam suatu sentra industri yang berbasis UKM.

Pembentukan Sentra UKM merupakan salah satu pendekatan untuk mengembangkan UKM berbasis industri yang potensial dan berbasis kelompok. Dalam pendekatan kelompok, dukungan (baik teknis maupun keuangan) disalurkan kepada kelompok UKM bukan per individu UKM. Selain itu, pembentukan sentra juga bertujuan untuk memudahkan UKM menangkap peluang pasar, meningkatkan daya saing usaha, mengoptimalkan potensi sumber daya manusia dan sumber daya alam setempat, memperluas kesempatan kerja, memudahkan pemerintah melakukan pembinanaan, serta meningkatkan produktivitas dan nilai tambah UKM [1].

Salah satu program Pemerintah Daerah Kabupaten Sleman seperti yang tertera pada Rencana Strategis Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Sleman 2017-2021 (Renstra 2017-2021) adalah mengembangkan sentra-sentra industri potensial. Pemda Kab. Sleman telah mengukuhkan sejumlah sentra UKM, hingga sampai dengan 2019 telah ada 25 Sentra yang telah dikukuhkan. Dari 25 sentra yang telah dikukuhkan terdapat sentra unggulan yakni Sentra Kerajinan Bambu yang berupa kerajinan mebel bambu dan kerajinan anyaman bambu.

Meskipun Sentra kerajinan bambu merupakan Sentra unggulan di Kab. Sleman, akan tetapi kontribusinya terhadap nilai total ekspor komoditi Kab. Sleman masih cukup rendah yakni sebesar 0,19%. Selain itu dari tahun 2014 hingga pada tahun 2016 nilai ekspor produk kerajinan bambu Kabupaten Sleman mengalami penurunan yang cukup signifikan seperti terlihat pada Gambar 1.

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 1. Nilai Ekspor Kerajinan Bambu Kabupaten Sleman (BPS, 2018)

Keberhasilan UKM dalam meningkatkan nilai ekspor dan nilai tambah dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yang terdiri atas aspek sumber daya manusia, aspek keuangan, aspek teknik produksi/operasional, dan aspek pasar dan pemasaran mempunyai pengaruh yang signifikan dan positif terhadap kinerja usaha mikro dan kecil. Faktor eksternal terdiri atas aspek kebijakan pemerintah, aspek sosial budaya dan ekonomi, dan aspek peranan lembaga pendukung permodalan [1].

Berdasarkan data amatan dan survey awal di lapangan ditemukan adanya beberapa kendala awal pada UKM kerajinan bambu, seperti menurunnya penjualan untuk UKM jenis trader/eksportir, beberapa order dari konsumen tidak terpenuhi untuk UKM yang melakukan produksi rumahan, kurangnya tenaga ahli, sulitnya mencari tenaga kerja, permintaan produk tidak terpenuhi, mesin peralatan masih manual, pemasaran masih bergantung pada mitra, kesulitan bahan baku, manajemen kelompok tidak struktur, dan kuranngnya modal produksi. Setelah dilakukan 5 *Whys analysis* maka diperoleh faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas produksi dan menurunnya penjualan sentra UKM kerajinan bambu adalah faktor permodalan, upah ketenagakerjaan, teknologi mesin, rekayasa pemasaran, dan ancaman produk dari pendatang baru.

Kinerja suatu UKM dalam satu Sentra ditentukan oleh interaksi antar UKM sesama anggota Sentra, faktor internal masing-masing UKM, dan kebiajakan pemerintah sebagai faktor eksternal. Pengaruh antara faktor internal dan faktor eksternal saling bergantung dan membentuk suatu sistem yang kompleks dan dinamis. Dalam rangka mengembangkan model strategi pembinaan Sentra UKM kerajinan bambu yang berorientasi pada penguatan performansi UKM maka dibutuhkan metode yang mampu mengakomodasi aspek perilaku UKM dalam Sentra sekaligus mengetahui variabel-variabel yang mempengaruhi performansi UKM sehingga diperoleh strategi pembinaan yang sesuai.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi variabel-variabel yang berpengaruh terhadap kinerja produksi sentra kerajinan bambu mengembangkan model skenario alternatif yang mampu mengakomodasi kesinambungan antar faktor yang mempengaruhi kinerja Sentra UKM kerajinan bambu.

II. LATAR BELAKANG

Sistem dinamik (SD) telah banyak digunakan dalam berbagai bidang penelitian, termasuk dalam bidang pengembangan kinerja Sentra UKM. Sistem dinamik memiliki keunggulan dalam melihat pengaruh interaksi antar faktor yang berpengaruh dalam sentra UKM dengan mempertimbangkan faktor eksogenus maupun faktor endogenus dan dipengaruhi *time series*. Sistem dinamik dianggap mampu memahami suatu masalah yang kompleks, dengan menitikberatkan pada pengambilan kebijakan dan bagaimana kebijakan tersebut menentukan tingkah laku masalah-masalah yang dapat dimodelkan oleh sistem secara dinamik [3]. Sistem Dinamis juga merupakan suatu metoda untuk meningkatkan kemampuan pembelajaran dalam suatu sistem yang amat kompleks [5]. Sistem dinamis mengembangkan mekanisme *feedback* melalui metoda simulasi sehingga dapat membantu mengatasi kompleksitas suatu permasalahan, memahami sumbersumber resistensi suatu penerepan kebijakan, dan membantu desain kebijakan yang lebih efektif.

Sesuai dengan data BPS dan wawancara langsung yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa UKM Kerajinan Bambu Kabupaten Sleman mengalami penurunan omset ekspor yang cukup signifikan. Beberapa kendala yang dihadapi yaitu menurunnya penjualan untuk UKM jenis trader/eksportir, beberapa order dari konsumen tidak terpenuhi untuk UKM yang melakukan produksi rumahan, kurangnya tenaga ahli, sulitnya mencari tenaga kerja, permintaan produk tidak terpenuhi, mesin peralatan masih manual, pemasaran masih bergantung pada mitra, kesulitan bahan baku, manajemen kelompok tidak struktur, dan kuranngnya modal produksi.

Diperkuat oleh [7] penyebab utama kegagalan salah satunya adalah masalah manajerial seperti akuntansi, keuangan, dan isu – isu manajerial lainnya. Selain itu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan suatu UKM adalah inventory control dan faktor kebijakan dari pemerintah. Selain itu harga, biaya *marketing*, biaya *training*, order, *revenue*, dan biaya produksi merupakan variabel-variabel sensitif yang mempengaruhi performansi UKM [1].

III. METODE DAN TAHAPAN PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di lingkup kelompok usaha (sentra) UKM keraiinan bambu kabupaten sleman, yang berfokus pada sentra kerajinan bambu Brajan sebagai sentra unggulan Kabupaten Sleman. Penelitian dimulai dari pembuatan model simulasi dinamik secara empiris dari persoalan dinamika Sentra kerajinan bambu. *Output* tahap pertama akan menampilakan logika dinamika dan keterkaitan antar

ISBN 978-623-92050-0-3

faktor-faktor dalam sistem yang saling terkait dalam sistem sentra. *Output* tahap pertama akan berbentuk hipotesis dinamik (baik berupa CLD maupun SFD) yang selanjutnya akan disebut model *improvement*.

Secara terperinci tahapan penelitian ini yaitu berupa tahapan identifikasi variabel, dimana dilakukan studi literatur dari berbagai penelitian sebelumnya terkait perkembangan UKM serta kunjungan lapangan untuk mendapatkan data terkait variabel berpengaruh dan kondisi nyata di Sentra Kerajinan Bambu Brajan di Kab. Sleman. Data yang dibutuhkan berupa data profile UKM, omset, pola permintaan produk, pemasaran, mitra usaha, proses produksi, kemampuan bahan baku, kemampuan mesin produksi, kemampuan tenaga kerja, biaya operasional dan kebijakan UKM daerah. Dari hasil studi literatur dan wawancara tersebut kemudian teridentifikasi variabel-variabel yang berpengaruh.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan identifikasi permasalahan dan studi literatur kemudian ditentukan variabel dan parameter kunci yang akan digali infomasiya lebih lanjut dengan mengumpulkan dan mengolah data tertulis dan data numerik. Integrasi dari pengolahan data inilah yang kemudian digunakan sebagai landasan dalam perancangan model simulasi.

a. Elisitas Mental Model

Pengumpulan data mental diperlukan untuk menyaring informasi yang lebih mendalam. Data mental terbentuk berdasarkan pengalaman dan pemahaman akan struktur terhadap suatu sistem atau permasalahan. Data mental mengandung informasi konseptual secara umum dalam melihat sistem secara kesuluruhan.

b. Elisitas Formal Model

i. Problem Articulation

Permasalahan kemampuan kinerja UKM kerajinan bambu merupakan sistem yang kompleks karena terdapatnya berbagai macam aliran seperti material, uang, informasi dan aktivitas, dimana aliran tersebut memiliki interdependensi satu sama lainnya, terdiri dari berbagai *stakeholder* (pemangku kepentingan) selain produsen dalam hal ini UKM, juga konsumen (lokal maupun mancanegara) yang melakukan permintaan dari waktu ke waktu, penyedia bahan baku, serta pemerintah yang berperan sebagai regulator pengembangan bisnis serta faktor tenaga kerja. Variabel kinerja UKM juga merupakan fungsi dari waktu karena levelnya akan berubah setiap saat karena faktor ketidakpastian permintaan, harga bahan baku, dan perkembangan teknologi, termasuk adanya faktor *delay*.

ii. Key Variables

Masalah awal yang teridentifikasi dalam penelitian ini yaitu ditemukannya indikasi penurunan kinerja pemenuhan order dan keterbatasan kapasitas produksi pada Sentra UKM kerajinan bambu. Sesuai dengan studi pendahuluan yang telah dilakukan maka teridentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja Sentra UKM kerajinan bambu yang dibagi kedalam sub-sub model yaitu (1) sub model permintaan dan kapasitas produksi, (2) sub model ketenagakerjaan, (3) sub model koordinasi produksi (antar anggota sentra), (4) sub model kebijakan investasi. Semua sub model yang telah dipaparkan akan mengacu pada variabel dependen yaitu omset produksi.

Indikator pertama yaitu sub model permintaan dan kapasitas produksi akan ditunjang oleh beberapa variabel lain seperti kemampuan pemasaran yang akan direpresentasikan dengan profit perbulan yang dihasilkan, ketersediaan bahan baku yang akan direpresentasikan dengan membandingkan jumlah permintaan dan bahan baku yang tersedia, kapasitas produksi, dan mesin produksi eksisting yang dimiliki UKM. Indikator kedua yaitu Ketenagakerjaan yang akan direpresentaskan dengan jumlah tenaga kerja yang dimiliki, kapasitas tenaga kerja per hari, dan fluktuasi pekerja yang meninggalkan UKM dan pekerja yang di *hire* dengan upah minimum yang diberikan.

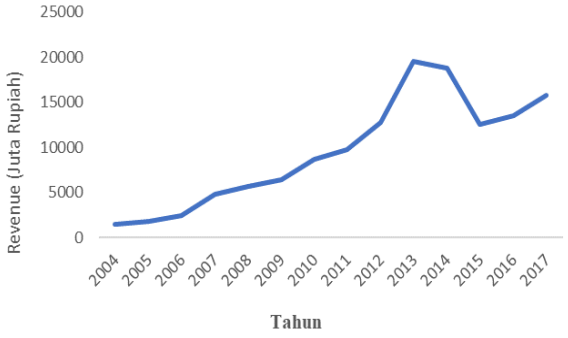
Indikator ketiga yaitu koordinasi produksi merupakan integrasi antar UKM anggota sentra dalam memenuhi permintaan perbulan, koordinasi produksi didukung oleh beberapa variabel lain seperti kapasitas produksi keseluruhan UKM dalam satu sentra, rata-rata produksi agregat, waktu produksi agregat, dan *safety stock* keseluruhan UKM. Dan indiaktor keempat yaitu kebijakan investasi, kebijakan investasi merupakan kebijakan yang dilakukan oleh pemerintah untuk membantu meningkatkan kinerja UKM seperti kebijakan pemberian modal usaha dan kebijakan bantuan teknolgi mesin produksi.

iii. Reference modes

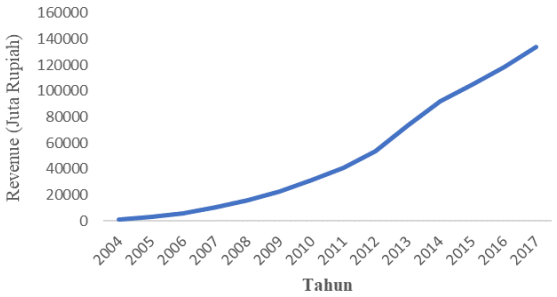
Dalam permodelan sistem dinamis, perilaku terhadap waktu (*Behaviour Over Time-BOT)* adalah perhatian utama ketika menganalisa sesuah sistem. Untuk itu sebelum melakukan permodelan terlebih dahulu dilihat perilaku terhadap waktu dari sistem yang sudah ada, hal ini akan memberikan pemahaman tentang bagaimana sistem tersebut berjalan dan berinteraksi. Dalam penelitian ini terdapat satu indikator perilaku yang akan dijadikan sebagai *reference mode* yaitu Nilai omset ekspor kerajinan bambu dengan rentang waktu selama 14 Tahun. Rentang waktu dimulai dari tahun 2004 hingga 2017. Tahun 2004 merupakan tahun pertama Sentra UKM kerajinan bambu Brajan berbasis industri mulai

ISBN 978-623-92050-0-3

melakukan ekspor ke beberapa negara. *Reference mode* untuk nilai ekspor kerajinan bambu ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. *Reference mode*s *Revenue* Kerajinan Bambu 2004 - 2017



Gambar 3. *Reference mode*s *Revenue* Kumulatif basis

Pengelompokan data historis *revenue* ekspor selama beberapa tahun tertentu dari data komoditas selama range amatan antara tahnu 2004 hingga 2009 menunjukkan beberapa data yang tidak tersedia. Hal ini terjadi karena pendataan dan pendampingan pemerintah pada tahun-tahun tersebut belum terlalu signifikan. Meskipun demikian peneliti dapat menggunakan estimasi proporsi untuk mengkonstruk pola data historis yang ada dengan melakukan wawancara langsung dengan pelaku UKM. Adapun untuk data tahun 2010 hingga 2017 peneliti bisa mendapatkan profil data *revenue* yang lengkap.

Karena perubahan variabel pada simulasi dinamik/kontinu selama rentang waktu akan berjalan secara smooth atau tidak putus, maka plotting data historis secara kumulatif akan dipilih untuk menunjukkan pola *reference mode*s. Bila data secara tahunan digunakan sebagai *reference mode*s, maka hasil running simulasi data tahun per tahun akan menunjukkan kecenderungan pola data diskrit [3]. *Reference mode* dari pola data perilaku dinamik menunjukkan kecenderungan perilaku dinamik *S-shaped growth with overshoot* dimana terdapat beberapa batasan – batasan yang membatasi laju pertumbuhan UKM sebagai produk Sentra unggulan. Sedangkan plotting data secara kumulatif menunjukkan pola data *exponensial growth*.

iv. Hipotesa Dinamis

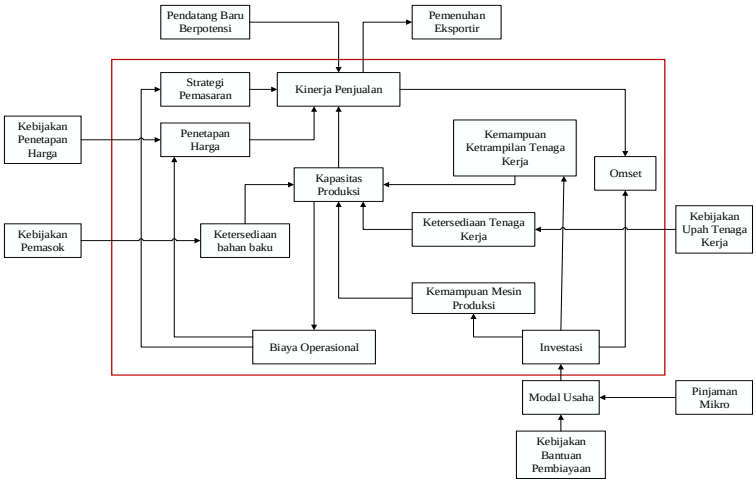
Berdasarkan pengumpulan data mental yang telah dilakukan maka dapat disusun hipotesa dinamis yang akan menjadi dasar dalam penyusunan diagram kausalitas (*Causal loop diagram*). Hipotesa dinamis yang dapat diambil adalah penentuan faktor dominan yang paling mempengaruhi kinerja penjualan dan peningkatan kapasitas produksi dapat digunakan untuk menentukan strategi pembentukan kebijakan operasional yang sesuai dengan kondisi UKM kerajinan bambu Kabupaten Sleman. Pembentukan strategi kebijakan dapat dilakukan dengan melakukan pengembangan skenario pada faktor-faktor dominan yang telah teridentiikasi.

c. Kerangka Pengembangan Nodel

i. Interaksi Antar Variabel

Pola interaksi antar variabel digambarkan pada Gambar 4, dimana dijelaskan hubungan yang saling mempengaruhi antar variabel yang ada. Kapasitas produksi mempengaruhi kemampuan pemenuhan eksportir yang berpengaruh pada omset perusahaan dan kapasitas produksi dipengaruhi oleh kemampuan mesin produksi, ketersediaan bahan baku, ketersediaan tenaga kerja dan kemampuan tenaga kerja. Kinerja penjualan juga berpengaruh terhadap omset perusahaan. Kinerja penjualan dipengaruhi oleh ketrampilan tenaga kerja, strategi pemasaran dan kebijakan penentuan harga oleh pemerintah. Jumlah keuntungan (omset) produksi merupakan indikator kinerja UKM kerajinan bambu pada penelitian ini. Pada interaksi antar variabel digambarkan skenario kebijakan yang akan diterapkan untuk melihat perubahan terhadap model yang dikembangkan dengan tujuan peningkatan keuntungan, kapasitas produksi, dan peningkatan kinerja penjualan.

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 4. Model Interaksi Sentra UKM Kerajinan Bambu

ii. Endogenouse Focus

Model Boundary Curve (MBC) dari model dinamik untuk meningkatkan performansi UKM direncanakan sebagaimana Tabel 1 dimana semua variabel kunci yang nilainya (akan/dapat) berubah sesuai dengan dinamika yang terdapat di dalam model sistem akan dimasukkan ke dalam variabel endogen, sedangkan komponen/variabel yang nilainya (tidak/sangat jarang) dipengaruhi oleh dinamika dalam sistem akan dikategorikan sebagai variabel eksogen [4]. Masing-masing dari variabel endogen dan eksogen memiliki variabel yang dapat dikendalikan (*controlable*) dan ada juga variabel yang tidak bisa dikendalikan (*uncontrollable*) dari sisi internal UKM.

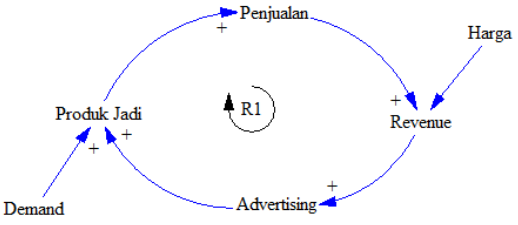
TABEL 1. PENGELOMPOKAN VARIABEL ENDOGEN DAN EKSOGEN

Endogen	Eksogen	Exclude
Bisinis *Marketing*: - Penjualan - Produk Jadi **Manajemen Produksi:** - Produk jadi - *Backlog* - Kapasitas produksi **Ketenagakerjaan :** - Tenaga kerja dibutuhkan - Upah rata-rata **Koordinasi produksi:** - *Outsource* produk - Proporsi outsorce	**Bisinis *Marketing*:** - Harga - Permintaan **Manajemen Produksi:** - Kapasitas produksi aktual **Ketenagakerjaan :** - Upah standar - Intensitas produksi personal **Koordinasi produksi:** - N/A	- *Inventories* - Efisiensi dan efektifitas *advertising*

Harga, permintaan, *backlog* dan kapasitas produksi aktual masuk kedalam faktor eksogen. Sterman mengelompokkan harga sebagai variabel endogen karena harga dipenggaruhi oleh berbagai variabel di dalamnya. Sedangkan dalam sentra UKM harga ditentukan kebijakannya oleh pemerintah dan bergantung pada trader eksportir [7]. Sehingga harga termasuk kedalam variabel eksogen. Begitu pula dengan variabel demand (permintaan) dan kapasitas produksi aktual masuk ke dalam kategori variabel eksogen karena variabel ini tidak dipengaruhi oleh variabel lain dalam lingkup internal UKM dan tidak bisa dikendalikan secara langsung oleh pemilik UKM [3].

d. Diagram Kausalitas

i. Reinforcing feedback loop R1 (Fungsi bisnis marketing): Peningkatan profit melalui advertising.

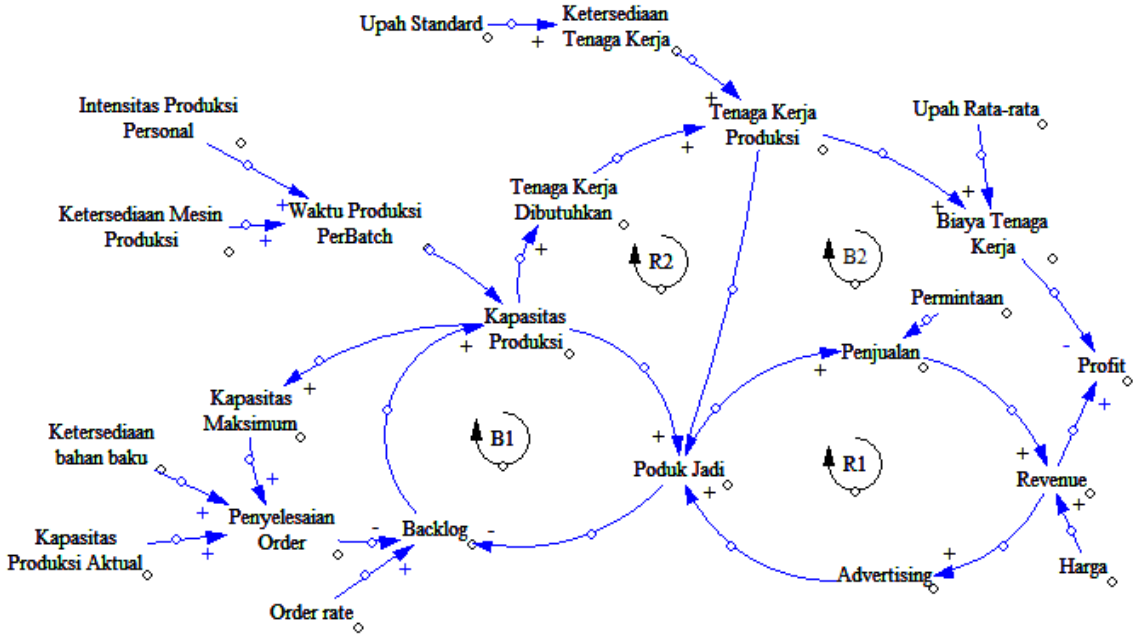


Gambar 5. Reinforcing Feedback Loop R1

Fungsi bisnis marketing yang bisa dilakukan oleh UKM untuk meningkatkan profit melalui penjualan adalah melalui *advertising*. Dimana fungsi ini terdiri dari variabel endogen *advertising*, produk dibuat, dan produk dikirim. Sedangkan variabel eksogennya adalah permintaan ekspor dan harga. Dari sisi mekanisme hubungan antara variabel endogen yang berlaku secara empiris pada sistem bisnin UKM, potensial customer (dalam hal ini adalah buyer) akan mengenal dan peduli dengan suatu produk melalui empat *channel* utama yaitu *advertising*, penjualan langsung, *word of mouth*, dan *media attention* [5]. Sehingga dalam hal ini *advertising* menjadi salah satu upaya yang dapat dilakukan oleh pemilik UKM maupun pemerintah untuk meningkatkan *revenue* dalam sentra UKM.

ISBN 978-623-92050-0-3

Secara teoritis, meningkatnya *revenue* cenderung akan meningkatkan anggaran *advertising* yang lebih besar dengan dampak yang saling berurutan yakni meningkatkan produk jadi (finish produk) dan meningkatkan penjualan [3]. Dengan meningkatnya *revenue* dengan sendirinya akan meningkatkan profit perusahaan [5]. Selain itu peningkatan *revenue* akan mendorong perusahaan untuk lebih menggencarkan pemasaran dan memperbaiki kualitas promosi.



Gambar 6. Reinforcing dan Balancing Feedback Loop R2, B1, dan B2

ii. *Balancing feedback loop B1 (Fungsi manajemen produksi): Kapasitas produksi perbulan membatasi penjualan.*

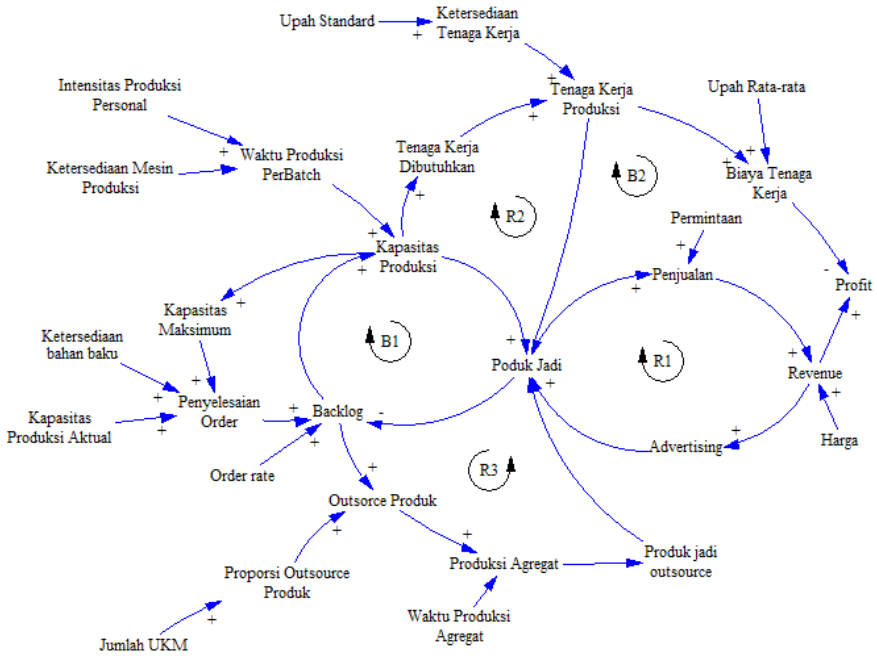
Secara teoritis peningkatan penjualan akan meningkatkan *revenue*, dan juga meningkatkan kebutuhan kapasitas produksi perbulan. Jika kapasitas produksi perbulan tidak bisa memenuhi order (permintaan) maka akan terjadi *backlog*. Terjadinya *backlog* akan menyeimbangkan loop peningkatan *revenue* melalui *advertising*.

Backlog sendiri merupakan kondisi dimana terjadi delay/gap antara penerimaan order dan pengiriman order [5]. Secara empiris *backlog* bisa terjadi karena permintaan sebagai variabel eksogen tidak bisa dikendalikan. Antisipasi yang dapat dilakukan untuk mengatasi *backlog* adalah dengan meningkatkan kapasitas produksi perbulan dan meningkatkan kapasitas maksimumnya. Peningkatan kapasitas produksi dapat dilakukan dengan meningkatkan ketersediaan tenaga kerja terampil sehingga intensitas produksi personalnya meningkat atau dengan melakukan *outsourcing* produk dengan UKM dalam satu sentra. Ketersediaan bahan baku dan ketersediaan mesin produksi juga mempengaruhi penyelesaian order dan semakin meningkatkan terjadinya *backlog*.

iii. *Reinforcing feedback loop R2 (Fungsi Ketenagakerjaan): Meningkatkan kapasitas produksi dengan meningkatkan jumlah tenaga kerja.*

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kapasitas produksi adalah dengan meningkatkan tenaga kerja produksi. Tenga kerja produksi dipengaruhi oleh ketersediaan tenaga kerja. Sentra UKM kerajinan bambu Kab. Sleman sendiri memiliki beberapa kendala terkait ketersediaan tenaga kerja, ketersediaan tenaga kerja dipengaruhi oleh beberapa hal seperti perbedaan pemberian upah standar dengan upah rata-rata yang diberikan kepada tenaga kerja [7].

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 7. Reinforcing Feedback Loop R3

Secara teoritis salah satu pilihan strategi untuk menghadapi demand yang tidak menentu atau tidak tetap adalah dengan memproduksi mengikuti demand, dengan menggunakan tenaga kerja berubah-ubah sesuai kapasitas yang akan diproduksi berdasarkan demand tersebut [3]. Alternatif lain yang dapat dilakukan adalah dengan menambah atau mengurangi tenaga kerja atau merubah jumlah shift sesuai dengan kebutuhan perencanaan agregatnya [7]. Di lain sisi, penambahan tenaga kerja atau peningkatan upah standar akan meningkatkan biaya tenaga kerja dan berakibat pada penurunan profit. Sehingga B2 menjadi penyeimbang sebagai bagian dari efek R2 yang diterapkan.

iv. Reinforcing feedback loop R3 (Fungsi koordinasi produksi): mengurangi backlog dengan melakukan outsource produk.

Pendekatan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kapasitas produksi adalah dengan melakukan koordinasi produksi. [6] menyatakan teori koordinasi produksi yang dipopulerkan oleh Mezgar & Kovacs tentang *holonic manufacturing system* sangat menjanjikan karena sistem holonik dapat diatur untuk mencapai tujuan produksi. Sistem ini mengintegrasikan seluruh jajaran kegiatan manufaktur mulai dari order desain, aktifitas produksi, hingga pemasaran untuk membentuk organisasi manufaktur yang otonom dan terdesentralisasi. Penerapan sistem ini sebagian besar sudah diterapkan pada sentra UKM kerajinan bambu brajan. [7] juga menggunakan metode *outsourcing* untuk meningkatkan kapasitas produksi.

Secara teori koordinasi produksi dilakukan dengan membagi proporsi *outsource* produk pada tiap-tiap UKM dalam satu sentra yang terlibat. Semakin banyak UKM yang terlibat maka semakin kecil proporsi tiap UKMnya. Untuk menerapkan koordinasi produksi pimpinan sentra harus terus mengontrol produksi agregat dari keseluruhan UKM, sehingga waktu produksi agregat dapat tercapai maksimum dan efisien. Produk jadi hasil *outsource* akan ditambahkan ke dalam produk jadi UKM internal sehingga akan menurunkan *backlog*.

V. KESIMPULAN

Penelitian mengenai model inetraksi kinerja sentra UKM kerajinan bambu memiliki peluang cukup besar untuk diteliti pada sistem interaksi level mikro maupun level makro. Level mikro pada sistem interaksi UKM terjadi pada sistem internal UKM itu sendiri. Terlebih untuk model sistem interaksi antar UKM dalam sentra yang saling berhubungan dan berkisanambungan. Sesuai dengan studi literatur dan observasi langsung, pada level mikro terbentuk empat fungsi utama yaitu fungsi manajemen produksi, fungsi bisnis marketing, fungsi ketenagakerjaan, dan fungsi koordinasi produksi. Fungsi-fungsi ini akan membentuk sistem interaksi yang menyokong kinerja dalam UKM sentra kerajinan bambu.

DAFTAR PUSTAKA

[1] I. Suhendra and C. J. Anwar, "Kajian Pembentukan Sentra Usaha Kecil Menengah," Bagian Pengembangan Usaha Daerah, Tangerang, 2013.

[2] M. Munizu, "Strategi Peningkatan Kinerja dan Peran UKM

ISBN 978-623-92050-0-3

Pengolah Produk Berbasis Pangan di Kota Makassar," *Jurnal Manajemen dan Kewirausahaan*, 2013.

[3] A. H. Nasution, "Pemetaan Model Analitis dan Simulasi pada penelitian Sistem Interakasi-Pertumbuhan Kinerja," *Semina Nasional IENACO*, 2015.

[4] E. Prahasta, System Thinking dan Pemodelan Sistem Dinamis, Bandung: Informatika, 2018.

[5] J. D. Sterman, Business Dynamics: Sytems Thinking and Modeling for a Complex World, New York: McGraw-Hill, 2008.

[6] V. Votjko, L. Rolinek and M. Plevny, "System dynamics model of crises in small and medium enterprise," *Economic Research*, 2019.

[7] S. B. Khakbaz and N. Hajiheydari, "Proposing a basic methodology for developing balanced scorecard by system dynamics approach," *Kybernetes*, p. Vol. 44, 2015.

ISBN 978-623-92050-0-3

TP – TEKNIK PRODUKSI

Departemen Teknik Mesin dan Industri FT UGM
ISBN 978-623-92050-0-3

Kajian Faktor Kesuksesan Implementasi *Total Quality Management* di Perguruan Tinggi

1st Afiqoh Akmalia Fahmi
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
afiqa.fahmi@gmail.com

2nd Subagyo
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
subagyo@ugm.ac.id

***Abstract*—Kesuksesan penerapan *total quality management* (TQM) dipengaruhi oleh berbagai faktor penentu keberhasilan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui faktor - faktor kritis kesuksesan yang mempengaruhi keberhasilan TQM di Institusi Pendidikan Tinggi. Berdasarkan *review* dari 19 penelitian dihasilkan bahwa ada 7 faktor yang menjadi penentu keberhasilan penerapan TQM di Institusi Pendidikan Tinggi. Namun, ada 2 faktor yang sebagian besar penelitian tidak dibahas menjadi faktor kritis penerapan TQM di Institusi Pendidikan Tinggi sehingga perlu adanya penelitian lebih lanjut.**

***Keywords—Critical Success Factor, Total Quality Management,* Institusi Pendidikan Tinggi**

I. PENDAHULUAN

Upaya peningkatan kualitas dapat dilakukan melalui perbaikan secara berkesinambungan. Salah satu konsep perbaikan kualitas adalah *total quality management. Total quality management* (TQM) merupakan integrasi seluruh fungsi dan proses pada suatu organisasi untuk mencapai perbaikan berkesinambungan (*continuous improvement*) dari kualitas produk dan jasa [1]. Adapun tujuan dari TQM yaitu mencapai kepuasan konsumen. Standar penerapan sistem manajemen mutu dijelaskan pada ISO 9000:2015, yaitu suatu keputusan strategis bagi suatu organisasi yang dapat membantu organisasi untuk meningkatkan kinerjanya secara keseluruhan dan menyediakan dasar yang kuat untuk inisiatif pembangunan berkelanjutan. Implementasi TQM mempengaruhi peningkatan produktivitas, kepuasan konsumen, reputasi perusahaan, dan profit.

Konsep TQM sebagai strategi bisnis telah diterapkan sejak akhir tahun 1980-an. Beberapa perusahaan besar menerapkan konsep TQM dalam menjalankan bisnisnya, seperti Xerox dan Motorola [1]. Perusahaan Xerox memperoleh pangsa pasar di seluruh dunia dan membangun lima dari enam mesin *fotocopy* berkualitas tinggi, hal ini dapat berhasil karena perusahaan menerapkan kualitas di luar batas-batas manufaktur, yakni di semua fungsi organisasi. Sedangkan Motorola menerapkan TQM untuk setiap operasi sehingga motorola memiliki keunggulan menjadi *supplier* perusahaan AS lainnya. Selain itu, konsep TQM juga diterapkan di industri tekstil di Pakistan [2] agar dapat bersaing dengan kompetitor dalam hal desain produk. TQM juga diterapkan di industri otomotif [3] dan industri farmasi [4].

Konsep TQM memberikan manfaat bagi perusahaan sehingga konsep tersebut telah diimplementasikan oleh berbagai perusahaan baik sektor manufaktur maupun jasa. Banyak industri manufaktur di Cina yang menerapkan TQM untuk melakukan perbaikan kualitas [5]. Industri kecil manufaktur di Birmingham, UK juga menerapkan TQM untuk meningkatkan kualitas produknya. Penerapan TQM memberikan *positive intangible outcome* dan *tangible outcome* [6]. *Positive intangible outcome* seperti kesadaran pegawai tentang pentingnya *improvement* kualitas sehingga dapat meningkatkan kerja tim, sedangkan *tangible outcome* seperti peningkatan kualitas produk dan layanan, peningkatan penjualan, dan kepuasan konsumen yang semakin meningkat. Selain sektor manufaktur, TQM juga diterapkan pada sektor jasa seperti Rumah Sakit dan berbagai organisasi kesehatan di Eropa dapat meningkatkan kinerja dan kualitas dari seluruh organisasi melalui TQM [7].

Untuk mencapai kesuksesan implementasi TQM tidak mudah. Ada perusahaan atau lembaga yang mencoba untuk mengimplementasikan TQM namun tidak berhasil. Hasil penelitian pada perusahaan manufaktur di Cina menjelaskan 63,6% responden (total 120 responden perusahaan di Cina) menyatakan bahwa perusahaan sukses mengimplementasikan TQM, artinya masih terdapat perusahaan atau organisasi yang belum berhasil atau gagal dalam mengimplementasikan TQM [8]. Penelitian di *Aerospace Maintenance Company* menerapkan konsep TQM dan menghasilkan manfaat bagi perusahaan [9]. Tetapi, dalam proses implementasinya terdapat beberapa penghambat yang dapat memicu kegagalan TQM. Meskipun dikatakan sukses dalam menerapkan TQM, pihak manajemen menyadari bahwa penerapan

ISBN 978-623-92050-0-3

TQM berlangsung secara terus-menerus dalam waktu jangka panjang sehingga penghambat dalam implementasi perlu diidentifikasi agar tidak terjadi kegagalan.

Penerapan konsep TQM pada praktiknya menemui banyak tantangan dan faktor penghambat yang menyebabkan kegagalan TQM. Survey Industri Manufaktur di Cina yang telah menerapkan TQM, ditemukan beberapa penyebab kegagalan dan hambatan, antara lain kurangnya kesadaran, kurangnya dukungan dari *Top Management*, kurangnya keahlian, dan kurangnya pengetahuan dan pelatihan [5]. Kegagalan TQM dibagi ke dalam tiga kategori, yaitu model TQM yang tidak efektif atau tidak tepat, metode yang tidak efektif atau tidak sesuai untuk implementasi TQM, dan lingkungan yang tidak tepat untuk implementasi TQM [10].

Beberapa penelitian di atas diketahui bahwa belum semua perusahaan atau organisasi manufaktur maupun jasa menerapkan TQM dengan sukses. Dalam penerapan TQM terdapat kendala dan masalah yang dapat menimbulkan kegagalan penerapan TQM. Kegagalan atau ketidakberhasilan penerapan TQM dapat terjadi jika ada satu faktor kritis kesuksesan TQM yang hilang [11].

Penelitian tentang TQM telah banyak dilakukan peneliti sebelumnya baik di industri manufaktur maupun jasa. Pada penelitian ini, kualitas pendidikan menjadi *concern* utama bagi peneliti karena memiliki fenomena yang kompleks dan tidak mudah diukur [12]. Sektor pendidikan khususnya perguruan tinggi dipilih karena Perguruan Tinggi mempunyai fungsi yang tidak sama dengan dunia bisnis dan memiliki *setting* yang unik untuk studi *service quality* dimana antar Perguruan Tinggi memiliki model dan misi organisasi yang unik [13]. Sebagai penyedia layanan pendidikan, Perguruan Tinggi berusaha untuk memberikan pelayanan yang baik dan memuaskan dengan melakukan berbagai strategi untuk dapat menerapkan proses dan sistem kerja yang efektif dan efisien sehingga implementasi TQM pada Perguruan Tinggi sangat penting untuk mendukung pencapaian tujuan tersebut. Implementasi TQM di Perguruan tinggi tidak bisa disamakan dengan TQM yang diimplementasikan pada industri manufaktur karena konsumen dari Perguruan Tinggi tersebut ikut berkontribusi dalam mutu Perguruan Tinggi. Identifikasi faktor keberhasilan TQM di Perguruan Tinggi perlu dilakukan karena adanya Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 44 tahun 2015 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi yang harus dicapai [14]. Selain itu, berdasarkan penelitian sebelumnya, impelementasi TQM di manufaktur tidak semua berhasil sehingga perlu diketahui faktor yang menyebabkan keberhasilan. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor kritis apa saja yang mempengaruhi kesuksesan implementasi TQM di Perguruan Tinggi.

II. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *traditional review*. *Review* dilakukan dengan memilih jurnal dan *proceeding* yang terkait dengan faktor penentu keberhasilan implementasi TQM di Institusi Pendidikan Tinggi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor kritis kesuksesan merupakan faktor penting dalam keberhasilan implementasi *Total Quality management* (TQM). Jika satu faktor tidak ada, maka akan terjadi kegagalan dalam implementasi TQM. Identifikasi faktor kesuksesan TQM dilakukan untuk memberikan pengetahuan kepada *decision maker* dan *manager* tentang faktor apa saja yang dapat mencapai kesuksesan implementasi TQM secara efektif. Selain itu, faktor penghambat juga perlu diketahui untuk pertimbangan dalam implementasi TQM.

Penelitian tentang faktor penghambat implementasi TQM telah banyak dilakukan oleh peneliti. Penelitian di perusahaan jasa meliputi layanan kesehatan, asuransi, perbankan dan keuangan terjadi kegagalan TQM yang disebabkan oleh terbatasnya pandangan tentang TQM dan memberikan penilaian terlalu tinggi akan pengalaman masa lalu, dan lemahnya *leadership* [15]. Kegagalan penerapan TQM juga terjadi di *healthcare* yang disebabkan antara lain karena kurangnya komitmen manajemen, perubahan *culture*, *tools* dan teknik kualitas tidak diaplikasikan secara benar, tidak cukup waktu untuk implementasi, kurangnya sumber daya dan informasi, validitas data, dan biaya investasi [16]. Identifikasi penghambat TQM pada sektor jasa terdiri dari tiga kategori persoalan, yaitu *people-oriented issues, managerial issue, organizational issues* [17]. Penelitian lain di industri otomotif di India ditemukan bahwa penghalang yang paling mempengaruhi implementasi TQM di industri otomotif India adalah kurangnya komitmen dari top management, perencanaan yang buruk, kurangnya pemberian edukasi dan training terhadap pegawai, sumber daya yang terbatas, biaya implementasi TQM lebih tinggi daripada keuntungannya, kurangnya insentif dan sumber daya manusia, serta kurangnya partisipasi pegawai dalam membuat keputusan [3].

Selain faktor penghambat, *research* mengenai faktor keberhasilan TQM dilakukan oleh Peneliti sebelumnya. Pendekatan fuzzy-AHP digunakan untuk mengetahui faktor-faktor kesuksesan implementasi TQM [18]. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa ada 10 faktor sukses untuk implementasi TQM yaitu struktur tim kerja, kepuasan konsumen, manajemen kualitas, top manajemen, keterlibatan pegawai, fokus pada konsumen, komitmen pekerja, pendidikan dan pelatihan, kualitas perencanaan, dan kualitas data. Selain itu, penelitian di industri farmasi untuk mengetahui *critical success factor* (CSF) dari implementasi TQM menggunakan pendekatan fuzzy-

ISBN 978-623-92050-0-3

TOPSIS [4]. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa faktor kesusksesan TQM dipengaruhi oleh informasi dan analisis, komitmen manajemen, hubungan dengan *supplier*, fokus pada konsumen, manajemen sumber daya manusia, *benchmarking, quality assurance*, manajemen proses, dan *quality system.* Penelitian lain di industri manufaktur di Hong Kong ditemukan bahwa faktor kesuksesan implementasi TQM yang paling utama disebabkan oleh pendidikan dan pelatihan, kualitas data, komitmen manajemen, kepuasan konsumen, peran departemen kualitas, komunikasi, dan *continuous improvement* [19]. Sedangkan penelitian lain di sektor jasa mengidentifikasi faktor kritis TQM dan pengaruhnya terhadap kinerja internal dan eksternal *customer* [20]. Penelitian ini terdiri dari lima faktor kunci kesuksesan implementasi TQM, yaitu *employee quality management, quality practices of top management, process management*, *employee knowledge and education,* serta *customer focus*. Empat dari lima faktor TQM berkaitan dengan aspek manusia, dimana tiga pemain utama dalam TQM yaitu tim manajemen puncak (*top management*), pegawai/karyawan, dan *customer*. Penelitian ini dilakukan di 3 negara yaitu Yunani, Meksiko, dan Spanyol. Hasil penelitian yaitu dari ketiga negara tersebut manajemen kualitas pegawai/karyawan kurang diperhatikan sehingga berdampak negatif pada kinerja karyawan.

Penelitian tentang faktor TQM di Institusi Pendidikan Tinggi juga telah banyak dilakukan. Penelitian TQM dilakukuan di Pendidikan Tinggi Turki untuk mengukur faktor kritis [21]. Adapun faktor kritis yang diukur terdiri dari sebelas faktor kritis, yaitu *leadership, vision, measurement and evaluation, process control and improvement, program design, quality system improvement, employee involvement, recognition and reward, education and training, student focus,* dan *other stakeholders' focus*. Penelitian tersebut menggunakan *Confirmatory Factor Analysis* (CFA) dan *Exploratory Factor Analysis* (EFA) untuk melakukan uji validasi instrumen. Hasil menunjukkan sebelas faktor tersebut valid. Tetapi, penelitian ini terbatas pada Institusi Pendidikan Tinggi di Turki yang tidak dapat digeneralisasi untuk seluruh perguruan tinggi. Faktor kritis tersebut digunakan untuk melakukan penelitian di Pendidikan Tinggi Pakistan [11]. Penelitian ini menggunakan metode *Structural Equation Modeling* (SEM) untuk mengetahui faktor kritis yang berpengaruh di Pendidikan Tinggi Pakistan. Hasil penelitian tersebut yaitu ada enam faktor kritis yang mempengaruhi Pendidikan Tinggi Pakistan, diantaranya *leadership, vision, program design, process control and improvement, measurement and evaluation,* dan *other stakeholder's focus*. Penelitian ini hanya sebatas mengetahui hubungan antar faktor tanpa mengetahui dampak dari faktor tersebut terhadap institusi baik kinerja ataupun kepuasan *customer*. Sedangkan untuk di Pendidikan Tinggi Malaysia, peneliti berfokus pada faktor penentu keberhasilan TQM pada sumber daya manusia [22]. Hasil membuktikan hal yang paling penting dari sumber daya manusia adalah kualitas *teamwork, customer focus orientation, visionary leadership, staff selection and competency, education and training, innovation and creativity,, recognition and motivation,* dan *effective communication.* Penelitian lain di Oman, faktor penentu keberhasilan penerapan TQM meliputi *employees involvement, stakeholder focus, other stakeholder focus* [23].

Praktik TQM di Institusi Pendidikan Tinggi telah diterapkan di Inggris. Penelitian di Perguruan Tinggi di Inggris menghasilkan faktor yang paling berpengaruh terhadap penerapan TQM yaitu *employee involvement, process management,* dan *training for quality* [24]. Penelitian mulai dikembangkan oleh beberapa peneliti. Temuan berikutnya di Inggris, faktor yang menjadi kunci keberhasilan TQM yaitu *continuous improvement, leadership, external customer satisfaction* [25]. Seiring perkembangan ilmu dan waktu, terjadi perbedaan faktor kunci penerapan TQM.

Penelitian TQM di Intitusi Pendidikan Tinggi juga dilakukan beberapa peneliti di India. Penelitian tentang TQM di Institusi Pendidikan Teknik India menggunakan dimensi TQM yang terbagi menjadi empat dimensi, yaitu faktor yang berhubungan dengan *top management*, infrastuktur, *stakeholder*, dan proses [26]. Dimensi ini akan digunakan untuk mengukur kinerja institusi. Pengolahan menggunakan CFA, dengan hasil bahwa semua dimensi mempengaruhi signifikan kinerja Institusi. Beberapa pengamatan yang penting dari perspektif manajemen berkaitan dengan pengembangan visi, komitmen sumber daya untuk melakukan inisiatif manajemen kualitas dan proses. Penelitian lain dengan Intitusi yang sama mengimplementasikan konsep *Integrated Educational Quality Management System* (IEQMS) [27]. Adapun faktor sukses kritis dalam penelitian ini ada sepuluh faktor, yaitu *Top Management Commitment, Systematic Approach to Management, Customer Satisfaction, Employee Involvement, Training, Teamwork, Continuous Improvement, Corporate Social Responsibility, Academic Culture, dan Knowledge Audit.* Pengolahan data menggunakan metode SEM. Hasil menunjukkan bahwa 10 kriteria faktor kritis kesuksesan TQM memiliki pengaruh positif terhadap kinerja Institusi. Penelitian praktik TQM lain mencari pengaruh dimensi TQM terhadap kepuasan dan kinerja pegawai di Selatan India [28]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dukungan dari *top management, employee training, employee participation, employee rewards,* dan *team work* dapat meningkatkan kepuasan dan kinerja pegawai.

Banyak penelitian faktor penentu TQM menggunakan metode Structural Equation Modeling (SEM). Metode SEM digunakan untuk mengetahui pengaruh faktor terhadap institusi dan korelasi antar faktor serta dengan SEM dapat dilakukan pengukuran dari variabel yang tidak dapat diukur secara langsung.

ISBN 978-623-92050-0-3

Beberapa penelitian dilakukan menggunakan metode SEM [11] [26]. Penelitian tentang hubungan dimensi kualitas di Pendidikan Tinggi terhadap kepuasan mahasiswa [29]. Ada lima dimensi kualitas yang mempengaruhi kepuasan mahasiswa yaitu komitmen *top management* (*faculty management* dan *department management*), *course delivery, campus facilities, coutesy,* dan *customer feedback and improvement*. Penelitian ini dilakukan terbatas pada satu fakultas dalam satu universitas. Penelitian dilakukan dengan metode SEM, dari pengolahan tersebut dihasilkan bahwa komitmen dari manajemen fakultas mempengaruhi *department management*. *Course activities* dipengaruhi oleh komitmen kualitas oleh manajemen departemen dan fasilitas. Pengembangan fasilitas kampus terkait dengan bagaimana para pemimpin fakultas berkomitmen terhadap kualitas. Komitmen departemen terhadap kualitas dan kondisi fasilitas memiliki pengaruh positifcpada kesopanan yang dirasakan oleh siswa. Komitmen departemen manajemen dan kondisi fasilitas telah mendorong pemberian umpan balik. Terakhir, kepuasan siswa hanya dapat diprediksi oleh kualitas manajemen puncak komitmen, kualitas cara kursus dikelola, dan kemudahannya umpan balik dapat diberikan tentang bagaimana kelas berjalan. Sedangkan penelitian lain di Pendidikan Tinggi Nigeria menggunakan SEM dalam menentukan pengaruh dimensi kualitas manajemen proses [30]. Adapun dimensi kualitas manajemen proses dibagi menjadi dua, yaitu manajemen proses administrasi dan proses akademik. Kualitas proses administratif diukur melalui 4 dimensi yaitu *student admission process, staff recruitment process, supportive environtment/facilities, dan policy and strategy*. Sedangkan kualitas proses akademik diukur melalui dimensi kurikulum, *instruction, assessment, service learning, dan research.* Hasil penelitian tersebut bahwa semua dimensi berpengaruh signifikan terhadap kualitas manajemen proses.

Penelitian faktor kritis kesuksesan penerapan TQM di Intitusi Pendidikan Tinggi diteliti oleh beberapa peneliti lainnya dari berbagai daerah. Di Amerika, faktor penting TQM meliputi *training for quality, employee involvement and team working, customer focus and satisfaction* [24]. Lain halnya di Filipina, faktor penting TQM meliputi *people empowerment, continuous quality improvement, leadership commitment, stakeholder satisfaction* [31]. Sedangkan di Taiwan, faktor yang menjadi penentu keberhasilan TQM *leadership, process management, quality information* [32]. Di Yunani, *student focus, leadership and top management commitment*, dan *teaching staff and employee management and involvement* menjadi fokus faktor dalam implementasi TQM [33]. Penelitian lain menyebutkan bahwa *leadership, policy and strategy, people management, partnership and resources*, serta proses [34]. Dimensi terpenting yang mempengaruhi penerapan TQM di perguruan tinggi yaitu *people management, information and analysis, process management* [35]. Hasil penelitian lain, ada 6 elemen inti dari TQM yaitu *leadership, educational management, human resource management, information management, customer focus and satisfaction, partnership development and management* [36]. *Review* tentang TQM di Pendidikan Tinggi menghasilkan bahwa prinsip yang paling diperhatikan adalah *customer focus, leadership, involvement of people, process, continuous improvement, factual approach,* dan *supplier relationships* [37]. Penelitian di Portugal menyebutkan bahwa faktor TQM yang penting dalam penerapannya di Institusi Pendidikan Tinggi yaitu *external regulation, leadership, policy, strategy and culture, resources* [38].

Berdasarkan hasil *review* terkait faktor penentu keberhasilan penerapan TQM di Institusi Pendidikan Tinggi dapat dikerucutkan menjadi 7 faktor kritis, yaitu *leadership/top management commitment, human resource focus, customer focus, proces management, measurument and analysis, strategic planning and policy,* dan infrastruktur/fasilitas. Tabel 1 menggambarkan kesimpulan hasil *review* faktor kritis kesuksesan implementasi TQM di Institusi Pendidikan Tinggi. Faktor kritis yang paling banyak dibahas adalah *leadership*. Beberapa penelitian peneliti menyebutkan faktor *top management commitment* dimana faktor ini memeriksa tentang kepemimpinan manajemen atas dan kontribusi pimpinan dalam hal tata kelola dan sosial [39]. Faktor kritis yang paling banyak dibahas selanjutnya adalah *customer focus* dan *human resources. Customer* di Pendidikan Tinggi sangat kompleks yang terdiri dari *customer* internal (staff akademik dan administrasi) dan *customer* eksternal (mahasiswa, orang tua, alumni, industri, dan masyarakat) [40]. Sedangkan *human resources* meliputi manajemen sumber daya manusia yang ada di Institusi Pendidikan Tinggi. Beberapa penelitian menyebutkan faktor ini dengan istilah *employee involvement, employee focus, education and training, teamwork*. Faktor berikutnya yaitu *process management.* Faktor ini meliputi desain kurikulum dan program pendidikan, desain dan penyampaian layanan, inovasi, dan efektivitas organisasi [39]. *Process management* biasa disebut dengan *operation*. Faktor selanjutnya adalah *measurement and analysis.* Faktor ini menjadi poin utama dalam kriteria pendidikan untuk semua informasi [39]. Pengukuran, analisis, dan peningkatan kinerja organisasi dilakukan berdasarkan data dan informasi yang tersedia. Sedangkan dua faktor yang tidak banyak dibahas yaitu *strategic planning and policy* dan *facilities.*

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL I. Faktor Kritis Kesuksesan Implementasi TQM di Institusi Pendidikan Tinggi

Faktor	**Jurnal/*Proceeding***	**Jumlah**
Leadership/Top Management Commitment	[11] [21] [22] [24] [25] [26] [27] [28] [29] [31] [32] [33] [34] [35] [36] [37] [38]	17
Strategic Planning and Policy	[24] [29] [30] [37] [38]	5
Human Resource	[21] [22] [23] [24] [27] [28] [30] [31] [33] [34] [35] [36]	12
Customer Focus	[11] [21] [23] [25] [26] [27] [29] [30] [31] [33] [34] [35] [36]	13
Process Management	[11] [21] [24] [26] [32] [34] [35] [36] [37]	9
Measurement and Analysis	[11] [21] [22] [25] [27] [31] [32] [36] [37]	9
Facilities	[26] [29] [30] [34]	4

Dua faktor kritis yang sebagian besar tidak banyak dibahas dalam penelitian faktor penentu keberhasilan penerapan TQM di Institusi Pendidikan Tinggi, yaitu *strategic planning and policy* dan infrastruktur/fasilitas. Faktor *strategic planning and policy* sebagian peneliti ada yang menganggap bahwa faktor tersebut berdiri sendiri, sedangkan ada peneliti yang memasukkan faktor tersebut sebagai dimensi dari *top management support.* Sedangkan faktor *facilities*/infrastruktur tidak banyak dibahas karena sebagian besar peneliti banyak yang berfokus pada faktor penentu keberhasilan tanpa mempertimbangkan fasilitas. Selain itu, *scope* penelitian peneliti hanya terbatas pada faktor tertentu seperti *leadership, human resource, customer focus,* dan *process management.*

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil *review* terkait dengan faktor penentu keberhasilan penerapan TQM di Perguruan Tinggi, disimpulkan ada 7 faktor yang menjadi faktor kritis, yaitu *leadership/top management commitment, human resource focus, customer focus, proces management, measurument and analysis, strategic planning and policy*, dan infrastruktur/fasilitas. Namun, ada 2 faktor yang sebagian besar penelitian tidak membahas sebagai faktor kritis yaitu *strategic planning and policy* dan infrastruktur/fasilitas. Hal tersebut dapat disebabkan karena beberapa hal, yaitu adanya perbedaan persepsi, *scope* faktor penelitian terbatas pada beberapa faktor, dan kurang dipertimbangkannya faktor fasilitas secara khusus oleh peneliti. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui faktor -faktor kritis yang berpengaruh terhadap keberhasilan implementasi TQM di Institusi Pendidikan Tinggi.

REFERENCES

[1] Omachonu, V.K., dan Ross, J.E., 2005, Principles of Total Quality Third Edition, *Taylor & Francis e-Library*.

[2] Shafiq, M., Lasrado, F., dan Hafeez, K., 2017, The Effect of TQM on Organisational Performance: Empirical Evidence from The Textile Sector of A Developing Country Using SEM, *Total Quality Management & Business Excellence*, pp. 1 –22.

[3] Maruganantham, G., et al., 2016, Application of interpretive structural modelling for analysing barriers to total quality management practices implementation in the automotive sector, *Total Quality Management & Business Excellence*, pp. 1 – 22.

[4] Mehralian, G., et al., 2016, TOPSIS Approach to Prioritize Critical Success Factors of TQM: Evidence from The Pharmaceutical Industry, *The TQM Journal*, pp. 1 – 22.

[5] Garza-Reyes, J.A., et al., 2017, Total Quality Environmental Management: Adoption Status in the Chinese Manufacturing Sector, *The TQM Journal*, pp. 1 – 21.

[6] Yusof, S.M. dan Aspinwall, E., 2000, TQM Implementation Issues: Review and Case Study, *International Journal of Operations & Production Management*, pp. 634 – 655

[7] Nicolaou, N. dan Kentas, G., 2017, Total Quality Management Implementation Failure Reasons in Healthcare Sector, *Journal of Health Science 5*, pp. 110 – 113.

[8] Yusuf, Y., Gunasekaran, A., dan Dan, G., 2007, Implementation of TQM in China and Organisation Performance: An Empirical Investigation, *Total Quality Management & Business Excellent*, pp.509 – 530.

[9] Goh, M. dan Lim, Fah-Seng, 1996, Implementing TQM in An Aerospace Maintenance Company, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, pp. 3 – 20.

[10] Mosadeghard, A.M, 2014, Why TQM programmes fail? A pathology approach, *The TQM Journal* Vol. 26 No. 2, pp. 160 – 187.

[11] Asif, M., et al., 2013, A Model for Total Quality Management in Higher Education, *Qual Quant*, 47, pp. 1183 – 1904.

[12] Mishra, P. dan Pandey, A., 2013, Barriers in implementing total quality management in Higher Education, *Journal of Education & Research for Sustainable Development, Online*, Volume-1 (1), pp. 1 – 11.

[13] Quinn, A., et al., 2009, Service Quality in Higher Education, *Total Quality Management* Vol.20 No.2, pp. 139 – 152.

[14] Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 2015.

[15] Huq, Z., 2005, Managing Change: A Barrier to TQM Implementation in Service Industries, *Managing Service Quality: An International Journal*, Vol. 15 Iss 5 pp. 452 – 469.

ISBN 978-623-92050-0-3

[16] Nicolaou, N. dan Kentas, G., 2017, Total Quality Management Implementation Failure Reasons in Healthcare Sector, *Journal of Health Science 5*, pp. 110 – 113.

[17] Talib, F. dan Rahman, Z., 2015, Identification and Prioritization of Barriers to Total Quality Management Implementation in Service Industry: An Analytic Hierarchy Process Approach, *The TQM Journal*, Vol. 27 Iss 5, pp. 1 – 37.

[18] Rezazadeh, Aliasghar, et al., 2012, Evaluating and Prioritising Critical Success Factors of TQM Implementation Based on Fuzzy AHP, *Int. J. Productivity and Quality Management*, Vol. 9, No. 1, pp. 1 – 24.

[19] Antony, J., Leung, K., dan Knowles, G., 2002, Critical Success Factors of TQM Implementation in Hong Kong Industries, *International Journal of Quality &Realibility Management* Vol. 19, No.5, pp.551 – 566.

[20] Bouranta, N., et al., 2018, The key factors of total quality management in the service sector: a cross-cultural study, *Benchmarking: An International Journal*.

[21] Bayraktar, E., Tatoglu, E., Zaim, S., 2008, An Instrument for Measuring The Critical Factors of TQM in Turkish Higher Education, *Total Management Quality*, pp. 551 – 574.

[22] Ali, N.A., Mahat, F., dan Zairi, M., 2010, Testing The Criticality of HR-TQM Factors in the Malaysian Higher Education Context, *Total Quality Management*, Vol. 21, No. 11, pp. 1177 – 1188.

[23] Nadim, Z.S. dan Al-Hinai, A.H., 2016, Critical Success Factors of TQM in Higher Education Instituions Context, *International Journal of Applied Sciences and Management*, Vol.1, No.2, pp. 147 – 156.

[24] Owlia, M.S. dan Aspinwall, E.M., 1997, TQM in Higher Education – A Review, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol.14, No.5, pp. 527 – 543.

[25] Kanji, G.K., Malek, A., dan Tambi, B.A., 1999, Total Quality Management in UK Higher Education Institutions, *Total Quality Management*, Vo.10, No.1, pp.129 – 153.Sayeda, B., Rajendran, C., dan Lokachari, P.S., 2010, An Empirical Study of Total Quality Management in Engineering Educational Institutions of India Perspective of Management, *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 17, Iss 5, pp. 728 – 767.

[26] Sayeda, B., Rajendran, C., dan Lokachari, P.S., 2010, An Empirical Study of Total Quality Management in Engineering Educational Institutions of India Perspective of Management, *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 17, Iss 5, pp. 728 – 767.

[27] Pandi, A.P., Paranitharan, K.P., dan Jeyathilagar, D., 2016, Implementation of IEQMS Model in Engineering Educational Institutions – A Structural Equation Modelling Approach, *Total Quality Management & Business Excellence*, pp. 1 – 29.

[28] Prasad, Ch.V.V.S.N.V. dan Prabhudesai, R., 2018, An Empirical Study on TQM Practices and its Influence on Employee Satisfaction and Performance in Technical Institutions: Teachers' Perspective, *Journal of Management and Marketing Review*, pp. 169 – 178.

[29] Ardi, R., Hidayatno, A., dan Zagloel, T.Y.M., 2012, Investigating Relationships Among Quality Dimensions in Higher Education, *Quality Assurance in Education*, Vol. 20, No. 4, pp. 408 – 428.

[30] Kayode, D.J., Yusoff, N.M., dan Veloo, A., 2016, Validating Quality Process Management Instrument for Higher Education Using Structur Equation Modelling, *International Juornal for Quality Research* 10 (2), pp. 341 – 354.

[31] Rodriguez, J.R., Valenzuela, M., dan Ayuyao, N., 2018, TQM Paradigm for Higher Education in The Philippines, *Quality Assurance in Education*, pp. 1 – 9.

[32] Chen, I-S., Chen, J-K., dan Padro, F.F., 2015, Critical Quality Indicators of Higher Education, *Total Quality Management & Business Excellent*, pp. 1 – 17.

[33] Psomas, E., dan Antony, J., 2017, Total Quality Management, Element and Results in Higher Education Institutions: The Greek Case, *Quality Assurance in Education*, Vol.25, Issue: 2, pp. 206 – 223.

[34] Sadeh, E., dan Garkaz, M., 2014, Explaining The Mediating Role of Service Quality Between Quality Management Enablers and Students' Satisfaction in Higher Education Institutes, *Total Quality Management & Business Excellent*, pp.1 – 22.

[35] Tari, J.J. dan Dick, G., 2016, Trend in Quality Management Research in Higher Education Institutions, *Journal of Service Theory and Practice*, Vol.26, Iss.3, pp. 1 – 7.

[36] Venkatraman, S., 2007, A Framework for Implementing TQM in Higher Education Programs, *Quality Assurance in Education*, Vol.15, No.1, pp. 92 – 112.

[37] Manatos, M.J., Sarrico, C.S., dan Rosa, M.J., 2015, The Integration of Quality Management in Higher Education Institutions: A systematic Literature Review, *Total Quality Management & Business Excellent*, pp. 1 – 17.

[38] Da Rosa, M.J., Saraiva, P.M., dan Diz, H., 2003, Excellence in Portuguese Higher Education Institutions, *Total Quality Management & Business Excellent*, Vol. 14, No.2, pp. 189 – 197.

[39] Baldrige Performance Excellence Program, 2017, Baldrige Excellence Framework A system Approach to Improving Your Organization's Performance, *Gaithersburg*, MD: U.S. Departement of Commerce, National Institute of Standards and Technology.

[40] Sallis, E., 2002, Total Quality Management in Education, Falmer, *Routledge*.

ISBN 978-623-92050-0-3

PERANCANGAN KOMPARTEMEN MUATAN ROKET RPX 100

1st Agus Budi Djatmiko
Peneliti Bidang Struktur
Pusat Teknologi Roket
LAPAN
Bogor, Indonesia
agusbudi60@gmail.com

2nd Mahfud Ibadi
Perekayasa Bidang Struktur
Pusat Teknologi Roket
LAPAN
Bogor, Indonesia
mahfud.ibadi@lapan.go.id

3rd Ronald Gunawan Putra
Perekayasa Bidang Struktur
Pusat Teknologi Roket
LAPAN
Bogor, Indonesia
ronald.gunawan@lapan.go.id

4th Haryadi Abrizal
Peneliti Bidang Struktur
Pusat Teknologi Roket
LAPAN
Bogor, Indonesia
haryadi.abrizal@lapan.go.id

Abstrak-Struktur muatan pada roket adalah salah satu komponen roket yang sangat penting, karena harus mampu menahan massa-massa elektronik dan getaran akibat proses pembakaran pada roket. Oleh karena fungsinya, kolom muatan pada roket harus benar-benar mampu menerima beban yang dibawa dan getaran yang terjadi. Muatan roket terdiri dari kolom-kolom yang menyangga beberapa baki yang terbuat dari bahan allumunium atau makrolon, baki adalah tempat kedudukan alat-alat elektronik untuk memandu roket. Aluminium dipilih untuk kolom dukungan karena kekuatan yang tinggi dalam perbandingan berat dan biaya yang rendah. Akibat gaya dorong yang diberikan pada roket selama penerbangan, muatan akan mengalami getaran gaya paksa. Untuk masalah getaran, salah satu perhatian utama adalah objek yang akan dipaksa bergetar pada frekuensi yang sama pada obyek frekuensi natural. Dalam situasi ini, respon obyek bisa menjadi ekstrim (biasanya melalui perpindahan fisik), dan kerusakan dapat terjadi ke struktur muatan roket. Penelitian ini adalah untuk menentukan frekuensi natural dari struktur muatan roket untuk dibandingkan dengan besarnya frekuensi getaran paksa yang dialami selama proses peluncuran roket. Dalam penelitian ini digunakan bahan struktur kolom kompartemen muatan adalah aluminium dengan kerapatan 2770 kg / m^3 dan modulus elastisitas E = 70e9 N / m^2. Hasil perancangan terhadap frekuensi struktur muatan roket RPX 100 LAPAN dengan frekuensi yang bekerja pada roket karena gaya dorong menurut AKPV Engineering University of Wyoming pada f = 5 hingga 2000 Hz, besarnya frekuensi natural aarah transversal adalah $f_{n,trans}$ = 15800 Hz atau $\omega/\omega n$, $\omega/\omega_{n,trans} = 0,126$ dan frekuensi natural arah aksial adalah $f_{n,axial}$ = 8378,34 Hz atau $\omega/\omega_{n,axial} = 0,238$ sehingga struktur kompartemen muatan roket sangat aman terhadap gangguan gaya paksa karena frekuensi natural dari struktur kompartemen lebih besar dari frekuensi kerja roket dan bekerja di daerah rasio frekuensi $\omega/\omega n$ <0,3

Kata Kunci: Struktur muatan roket, Frekuensi kerja, Frekuensi natural

Abstract-The payload structure of the rocket is one of the most important components of the rocket, because it must be able to withstand electronic masses and vibrations due to the combustion process on the rocket. Because of its function, the payload column of the rocket must be able to accept the loads carried and vibrations that occur. The rocket load consists of columns which support several trays made of aluminum or makrolon, the tray is the place for electronic devices to guide the rocket. Aluminum is chosen for the support column because of its high strength in the ratio of weight and low cost. As a result of the thrust applied to the rocket during flight, the load will experience forced force vibrations. For vibration problems, one of the main concerns is that objects will be forced to vibrate at the same frequency on natural frequency objects. In this situation, the response of an object can be extreme (usually through physical displacement), and damage can occur to the structure of the rocket payload. This research is to determine the natural frequency of the rocket payload structure to be compared to the magnitude of the frequency of forced vibrations experienced during the rocket launch process. In this study aluminum load structure material with a density of 2770 kg/m^3 was used and the modulus of elasticity E = 70e9 N/m^2. The results of the frequencies structure of the RPX 100 LAPAN rocket payload frequency with frequencies acting on the rocket due to the thrust force according to the AKPV Engineering University of Wyoming at f = 5 to 2000 Hz, the magnitude of the transverse natural frequency is fn, transv = 15800 Hz or $\omega/\omega_{n,tranv}$ =0,126 and the axial direction natural frequency is fn, axial = 8378.34 Hz or $\omega/\omega_{n,axial}$ =0,238 so the rocket payload structure is very safe against forced force interference due to the natural frequency of the charge structure greater than the frequency of rocket work and working in the frequency ratio area ω/ω_n <0,3.

Keywords: rocket load structure, working frequency, natural frequency

ISBN 978-623-92050-0-3

I. PENDAHULUAN

Struktur muatan pada roket adalah salah satu komponen roket yang sangat penting, karena harus mampu menahan massa-massa elektronik dan getaran akibat proses pembakaran pada roket. Oleh karena fungsinya, kolom muatan pada roket harus benar-benar mampu menerima beban yang dibawa dan getaran yang terjadi. Muatan roket terdiri dari kolom-kolom yang menyangga beberapa baki yang terbuat dari bahan allumunium atau makrolon, baki adalah tempat kedudukan alat-alat elektronik untuk memandu roket. Aluminium dipilih untuk kolom dukungan karena kekuatan yang tinggi dalam perbandingan berat dan biaya yang rendah.

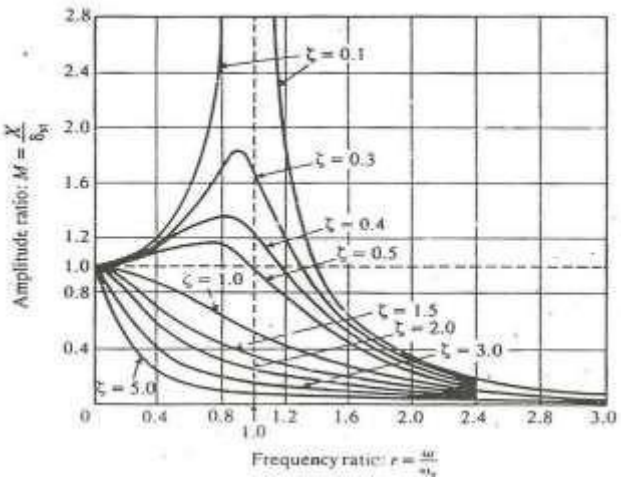
Akibat gaya dorong yang diberikan pada roket selama penerbangan, muatan akan mengalami getaran gaya paksa. Untuk masalah getaran, salah satu perhatian utama adalah objek yang akan dipaksa bergetar pada frekuensi yang sama pada obyek frekuensi natural. Dalam situasi ini, respon obyek bisa menjadi ekstrim (biasanya melalui perpindahan fisik), dan kerusakan dapat terjadi ke struktur muatan roket. Proses timbulnya gaya paksa pada roket dapat dijelaskan sebagai berikut : propelan yang ada pada tabung roket yang berfungsi sebagai bahan bakar dinyalakan sehingga terjadi pembakaran dalam tabung motor yang dapat menimbulkan temperatur dan tekanan dalam tabung motor naik. Kenaikan temperatur dan tekanan dalam tabung dapat menimbulkan pembebanan atau gaya pada tabung motor roket ke arah radial dan aksial dan juga menimbulkan gaya akibat tegangan panas.Tekanan yang terjadi dalam motor disalurkan melalui nosel yang fungsinya mengubah energi tekan menjadi energi kinetis, sehingga menimbulkan gaya dorong yang keluar dari nozel roket. Karena adanya gaya-gaya aksial dan radial, maka akan meyebabkan timbulnya getaran, sehingga dalam penelitiannya dicari berapa besar frekuensi natural dari struktur muatan roket dalam dua arah tersebut.

Dalam perancangannya struktur muatan roket tidak boleh bekerja pada frequensi natural-nya karena dapat menyebabkan struktur muatan bergetar dan dapat menyebabkan kerusakan pada struktur muatan roket[9,11]. Salah satu pendekatannya yaitu melakukan studi lengkap terhadap persamaan gerakan sistim yang ditinjau. mula-mula sistim diidealisasi dan disederhanakan dengan terminologi massa dan pegas yang berturut turut menyatakan benda dan elastisitas. Kemudian persamaan gerakan menyatakan sebagai fungsi waktu atau akan memberikan jarak kedudukan massa sesaat selama gerakannya dan kedudukan keseimbangannya. Selama penerbangan, roket akan mengalami berbagai getaran paksa antara (5-2000) Hz, sehingga frekuensi natural harus lebih tinggi dari itu dalam rangka menjaga rasio frekuensi rendah. Dalam tulisan ini merancang struktu kompartemen muatan roket roket RPX 100 mampu menerima getaran dari gaya paksa dalam arah axial dan transversal.

II. PERUMUSAN MASALAH

Gambar 1 di bawah ini menampilkan plot rasio amplitudo. Di dalam plot, $H(\omega/\omega_n)$ merupakan respon frekuensi kompleks, ω merupakan frekuensi memaksa, dan ω_n merupakan frekuensi alami. Rasio ω/ω_n disebut rasio frekuensi. Respon frekuensi kompleks adalah respon fisik dari objek yang bersangkutan. Seperti dapat dilihat pada gambar, pada saat frekuensi memaksa mendekati nilai yang sama dengan frekuensi alami (rasio frekuensi sama yaitu 1), respon frekuensi meningkat secara eksponensial. Lokasi yang ideal pada grafik terdapat di kedua titik ekstrim. Jika rasio frekuensi sangat kecil atau lebih besar dari tiga, maka respon terminimalkan.

Fakta ini dapat diambil dalam pertimbangan selama proses desain. Untuk proyek roket, respon akan ideal jika rasio frekuensi bisa diusir dengan nilai lebih dari tiga, yaitu memiliki frekuensi alami yang sangat rendah. Akan tetapi, karena roket akan mengalami berbagai macam getaran, rasio frekuensi harus dimulai dari nilai yang rendah, kemudian melewati rentang respon yang tinggi untuk dapat didorong keluar dengan nilai lebih dari tiga. Dalam kasus ini, muatan masih akan mengalami respon dan tegangan yang besar. Lebih dari itu, karena payload berbobot ringan, frekuensi alami kecil akan sangat sulit dicapai. Pilihan gabungan akan merancang untuk frekuensi alami besar, yang akan menjaga rasio frekuensi minimal, menghilangkan perubahan respon frekuensi besar. Selama penerbangan roket, roket akan mengalami berbagai getaran paksa (5-2000 Hz), sehingga frekuensi natural harus lebih tinggi dari itu dalam rangka menjaga rasio frekuensi rendah, atau $\omega/\omega_n<0,3$. Hal ini dilakukan guna menghindari adanya resonansi (lihat gambar 1).



Gambar 1. : Ratio Amplitudo vs Ratio Frequensi

Maksud dan tujuan dilakukan pengadaan kompartemen muatan ini adalah Merancang struktu kompartemen muatan roket roket RPX 100 mampu menerima getaran dari gaya paksa roket dalam arah axial dan transversal

ISBN 978-623-92050-0-3

III. LANDASAN TEORI

Untuk merancang struktur muatan roket RPX 100 dilakukan dalam 2 peninjauan beban yaitu peninjauan terhadap beban massa dan beban getaran.

A. Menentukan panjang Kolom maksimum akibat beban massa :

$$L = \pi\sqrt{\frac{EI}{4m}} \quad \text{.....(1)}$$

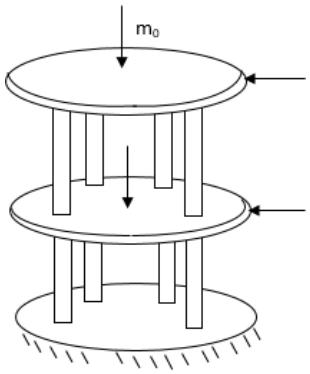
Dimana :
E = modulus elastisitas Alumuium = 70 10^6 N/m2
I = momen inersia Profil = $I = \frac{\pi d^4}{64}$dimana,
diameter kolom batang d = 0,01 m
m = massa beban muatan = 3 kg.

B. Teg*angan yang Terjadi Pada Kolom Penyangga :*

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad \text{.....(2)}$$

dimana :
M = Momen Lentur
W = Momen tahanan
I = momem inersia profil
y = jarak c.g ke permukaaan profil

C. Mencari Besar Frekuensi Natural



Gambar 2. Struktur kolom muatan roket RPX 100

Untuk mencari frekuensi alami dari payload (muatan) roket RPX 100, Metode Energi Rayleigh dapat diterapkan. Karena payload terdiri dari dukungan balok dengan berat pada mereka, dapat disederhanakan menjadi konservatif dianalisis sebagai balok tetap-tetap tunggal dengan berat terkonsentrasi di tengah kolom. Pertama, bentuk modus diperlukan untuk menggambarkan defleksi kolom dalam arah aksial dan melintang. Bentuk persamaan modus getar untuk arah aksial dan transversal yang ditunjukkan di bawah ini.

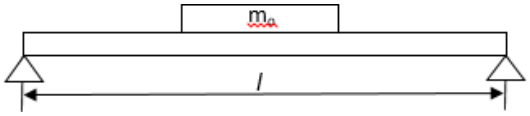
$$\phi(x) = C\sin\left(\frac{\pi x}{l}\right) \text{ [3,6,9] .....3}$$

$$\phi(x) = C\left(x^2 - \frac{2x^2}{l} + \frac{x^4}{l^2}\right)$$

D. Frekuensi Arah Axial

Bentuk modus aksial adalah bentuk modus yang tepat, dan bentuk melintang modus ditentukan dengan menggunakan persamaan polinomial dan kondisi batas.

Pertama analisis dalam arah aksial dapat dilakukan. Energi regangan persamaan untuk baki dianggap sebgai balok kemudian menjadi,



Gambar 3. Model tumpuan beam sederhana dari baki muatan roket RPX 100

$$u(x) = C\sin\left(\frac{\pi x}{l}\right)\sin\omega_n t \text{ . [3,9,11] .....4}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = C\cos\left(\frac{\pi x}{l}\right)\frac{\pi}{l}\sin\omega_n t \quad \text{dan}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C\sin\left(\frac{\pi x}{l}\right)\omega_n\cos\omega_n t$$

Energi potensial diberikan dengan :

$$V = \frac{1}{2}\int_0^l EA\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 dx$$

Subtitusi dan integrasi memberikan:

$$V = \frac{1}{2}EAC^2\left(\frac{\pi}{l}\right)^2\sin^2\omega_n t\,\frac{l}{2} \quad \text{dan}$$

$$V_{max} = \frac{1}{2}EAC^2\left(\frac{\pi}{l}\right)^2\frac{l}{2} \quad \text{.....5}$$

Energi kinetic dari sistim diberikan sebagai :

$$T = \frac{1}{2}\int_0^l \rho A\left(\frac{\partial u}{\partial t}\right)^2 dx$$

Subtitusi dan integrasi maka,

$$T = \frac{1}{2}\int_0^l \rho A\left(C\sin\frac{\pi x}{l}\omega_n\cos\omega_n t\right)^2 dx \quad \text{dan}$$

$$T_{max} = \frac{1}{2}\rho A C^2\omega_n^2\frac{l}{2} \quad \text{.....6}$$

Kemudian diambil T_{max} sama dengan V_{max} memungkinkan untuk frekuensi alami dari sistem yang akan ditemukan.

$T_{max} = V_{max}$, maka

ISBN 978-623-92050-0-3

$$\frac{1}{2}EAC^2\left(\frac{\pi}{l}\right)^2 = \frac{1}{2}\rho AC^2\omega_n^2 \frac{l}{2}$$

$$\omega_{n,axial} = \sqrt{\frac{E(\pi/l)^2}{\rho}} \text{ (rad/detik) [3,6] .....7}$$

$$f_{n,axial} = \frac{60x\omega_{n,axial}}{2\pi}\text{(Hz)}$$

E. Frekuensi Arah Transversal

Melalui pendekatan yang sama, frekuensi alami untuk arah melintang dapat ditemukan.

$$V(x) = C\left(x^2 - \frac{2x^3}{l} + \frac{x^4}{l^2}\right)\sin\omega_n t$$

Penurunan terhadap t dan x maka dapat diketahui

$$\frac{\partial V}{\partial x} = C\left(2x - \frac{6x^2}{l} + \frac{4x^3}{l^2}\right)\sin\omega_n t \text{ dan}$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = C\left(2 - \frac{12x}{l} + \frac{12x^2}{l^2}\right)\sin\omega_n t$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} = C\left(x^2 - \frac{2x^3}{l} + \frac{x^4}{l^2}\right)\omega_n\cos\omega_n t \text{ , dan}$$

$$V = \frac{1}{2}\int_0^l EA\left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}\right)^2 dx$$

.....8

Subsitusi dan integrasi dari persamaan (6) diatas memberikan,

$$V = \frac{1}{2}\int_0^l EA\left(C\left(2 - \frac{12x}{l} + \frac{12x^2}{l^2}\right)\sin\omega_n t\right)^2 dx \text{ ,}$$

dan $V = \frac{1}{2}EAC^2\left(\frac{\pi}{l}\right)^2\sin^2\omega_n t(0{,}8l)$

$$V_{max} = \frac{1}{2}EAC^2(0{,}8l)$$

.....9

Energi kinetik dari sistim diberikan sebagai :

$$T = T_b + T_m$$

Subtitusi dan integrasi persamaan diatas memberikan,

$$T = \frac{1}{2}\int \rho A\left(\frac{\partial V}{\partial t}\right)^2 dx + \frac{1}{2}m_o\left(\frac{\partial V}{\partial t}\right)^2\Bigg|_{x=\frac{l}{2}}$$

hasil penurunan didapat,

$$T_{max} = \frac{1}{2}C^2\omega_n^2 l^2\left(\rho Al(0{,}001587) + \left(\frac{m_o}{256}\right)\right)$$

.....10

Kemudian diambil T_{max} sama dengan V_{max} memungkinkan untuk frekuensi alami dari sistem yang akan ditemukan.

$$T_{max} = V_{max}$$

$$\frac{1}{2}C^2\omega_n^2 l^2\left(\rho Al(0{,}001587) + \left(\frac{m_o}{256}\right)\right) = \frac{1}{2}EAC^2(0{,}8l)$$

$$\omega_{n,tranverse} = \sqrt{\frac{0{,}8EA}{l^2\left(\rho Al(0{,}001587) + \frac{m_o}{256}\right)}}$$

(rad/detik).11

Dimana :

A = luas kolom $= \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(0{,}01)^2}{4}$ = 0,0000785 m^2

l = panjang kolom = 30 cm

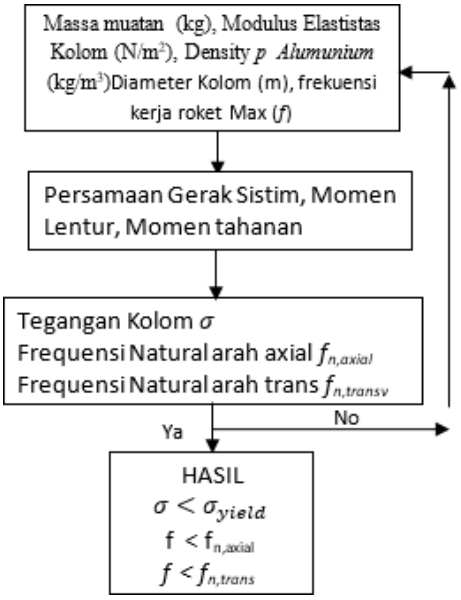
m_0 = beban muatan per tingkat, karena ada 2 tingkat, maka m_0 = 3 kg

$$f_{n,transverse} = \frac{60x\omega_{n,transverse}}{2\pi} \text{ (Hz)}$$

IV. METODOLOGI

Penelitian dimulai dari mencari data dan ukuran struktur muatan roket RPX 100, sepesifikasi bahan dari kolom, baki dan massa dari muatan, kemudian analisa persamaan gerak dari struktur muatan roket arah axial maupun transversal akibat getaran bebas. Kemudian diteliti frekuensi naturalnya untuk beberapa panjang kolom sehingga mendapatkan hasil yang optimal.

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 4. Diagram alir penelitian perancangan struktur muatan roket RPX 100

V. PENGOLAHAN DATA

Dengan Data sebagai berikut :

I = momen inersia Profil, $I = \frac{\pi d^4}{64}$ dimana diameter kolom batang d = 0,01 m, Modulus elastisitas (E) : 70 10^9 N/m^2, Diameter Kolom (d) : 10 mm, Massa payload (m) : 3 kg, Density (ρ) Alumunium : 2770 kg/m^3.

A. Perhitungan panjang kolom maksimum

$$L = \pi \sqrt{\frac{70e6x \ \frac{\pi(0.01)^4}{64}}{4\ (3)}} = 18{,}5\ m$$

hasil perhitungan didapat panjang kolom maksimum adalah L = 8,23 m

Perancangan panjang *kolom penyangga muatan roket cukup aman karena panjang yang digunakan Cuma L = 0,3 m.*

B. Tegangan yang Terjadi Pada Kolom Penyangga

dimana : $I = \frac{\pi d^4}{64}$ *=4,906 e-10 m4 dan y = 0,005m, maka*

W = 4,906/0,005 = 9,812 e-8

dari hasilperhitungan ,kemudian diketahui beban total

m = 30 N

Maka didapat besar tegangan pada kolom batang penyangga Muatan roket sebagai berikut :

$\sigma = \frac{3{,}75}{9{,}812e{-}8}$ *= 38216560N/m2= 38,2 Mpa <* σ_{yield} *dari alumunium yaitu* $\sigma_{yield} = 95$ MPa

Perancangan kolom penyangga Muatan roket cukup aman. Dengan safety factor $SF = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma} = \frac{95}{38{,}2} = 2{,}49$

C. Perhitungan besar frekuensi natural arah axial dan transversal

Dengan Data sebagai berikut :
Modulus elastisitas (E) : 70 109 N/m2,
Diameter Kolom (d) : 10 mm,
Massa payload (mo) : 12,5 kg,
Density (ρ) Alumunium : 2770 kg/m3

$$\omega_{n,axial} = \sqrt{\frac{E(\pi / l)^2}{\rho}}$$

maka didapat $\omega_{n,axial} = 52615{,}96$ rad/ detik
dan $f_{naxial} = 8378{,}34$ Hz
Dan besar frekuensi arah transversal adalah

$$\omega_{n,tranverse} = \sqrt{\frac{0{,}8EA}{l^2\left(\rho Al(0{,}001587) + \frac{m_o}{256}\right)}}$$

maka didapat $\omega_{n,transversal} = 98973\ rad/detik$
dan $f_{ntranversal} = 15800$ Hz

Kedua frekuensi ini jauh lebih besar daripada frekuensi tertinggi memaksa diharapkan. Hal ini menunjukkan bahwa rasio frekuensi akan sangat kecil, akibatnya, respon frekuensi kompleks akan tetap kecil juga. Menggunakan frekuensi tertinggi paksa kemungkinan 2000 Hz, rasio frekuensi adalah:

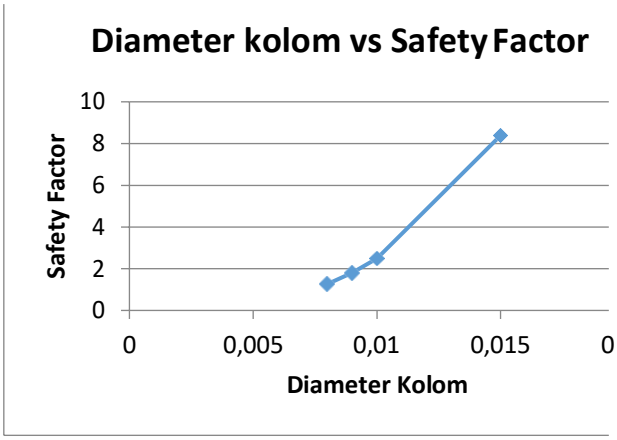
$$\frac{\omega}{\omega_{n,axial}} = \frac{2000}{8378{,}34} = 0{,}238$$

$$\frac{\omega}{\omega_{n,tranversal}} = \frac{2000}{15800} = 0{,}126$$

Struktur muatan roket RPX 100 sangat aman terhadap gangguan gaya paksa karena frequensi natural struktur muatan lebih besar dari frequensi kerja roket dan bekerja pada daerah rasio frekuensi $\omega|\omega_n < 0{,}3$

ISBN 978-623-92050-0-3

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 5. Grafik diameter kolom terhadap faktor keamana struktur muatan roket RPX 100

1. Dari gambar 5 nampak hasil diameter kolom terhadap faktor keamanan struktur muatan roket RPX 100, kolom terbuat dari alumunium dengan E = 70x10^9 N/m2 dan diameter kolom 0,01 m dengan panjang kolom pada penelitian ini digunakan 0,30 m dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang optimal secara disain. Dari hasil perancangan dapat dilihat pada grafik 2 di atas, makin besar diameter kolom, maka semakin besar faktor keamanannya hal ini tentu sangat baik untuk struktur muatan roket tetapi karena masalah berat juga menjadi persoalan maka diambil diameter kolom sebesar 0,10 m dengan safety faktor sebesar SF = 2,49.
2. Dari perancangan struktur muatan roket arah axial dengan menyederhanakan sebagai model tumpuan beam (lihat gambar 2) dengan bahan beam adalah alumunium, panjang beam l = 0,090 m, modulus elastisitas E = 70e9 N/m^2 dan density ρ = 2770 kg/m^3 hasil perhitungan didapat frekuensi natural arah axial adalah $f_{n,axial}$ = 8738,34 Hz, dengan ratio frequensi $\omega/\omega_{n,axial} = 0{,}238$ dan besarnya frequensi natural arah melintang adalah $f_{n,transv}$ = 15800 Hz atau $\omega/\omega_{n,tranv} = 0{,}126$ struktur muatan sangat aman sekali terhadap gangguan gaya paksa roket berdasarkan kriteria disain karena bekerja pada daerah $\omega/\omega_n < 0{,}3$ lihat grafik ratio frekuensi (gambar 3)

VII. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian terhadap struktur muatan roket RX 320 akibat beban getaran yang terjadi dapat disimpulkan sebagai berikut :

Berdasarkan hasil perhitungan diameter kolom penyangga d = 0,01 m dan bahan alumunium dengan modulus elastisitas E = 70 10^9 N/m^2 didapat besar tegangan yang terjadi pada kolom $\sigma = 38{,}2\ N/m^2$, sedangkan tegangan yield dari alumunium $\sigma_{yield} = 95\ N/m^2$ dengan faktor keamanan sebesar safety factor $SF = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma} = \frac{95}{38{,}2} = 2{,}49$ dapat dikatakan struktur muatan roket RPX 100 cukup aman.

Besarnya frequensi natural dalam arah transversal untuk struktur muatan roket RPX 100 LAPAN dengan bahan alumunium, panjang kolom 0,30 m dan diameter kolom 0,01 m adalah $f_{n,tranv}$ = 15800 Hz sedangkan frequensi yang bekerja pada pada roket akibat gaya dorong menurut AKPV Engineering University of Wyoming sebesar 5 s/d 2000 Hz, maka $\omega/\omega_{n,tranv} = 0{,}126$ hal ini cukup aman karena bekerja pada daerah $\omega/\omega_n < 0{,}3$.

Sedangkan frekuensi natural dalam arah axial untuk struktur muatan roket RPX 100 LAPAN dengan bahan yang sama, panjang beam l = 0,30 m, density 2770 kg/m^3 dan modulus elastisitas E = 70e9 N/m^2 adalah $f_{n,axial}$ = 8738 Hz dan $\omega/\omega_{n,axial} = 0{,}238$ cukup aman untuk struktur muatan roket kareana bekerja pada daerah $\omega/\omega_n < 0{,}3$

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka struktur muatan roket RPX 100 LAPAN sangat aman terhadap gangguan getaran akibat gaya paksa dari roket.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penelitian ini saya sebagai penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Kepala Pusat Roket LAPAN, Kepala Program Inovasi roket dan Group Leader Struktur inovasi Roket LAPAN yang telah memberikan ijin dan data-data untuk penelitian ini.

REFERENCES

[41] Annu Cherian, P. Geena George, Dr. C. Prabha " Response Analysis Of Payload Fairing Due To Acoustic Excitation " INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH VOLUME 4, ISSUE 11, NOVEMBER 2015. ISSN 2277-8616 302 IJSTR©2015 www.ijstr.org

[42] Carl Q. Howard , Colin H. Hansen, and Anthony C. Zander " Noise Reduction of a Rocket Payload Fairing Using Tuned Vibration Absorbers with Translational and Rotational DOFs "Proceedings of ACOUSTICS 2005 9-11 November 2005, Busselton, Western Australia.

[43] J.P. ChopadeP.G. R.B. Barjibhe " Free Vibration Analysis of Fixed Free Beam with Theoretical and Numerical Approach Method " International Journal of Innovations in Engineering and Technology (IJIET) Vol. 2 Issue 1 February 2013. ISSN: 2319 – 1058.

[44] N.T. Heine ·E. Figueroa-Feliciano ·J.M. Rutherford ·P. Wikus ·P. Oakley ·F.S. Porter ·D. McCammon " Vibration Isolation Design for the Micro-X Rocket Payload " [accessed Oct 3, 2017] .

[45] Dong-Xu Li, Wang Liu, and Dong Hao " Vibration Antiresonance Design for a Spacecraft Multi functional Structure " Hindawi Shock and Vibration Volume 2017,

ISBN 978-623-92050-0-3

Article ID 5905684, 10 pages https://doi.org/10.1155/2017/5905684.

[46] Luke Voss, Tony Allais, Sean King, Jeff Parkins.,2009 " Plans and Specifications of A Suborbital Rocket Payload "AKPV Engineering University of Wyoming.

[47] Warren C.Strahle John C.Handley " PREDICTION OF COMBUSTION INDUCED VIBRATION IN ROCKET MOTORS " FINAL REPORT April 1978 GEORGIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY SCHOOL OF AEROSPACI! ENGINEERING ATLANTA, GEORGIA 30332.

[48] Bruel and Kjaer " Mechanical Vibrationand Shock Measurements " 2nd edition 3rd impression PRINTED IN DENMARK: K. LARSEN & SON A/S . DK-2860 April 1984

[49] Singiresu S. Rao " Mechanical Vibrations " Addison-Wesley Publishing Company, Third Edition California 1995.

[50] J.W. Cornelisse, H.F.R. Schoyer, K.F. Wakker " Rocket Propulsion and Spaceflight Dynamics "Pitman Publishing Limited London 1979.

[51] William T. Thomson " Theory Of Vibration With Aplications " 2nd Edition Prentice- Hall Inc. California 1981.

ISBN 978-623-92050-0-3

Analisis Kebutuhan dan Spesifikasi *Electric Shuttle Car* untuk Penumpang di Bandar Udara

1st Ahmartiago Aspurwa
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
ahmartiago.aspurwa@mail.ugm.ac.id

2nd M. Arif Wibisono
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
arbisonet@yahoo.com

3rd I Gusti Bagus Budi Dharma
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
budi.dharma@ugm.ac.id

4th Alva Edy Tontowi
Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
alvaedytontowi@ugm.ac.id

5th R. Rachmat A. Sriwijaya
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
sriwijaya@mail.ugm.ac.id

6th Heru Santoso Budi Rochardjo
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
heru-sbr@ugm.ac.id

7th Andi Sudiarso
Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
a.sudiarso@ugm.ac.id

***Abstract*—Aspek kebandarudaraan merupakan aspek wajib yang harus dipenuhi oleh pihak pengelola bandara. Luasnya area bandara yang menyebabkan pengguna fasilitas bandara kurang nyaman ketika berpindah lokasi, menjadi salah satu permasalahan kebandarudaraan yang harus segera diselesaikan. Penggunaan *electric shuttle car* bandara merupakan salah satu solusi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Solusi saat ini yaitu dengan menggnakan mobil golf listrik tidak sesuai peruntukannya dan kebutuhannya, sehingga perlu dirancang electric shuttle car yang spesifikasinya sesuai dengan kebutuhan dari penumpang di bandar udara. Dengan mengidentifikasi kebutuhan konsumen dan analisa menggunakan metode *Quality function deployment* maka didapatkan spesifikasi *electric shuttle car* di bandar udara yang sesuai dengan standar, peraturan pemerintah yang berlaku, dan kebutuhan konsumen. Spesifikasi fitur yang diperlukan oleh konsumen adalah fitur kapasitas penumpang yang banyak, bagasi yang besar, perangkat display, estimasi waktu, pemutar musik, sandaran tangan yang nyaman, charger port, dan fasilitas khusus untuk difabel.**

Keywords—electric shuttle car, bandar udara, pengembangan produk, quality function deployment.

I. PENDAHULUAN

Bandar Udara atau disingkat bandara adalah tempat untuk mengakomodasi segala sesuatu terkait transportasi udara. Menurut Kementerian Perhubungan tahun 2014, Bandara adalah suatu kawasan baik di darat maupun di laut dengan batas-batas tertentu yang digunakan untuk lepas landas dan mendaratnya pesawat, bongkar muat barang, naik turun penumpang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi. Bandara dilengkapi juga dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan penunjang lainnya.

Kebutuhan masyarakat akan penggunaan bandara sangat tinggi. Ditandai dengan jumlah pengguna transportasi pesawat baik domestik maupun internasional yang meningkat dari tahun ke tahun hampir di semua bandara di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2018). Demi menunjang kebutuhan pengguna bandara, maka pihak pengelola bandara harus memenuhi aspek kebandaraudaraan. Menurut Kementerian Perhubungan tahun 2014, kebandarudaraan adalah segala sesuatu yang harus dilakukan dan disediakan oleh pengelola bandara dalam melaksanakan fungsi keamanan, keselamatan,

ISBN 978-623-92050-0-3

kelancaran, dan ketertiban lalu lintas pesawat terbang, penumpang, barang, dan moda transportasi.

Salah satu aspek kebandarudaraan yang harus disediakan bandara adalah moda transportasi. Ada banyak moda transportasi yang terlibat dalam pengoperasian bandara. Pesawat adalah transportasi utama yang ada di bandara, tetapi pada proses operasionalnya dibutuhkan moda transportasi penunjang yang berguna untuk memudahkan alur pesawat, penumpang, dan barang. Beberapa moda transportasi penunjang sudah beroperasi di bandara-bandara, seperti *skytrain*, *shuttle bus*, dan juga *shuttle car* yang saat ini menggunakan mobil golf listrik untuk mengantarkan penumpang antar gate maupun antar terminal.

Sejak tahun 2017, mobil golf listrik digunakan di bandara sebagai *shuttle car* tanpa modifikasi dikarenakan efektivitas dan kemudahan pengadaan mobil golf listrik. Secara fungsional, mobil golf listrik sudah dapat mengantarkan penumpang dan barang bawaannya untuk perjalanan antar gate atau antar terminal, tetapi terdapat beberapa kebutuhan penumpang yang belum bisa terpenuhi, karena tujuan awal pembuatan mobil golf adalah untuk digunakan di lapangan golf. Oleh karena itu, diperlukan adanya analisis kebutuhan dan spesifikasi produk *shuttle car* yang sesuai dengan kebutuhan penumpang di bandara agar pihak pengelola bandara bisa memenuhi aspek kebandarudaraan dengan baik serta dapat meningkatkan kepuasan konsumen.

II. METODOLOGI

A. Analisis Kebutuhan

Identifikasi kebutuhan konsumen pada penelitian ini dilakukan dengan tiga metode, yaitu kuesioner, wawancara, dan literasi. Penyebaran kuesioner dilakukan pada 50 responden dengan kriteria pernah melakukan perjalanan menggunakan pesawat dan pernah menggunakan *shuttle car* bandara. Wawancara dilakukan pada pengemudi yang mengoperasikan *shuttle car* bandara. Proses *benchmark* juga dilakukan pada mobil golf listrik yang saat ini digunakan sebagai *shuttle car*.

Standar komponen dan fitur pada *shuttle car* mengacu pada International Light Transportation Vehicle Association ILTVA) yang diterbitkan oleh American National Standards Institute (ANSI), Standar Nasional Indonesia (SNI), dan peraturan pemerintah Indonesia

B. Pengembangan Produk

Berdasarkan Ulrich dan Eppinger (2001), pengembangan produk adalah serangkaian aktivitas yang dimulai dari analisa persepsi dan peluang pasar, kemudian diakhiri dengan tahap produksi, penjualan dan pengiriman produk. Proses pengembangan produk pada umumnya dibagi menjadi enam fase, yaitu (1) perencanaan, (2) pengembangan konsep, (3), perancangan sistem, (4) perancangan rinci, (5) pengujian dan perbaikan, (6) peluncuran produk.

C. Quality function deployment

Quality function deployment (QFD) adalah pendekatan dalam inovasi produk yang berorientasi pada pengguna (Govers, 1996). QFD membantu menerjemahkan suara dari pengguna produk atau Voice of the User (VoU) ke dalam mekanisme dari pengembangan produk baru yang bertujuan dalam pemenuhan kebutuhan dari pengguna. QFD mengarahkan product manager dan departemen desain pada proses konseptualisasi, desain, dan realisasi inovasi produk. Menurut Vonderembse dan Raghunathan (1997), penerapan dari *Quality function deployment* sendiri bertujuan dalam mendorong perbaikan jangka panjang dengan cara melakukan pengembangan pada produk baru sehingga muncul suatu nilai bagi pelanggan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Mission Statement

Sebagai tahapan awal perancangan, dilakukan identifikasi tujuan dari perancangan produk *shuttle car* bandara yang terangkum dalam *mission statement* seperti terlihat pada Tabel 1.

B. Identifikasi Kebutuhan Konsumen

Dari proses identifikasi kebutuhan konsumen didapatkan 41 *needs* terkait fitur *shuttle car* bandara. Berdasarkan 41 *needs* tersebut dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu 23 fitur standar, 10 fitur tambahan, dan 8 fitur kondisional. Fitur standar merupakan kebutuhan primer yang mengacu pada standar *shuttle car* dari *International Light Transportation Vehicle Association* (ILTVA), Standar Nasional Indonesia (SNI), dan peraturan pemerintah Indonesia sehingga fitur standar adalah fitur-fitur yang harus ada pada sebuah *shuttle car*. Fitur tambahan merupakan kebutuhan sekunder yang berdasarkan kebutuhan konsumen dan pengemudi *shuttle car* bandara. Ada atau tidaknya fitur tambahan menjadi opsional sesuai dengan tingkat kepentingan fitur menurut konsumen. Fitur kondisional adalah fitur yang menyesuaikan hasil dari fitur standar dan fitur tambahan, sehingga fitur kondisional merupakan kebutuhan tersier. Kebutuhan tersier tidak dimasukkan dalam pertimbangan *needs* perancangan, jadi total terdapat 33 *needs*.

Tingkat pentingnya kebutuhan ditunjukkan dalam skala 1-5. Kebutuhan primer memiliki tingkat kepentingan tertinggi, yaitu 5. Tingkat kepentingan kebutuhan sekunder diujikan pada 37 responden dan didapatkan hasil seperti terlihat pada Tabel II.

TABEL I. *Mission statement*

ISBN 978-623-92050-0-3

Aspek	Keterangan
Deskripsi Produk	*Electric shuttle car* untuk penumpang di bandara
Pasar Utama	Bandara
Pasar Sekunder	Tempat wisata, Perkantoran
Asumsi dan Batasan	Mengacu ke standar nasional dan internasional yang ada, serta peraturan pemerintah
	Bahan atau material dapat diperoleh di Indonesia
Stakeholder	Pihak pengelola bandara
	PT Angkasa Pura
	Penumpang di bandara
	Kementrian Perhubungan RI

TABEL II. Tingkat kepentingan

Fitur	Importance
Shuttle car bandara yang memiliki bagasi yang besar	4.00
Shuttle car bandara yang memiliki jadwal penerbangan pesawat	4.19
Shuttle car bandara yang memiliki display *gate* tujuan	4.38
Shuttle car bandara yang memiliki multi charger port	3.38
Shuttle car bandara yang memiliki bagasi tambahan untuk tas ukuran sedang	3.86
Shuttle car bandara yang memiliki peta menuju gate	4.03
Shuttle car bandara yang memiliki fitur yang menunjukkan estimasi waktu sampai	4.05
Shuttle car bandara yang memiliki tempat sandaran tangan yang empuk	3.32
Shuttle car bandara yang memiliki kapasitas yang besar	5.00
Shuttle car bandara yang memiliki pemutar musik	2.76

C. Penentuan Metrik

Kebutuhan konsumen pada umumnya diungkapkan dalam bahasa konsumen sehingga perlu diterjemakan menjadi detail yang tepat dan terukur mengenai bagaimana seharusnya produk itu. Data kebutuhan pelanggan harus diubah menjadi metrik yang dapat diukur. Tabel III menunjukkan hubungan antara needs dengan metrics, dan terlihat bahwa seluruh 33 *needs* telah dipetakan seluruhnya ke metrik yang ada.

TABEL III. *Needs* vs Metrik

No *Needs*	Metrik	Unit
11	Dimensi Total	mm
12, 24, 25, 26	Jumlah Fitur Standar Keamanan	buah
13	Fitur Standar untuk penumpang difabel	list
14, 16, 23, 28, 29, 31	Jumlah Fitur Standar Umum	buah
15	Dimensi Ground Clearance	mm
17, 18, 19, 20, 21, 22	Jumlah Fitur Standar Lighting	buah
27	Kecepatan Maksimum	km/jam
27	Berat Kendaraan Kosong	kg
27	Berat Beban Maksimum	kg
27	Daya Motor	V, KW
32	Diameter Roda	inch
32	Jenis Roda	list
33	Daya Baterai	V, Ah
33	Jumlah Baterai	buah
33	Usia Baterai	kali
33	Jarak tempuh Saat Baterai Penuh	km
1	Dimensi Bagasi	mm
2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10	Fitur Tambahan	list
9	Kapasitas Penumpang	seat

Dalam metode QFD, diperlukan *benchmarking* dengan produk sejenis yang telah ada di pasaran. *Benchmark* dilakukan untuk mengetahui dimana posisi produk kita dibanding produk lain, serta untuk mengumpulkan informasi tentang spesifikasi seperti apa yang telah digunakan oleh konsumen. *Benchmark* kali ini dilakukan pada mobil golf listrik yang saat ini banyak difungsikan sebagai *shuttle car* bandara. Selain itu, *benchmark* juga dilakukan pada *shuttle car* kota yang masih dalam tahap pengembangan namun telah dipublikasikan. Tabel IV menunjukkan spesifikasi beberapa *electric shuttle car* yang telah digunakan.

D. Deskripsi Fitur Standar

Pada spesifikasi *shuttle car* terdapat fitur-fitur standar yang sudah diatur dalam standar ILTVA dan peraturan pemerintah. Fitur standar yang telah diatur tersebut mencakup seperti sistem lampu dan *marking*, klakson, kaca spion, tempat duduk, dan fasilitas untuk difabel. Keterangan dan detail mengenai fitur- fitur standar tersebut telah terangkum dalam Tabel V.

TABEL IV. *Benchmark*

Parameter	Mobil Golf Ezgo JHGF-E6-2S	Mobil Golf Club Car JHGF-EG6F	Shuttle Bus GD8 A8	Toyota EV Shuttle Car
Kapasitas Penumpang	8	8	10	6
Kecepatan Maksimum	30 km/jam			19 km/jam
Daya Motor	48V 4KW		48V 5.5KW	N/A

ISBN 978-623-92050-0-3

Berat kendaraan kosong	510 kg	800 kg	1120 kg	N/A
berat beban maksimum	750 kg	700kg	N/A	N/A
Jarak Tempuh (baterai penuh)	85 km	70 km	80 km	100 km
Dimensi Bagasi	-	1250 x 450 mm	1500 x 500 mm	-
Dimensi Total	4250 x 1200 x 1710 mm	4150 x 1250 x 1750 mm	4390 x 1500 x 2070 mm	N/A
Daya Baterai	8V/145 Ah	6V/190Ah	6V/230Ah	N/A
Jumlah Baterai	6 unit	6 unit	8 unit	N/A
Usia Baterai	>600 kali charge	N/A	N/A	N/A
Diameter Roda	18 inch	N/A	20 inch	N/A
Jenis Roda	Off Road Tire	N/A	On Road Tire	N/A
Jumlah Fitur Tambahan	0	1	0	2
Dimensi Ground Clearance	150 mm	N/A	130 mm	N/A
Fitur Standar untuk Penumpang Difabel	-	-	-	ada
Jumlah Fitur Standar Umum	3			
Jumlah Fitur Standar Lighting	8			
Jumlah Fitur Standar Keamanan	2	1	1	2

TABEL V. Fitur standar

Atribut	komponen	Standar (ILTVA)
	Lampu depan	Jumlah 2 buah dipasang simetris ketinggian antara 15-50 inch
		jumlah 1 buah dengan pencahayaan yang setara
Fitur Standar Lighting	Reflex Reflction	2 warna kuning dipasang satu setiap sisi 2 warna merah dipasang satu setiap sisi, 2 warna merah dipasang di belakang ketinggian antara 15 inchi-60 inchi
	Side marker lamps	1 kuning dan 1 merah di setiap sisi ketinggian antara 15-60 inch
	stop lamps	jumlah 2 buah dipasang simetris ketinggian antara 15-60 inch
	tail lamps	jumlah 2 buah dipasang simetris ketinggian antara 15-60 inch dapat dikombinasikan dengan lampu sein
	turn signal	jumlah 2 buah menghadap depan jumlah 2 buah menghadap belakang ketinggian antara 15-60 inch
Fitur Standar Umum	klakson	terjangkau oleh tangan atau kaki sopir Bunyi klakson antara 93-104 dB.
	spion	spion untuk melihat arah belakang
	Buzzer	Bunyi buzzer minimum 60 dBA aktif setiap bergerak mundur
Fitur Standar Keamanan	Jarak antar kursi	menggunakan antropometri 5%-95% kaki penumpang
	pegangan tangan	kursi penumpang:3,5 inch vertikal dan 6 inchi horizontal kursi pengemudi: 1,5 inchi vertikal dan 2 inchi horizontal
	bentuk	bebas dari sudut tajam
	komponen	semua bagian yang berbahaya harus terhindar dari interaksi penumpang
Atribut	**Komponen**	**Peraturan Menteri Pekerjaan Umum**

ISBN 978-623-92050-0-3

Standar penumpang difabel	Ram	Sudut kemiringan <=7 derajat panjangtidak boleh lebih dari 900 cm

ACKNOWLEDGE

Penelitian ini didukung oleh Lembaga Pengelola Dana Penelitian Kementerian Keuangan Republik Indonesia melalui Program Pendanaan Riset Inovasi Produktif (RISPRO) Invitasi No. PRJ-29/LPDP/2018

REFENRENCES

[1] American National Standards Institute, "ANSI/ILTVA Z135-2012 for pesonal transportation vehicles-safety and performance specification", New York.
[2] American National Standards Institute, "ANSI/ ILTVA Z130.1-2012 for golf cars-safety and performance specification", New York
[3] Badan Standar Nasional, "SNI 06-0098-2002 ban mobil penumpang",Jakarta
[4] C. P. M. Govers, "What and how about quality function deployment", Int. J. Production Economics, vol 46-47, pp. 575-585, 1996.
[5] Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, "Undang undang no. 1 tentang penerbangan", 2013
[6] Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, "PM.69 tahun 2013 tentang tatanan kebandarudaraan nasional", 2013
[7] H. Jagdev, P. Bradley, dan O. Molloy, "A QFD based performance measurement tool", Computers in Industri, vol 33, pp. 357-366, September 1997
[8] K. T. Ulrich, dan S. D. Eppinger, "Product design and development", 4th Ed, The Mcgraw-Hill Companies Inc: New York, 2001, pp 33-128
[9] L. Chan dan M. Wu, "A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example", Omega, vol. 33, pp. 119– 139, 2005
[10] Menteri Pekerjaan Umum, "Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 30/PRT/M/2006 tentang pedoman teknis fasilitas dan aksesibilitas pada bangunan gedung dan linkungan", Jakarta
[11] R. E. Suminar, "Identifikasi kemudahan penyandang difabilitas dalam melakukan pergerakan dengan menggunakan moda transportasi studi kasus: kota yogyakarta", Iklusi, vol. 2, pp. 156-191, Januari-Juni 2015
[12] Subdirektorat Statistik Transportasi, Statistik transportasi udara 2017, vol 3, Jakarta: Badan Pusat Statistik RI , 2017, pp. 16-25

ISBN 978-623-92050-0-3

PERANCANGAN ULANG FASILITAS PRODUKSI GUNA MENINGKATKAN OUTPUT PRODUKSI

1st Arum Anindita Ramadhana
Program Studi Teknik Industri
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Surabaya, Indonesia
arumanindita5@gmail.com

2nd Putu Eka Dewi Karunia Wati
Program Studi Teknik Industri
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Surabaya, Indonesia
putu_eka@untag-sby.ac.id

Abstrak- Perusahaan ini merupakan perusahaan yang memproduksi berbagai macam kemasan produk yang terbuat dari bahan baku PVC rigid (mika) sesuai dengan pesanan. Pada penelitian ini yang diteliti adalah tiga produk unggulan yaitu, tempat stir mobil, tempat cat air, dan tempat spion motor, namun terjadi permasalahan pada posisi tata letak fasilitas yang kurang efisien yang menyebabkan output produksi tidak optimal. Penelitian ini bertujuan untuk membuat tata letak usulan dengan membandingkan antara metode pembobotan kedekatan dan metode hollier. Setelah dilakukan perhitungan dan perbandingan didapatkan layout usulan terpilih menggunakan metode pembobotan kedekatan dan dapat meningkatkan output produksi. Output yang dihasilkan oleh setiap produk mengalami peningkatan sebanyak dua kali lipat dari jumlah output produksi sebelumnya.

Kata kunci- Metode Pembobotan Kedekatan, Metode Holier, Tata Letak.

Abstract— This company is a company that manufactures various kinds of product packaging made from PVC rigid (mica) raw materials according to the order. In this research the three main product researched were, the package of the steering wheel, the package of watercolor, and the package of the motorcycle rear view mirror, but problems occur in the position of the facility layout that is less efficient which causes the production output is not optimal. This study aims to make the proposed layout using a comparison between the proximity weighting method and the hollier method. After calculations and comparisons obtained, the proposed layout is chosen using method of proximity weighting and can increase production output. Output produced by each product has doubled from the previous production output.

Keywords— Layout, The Proximity Weighting Method, The Hollier Method.

I. PENDAHULUAN

Perusahaan ini merupakan salah satu perusahaan plastik di daerah buduran, sidoarjo. Produksinya adalah berbagai macam kemasan produk yang terbuat dari bahan baku PVC rigid (mika) sesuai dengan pesanan. Perusahaan ini banyak diminati pelanggan. Produk yang sering dipesan atau yang menjadi permintaan secara terus-menerus adalah tray tempat cat air, vacum tempat spion motor beat, dan blister tempat stir mobil.

Produk-produk tersebut pada saat ini merupakan produk yang sering diproduksi, sehingga untuk produk selain itu hanya produk dengan pesanan tertentu yang tidak setiap hari diproduksi sehingga tidak mempengaruhi mesin dan aliran produksi. Ketiga produk ini memiliki aliran proses yang berbeda. Semua proses produksi berawal dari satu proses pertama yang sama yaitu pencetakan menggunakan mesin cetak. Meski demikian, penggantian cetakan dari satu produk ke produk lainnya tidak terlalu memakan waktu karena cetakan langsung ditempatkan pada laci bawah yang ada pada mesin.

Perusahaan ini merupakan perusahaan yang sangat menjaga hubungan baik dengan pelanggan, sehingga kualitas dan waktu pemenuhan permintaan selalu diupayakan dengan baik agar tetap optimal. Pada kondisi sekarang tata letak mesin belum sesuai dengan urutan proses produksi yang menimbulkan banyak terjadinya aliran proses yang berpotongan. Hubungan keterdekatan antar departemen atau stasiun kerja jauh sehingga membuat aliran pemindahan material panjang dan kurang optimal. Karena panjangnya aliran produksi mengakibatkan waktu produksi semakin lama

ISBN 978-623-92050-0-3

dan biaya produksi tinggi. Hal tersebut akan menurunkan jumlah produk yang dihasilkan dalam kurun waktu tertentu. Jika permintaan meningkat dengan waktu pemenuhan permintaan dari pelanggan yang semakin cepat, perusahaan sering mengalami keterlambatan dalam pemenuhan permintaan tersebut. Berdasarkan upaya yang dilakukan perusahaan untuk pemenuhan permintaan produk tepat waktu, maka sangatlah penting dilakukan perubahan pada tata letak lantai produksi berdasarkan alur proses produksi agar waktu produksi yang digunakan lebih efisien. Karena dengan panjangnya aliran produksi membuat produk yang dihasilkan terbatas. Sehingga dibuat usulan tata letak baru yang optimal untuk meningkatkan output produksi.

II. MATERI DAN METODE

A. Layout *(Tata Letak)*

Tata letak merupakan cara untuk mengatur fasilitas-fasilitas produksi untuk menunjang kelancaraan proses produksi. Pengaturan tersebut akan memanfaatkan luas area untuk menata mesin dan fasilitas penunjang produksi lainnya, membuat perpindahan material lancar, penyimpanan bahan baku, tempat untuk operator, dan lain sebagainya. [2].

Tata letak fasilitas untuk produksi manufaktur memiliki macam-macam tipe tata letak yaitu tata letak produk, tata letak proses, tata letak posisi tetap, dan tata letak seluler. Macam-macam tipe tata letak merupakan hal yang penting dalam merancang tata letak yang sesuai kebutuhan dan tujuan yang telah ditetapkan. [1].

B. Metode Pembobotan Kedekatan

Metode pembobotan kedekatan adalah metode yang digunakan dengan melihat bobot atau tingkat kedekatan mesin. Caranya dengan menentukan urutan fasilitas atau mesin yang terbaik. Ketentuan yang digunakan dalam penentuan urutan terbaik adalah total bobot terkecil.

Berdasarkan data, kita akan menghitung frekuensi perpindahan antarfasilitas atau mesin dalam bentuk from to chart. [1].

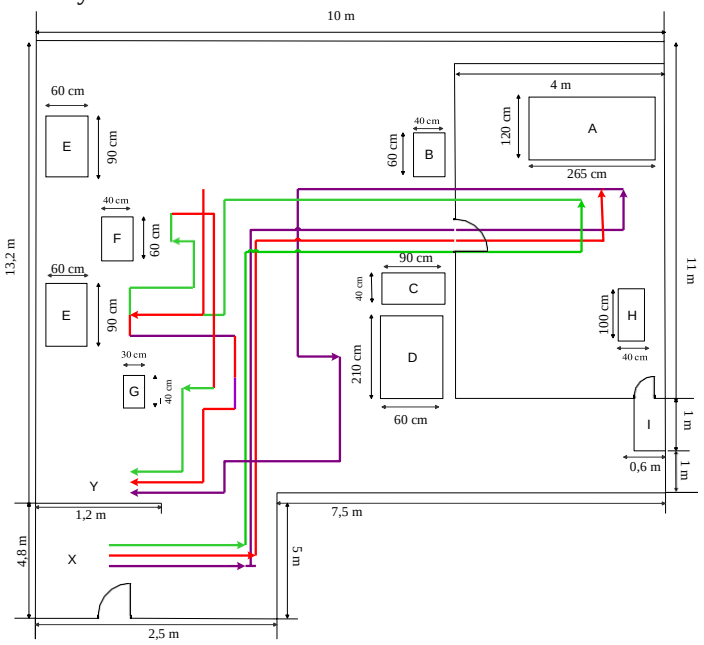
Langkah-langkah dalam metode pembobotan kedekatan mulai dari pembuatan tabel *from to chart* awal dengan urutan mesin saat ini. Kemudian dilakukan beberapa kali trial dengan mengubah urutan mesin atau fasilitas sesuai dengan kebutuhan yang harus didekatkan. Pada setiap kali trial tersebut, dilakukan perhitungan total nilai bobot dengan menjumlahkan nilai dalam langkah maju dan langkah mundur. Setelah dilakukan perhitungan tersebut, dipilihlah layout usulan baru dengan urutan mesin atau fasilitas yang memiliki total nilai bobot terkecil. (R. A. Hadiguna & Heri Setiawan, 2008).

C. *Metode Hollier*

Metode hollier yang digunakan adalah metode hollier 2 yang penerapannya lebih mudah untuk dihitung. Langkah-langkah metode Hollier 2 mulai dari pembuatan tabel *from to chart* awal. Kemudian dilakukan perhitungan rasio dari kolom *from* dan baris *to*. Hal yang dilakukan adalah menjumlahkan volume handling untuk kolom *from* dan baris *to*. Setelah itu dilakukan pembagian dari kolom *from* dibagi dengan baris *to* untuk memperoleh nilai perbandingan. Langkah terakhir adalah membuat urutan mesin atau fasilitas dengan mengurutkan hasil perhitungan rasio dari yang terbesar hingga yang terkecil. (R. A. Hadiguna & Heri Setiawan, 2008).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Layout Awal



Gambar 1. *Layout* Awal

Keterangan :

X : Gudang Bahan Baku
A : Mesin Cetak
B : Meja untuk Pengeleman
C : Meja untuk Pemotongan Manual
D : Mesin Press Besar
E : Mesin Press Kecil
F : Mesin Tekuk
G : Alat Plong (Pelubangan)
H : Rak Cetakan
I : Ruang Cetakan Tidak Terpakai (Gudang)
Y : Gudang Barang Jadi

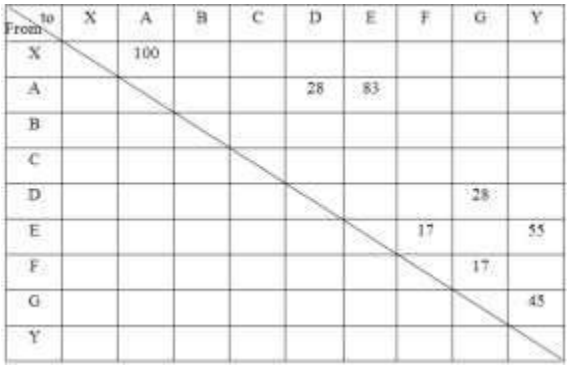
Garis Merah : Aliran Produk blister tempat stir mobil
Garis Ungu : Aliran Produk tray tempat cat air
Garis Hijau : Aliran Produk vacum tempat spion motor *beat.*

ISBN 978-623-92050-0-3

B. Metode Pembobotan Kedekatan

1) Analisa From to Chart Trial 1

TABEL I. FTC TRIAL 1



From \ to	X	A	B	C	D	E	F	G	Y
X		100							
A					28	83			
B									
C									
D								28	
E							17		55
F								17	
G									45
Y									

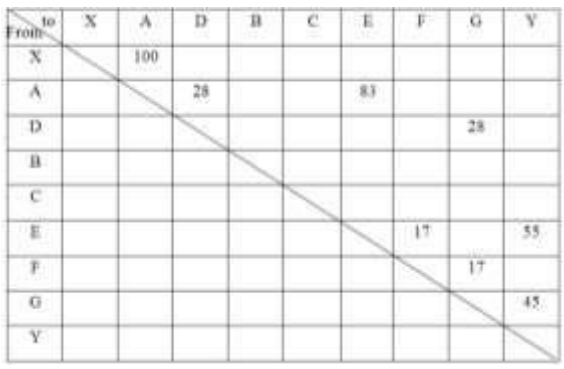
TABEL II. PEMBOBOTAN TRIAL 1

Jarak Terhadap Diagonal	Langkah		Bobot	
	Maju	Mundur	Maju	Mundur
1	179	0	179	0
2	0	0	0	0
3	111	0	333	0
4	83	0	332	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
Total			844	0

Total bobot untuk trial 1 = 844

2) Analisa From to Chart Trial 2

TABEL III. FTC TRIAL 2



From \ to	X	A	D	B	C	E	F	G	Y
X		100							
A			28			83			
D								28	
B									
C									
E							17		55
F								17	
G									45
Y									

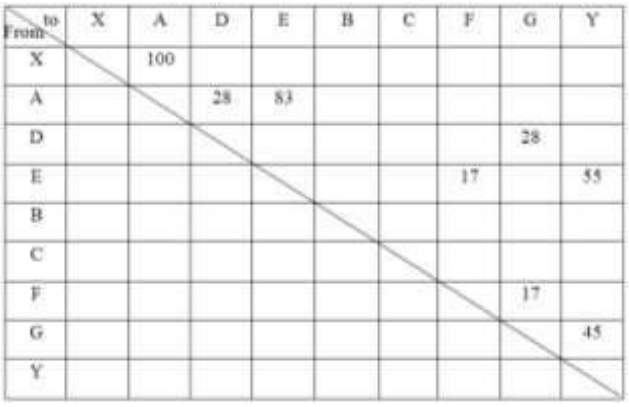
TABEL IV. PEMBOBOTAN TRIAL 2

Jarak Terhadap Diagonal	Langkah		Bobot	
	Maju	Mundur	Maju	Mundur
1	207	0	207	0
2	0	0	0	0
3	55	0	165	0
4	83	0	332	0
5	28	0	140	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
Total			844	0

Total bobot untuk trial 2 = 844

3) Analisa From to Chart Trial 3

TABEL V. FTC TRIAL 3



From \ to	X	A	D	E	B	C	F	G	Y
X		100							
A			28	83					
D								28	
E							17		55
B									
C									
F								17	
G									45
Y									

TABEL VI. PEMBOBOTAN TRIAL 3

Jarak Terhadap Diagonal	Langkah		Bobot	
	Maju	Mundur	Maju	Mundur
1	190	0	190	0
2	83	0	166	0
3	17	0	51	0

ISBN 978-623-92050-0-3

Jarak Terhadap Diagonal	Langkah		Bobot	
	Maju	Mundur	Maju	Mundur
4	0	0	0	0
5	83	0	415	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
Total			822	0

Total bobot untuk trial 3 = 822

C. Metode Hollier 2

Tabel VII. FTC

From \ to	X	A	B	C	D	E	F	G	Y	Total
X		100								100
A					28	83				111
B										0
C										0
D								28		28
E							17		55	72
F								17		17
G									45	45
Y										0
Total	0	100	0	0	28	83	17	45	100	373

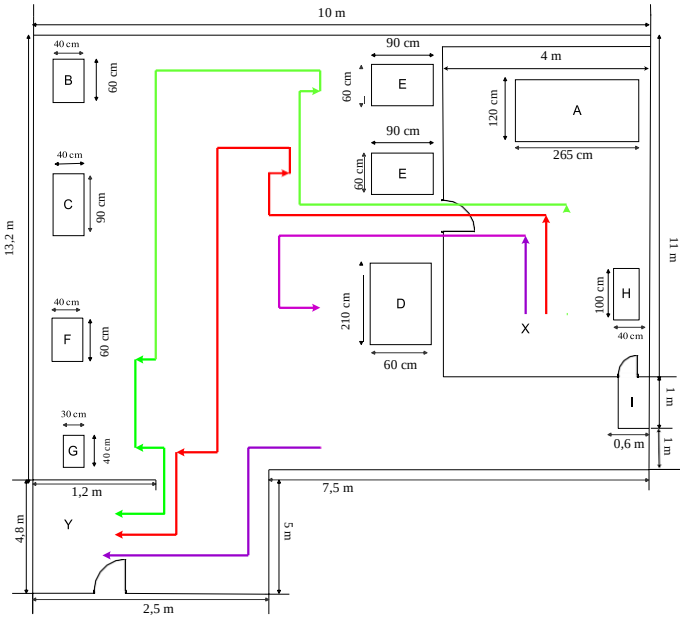
TABEL VIII. RASIO

Mesin	From	To	Rasio	Urutan
X	100	0	∞	1
A	111	100	1,11	2
B	0	0	0	7
C	0	0	0	8
D	28	28	1	3
E	72	83	0,87	6
F	17	17	1	4
G	45	45	1	5
Y	0	100	0	9

Dari metode pembobotan ini dihasilkan usulan layout baru berdasarkan urutan rasio mulai dari terbesar hingga terkecil yaitu dengan urutan X-A-D-F-G-E-B-C-Y.

D. Hasil Perbandingan Metode

Berdasarkan perhitungan dan percobaan untuk usulan layout yang terpilih adalah usulan layout dengan menggunakan metode pembobotan kedekatan yang memiliki jarak material handling pendek dan efisiensi pada aliran material. Urutan fasilitas produksinya X-A-D-E-B-C-F-G-Y dengan momen produk yang dihasilkan kecil sehingga aliran material dekat dan menyebabkan waktu produksi berkurang menjadi lebih cepat dan berdampak langsung juga pada jumlah output produksi yang meningkat. Berikut gambar usulan layout yang terpilih :



Gambar 2. Usulan Layout Terpilih

Berdasarkan usulan layout yang sudah diperoleh, menimbulkan jarak material handling lebih dekat dan jumlah mesin yang digunakan mengalami perubahan sehingga hal tersebut berdampak pada waktu produksi yang lebih cepat untuk setiap produk dan meningkatkan output produksi. Mesin press kecil yang digunakan seharusnya adalah 2 mesin. Sehingga untuk produk yang diproses menggunakan mesin ini kapasitas produksinya dapat bertambah menjadi dua kali lipat yang dilihat dari kapasitas mesin untuk produksi. Perbandingan output produksi untuk layout awal perusahaan dengan usulan layout baru dapat dilihat seperti dalam tabel :

Tabel IX. OUTPUT PRODUKSI

No.	Produk	Output Produksi (Pcs)	
		Layout Awal	Layout Usulan
1.	Tempat Stir Mobil	500	1000
2.	Tempat Cat Air	1000	1000
3.	Tempat Spion Motor	300	600

Seperti pada tabel, terlihat peningkatan output produksi, hal ini disebabkan karena adanya penambahan mesin press yang kemudian mempercepat

ISBN 978-623-92050-0-3

penyelesain proses pembuatan produk dan dapat membuat output produksi bertambah jika waktu proses yang digunakan tetap sama.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan penelitian pada perusahaan ini yang bertujuan untuk merancang ulang fasilitas produksi dan menurunkan harga pokok produksi. Maka diperoleh hasil yaitu :

1) Tata letak fasilitas produksi yang tepat berdasarkan dua metode heuristik untuk meningkatkan produktivitas adalah tata letak usulan yang terpilih adalah model layout berdasarkan metode pembobotan kedekatan trial 3 dengan nilai bobot terkecil, dan jarak perpindahan material terpendek, dengan urutan proses X-A-D-E-B-C-F-G-Y.
2) Output produksi mengalami peningkatan dua kali lebih besar, untuk produk yang output awalnya 500 pcs meningkat menjadi 1000 pcs sedangkan produk dengan output awal 300 pcs meningkat menjadi 600 pcs.

REFERENCES

[1] R. A. Hadiguna, S. M. & Heri Setiawan, S. M., 2008. *Tata Letak Pabrik.* Yogyakarta: C.V Andi Offset.

[2] Wignjosoebroto, S., 2009. Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan (Edisi Ketiga). Surabaya: Guna Widya.

ISBN 978-623-92050-0-3

ANALISIS SENSITIVITAS PADA PENGOLAHAN *INVENTORY* BAHAN BAKU DI INDUSTRI KAYU

1st Aulia Rahma Wanudya
Industrial Engineering Study Program
University of 17 Agustus 1945 Surabaya
Surabaya, Indonesia
auliarahmawanudya@gmail.com

2nd Hilyatun Nuha
Industrial Engineering Study Program
University of 17 Agustus 1945 Surabaya
Surabaya, Indonesia
hilyatun_n@untag-sby.ac.id

Abstract— CV. Aneka Kayu Distribusindo memiliki kendala dalam menentukan jumlah pengadaan bahan baku, titik pemesanan kembali, dan *safety stock* yang dibutuhkan serta berdampak pada total biaya. Hanya 4 jenis bahan baku kayu yang dijadikan objek penelitian. Kendala-kendala tersebut diselesaikan dengan metode perhitungan *Economic Order Quantity* (EOQ). Dalam penelitian ini juga dikembangkan model simulasi diskrit dalam pengelolaaan persediaan bahan baku. Model simulasi dikembangkan dengan menggunakan *software* ARENA. Selain itu, dilakukan pengembangan beberapa skenario perubahan pada Q optimal dan Total permintaan untuk melihat perubahan terhadap *total cost*. Untuk hasil perhitungan masing-masing bahan baku berdasarkan metode EOQ yaitu nyato basah Q optimal sebesar 3,5 m^3 dengan *total cost* Rp. 134.242.850. Nyato kering Q optimal sebesar 2,14 m^3 dengan total cost Rp. 103.837.329. Meranti basah Q optimal sebesar 2,2 m^3 dengan *total cost* Rp. 42.788.773. Meranti kering Q optimal sebesar 1,9 m^3 dengan *total cost* Rp. 23.004.219. Untuk hasil pengembangan skenario yaitu semakin tinggi atau semakin kecil Q optimal dari Q optimal *initial*, maka *total cost* semakin besar. Dan apabila skenario total permintaan dibuat semakin besar, maka *total cost* juga semakin besar.

Kata kunci—economic order quantity, persediaan, Q optimal, reorder point, safety stock, simulasi, total cost

I. PENDAHULUAN

Di negara Indonesia ini banyak sekali industri-industri yang berdiri, mulai dari industri kecil hingga industri besar. Dalam dunia industri selain kualitas, perlu diperhatikan faktor pendukung lain dalam perindustrian yang mempengaruhi proses produksi. Faktor lain tersebut adalah pengadaan bahan baku, apabila pengadaan bahan baku yang kurang tepat, maka akan berdampak pada kemunduran proses produksi [1]. Dengan terjadinya kemunduran proses produksi maka akan berdampak pada minat konsumen. Maka dari itu setiap perusahaan harus bisa melakukan penentuan pengadaan dan penjadwalan bahan baku dengan baik dan benar agar dapat menarik minat kosumen apabila sebuah pesanan dapat dikerjakan tepat waktu [1].

CV. Aneka Kayu Distribusindo adalah salah satu perusahaan kategori industri kecil di Sidoarjo yang bergerak dalam bidang pergudangan kayu untuk diproduksi menjadi produk jadi berupa pintu, jendela, kusen dan railing tangga. Pada perusahaan ini memiliki 6 jenis kayu yang digunakan dalam proses produksi. Jenis-jenis kayu tersebut adalah meranti, nyato, kruing, bengkirai, merbau dan kamper. Bahan baku tersebut diperoleh dari supplier yang sudah bekerjasama sejak lama dengan perusahaan tersebut. Namun dari keenam jenis kayu tersebut, hanya 2 jenis kayu yang sangat sering digunakan yaitu jenis kayu meranti dan nyato. Masing-masing kayu terbagi 2 jenis yaitu basah dan kering. Sehingga pengamatan ini menggunakan meranti basah, meranti kering, nyato basah, dan nyato kering.

CV. Aneka Kayu Distribusindo melakukan proses produksi sesuai dengan pesanan konsumen (*Job Order*) . Sebagian besar konsumen menggunakan bahan baku kayu nyato dan meranti. Kedua bahan baku tersebut sering dicari dikarenakan menurut konsumen memiliki serat dan kualitas yang baik. Perusahaan memang cukup selektif dalam memilih kualitas bahan baku kayu meranti dan nyato. Berikut adalah data dari permintaan yang dimana data permintaan merupakan data penggunaan bahan baku mentah sebelum menjadi produk jadi pada CV. Aneka Kayu Distribusindo.

TABEL I. DATA PERMINTAAN

Periode	Permintaan (m^3)			
	Nyato Basah	Nyato Kering	Meranti Basah	Meranti Kering
1	5,758	1,680	1,946	2,270
2	7,750	0,000	1,795	0,000
3	1,670	0,684	0,555	0,586
4	5,200	0,776	0,823	0,245
5	0,592	0,000	0,000	0,044
6	0,000	1,084	0,000	0,000

ISBN 978-623-92050-0-3

Periode	Permintaan (m^3)			
	Nyato Basah	Nyato Kering	Meranti Basah	Meranti Kering
7	0,019	0,972	0,000	0,138
8	0,000	0,904	0,000	0,000
9	0,000	0,799	0,800	0,000
10	3,296	2,952	0,876	0,000
11	0,960	2,647	0,360	1,236
12	1,965	1,736	2,419	1,296
Jumlah	**27,210**	**14,234**	**9,574**	**5,815**

Perusahaan tersebut berulangkali mengalami kekurangan maupun kelebihan persediaan. Dikarenakan, perusahaan tersebut melakukan pemesanan bahan baku belum menerapkan metode *EOQ*, melainkan berdasarkan permintaan atau *order* dari konsumen dengan memperkirakan jumlah maksimal serta minimal dan disesuaikan dengan *budget* yang ada. Dengan menggunakan metode sederhana tersebut, berulangkali terjadi kehabisan bahan baku tanpa diduga sehingga menunda proses produksi beberapa jam hingga menunggu bahan baku tiba. Dan terkadang juga adanya penumpukan bahan baku, karena pemesanan bahan baku yang tidak terkontrol, yang berakibat pada *total cost* persediaan.

Dengan adanya permasalahan tersebut, maka dengan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) dapat diketahui jumlah pembelian paling ekonomis pada setiap kali pembelian dan juga didukung oleh metode *Reorder Point* (ROP) yang digunakan untuk menghitung kapan perusahaan melakukan pemesanan barang kembali. Selain itu, dalam penelitian ini juga akan dikembangkan model simulasi diskrit dalam pengelolaaan persediaan bahan baku [1]. Model simulasi dikembangkan dengan menggunaka *software* ARENA. Dengan simulasi dapat dilakukan pengembangan beberapa skenario yang akan merepresentasikan kemungkinan-kemungkinan perubahan yang terjadi pada Q optimal dan total permintaan yang berpengaruh terhadap *total cost* [2].

Dengan menggunakan metode tersebut, diharapkan dapat meminimalisir kemungkinan adanya kekurangan maupun kelebihan persediaan bahan baku. Dan dapat diketahui *total inventory cost* dari pengadaan bahan baku tersebut. Dari permasalahan yang sudah dijelaskan tersebut dapat diangkat menjadi sebuah penelitian yang berjudul perhitungan dan pengembangan model simulasi diskrit pengadaan bahan baku di C.V. Aneka Kayu Distribusindo.

Penelitian dilakukan untuk mengetahui jumlah pengadaan bahan baku (Q),titik pemesanan kembali (ROP),dan *safety stock* yang tepat bagi perusahaan agar memenuhi kebutuhan konsumen [4]. Mengetahui total biaya persediaan (TC) sebelum dan setelah dilakukannya perhitungan dengan metode EOQ. Serta untuk mengetahui model dan hasil dari simulasi diskrit pengadaan bahan baku dengan software ARENA.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Identifikasi Masalah

Dalam identifikasi masalah ini, peneliti melakukan pengenalan terhadap masalah yang ada dalam perusahaan. Mengenali permasalahan adalah langkah awal untuk mengumpulkan banyak pertanyaan agar dapat mengetahui langkah apa selanjutnya yang bisa dilakukan agar permasalahan yang ada dalam perusahaan dapat terselesaikan dengan baik. Dalam identifikasi masalah ini, ditemukan bahwa adanya masalah berupa kekekurangan maupun kelebihan bahan baku yang tidak menentu pada CV. Aneka Kayu Distribusindo yang berpengaruh terhadap proses produksi.

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mendalam dan terperinci. Berikut adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan :

1. Wawancara
   Wawancara dilakukan secara langsung terhadap pemilik perusahaan, kepala produksi, dan kepala gudang. Wawancara dilakukan untuk melakukan pengumpulan data berupa jumlah mesin, nama mesin, nama jenis-jenis kayu, *lead time* pemesanan, dan metode pemesanan.
2. Dokumentasi
   Dokumentasi dilakukan untuk mengambil gambar maupun video yang dibutuhkan dalam kelengkapan penelitian
3. Pengambilan Data
   Pengambilan data ini dilakukan dengan melakukan pencatatan mengenai data persedian, permintaan dan pembelian bahan baku selama tahun 2018 yang berhubungan langsung dengan kepala gudang. Pengambilan data tersebut dilakukan dengan pencatatan manual. Sedangkan untuk pendataan mengenai urutan proses produksi, berhubungan langsung dengan kepala produksi.

B. Pengembangan Model Simulasi Inventory

Dalam hal ini, setelah pengembangan model konseptual terselesaikan maka semua hasil nya dimasukkan kedalam *software* ARENA. Membuat model simulasi diksritnya dengan *software* ARENA. Model simulasi untuk pengadaan bahan baku pada CV. Aneka Kayu Distribusindo. Dengan dilakukan pengembangan beberapa skenario yang akan merepresentasikan kemungkinan-kemungkinan perubahan yang terjadi pada parameter yang

ISBN 978-623-92050-0-3

berpengaruh dalam penentuan *order quantity* (Q) dan *reorder point* (R).

C. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas merupakan suatu cara untuk melihat pengaruh dari perubahan suatu parameter atau variable keputusan terhadap tujuan. Penelitian ini akan melihat pengaruh dari *order quantity* (Q) dan total permintaan terhadap *total inventory cost* [5]. Dalam tahapan ini, peneliti memanfaatkan model simulasi yang telah dibangun dengan menggunakan ARENA.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis hasil dan pembahasan adalah sebuah tahap dimana dilakukannya analisa dan pembahasan singkat terhadap hasil dari pengumpulan dan pengolahan data pengadaan persediaan bahan baku pada CV. Aneka Kayu Distribusindo dengan metode EOQ (*Economic Order Quantity*) , maupun hasil dari simulasi diskrit pada *software*.

TABEL II. *TOTAL COST EKSISTING*

Nyato Basah (Rp)	Nyato Kering (Rp)	Meranti Basah (Rp)	Meranti Kering (Rp)
135.162.384	104.472.810	42.846.641	23.510.098

Hasil Perhitungan Metode EOQ

Untuk analisis hasil perhitungan metode EOQ, dapat dilihat dari perbandingan pengadaan persediaan bahan baku antara kebijakan perusahaan dan hasil perhitungan dengan menggunakan metode EOQ (*Economic Order Quantity*) pada tabel-tabel berikut:

TABEL III. PERBANDINGAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU NYATO BASAH ANTARA KEBIJAKAN PERUSAHAAN DAN HASIL METODE EOQ

Nyato Basah		
	Menurut Perusahaan	Dengan Metode EOQ
Q	Q = 6,6 m^3	3,5 m^3
ROP	-	3,296 m^3
Safety Stock	-	1,029 m^3
∑Frekuensi Pembelian	4 Kali	8 Kali
Total Cost	Rp.35.162.384	Rp.134.242.850

TABEL IV. PERBANDINGAN PENGADAAN BAHAN BAKU MERANTI KERING ANTARA KEBIJAKAN PERUSAHAAN DAN HASIL METODE EOQ

Meranti Kering		
	Meranti Perusahaan	Dengan Metode EOQ
Q	Q = 0,89 m^3	1,9 m^3
ROP	-	1,296 m^3
Safety Stock	-	0,812 m^3
∑ Frekuensi Pembelian	3 kali	3 kali
Total cost	Rp.23.004.218	Rp. 23.004.218

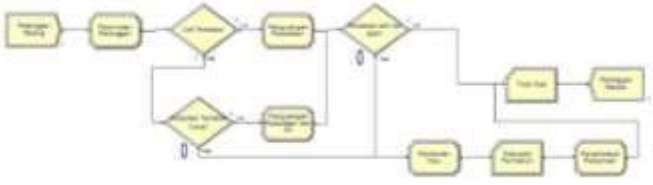
TABEL V. PERBANDINGAN PENGADAAN BAHAN BAKU NYATO KERING ANTARA KEBIJAKAN PERUSAHAAN DAN HASIL METODE EOQ

Nyanto Kering		
	Menurut Perusahaan	Dengan Metode EOQ
Q	Q = 1,2 m^3	2,14 m^3
ROP	-	1,763 m^3
Safety Stock	-	0,55 m^3
∑Frekuensi Pembelian	12 kali	7 kali
Total cost	Rp. 104.472.810	Rp.103.837.329

TABEL VI. PERBANDINGAN PENGADAAN BAHAN BAKU MERANTI BASAH ANTARA KEBIJAKAN PERUSAHAAN DAN HASIL METODE EOQ

Meranti Basah		
	Menurut Perusahaan	Dengan Metode EOQ
Q	Q = 1,79 m^3	2,2 m^3
ROP	-	1,795 m^3
Safety Stock	-	0,997 m^3
∑Frekuensi Pembelian	5 Kali	4 Kali
Total Cost	Rp. 42.846.641	Rp. 42.788.773

Dari semua hasil perbandingan diatas dapat diketahui bahwa perhitungan metode EOQ dapat menghasilkan Q optimal yang membuat *total cost* menjadi lebih kecil dibandingkan dengan *total cost* sebelum perhitungan. Dari hasil perhitungan dengan metode EOQ juga, diperoleh ROP (titik pemesanan kembali).



Gambar 1. Model arena

ISBN 978-623-92050-0-3

Perubahan- perubahan skenario (analisis sensitifitas) jumlah Q dan Total Permintaan tahunan pada keempat jenis bahan baku kayu tersebut, maka diperoleh hasil seperti grafik dibawah ini :

- Nyato Basah



Gambar 2. Sekenario Q nyato basah



Gambar 3. Sekenario TP nyato basah

- Nyato Kering



Gambar 4. Sekenario Q nyato kering



Gambar 5. Sekenario TP Nyato Kering

- Meranti Basah



Gambar 6. Sekenario Q meranti basah



Gambar 7. Sekenario TP meranti basah



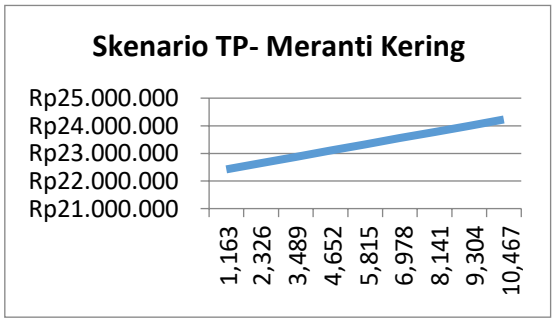
Gambar 8. Sekenario TP meranti basah

- Meranti Kering



Gambar 9. Sekenario Q meranti kering

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 10.. Sekenario TP meranti kering

Hasil *total cost* pada *initial conditional* adalah seperti yang tertera pada tabel diatas. Dan untuk masing-masing bahan baku terdapat dua variabel yang dilakukan perubahan nilai yaitu Q optimal dan total permintaan. Masing-masing dari variabel respon tersebut, memiliki 8 skenario dengan 1 *initial* untuk dijadikan pembanding. Dari hasil diatas diketahui bahwa :

1. Untuk Q optimal, apabila nilainya semakin turun, maka *total cost* yang dihasilkan akan semakin besar, begitupun dengan Q optimal yang semakin besar maka total costnya semakin besar. Sehingga dapat diketahui bawah Q optimal *initial condional* adalah *total cost* terkecil dari percobaan skenario Q optimal, berlaku untuk semua jenis bahan baku.
2. Untuk total permintaan yang telah dilakukannya beberapa skenario , maka dapat dilihat bahwa semakin besar total permintaan, maka akan semakin besar pula *total cost* yang dihasilkan. Seperti yang tertera pada grafik diatas.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Dari perhitungan diatas dapat diketahui hasil perhitungan metode EOQ untuk jumlah Q optimal,ROP,dan *safety stock* bahan baku nyato basah, nyato kering, meranti basah, meranti kering adalah sebagai berikut :

Jenis Bahan Baku	**Q (m^3)**	**ROP(m^3)**	***Safety Stock* (m^3)**
Nyato Basah	3,5	3,296	1,029
Nyato Kering	2,14	1,736	0,550
Meranti Basah	2,2	1,795	0,997
Meranti Kering	1,9	1,296	0,812

2. Perhitungan *total cost* untuk masing-masing jenis bahan baku menggunakan metode EOQ adalah untuk mengetahui berapa total biaya yang akan dikeluarkan oleh perusahaan. Berikut adalah *total cost* dari masing-masing jenis bahan baku sebelum dan sesudah perhitungan metode EOQ :

Jenis Bahan Baku	**Total Cost**	
	Sebelum Metode EOQ	**Setelah Metode EOQ**
Nyato Basah	Rp. 135.162.384	Rp. 134.242.850
Nyato Kering	Rp. 104.472.810	Rp. 103.837.329
Meranti Basah	Rp. 42.846.641	Rp. 42.788.773
Meranti Kering	Rp. 23.510.098	Rp. 23.004.218

3. Model simulasi diskrit pengadaan bahan baku dibuat berdasarkan sisem persediaan yang ada. Dengan menerapkan hasil ROP, Q optimal dan *safety stock* yang merupakan hasil metode EOQ probalistik. Dan dilakukannya perubahan-perubahan skenario terhadap Q optimal dan total permintaan untuk mengetahui perubahan total cost yang ada.
   a) Untuk gambar model, terdapat pada bab 4 dengan nomer gambar 4.2. Untuk *output initial conditional* dari model simulasi diskrit adalah sebagai berikut :

	Nyato Basah	**Nyato Kering**	**Meranti Basah**	**Meranti Kering**
∑Entity	9	10	8	7
Total Cost	134.242.850	103.837.329	42.788.773	23.004.219
Frekuensi Pembelian	6	5	2	1

   b) Perubahan Q Optimal dengan skala +20 sampai +80 dan -20 sampai -80 dari Q optimal intial. Dimana untuk masing-masing jenis bahan baku menunjukan hasil yaitu, semakin besar Q optimal, dan semakin kecil Q optimal, maka akan semakin besar *total cost* yang dikeluarkan. Jadi, Q optimal initial adalah Q yang cukup tepat, yang menghasilkan biaya total cost lebih kecil.
   c) Perubahan total permintaan dengan skala +20 sampai +80 dan -20 sampai -80 dari total permintaan initial. Dimana untuk masing-masing jenis bahan baku menunjukan hasil yaitu, semakin besar total permintaan, maka akan semakin besar pula *total cost* yang dikeluarkan.

ISBN 978-623-92050-0-3

B. Saran

Bagi CV. Aneka Kayu Distribusindo sudah memiliki alur persediaan yang cukup baik, hal tersebut dapat dipertahankan. Namun, untuk jumlah optimal yang harus dipesan dan persediaan pengaman yang harus disediakan, dapat menerapkan jumlahnya berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dilakukan dalam hasil penelitian ini. Atau perusahaan juga dapat melakukan perhitungan kembali, yang dapat menghasilkan hasil jumlah pembelian bahan baku yang optimal, titik pemesanan kembali dan persediaan pengaman untuk menanggulangi permintaan yang tidak pasti. Dan agar tidak membuat besarnya *total cost* yang akan dikeluarkan nantinya.

Bagi penelitian berikutnya, sebaiknya dilakukan analisis secara terperinci tentang masing-masing produk dan lebih mendalam tentang kebutuhan khusus dari suatu produk. Mungkin dapat dilakukannya perhitungan EOQ dengan rumus lain. Untuk model simulasi diskrit pada software ARENA, dapat dimodifikasi kembali agar lebih terperinci dan agar lebih banyak lagi skenario yang dapat dihasilkan tanpa batasan. Salah satunya yaitu penambahan if pada simulasi tentang tranportasi apabila 2 jenis bahan baku, diangkut bersamaan dalam satu kendaraan, yang dimana hal tersebut akan berpengaruh kepada *total cost*.

REFERENCES

[1] Y. Siagian, Aplikasi Supply Chain Management Dalam Dunia Bisnis, Jakarta: Grasindo, 2005.

[2] I. N. Pujawan and M. Er, Supply Chain Management, Surabaya: Guna Widya, 2010.

[3] R. Tersine, Principles of Inventory and Materials Management, Toronto: Prentice-Hall International, Inc., 1994.

[4] D. Sofyan, Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.

[5] H. Yunarto and M. Santika, Business Concept Implementation Series in Inventory Management, Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2005.

ISBN 978-623-92050-0-3

Kajian Penerapan *Total Quality Management* di Industri Jasa Perhotelan

1st Desita Nur Rachmaniar
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, Indonesia
email: desitarachmaniar@gmail.com

2nd Subagyo
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia email: subagyo@ugm.ac.id

***Abstract*—Total Quality Management (TQM) merupakan filosofi dan praktik manajemen yang sudah diterapkan di berbagai sektor industri. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dominan dalam penerapan TQM di industri perhotelan. Berdasarkan evaluasi dari dua puluh paper dapat diperoleh bahwa faktor-faktor yang dominan dalam kesuksesan implementasi TQM di industri perhotelan yaitu leadership, top commitment management, customer focus, manajemen pemasok dan keterlibatan employee didalamnya seperti training and knowledge.**

***Keywords*—TQM, Employee Satisfaction, Hotel Performance**

I. PENDAHULUAN

Kualitas memiliki peran penting di setiap sektor industri. Salah satu cara yang digunakan untuk meningkatkan kualitas secara sistematis yaitu melalui pendekatan Total Quality Management (TQM). TQM merupakan filosofi dan praktik manajemen yang melibatkan setiap pelaku organisasi dalam mencapai keunggulan perusahaan melalui improvement secara luas. Hampir semua perusahaan sudah mulai mempelajari dan menerapkan TQM sebagai sarana untuk meningkatkan laba, pangsa pasar, dan daya saing [1]. Hal ini didukung dengan adanya penelitian yang menganalisis beberapa penelitian terkait TQM pada sektor umum, manufaktur, UKM, jasa dan juga pada sektor yang lebih spesifik seperti IT, otomotif, perbankan, pendidikan, perusahaan makanan, oil and gas, transport, dan lain-lain [2].

Beberapa penelitian ini menunjukkan adanya penerapan TQM di berbagai sektor industri. Dengan menerapkan TQM banyak keuntungan yang bisa diperoleh, sebagai contoh perusahaan British airways berhasil mengimplementasikan TQM pada proses, karyawan dan pelanggan. Hasil yang didapatkan omset meningkat 23%, jumlah karyawan turun 3.153 orang, jumlah penumpang meningkat dan armada berkembang menjadi 33 pesawat [3]. Kemudian TQM di industri otomotif pada studi kasus perusahaan mobil, dan didapatkan hasil bahwa sukses mengimplementasikan TQM dengan keuntungan pengurangan biaya kualitas dan peningkatan kepuasan pelanggan [4].

Banyaknya penerapan konsep TQM di organisasi tidak selalu menjamin hasil yang sukses [5]. Perusahaan industri di ASEAN yang gagal

menerapkan TQM harus mewaspadai pengaruhnya terhadap kinerja nantinya. Bahkan lebih dari setengah sampel penelitian gagal menerapkan strategi TQM [6]. Di industri healthcare, TQM tidak berhasil diterapkan di Iran dikarenakan sistem manajemen mutu dan strategi yang diterapkan tidak tepat dalam mengelola kualitas [7], sedangkan di bidang kesehatan dan perawatan anak di Zimbabwe menjelaskan bahwa tidak ada bukti yang menunjukkan bahwa TQM berhasil diterapkan pada program pencegahan penularan ibu dan anak. Bahkan lebih dari setengah responden menyatakan TQM gagal diterapkan [8]. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat kita ketahui bahwa masih banyak organisasi yang mengalami kegagalan dalam mengimplementasikan TQM.

Perkembangan TQM di industri manufaktur ternyata berbeda dengan di industri Jasa, dimana kualitas pada industri jasa menjadi masalah dikarenakan faktor persepsi yang tinggi. Sektor industri pariwisata menjadi fokus utama peneliti karena merupakan salah satu sektor yang perkembangannya sangat menjanjikan di Indonesia. Data daya saing Indonesia dalam kepariwisataan meningkat dalam rentang waktu sepuluh tahun atau lima periode, dimana Indonesia memperoleh peringkat 42 pada tahun 2017 setelah berhasil naik dari peringkat 80 di tahun 2008 [9]. Hal ini membuat keberadaan industri jasa perhotelan menjadi penting dalam menunjang kemajuan sektor pariwisata.

TQM juga sudah diterapkan di industri perhotelan, akan tetapi masih ada beberapa yang mengalami kegagalan juga dalam penerapannya. Sebagian besar industri perhotelan Yunani tidak menerapkan TQM karena manajemen menganggapnya masih belum perlu bahkan beberapa ada yang tidak mengetahui istilah itu [10]. Implementasi TQM di perhotelan masih ada yang sangat rendah. Dimana faktor kepuasan pelanggan, perencanaan kualitas dan desain produk atau layanan melalui peningkatan berkelanjutan, dan pendidikan dan pelatihan karyawan, yang didukung oleh kepemimpinan menjadi hal yang perlu ditekankan. Komitmen manajemen puncak, fokus pelanggan, desain produk dan layanan, peningkatan berkelanjutan dan inovasi, pelatihan dan pendidikan masih menjadi

ISBN 978-623-92050-0-3

faktor penting di industri perhotelan India, ditambah dengan faktor budaya didalamnya [11]. Selain itu, ada tiga faktor penting lainnya, diantaranya pelatihan, kepemimpinan dan kepuasan pelanggan [12].

Dari beberapa penelitian yang sudah dijelaskan sebelumnya terkait penerapan TQM di industri perhotelan, dapat kita lihat bahwa belum adanya kesepakatan dari beberapa peneliti mengenai faktor kesuksesan maupun penyebab kegagalan TQM. Berdasarkan hal tersebut, peneliti ingin melakukan penelitian bagaimana caranya mencegah kegagalan penerapan TQM dan perlunya melakukan penelitian di industri perhotelan karena belum clear dan jelas, faktor mana yang paling krusial atau kritis untuk ditangani. Diharapkan nanti kedepannya, tercapai kesepakatan mengenai faktor kesuksesan maupun penyebab kegagalan TQM sehingga kegagalan penerapan TQM di industri perhotelan dapat dicegah

V. METODE

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu mereview beberapa paper yang ada terkait implementasi TQM di berbagai industri

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian terhadap penerapan TQM sudah banyak dilakukan, ada yang sukses dan ada juga yang masih gagal dalam penerapannya. Sampai saat ini faktor kritis yang dihasilkan berbeda di setiap penelitiannya

Di industri manufaktur, terdapat beberapa penelitian terkait implementasi TQM. Pada perusahaan otomotif menyatakan bahwa perusahaan tersebut gagal mengadopsi TQM dan perlu waspada terhadap kinerja rantai pasoknya [6]. Sedangkan penelitian pada industri logam, peran departemen kualitas, pelatihan dan pendidikan, dan budaya kualitas adalah variabel yang signifikan dalam implementasi TQM [13]. Ada juga penelitian yang dilakukan terhadap enam puluh dua perusahaan industri manufaktur di Turki untuk menilai sejauh mana kesiapan dalam menerapkan TQM. Dengan menggunakan metode ANP, menghasilkan bahwa ada tiga puluh dua faktor yang menjadi dasar penilaian TQM, dimana zero defect and costly and long-term study menjadi faktor yang paling berpengaruh [14]. Kemudian di industri manufaktur lainnya penelitian terkait faktor TQM menghasilkan adanya hubungan positif dan tidak langsung dari TQM dengan kinerja keuangan [15], penerapan TQM di UKM makanan berdampak pada finansial tapi tidak pada non-finansial karena kurangnya inovasi produk [16], dan praktik TQM secara positif terkait dengan kinerja manufaktur, dimana keberhasilan TQM sebagian besar tergantung pada kepemimpinan perusahaan itu sendiri [17].

Sedangkan di industri jasa, banyak penelitian terkait faktor- faktor dalam implementasi TQM. Industri jasa cukup bermacam-macam, seperti di industri pendidikan, perbankan, kesehatan, perhotelan, dan lain-lain. Contohnya pada industri pendidikan faktor teamwork menjadi yang paling berpengaruh dalam mengimplementasikan TQM [18], di industri perbankan penelitian dengan metode ANOVA menghasilkan variabel customer focus menjadi variabel yang penting [19], sedangkan di dua industri yaitu industri informasi dan komunikasi dan industri perbankan di India mengidentifikasi tujuh belas praktik TQM dan analisis lebih lanjut dari praktik TQM ini. Hasil yang didapatkan empat belas praktik diadopsi secara signifikan di seluruh industri ICT dan perbankan India sementara tiga praktik yaitu manajemen pemasok, sistem kualitas, dan budaya kualitas telah menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam adopsinya [20].

Di industri perhotelan sendiri, banyak penelitian yang sudah dilakukan terkait TQM. Diantaranya perhotelan di Kenya, variabel top management commitment dan customer orientation memiliki pengaruh yang besar terhadap kinerja organisasi. Studi ini menunjukkan manajemen kualitas layanan mempengaruhi kinerja hotel di Kenya [21]. Penelitian lain juga mengelompokkan hotel yang mengadopsi TQM tinggi dan rendah, hasil yang diperoleh bahwa hotel lebih fokus pada kepuasan pelanggan, perencanaan kualitas dan desain produk atau layanan melalui peningkatan berkelanjutan, dan pendidikan dan pelatihan karyawan, yang didukung oleh kepemimpinan [22]. Penelitian terkait hotel di Spanyol bertujuan untuk menganalisis bagaimana TQM dikaitkan dengan faktor manajerial. Hasil yang diperoleh menyimpulkan bahwa faktor manajerial tertentu (pelatihan, teknologi informasi dan komunikasi, dan manajemen lingkungan) dengan didorong oleh komitmen manajemen yang kuat, menjadi penting saat mengadopsi TQM [23].

Di industri perhotelan lainnya, salah satu metode dalam factor analysis yaitu EFA juga digunakan untuk menguji sejauh mana elemen TQM mempengaruhi kinerja hotel. Hasil dari faktor TQM yang diteliti, terdapat tiga faktor yang penting diantaranya pelatihan, kepemimpinan dan kepuasan pelanggan [11]. Penelitian lainnya bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis praktik TQM utama industri perhotelan India menggunakan metode statistik lainnya. Komitmen manajemen puncak, fokus pelanggan, desain produk dan layanan, peningkatan berkelanjutan dan inovasi, pelatihan dan pendidikan masih menjadi faktor penting di industri perhotelan India, ditambah dengan faktor budaya didalamnya. Sedangkan manajemen pemasok dan manajemen sumber daya manusia adalah praktik yang paling tidak penting [10].

Penelitian di perhotelan Malaysia bertujuan untuk menyelidiki hubungan struktural antara TQM, kepuasan karyawan dan kinerja hotel. Hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode SEM bahwa dimensi leadership dan customer focus menjadi dimensi yang sangat penting dalam praktik TQM di perhotelan dengan mempertimbangkan aspek kepuasan karyawan didalamnya. Sehingga komitmen

ISBN 978-623-92050-0-3

tinggi dari manajemen puncak dalam praktik TQM memiliki pengaruh signifikan terhadap kepuasan karyawan [24]. Paper lain ingin mengetahui implementasi TQM terhadap kinerja hotel di China dengan mempertimbangkan variabel market orientation dan faktor lingkungan eksternal menggunakan SEM. Hasil yang diperoleh bahwa variabel customer focus and internal/external cooperation adalah variabel yang paling penting dalam implementasi TQM. Dimana variabel market orientation berpengaruh dalam meningkatkan kinerja hotel, serta lingkungan eksternal yang terus berubah sehingga kurang pas diterapkan dalam jangka panjang [25].

Lain halnya di industri jasa kesehatan. Penelitian di beberapa rumah sakit menggunakan metode factor analysis, menghasilkan penelitian keduanya sama yaitu rumah sakit perlu fokus pada program training karyawan yang harus memadai [26][27]. Di bidang kesehatan India dan Iran ditemukan adanya perbedaan yang signifikan pada kriteria knowledge managemen dan leadership [28]. Di bidang kesehatan di Korea, hasil yang diperoleh dengan adanya metode SEM yaitu adanya dampak positif dari praktik TQM dengan sikap perawat dan kinerja layanan di kesehatan [29].

Dari beberapa paper yang telah dibahas, didapatkan beberapa faktor TQM di berbagai sektor industri. Di industri manufaktur faktor TQM yang paling dominan yaitu financial dan manajemen kualitas dari produk itu sendiri, sedangkan di industri jasa faktor yang paling dominan yaitu costumer focus serta training and education. Dimana jelas sekali terlihat perbedaannya, bahwa di industri jasa memang berhubungan langsung dengan pelanggan itu sendiri. Sehingga faktor yang berkaitan dengan karyawan dan pelanggan menjadi yang paling dominan. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Tabel 1.

VII. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan evaluasi dari dua puluh paper yang telah dibahas disimpulkan bahwa faktor-faktor yang dominan dalam kesuksesan implementasi TQM di industri perhotelan yaitu *leadership, top commitment management, customer focus, manajemen pemasok, serta training and knowledge*.

Mayoritas objek hotel yang diteliti dalam beberapa paper adalah hotel-hotel besar. Sehingga kedepannya perlu mempertimbangkan *online travel agency* (OTA) dan fenomena *virtual hotel operator* (VHO) seperti Nida Rooms, Airy Rooms, RedDoorz untuk melihat apakah hasil yang diperoleh juga akan sama. Hal ini dikarenakan seiring dengan berkembangnya teknologi, tren dan gaya hidup masyarakat yang gemar travelling dengan biaya seminimal mungkin.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Singh, A. K., and Shrivastava, R. L., 2012, Total quality anagement: literature review and an agenda for future research. *International Journal of Productivity and Quality Management*, *10*(3), 335

[2] Bajaj, S., Garg, R., and Sethi, M., 2018, Total quality management: a critical literature review using Pareto analysis. *International Journal of Productivity and Performance Management*, *67*(1), 128–154

[3] Madar, A., 2015, Implementation Of Total Quality Management, Bulletin of the Transilvania University of Braşov Series V: Economic Sciences, 8(57)

[4] Venkateshwarlu, N., Agarwal, A., and Kulshreshtha, M., 2011, Implementation of TQM: A Case Study in an Auto Company. *Asia Pacific Business Review* , *7*(2), 74–82

[5] Das, A., Kumar, V., and Kumar, U., 2010, The Role Of Leadership Competencies For Implementing TQM, *International Journal Of Quality And Reliability Management*, Vol.28, No.2, 196-219

[6] Punnakitikashem, P., Laosirihongthong, T., Adebanjo, D., and McLean,
M. W., 2010, A study of quality management practices in TQM and non- TQM firms: Findings from the ASEAN automotive industry. *International Journal of Quality and Reliability Management*, *27*(9), 1021–1035

[7] Mosadeghrad, A.M., 2015, Developing and Validating A Total Quality Management Model For Healthcare Organisations, *The TQM Journal*, 27(5), 544-564

[8] Noreen, G. S., Kudakwashe, S., and Kudzanayi, G., 2016, "The Effectiveness' of Total Quality Management In Service Quality of Ministry of Health and Child Care". *IOSR Journal of Humanities and Social Science*, *21*(09), 95–98

[9] World Economic Forum, 2017, The Travel & Tourism Competitiveness Report2017, http://www3.weforum.org/docs/WEF_TTCR_2017_web_0401.pdf

[10] Lazari, C.G., Kanellopoulos, D.N., 2007. Total quality management in hotel restaurants: a case study in Greece. Journal of Engineering and Applied Sciences 2 (3), 564–571

[11] Talib, F., Rahman, Z., dan Qureshi, M.N., 2012, Total Quality Management Practices in Indian Hospitality Industry: Some Key Findings from Survey, *National Conference on Emerging Challenges for Sustainable Business 2012*

[12] Bouranta, N., Psomas, E.L. and Pantouvakis, A. (2017), "Identifying the critical determinants of TQM and their impact on company performance: evidence from the hotel industry of Greece", *The TQM Journal*, Vol. 29, pp. 147-166

[13] Ramezani, H., and Gharleghi, B., 2013, Determinants of the Total Quality Management Implementation in SMEs in Iran (Case of Metal Industry). *International Journal of Business and Social Science*, *4*(16), 240–245

[14] Bayazit, O., and Karpak, B., 2007, An Analytical Network Process- Based Framework For Successful Total Quality Management (TQM): An Assessment Of Turkish Manufacturing Industry Readiness. *International Journal of Production Economics*, *105*(1), 79–96

[15] Ciptono, W. S., Ibrahim, A. R., Sulaiman, A., and Kadir, S. L. S. A., 2011, Sustainability Of TQM Implementation Model In The Indonesia's Oil And Gas Industry: An Assessment Of Structural Relations Model Fit. *Gadjah Mada International Journal of Business*, *13*(1), 1–20

[16] Nugroho, T. W. and Nurcahyo, R., 2018, Analysis of Total Quality Management (TQM) implementation in Small Medium Industries, 607- 618

[17] Sahoo, S., and Yadav, S., 2018, Total Quality Management in Indian Manufacturing SMEs. *Procedia Manufacturing*, *21*, 541–548

[18] Mukolwe, J., Okwara, M., and Ajowi, J., 2017, Assessment of Implementation of Total Quality Management in Primary Schools :
Implications for Academic Achievement, *6*, 75–85

[19] Al-Shobaki, S.D., Fouad, R.H., and Al-Bashir, A., 2010, The Implementation of Total Quality Management (TQM) for The Banking Sector in Jordan. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 4(2), 304-313

[20] Talib, F., & Rahman, Z., 2014, Identification and Adoption

ISBN 978-623-92050-0-3

of Total Quality Management Practices In Indian Information and Communication Technology and Banking Industries : an Empirical Study, *Proceedings of 3rd International Conference on Sustainability and Management Strategy*

[21] Mose, J.A and Kibera, F.N., 2015, The Influence Of Service Quality Management Practices On The Performance Of Hotel Firms In Kenya, *European Scientific Journal August 2015 edition*, 11(22)

[22] Al-Ababneh, M., Lockwood, A., 2012, Implementing Total Quality Management in the Hotel Industry. *Advances in Hospitality and Tourism Marketing and Management Conference, Corfu Island*

[23] Claver-corte, E., Pereira-moliner, J., Tari, J.J., and Molina-Azorin, J.F., 2006, TQM, Managerial Factors and Performance in the Spanish Hotel Industry, *Industrial Management & Data Systems*, 108(2), 228-244

[24] Wu, C. Rezaei, S. and Cobanoglu, C., 2017, The Structural Relationship Between TQM, Employee Satisfaction and Hotel Performance, *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 29(4), 1256-1278

[25] Wang, C., Chen, K., & Chen, S. (2012). Total quality management , market orientation and hotel performance : The moderating effects of external environmental factors.

[26] *International Journal of Hospitality Management*, *31*(1), 119–129

[27] Otieno Awuor, E., & Doris Kinuthia, C. M., 2013, Total Quality Management Practices in Selected Private Hospitals. *European Journal of Business and Management*, *5*(13), 2222–2839

[28] Al-Shdaifat, E. A., 2015, Implementation Of Total Quality Management In Hospitals. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, *10*(4), 461–466

[29] Gorji, A.M.H. and Farooquie, J. A., 2011, A Comparative Study Of Total Quality Management Of Health Care System In India And Iran. *BMC Research Notes*, *4*

[30] Ju, K., and Park, B., 2016, An Empirical Study Of Total Quality Management And Its Influences On Nurses' Attitude And Service Performance In Healthcare Organisations, *International Journal of Services and Operations Management*, *24*(2), 147

TABEL I. HASIL *REVIEW PAPER*

Faktor-faktor TQM	*Manufacture*						Perhotelan							*Healthcare*				Jasa lain		
	[6]	[22]	[23]	[24]	[25]	[26]	[10]	[11]	[14]	[15]	[16]	[28]	[29]	[17]	[18]	[21]	[27]	[13]	[19]	[20]
Teamwork																		√		
Top Commitment Management							√		√		√	√								
Customer Focus							√	√	√	√		√	√							√
Training and Education		√					√	√		√	√			√	√	√				
Information and Communication											√									
External Environtment											√		√							
Leadership						√		√		√		√				√				
Product and Service Design							√			√										
Continuous Improvement							√			√										
Culture		√					√												√	
Supply Chain Management	√						√												√	
Human Resource Management							√										√			
Quality Management		√	√														√		√	
Financial			√	√	√															
Internal/External Cooperation													√							

ISBN 978-623-92050-0-3

EVALUASI PENGGUNAAN DATA MEDIA SOSIAL SEBAGAI PENGEMBANGAN *TOOLS* PREDIKSI KESUKSESAN PRODUK

Dwi Adi Purnama
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
Dwiadi2.purnama@gmail.com

Subagyo
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
Subagyo@ugm.ac.id

Nur Aini Masruroh
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
aini@ugm.ac.id

***Abstract*— Pada saat awal pengembangan produk biasanya anggaran yang tersedia belum begitu besar karena potensi kesuksesan masih rendah. Oleh karena itu, *tools* prediksi kesuksesan produk berbiaya murah di awal tahap sangat diperlukan. Salah satu *tools* yang dapat digunakan yaitu dengan memanfaatkan data media sosial yang tersedia di internet. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi data yang tersedia di internet untuk membangun *tools* prediksi kesuksesan produk pada tahap awal pengembangan produk. Hasil penelitian menunjukan beberapa potensi, misalnya terdapat korelasi antara data di media sosial internet terhadap penjualan produk, sehingga data media sosial di internet dapat dimanfaatkan untuk pengembangan *tools* prediksi kesuksesan produk.**

Keywords—*tools* prediksi, kesuksesan produk, data, media sosial

I. PENDAHULUAN

Penggerak perekonomian di Indonesia dapat ditingkatkan melalui perkembangan sektor industri yang secara signifikan dapat berperan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB). Peran sektor industri sebanyak 20.7% terhadap produk domestik bruto [8]. Sektor industri Indonesia sendiri menempati peringkat keempat dari lima belas negara di dunia berdasarkan kontribusi besar industri manufaktur terhadap Produk Domestik Bruto [8]. Potensi sektor industri di Indonesia ini sangatlah strategis.

Perkembangan sektor industri dalam hal persaingan, menuntut pelaku industri mengembangkan produk yang dapat diterima oleh pasar. Produk baru yang dihasilkan perusahaan untuk dapat diterima pasar, memerlukan kualitas yang tinggi, biaya rendah, dan *lead-time* yang singkat [6]. Selain itu, perusahaan dituntut untuk lebih fokus dalam pengembangan produk baru [5].

Pengembangan produk baru memerlukan biaya yang tinggi namun resiko kegagalan juga tinggi. Sumber daya manusia dan aspek keuangan akan dikeluarkan lebih banyak dalam pengembangan produk baru, namun sebagian besar produk baru yang dikelola tidak berhasil dalam tahap pemasaran. Resiko kegagalan dalam pengembangan produk baru mencapai 25 hingga 45 persen [4]. Dalam penelitian lain juga mengilustrasikan kegagalan pengembangan produk baru yaitu dari tujuh ide produk baru hanya yang berhasil hingga tahap pemasaran [2]. Persentase kesuksesan awal adanya ide baru hingga tahap pemasaran kurang dari 1%. Berdasarkan tingginya biaya yang dikeluarkan dan resiko kegagalan dalam pengembangan produk baru, perusahaan harus memastikan apakah ide produk akan sukses di pasar atau tidak. Sehingga diperlukan adanya *tools* prediksi kesuksesan produk pada tahap awal dengan biaya yang murah.

Kesuksesan dan kegagalan produk dipengaruhi oleh kemampuan perusahaan dalam memahami kebutuhan pelanggan [3]. Kesuksesan produk diterima oleh pasar dapat dikaitkan dengan pendapat pelanggan terhadap suatu produk secara lisan maupun opini melalui media sosial, bahkan Indonesia menempati urutan ketiga dalam penggunaan media sosial [11]. Opini pelanggan melalui media sosial dapat digali melalui penambangan data maupun teks, lebih lanjut melalui penambangan teks berupa pendapat maupun kepuasan pelanggan dapat diidentifikasi [9].

Penambangan data media sosial menyediakan sumber data berlimpah untuk mengidentifikasi tren pelanggan [7], memberikan informasi yang lebih dibandingkan dengan analisis data pelanggan secara tradisional, kemudahan akses dan keterlibatan biaya yang lebih rendah.

Penggunaan data media sosial yang ada di internet menjadi salah satu alternatif untuk digunakan sebagai pengembangan *tools* prediksi kesuksesan produk dengan biaya yang murah, sehingga diperlukan identifikasi data yang tersedia di internet yang mempunyai korelasi terhadap kesuksesan produk.

Tujuan dari penelitian ini yaitu evaluasi awal data media sosial berbasis penambangan data untuk mengidentifikasi korelasi antara data sosial media

ISBN 978-623-92050-0-3

terhadap kesuksesan produk. Hipotesis awal penelitian dinyatakan dalam bentuk H0 dan H1. Penerimaan H0 berarti tidak ada pengaruh secara signifikan antara variabel data media sosial terhadap kesuksesan produk dan H1 berarti terdapat pengaruh secara signifikan antara variabel data media sosial terhadap kesuksesan produk.

Peneriamaan atau penolakan hipotesis didasarkan pada nilai *p- value* dengan asumsi awal bahwa terdapat pengaruh dan hubungan data media sosial terhadap kesuksesan produk.

II. METODOLOGI

Data yang digunakan yaitu data media sosial sebagai evaluasi awal karakteristik kesuksesan produk. Data media sosial diambil dari berbagai pendapat pengguna *twitter* terhadap suatu produk. Pada penelitian ini mengambil objek penelitian produk *smartphone* iphone 7 dan samsung galaxy note 7 mulai dari awal peluncuran produk hingga beberapa periode penjualan. Korelasi data media sosial *twitter* akan dibandingkan dengan data penjualan produk selama beberapa periode.

Terdapat beberapa langkah yang dilakukan dalam penelitian ini. Langkah pertama dilakukan pengumpulan data *twitter* dengan kata kunci "iphone 7" mulai dari periode awal peluncuran pada kuartil 1 2017, kuartil 2 2017, kuartil 1 2018, dan kuartil 2 2018, sedangkan pengumpulan data menggunakan kata kunci "samsung note 7" diambil data pada kuartil 4 2016, kuartil 1 2017, kuartil 2 2017, dan kuartil 3 2017.

Langkah kedua dilakukan penambangan data media sosial melalui *text mining* untuk mengetahui frekuensi kemunculan setiap kata dari data tersebut, sehingga dapat diketahui jenis kata yang sering muncul dan dibicarakan di media sosial berkaitan dengan kata kunci iphone 7 dan samsung note 7 di setiap periode. Hasil dari *text mining* diambil jenis kata yang memiliki kemungkinan berkorelasi terhadap penjualan berdasarkan frekuensi kemunculan, sehingga data *noisy* yang tidak diperlukan dapat dihilangkan.

Langkah ketiga identifikasi hubungan data media sosial terhadap kesuksesan produk dengan menghubungkan beberapa karakter kata hasil *text mining* berdasarkan frekuensi kemunculan kata dan data penjualan pada masing-masing periode. Variabel kata hasil *text mining* digunakan sebagai variabel independen dan variabel data penjualan digunakan sebagai variabel dependen. Sehingga dapat dilakukan pengujian regresi dan korelasi untuk mengidentifikasi pengaruh dan seberapa kuat hubungan antara variabel independen terhadap variabel dependen.

Selanjutnya, apabila data media sosial yang diperoleh memiliki pengaruh dan hubungan terhadap data penjualan maka terdapat potensi penggunaan data media sosial dalam prediksi kesuksesan produk.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Data diperoleh menggunakan *anaconda prompt* pada *phyton* untuk mengambil data *twitter*. Pengambilan data menggunakan kata kunci "iphone 7" dan "samsung note 7" pada masing-masing periode yang ingin diketahui, sehingga diperoleh data *twitter* yang mengandung kata kunci tersebut dengan jumlah komentar ditunjukan pada tabel I. Berikut.

TABEL I. JUMLAH DATA TWITTER YANG DIPEROLEH

Periode	**Jumlah Komentar Iphone 7**	**Periode**	**Jumlah Kompentar Samsung Note 7**
Kuartil I 2017	30.204	Kuartil IV 2016	29.473
Kuartil II 2017	30.220	Kuartil I 2017	21.092
Kuartil I 2018	30.300	Kuartil II 2017	16.073
Kuartil II 2018	30.246	Kuartil III 2017	18.467

Sebagai contoh dapat ditunjukan pada cuplikan data twitter pada tabel 2. sebagai berikut.

TABEL 2. CUPLIKAN DATA *TWITTER*

Kalau iMin sih pilih iPhone 7/ plus ya. iPhone 6s Plus termasuk yang kena throtling CPU dari iOS 11. Solusi jack audio bisa pakai adapter atau beli AirPods
baterai cepet habis dan panas
Really just wanna iPhone 7 cause the camera quality
I want an iPhone 7+ only because the camera is dope

Prepocessing data dilakukan melalui beberapa proses yaitu *tokenization, casefolding,* dan *filtering. Tokenization* dilakukan proses pemisahan teks yang tersedia pada setiap komentar menjadi potongan kata yang sering disebut *token.* Langkah transformasi pada proses *tokenization* seperti contoh pada TABEL III. berikut.

TABEL III. CONTOH PROSES *TOKENIZATION*

baterai cepet habis dan panas	baterai cepet habis dan panas
I want an iPhone 7+ only because the camera is dope	I Want An Iphone 7+ Only Because The camera id dope

ISBN 978-623-92050-0-3

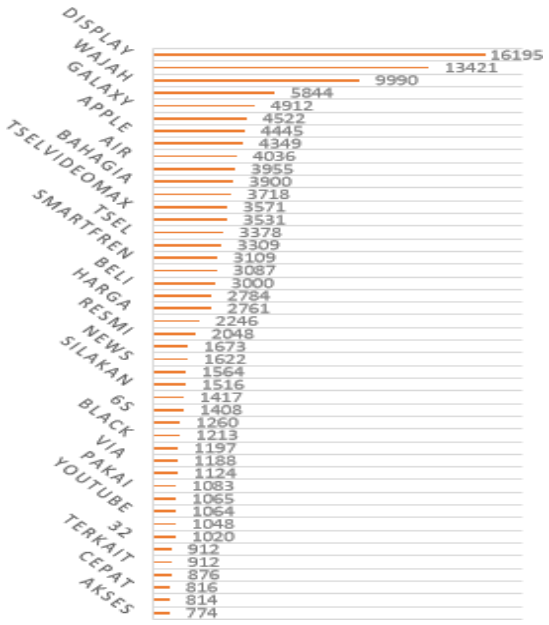
Selanjutnya, *case folding* dilakukan untuk mengubah huruf pada komentar menjadi satu bentuk, missal huruf capital dirubah menjadi huruf kecil atau sebaliknya.

Proses *filtering* dilakukan pengambilan kata-kata penting dari hasil *case folding* melalui *stopword* kata atau *word list*, sehingga tanda baca yang tidak penting dan tidak memiliki makna dapat dieliminasi. Sehingga setelah dilakukan *preprocessing data*, maka dapat dilakukan pengolahan data menggunakan *text mining* untuk mengetahui kata yang sering muncul atau disebutkan dalam komentar berdasarkan frekuensi kemunculan kata tersebut.

B. Hasil *Text Mining*

Text mining digunakan untuk mengetahui kata bermakna yang sering disebutkan dan diulas pada komentar *twitter* dengan memunculkan frekuensi kata yang sering muncul. Gambar 1. menunjukan salah satu hasil *text mining* untuk produk *iphone 7* pada periode kuartil 1 2017.

Hasil *text mining* memberikan informasi beberapa kata yang sering disebutkan pada komentar di *twitter* serta menunjukan frekuensi munculnya kata tersebut. Kata yang muncul berdaasarkan frekuensi dapat dikaitkan dengan karakter produk tersebut bahwa kata tersebut sering diulas atau dibicarakan pada komentar media sosial, sehingga dapat dilakukan analisis karakter produk tersebut apakah berkorelasi terhadap penjualan secara umum.

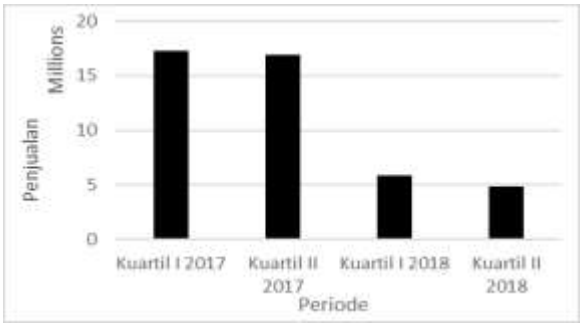


Gambar 1. Contoh Hasil *Text Mining* Iphone 7

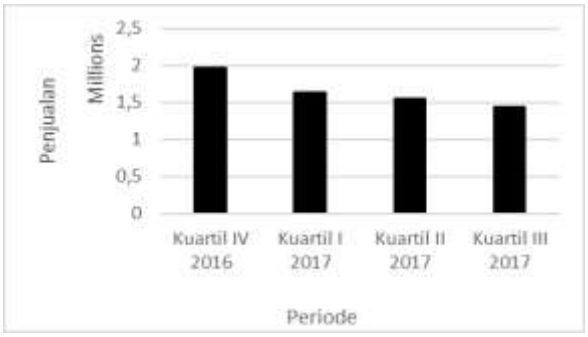
C. Korelasi Data Media Sosial terhadap Kesuksesan

Produk Kesuksesan produk pada dasarnya dapat dinilai dariberbagai aspek, salah satunya kriteria produk dapat dikatakan sukses yaitu hasil penjualan yang diperoleh dari setiap produk atau setiap perusahaan. Kriteria kesuksesan produk juga dapat didasarkan dari hasil market share yang diperoleh setiap produk maupun perusahaan [10]. Sehingga karakter produk yang sering diulas pada media sosial dapat dihubungkan pada data penjualan produk di setiap periode untuk mengetahui apakah ada korelasi antara jenis kata yang diulas pada media sosial terhadap penjulaan produk pada objek penelitian.

Jenis kata pada media sosial yang sering diulas berdasarkan banyaknya frekuensi dapat menunjukan spesifikasi atau karakter produk tersebut, misalnya *feature*, *camera*, bentuk, *ios*, *usb*, dan lainya sehingga korelasi antar kata ini dapat dikaitkan dengan data penjualan produk apakah terdapat korelasi atau tidak. Data penjualan pada penelitian ini diperoleh dari *counterpoint technology market research.*



GAMBAR 2. Data penjualan iphone 7



GAMBAR 3. Samsung Galaxy Note 7

Penjualan produk iphone 7 yang diteliti yaitu pada periode kuartil 1 2017, kuartil 2 2017, kuartil 1 2018, dan kuartil 2 2018 yang menunjukan penurunan jumlah penjualan ditahun 2018 dibandingkan pada tahun awal peluncuran 2017. Sedangkan penjualan produk samsung galaxy note 7 yang diteliti yaitu periode penjualan pada kuartil 4 2016, kuartil 1 2017, kuartil 2 2017, dan kuartil 3 2017 menunjukan penjualan yang naik turun hingga pada akhirnya penjualan produk tersebut ditarik setelah terjadinya insiden ledakan beberapa produk.

Penelitian ini mengevaluasi data media sosial berkaitan dengan variabel yang sering disebutkan pada koementar dan pendapat di media sosial

ISBN 978-623-92050-0-3

dikaitkan dengan kesuksesan produk yang diukur dari data penjualan. Variabel jenis kata yang muncul berdasarkan frekuensi pada media sosial dan dikaitkan dengan data penjualan untuk mengetahui apakah data media sosial yang menunjukan karakter produk berkorelasi dengan kesuksesan produk yang diukur melalui penjualan produk.

Penelitian ini mengevaluasi data media sosial berkaitan dengan variabel yang sering disebutkan pada koementar dan pendapat di media sosial dikaitkan dengan kesuksesan produk yang diukur dari data penjualan. Variabel jenis kata yang muncul berdasarkan frekuensi pada media sosial dan dikaitkan dengan data penjualan untuk mengetahui apakah data media sosial yang menunjukan karakter produk berkorelasi dengan kesuksesan produk yang diukur melalui penjualan produk.

TABEL IV. KORELASI VARIABEL KOMENTAR IPHONE 7 TERHADAP PENJUALAN

Jenis Kata	Periode	Frekuensi Kata	P-value	Korelasi	Model Regresi
Feature	Kuartil I 2017	613	0.017	r = 0.983 R^2 =0.966	Y = -7434503.95 + 38236,45 X
	Kuartil II 2017	663			
	Kuartil I 2018	326			
	Kuartil II 2018	352			
Battery	Kuartil I 2017	708	0.193	r = - 0,807 R^2 =0.652	Y = 559417 74.12 - 57786.39 X
	Kuartil II 2017	701			
	Kuartil I 2018	905			
	Kuartil II 2018	780			
IOS	Kuartil I 2017	1422	0.023	r = -0.976 R^2 = 0.953	Y = 23602939.24 - 5833.82 X
	Kuartil II 2017	889			
	Kuartil I 2018	3025			
	Kuartil II 2018	3138			
USB	Kuartil I 2017	255	0.022	r = -0.978 R^2=0.956	Y = 20528251.54 - 15289.01 X
	Kuartil II 2017	217			
	Kuartil I 2018	1054			
	Kuartil II 2018	903			
Display	Kuartil I 2017	17647	0.372	r = - 0.628 R^2 = 0.394	Y = 41213753.99 - 1787.48 X
	Kuartil II 2017	13214			
	Kuartil I 2018	18170			
	Kuartil II 2018	18035			
Kencang	Kuartil I 2017	722	0.31	r = 0.689 R^2 = 0.475	Y = -87903975.65 + 137801.22 X
	Kuartil II 2017	756			
	Kuartil I 2018	726			
	Kuartil II 2018	674			
Camera	Kuartil I 2017	1306	0.694	r = - 0.306 R^2 = 0.094	Y = 28019169.93 - 13996.80 X
	Kuartil II 2017	1001			
	Kuartil I 2018	1318			
	Kuartil II 2018	1169			
Samsung	Kuartil I 2017	852	0.044	r = - 0,956 R^2 = 0.914	Y = 27090210.48 - 9483.07 X
	Kuartil II 2017	1306			
	Kuartil I 2018	2295			
	Kuartil II 2018	2131			
Bentuk	Kuartil I 2017	1162	0.021	r = 0.979 R^2 =0.958	
	Kuartil II 2017	1364			
	Kuartil I 2018	498			
	Kuartil II 2018	446			
Charger	Kuartil I 2017	378	0.025	r = -0.975 R^2=0.951	Y = 22021156.84 - 14470.84 X
	Kuartil II 2017	351			
	Kuartil I 2018	972			
	Kuartil II 2018	1278			

Pengaruh antara variabel media sosial terhadap kesuksesan produk dapat diketahui melalui nilai p-value dengan nilai p-value ≤ 0.05 menolak H0 yang berarti terdapat pengaruh secara signifikan antara variabel data media sosial terhadap kesuksesan produk. Hal ini dapat ditunjukan oleh nilai p-value variabel yang diukur, terdapat pengaruh dari sebagian besar variabel yang terukur terhadap kesuksesan produk.

Korelasi digunakan untuk melihat keterkaitan antara dua varibel [1]. Penelitian ini mengevaluasi apakah terdapat keterkaitan antara data media sosial terhadap penjualan produk. Sehingga faktor frekuensi kata yang muncul atau jenis kata yang sering diulas pada data media sosial digunakan sebagai variabel independen yang mungkin dapat mempengaruhi penjualan produk sebagai variabel dependen.

Pengukuran keterkaitan variabel data media sosial dan data penjualan pada data media sosial ditentukan berdasarkan kekuatan korelasi kedua variabel tersebut. Korelasi atau keterkaitan dua variabel dikatakan sangat tinggi apabila nilai korelasi 0.9 hingga 1, korelasi tinggi apabila nilai korelasi dari 0.7

ISBN 978-623-92050-0-3

hingga 0.89, korelasi sedang antara 0.5 hingga 0.69, korelasi rendah anatr 0.3 hingga 0.49, dan korelasi sangat rendah ditunjukan dengan nilai 0 hingga 0.29 [1], baik berhubungan secara positif maupun negatif.

Hasil korelasi yang ditunjukan pada tabel 4, menunjukan bahwa sebagian besar karakter data media sosial yang diwakili oleh jenis kata tertentu memiliki hubungan yang sangat tinggi terhadap kesuksesan produk yang diwakili oleh data penjualan produk. Hal ini ditunjukan oleh karakter produk seperti *feature, ios, usb, samsung, bentuk, charger* memiliki nilai korelasi diatas 0.9 yang berarti korelasi variabel tersebut terhadap penjualan sangat tinggi. Korelasi antara jenis kata baterai memiliki korelasi tinggi, serta adanya korelasi yang sedang diantara jenis kata kencang dan *display* terhadap penjualan produk iphone 7. Korelasi tersebut dapat mewakili hubungan yang positif maupun negatif. Sehingga jenis kata dengan frekuensi muncul pada komentar media sosial atau sering diulas dapat menunjukan hubungan yang kuat terhadap kesuksesan produk yang ditunjukan dari data penjualan.

Frekuensi jenis kata yang muncul pada data media sosial memiliki hubungan yang kuat terhadap kesuksesan produk, sehingga banyaknya frekuensi kata yang muncul dapat digunakan untuk memprediksi penjualan produk. Prediksi penjualan produk dapat dimodelkan melalui model regresi yang terbentuk. Model regresi pada masing-masing jenis kata yang relevan terhadap penjualan produk iphone 7 ditunjukan pada tabel IV.

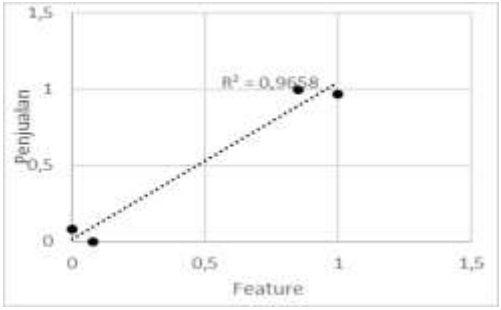
TABEL 5. Korelasi Variabel Komentar Samsung Galaxy Note 7 terhadap Penjualan

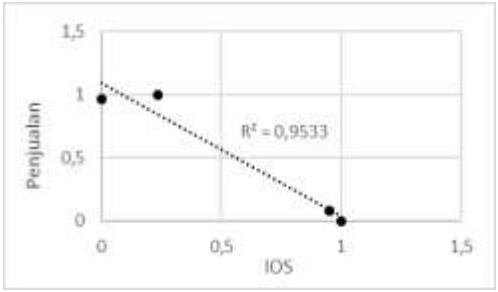
Jenis Kata	Periode	Frekuensi Kata	P-value	Korelasi	Model Regresi
Display	Kuartil IV 2016	25849	0.05	r =0.948 R^2 =0.899	Y = 78728 5.659+ 45.185 X
	Kuartil I 2017	19523			
	Kuartil II 2017	15104			
	Kuartil III 2017	16252			
Galaxy	Kuartil IV 2016	59357	0.046	r =0.954 R^2 =0.91	Y = 694863. 43 + 21.6 24 X
	Kuartil I 2017	41607			
	Kuartil II 2017	37532			
	Kuartil III 2017	38932			
Iphone	Kuartil IV 2016	2573	0.381	r = -0,62 R^2 = 0.384	Y = 182072 3.68 -37.24 X
	Kuartil I 2017	2586			
	Kuartil II 2017	2539			
	Kuartil III 2017	10207			
Technology	Kuartil IV 2016	1362	0.29	r = 0.71 R^2 =0.504	Y = 3.538 + 580.0 27 X
	Kuartil I 2017	1165			
	Kuartil II 2017	1324			
	Kuartil III 2017	747			
Baterai	Kuartil IV 2016	634	0.635	r = - 0.365 R^2 = 0.133	Y = 2E+06- 73.298 X
	Kuartil I 2017	3338			
	Kuartil II 2017	1678			
	Kuartil III 2017	1346			

Terdapat Pengaruh antara variabel media sosial terhadap kesuksesan produk dapat ditunjukan melalui nilai p-value ≤ 0.05 yang menolak H0 yang berarti terdapat pengaruh secara signifikan antara variabel data media sosial terhadap kesuksesan produk. Hal ini dapat ditunjukan oleh nilai p-value variabel yang diukur, terdapat pengaruh dari sebagian besar variabel yang terukur terhadap kesuksesan produk.

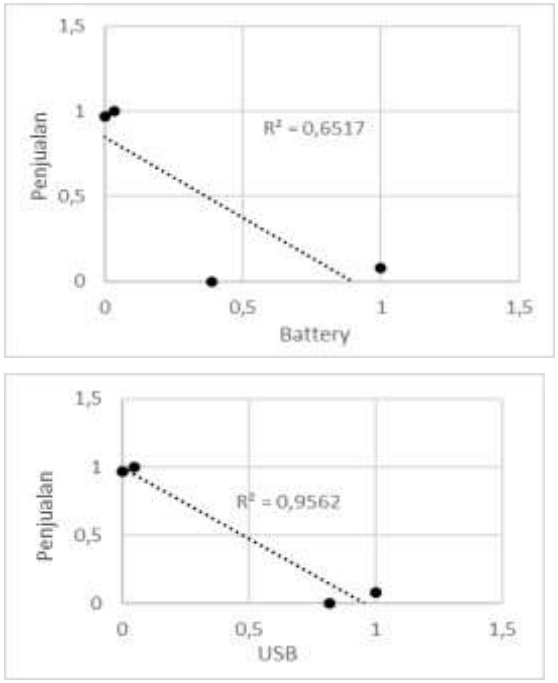
Hasil korelasi pada beberapa jenis kata komentar produk samsung galaxy note 7 terhadap penjualan menunjukan adanya hubungan antara data sosial media dengan penjualan produk sama halnya seperti pada komenar iphone 7. Hubungan ditunjukan dari nilai korelasi yang sebagian diatas 0.7 yang berarti adanya korelasi kuat atau tinggi antara data media sosial diwakili oleh jenis kata dan data penjualan yang mewakili kesuksesan produk. Hubungan yang kuat antara jenis kata yang muncul pada komentar media sosial terkait produk samsung galaxy note 7 dapat dimodelkan melalui model regresi yang ditunjukan pada tabel 5.

Informasi hubungan antara data media sosial dengan hasil penjualan dapat dijelaskan lebih lanjut melalui grafik korelasi pada berikut.





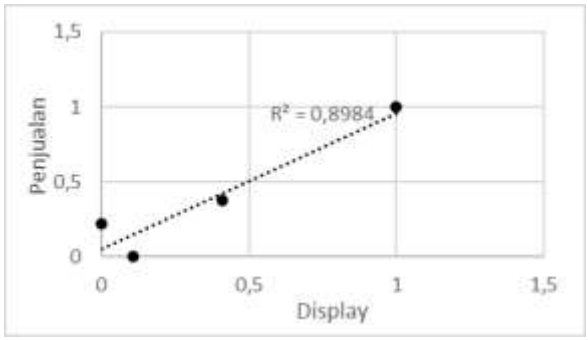
ISBN 978-623-92050-0-3

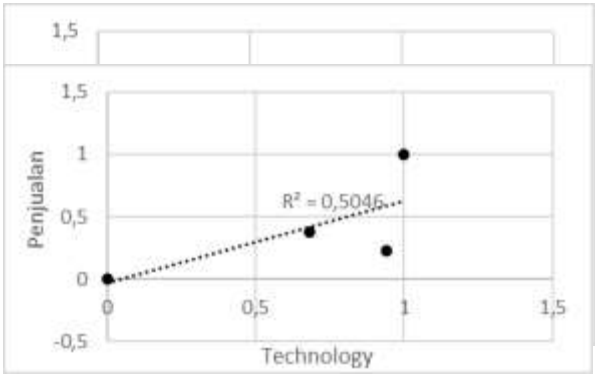


GAMBAR 4. Grafik Korelasi Data Media Sosial Terhadap Penjualan Produk Iphone 7

Grafik korelasi positif antara jenis kata yang muncul pada media sosial mempengaruhi secara positif terhadap jumlah penjualan produk iphone 7 yang diwakili oleh variabel kata relevan diantaranya yaitu *feature*, kencang, dan bentuk. Sedangkan hubungan negatif ditunjukan oleh jenis kata yang relevan yaitu *battery*, *ios*, *usb*, *display*, *camera*, *samsung*, dan *charger*. Hubungan positif berarti semakin banyak kata tersebut muncul dapat mempengaruhi pada peningkatan penjualan, sedangkan hubungan negatif terdapat pengaruh negatif pada semakin banyak jumlah kata muncul akan menurunkan penjualan.

Grafik korelasi antara jenis kata relevan terhadap penjualan pada produk samsung galaxy note 7 ditunjukan pada gambar 5 berikut.





GAMBAR 5. Grafik Korelasi Data Media Sosial Terhadap Penjualan Produk Samsung Galaxy Note 7

Grafik korelasi kata relevan memiliki hubungan positif terhadap penjualan samsung galaxy note 7 yang diwakili oleh jenis kata *display*,*galaxy*, dan *technology*. Sedangkan hubungan negatif diwakili oleh iphone dan baterai.

Penelitian ini menunjukan bahwa data media sosial yang ada diinternet salah satunya *twitter* memiliki korelasi yang kuat terhadap penjualan produk sebagai indikator kesuksesan produk sehingga pembangunan *tools* prediksi kesuksesan produk dapat dilakukan dengan memanfaatkan data media sosial yang ada diinternet. Evaluasi penggunaan data media sosial ini merupakan tahap awal dalam pembangunan *tools* prediksi kesuksesan produk. Sehingga arah penelitian kedepan setelah menemukan korelasi antara data media sosial dengan penjualan produk, dapat dibangun model kesuksesan produk berdasarkan data internet yang dapat digunakan untuk memprediksi kesuksesan produk

IV. KESIMPULAN

Hasil evaluasi awal data media sosial *twitter* menunjukan adanya pengaruh dan korelasi yang kuat antara data *twitter* yang diwakili oleh jenis kata yang muncul dalam komentar terhadap penjualan produk sebagai indikator kesuksesan produk, sehingga terdapat potensi penggunaan data media sosial yang tersedia di internet sebagai pengembangan *tools* prediksi kesuksesan produk.

ISBN 978-623-92050-0-3

DAFTAR PUSTAKA

[1] A.G. Asuero, A. Sayago, and A.G. Gonz´alez, "The Correlation Coefficient: An Overview". Critical Reviews in Analytical Chemistry, 36:41–59, 2006.
[2] A. Booz, and Hamilton, "New product management for the 1980's". New York: Booz, Allen & Hamilton, Inc, 1982.
[3] R. Cooper, "From experience: The invisible success factors in product innovation". *Journal of Product Innovation Management*, 16, 115- 133. http://dx.doi.org/10.1016/S0737-6782(98)00061-7, 1999.
[4] R. Cooper, "Winning at new products: Accelerating the process from idea to launch (3rd Ed.)", Massachusetts: Perseus Publishing, 2001.
[5] Ellram, "Product-process-supply chain: an integrative approach to three- dimensional concurrent engineering", Journal of Cleaner Production 16 1620–1631, 2007.
[6] C.H. Fine, B. Golany, and H. Naseraldin, "Modeling tradeoffs in threedimensional concurrent engineering: a goal programming approach", Journal of Operations Management 23 389–403, 2005.
[7] B. Jeong., J. Yong, and Lee, "Social media mining for product planning: A product opportunity mining approach based on topic modeling and sentiment analysis" International Journal of Information Management, 2017.
[8] Kementrian Perekonomian RI, "Kontribusi Industri Manufaktur Indonesia Peringkat Keempat Dunia", Tersedia pada https://kemenperin.go.id/artikel/18325/Kontribusi-Industri-Manufaktur- Indonesia-Peringkat-Keempat-Dunia (diakses online pada 8 Agustus 2019).
[9] E. Sezgen, K.J. Mason, and R. Mayer, "Voice of airline passenger: A text mining approach to understand customer satisfaction", Journal of Air Transport Management 77 65-74, 2019.
[10] F. Trapsilawati, and Subagyo, "Pengaruh Functionality Terhadap Kesuksesan Produk", Forum Teknik Vol. 33. ISSN : 0216 -75, 2010.
[11] We Are School, "World's Internet Users Pass The 4 Billion Mark, Global Digital Report", 2018, https://digitalreport.wearesocial.com/ (diakses online pada 3 Mei, 2019).

ISBN 978-623-92050-0-3

Proyeksi Ketersediaan Sistem dan Biaya *Repowering* dengan Metode *Cost Estimation Ratio* Pada Kilang Minyak di Indonesia

Dyah Sukmawati
Program Studi Teknik Industri,Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
re_submit@yahoo.com

M. Kusumawan Herliansyah
Program Studi Teknik Industri,Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
herliansyah@ugm.ac.id

Abstrak-Konsumsi energi mengalami peningkatan seiring laju pembangunan. Minyak bumi masih menempati urutan teratas dalam daftar penyedia kebutuhan energi, meskipun saat ini telah muncul beberapa energi terbarukan. Pengolahan minyak bumi dilakukan di kilang-kilang, baik yang dioperasikan oleh Badan Usaha Milik Negara maupun pihak swasta. Industri pengolahan minyak merupakan *capital intensive bussiness*, dimana memerlukan modal yang besar dan memiliki ketidakpastian yang tinggi. Operasional kilang yang berlangsung 24 jam sehari selama 7 hari dan memiliki beban kerja yang tinggi menyebabkan kilang mengalami *aging* dan mengakibatkan menurunnya kapasitas produksi dan ketersediaan sistem. Untuk dapat bersaing, kilang harus melakukan efisiensi operasional, salah satu caranya dengan mengurangi waktu henti untuk pemeliharaan/perbaikan dan beroperasi pada tingkat ketersediaan yang tinggi. Untuk memastikan kilang beroperasi dengan baik dan memenuhi target produksi, manajemen perlu untuk mengetahui ketersediaan sistem saat ini dan proyeksinya di masa yang akan datang. Selain itu, manajemen juga mempertimbangkan *repowering* sebagai salah satu alternatif untuk meningkatkan ketersediaan sistem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketersediaan sistem saat ini hingga 25 tahun yang akan datang, juga memberikan alternatif kombinasi *repowering* terbaik dari sisi biaya dengan metode *Cost Estimation Ratio Model*.

Keywords—kilang minyak, ketersediaan, repowering, cost estimation ratio.

I. PENDAHULUAN

Konsumsi energi mengalami peningkatan seiring laju pembangunan. Minyak bumi masih menempati urutan teratas dalam daftar penyedia kebutuhan energi, meskipun saat ini telah muncul beberapa energi terbarukan. Pengolahan minyak bumi dilakukan di kilang-kilang, baik yang dioperasikan oleh Badan Usaha Milik Negara maupun pihak swasta. Industri pengolahan minyak merupakan *capital intensive bussiness* [1], dimana memerlukan modal yang besar dan memiliki unsur ketidakpastian yang tinggi. Operasional kilang yang berlangsung 24 jam sehari selama 7 hari dan memiliki beban kerja yang tinggi menyebabkan kilang mengalami *aging* dan mengakibatkan menurunnya kapasitas produksi dan ketersediaan sistem. Untuk dapat bersaing, kilang harus melakukan efisiensi operasional, salah satu caranya dengan mengurangi waktu henti untuk pemeliharaan/perbaikan dan beroperasi pada tingkat ketersediaan yang tinggi.

Untuk memastikan kilang beroperasi dengan baik dan dapat memenuhi produksi yang ditargetkan, manajemen perlu untuk mengetahui ketersediaan sistem saat ini dan proyeksinya di masa yang akan datang. Di samping itu, manajemen juga mempertimbangkan *repowering* sebagai salah satu alternatif untuk meningkatkan *availability* sistem. *Repowering* adalah kegiatan perbaikan hingga penggantian komponen atau subsistem yang dapat meningkatkan kapasitas maupun nilai efisiensinya, sehingga umur sisa mesin sama dengan umur target ataupun mesin yang baru *(as good as new)*.

Penelitian ini bertujuan untuk memproyeksikan *availability* sistem saat ini hingga 25 tahun ke depan, dan memberikan alternatif kombinasi *repowering* terbaik dari segi biaya.

II. METODOLOGI

Penelitian dilakukan di sebuah kilang minyak milik salah satu perusahaan minyak dan gas. Kilang ini memproduksi *kerosene, heavy diesel oil, light diesel oil, heavy naptha, dan light naptha*.

A. Objek Penelitian

Penelitian dilakukan di sebuah kilang minyak milik salah satu perusahaan minyak dan gas. Kilang ini memproduksi *kerosene, heavy diesel oil, light diesel oil, heavy naptha, dan light naptha*.

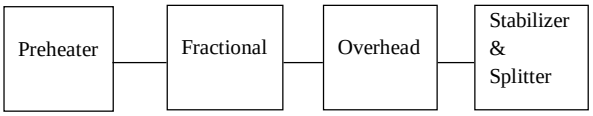
B. Tahap Penelitian

1. Proyeksi *Availability* Sistem

Sistem pada kilang minyak yang diteliti terdiri dari 4 subsistem, yaitu *preheater, fractional, overhead,* dan

ISBN 978-623-92050-0-3

stabilizer&splitter. Bila digambarkan dengan *Reliability Block Diagram* (RBD), keempat subsistem tersusun secara seri. RBD adalah sebuah metode untuk melakukan analisis keandalan sistem dan ketersediaan pada sistem besar dan kompleks dengan menggunakan diagram blok sistem [3]. Susunan secara seri berarti bahwa sistem akan bekerja dengan baik bila keempat subsistem tersebut beroperasi sesuai fungsinya. Bila terjadi gangguan pada salah satu subsistem, maka kinerja sistem akan mengalami penurunan atau bahkan kegagalan. Gambar 1 menunjukkan RBD sistem.



Gambar 1. RBD sistem

Dari data *mean time between failure* (MTBF) dan *mean time to repair* (MTTR) subsistem yang telah diketahui, maka dapat dihitung *availability* masing-masing subsistem. *Availability* atau ketersediaan adalah kemampuan suatu item berada dalam keadaan untuk melakukan fungsi yang diperlukan dalam kondisi tertentu pada saat tertentu atau selama interval waktu tertentu, dengan asumsi bahwa sumber daya eksternal yang diperlukan tersedia [5]. Ketersediaan terbagi atas *inheret availability*, *achieved availability*, *operational availability*, *generalized operational availability*, dan *total system availability* [3]. *Inheret availability* adalah peluang suatu sistem beroperasi didasarkan pada kegagalan distribusi (*Mean Time Between Failure*) dan distribusi waktu perbaikan (*Mean Time To Repair*). *Inheret availability equipment* dihitung berdasarkan Persamaan 1.

$$A_i = \frac{up\ time}{up\ time + down\ time} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (1)$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *availability* yang tersusun secara seri didefinisikan seperti pada persamaan 2 [6].

$$A_{sys} = \frac{1}{1+\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{1-A_i}{A_i}\right)} \quad (2)$$

dimana,

A_i = ketersediaan subsistem *i*

n = jumlah subsistem

A_{sys} = ketersediaan sistem seri

Data dan hasil perhitungan MTBF, MTTR, dan *availability* ditunjukkan pada Tabel 1.

Setelah nilai MTTR, MTBF dan *availability* sistem pada saat ini diketahui, maka dilakukan perhitungan proyeksi MTTR, MTBF dan *availability* hingga 25 tahun kemudian/tahun 2044. Diketahui bahwa sistem mulai beroperasi pada tahun 1983, dan pada tahun 2019 telah beroperasi selama 36 tahun. Nilai MTTR sistem maupun subsistem selanjutnya diasumsikan selalu tetap setiap tahunnya. Karena tren pada proyeksi MTBF menunjukkan nilai yang terus naik tiap tahunnya, maka proyeksi *availability* dihitung dengan penurunan kapasitas sebesar 0,317% setiap tahunnya [2]. Proyeksi *availability* sistem umur 0 tahun hingga 61 tahun dihitung dengan Persamaan 3.

$$y = 0{,}00317x + 0{,}4694 \quad (3)$$

TABEL 1. DATA DAN PERHITUNGAN MTBF, MTTR, DAN *AVAILABILITY*

Subsistem	**MTTR**	**MTBF**	***Availability***
Preheater	329,4	419,1	55,99%
Fractional	269,1	333,4	55,33%
Overhead	113,9	2583,8	95,78%
Stabilizer & Splitter	249,7	1042,5	80,68%
Sistem	**269,5**	**148,5**	**35,53%**

2. Menghitung Biaya Kenaikan Keandalan

Untuk menghitung biaya kenaikan keandalan, perlu dilakukan *adjusment* rumus pada model *Cost Estimation Ratio* (CER). CER merupakan suatu model yang diadopsi dan dibangun untuk memprediksi biaya peningkatan keandalan pada setiap komponen mesin yang mengalami *scaling* [4]. Idealnya, setiap komponen memiliki model spesifik untuk memprediksi biaya akibat peningkatan keandalan, namun model spesifik bagi tiap komponen tidak tersedia [7]. Maka dari itu, CER model saat ini menjadi model yang paling banyak digunakan. Rumus model CER didefinisikan pada Persamaan 4.

$$CER = \frac{\gamma_{R1}^{2.119}}{0.3659}\ x\ APUC \quad (4)$$

dimana,

γ_{R1} = rasio dari peningkatan keandalan,

APUC = *Average Production Unit Cost* (rata-rata biaya produksi per unit) = biaya *Equipment, Procurement and Construction* (EPC) untuk 1 mesin.

Data EPC per sub sistem ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Harga EPC

Subsistem	**Harga EPC**
Preheater	1.662.009.466.260
Fractional	5.089.265.234.882
Overhead	891.000.795.337
Stabilizer&Splitter	1.060.517.819.488
Total EPC	**8.702.793.315.967**

Nilai rasio keandalan ($\gamma_{R1)}$ dapat diperoleh dari perbandingan selisih *Mean Time Between Failure* (MTBF) setelah melakukan peningkatan keandalan ($MTBF_1$) dan MTBF kondisi awal ($MTBF_C$) dengan MTBF kondisi awal ($MTBF_C$). Persamaan 5

ISBN 978-623-92050-0-3

menunjukkan cara perhitungan rasio peningkatan keandalan.

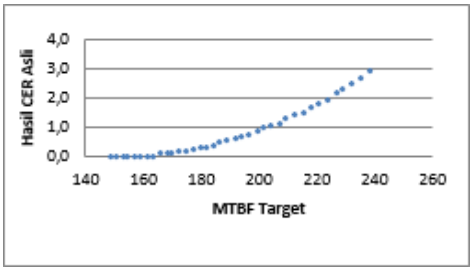
$$\gamma_{R1} = \frac{MTBF_1 - MTBF_C}{MTBF_C} \qquad (5)$$

Adjustment rumus CER dilakukan dengan mengganti penyebut pada Persamaan 4 dengan angka terbesar hasil perhitungan Persamaan 5. Hasil pengubahan penyebut rasio peningkatan keandalan dapat dilihat pada Tabel 3.

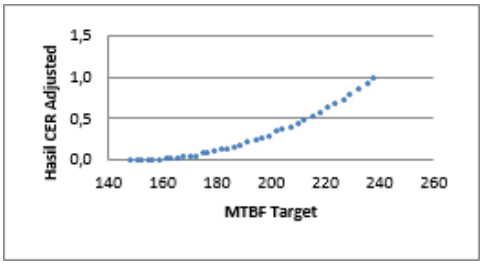
TABEL III. HASIL PENGUBAHAN PENYEBUT RASIO PENINGKATAN KEANDALAN

Subsistem	**Penyebut Asli (CER)**	**Penyebut *Adjustment***
Preheater	0,3659	0,625
Fractional	0,3659	0,620
Overhead	0,3659	0,129
Stabilizer & Splitter	0,3659	1,788
Sistem	0,3659	0,605

Kegiatan *adjusment* kemudian diverifikasi dengan cara membandingkan bentuk slope rasio peningkatan keandalan sebelum *adjusment* dan setelah *adjustment.* Hasil verifikasi dapat dilihat pada Gambar 1.



(a)



(b)

Gambar 1. Verifikasi CER *Sistem* (a) Penyebut Asli, (b) *Adjusment* Penyebut

Dari Gambar 1 terlihat bahwa slope rasio peningkatan keandalan sebelum dan sesudah *adjustment* adalah sama, sehingga dapat disimpulkan bahwa *adjusment* pada rumus CER sudah terverifikasi.

Hasil perhitungan sebelum dan sesudah *adjustment* dapat dilihat pada Tabel IVdan Tabel V.

MTTR	Availability	Tahun	Umur	MTBF Aktual	MTBF Target	rRi	rRi/0,3659	Pangkat 2,119	EPC Sistem (Rp.)	Repowering Cost
269,5	0,4694	1983	0	148,5	238,5	0,6054	1,6545	2,90629	8.702.793.315.967	25.292.819.558.346
269,5	0,4662	1984	1	148,5	235,4	0,5851	1,5990	2,70354	8.702.793.315.967	23.528.308.222.216
269,5	0,4631	1985	2	148,5	232,5	0,5650	1,5441	2,51077	8.702.793.315.967	21.850.685.581.199
269,5	0,4599	1986	3	148,5	229,5	0,5452	1,4899	2,32764	8.702.793.315.967	20.256.998.053.852
269,5	0,4567	1987	4	148,5	226,6	0,5255	1,4363	2,15384	8.702.793.315.967	18.744.392.038.075
269,5	0,4536	1988	5	148,5	223,7	0,5062	1,3834	1,98903	8.702.793.315.967	17.310.109.863.819
269,5	0,4504	1989	6	148,5	220,9	0,4870	1,3310	1,83292	8.702.793.315.967	15.951.485.906.587
269,5	0,4472	1990	7	148,5	218,1	0,4681	1,2793	1,68520	8.702.793.315.967	14.665.942.851.921
269,5	0,4440	1991	8	148,5	215,3	0,4494	1,2281	1,54559	8.702.793.315.967	13.450.988.101.266
269,5	0,4409	1992	9	148,5	212,5	0,4309	1,1775	1,41382	8.702.793.315.967	12.304.210.309.721
269,5	0,4377	1993	10	148,5	209,8	0,4126	1,1275	1,28962	8.702.793.315.967	11.223.276.046.186
269,5	0,4345	1994	11	148,5	207,1	0,3945	1,0781	1,17272	8.702.793.315.967	10.205.926.566.350
269,5	0,4314	1995	12	148,5	204,5	0,3766	1,0292	1,06287	8.702.793.315.967	9.249.974.688.724
269,5	0,4282	1996	13	148,5	201,9	0,3589	0,9808	0,95984	8.702.793.315.967	8.353.301.763.548
269,5	0,4250	1997	14	148,5	199,3	0,3414	0,9330	0,86338	8.702.793.315.967	7.513.854.723.825
269,5	0,4219	1998	15	148,5	196,7	0,3241	0,8857	0,77327	8.702.793.315.967	6.729.643.206.870
269,5	0,4187	1999	16	148,5	194,1	0,3070	0,8390	0,68929	8.702.793.315.967	5.998.736.733.612
269,5	0,4155	2000	17	148,5	191,6	0,2900	0,7927	0,61121	8.702.793.315.967	5.319.261.931.227
269,5	0,4123	2001	18	148,5	189,1	0,2733	0,7469	0,53884	8.702.793.315.967	4.689.399.782.506
269,5	0,4092	2002	19	148,5	186,7	0,2567	0,7016	0,47196	8.702.793.315.967	4.107.382.882.271
269,5	0,4060	2003	20	148,5	184,2	0,2403	0,6568	0,41038	8.702.793.315.967	3.571.492.677.007
269,5	0,4028	2004	21	148,5	181,8	0,2241	0,6125	0,35392	8.702.793.315.967	3.080.056.658.069
269,5	0,3997	2005	22	148,5	179,4	0,2081	0,5687	0,30237	8.702.793.315.967	2.631.445.470.687
269,5	0,3965	2006	23	148,5	177,1	0,1922	0,5253	0,25556	8.702.793.315.967	2.224.069.889.350
269,5	0,3933	2007	24	148,5	174,8	0,1765	0,4823	0,21331	8.702.793.315.967	1.856.377.593.311
269,5	0,3902	2008	25	148,5	172,4	0,1609	0,4398	0,17544	8.702.793.315.967	1.526.849.650.793
269,5	0,3870	2009	26	148,5	170,2	0,1455	0,3978	0,14179	8.702.793.315.967	1.233.996.582.157
269,5	0,3838	2010	27	148,5	167,9	0,1303	0,3562	0,11219	8.702.793.315.967	976.353.811.809
269,5	0,3806	2011	28	148,5	165,7	0,1152	0,3150	0,08646	8.702.793.315.967	752.476.219.681
269,5	0,3775	2012	29	148,5	163,4	0,1003	0,2742	0,06445	8.702.793.315.967	560.931.333.701
269,5	0,3743	2013	30	148,5	161,3	0,0856	0,2338	0,04600	8.702.793.315.967	400.290.398.227
269,5	0,3711	2014	31	148,5	159,1	0,0709	0,1939	0,03092	8.702.793.315.967	269.115.959.649
269,5	0,3680	2015	32	148,5	156,9	0,0565	0,1543	0,01907	8.702.793.315.967	165.943.353.435
269,5	0,3648	2016	33	148,5	154,8	0,0421	0,1152	0,01026	8.702.793.315.967	89.250.478.985
269,5	0,3616	2017	34	148,5	152,7	0,0280	0,0764	0,00430	8.702.793.315.967	37.401.754.366
269,5	0,3585	2018	35	148,5	150,6	0,0139	0,0380	0,00098	8.702.793.315.967	8.520.221.824
269,5	0,3553	2019	36	148,5	148,5	0,0000	0,0000	0,00000	8.702.793.315.967	0

3. Menentukan Kombinasi Subsistem Untuk *Repowering*

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk menentukan kombinasi subsistem mana yang akan di-*repowering*, dengan cara percobaan menaikkan nilai MTBF sama dengan umur ke-0 (tahun 1983), umur ke-10 (tahun 1993) dan umur ke-20 (tahun 2003). Percobaan tersebut dilakukan dengan berbagai kombinasi, yaitu 1 subsistem yang *repowering*, 2 subsistem, 3 subsistem, dan 4 subsistem. Pada semua percobaan, kombinasi yang menghasilkan rasio biaya *repowering* terhadap peningkatan *availability* yang paling rendah adalah 3 subsistem *repowering* dengan kombinasi subsistem 1 (*preheater*), 3 (*overhead*), dan 4 (*stabilizer&splitter*). Perhitungan *availability* kombinasi *repowering* terpilih ditunjukkan pada Tabel VI dan biaya yang dibutuhkan ditunjukkan pada Tabel VII.

Tabel 5. CER Sistem Rumus *Adjusted*

MTTR	Availability	Tahun	Umur	MTBF Aktual	MTBF Target	rRi	rRi/0,605	Pangkat 2,119	EPC (Rp.)	Repowering Cost
269,5	0,4694	1983	0	148,5	238,5	0,6054	1,0000	1,00000	8.702.793.315.967	8.702.793.315.967
269,5	0,4662	1984	1	148,5	235,4	0,5851	0,9664	0,93024	8.702.793.315.967	8.095.657.467.526
269,5	0,4631	1985	2	148,5	232,5	0,5650	0,9333	0,86391	8.702.793.315.967	7.518.418.418.583
269,5	0,4599	1986	3	148,5	229,5	0,5452	0,9005	0,80090	8.702.793.315.967	6.970.059.896.167
269,5	0,4567	1987	4	148,5	226,6	0,5255	0,8681	0,74110	8.702.793.315.967	6.449.600.028.360
269,5	0,4536	1988	5	148,5	223,7	0,5062	0,8361	0,68439	8.702.793.315.967	5.956.089.951.695
269,5	0,4504	1989	6	148,5	220,9	0,4870	0,8045	0,63067	8.702.793.315.967	5.488.612.473.882
269,5	0,4472	1990	7	148,5	218,1	0,4681	0,7732	0,57985	8.702.793.315.967	5.046.280.788.491
269,5	0,4440	1991	8	148,5	215,3	0,4494	0,7423	0,53181	8.702.793.315.967	4.628.237.238.273
269,5	0,4409	1992	9	148,5	212,5	0,4309	0,7117	0,48647	8.702.793.315.967	4.233.652.123.864
269,5	0,4377	1993	10	148,5	209,8	0,4126	0,6815	0,44373	8.702.793.315.967	3.861.722.554.604
269,5	0,4345	1994	11	148,5	207,1	0,3945	0,6516	0,40351	8.702.793.315.967	3.511.671.338.183
269,5	0,4314	1995	12	148,5	204,5	0,3766	0,6221	0,36572	8.702.793.315.967	3.182.745.905.738
269,5	0,4282	1996	13	148,5	201,9	0,3589	0,5928	0,33026	8.702.793.315.967	2.874.217.268.911
269,5	0,4250	1997	14	148,5	199,3	0,3414	0,5639	0,29707	8.702.793.315.967	2.585.379.005.168
269,5	0,4219	1998	15	148,5	196,7	0,3241	0,5354	0,26607	8.702.793.315.967	2.315.546.267.370
269,5	0,4187	1999	16	148,5	194,1	0,3070	0,5071	0,23717	8.702.793.315.967	2.064.054.813.228
269,5	0,4155	2000	17	148,5	191,6	0,2900	0,4791	0,21031	8.702.793.315.967	1.830.260.049.662
269,5	0,4123	2001	18	148,5	189,1	0,2733	0,4515	0,18540	8.702.793.315.967	1.613.536.086.357

ISBN 978-623-92050-0-3

269,5	0,4092	2002	19	148,5	186,7	0,2567	0,4241	0,16239	8.702.793.315.967	1.413.274.791.744
269,5	0,4060	2003	20	148,5	184,2	0,2403	0,3970	0,14121	8.702.793.315.967	1.228.884.843.217
269,5	0,4028	2004	21	148,5	181,8	0,2241	0,3702	0,12178	8.702.793.315.967	1.059.790.761.359
269,5	0,3997	2005	22	148,5	179,4	0,2081	0,3437	0,10404	8.702.793.315.967	905.431.915.204
269,5	0,3965	2006	23	148,5	177,1	0,1922	0,3175	0,08793	8.702.793.315.967	765.261.481.530
269,5	0,3933	2007	24	148,5	174,8	0,1765	0,2915	0,07340	8.702.793.315.967	638.745.335.359
269,5	0,3902	2008	25	148,5	172,4	0,1609	0,2658	0,06037	8.702.793.315.967	525.360.840.248
269,5	0,3870	2009	26	148,5	170,2	0,1455	0,2404	0,04879	8.702.793.315.967	424.595.493.687
269,5	0,3838	2010	27	148,5	167,9	0,1303	0,2153	0,03860	8.702.793.315.967	335.945.362.194
269,5	0,3806	2011	28	148,5	165,7	0,1152	0,1904	0,02975	8.702.793.315.967	258.913.206.570
269,5	0,3775	2012	29	148,5	163,4	0,1003	0,1657	0,02218	8.702.793.315.967	193.006.139.564
269,5	0,3743	2013	30	148,5	161,3	0,0856	0,1413	0,01583	8.702.793.315.967	137.732.552.676
269,5	0,3711	2014	31	148,5	159,1	0,0709	0,1172	0,01064	8.702.793.315.967	92.597.844.596
269,5	0,3680	2015	32	148,5	156,9	0,0565	0,0933	0,00656	8.702.793.315.967	57.098.051.238
269,5	0,3648	2016	33	148,5	154,8	0,0421	0,0696	0,00353	8.702.793.315.967	30.709.445.824
269,5	0,3616	2017	34	148,5	152,7	0,0280	0,0462	0,00148	8.702.793.315.967	12.869.254.737
269,5	0,3585	2018	35	148,5	150,6	0,0139	0,0230	0,00034	8.702.793.315.967	2.931.651.387
269,5	0,3553	2019	36	148,5	148,5	0,0000	0,0000	0,00000	8.702.793.315.967	0

TABEL VI. SUBSISTEM TERPILIH UNTUK *REPOWERING*

Kombinasi 134				
	Availability Aktual	Availability Target (Umur 0 Tahun)	Availability Target (Umur 10 Tahun)	Availability Target (Umur 20 Tahun)
1	55,99%	67,40%	64,23%	61,06%
2	55,33%	== tetap ==		
3	95,78%	96,24%	96,11%	95,98%
4	80,68%	92,09%	88,92%	85,75%
Sistem	35,53%	41,85%	40,09%	38,33%

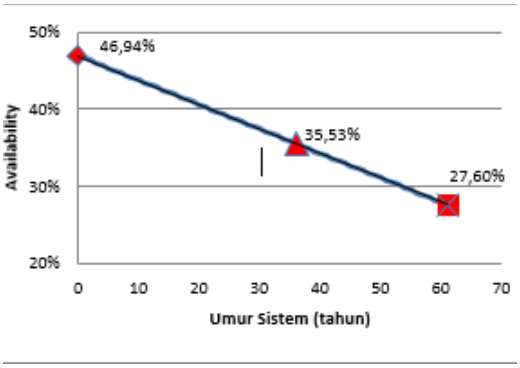
Tabel 7. Biaya *Repowering*

Subsistem	Biaya Repowering Target Availability 0 Tahun	Biaya Repowering Target Availability 10 Tahun	Biaya Repowering Target Availability 20 Tahun
1	1.662.009.466.260	685.102.304.111	204.555.996.516
2	== tetap ==		
3	891.000.795.337	414.948.687.145	138.003.911.037
4	1.060.517.819.488	260.575.362.498	54.651.351.657
Sistem	3.613.528.081.085	1.360.626.353.754	397.211.259.211

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proyeksi *Availability* Sistem

Sistem mulai beroperasi pada tahun 1983 dengan *availability* sebesar 46,94%. *Availability* mengalami penurunan setiap tahunnya sebesar 0,317%, sehingga pada tahun 2019 saat sistem berumur 36 tahun *availability*-nya sebesar 35,53%. Hingga pada akhir masa proyeksi tahun 2044, sistem berumur 61 tahun dengan *availability* 27,60%. Penurunan *availability* ini terjadi karena adanya faktor *aging* (penuaan) pada sistem sehingga kinerjanya akan menurun mengikuti waktu hidupnya. Proyeksi *availability* sistem ditampilkan pada Gambar 2.



GAMBAR 2. Proyeksi a*vailability* sistem

B. Kombinasi *Repowering*

Pada percobaan kombinasi *repowering*, hasil kombinasi yang memberikan rasio biaya terhadap peningkatan keandalan yang paling kecil adalah kombinasi *repowering* pada subsistem *preheater*, *overhead*, dan *stabilizer&splitter*. Biaya yang dibutuhkan untuk *repowering* dengan target *availability* sama dengan umur sistem 0 (nol) tahun sebesar 3,61 triliun; *repowering* dengan target *availability* sama dengan 10 tahun sebesar 1,36 triliun; dan *repowering* dengan target *availability* sama dengan 20 tahun adalah sebesar 397 miliar rupiah.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. *Availability* sistem pada saat ini adalah sebesar 35, 46% dan akan mengalami penurunan 0,317% setiap tahunnya.
2. Biaya peningkatan keandalan berbanding lurus dengan target *availability* yang ingin dicapai. Semakin jauh *availability* target dengat *availability* aktual, maka biaya akan semakin besar. Sebaliknya, semakin sedikit jarat *availability* target dengan *availability* aktual, maka biaya yang dibutuhkan akan semakin sedikit.
3. Kombinasi *repowering* dengan rasio biaya terhadap kenaikan *availability* paling kecil adalah subsistem *preheater*, *overhead*, dan *stabilizer&splitter*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Canadian Fuels Association, 2013, The Economics of Petroleum Refining: Understanding The Bussiness of Processing Crude Oil Into Fuels and Other Value Added Products.
[2] Chowdhury, Kumer P., 2010, Feasibility Study of A Second Oil Kilang in Bangladesh, *Thesis*, Department of Petroleum and Mineral Resources Engineering, Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh.
[3] Ebeling, C.E., 1997, An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering, *McGraw-Hill*, New York.
[4] Forbes, J.A., Lee, D.A, dan Long, E.A., 2009 Predicting Reliability Investment to Achieve Given Reliability

ISBN 978-623-92050-0-3

Improvement, *Proceeding af Annual Reliability and Maintainability Symposium*, pp. 1-6, 26-29 Januari, Palm Harbor.

[5] Kawauchi, Y., Rausand, M., 1999, *Life Cycle Cost (LCC) Analysis in Oil and Chemical Process Industries*, https://www.researchgate.net/publication/228594034, (online accessed 11 Januari 2019)

[6] Sherwin, D.J. dan Bossche, A., 1993, The Reliability, *Availability* and Productiveness of Systems, *Chapman and Hall*, London.

[7] Wijaya, A.R., 2012, Methods for Availability Improvements of a Scaling Machine System, *Dissertation*, Division of Operation and Maintenance Engineering, Lulea University of Technology, Lulea.

ISBN 978-623-92050-0-3

Kaji Numerik dan Eksperimental Penggunaan Ejektor Sebagai Alat Ekspansi Pada Pengkondisi Udara Jenis *Split* Mengggunakan Refrigeran Propana

1st Kasni Sumeru,
Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara
Politeknik Negeri Bandung
Bandung, Indonesia
**sumeru@polban.ac.id*

2nd Yudi Prana Hikmat[2]
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Bandung
Bandung, Indonesia

***Abstrak* – Saat ini, sebagian besar pengkondisi udara (AC) masih menggunakan R22 sebagai refrigeran, namun mulai tahun 2015, penggunaan R22 pada AC mulai dilarang melalui Peraturan Departemen Perindustrian dan Perdagangan No: 41/M-IND/PER/5/2014. Sebagai alternatif pengganti R22 adalah R410A, R404A, R407C, R32 dan propana (R290). Dari kelima refrigeran di atas, hanya refrigeran propana yang ramah lingkungan, karena memiliki sifat pemanasan global yang sangat rendah. Refrigeran R290 atau propana adalah salah satu fluida kerja dari keluarga hidrokarbon. Oleh karena sifat yang ramah lingkungan, propana dapat dijadikan refrigeran masa depan, menggantikan semua refrigeran- refrigeran sintetis yang ada saat ini. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa penggantian R22 dengan R290 dapat menurunkan konsumsi daya yang cukup signifikan namun juga menurunkan kapasitas pendinginan, sehingga kinerja (COP) penggantian refrigeran R22 dengan R290 tidak selalu naik. Untuk meningkatkan kapasitas pendinginan AC menggunakan R290, pada penelitian ini digunakan ejektor sebagai alat ekspansi menggantikan alat ekspansi konvensional (pipa kapiler). Kaji numerik dan eksperimental pada penelitian ini dilakukan pada AC berkapasitas kompresor sebesar 0,75 kW. Kaji numerik dilakukan untuk menghitung diameter *motive nozzle* ejektor yang sesuai agar sistem dapat bekerja secara optimal. Berdasarkan kaji numerik, untuk AC berkapasitas 1 HP dengan refrigeran R290 didapat ukuran diameter *motive nozzle* sebesar 1,03 mm. Untuk menghasilkan hasil yang optimal, kaji ekperimental dilakukan dengan mevariasikan *motive nozzle*, yaitu 0,9 mm, 1,0 mm dan 1,1 mm. Kaji eksperimental dilakukan pada suhu ruangan dan lingkungan yang konstan, yaitu 24ºC dan 34ºC. Hasil optimal dicapai pada saat diameter *motive nozzle* adalah 0,9 mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapasitas pendinginan dan COP akan meningkat sebesar 17,1% dan 20,2% bila menggunakan ejektor sebagai alat ekspansi.**

Keywords—ejektor; alat ekspansi; hidrokarbon; propana

I. PENDAHULUAN

Terdapat berbagai jenis mesin pengkondisi udara yang digunakan untuk menghasilkan kenyamanan termal pada suatu ruangan. Jenis AC *split* adalah tipe yang paling banyak digunakan. Sebelum tahun 2016, refrigeran yang yang banyak digunakan pada jenis ini adalah R22, R410A, R404A dan R407C. Sebagai fluida kerja, R22 akan menghasilkan kinerja yang terbaik dibandingkan dengan ketiga refrigeran yang disebutkan di atas [1-3]. Namun dari sisi lingkungan, R22 adalah yang terburuk dibandingkan dengan empat refrigeran tersebut. Oleh karena R22 masih memiliki sifat sifat perusakan ozon (*ozone depletion potential* = ODP), sedangkan ketiga refrigeran (R410A, R404A dan R407C) tidak memiliki sifat ODP. Namun, ketiga fluida kerja tersebut masih memiliki sifat efek pada pemanasan global (*global warming potential* = GWP) yang cukup tinggi. Dengan kata lain, ketiga refrigeran tersebut masih berdampak negatif pada lingkungan. Oleh karena R22 masih mempunyai nilai ODP, maka penggunaannya pada AC mulai dilarang di Indonesia. Pelarangan tersebut tertuang dalam Peraturan Departemen Perindustrian dan Perdagangan No:41/M-IND/PER/5/2014. Peraturan ini melarang penggunaan R22 pada AC produksi baru mulai tahun 2015. Konsekuensi dari peraturan tersebut, mulai tahun 2015, AC *split* yang berada di pasaran hanya menggunakan refrigeran R410A, R404A dan R407C dan R32 (keluarga HFC). Sedangkan refrigeran hidrokarbon (HC) R290 masih berfungsi sebagai pengganti refrigeran R22. Dibandingkan dengan kelima refrigeran yang telah disebutkan di atas (R22, R410A, R404A, R407C dan R32), fluida kerja R290 adalah yang paling ramah lingkungan. Sifat-sifat keenam refrigeran tersebut dari sisi lingkungan (GWP dan ODP) terlihat pada Tabel 1 [4].

ISBN 978-623-92050-0-3

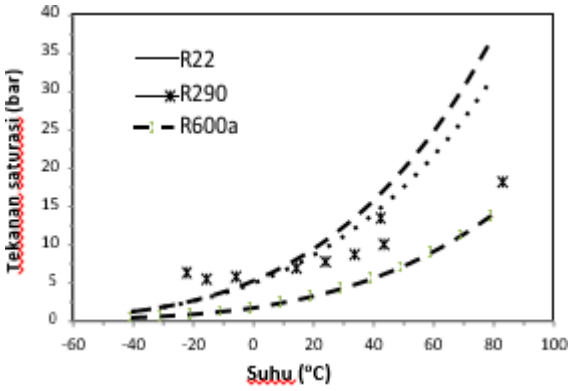
TABEL 1 SIFAT GWP DAN ODP UNTUK BERBAGAI REFRIGERAN

No	Refrigeran	GWP	ODP
1.	R22 (HCFC)	1810	0,055
2.	R410A (HFC)	2088	0
3.	R404A (HFC)	3922	0
4.	R407C (HFC)	1774	0
5.	R32 (HFC)	675	0
6.	R290 (HC)	3	

Pada Tabel 1 terlihat bahwa hanya R22 yang masih memiliki nilai ODP. Kelima refrigeran lainnya sudah tidak memiliki ODP, namun refrigeran dari keluarga HFC masih memiliki nilai GWP yang sangat tinggi, serupa dengan R22. Sehingga potensi perusakan pada lingkungan masih relatif tinggi, dan dalam waktu tidak lama lagi penggunaan refrigeran dari HFC juga akan dilarang. Hanya R290 yang memiliki nilai GWP yang sangat rendah. Ini artinya bila mayoritas mesin refrigerasi menggunakan R290 sebagai refrigeran, maka emisi gas penyumbang rumah kaca ke lingkungan dari sektor refrigerasi akan jauh berkurang. Penggantian refrigeran karena rutinitas maupun akibat kebocoran pada sistem refrigerasi adalah hal yang normal terjadi. Sehingga dapat dibayangkan berapa juta kilogram refrigeran pertahun yang diemisikan ke atmosfer dari sektor refrigerasi. Dengan kata lain, penggantian refrigeran dari keluarga HCFC (R22) dan dari keluarga HFC (R404A, R410A dan R407C) oleh refrigeran hidrokarbon (HC) harus segera diterapkan pada mesin-mesin refrigerasi. Saat ini, terdapat dua senyawa dari keluarga hidrokarbon yang sering digunakan sebagai refrigeran, yaitu R290 (propana) dan R600a (isobutana). Namun, hanya R290 yang paling sesuai menggantikan R22 sebagai refrigeran. Hal ini disebabkan karena kedua refrigeran ini memiliki sifat-sifat termodinamika yang mirip, seperti yang terlihat pada Gambar

1. Gambar 1 menggambarkan hubungan tekanan saturasi dengan suhu tiga refrigeran, yaitu R22, R290 dan R600a. Pada gambar terlihat bahwa pola tekanan saturasi R290 hampir berimpit dengan R22 untuk hampir semua suhu. Kedekatannya hampir sama pada suhu yang rendah, sedangkan untuk suhu yang tinggi (di atas 40oC) sedikit berbeda. Sedangkan pola grafik R22 berbeda jauh dengan R600a untuk semua suhu. Oleh karena memiliki tekanan kerja yang hampir sama, antara R22 dengan R290, maka R290 sering digunakan sebagai refrigeran pengganti (retroffiting) R22 pada lemari pendingin maupun AC [5-7].

Penggunaan R290 di Indonesia hingga saat ini belum begitu masif, meskipun sosialisasi tentang pengggunaan R290 telah dilakukan sejak tahun awal 2000-an. Hal ini kemungkinan disebabkan sifat flammable dari R290. Meskipun secara praktis, kemungkinan terbakarnya R290 amat sangat kecil. Untuk terjadinya kebakaran harus memenuhi dua unsur, yaitu adanya sumber api dan konsentrasi tertentu. Hanya pada konsentrasi tertentu saja R290 akan terbakar bila terdapat sumber api. Batas bawah konsentrasi mulai terbakar disebut lower explosive limit (LEL), sedangkan batas atas dinamakan upper explosive limit (UEL). Nilai LEL dan UEL untuk R290 adalah 2,12% dan 9,5%. Terlihat bahwa jangkauan konsentrasi flammable sangat sempit. Sifat flammable tidak akan terjadi bila konsentrasi R290 di udara kurang dari 2,1% dan lebih dari 9,5%. Dengan kata lain, sangat kecil potensi terjadinya kebakaran bila terjadi kebocoran, mengingat konsentrasi tersebut sangat kecil kemungkinan terpenuhi di dalam satu ruangan. Oleh sebab itu, sosialisasi dan ekukasi tentang penggunaan R290 pada AC harus terus digalakkan di Indonesia.



GAMBAR 1. Hubungan tekanan saturasi dengan suhu untuk refrigeran r22, r290 dan r600a.

Penggantian R22 dengan R290 pada AC telah dilakukan oleh beberapa peneliti, antara lain oleh Devotta et al. [5], Xiao et al. [6], Zhou dan Zhang [7] dan Sutandi et al. [8]. Devotta et al. [5] melakukan pengujian penggantian R22 dengan R290 pada AC window. Hasil pengujiannya melaporkan bahwa penggantian R22 dengan R290 akan menurunkan daya input dan kapasitas pendinginan namun dapat meningkatkan COP. Kapasitas pendinginan menurun sebesar 6,6% dan COP meningkat sebesar 7,9%. Penelitian lainnya dilakukan oleh Xiao et at. [6], yaitu melakukan penggantian R22 dengan R290 pada AC split. Dalam penelitiannya, mereka melakukan massa R290 hanya sebesar 50% dari massa pengisian R22. Hasil penelitiannya melaporkan bahwa retrofitting dari R22 ke R290 akan meningkatkan COP sebesar 12,6%,

ISBN 978-623-92050-0-3

namun menurunkan kapasitas pendinginan sebesar 2,8%. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Zhou dan Zhang [7]. Mereka melakukan penelitian pada AC split dengan retroffiting dari R22 ke R290. Penelitiannya mengkaji pengaruh diameter gulungan pipa kapiler terhadap dikerja AC. Berdasarkan pengujiannya, ternyata diameter gulungan pipa kapiler hanya sedikit berpengaruh pada kinerja sistem. Untuk diameter gulungan pipa kapiler yang optimal, COP sistem akan meningkat sebesar 8,5%. Secara umum, hasil penelitian mereka serupa dengan hasil-hasil penelitiannya lainnya, yaitu penggantian R22 dengan R290 akan meningkatkan sedikit COP namun menurunkan kapasitas pendinginan.

Berdasarkan ketiga penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa penggantian R22 dengan R290 akan meningkatan COP namun menurunkan kapasitas pendinginan. Salah satu metode untuk meningkatkan pendinginan adalah dengan menggunakan ejektor sebagai alat ekspansi [9-13].

Nehdi et al. [9] melakukan kaji numerik untuk mendapatkan dimensi ejektor yang optimal agar dihasilkan peningkatan kinerja yang maksimal. Hasil kaji numerik pada AC menggunakan ejektor sebagai alat ekspansi melaporkan bahwa perbandingan optimal antara luas penampang constant area dan motive nozzle adalah 10. Pada perbandingan ini didapat peningkatan COP sebesar 22%. Peningkatan COP disebabkan peningkatan kapasitas pendinginan dan penurunan daya input. Ersoy dan Bilir [10] melakukan kaji numerik untuk melihat efek suhu lingkungan terhadap kinerja AC yang menggunakan ejektor sebagai alat ekspansi. Hasil penelitiannya melaporkan bahwa peningkatan COP berkisar antara 10,1 – 22,34%. Peningkatan COP akan semakin tinggi bila suhu lingkungan meningkat. Dengan kata lain, penggunaan ejektor sebagai alat ekspansi lebih menguntungkan untuk AC yang menggunakan udara sebagai pendingin kondenser dari pada kondenser berpendingin air.

Sarkar [11] melakukan kaji numerik pada AC dengan ejektor sebagai alat ekspansi, menggunakan tiga macam refrigeran natural, yaitu R290 (propana), R600a (isobutana) dan R717 (ammonia). Peningkatan COP yang didapatkan adalah 21,6%, 17,9% dan 11,9% untuk R600a, R290 dan R717, berurutan. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan R290 pada AC yang menggunakan ejektor sebagai alat ekpansi dapat meningkatkan COP sistem dan sekaligus meningkatkan kapasitas pendinginan.

Sumeru et al. [12] melakukan kaji numerik pada AC split menggunakan ejektor sebagai alat ekspansi menggunakan R290 sebagai fluida kerja. Dalam kajiannya, mereka menggunakan AC dengan kapasitas pendinginan sebesar 2,4 kW. Hasil kajiannya melaporkan bahwa untuk suhu kondenser sebesar 50oC, COP sistem akan meningkat sebesar 20,28%.

Kaji numerik dan eksperimental selanjutnya dilakukan oleh Sumeru et al. [13] pada AC split menggunakan R22 sebagai refrigeran dan ejektor sebagai alat ekspansi. Hasil kaji numerik mendapatkan bahwa diameter motive nozzle yang optimal adalah 1,1 mm dan diamater constant area adalah 2,5 mm. Berdasarkan pengujian, dengan diameter yang optimal ini akan menghasilkan peningkatan kapasitas pendinginan dan COP sebesar 4,04% dan 13,78%, berurutan, mengurangi konsumsi energi listrik. Penggunaan R290 sebagai fluida kerja akan mengurangi efek negatif pada lingkungan akibat emisi dari refrigeran yang berasal dari mesin refrigerasi.

II. METODE

Pada penelitian ini, sebelum dilakukan instalasi dan pengambilan data (kaji eksperimental), terlebih dulu dilakukan kaji numerik untuk menghitung diameter *motive nozzle* dan *constant area* ejektor yang akan digunakan. Kaji numerik juga akan menghitung peningkatan kapasitas pendinginan dan COP sistem.

A. Kaji Numerik

Ejektor mempunyai empat bagian utama, yaitu *motive nozzle*, *suction nozzle*, *constant area* (*mixing chamber*) dan *diffuser*. Nama-nama tersbut mengacu pada geometri maupun fungsi dari bagian-bagian tersebut. *Motive nozzle* berfungsi menghasilkan kecepatan aliran yang sangat tinggi agar terjadi tekanan yang sangat rendah di ujungnya. *Suction nozzle* adalah saluran yang dilalui fluida yang terhisap oleh fluida keluaran dari *motive nozzle*. *Constant area* atau *mixing chamber* adalah area berdiameter konstan tempat bercampuran fluida dari *motive nozzle* (aliran primer) dengan fluida dari *suction nozzle* (aliran sekunder). Sedangkan *diffuser*, sesuai dengan bentuknya, adalah untuk menghasilkan tekanan sedikit meningkat dengan cara menurunkan kecepatan fluida.

Untuk menentukan dimensi tiap bagian ejektor tersebut di atas, digunakan tiga persamaan dasar, yaitu persamaan kekekalan massa, momentum dan energi, seperti yang ditunjukan oleh persamaan (1), (2) dan (3), berurutan.

$$\sum \rho_i u_i a_i = \sum \rho_o u_o a_o \qquad (1)$$

$$P_i a_i + \sum \dot{m}_o u_i = P_o a_o + \sum \dot{m}_o u_o \qquad (2)$$

$$\sum \dot{m}_{i1} \left(h + \frac{u_i^2}{2}\right) = \sum \dot{m}_{o1} \left(h + \frac{u_o^2}{2}\right) \qquad (3)$$

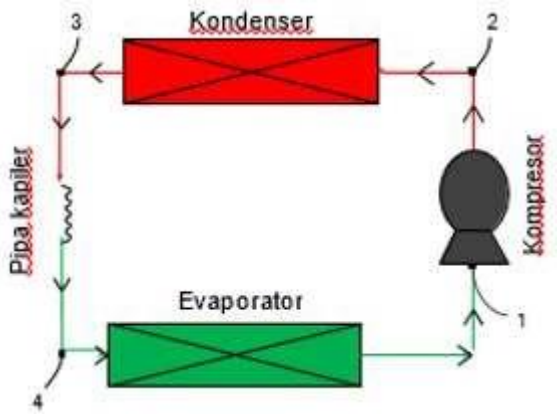
Dimana:

i = input
o = output
ρ = massa jenis
u = kecepatan aliran
a = luas penampang

ISBN 978-623-92050-0-3

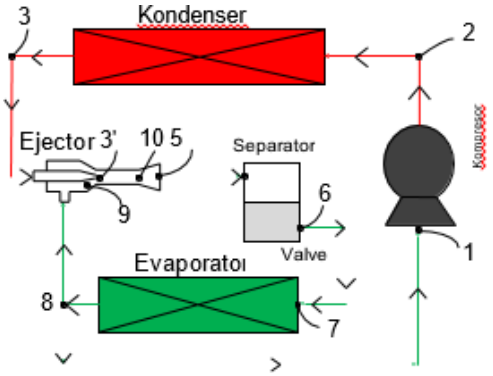
P = tekanan
h = entalpi spesifik

Pada penelitian ini, siklus refrigerasi yang menggunakan pipa kapiler sebagai alat ekspansi dinamakan siklus *standar*. Gambar skematik siklus *standar* AC *split* terlihat pada Gambar 2. Pada gambar terlihat bahwa AC *split* terdapat 4 (empat) komponen utama, yaitu kompresor, kondenser, pipa kapiler dan evaporator. Kompresor, kondenser dan alat ekspansi umumnya diletakkan di *outdoor unit*, sedaangkan evaporator berada di dalam *indoor unit*.



Gambar 2. Diagram skematik siklus refrigerasi AC standar.

Setelah menggunakan ejektor sebagai alat ekspansi, siklus standar refrigerasi berubah menjadi seperti pada Gambar 3. Gambar 3 melukiskan gambar skematik penggunaan ejektor sebagai alat ekspansi pada AC split. bahwa terdapat dua tambahan komponen, yaitu ejektor dan separator ejektor berfungsi sebagai alat ekspansi, sedangkan separator berfungsi sebagai pemisah fasa gas dan cair refrigeran. Fasa cair refrigeran di dalam separator akan mengalir ke dalam evaporator.



Gambar 3. Diagram skematik refrigerasi AC menggunakan ejektor sebagai alat ekspansi.

Penggambaran siklus standar dan siklus ejector pada diagram P-h (tekanan-spesifik entalpi) terlihat pada Gambar 4. Pada gambar terlihat bahwa kualaitas refrigeran memasuki evaporator pada siklus ejektor lebih kecil dari pada siklus standar. Ini artinya, untuk laju aliran massa refrigeran yang sama, kapasitas pendinginan siklus ejektor akan lebih besar dari siklus standar.
Berdasarkan Gambar 4, nilai COP siklus standar dan ejektor adalah:

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad \text{isen} \qquad (4)$$

$$COP = \frac{h_1 - h_7}{h_2 - h_1} \quad \text{isen} \qquad (5)$$

dimana,

η_{isen} = efisiensi isentropik kompresor adalah [16],

$$\eta_{isen} = 0.874 - 0.0135 \frac{P_{disc}}{P_{suct}} \qquad (6)$$

dimana: P_{disc} = tekanan *discharge*, P_{suct} = tekanan suction. Menggunakan persamaan kekekalan energi, nilai spesifik di titik 4 adalah:

$$h_4 = h_3 - \eta_{isen}(h_3 - h_{4,isen}) \qquad (7)$$

Sedangkan untuk menentukan diameter *motive nozzle* dan tekanan kerja di titik 4 diselesaikan dengan persamaan (8) [11,12],

$$\frac{P_c - P_e}{0.5\rho u^2} = 2\left(\frac{a}{m}\right)^2 - 2(1+\omega)\left(\frac{a}{m}\right)^2 \frac{v_2^2}{v_3^2} \qquad (8)$$

Dimana ω adalah *entrainment ratio*, yaitu perbandingan antara laju aliran primer dengan aliran sekunder. Diameter *constant area* dan nilai entalpi spesifik di titik 9, 10 dan 5 dihitung dengan persamaan (9), (10) dan (11).

$$h_{10} = \frac{1}{1+\omega}\left(h_1 + \omega h_{10}\right) + \frac{w_{10}^2}{2} \qquad (9)$$

$$h_6 = h_1 - \eta_{sep}(h_1 - h_{9,sat}) \qquad (10)$$

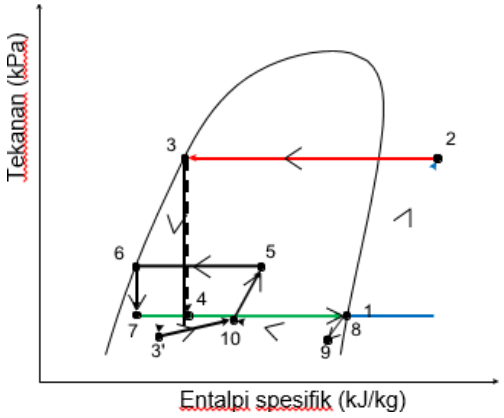
$$h_5 = h_{10} + \eta_{diff}\frac{w_{10}^2}{2} \qquad (11)$$

Pada kondisi steady state, kualitas refrigeran (x) di titik 5 harus memenuhi persamaan (12) [9-11].

$$x_5 = \frac{1}{1+\omega} \qquad (12)$$

Dengan menyelesaikan semua persamaan (7) sampai (12) maka nilai-nilai entalpi spesifik di titik 1 sampai 10 pada Gambar 4 dapat ditentukan.

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 4. Siklus refrigerasi ac standar dan ejektor sebagai alat ekspansi pada diagram p-h.

B. Kajian Ekperimental

Penelitian ini dilakukan pada AC *split* dengan kapasitas kompresor sebesar 1 HP (0,75 kW) yang asalnya menggunakan R22 sebagai refrigeran. Pengujian dilakukan pada ruangan khusus yang dapat diatur suhu luar dan dalam ruangan. Suhu luar dan dalam ruangan pada penelitian ini dijaga konstan, yaitu 34°C dan 24°C, berurutan.

Instalasi AC *split* menggunakan ejektor sebagai alat ekspansi terlihat seperti pada Gambar 5. Eksperimental *rig* dilengkapi oleh beberapa *hand valve* yang berfungsi mengatur perubahan aliran refrigeran pada saat kondisi siklus standar dan siklus ejektor. Pengukuran suhu sebanyak 8 titik dilakukan secara serentak.



Gambar 5. Instalasi ejektor sebagai alat ekspasi pada AC split.

Alat-alat pengukuran yang digunakan untuk pengambilan data adalah thermocouple, pressure gauge, ammeter dan volt meter. Akurasi alat-alat tersebut terlihat pada Tabel 2. Pengambilan data dilaksanakan pada kondisi steady selama 40 menit dan pencatatan data dilakukan tiap 10 menit.

TABEL II. AKURASI ALAT UKUR

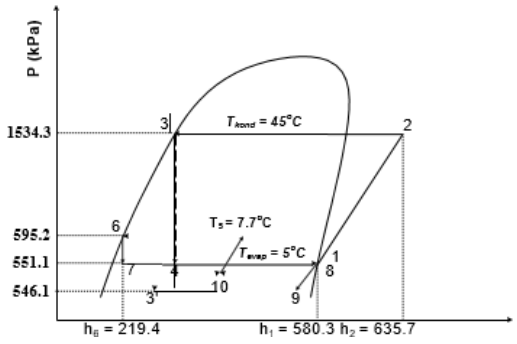
No	Alat Ukur	Akurasi
1.	*Thermocouple*	± 0,1°C
2.	Tekanan tinggi	± 0,1 bar
3.	Tekanan rendah	± 0,05 bar
4.	Voltmeter	± 0,1 V
5.	Ammeter	± 0,1 A

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kaji numerik dilakukan pada AC *split* berkapasitas 1 HP dimana suhu evaporasi = 5°C, suhu kondensasi = 45°C. Kondisi ejektor sebagai berikut: efisiensi *motive nozzle* (η_{mn}) = 0,9, efisiensi *suction nozzle* (η_{sn}) = 0.9 dan efisiensi *diffuser* (η_{dif}) = 0.8. Sedangkan efisiensi isentropik proses kompresi (η_{isen}) adalah 0,86 [16]. Dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan di atas, maka didapat diameter *motive nozzle* dan *constant area* sebesar 1,03 dan 2,5 mm, berurutan.

A. Hasil Kaji Numerik

Data yang didapat dari hasil numerik bila digambarkan dalam diagram P-h terlihat seperti pada Gambar 6. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa suhu refrigeran masuk keluar difuser adalah 7,7°C, sedikit di atas suhu evaporasi, yaitu 5°C. Hal ini sesuai dengan konsep dasar yang diharapkan pada siklus ejektor.



Gambar 6. Siklus ejektor sebagai alat ekpansi pada diagram P-h.

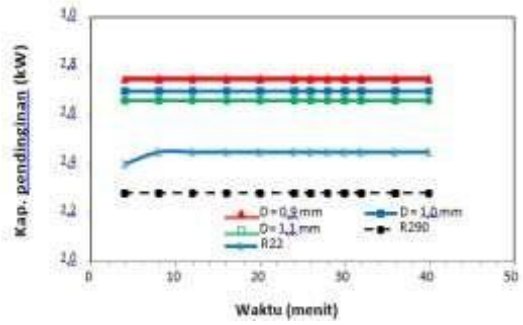
Dengan menggunakan persamaan (4), kapasitas pendinginan dan COP untuk siklus standar 2,45 kW dan 5,0. Sedangkan kapasitas pendinginan dan COP untuk siklus standar dihitung dengan persamaan (5), dan didapat sebesar 3,24 kW untuk kapasitas pendingian dan COP sebesar 6,51. Ini artinya bahwa penggunaan ejektor dapat meningkatkan kapasitas pendinginan sebesar 24,3% dan menaikkan COP sebesar 23,2%.

Hasil dari kaji numerik tersebut membuktikan bahwa penggunakan ejektor sebagai alat ekspansi dapat memberikan solusi pada masalah penurunan kapasitas pendinginan pada saat *retrofitting* dari R22 ke R290 pada AC *split.*

ISBN 978-623-92050-0-3

B. Hasil Kaji Eksperimental

Sebelum dilakukan pengujian dengan ejektor sebagai alat ekspansi, pengujian awal dilakukan pada AC split menggunakan R22 dan R290 dengan pipa kapiler sebagai alat ekspansinya (siklus standar). Setelah itu, pengujian dilanjutkan dengan menggunakan ejektor sebagai alat ekspansi dengan tiga diameter motive nozzle yang berbeda, yaitu 0,9 mm, 1,0 mm dan 1,1 mm. Gambar 7 menunjukkan kapasitas pendinginan dari R22 dan R290 siklus standar dan menggunakan ejektor sebagai alat ekspansi untuk tiga diameter motive nozzle yang berbeda. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada saat siklus standar, kapasitas pendinginan R290 selalu lebih rendah dari R22 selama pengambilan data sepanjang 40 menit.



Gambar 7. Kapasitas pendinginan AC menggunakan pipa kapiler dan ejektor untuk berbagai diameter motive nozzle.

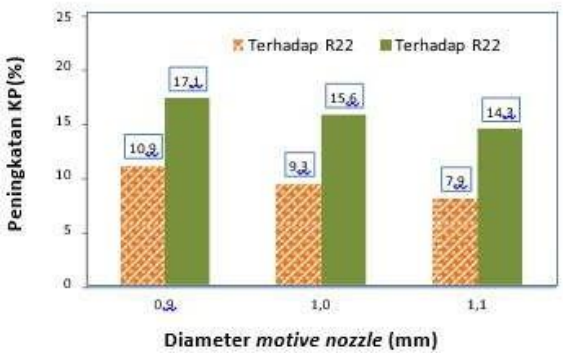
Penurunan kapasitas pendinginan pada saat *retroffiting* dari R22 ke R290 seperti yang terlihat pada Gambar 7 serupa dengan hasil-hasil yang dilaporkan oleh beberapa ahli [5-8]. Berdasarkan data pada gambar tersebut, rata-rata penurunan kapasitas pendinginan pada siklus standar akibat penggantian refrigeran R22 dengan R290 pada AC *split* adalah 6,9%. Pada gambar juga terlihat bahwa kapasitas pendinginan AC setelah menggunakan ejektor meningkat cukup signifikan. Kapasitas pendinginan untuk diameter *motive nozzle* 0,9 mm, 1,0 mm dan 1,1 mm adalah 2,75 kW, 2,70 kW dan 2,66 kW, berurutan. Peningkatan kapasitas pendinginan terbesar dicapai oleh ejektor dengan diameter *motive nozzle* sebesar 0,9 mm, yaitu 2,75 kW. Hasil ini berbeda dengan hasil kaji numerik, karena berdasarkan kaji numerik pada AC *split* berkapasitas 1 HP, diameter *motive nozzle* yang optimal adalah 1,03 mm. Perbedaan ini wajar, karena asumsi-asumsi yang diambil pada kaji numerik adalah pada kondisi ideal.

Bila dibandingkan dengan siklus standar yang menggunakan fluida kerja R290, peningkatan kapasitas pendinginan pada saat menggunakan *motive nozzle* berdiameter 0,9 mm adalah sebesar 17,1%. Bila dibandingkan dengan siklus standar dengan R22, kapasitas pendingin siklus ejektor dengan diameter *motive nozzle* 0,9 mm masih lebih tinggi, yaitu sebesar 10,9%. Hasil ini membuktikan bahwa penggunaan ejektor sebagai alat ekspansi dapat meningkatkan kapasitas pendinginan AC *split*, sesuai dengan hasil kaji numerik.

Sesuai dengan hasil kaji numerik pada diagram P-h yang terlihat pada Gambar 6, peningkatan kapasitas pendinginan pada siklus ejektor disebabkan menurunnya kualitas refrigeran yang akan masuk ke evaporator. Dengan menurunnya kualitas refrigeran ini, maka akan menyebabkan meningkatnya efek refrigerasi pada evaporator. Oleh karena laju aliran massa refrigeran untuk siklus standar dan siklus ejektor di evaporator sama, maka dengan meningkatnya efek refrigerasi akan meningkat pula kapasitas pendinginan yang dihasilkan oleh eveporator.

Peningkatan kapasitas pendinginan (KP) siklus ejektor untuk ketiga diameter *motive nozzle* terhadap siklus standar menggunakan R290 dan R22 terlihat seperti pada Gambar 8. Pada gambar terlihat bahwa penggunaan ejektor sebagai alat ekspansi selalu dapat meningkatkan kapasitas pendinginan untuk ketiga diameter *motive nozzle*. Pada gambar terlihat bahwa persentase peningkatan kapasitas pendinginan akan menurun dengan meningkatnya diameter *motive* nozzle.

Peningkatan persentase KP terbesar dan terkecil terhadap R290 terjadi pada diameter motive nozzle sebesar 0,9 mm dan 1,1 mm, yaitu 17,1% dan 14,3%, berurutan. Oleh karena KP dari siklus standar R22 lebih besar dari KP R290, maka persentase peningkatan KP siklus ejektor menggunakan R290 terhadap siklus standar R22 akan lebih kecil bila dibandingkan terhadap siklus standar R290. Peningkatan persentase KP terhadap R22 terbesar dan terkecil terjadi pada diameter motive nozzle sebesar 0,9 mm dan 1,1 mm, yaitu 10,9% dan 7,9%, berurutan.



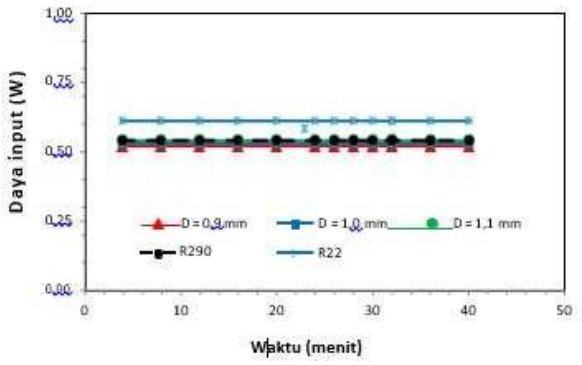
Gambar 8. Persentase peningkatan kapasitas pendinginan AC menggunakan pipa kapiler dan ejektor untuk berbagai diameter motive nozzle.

Bila dibandingkan dengan hasil kaji numerik, persentase peningkatan kapasitas pendinginan hasil kaji eksperimental lebih kecil. Hasil kaji numerik adalah 24,3%, sedangkan hasil kaji eksperimental adalah 17,1%. Terdapat perbedaan sebesar 7,2% antara kaji numerik dengan eksperimental. Penyebab

ISBN 978-623-92050-0-3

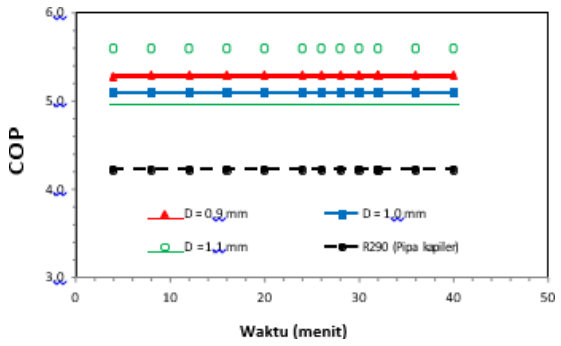
utamanya kemungkinan besar berasal dari geometri ejektor, yaitu ukuran diameter motive nozzle dan constant area.

Gambar 9 melukiskan daya input oleh AC split siklus standar memakai R22 dan R290, serta pada saat menggunakan ejektor sebagai alat ekspansi untuk tiga diamater motive nozzle yang berbeda dengan R290 sebagai fluida kerja. Pada gambar terlihat bahwa daya input pada siklus standar dengan R290 selalu kecil dari R22. Daya input AC pada saat menggunakan R290 dan R22 adalah 0,54 kW dan 0,61 kW, berurutan. Pada gambar juga terlihat bahwa ada saat menggunakan ejektor sebagai alat ekspansi, daya input relatif tidak berubah dengan siklus standar. Variasi diameter motive nozzle relatif tidak berpengaruh pada daya daya input. Fenomena ini menunjukkan bahwa daya hisap kompresor (suction) tidak terpengaruh oleh dimensi ejektor. Hal ini disebabkan karena daya hisap kompresor jauh lebih besar dari daya hisap ejektor. Dengan kata lain, laju aliran massa refrigeran yang terhisap oleh suction kompresor relatif tidak terpengaruh dengan dimensi motive nozzle.



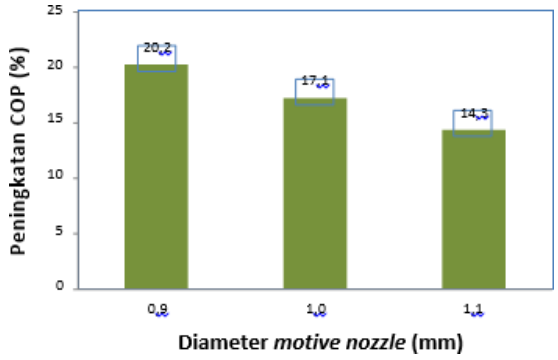
Gambar 9. Daya input AC menggunakan pipa kapiler dan ejektor untuk berbagai diameter motive nozzle

Gambar 10 melukiskan nilai COP AC pada saat menggunakan R290 sebagai refrigeran, baik untuk siklus standar maupun untuk siklus menggunakan ejektor sebagai alat ekspansi. Pada gambar terlihat bahwa nilai COP pada siklus dengan ejektor untuk ketiga diameter motive nozzle selalu lebih besar dari siklus standar. Nilai COP adalah perbandingan antara kapasitas pendinginan dengan daya input. Oleh karena daya input relatif konstan, sedangkan KP meningkat, maka COP juga akan naik dengan meningkatnya KP. Nilai COP terbesar dihasilkan oleh siklus ejektor pada saat menggunakan motive nozzle berdiameter 0,9 mm.



Gambar 10. Nilai COP menggunakan pipa kapiler dan ejektor untuk berbagai diameter motive nozzle.

Persentase peningkatan COP untuk ketiga diameter motive nozzle terlihat seperti pada Gambar 11. Dapat dilihat pada gambar bahwa persentase peningkatan COP akan menurun dengan meningkatnya diameter motive nozzle. Pola penurunan persentase COP akibat meningkatnya diameter motive nozzle pada Gambar 11 serupa dengan pola penurunan persentase kapasitas pendinginan pada Gambar 8. Hal ini disebabkan karena perubahan diameter motive nozzle relatif tidak berpengaruh pada daya input kompresor.



Gambar 11. Persentase peningkatan COP untuk berbagai diameter motive nozzle

Serupa dengan kapasitas pendinginan, nilai COP hasil kaji eksperimental lebih rendah bila dibandingkan dengan hasil kaji numerik. Nilai peningkatan COP hasil kaji eksperimenal adalah 20,2%, sedangkan hasil kaji eksperimental adalah 23,2%. Terdapat 3% perbedaan antara hasil kaji numerik dengan hasil kaji eksperimental. Hal yang diduga penyebab adanya perbedaan ini adalah berasal dari geometri ejektor yang digunakan. Perbedaan ini dapat diminimalkan dengan perancangan ejektor yang lebih optimal.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian, terlihat bahwa hasil–hasil kaji eksperimental tidaklah berbeda jauh dengan hasil-hasil kaji numerik. Hal ini dapat disimpulkan bahwa konsep-konesep yang diasumsikan pada kaji

ISBN 978-623-92050-0-3

numerik tidak berbeda jauh dengan kondisi nyata pada saat pengambilan data. Oleh karena asumsi- asumsi yang diambil pada kaji numerik adalah kondisi ideal, maka sangat wajar bila hasil kaji numerik lebih tinggi dari hasil kaji eksperimental. Penelitian ini juga membuktikan bahwa penggunaan ejektor sebagai alat ekspansi dapat meningkatkan kapasitas pendinginan AC split pada saat menggunakan R290 sebagai refrigeran. Hasil kaji numerik mendapatkan bahwa diameter motive nozzle optimal untuk AC split kapasitas 1 HP adalah 1,03 mm, namun kaji ekperimental menunjukkan bahwa persentase peningkatan kapasitas pendinginan dan COP tertinggi siklus ejektor dicapai saat menggunakan motive nozzle berdiameter 0,9 mm, yaitu 17,1% dan 20,2%, berurutan. Penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan geometri ejektor yang optimal masih sangat diperlukan, agar peningkatan kinerja pada AC *split* lebih dapat dimaksimalkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung atas sarana dan prasarana yang dapat dimanfaatkan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Lorentzen G., (1995). The use of natural refrigerants: a complete solution to the CFC/HCFC predicament. *International Journal of Refrigeration* 18: p. 190-197.

[2] Arora A., Kaushik S., (2008). Theoretical analysis of a vapour compression refrigeration system with R502, R404A and R507A. *International Journal of Refrigeration* 31: 998-1005.

[3] Choudhari C.S., Sapali S.N., (2017). Performance investigation of natural refrigerant R290 as a subtitute to R22 in refrigeration system. *Energy Procedia* 87: 346-352.

[4] http://www.linde-gas.com/en/legacy/attachment?files=tcm:Ps17-111483,tcm:s17-111483,tcm:17- 111483

[5] Devotta S., Padalkar A., Sane N., (2005). Performance assessment of HC-290 as a drop-in substitute to HCFC-22 in a window air conditioner. *International Journal of Refrigeration* 28: 594-604.

[6] Xiao, H.H., Zhang, T., Hu, Y., (2006). Experimental research on performance of small room air conditioner with R290. *Journal of Refrigeration* 2: 26-30.

[7] Zhou, G., Y. Zhang, Y., (2010). Performance of a split-type air conditioner matched with coiled adiabatic capillary tubes using HCFC22 and HC290, *Applied Energy* 87: 1522-1528.

[8] Sutandi T., Sumeru K., Nasution H. Ani F.N., (2016). Evaluation of teh impacts of refrigeran charge of HC-R290 to replace HCFC-22 in a freezer performance. *Applied Mechanics and Materials* 819: 231-235.

[9] Nehdi E., Kairouani L., Bouzaina M., (2007). Performance analysis of the vapour compression cycle using ejector as an expander. *International Journal of Energy Research* 31: 364- 75.

[10] Ersoy H.K, Bilir N., (2010). The influence of ejector component efficiencies on performance of ejector expander refrigeration cycle and exergy analysis. *International Journal of Exergy* 7: 425-438.

[11] Sarkar J., (2010). Geometric parameter optimization of ejector-expansion refrigeration cycle with natural refrigerants. *International Journal Energy Research* 34: 84-94.

[12] Sumeru K., Sulaimon S., Ani F.N., Nasution H., (2013). Numerical study of ejector as an expansion device in split-type air conditioner for energy savings. *Journal of Engineering and Thechnological Sciences* 45: 179-192.

[13] Sumeru K., Nasution H., Ani F.N., (2014). Numerical and experimental study of an ejector as an expansion device on split-type air conditioner for energy savings. *Energy and Buildings* 79: 98-105.

[14] Li F., Li R., Li X., Tian Q., (2018). Experimental investigation on a R134a ejector refrigeration system under overall mode. *Applied Thermal Engineering* 137: 784-791.

[15] Liu Y., Yu Y., Yang G., (2018). Theoritical analysis of a double ejector-expansion autocascade refrigeration cycle using hydrocarbon mixture R290/R170. *International Journal of Refrigeration* 94: 33-39.

[16] Brunin O., Feidt M., Hivet B., (1997). Comparison of the working domains of some compression heat pumps and a compression-absorption heat pump. *International Journal of Refrigeration* 20: 308-318.

ISBN 978-623-92050-0-3

Penjadwalan Penggantian Komponen Mesin Press Selang Hidrolik di CV RHODA JAYA

1st Nur Aziza
Program Studi Teknik Industri,
Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya
Surabaya, Indonesia
nuraziza353@gmail.com

2nd Wahyu Aji Prastiyo
Program Studi Teknik Industri,
Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya
Surabaya, Indonesia
wahyuaji183@gmail.com

3rd Wiwin Widiasih
Program Studi Teknik Industri,
Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya
Surabaya, Indonesia
wiwin_w@untag-sby.ac.id

***Abstract*—CV RHODA JAYA merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang jasa melayani pembuatan spare part industri seperti *fittings, valves,* selang, dan tubing. CV RHODA JAYA memiliki dua mesin press selang hidrolik. Dalam melakukan aktivitas produksi permasalahan yang sering terjadi pada perusahaan ini yaitu mengalami kerusakan pada komponen mesin yang tak terduga. Untuk memperbaiki mesin yang rusak agar dapat digunakan kembali memerlukan waktu minimal tiga hari sampai satu minggu karena tidak melakukan *safety stock* pada komponen yang rusak tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan penjadwalan penggantian komponen yang tepat guna mengantisipasi pemesanan stock komponen yang cenderung lama sehingga produksi tetap berjalan sesuai jadwal produksi tanpa menunggu waktu datang komponen yang dipesan tersebut. Pendekatan yang dilakukan dalam melakukan penjadwalan ini yaitu Uji *Anderson-Darling*. Waktu penggantian komponen pegas dengan ditribusi Eksponensial dengan rata-rata jarak pengantian 16 hari, komponen *Master Die Kit* dengan rata- rata jarak 24 hari, komponen *Rear Flange* dengan distribusi eksponensial dengan rata-rata jarak 27 hari, komponen *Valve Hydraulic* dengan Distribusi eksponensial dengan rata-rata 31 hari.**

Keywords—kerusakan, penjadwalan penggantian komponen, perawatan, uji Anderson-Darling

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini, industri manufaktur di Indonesia meningkat secara kuantitas [1]. Melihat hal tersebut maka setiap pelaku industri harus siap berkompetisi meningkatkan kinerjanya yaitu dengan meningkatkan produktivitas. Keberhasilan perusahaan dalam mencapai target produksi yang telah direncanakan sangat tergantung pada kelancaran dari proses produksi. Kelancaran proses produksi dipengaruhi oleh kondisi dari mesin-mesin produksi itu sendiri. Untuk dapat menjamin agar mesin- mesin dapat berfungsi dengan baik maka perlu adanya suatu jadwal perawatan dan penggantian komponen secara teratur dan terencana. Perawatan diartikan sebagai suatu kegiatan pemeliharaan fasilitas pabrik serta mengadakan perbaikan, penyesuaian, atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi yang sesuai dengan yang direncanakan [2].

Kelancaran pada proses produksi juga tergantung pada keandalan masing-masing mesin karena apabila terjadi kerusakan pada salah satu mesin saja maka proses produksi akan terganggu. Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas komponen, peralatan, mesin atau sistem tetap beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam interval waktu dan kondisi tertentu [3].

CV RHODA JAYA melayani pembuatan spare part industri salah satunya selang. Adapun alur proses pengepresan pada selang ini yaitu dimulai dari: pemotongan selang, kemudian dilanjutkan perakitan dengan STEM dan Fitting l, setelah perakitan selang stem dan fitting selanjutnya dimasukkan ke dalam mesin press untuk dilakukan pengepressan.

CV RHODA JAYA mempunyai dua mesin press selang hidrolik yang masing-masing mempunyai empat komponen yaitu: Pegas, *Master Die Kit*, *Rear Flange*, *Valve Hydraulic*. Kerusakan mesin pada komponen pegas terjadi 19 kali, *Master Die Kit* 13 kali, *Rear Flange* 10, *Valve Hydraulic* 7 kali dalam waktu satu tahun, pada tahun 201. Jika kedua mesin mengalami kerusakan maka aktivitas produksi berhenti dampak yang dapat terjadi antara lain karyawan menganggur, permintaan konsumen tidak terpenuhi. Apabila perusahaan ini terjadi berulang- ulang, perusahaan akan mengalami penurunan produktivitas hingga kehilangan konsumen. Maka dari itu perlu diadakan penjadwalan pengantian komponen pada mesin selang hidrolik, agar mesin dalam keadaan optimal dan kegiatan produksi tidak terganggu serta berjalan dengan lancar. Pada akhir penelitian ini menghasilkan jadwal untuk penggantian komponen pada mesin press selang hidrolik dengan menghitung nilai keandalan mesin dengan mengunakan pendekatan uji *Anderson-Darling.*

ISBN 978-623-92050-0-3

II. MATERI DANMETODE

A. *Keandalan*

Keandalan (R) didefinisikan sebagai peluang suatu unit atau sistem berfungsi normal, jika digunakan kondisi operasi tertentu untuk suatu periode tertentu. Saat ini teori keandalan sangat membantu menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan manajemen perawatan, yaitu untuk memperkirakan keandalan suatu peralatan sehingga dapat ditentukan waktu untuk perawatannya. Nilai R adalah antara 0 dan 1, karena merupakan nilai probabilitas. Keandalan juga ditentukan oleh waktu sebagai variabel random, maka diperlukan suatu fungsi keandalan. Dinotasikan R(t) = Probabilitas suatu sistem dapat berfungsi dengan baik selama (0,t). Sehingga R(t) = P {peralatan beroperasi pada saat t }. Jika x menyatakan umur suatu alat, maka:

$$R(t) = P(x > t) \ldots\ldots (1)$$
$$= 1 - P(x \le 1)$$
$$= 1 - F(t)$$

B. *Model Distribusi*

Dalam perhitungan nilai keandalan ada beberapa distribusi statistik yang digunakan antara lain distribusi normal, eksponensial, distribusi weibull, dan distribusi gamma.

Distribusi Eksponensial

Fungsi padat probabilitas: $f(t) = \frac{1}{\beta} e^{-t/\beta}$, dengan $t \ge 0$…….. (2)

Fungsi distribusi kumulatif : $F(t) = 1 - e^{-t/\beta}$, dengan $t \ge 0$…… (3)

Parameter : β

Rata – rata (Mean) : β

Varians : β^2

Distribusi Weibull

Fungsi padat probabilitas: $f(t) = \alpha\beta^{-\alpha} t^{\alpha-1} e^{-(t/\beta)^{\alpha}}$ dengan $t \ge 0$……. (4)

Fungsi distribusi kumulatif : $F(t) = 1 - e^{-(t/\beta)^{\alpha}}$ dengan $t \ge 0$

Parameter: bentuk (α) dan skala (β)

Rata-rata (Mean) : $\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right)$……. (5)

Varians : $\left(\frac{\beta^2}{\alpha}\right)\{2\Gamma\left(\frac{2}{\alpha}\right) - \left(\frac{1}{\alpha}\right)\Gamma\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right)^2\}$ …….(6)

Distribusi Gamma

Fungsi padat probabilitas: $f(t) = \frac{\beta^{-\alpha} t^{\alpha-1} e^{-(t/\beta t)}}{\Gamma(\alpha)}$ dengan $t \ge 0$ …… (7)

Fungsi distribusi kumulatif : $F(t) = 1 - e^{-(t/\beta t)} \sum_{j=0}^{\alpha-1} \frac{(t/\beta t)}{j!}$ dengan $t \ge 0$ …… (8)

Parameter : bentuk (α) dan skala (β)

Rata-rata (mean) : αβ

Varians : $\alpha\beta^2$

Distribusi Normal

Fungsi padat probabilitas: $f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\pi^2}} e^{-(t-\mu)^2/2\sigma^2}$, dengan $t \in$ bil nyata ……. (9)

Fungsi distribusi kumulatif : diwakili oleh $z = \frac{t-\mu}{\sigma/\sqrt{n}}$ dengan $z \sim N(0,1)$……. (10)

Parameter: lokasi $\mu \in (-\infty, \infty)$ danskala ($\sigma > 0$)

Rata – rata (Mean) : μ

Varians : σ^2

C. *Uji- Anderson Darling*

Uji Anderson-Darling merupakan modifikasi uji kolmogorov-Smirnov. Uji A-D dirancang untuk mendeteksi ketidaksesuaian diekor dan mempunyai daya yang lebih tinggi dari pada uji K-S menghadapi berbagai distribusi alternatif statistik A-D[4]. Uji Anderson Darling didefinisikan dengan

$$A_n^2 = \int_{-\infty}^{\infty} [f_n(x) - \hat{f}(x)]^2 \psi(x) \hat{f}(x) d$$

Dimana fungsi bobot $\psi(x) = \frac{1}{[\hat{f}(x)][1-\hat{f}(x)]}$

Maka adalah rata-rata berbobot dari kuadrat selisih $[f_n(x) - \hat{f}(x)]^2$, dan bobot itu sebesar untuk $\hat{f}(x)$ mendekati 1(ekor kanan) dan $\hat{f}(x)$ mendekati 0 (ekor kiri) Jika kita ambil $z_i = \hat{f}(x_{(i)})$ untuk i= 1,2,3,n dapat diperoleh :

$$A^2{}_n = \frac{-\sum_{i=1}^{n}(2i-1)(\ln z_i + \ln(1 - z_{n+1-i}))}{n} - n$$ …… (12)

Adalah bentuk statistic yang digunakan. Selagi $A^2{}_n$ melebihi $a_{n,1-\alpha}$ dari tabel 1 dengan α adalah tingkat uji.

TABEL 1 NILAI KRITIS UJI A-D

No	Uji Statistik	1 − α			
		0.900	0.950	0.975	0.990
1	A_n^2 untuk n ≥ 5 (semua parameter diketahui)	1.933	1.2492	3.070	3.857
2	$\left(1 + \frac{4}{n} - \frac{25}{n^2}\right)A_n^2$ (distribusi normal)	0.632	0.751	0.870	1.029
3	$\left(1 + \frac{0.2}{n}\right)A_n^2$ (distribusi eksponensial)	1.070	1.362	1.587	1.943
4	$\left(1 + \frac{0.2}{\sqrt{n}}\right)A_n^2$ (distribusi weibull)	0.637	0.757	0.877	1.038

Pada tabel 1merupakan parameter yang digunakan untuk menetukan nilai kritis pada uji Anderson Darling.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Langkah-langkah Uji Distribusi

ISBN 978-623-92050-0-3

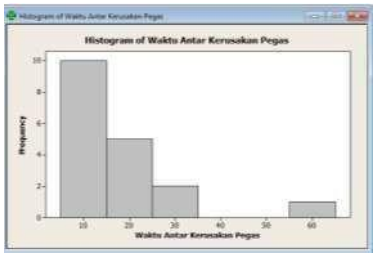
1. Penentuan antar waktu penggantian komponen berupa catatan awal antar waktu penggantian sampai pada saat komponen mengalami kerusakan lagi.
2. Selanjutnya dari data yang diperoleh dapat dilakukan perhitungan antar waktu penggantian komponen, dengan melakukan uji kesesuaian distribusi (uji A-D).
3. Menghitung rata-rata antar waktu penggantian komponen.
4. Menghitung keandalan komponen.
5. Membuat penjadwalan perawatan komponen.

Berdasarkan data antar waktu kerusakan komponen pegas tersebut dilakukan uji kesesuaian distribusi dengan bantuan program minitab 14 didapatkan sebagai berikut: Hipotesis:

H_0 : Data antar waktu kerusakan komponen sesuai dengan distribusi Eksponensial

H_1 : Data antar waktu kerusakan komponen tidak sesuai dengan distribusi Eksponensial

1. Komponen Pegas



Gambar 1 Waktu Antar Kerusakan Pegas

Pada gambar 1 menunjukan rentang waktu antar kerusakan pada komponen pegas.

Parameter Distribusi Eksponensial:

scale (β) = 16,05556

Goodness of Fit Test

AD = 1,378

P-Value = 0,039

TABEL 2 PERHITUNGAN UJI KESESUAIAN DISTRIBUSI EKSPONENSIAL WAKTU PENGGANTIAN KOMPONEN PEGAS

i	Antar waktu Antar Kerusakan (hari)	$F(t) = 1 - e^{-t/\beta}$	A^2_n
1	5	0,2676	-4,9307
2	5	0,2676	-9,7473
3	6	0,3118	-13,9236
4	6	0,3118	-18,6210
5	7	0,3534	-18,3309
6	9	0,4291	-20,2685
7	12	0,5264	-20,4872
8	12	0,5264	-23,6391
9	13	0,5550	-23,7740
10	13	0,5550	-26,5709
11	15	0,6071	-26,1750
12	15	0,6071	-28,6679
13	16	0,6308	-25,5312
14	16	0,6308	-24,2104
15	24	0,7757	-18,2027
16	26	0,8020	-18,4257
17	31	0,8550	-15,4477
18	58	0,9730	-11,8571
Rata-rata (β)	16,056	Jumlah	-348,8109
		Jumlah / n	19,3784
		A^2n	1,3784
		Uji Eksponensial	1,4243

Pada Tabel 2 uji eksponensial lebih kecil dari nilai 1-α pada tabel nilai kritis, maka H_0 diterima, berarti data jarak penggantian komponen pegas sesuai dengan distribusi Eksponensial.

Rata-rata waktu penggantian komponen pegas:

β =16,056 hari

Keandalan komponen pegas pada mesin press selang hidrolik adalah

$R(t) = P(x > t)$

$= 1 - P(x \leq 1)$

$= 1 - F(t)$

$= 1 - (1 - e^{-t/\beta})$

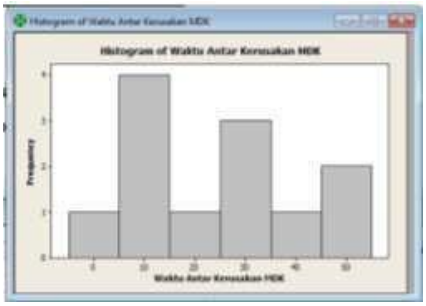
$= e^{-(t/\beta)}$

$= e^{-(16,056/16,0556)}$

$=0,36788$

$= 36,78\%$

2. Komponen Master Die Kit



Gambar 2 Waktu Antar Kerusakan MDK

Pada gambar 2 menunjukan rentang waktu antar kerusakan pada komponen *Master Die Kit*.

Parameter Distribusi Eksponensial:

scale (β) = 23,83

Goodness of Fit Test

AD = 0,734

ISBN 978-623-92050-0-3

P-Value = 0,226

TABEL 3 PERHITUNGAN UJI KESESUAIAN DISTRIBUSI EKSPONENSIAL WAKTU PENGGANTIAN KOMPONEN *MATER DIE KIT*

i	Antar waktu Antar Kerusakan (hari)	$F(t) = 1 - e^{-t/\beta}$	A^2_n
1	4	0,1545	-3,9235
2	8	0,2851	-9,6804
3	12	0,3956	-13,6579
4	12	0,3956	-15,3029
5	12	0,3956	-19,2975
6	15	0,4671	-19,9124
7	25	0,6497	-13,7881
8	29	0,7038	-12,8210
9	30	0,7160	-14,2390
10	43	0,8354	-12,9836
11	47	0,8608	-10,1961
12	49	0,8720	-7,0096
Rata-rata β)	23,833	Jumlah	-152,8121
		Jumlah / n	12,7343
		A^2n	0,7343
		Uji Eksponensial	0,7711

Pada Tabel 3 uji eksponensial lebih kecil dari nilai 1-α pada tabel nilai kritis, maka H_0 diterima, berarti data jarak penggantian komponen Master Die kit sesuai dengan distribusi Eksponensial.

Rata-rata waktu penggantian komponen *Master die kit:*

β =23,833 hari

Keandalan komponen *master Die Kit* pada mesin press selang hidrolik adalah:

$R(t) = P(x > t)$
$= 1 - P(x \leq 1)$
$= 1 - F(t)$
$= 1 - (1 - e^{-t/\beta})$
$= e^{-(t/\beta)}$
$= e^{-(23,833/23833)}$
$= 0,36788$
$= 36,78\%$

3. Komponen Rear Flange

Gambar 3 Waktu Antar Kerusakan *Rear Flange*

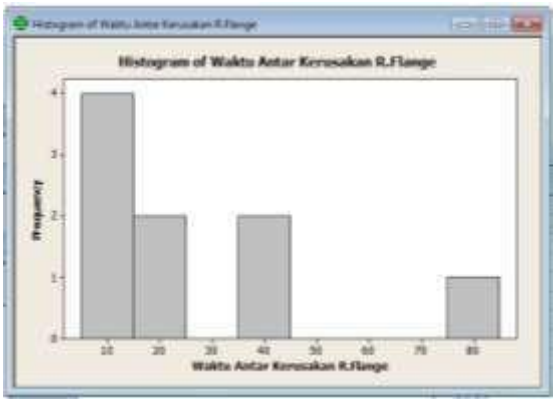
Pada gambar 3 menunjukan rentang waktu antar kerusakan pada komponen *Rear Flange.*

Parameter Distribusi Eksponensial:

scale (β) = 26,33

Goodness of Fit Test

AD = 0,622



P-Value = 0,310

TABEL 4 PERHITUNGAN UJI KESESUAIAN DISTRIBUSI EKSPONENSIAL WAKTU PENGGANTIAN KOMPONEN *REAR FLANGE*

i	Antar waktu Antar Kerusakan (hari)	$F(t) = 1 - e^{-t/\beta}$	A^2_n
1	8	0,2620	-4,3774
2	11	0,3415	-8,1224
3	11	0,3415	-12,5879
4	12	0,3660	-12,0866
5	15	0,4343	-12,6336
6	19	0,5140	-12,3338
7	38	0,7638	-8,9334
8	43	0,8046	-9,5262
9	80	0,9521	-5,9996
Rata-rata (β)	26,33333333	Jumlah	-86,6009
		Jumlah / n	*9,6223*
		A2n	*0,6223*
		Uji Eksponensial	*0,6638*

Pada Tabel 4 uji eksponensial lebih kecil dari nilai 1-α pada tabel nilai kritis, maka H_0 diterima, berarti data jarak penggantian komponen *Rear Flange* sesuai dengan distribusi Eksponensial.

Rata-rata waktu penggantian komponen *Rear Flange:*

β =26,33 hari

Keandalan komponen *Rear Flange* pada mesin press selang hidrolik adalah

$R(t) = P(x > t)$
$= 1 - P(x \leq 1)$
$= 1 - F(t)$
$= 1 - (1 - e^{-t/\beta})$
$= e^{-(t/\beta)}$

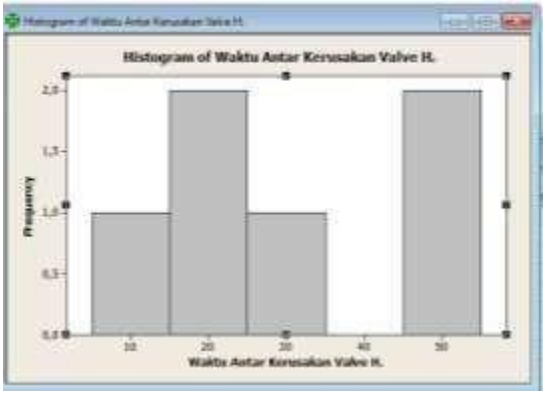
ISBN 978-623-92050-0-3

$= e^{-(23,833/23,833)}$

=0,36788

= 36,78%

4. Komponen Valve Hydarulic



Gambar 4 Waktu Antar Kerusakan *Valve Hydarulic*

Pada gambar 4 menunjukan rentang waktu antar kerusakan pada komponen *Valve Hydraulic*.

Parameter Distribusi Eksponensial:

scale (β) = 26,33

Goodness of Fit Test

AD = 0,622

P-Value = 0,310

TABEL 4 PERHITUNGAN UJI KESESUAIAN DISTRIBUSI EKSPONENSIAL WAKTU PENGGANTIAN KOMPONEN *VALVE HYDRAULIC*

i	Antar waktu Antar Kerusakan (hari)	$F(t) = 1 - e^{-t/\beta}$	A^2_n
1	11	0,3042	-2,8715
2	15	0,3901	-7,5711
3	23	0,5315	-8,7646
4	34	0,6740	-8,0693
5	48	0,7945	-6,5207
6	51	0,8139	-6,2545
Rata-rata (β a)	30,33333333	Jumlah	-40,0516
		Jumlah / n	6,6753
		A2n	0,6753
		Uji Eksponensial	0,7428

Pada Tabel 4 uji eksponensial lebih kecil dari nilai 1-α pada tabel nilai kritis, maka H_0 diterima, berarti data jarak penggantian komponen *Valve Hydraulic* sesuai dengan distribusi Eksponensial.

Rata-rata waktu penggantian komponen *Valve Hydarulic* :

β =30,33 hari

Keandalan komponen Valve Hydraulic pada mesin press selang hidrolik adalah

R(t) = P (x > t)

= 1 – P (x ≤ 1)

= 1 – F(t)

$= 1\text{-}\ (1 - e^{-t/\beta})$

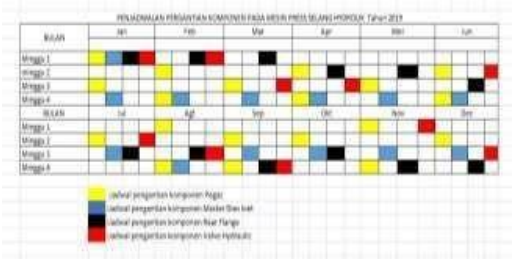
$= e^{-(t/\beta)}$

$= e^{-(23,833/23,833)}$

=0,36788

= 36,78%

3.2 Penjadwalan Penggantian Komponen mesin Press Selang Hidrolik.



KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian, Analisis hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa jenis kerusakan yang terjadi pada mesin press selang hidrolik merk finn power P32 adalah komponen pegas, *master die kit, rear flange, valve hydraulic*. Waktu penggantian komponen pegas sesuai dengan distribusi eksponensial dengan rata- rata jarak 16 hari, komponen *Master Die Kit* dengan distribusi eksponensial dengan rata-rata jarak 24 hari, komponen *Rear Flange* dengan distribusi eksponensial dengan rata-rata jarak 27 hari, komponen *Valve Hydraulic* dengan Distribusi eksponensial dengan rata-rata jarak 31 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu terutama CV Rhoda Jaya sebagai Objek Penelitian. Pihak Biro Kemahasiswaan, Minat Bakat, dan Alumni Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang mendukung secara finansial untuk berpartisipasi dan memaparkan makalah penelitian

dalam Seminar Nasional Teknik Industri UGM Yogyakarta Tahun 2019.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Widiasih, Wiwin, dan Karningsih, Putu Dana. (2013). Pengelolaan Risiko pada *Updating Computer Integrated Manufacturing*(CIM) di Perusahaan Pakan Ternak. Jurnal Teknik POMITS Vol 2 No 1 page 117-122

[2] Tantri, D. (2018). *Perancangan sistem perawatan mesin corrugated carton box dengan metode RCM pada PT. intan ustrix gresik*

[3] Ansori, N., & Mustajib, M. (2013). *Sistem Perawatan Terpadu.* Yogyakarta: Graha Ilmu.

[4] Asmungi. (2006). *Simulasi Komputer Sistem Dikrit.* Surabaya: Untag Press.

ISBN 978-623-92050-0-3

Usulan Perbaikan Tata Letak Ruang Perkantoran Fakultas Teknik Menggunakan Metode CORELAP (*Computerized Relationship Layout Planning*)

1st Oki Rizkiyanto
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Dian Nuswantoro
E-mail :
okirizkiyanto24@gmail.com

2nd Ratih Setyaningrum
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Dian Nuswantoro

3rd Jazuli
Program Studi Teknik Industri, Fakultas TeknikUniversitas Dian Nuswantoro

***Abstrak*— Ruang Perkantoran Fakultas Teknik merupakan tempat yang digunakan untuk melakukan aktivitas kerja yang dilakukan secara rutin untuk menunjang kebutuhan aktivitas perkuliahan mahasiswa Fakultas Teknik. Untuk Mendukung kegiatan perkantoran, perlu melakukan pertimbangan beberapa aspek yang perlu dipenuhi seperti hubungan fungsionalitas, kenyamanan dan tata letak yang sesuai. Saat ini di Ruang Perkantoran Fakultas Teknik belum memiliki tata letak yang baik. Dimana terdapat beberapa permasalahan seperti ruangan bendahara FT dan juga Sekretaris FT yang terpisah sedangkan memiliki tingkat hubungan kerja yang sangat dekat dalam urusan administrasi perkantoran, Ruang Dekanat yang berjauhan dengan Ruang Tata Usaha untuk melakukan koordinasi terkait dengan administrasi perkantoran dan jarak antar meja dosen yang berdekatan sehingga memiliki *space* jalan yang sempit untuk berjalan. Dalam penelitian ini dilakukan analisis dan perhitungan mengenai tata letak fasilitas untuk menghasilkan *layout* usulan terbaik yang bisa diterapkan dengan mempertimbangkan derajat kepentingan dari setiap fasilitas dan diolah menggunakan metode CORELAP dengan bantuan *software* CORELAP. Hasil dari penelitian menunjukkan *layout* usulan yang terbaik dimana setiap fasilitas tersusun secara rapi dan tertata sesuai dengan tingkat hubungannya masing-masing.**

***Keywords*— ARC, CORELAP, Perancangan Tata Letak Fasilitas**

I. PENDAHULUAN

Suatu tata letak fasilitas yang optimal harus didukung oleh kegiatan pemindahan barang (*material handling)* yang baik (Jawin, 2011). Tata letak fasilitas merupakan salah satu faktor penting dalam mempengaruhi produktivitas produksi perusahaan (Qoriyana., Musthofa dan Susanty, 2014). Tata letak yang baik akan menghasilkan aliran proses yang lancar saat produksi berlangsung. Sehingga proses bisa berjalan dengan efisien dan efektif. Begitu juga sebaliknya, tata letak yang kurang baik akan menghasilkan aliran proses yang kurang lancar dan mengakibatkan *bottleneck* dan menghambat proses produksi.

Perancangan tata letak fasilitas memiliki ruang lingkup yang luas, tidak hanya sebatas dalam lingkup produksi sebuah sistem manufaktur, tetapi juga mencakup bidang-bidang seperti pada perkantoran, pergudangan, pengepakan dan pengemasan. Dalam sistem manufaktur input, proses dan output bisa berupa wujud fisik yang mengalami tahapan proses tertentu. Sedangkan pada bidang perkantoran bisa berupa data non fisik yang berupa informasi yang dibutuhkan dalam lingkup perkantoran.

Dalam perancangan tata letak fasilitas pada ruang perkantoran, perlu memperhatikan tingkat hubungan dari tiap bagian yang ada. Hal ini untuk memudahkan melakukan koordinasi pekerjaan tiap bagian dan juga penataan ruangan yang dimanfaatkan secara efektif dan juga efisien.

Ruang perkantoran Fakultas Teknik merupakan ruangan yang berfungsi sebagai pusat dari pengendali aktivitas dalam proses perkuliahan di Fakultas Teknik yang memiliki total luas 188 m^2 yang terbagi atas beberapa bagian yaitu ruang dosen, ruang dekanat, ruang tata usaha dan juga ruang rapat. Dalam perancangan tata letak fasilitas masih kurang optimal. Sangat jelas terlihat permasalahan yang ada. Seperti ruangan bendahara FT dan juga Sekretaris FT yang terpisah sedangkan memiliki tingkat hubungan kerja yang sangat dekat dalam urusan administrasi perkantoran, Ruang Dekanat yang berjauhan dengan Ruang Tata Usaha untuk melakukan koordinasi terkait dengan administrasi perkantoran dan jarak antar meja dosen yang berdekatan sehingga memiliki *space* jalan yang sempit untuk berjalan.

Melihat dari permasalahan yang ada maka perlu dilakukan evaluasi tata letak perkantoran supaya bisa lebih efektif dalam penggunaan ruang yang terbatas sesuai dengan fungsinya. Maka dalam penelitian ini, untuk melakukan evaluasi tata letak kantor dilakukan dengan menggunakan algoritma CORELAP.

Dwianto (2016) dalam penelitian yang berjudul "Usulan Rancangan Tata Letak Fasilitas dengan

ISBN 978-623-92050-0-3

Menggunakan Metode *Computerizes Relationship Layout Planning* (CORELAP) di Perusahaan Konveksi". Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode CORELAP. Penelitian tersebut dapat memberikan usulan perancangan tata letak fasilitas yang lebih efektif dan juga efisien dalam penggunaan ruang yang lebih teratur terutama pada area produksi untuk penempatan mesin, penambahan area sebagai *allowance* bagi transportasi pegawai dan juga alat transportasi untuk pemindahan material, serta tata letak bagian produksi yang dapat meminimasi permasalahan penggunaan luas lantai yang kurang memadai untuk kebutuhan mesin yang bertambah.

Wibawanto (2015) dalam penelitian yang berjudul "Perancangan Tata Letak Fasilitas Produksi Pestisida II dengan Metode *Computerized Relationship Layout Planning* (CORELAP) untuk Meminimasi *Material Handling* (Studi Kasus : PT Petrokimia Kayaku Gresik)". Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode CORELAP dengan melakukan analisis terhadap pertimbangan perhitungan jarak dan ongkos *material handling*. Hasil yang didapatkan bahwa perhitungan Metode CORELAP menghasilkan jarak dan ongkos *material handling* yang lebih kecil dari *layout* yang sudah ada.

Menurut (Gunawan, Octaivia, dan Felecia, 2015) Algoritma CORELAP (*Computerized Relationship Layout Planning*) merupakan salah satu algoritma *construction* yang mengubah data kualitatif menjadi kuantitatif untuk menentukan fasilitas pertama untuk diletakkan dalam *layout* yang ada sesuai dengan tingkat hubungan kepentingan dari fasilitas yang digunakan. Algoritma CORELAP ini berfungsi dengan melakukan pertimbangan terhadap luas area dari tiap departemen dan juga tingkat hubungan kedekatan dari tiap bagian yang didasarkan pada *Activity Relationship Chart* (ARC). Dalam CORELAP akan menghasilkan *layout* usulan terbaik dalam bentuk *Area Allocation Diagram* (AAD).

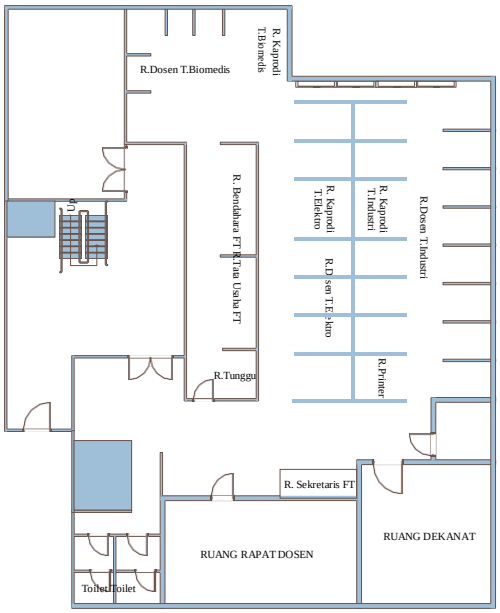
II. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode kuantitatif. Dalam penelitian ini, data yang dikumpulkan seperti data luas fasilitas ruangan dalam perkantoran, data jumlah ruangan, serta data tingkat hubungan fasilitas yang digambarkan dalam bentuk ARC (*Activity Relationship Diagram*). Data tersebut kemudian diolah dengan menggunakan *software* CORELAP untuk mendapatkan nilai TCR (*Total Closeness Ratting*) atau jumlah nilai yang dihitung berdasarkan peringkat hubungan kedekatan tiap fasilitas. Setelah diketahui nilai TCR dari tiap fasilitas maka akan menghasilkan 1 *layout* usulan terbaik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Layout Awal Ruang Perkantoran Fakultas Teknik

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan menghasilkan tatanan *layout* awal dari kondisi saat ini dimana luas area keseluruhan sebesar 188 m^2. Gambar *layout* awal kondisi saat ini ruang perkantoran fakultas Teknik ditunjukan dalam Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. *Layout* Awal Ruang Perkantoran Fakultas Teknik

B. Identifikasi Tata Letak Berdasarkan Activity Relationship Chart

Sebelum menyusun *Activity Reationship Chart* (ARC), harus menentukan tingkat hubungan dari tiap departemen yang ada. Terdiri dari derajat hubungan serta alasan tingkat hubungan. Dibawah ini adalah derajat hubungan antar fasilitas pada ARC:

a. *Absolutely Important* (A) : mutlak perlu berdekatan
b. *Very Important* (E) : sangat penting berdekatan
c. *Important* (I) : penting berdekatan
d. *Ordinary* (O) : tidak ada masalah
e. *Unimportant* (U) : perlu berjauhan
f. *Undesirable* (X) : mutlak berjauhan

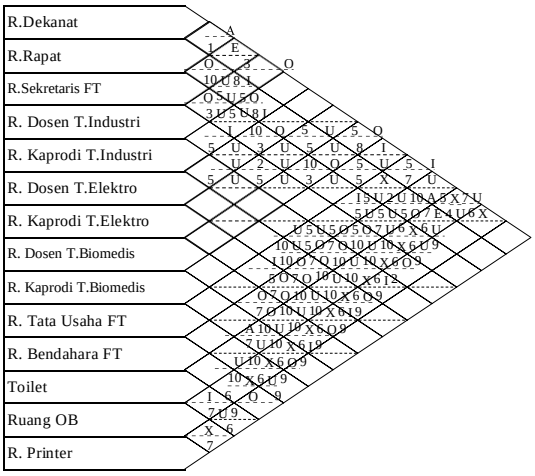
Dibawah ini adalah alasan tingkat hubungan yang digunakan untuk ARC:

a. Kemudahan pengawasan (1)
b. Melaksanakan pekerjaan serupa (2)
c. Aliran informasi (3)
d. Menggunakan catatan yang sama (4)
e. Derajat hubungan kertas kerja (5)
f. Kotor, debu, bau, dll (7)

ISBN 978-623-92050-0-3

g. Menggunakan tenaga kerja staff yang saling koordinasi (8)
h. Derajat kontak personil secara bersama staff mahasiswa (9)

Terdapat 14 ruang yang harus diidentifikasi untuk menentukan tata letak masing-masing, yaitu Ruang Dekanat, Ruang Rapat, Ruang Sekretaris FT, Ruang Dosen Teknik Industri, Ruang Kaprodi Teknik Industri, Ruang Dosen Teknik Elektro, Ruang Kaprodi Teknik Elektro, Ruang Dosen Teknik Biomedis, Ruang Kaprodi Teknik Biomedis, Ruang Tata Usaha, Ruang Bendahara FT, Toilet, Ruang OB, Dan Ruang Printer. Dimana setelah dilakukan identifikasi aktivitas dan fasilitas masing-masing, maka dilanjutkan dengan mengidentifikasi tata letak fasilitas secara menyeluruh menggunakan ARC gabungan seluruh departemen atau ruang. *Activity Reationship Chart* (ARC) ditunjukan dalam Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. ARC Ruang Perkantoran Gedung B1 Fakultas Teknik

C. Luas Lantai Ruang Perkantoran Fakultas Teknik

Data luas Lantai Ruang Perkantoran Fakultas Teknik ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. DATA LUAS FASILITAS

No	Nama Ruang	P (m)	L (m)	Luas (m^2)	Jumlah Ruang	Total Luas Lantai
1	Ruang Dekanat	6	3.05	18.3	1	18.3
2	Ruang Rapat Dosen	8	4.2	33.6	1	33.6
3	R. Sekretaris Dosen	2.4	1.8	4.32	1	4.32
4	R.Dosen Teknik Industri	2.17	1.5	3.255	13	42.315
5	R. Kaprodi Teknik Industri	2.4	2.17	5.208	1	5.208
6	R. Dosen Teknik Elektro	2.17	1.5	3.255	5	16.275
No	Nama Ruang	P (m)	L (m)	Luas (m^2)	Jumlah Ruang	Total Luas Lantai
7	R. Kaprodi Teknik Elektro	2.4	2.17	5.208	1	5.208
8	R. Dosen Teknik Biomedis	2.17	1.5	3.255	4	13.02
9	R. Kaprodi Teknik Biomedis	2.4	2.17	5.208	1	5.208
10	R. Tata Usaha	5.8	1.9	11.02	1	11.02
11	R. Bendahara FT	4.9	1.9	9.31	1	9.31
12	Toilet	3.6	2.4	8.64	1	8.6
13	Ruang OB	3.08	2.4	7.392	1	7.392
14	R. Printer	2.17	1.5	3.255	1	3.25
Total						183.071

D. Hasil Input Data

CORELAP (*Computerized Relationship Layout Planning*) merupakan algoritma pembangunan (*construction algorithm*) yaitu suatu algoritma yang digunakan untuk menghasilkan rancangan layout baru yang tidak bergantung atau tidak memerlukan *initial layout/* tata letak awal (Dewi, 2013).

Pemilihan metode CORELAP dalam penelitian ini karena metode ini sangat memperhatikan tingkat keterkaitan hubungan fasilitas secara baik dan penyusunan departemen atau fasilitas berdasarkan perhitungan TCR bukan secara *random* seperti metode lainnya. Metode CORELAP tidak memerlukan *layout* awal yang berupa titik koordinat luas tiap departemen tetapi hanya dengan data tingkat hubungan kedekatan fasilitas dapat menghasilkan satu *layout* usulan yang terbaik dibandingkan dengan metode yang lainnya. Dalam melakukan *input* data ke dalam *software* CORELAP digunakan data peta hubungan antar departemen (ARC), area tiap departemen, jumlah departemen, dan nilai keterkaitan hubungan. Berikut ini merupakan *input* data CORELAP :



Gambar 3. Input Data Luas Ruangan dan ARC (*Activity Relationship Chart*) Tiap Fasilitas

Dari hasil penginputan nilai hubungan tiap departemen, maka didapatkan nilai TCR. TCR

ISBN 978-623-92050-0-3

merupakan perhitungan dari derajat kedekatan setiap departemen atau fasilitas yang digambarkan dalam *Activity Relationship Chart* (ARC). Dapat dilihat pada Gambar 3 Berikut ini :



Gambar 4. Representasi Tingkat TCR dan Luas Tiap Fasilitas

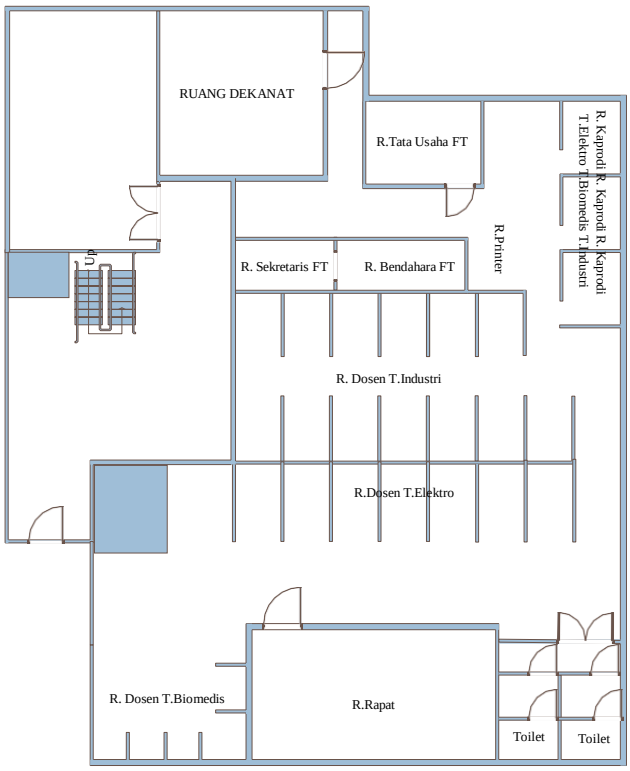
Dari Gambar 4 diatas menunjukkan penggunaan area yang dibutuhkan keseluruhan fasilitas yang ada sebesar 183,071 m^2 Dari total luas area yang tersedia sebesar 188 m^2. Dalam algoritma CORELAP, pengalokasian tata letak dilakukan berdasarkan pada nilai TCR yang diperoleh. Dimulai dari nilaiTCR tertinggi. Dari pengalokasian data di atas, maka diperoleh hasil akhir berupa satu *layout* usulan yang merupakan *layout* terbaik.

Urutan *layout* usulan tata letak fasilitas yang dihasilkan dengan metode CORELAP dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 5. Tata Letak Fasilitas dengan Metode CORELAP

Berdasarkan tingkat hubungan kedekatan dari tiap-tiap fungsional kantor membentuk output akhir yaitu berupa AAD (*Area Allocation Diagram*). AAD yang dihasilkan sudah Dimana Dalam AAD masih berupa layout kasar dari tata letak fasilitas Dan dari data AAD maka dilakukan pengolahan dengan merubahnya menjadi sebuah *layout* tata letak fasilitas secara utuh dari setiap bagian fungsional kantor. Dimana dalam perancangan tata letak ini mengacu pada AAD yang merupakan *output* akhir dari penggunaan *software* CORELAP.



Gambar 6. *Layout* usulan dengan Metode CORELAP

Gambar 6 diatas menunjukkan adanya perbedaan dengan tata letak layout awal. Berikut merupakan perbedaan tata letak awal dan juga tata letak usulan yang dihasilkan:

a. Dalam usulan yang dihasilkan dari metode CORELAP ini adalah terjadi perubahan Tata letak Ruang Dekanat, Ruang Sekretaris FT, Ruang Bendahara FT dan juga Ruang Tata Usaha FT yang saling berdekatan sesuai dengan tingkat kepentingannya sehingga memudahkan dalam melakukan koordinasi dan menyelesaikan agenda administrasi perkantoran dan tentunya mengurangi jarak perpindahan yang terjadi dari setiap staff pegawai. Artinya memberikan tata letak yang lebih efektif dan juga efisien dari tata letak sebelumnya.
b. Berdasarkan tata letak usulan yang dihasilkan secara otomatis dari *software* CORELAP, penempatan posisi Toilet bergeser dari sebelah kiri pindah ke sebelah kanan Ruang Rapat tidak jauh berbeda dengan tata letak awal yang

ISBN 978-623-92050-0-3

sama bersebelahan dengan Ruang Rapat. Artinya tata letak awal dan juga tata letak usulan sudah sama baiknya.

c. Tata letak usulan untuk Ruang Dosen Teknik Industri, Teknik Elektro dan juga Teknik Biomedis menjadi lebih rapi dan juga bisa memanfaatkan penggunaan ruang yang terbatas secara efektif serta memiliki *space* jalan bagi *staff* pegawai maupun mahasiswa yang cukup besar daripada *layout* yang awal.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan didapatkan hasil usulan tata letak fasilitas Ruang Perkantoran Fakultas Teknik dengan menggunakan metode CORELAP. Dalam *layout* usulan yang dihasilkan memberikan usulan perbaikan pada fasilitas Ruang Dekanat, Ruang Tata Usaha FT, Ruang Sekretaris dan juga Ruang Bendahara FT yang menjadi saling berdekatan sesuai dengan tingkat kepentingan hubungan kerja dalam aktivitas perkantoran. Dan tata letak ruang dosen yang menjadi lebih baik dengan penggunaan ruang yang terbatas. Dari keseluruhan usulan yang dihasilkan dengan metode CORELAP ini adalah dapat memudahkan koordinasi hubungan kerja dari setiap kepentingan perkantoran FT sesuai dengan unit kebutuhan fungsional kantor. Dan perancangan tata letak ini mampu meminimasi jarak perpindahan yang terjadi.

Saran untuk penelitian selanjutnya untuk melakukan perbandingan dengan menggunakan metode yang lainnya seperti CRAFT, ALDEP maupun yang lainnya. Sehingga bisa diketahui metode apa yang terbaik untuk melakukan perancangan tata letak fasilitas untuk penelitian selanjutnya. Dan bisa mengetahui nilai efisiensi yang dihasilkan apabila kedua metode dibandingkan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Dewi, I.Gusti A.W. (2013). CORELAP. http://igawd.blogspot.com/search/label/PTLF, (diakses pada: 7 Agustus 2019)

[2] Gunawan, J.W., Octavia,T. dan Felecia. (2015). Perancangan Tata Letak Fasilitas pada PT. Lima Jaya. *Jurnal Titra*. Vol 3, No. 2, 195-202.

[3] Jawin, E. (2011). Perancangan Ulang Tata letak Fasilitas dengan Metode Grafik dan Algoritma CRAFT Pada PT. Prima Indah Saniton. Jurnal Teknik Industri, Sumatera Utara: USU.

[4] Qoriyana., Musthofa dan Susanty. (2014). Perancangan Tata Letak Fasilitas Bagian Produksi Pada CV. Visa Insan Madani. Jurnal Institut teknologi Nasional, Vol. 1, No. 3, ISSN: 2338-5081.

[5] Dwianto, Q.A., Susanty, S dan Fitria, L. (2016). Usulan Rancangan Tata Letak Fasilitas dengan Menggunakan Metode *Computerizes Relationship Layout Planning* (CORELAP) di Perusahaan Konveksi. Jurnal *Online* Institut Teknologi Nasional, Vol.4, No.1, ISSN : 2338-5081

[6] Wibawanto, A.A.A., Choiri, M., Eunike, A. (2015). Perancangan Tata Letak Fasilitas Produksi Pestisida II dengan Metode *Computerized Relationship Layout Planning* (CORELAP) untuk Meminimasi *Material Handling* (Studi Kasus : PT Petrokimia Kayaku Gresik).

ISBN 978-623-92050-0-3

Peningkatan Pengetahuan dan Motivasi Belajar Mahasiswa dengan Menggunakan 3D *Printing*

1st Poppy Nandasari
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
poppynandasari@mail.ugm.ac.id

2nd Herianto
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
herianto@ugm.ac.id

***Abstract*— Pembelajaran dengan menggunakan 3D *Printing* memungkinkan penciptaan objek langsung dari file desain berbantuan *software* 3D. Untuk mengidentifikasi efek dari model pembelajaran menggunakan 3D *Printing* ada pada pengalaman mahasiswa dan pembelajaran proses desain, mahasiswa diminta untuk membuat rancangan desain baru dari pembuatan *prototipe* desain yang sudah ada. Efektifitas model pembelajaran menggunakan 3D *Printing* sebagai metode pengajaran dapat diukur dari pencapain tujuan dan motivasi belajar mahasiswa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan model pembelajaran dengan menggunakan 3D *Printing* terhadap pengetahuan dan motivasi belajar mahasiswa. Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian eksperimen klasik, dengan satu kelompok eksperimen dengan satu kelompok kontrol. Instrumen pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *pretest-posttest* dan kuesioner MSLQ (*Motivated Strategies for Learning Questionnaire*). Kuesioner MSLQ digunakan untuk mengetahui motivasi belajar mahasiswa sebelum dan sesudah perlakuan. *Pretest* dan *posttest* digunakan untuk mengetahui pengetahuan mahasiswa sebelum dan sesudah perlakuan. Teknik analisis data yang nantinya akan digunakan adalah *Independent sample t test.* Pada penelitian ini pengaruh perlakuan penggunaan 3D *Printing* digunakan untuk membandingkan selisih *pretest-posttest* pada kelompok eksperimen dengan selisih *pretest-posttest* pada kelompok kontrol, dan ditunjang dengan kuesioner MSLQ untuk memperkuat hasil pada kedua kelompok tersebut.**

Keywords*— *teaching methods with 3D Printing – lecture – knowledge – learning motivation

I. INTRODUCTION

Pendidikan dan teknologi berperan penting dalam kemajuan suatu negara. Menurut UU No. 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional Pasal 1, menyebutkan bahwa: "Pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar mahasiswa secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan spiritual, keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, akhlak mulia, keterampilan yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa dan negara".

Seiring berjalannya waktu pendidikan terus mengalami perubahan dan perkembangan. Pergeseran ini diakibatkan adanya pengaruh globalisasi dimana hasil dari proses pendidikan harus bisa saling bersaing secara global. Perubahan dalam proses pembelajaran pun sangat dipengaruhi oleh perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang terus berkembang dengan pesat.

Dalam pelaksanaan pembelajaran diperlukan suatu strategi pembelajaran dengan penggunaan sumber daya, baik sumber daya pendidik maupun sarana-prasarana guna mencapai tujuan pembelajaran. Metode dan strategi pembelajaran memiliki andil yang cukup besar dalam proses belajar mengajar [1]. Penggunaan konsep mengajar dalam kegiatan pembelajaran sangat diperlukan untuk mempermudah proses pembelajaran sehingga dapat memperoleh hasil yang optimal. Tanpa konsep mengajar yang jelas, proses pembelajaran tidak akan terarah dan tidak dapat berlangsung secara efektif dan efisien sehingga tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan akan sulit tercapai. Perkembangan teknologi seperti 3D *Printing* berkembang di beberapa bidang professional, termasuk di bidang pendidikan. 3D *Printing* merupakan proses pencetakan benda padat tiga dimensi dari sebuah desain digital. Cara kerja 3D *Printing* sebenarnya sama dengan *Printing* konvensional yakni membuat lapisan yang disusun menjadi benda, akan tetapi 3D *Printing* menggunakan material tertentu dalam bentuk filament sedangkan *Printing* konvensional material yang digunakan berupa tinta.

Memperkenalkan konsep dan mengajar melalui teknologi dapat membuat mahasiswa bersemangat. Menggunakan teknologi di ruang kelas adalah cara yang menyenangkan bagi mahasiswa untuk terlibat dalam pelajaran karena mereka dapat memahami subjek [9]. Melihat aplikasi dunia nyata melalui penggunaan teknologi juga memotivasi mahasiswa untuk belajar [4]. Dengan demikian, menambahkan

ISBN 978-623-92050-0-3

teknologi ke disiplin ilmu apapun bisa menjadi pendekatan yang efektif untuk mengajar dengan meningkatkan keterampilan teknis mahasiswa dan memungkinkan mereka untuk menerapkan keterampilan mereka ke kehidupan nyata [10].

Merancang melalui perangkat lunak 3D memungkinkan mahasiswa berpikir secara visual dalam tiga dimensi, yang meningkatkan visualisasi spasial mahasiswa [12]. Seiring kemajuan teknologi dan semakin dimasukkan ke dalam ruang kelas, penting bagi para peneliti untuk memahami implikasi penggunaan teknologi untuk mencapai tujuan pendidikan. Para peneliti telah menunjukkan bahwa menerapkan teknologi dengan baik meningkatkan tidak hanya pengalaman belajar, tetapi juga kinerja akademik [11].

Para peneliti menemukan bahwa lingkungan belajar yang berpusat pada mahasiswa dan teknologi terintegrasi membantu menghasilkan mahasiswa yang lebih mampu berpikir kritis, menyelesaikan masalah, bekerja sama dengan orang lain, dan terlibat secara mendalam dalam proses pembelajaran. Sehingga memahami dampak teknologi dan menemukan cara terbaik untuk mengintegrasikan teknologi ke dalam kelas menjadi sangat penting [10].

Meskipun banyak penelitian telah menunjukkan bahwa ada banyak manfaat teknologi, namun beberapa peneliti tidak setuju. Sebuah studi [6] menunjukkan bahwa menggambar melalui *Google SketchUp* tidak meningkatkan keterampilan rotasi mental mahasiswa lebih dari menggambar dengan tangan. Selain itu, para pendidik memiliki kekhawatiran bahwa mahasiswa terlalu banyak mengandalkan teknologi, dengan demikian tidak akan mengalami pembelajaran yang benar [5].

Sebagai salah satu metode yang akan digunakan untuk belajar, metode belajar menggunakan 3D *Printing* harus dapat diukur efektifitasnya. Hal ini penting sebagai upaya penerapan pelaksanaan jaminan mutu pendidikan, dasar pemilihan metode pengajaran, dan alat perbaikan kualitas pengajaran. Pencapaian tujuan pengajaran dan tingkat motivasi belajar mahasiswa dapat digunakan untuk mengukur efektifitas belajar [11]. Pencapaian tujuan pengajaran dapat diukur dari performa akademik mahasiswa berupa tingkat pengetahuan materi pembelajaran. Performa akademik mahasiswa diketahui dapat dipengaruhi dan mempengaruhi motivasi dan harapan mahasiswa terhadap suatu proses pembelajaran [7].

Latar belakang ini diikuti oleh tinjauan literatur, yang selanjutnya penelitian ini berfokus pada implementasi 3D *Printing* terhadap hasil belajar mahasiswa. Selanjutnya, peneliti menjelaskan bagaimana penelitian ini diterapkan dengan pendekatan kuantitatif untuk memeriksa cara mahasiswa terlibat pembelajaran selama masa perkuliahan dengan menggunakan 3D Printing dan *software* desain 3D dan bagaimana hal itu dapat memberikan hasil yang positif pada pembelajaran. Peneliti berpendapat bahwa temuan menunjukkan bagaimana teknologi, terutama 3D *Printing* dan *software* desain 3D, yang secara positif memberikan dampak pada kinerja mahasiswa secara keseluruhan. Seperti yang diklaim para peneliti sebelumnya, penelitian ini menunjukkan bagaimana menggunakan teknologi di ruang kelas berdampak kepada mahasiswa secara positif.

II. RESEARCH METHOD

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian tindakan kelas dengan penerapan model pembelajaran dengan menggunakan 3D *Printing*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan model pembelajaran dengan menggunakan 3D Printing terhadap pengetahuan dan motivasi belajar mahasiswa.

Ada dua hal yang diukur, yaitu pengetahuan 3D *Printing* yang diukur dengan menggunakan soal *pre-test* dan *post-test*, dan kemudian hasil ini diperkuat dengan kuesioner *Motivated Strategies for Learning Questionnaire* (MSLQ). Subjek penelitian adalah seluruh mahasiswa Fakultas Teknik jurusan Teknik Industri semester 1. Mahasiswa dikelompokan menjadi beberapa kelompok secara acak.

Populasi dari penelitian ini adalah seluruh mahasiswa tingkat II Prodi S1 Teknik Industri. apabila subeknya kurang dari 100, lebih baik diambil semua sehingga penelitiannya merupakan penelitian populasi. Sampel dan populasi dari penelitian ini adalah 30, namun yang bersedia menjadi responden dan mengisi kuesioner secara lengkap berjumlah 14 orang [2].

Variabel penelitian terdiri dari: variabel terikat yakni pengetahuan dan motivasi belajar (*dependent*) dan variabel bebas (*dependent*) adalah penggunaan 3D *Printing.* Dikatakan variabel terikat, dikarenakan asumsi bahwa penggunaan 3D *Printing* dapat mempengaruhinya. Oleh karena penggnaan 3D *Printing* dapat mempengaruhi pengetahuan dan motivasi belajar maka ia adalah variabel bebas.

Definisi operasional dari variabel tersebut dijabarkan sebagai berikut:

1. Motivasi didefinisikan sebagai persepsi mahasiswa terhadap praktikum yang terukur melalui kuesioner MSLQ, dimana motivasi terdiri dari dua macam, diantaranya: Motivasi intrinsik, didefinisikan sebagai kemauan mahasiswa untuk belajar yang timbul dari siswa itu sendiri Motivasi ekstrinsik, didefinisikan sebagai kemauan mahasiswa untuk belajar yang timbul karena pengaruh dari luar
2. Pengetahuan didefinisikan sebagai pengetahuan mahasiswa mengenai 3D *Printing* yang terukur melalui *pretest* dan *posttest.*
3. Penggunaan 3D *Printing* didefinisikan sebagai kemampuan mahasiswa dalam mengoperasikan 3D *Printing.*

ISBN 978-623-92050-0-3

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapat dari sumber pertama baik dari individu atau perseorangan berupa hasil pengisian kuesioner, dan data sekunder yaitu data yang didapatkan dari sumber resmi. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner dan dokumentasi. Kuesioner dilakukan dengan menyusun daftar pertanyaan tentang motivasi dan strategi belajar diisi oleh mahasiswa. Sebelum melakukan penelitian pada subjek sesungguhnya, dilakukan uji validitas dan reliabilitas terlebih dahulu terhadap instrument yang akan peneliti gunakan. Dokumentasi adalah teknik pengumpulan data yang menggunakan dokumen sebagai data, nilai akhir praktikum mahasiswa aktif adalah dokumen yang peneliti gunakan.

III. RESULT

Subyek penelitian dibagi dalam 2 kelompok yakni mahasiswa yang megoperasikan 3D *Printing* dan yang tidak mengoperasikan. Kemampuan mahasiswa dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya seperti pengetahuan, intelegensi, waktu pengajaran, dan struktur program [3].

Sebelum dilakukan penelitian lebih lanjut, peneliti melakukan uji validitas dan reliabilitas terhadap kuesioner *Motivated Strategies for Learning Questionnaire* (MSLQ). Pada hasil uji validitas dan reliabilitas kuesioner MSLQ didapatkan 1 nomor yang tidak valid, yakni kuesioner nomor 27. Setelah dilakukan uji reliabilitas, hasil yang di dapatkan dalam kuesioner tersebut juga *reliable.*

Dan hasil uji reliabilitas didapatkan pada tabel I:

TABLE I. UJI RELIABILITAS MSLQ

Cronbach's Alpha	N of Items
0.925	31

Dalam kegiatan belajar, maka motivasi dapat dikatakan sebagai keseluruhan daya penggerak di dalam diri siswa yang menimbulkan kegiatan belajar, yang menjamin kelangsungan dari kegiatan belajar dan memberikan arah pada kegiatan belajar, sehingga tujuan yang dikehendaki oleh subjek belajar itu dapat tercapai [1].

Karena penelitian ini masih berlangsung, maka peneliti akan menampilkan hasil dari penelitian terdahulu. Berdasarkan penelitian dari peneliti sebelumnya masalah motivasi siswa dalam belajar merupakan bagian yang penting dalam proses pembelajaran karena siswa yang memiliki motivasi belajar akan terlibat secara intens dalam proses pembelajaran dan pembelajaran menjadi sangat menyenangkan bagi siswa. Pencapaian hasil belajar yang baik, tak lepas dari motivasi yang berada pada mahasiswa itu sendiri. Mahasiswa yang memiliki motivasi intrinsik, menyukai tantangan, ingin menguasai subjek, mempunyai keingintahuan dan minat belajar yang besar [6]. Mahasiswa akan lebih mendalami hal-hal yang dipelajari dan lebih memahai baik dari konsep dan strukturnya. Sebagai pengajar, kita perlu meningkatkan motivasi dan perilaku mereka untuk terus terlibat dalam pembelajaran akan berdampak pada prestasi mereka di kemudian hari. Mahasiswa yang memiliki motivasi ekstrinsik sangat peduli dengan nilai yang mereka capai, penghargaan eksternal dan persetujuan dari orang lain [8].

Pencapaian hasil belajar sering dikaitkan dengan motivasi dan strategi belajar, misalkan mahasiswa yang memiliki motivasi intrinsik akan memiliki kinerja lebih baik dibandingkan dengan mahasiswa yang memiliki motivasi ekstrinsik. Faktor motivasional akan mempengaruhi strategi belajar, tergantung pada waktu dan banyaknya usaha yang dibutuhkan untuk menguasai materi yang dipelajari.

Penelitian terkait perbedaan pendekatan belajar dan motivasi menyebutkan bahwa mahasiswa yang memiliki motivasi intrinsik menggunakan strategi belajar yang dirancang untuk mengembangkan pemahaman konseptual atas materi, sedangkan mahasiswa yang memiliki motivasi ekstrinsik lebih banyak menggunakan strategi latihan dan menghafal materi yang dapat digunakan ketika ujian [12].

IV. CONCLUSION

Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa motivasi mempengaruhi perilaku seseorang dalam pengambilan keputusan untuk memulai, mengikuti, dan mengakhiri suatu pembelajaran. Motivasi merupakan faktor penting dalam proses pembelajaran karena dapat membantu mahasiswa untuk mencapai prestasi akademiknya. Motivasi yang kuat bagi mahasiswa apabila didukung dengan strategi belajar yang tepat, dimana strategi belajar yang tepat akan mempengaruhi tujuan pembelajaran yakni prestasi akademik yang baik.

Motivasi merupakan alasan mahasiswa untuk belajar, sedangkan strategi belajar adalah metode yang digunakan mahasiswa untuk mencapai tujuannya atau meningkatkan motivasi belajar. Prestasi akademik merupakan hasil belajar dalam bidang akademik yang merefleksikan kemampuan dan kinerja mahasiswa terhadap materi pelajaran yang diberikan oleh pendidik kepada mahasiswa yang lazimnya ditunjukkan dengan nilai.

Dalam penelitian ini juga mempunyai keterbatasan dalam melakukan penelitian yakni penelitian ini mempunyai item pertanyaan yang cukup banyak, berjumlah 80 item yang terbagi dalam 2 kuesioner. Sehingga dapat menimbulkan kejenuhan pada responden pada saat mengisi kuesioner. Selanjutnya pengumpulan data dilakukan hanya secara kuantitatif dengan menggunakan kuesioner untuk mendapatkan data mengenai motivasi dan strategi belajar, tanpa dilanjutkan dengan data kualitatif. Dan nilai *pretest*

ISBN 978-623-92050-0-3

posttest yang diujikan yang dipakai untuk mengukur prestasi mahasiswa mengandung kelemahan karena soal-soal yang dipakai untuk ujian belum dilakukan uji validitas dan reliabilitas.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A.M. Sardiman. (2001). Interaksi dan Motivasi Belajar Mengajar. Jakarta: Raja. GrafindoPersada. 224 hlmn

[2] Arikunto, S. (2010) Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik, Jakarta: Rineka Cipta.

[3] Biggs, J., Kember, D,. Leung, DYP. (2001). The Revised Two Factor Study Process Questionnaire. *British Journal of Educational Psychology.*

[4] Ching, C. C., Basham, J. D., dan Planfetti, E. S. (2005). Technology In Education, Technology In Life. In C. Vrasidas & G. V. Glass (Eds.), *Current perspectives on applied information technologies: Preparing teachers to teach with technology* (pp. 225-240). Greenwich, CT: Information Age.

[5] Dror, I. E. (2008). Technology Enhanced Learning: The Good, The Bad, And The Ugly. *Pragmatics & Cognition, 16*, 215-223.

[6] Erkoç, M. F., Erkoç, C., & Gecü, Z. (2013). The Effects Of Using Google Sketchup On The Mental Rotation Skills Of Eighth Grade Students. *Educational Sciences: Theory and Practice, 13*(2), 1285-1294.

[7] Faidiban, R., H. (2014). *Perbedaan Motivasi, Strategi Belajar dan Nilai Mata Kuliah Anatomi Fisiologi: Studi Potong Lintang Mahasiswa Putra Daerah Jurusan IPA dan Non IPA di Program Studi DIII Keperawatan Manokwari Politeknik Kesehatan Kemenkes Sorong*, Yogyakarta; Universitas Gadjah Mada.

[8] Fry,H., Ketteridge, S., Marshall, S. (2009). *The Hand, book for Teaching and Learning in Higher Education; Enhancing Academic Practice.* New York and London, Routledge.

[9] Hollenbeck, R., dan Fey, J. (2009). Technology And Mathematics In The Middle Grades, *Mathematics Teaching in the Middle School, 14*, 430-435.

[10] Kwon, H. (2017). Effects of 3D Printing and Design Software on Students' Overall Performance. *Journal of STEM Education, 18*, 37-42.

[11] Lavin, A., Korte, L., dan Davis, T. (2010). The Impact Of Technology On Student Behavior. *The Journal of Technology Research, 2*, 1-13.

[12] Martin-Dorta, N., Saorin, J. L., & Contero, M. (2008). Development of a fast remedial course to improve the spatial abilities of engineering students. *Journal of Engineering Education, 97*(4), 505-513.

[13] Pintrich, P.R. (2003). Motivation and Classroom Learning. New Jersey: *John Wiley & Sons, Inc*

Usulan Strategi Mitigasi Risiko UMKM Handycraft di Sentra UKM Purabaya

1st Putri Shinta Yuniawati
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Surabaya, Indonesia
phutriishiintha@gmail.com

2nd Wiwin Widiasih
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Surabaya, Indonesia
wiwin_w@untag-sby.ac.id

***Abstract*—Saat ini UMKM sedang bertumbuh dan berkembang di Indonesia. Peran UMKM menjadi sangat penting untuk diperhitungkan dalam meningkatkan perekonomian Indonesia. Untuk dapat menjaga kesinambungan usaha/bisnis UMKM maka tidak sedikit permasalahan yang dijumpai yang dapat menghambat tujuan usaha/bisnis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis risiko dan merumuskan strategi mitigasi risiko di UMKM Handycraft. Beberapa potensi risiko (*risk events*) dan penyebabnya (*risk agents*) telah diidentifikasi dan dianalisis dengan HOR 1. Selanjutnya dilanjutkan dengan HOR 2 untuk pemilihan strategi mitigasi risiko. Hasil penelitian ini strategi mitigasi yang menjadi prioritas utama untuk mengurangi risiko muncul yaitu PA2 (mencari alternatif *supplier* lain dengan harga di bawah pasar).**

Keywords—HOR, mitigasi, risiko, UMKM Handycraft

I. PENDAHULUAN

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) merupakan wadah atau tempat bagi masyarakat yang memiliki potensi diri dalam menghasilkan sebuah karya yang bernilai tambah dan dapat membantu meningkatkan perekenomiannya. Akan tetapi, pada faktanya UMKM belum dapat membuktikan kemampuannya secara optimal dalam perekonomian Indonesia. Hal ini dapat terjadi dikarenakan UMKM masih menghadapi berbagai masalah/kendala baik itu dalam kegiatan produksi, pemasaran, permodalan, pengelolaan Sumber Daya Manusia maupu Teknologi Informasi. Masalah/kendala dalam mencapai tujuan atau mengurangi profit usaha dapat didefinisikan sebagai risiko [1]. Risiko juga dapat didefinisikan sebagai kejadian yang memberikan dampak negatif dan terjadi beberapa periode waktu [2].

Di Indonesia pada umumnya dan Kota Surabaya pada khususnya telah banyak UMKM terbentuk. Pertumbuhan UMKM mengikikuti *trend* positif secara kuantitas akan tetapi tidak diimbangi dengan *trend* kualitas. Salah satu UMKM yang menjadi sorotan dalam penelitian ini yaitu Sentra UKM Purabaya. Sejak dibukanya Sentra UKM Purabaya oleh Dinas Perdagangan Kota Surabaya (Disperindag) pada Agustus 2018, tidak nampak adanya perkembangan penjualan dikarenakan sedikit sekali pengunjung yang datang. Tidak sedikit UMKM yang enggan melakukan *restock* salah satunya UMKM *Handycraft*, hal ini terjadi dikarenakan barang/produk yang dititipkan tidak terjual satupun sejak awal dibukanya Sentra UKM Purabaya pada Agustus 2018 hingga maret 2019 dan juga penyebab lainnya adalah lokasi yang kurang strategis dan jauh dari keramaian. Jika hal tersebut dibiarkan akan membawa dampak terhadap tingkat penjualan. Fenomena tersebut menjadi risiko karena dapat merugikan dan menyangkut keberlangsungan usaha.

Berdasarkan wawancara yang dilakukan dengan pemilik UMKM *Handycraft* banyak diantara mereka yang belum optimal dalam melakukan tata kelola dan administrasi usaha. Harga bahan baku yang cenderung naik mengakibatkan para pelaku usaha harus mampu bersaing dengan menawarkan harga penjualan produk yang kompetitif. Persaingan bisnis yang dihadapi tidak hanya dengan pasar lokal saja melainkan pasar manca negara atau luar negeri seperti Cina yang mampu menguasai pasar lokal dikarenakan menawarkan harga roduk yang lebih murah sedangkan UMKM belum mampu untuk bersaing melihat biaya untuk produksi mahal sehingga tidak dapat menjangkau pasar. Hal ini menjadi tantangan besar bagi para pengusaha khususnya UMKM. Akibat dari fenomena tersebut yaitu seringkali terjadi pengembalian barang atau retur yang dihadapi pada UMKM karena tidak adanya minat dari masyarakat. Berbagai fenomena tersebut dapat dikatakan sebagai *risk events* dan perlu dilakukan identifikasi penyebab terjadi risiko (*riskagents*).

Selama ini penelitian terkait UMKM telah banyak dilakukan seperti penelitian untuk mengetahui hubungan kinerja perusahaan (UMKM) dengan komitmen pelaku [3]; penelitian untuk mengetahui pengaruh langsung dari aspek orientasi kewirausahaan, inovasi, dan strategi bisnis terhadap kinerja perusahaan [4]; analisis pengaruh wirausaha orientasi pasar dan keunggulan bersaing untuk meningkatkan kinerja bisnis [5]. Penelitian terkait analisis dan mitigasi risiko pada UMKM pernah dilakukan namun masih terbatas meggunakan pendekatan FMEA dan AHP [6]; analisis menggunakan SCOR Model [7]. Pada penelitian ini menggunakan metode HOR dimana berfungsi untuk mengidentifikasi *risk event* dan *risk agent* dalam ruang lingkup SCOR model, serta mampu melakukan penilaian dan peringkat pada *risk agent* serta memberikan usulan strategi mitigasi risiko.

ISBN 978-623-92050-0-3

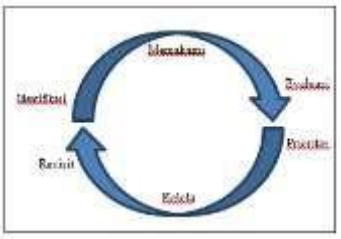
II. MATERI DAN METODE

A. UMKM dan Manajemen Risiko

Usaha kecil merupakan wadah bagi mereka yang memiliki potensi dalam menciptakan suatu karya yang unik dan bernilai tambah sehingga mampu meningkatkan perekonomiannya. Perbedaan signifikan antara UKM dan UMKM terletak pada kekayaan yang dimiliki, UMKM memiliki kekayaan bersih maksimal 50 juta sedangkan UKM memiliki kekayaan bersih berkisar antara 50-500 juta dan itu semua tidak termasuk kepemilikan tanah dan bangunan. Peran para usaha kecil ini sangatlah penting bagi perekonomian di Indonesia karena dapat mengurangi pengangguran maka dari itu pemerintah harus sangat memperhatikan keberadaan para UKM ini sebagai prioritas utama dalam memulihkan perekonomian Indonesia.

Persaingan usaha yang sangat ketat membuat para pelaku UMKM sampai saat ini terus berusaha dalam menarik perhatian pasar lokal dengan menawarkan barang yang baik dengan harga yang sepadan dengan kualitas. Salah satu kelemahan UMKM adalah karna keterbatasan modal hingga tidak mampu berkembang dan mereka tidak berani untuk melakukan pinjaman karna takut tidak dapat melunasi hal ini disebabkan kurangnya manajemen keuangan dalam membedakan antara uang untuk usaha dan uang untuk keperluan rumah tangga.

Risiko merupakan suatu kejadian yang mungkin akan terjadi jika sesuatu hal yang tidak diinginkan muncul dan tidak dapat diprediksi kapan dan bagaimana kejadiannya yang dapat menimbulkan suatu masalah, bahaya atau kerugian [6]. Menurut AS/NZS (4360/2004), risiko adalah kejadian yang tidak diinginkan yang dapat mempengaruhi kegiatan aktivitas bisnis.Oleh karena itu, diperlukan tindakan untuk mencegah terjadinya risiko dengan melakukan analisa untuk mengidentifikasi risiko yang sedang terjadi kemudian mengukur dan menyususn strategi pencegahan.Tujuan dari analisa risiko adalah untuk mengurangi atau meminimalisir masalah yang sedang terjadi yang berpotensi bahaya bagi kelangsungan suatu usaha atau organisasi.



Gambar 1 Siklus Manajemen Risiko (Sumber: Hanafi, 2006)

Referensi operasi rantai pasok merupakan model yang digunakan untuk menganalisa 5 aktivitas bisnis antara lain perencanaan (*plan*), sumber daya (*source*), proses produksi (*make*), pengiriman atau pemasaran (*delivery*) dan pengembalian barang (*return*). indentifikasi risiko rantai pasok dilakukan dengan wawancara kepada pemilik usaha UMKM yang mengacu pada 5W+1H mengenai kejadian yang dapat menghambat proses [7].

Akar penyebab masalah digunakan untuk membantu mengidentifikasi masalah risiko yang sedang terjadi hingga ke akar penyebab masalah hingga mampu mencari solusi dari permasalahan yang sangat penting. Menurut [8] *Root Cause Analysis* digunakan untuk mengevaluasi suatu masalah dilihat dari penyebab masalah untuk memastikan penyebab tersebut tidak akan muncul lagi. Langkah-langkah mengidentifikasi akar penyebab masalah adalah mengidentifikasi masalah, mengumpulkan data, identifikasi penyebab kemungkinan suatu masalah, kemudian memberikan solusi yang sesuai dengan permasalahan.

B. House of Risk (HOR)

Metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah risiko yang telah diidentifikasi adalah *House Of Risk* berdasarkan analisa menggunakan SCOR yang diciptakan oleh [9]. HOR yang ditetapkan oleh [9] berdasar pada manajemen risiko yang proaktif yang mana tindakan pencegahan fokus pada kemungkinan penyebab terjadinya risiko. HOR 1 merupakan tahap awal dalam HOR yang bertujuan untuk mengidentifikasi kejadian risiko dan agen risiko yang menjadi penyebab risiko tersebut dapat terjadi.

TABEL 1.HOR TAHAP 1

Proses bisnis	Kejadian risiko (E_i)	*Risk agents* (A_j)							Tingkat dampak risiko (S_i)
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	
Plan	E_1	R_{11}	R_{12}	R_{13}					S_1
	E_2	R_{21}	R_{22}						S_2
Source	E_3	R_{31}	R_{32}						S_3
	E_4	R_{41}							S_4
Make	E_5	R_{51}							S_5
	E_6								S_6
Delivery	E_7								S_7
	E_8								S_8
Return	E_9								S_9
Probabilitas agen risiko j		O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	
ARP_j		ARP_1	ARP_2	ARP_3	ARP_4	ARP_5	ARP_6	ARP_7	
Peringkat prioritas agen risiko j									

(Sumber: Pujawan & Geraldin, 2009)

ISBN 978-623-92050-0-3

Penilaian risiko yang dilakukan meliputi perkalian antara probabilitas agen risiko j (Oj), tingkat dampak risiko (Si) dan korelasi antar agen risiko dan kejadian risiko yang dinotasikan dengan nilai 0, 1, 3, dan 9 dirumuskan dengan ARP:

$$ARP_j = Oj \quad (1)$$

Keterangan:

O_j = kemungkinan terjadi agen risiko j
S_i = keparahan dampak dari risiko i
R_{ij} = korelasi antar dampak risiko i dan agen risiko j (dimana kemungkinan agen risiko j yang mendominasi kejadian risiko i)

HOR tahap 2 merupakan tahapan perancangan strategi mitigasi untuk menangani risiko yang timbul pada rantai pasok. Tabel 2 merupakan langkah-langkah HOR tahap 2.

TABEL 2.MODEL HOR TAHAP 2

Agen risiko (Aj) yang terpilih	*Preventive Action* (PA_k)					ARP_j
	PA_1	PA_2	PA_3	PA_4	PA_5	
A_1	E_{11}					ARP_1
A_2						ARP_2
A_3						ARP_3
A_4						ARP_4
Total efektivitas tindakan *k*	TE_1	TE_2	TE_3	TE_4	TE_5	
Tingkat kesulitan tindakan *k*	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	
Rasio efektivitas total dengan tingkat kesulitan	ETD_1	ETD_2	ETD_3	ETD_4	ETD_5	
Peringkat prioritas	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	

(Sumber: Pujawan dan Geraldin 2009)

Setelah diketahui agen risiko terpilih kemudian merancang strategi mitigasi guna meminimalisir penyebab masalah dengan menghitung total efektivitas tindakan dengan rumus :

$$TE_k = \sum_j ARP_j E_{jk} \quad (1)$$

Yang mana E_{jk} merupakan nilai korelasi antar tindakan mitigasi terhadap agen risiko. Beri penilaian Tingkat kesulitan tindakan *k* (D_k) dengan *skala likert* pada masing-masing strategi mitigasi. Kemudian hitung rasio efektivitas total dengan tingkat kesulitan dengan rumus:

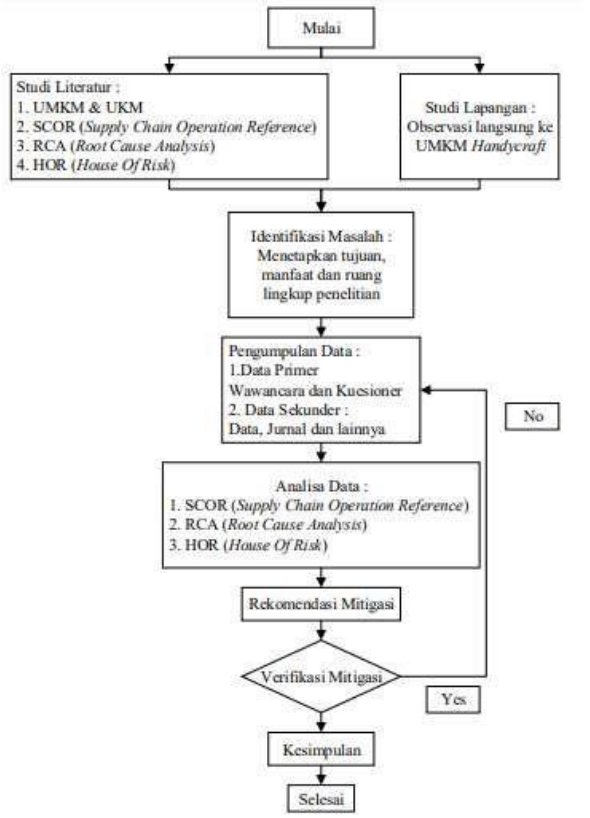
$$ETD_k = \frac{TE_k}{D_k} \quad (2)$$

Lalu menentukan peringkat prioritas pada hasil yang diperoleh dari PAk. Penelitian ini dilakukan di Sentra UKM Purabaya yang dikelola oleh Dinas Perdagangan Surabaya berlokasikan di Jl. Brigjen Katamso No.31, Kasian, Kedungrejo, Kec. Waru, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur 61256. Gambar 2 merupakan diagram alir penelitian secara keseluruhan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari penelitian ini adalah membantu UMKM *Handycraft* yang ada di Sentra UKM Purabaya untuk melakukan analisis risiko dan memberikan rekomendasi strategi mitigasi untuk meminimalisir terjadinya potensi risiko yang telah diidentifikasi.

Tahap pertama dalam menyelesaikan permasalahan tentang risiko adalah menggali dan mengidentifikasi permasalahan yang sedang terjadi. Identifikasi risiko didapatkan melalui kuisioner dan wawancara dengan pemilik usaha UMKM. Berdasarkan perhitungan HOR 1 ditemukan 7 kejadian risiko (*Risk Events*) dan 11 penyebab risiko (*Risk Agents*) dan telah dikonfirmasi langsung oleh pemilik usaha UMKM berdasarkan hasil identifikasi. Setelah dilakukan identifikasi terhadap *risk events* dan *risk agents* kemudian dilakukan analisis risiko hasilnya ditampilkan dalam Tabel 3.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Tabel 3 di bawah ini merupakan hasil perhitugan *risk events* dan *risk agents* pendekatan HOR 1.

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL 3. PERHITUNGAN RISIKO DENGAN HOR 1

Risk Events	*Risk Agents*											*Severity*
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	
X1.1	9	3	3									3
X1.2				9								4
X2.1					9	9						5
X2.3							3					2
X2.4								3				4
X2.5									3			5
X3.4										9	3	5
Occurrence	2	3	4	3	5	5	2	3	2	5	4	
ARP	54	27	36	108	225	225	12	36	30	225	60	
Priority	6	10	7	4	1	2	11	8	9	3	5	

Hasil perhitungan HOR 1 diatas menunjukkan risk agent dengan nilai ARP tertinggi akan menjadi prioritas utama untuk lanjut ke tahap berikutnya HOR 2 diantaranya B5, B6, B10 dan seterusnya hingga ke yang paling rendah. Setelah menghitung analisis risiko dengan HOR 1 kemudian mengevaluasi agen risiko mana yang menjadi prioritas utama untuk dilakukan tindak pencegahan yang memiliki nilai ARPj tertinggi dan kemudian dilakukan perhitungan dengan HOR 2 untuk mengetahui strategi mitigasi mana yang menjadi prioritas utama unuk dilakukan guna meminimalisir penyebab risiko.

Gambar 3. Diagram Pareto pada Risk Agents



Diagram Pareto digunakan untuk menemukan masalah- masalah utama dengan mengurutkan data dari yang tertinggi hingga terendah.

Berdasarkan Diagram Pareto diatas menunjukkan agen risiko dengan nilai ARPj tertinggi yang sangat berisiko untuk UMKM Handycraft terdiri dari B5, B6, B10, B4, B11 dengan persentase kumulatif masing-masing secara berurutan 2.54%, 7.64%, 15.28%, 24.14%, 33.68%.

Berikut beberapa strategi mitigasi yang direkomendasikan untuk UMKM Handycraft berdasar pada agen risiko yang terpilih, terdapat 9 strategi mitigasi yang dapat digunakan:

TABEL 4 RUMUSAN REKOMENDASI STRATEGI MITIGASI RISIKO

Kode	***Risk Agents***	**Kode**	**Rekomendasi Mitigasi**
B5	Karena perekonomian Indonesia tidak stabil menyebabkan harga bahan baku fluktuatif atau cenderung naik	PA1	Menjalin kemitraan dengan *supplier* bahan baku
B6	Kenaikan kurs dollar juga menjadi penyebab harga bahan baku naik	PA2	Mencari alternatif *supplier* lain dengan harga di bawah pasar
		PA3	Mencari baan baku pengganti dengan model dan kualitas yang hampir sama
B10	Kelelahan menjadi faktor utama kurangnya menjaga kebersihan dan kenyamanan ruang kerja	PA4	Diperlukan cukup istirahat

ISBN 978-623-92050-0-3

Kode	*Risk Agents*	Kode	Rekomendasi Mitigasi
B4	Munculnya pesaing usaha dikarenakan mereka ingin memanfaatkan peluang yang ada dengan membuat produk tiruan	PA5	Membuat desain yang lebih bagus dan rapi
		PA6	Menjamin kualitas yang dijual adalah yag terbaik dari pesaing lain
		PA7	Memberikan jaminan atau asuransi ji ka produk cacat
		PA8	Membuat sesuatu yang menjadi ciri khas produk yang dijual agar masyarakat mudah mengenal
B11	Kebersihan kurang diperhaikan dikarenakan ruang kerja yang menjadi salah satu dengan rumah atau ruang keluarga	PA9	Membuat skat khusus atau ruangan khusus untuk kerja di rumah walaupun kecil

Tabel 5 di bawah ini merupakan hasil analisis terhadap rumusan strategi mitigasi risiko yang digunakan untuk memperkecil terjadinya potensi risiko dan dampaknya.

TABEL 5. PERHITUNGAN STRATEGI MITIGASI RISIKO DENGAN HOR 2

Agen risiko (A_j) yang terpilih	*reventive Action*(PA_k)									ARP_j
	PA_1	PA_2	PA_3	PA_4	PA_5	PA_6	PA_7	PA_8	PA_9	
B5	3	9	9							225
B6	3	9	3							225
B10				3						225
B4					3	3	3	9		108
B11									3	60
Total efektivitas tindakan *k* (TE*k*)	1350	4050	2700	675	324	324	324	972	180	
Tingkat kesulitan tindakan *k*(D*k*)	3	4	3	2	2	3	3	4	4	
Rasio efektivitas total dengan tingkat kesulitan (ETD*k*)	450	1013	900	338	162	108	108	243	45	
Peringkat prioritas (R*k*)	3	1	2	5	6	7	8	4	9	

Total Efektivitas Tindakan ($TE_k = \sum_j ARP_j\, E_{jk}$)

TE_1 $= \sum [(225 \times 3) + (225 \times 3)]$ $= 1350$
TE_2 $= \sum [(225 \times 9) + (225 \times 9)]$ $= 4050$
TE_3 $= \sum [(225 \times 9) + (225 \times 3)]$ $= 2700$
TE_4 $= \sum (225 \times 3)$ $= 675$
TE_5 $= \sum (108 \times 3)$ $= 324$
TE_6 $= \sum (108 \times 3)$ $= 324$
TE_7 $= \sum (108 \times 3)$ $= 324$
TE_8 $= \sum (108 \times 9)$ $= 972$
TE_9 $= \sum (60 \times 3)$ $= 180$

Rasio efektivitas total dengan tingkat kesulitan ($ETD_k = TEk/Dk$)

$ETD_1 = 1350/3 = 450$
$ETD_2 = 4050/4 = 1013$
$ETD_3 = 2700/3 = 900$
$ETD_4 = 675/2 = 338$
$ETD_5 = 324/3 = 162$
$ETD_6 = 324/3 = 108$
$ETD_7 = 324/3 = 108$
$ETD_8 = 972/4 = 243$

Berdasarkan hasil HOR 2 pada tabel 5 diketahui strategi mitigasi dengan nilai Total Efektivitas Tindakan k (TEk) tertinggi untuk diprioditaskan segera dilakukan tindakan mitigasi adalah PA2, PA3, PA1, dan seterusnya. Hasil tersebut didapatkan dari perkalian antara nilai ARP dengan nilai korelasi antar risk event dan preventive action (PA).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan HOR 1 teridentifikasi 15 risiko dengan acuan model pengembangan SCOR (*Supply Chain Operation Research*) dan HOR 2 teridentifikasi 9 strategi mitigasi risiko guna meminimalisir penyebab masalah. PA_2 Mencari alternatif *supplier* lain dengan harga dibawah pasar, PA_3 Mencari bahan baku pengganti dengan model dan kualitas yang hampir sama, PA_1 Menjalin kemitraan dengan *supplier* bahan baku, PA_8 Membuat sesuatu yang menjadi ciri khas produk yang dijual agar masyarakat mudah mengenal, PA_4 Diperlukan cukup istirahat, PA_5 Membuat desain yang lebih bagus dan rapi, PA_6 Menjamin kualitas yang dijual adalah yang terbaik dari pesaing lain, PA_7 Memberikan jaminan atau asuransi jika produk cacat, PA_9 Membuat skat khusus atau ruangan khusus untuk kerja di rumah walaupun kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu terutama Dinas Perdagangan Kota Surabaya yang telah membantu memfasilitasi dengan objek penelitian yaitu UMKM dan Sentra UKM Purabaya. Pihak Biro Kemahasiswaan, Minat Bakat, dan Alumni yang mendukung secara finansial mahasiswa untuk berpartisipasi dan memaparkan makalah penelitian dalam Seminar Nasional Teknik Industri UGM 2019.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Widiasih, W., Karningsih, P. D., & Ciptomulyono, U. (2015). Managing Risk of Lean Manufacturing Concept Implementation Approaching by Delphi and HOR. *IPTEK Journal of Proceedins Series* , 2.

[2] Profita, A., Ramadhania, P. M., & Widiasih, W. (2018). Integrated Supply Chain Risk Management in Ready Mix Batching Plant. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Managemen* , 3549-3650.

[3] Lukiastuti, F. (2012). Pengaruh Orientasi Wirausaha dan Kapabilitas Jejaring Usaha terhadap Peningkatan Kinerja UKM dengan Komitmen Perilaku sebagai Variabel Interviening. *Jurnal Organisasi dan Manajemen* , 155-175.

[4] Mustikowati, R. I., & Tysari, I. (2014). ORIENTASI KEWIRAUSAHAAN, INOVASI ,DAN ST RATEGI BISNIS UNTUK MENINGKATKAN KINERJA PERUSAHAAN. *Jurnal Ekonomi Modernisasi* , 23- 37.

[5] Febriatmoko, B., & Raharjo, S. T. (2015). Meningkatkan Kinerja Bisnis Melalui Keunggulan Bersaing Kuliner Khas Semarang. *Conference in Business Accounting and Management* (pp. 139-144). Semarang: Universitas Islam Sultan Agung.

[6] Irawan, P. J., Santoso, I., & Mustaniroh, S. A. (2017). Model Analisis dan Strategi Mitigasi Risiko Keripik Tempe. *Industria, Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri* , 88-96.

[7] Widiasih, W. (2017). Analisis Risiko pada CV. Surya Mas Rubber dengan Pendekatan SCOR Model. *Seminar Nasional Teknik Industri* (pp. 90-100). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

[8] Ansori, N., & Mustajib, M. I. (2013). *Sistem Perawatan Terpadu*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

[9] Pujawan, I. N., & Geraldin, L. H. (2009). House of risk: a model for proactive supply chain risk management. *Business Process Management Journal* , 953-967.

Perancangan Produk Loyang Prasmanan untuk Meningkatkan Efisiensi Pada UKM *Catering* Menggunakan Metode HOQ

1st Rheza Adnandy
Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
rheza.srk@gmail.com

2nd Saniy Zahrah Firdausa
Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
saniyzf.srk@gmail.com

3rd M. Roy Ali Saputra
Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
muhammadroy.srk@gmail.com

4th Debrina Puspita Andriani
Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
debrina@ub.ac.id

Abstrak—UMKM menjadi andalan masyarakat Indonesia sejak tahun 1998. Salah satu UMKM yang berkembang di Indonesia ialah di bidang catering. Catering yang menyediakan jasa prasmanan membutuhkan suatu wadah atau tempat yang besar yang dapat menyajikan makanan. Saat ini, loyang yang dijual di pasaran masih memiliki beberapa kekurangan. Sesuai dengan permasalahan dan tujuan penelitian maka jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian survey. Segmentasi pasar ditentukan berdasarkan demografi dan socio cultural. Voice of Customer (VOC) mengenai kebutuhan dan keinginan dari pelanggan didapat melalui penyebaran kuesioner terbuka. Upaya untuk mengonversikan VOC secara langsung terhadap spesifikasi teknis dari produk adalah menggunakan House Of Quality (HOQ) yang merupakan bagian dari QFD (Quality Function Development). Pada proses pengembangan produk terdapat beberapa perubahan respon teknis yang dapat memunculkan banyak mekanisme baru, sehingga perlu menggambarkan ulang mekanisme produk yang dikembangkan menggunakan Function Analysis System Technique (FAST) diagram. Proses pengembangan konsep dapat dilakukan dengan menggunakan morphological chart. Penyaringan konsep didasarkan pada metode seleksi konsep PUGH dengan tujuan untuk mempersempit jumlah konsep dan memperbaiki konsep. Konsep yang terpilih adalah Loyang yang memiliki genggaman tangan, berbentuk persegi panjang, bentuk tempat spirtus bulat, wadah loyang bertingkat, bentuk kaki melengkung serta bentuk gagang loyang tertutup sebagian. Konsep yang telah dikembangkan dan terpilih ini selanjutnya memiliki merek "Uniqeight".

Keywords—Perancangan Produk, Catering, Loyang Prasmanan

I. PENDAHULUAN

UMKM menjadi andalan masyarakat Indonesia pada saat mengalami krisis ekonomi tahun 1998. Meskipun dikelola dengan sangat sederhana, tetapi pada saat itu mampu memberikan peranan yang besar dalam penanganan krisis. UMKM menjadi tumpuan dan mampu menggerakkan roda perekonomian yang mengalami kemunduran, serta banyak menolong masyarakat keluar dari situasi pengangguran. Karakteristik dari usaha ini adalah biasanya dikelola secara mandiri, dengan modal kecil, fleksibel, dan tahan banting. Salah satu UMKM yang berkembang di Indonesia ialah di bidang *catering*.

Penyedia jasa *catering* biasanya mendapatkan permintaan untuk menyediakan prasmanan makanan di suatu acara tertentu. Pada prasmanan tersebut dibutuhkan suatu wadah atau tempat yang besar yang dapat menyajikan makanan. Wadah atau tempat yang digunakan dapat berupa loyang berukuran besar. Hal ini dikarenakan dalam prasmanan, makanan yang disajikan bermacam-macam dan berjumlah banyak.

Saat ini, loyang yang dijual di pasaran masih memiliki beberapa kekurangan seperti tidak praktis, memakan banyak tempat, dan terdiri dari satu tingkat saja. Hal ini menyebabkan UMKM yang bergerak dalam bidang ini mengalami kesulitan saat membawa loyang ke tempat acara. Dengan demikian, dibutuhkan pengembangan produk loyang yang lebih praktis.

II. METODE PENELITIAN

Berdasarkan permasalahan dan tujuan penelitian, jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian survei. Penelitian survei adalah penelitian yang mengambil sampel dari satu populasi dan menggunakan kuisioner sebagai alat pengumpul data yang pokok [5]. Survei adalah suatu desain yang digunkaan untuk penyelidikan informasi yang berhubungan dengan prevalensi, distribusi dan hubungan antar variabel dalam suatu populasi. Survei bersifat kuantitatif untuk meneliti gejala suatu kelompok atau perilaku individu. Survei mengumpulkan informasi dari tindakan, pengetahuan,

kemauan, pendapat, perilaku, dan nilai seseorang. Selain itu, pada survei tidak terdapat intervensi,.

Interview dilakukan agar dapat mengetahui keinginan dan target pelanggan seperti apa terhadap produk loyang. *Interview* yang dilakukan ini merupakan pertanyaan-pertanyaan mengenai produk loyang seperti produk yang seperti apa yang diinginkan pelanggan, kelemahan dan keunggulan produk, serta inovasi-inovasi yang diinginkan dari produk tersebut.

Selain melalui *interview*, peneliti juga melakukan studi literatur dan *benchmarking* dari beberapa kompetitor. Identifikasi peluang ini sangat erat kaitannya dengan kebutuhan pelanggan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui inovasi-inovasi yang dapat diterapkan pada produk yang akan diproduksi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui beberapa hal dari kompetitor yang dapat diaplikasikan pada produk yang akan diproduksi. Sehingga nantinya produk bisa memenuhi kebutuhan pelanggan.

Dalam perancangan dan pengembangan produk kali ini akan dikembangkan produk loyang sebagai salah satu peralatan dapur dan industri kuliner. *Interview* akan dilakukan ke beberapa orang secara acak dengan pekerjaan yang berhubungan dengan bidang yang berkaitan, contohnya seperti pengusaha *catering*, restoran ataupun ibu rumah tangga.

A. Segmentasi Pasar

Membagi pasar ke dalam kelompok-kelompok pembeli berbeda yang mungkin menghendaki pemasaran atau produk yang terpisah disebut sebagai segmentasi pasar [1]. Segmentasi pasar meletakkan dasar-dasar strategi penentuan pasar sasaran dan penentuan posisi. Segmentasi pasar berguna dalam perancangan produk, karena memberikan peluang bagi perusahaan untuk menyesuaikan produk atau jasanya dengan permintaan pembeli secara efektif. Kepuasan konsumen tersebut dapat ditingkatkan dengan lebih memfokuskan pada segmen. Penentuan pasar sasaran ialah proses mengevaluasi dan memilih setiap segmen yang akan dilayani oleh perusahaan. Pilihan manajemen tentang bagaimana mempengaruhi pembeli sasaran dalam menempatkan produk, akan membantu perancangan strategi penentuan posisi pasar.

Segmentasi pasar dapat dilakukan dengan mengelompokkan berdasarkan jenisnya. Berikut ini merupakan jenis-jenis dari segmentasi pasar menurut Philip Kohler:

1) Segmentasi Pasar berdasarkan Demografi
   Pasar dibagi menjadi kelompok-kelompok dengan dasar pembagian tingkat ekonomi, tingkat pendidikan, usia, dan jenis kelamin.
2) Segementasi Pasar berdasarkan *Sociocultural*
   Segmentasi *sosiocultural* memiliki variabel sosiologis (kelompok) dan antropologis (budaya) yang dibagi dalam segmen yang sesuai tahap pada: kelas sosial, budaya, daur hidup keluarga, dan sub budaya atau segmentasi pemasaran global.
3) Segmentasi Pasar berdasarkan Tingkah Laku
   Dikelompokkan berdasarkan sikap, pengetahuan, penggunaan, atau reaksi pembeli terhadap suatu produk.
4) Segmentasi Pasar berdasarkan Geografi
   Pasar dibagi kedalam beberapa bagian geografi seperti negara, wilayah, kota, dan desa. Daerah geografi yang dipandang potensial dan menguntungkan akan menjadi target operasi perusahaan.

B. Benchmarking

Studi literatur adalah cara yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian. Dalam penelitian ini, studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan produk pesaing atau kompetitor yang nantinya digunakan sebagai dasar dalam melakukan *benchmarking*.

Benchmarking adalah proses pengukuran yang kontinyu menyangkut produk, jasa dan praktek-praktek perusahaan terhadap kompetitor terbaik [2]. Dengan melakukan atau melalui *benchmarking*, suatu organisasi dapat mengetahui telah seberapa jauh mereka dibandingkan dengan yang terbaiknya.

C. Penyebaran Kuesioner Terbuka

Penyebaran kuesioner dilakukan dengan metode wawancara. Wawancara dilakukan dengan mencari paling sedikit 30 responden, berdasarkan pendapat Gay metode deskriptif korelatif dan yang sesuai dengan segmentasi pasar yang ditentukan yaitu untuk pengguna dengan tingkat ekonomi menengah. Wawancara yang dilakukan bermaksud untuk mengetahui hal mengenai kebutuhan dan keinginan pelanggan yaitu seberapa sering pelanggan memasak makanan yang harus dihangatkan, pendapat pelanggan tentang mengantarkan loyang prasmanan satu persatu ke tempat prasmanan, bagaimana luas tempat yang tersedia untuk menghidangkan makanan, bagaimana pendapat pelanggan tentang kepraktisan dalam penyajian makanan, hal-hal apa yang menjadi pertimbangan ketika membeli loyang prasmanan, apa perbaikan atau inovasi yang ingin dilakukan terhadap produk loyang prasmanan sekarang, dan berapa harga loyang prasmanan yang biasa dibeli oleh pelanggan.

D. Penyebaran Kuesioner Tertutup

Rancangan kuesioner tertutup digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan pelanggan yang akan digunakan sebagai acuan dalam merancang suatu produk. Rancangan kuesioner tertutup yang akan disebarkan kepada 30 responden.

E. HOQ (House of Quality)

House of Quality (HOQ) merupakan suatu upaya untuk mengonversi *voice of customer* secara

ISBN 978-623-92050-0-3

langsung terhadap karakteristik teknis atau spesifikasi dari sebuah produk yang dihasilkan [4]. Pada HOQ dijelaskan mengenai daftar respon teknis, *relationsip matrix*, *correlations* dan *benchmarking* untuk mengetahui posisi-posisi kompetitor yang ada di pasaran [3]. HOQ terdiri dari 8 room, yaitu:

1) *Room* 1: Pada *room* 1 berisi pernyataan pelanggan (*voice of customer*) yang didapat dari penyebaran kuisioner terbuka untuk perancangan produk.
2) *Room* 2: Pada *room* 2 berisi *voice of team design* yaitu jawaban dari tim desain terkait pernyataan kebutuhan pelanggan.
3) *Room* 3: Berisi hubungan antara *voice of customer* dan *voice of team design*. Keterkaitan yang berhubungan erat ditunjukan dengan angka 9, hubungan sedang dengan angka 3 dan hubungan lemah dengan angka 1.
4) *Room* 4: Berisi *benchmarking* untuk membandingkan ekspektasi produk dengan kompetitor.
5) *Room* 5: Berisi *Technical Benchmarking* yaitu perbandingan kemampuan teknis produk yang akan dirancang dengan produk kompetitor.
6) *Room* 6: Berisi *correlation* antar *metric* pada *voice of design*. Terdiri atas korelasi kuat positif, korelasi positif, korelasi negatif, dan korelasi kuat negatif.
7) *Room* 7: Berisi *Absolute Importance* menunjukan seberapa penting respon teknis pada *room* 2 untuk diwujudkan.
8) *Room* 8: Menunjukan mengenai standar performansi produk atas tiap respon teknis.

F. Pembuatan Fast Diagram

Dalam melakukan penyusunan konsep suatu produk dapat dilakukan dengan menggunakan diagram FAST. Diagram FAST akan memberikan gambaran tentang bagaimana hubungan anatara setiap fungsi yang ada dalam sistem (produk atau proses) untuk mendapatkan barang atau jasa sesuai yang diinginkan. Ketika fokus terhadap fungsinya, individu atau tim dapat berfokus pada hal-hal yang penting dan tidak dibatasi oleh fitur fisik dari produk atau proses. Berikut ini merupakan langkah-langkah pembuatan FAST diagram:

1) Menentukan produk yang akan dibuat
2) Menentukan fungsi dasar produk, biasanya merupakan karakteristik maupun alasan utama dibuatnya produk dari sudut pandang pengguna
3) Menentukan fungsi sekunder dari produk, yaitu fungsi yang dirancang untuk menyebabkan atau membiarkan fungsi dasar terjadi.
4) Memastikan fungsi sekunder produk yang dibuat sesuai dengan respon teknis (*Room* 2) pada HOQ
5) Melanjutkan penyusunan fungsi sekunder produk, hingga mencapai fungsi paling rendah produk yang dibuat
6) Melakukan pengecekan pada FAST Diagram dengan menggunakan logika logika "*Why*" dari kanan ke kiri dan "*How*" dari kiri ke kanan.

G. Pemilihan Konsep

Pemilihan konsep atau seleksi konsep merupakan proses menilai konsep yang memerhatikan kebutuhan pelanggan dan kriteria lainnya, membandingkan kelemahan dan kekuatan relatif dari konsep, serta memilih satu atau lebih konsep untuk diselidiki, diuji dan dikembangkan.

Pemilihan konsep didasarkan pada seleksi PUGH yang dikembangkan oleh Stuart Pugh. Hasil pemilihan konsep dalam PUGH matriks masih dapat dipilih dengan kombinasi beberapa konsep. Identitas konsep yang akan dipilih dicantumkan di bagian atas matriks dengan menggunakan sejarah grafik atau teks tertulis. Terdapat dua tahap pemilihan konsep, tahap pertama disebut penyaringan konsep dan tahap kedua disebut penilaian konsep [6].

1) Penyaringan Konsep

Penyaringan adalah proses evaluasi yang masih dalam bentuk perkiraan untuk mempersempit alternatif. Berikut merupakan langkah-langkah penyaringan konsep:

a) Menyiapkan matriks seleksi

Memasukkan kriteria seleksi yang diperoleh dari fungsi produk dan telah dijabarkan pada *Fast Diagram.*

b) Menilai konsep

Melakukan penilaian konsep dengan membandingkannya terhadap konsep referensi dengan ketentuan: "lebih baik" (+), "sama dengan" (0), atau lebih buruk "(-)"

c) Memeringkat konsep

d) Menggabungkan dan memperbaiki konsep

e) Memilih satu atau lebih konsep

f) Merefleksikan hasil dan proses

2) Penilaian Konsep

Sebuah analisis konsep untuk memilih salah satu konsep dengan memberikan bobot kepentingan relatif pada setiap kriteria seleksi disebut sebagai penilaian konsep merupakan. Berikut langkah-langkah penilaian konsep:

a) Menyiapkan matriks seleksi

b) Memasukkan kriteria seleksi dan menambahkan bobot kepentingan untuk setiap kriteria

c) Menilai konsep

d) Melakukan penilaian konsep (dengan skala penilaian yang direkomendasikan adalah 1–5)

e) Memeringkat konsep

Nilai berbobot dihitung dengan mengalikan nilai dengan bobot kriteria / beban. Bobot

ISBN 978-623-92050-0-3

kriteria diperoleh dari *relative important* pada HOQ.

f) Menggabungkan dan memperbaiki konsep

g) Memilih satu atau lebih konsep

h) Merefleksikan hasil dan proses

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama yang dilakukan dalam merancang loyang prasmanan adalah menentukan segmentasi pasar. Segmentasi pasar berguna dalam hal perancangan produk, karena memberikan peluang bagi perusahaan untuk menyesuaikan produk atau jasanya dengan permintaan pembeli secara efektif. Segmentasi pasar ditentukan berdasarkan demografi dan *sociocultural*. Peta segmentasi pasar dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Produk loyang prasmanan akan menempati segmentasi pasar yang berada di antara produk kompetitor yaitu loyang prasmanan Dai-ichi dan Formia.



Fig. 1. Peta Segmentasi Pasar berdasarkan Demografi

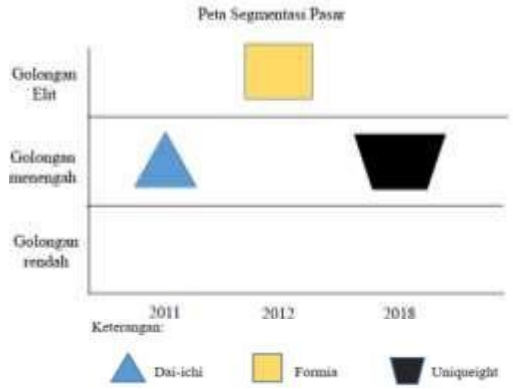


Fig. 2. Peta Segmentasi Pasar berdasarkan Sociocultural

Pada penelitian ini, kompetitor yang dijadikan perbandingan adalah dua produk loyang yang berbahan dasar *stainless steel*. Di tahun 2011 muncul kompetitor pertama yaitu Dai-ichi dan pada tahun 2012 muncul kompetitor kedua yaitu Formia yang memiliki inovasi berupa dua wadah dalam satu kaki loyang serta dua buah tempat untuk meletakkan spirtus, sehingga membuatnya terkesan praktis dan tidak membutuhkan banyak ruang ketika dihidangkan dan dipanaskan. Selain itu, untuk berat produknya sendiri juga lebih ringan dibanding produk Dai-ichi, namun harga yang ditawarkan relatif mahal.

Sedangkan untuk produk loyang prasmanan Dai-ichi tetap memiliki harga yang lebih terjangkau dan material yang digunakan lebih tebal daripada loyang prasmanan Formia. Namun, hal ini membuat kesan tidak praktis dan memberatkan apabila jumlah makanan yang dihidangkan banyak karena wadahnya hanya berjumlah satu. *Benchmarking* antara kedua produk kompetitor ditunjukkan pada TABEL 1.

TABLE I. SPESIFIKASI PRODUK KOMPETITOR

Produk	Spesifikasi
 Dai-ichi (2011)	• Terbuat dari bahan *stainless steel* anti karat • Berat produk: 9.3 Kg • Ukuran: 33.5 cm x 27 cm x 4cm • Tinggi keseluruhan: 20cm • Memiliki 1 tempat spirtus • Memiliki 1 *cover* (penutup)
 Formia (2012)	• Terbuat dari bahan *stainless steel* yang berkualitas • Berat produk: 6 kg • Ukuran: 57 cm x 35 cm x 30 cm • Memiliki 2 tempat spirtus • Memiliki 2 *cover* (penutup)

Dalam melakukan perancangan produk, diperlukan input berupa *Voice of Customer*. *Voice of Customer* mengenai kebutuhan dan keinginan dari pelanggan didapat melalui penyebaran kuesioner terbuka. Hal ini bertujuan agar perancangan produk sesuai dengan segmentasi pasar yang sudah ditetapkan sebelumnya. Kuesioner dibagikan kepada 30 responden seperti pegawai catering, rumah makan prasmanan, ibu rumah tangga dan pengguna loyang prasmanan lainnya. Berdasarkan hasil kuisioner maka diperoleh daftar pernyataan konsumen yang menjadi kebutuhan pelanggan. Daftar kebutuhan pelanggan dapat dilihat pada TABEL 2.

TABLE II. TABEL 2 DAFTAR KEBUTUHAN PELANGGAN

Pernyataan Pelanggan	Pernyataan Kebutuhan
Membutuhkan pemanas	Loyang Prasmanan memiliki ruang untuk meletakkan pemanas
Praktis dalam memindahkan makanan	Loyang prasmanan praktis dalam memindahkan makanan
Tempat dapat disesuaikan	Ukuran Loyang prasmanan sesuai dengan tempat yang tersedia
Harga Terjangkau bagi kalangan menengah	Loyang prasmanan memiliki harga yang terjangkau

ISBN 978-623-92050-0-3

Pernyataan Pelanggan	Pernyataan Kebutuhan
Bentuk wadah loyang menarik	Loyang prasmanan memiliki desain yang menarik
Material loyang kuat dan berkualitas	Loyang prasmanan memiliki material yang kuat
Keawetan spirtus	Tempat spirtus pada loyang prasmanan memiliki desain yang mampu menahan angin
Terminal Listrik yang memiliki kualitas tahan lama dan kuat	Material *Terminal Listrik* yang tahan lama dan kuat

Upaya untuk mengonversikan *voice of customer* secara langsung terhadap spesifikasi teknis dari produk yang dihasilkan adalah menggunakan *House Of Quality* (HOQ) yang merupakan bagian dari QFD (*Quality Function Development*). Spesifikasi teknis tersebut dibuat sesuai dengan target yang telah ditetapkan di mana sebelumnya dilakukan benchmarking terhadap produk kompetitor. Berdasarkan respon teknis yang telah didapatkan maka selanjutnya adalah pembuatan *relationship matrix*. HOQ room 1, 2, dan 3 dapat dilihat pada Gambar 3.

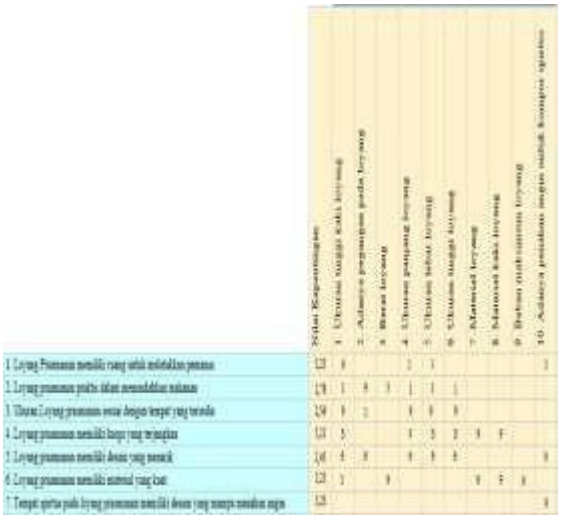


Fig. 3. Room 1,2, dan 3 HOQ Uniqueight

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui hubungan antara kebutuhan konsumen dengan respon teknis yang diberikan. Salah satu contohnya yaitu tingkat hubungan antara kebutuhan "Loyang Prasmanan praktis dalam memindahkan makanan" dengan respon teknis "adanya pegangan pada loyang" karena kepraktisan loyang prasmanan menjadi kebutuhan pelanggan yang utama dalam perbaikan loyang prasmanan. Langkah selanjutnya adalah menempatkan posisi produk baru dengan produk *benchmarking* berdasarkan keinginan konsumen yang dapat dilihat pada Gambar 4.

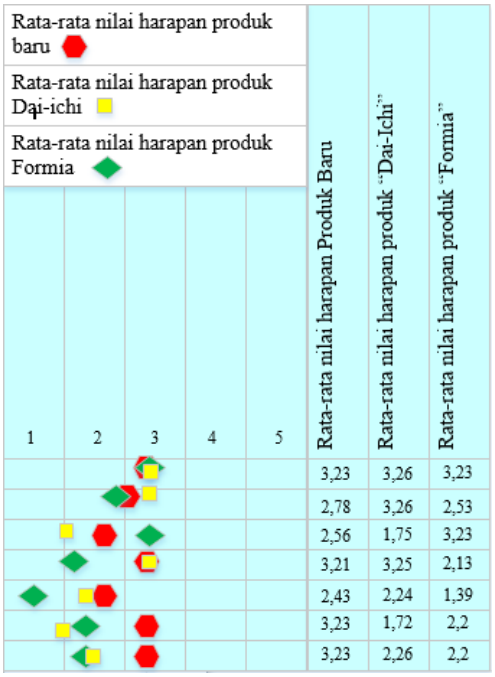


Fig. 4. Room 4 HOQ Uniqueight

Benchmarking dilakukan untuk tiap-tiap respon teknis terhadap pencapaian kompetitor 1 dan 2 yang kemudian akan dimasukkan ke dalam HOQ Room 5. HOQ Room 5 dari produk Loyang Prasmanan Uniqueight dapat dilihat pada Gambar 5.



Fig. 5. Room 5 HOQ Uniqueight

Correlations (*Room* 6) pada *House of Quality* menjelaskan tentang hubungan antar respon teknis yang dibuat oleh tim desain. Dari setiap respon teknis yang sudah dibuat dilihat keterkaitan hubungan lemah, kuat, ataupun tidak ada keterkaitan antara respon teknis. Hubungan korelasi antar matriks pada *House of Quality* ditunjukkan pada Gambar 6.

ISBN 978-623-92050-0-3

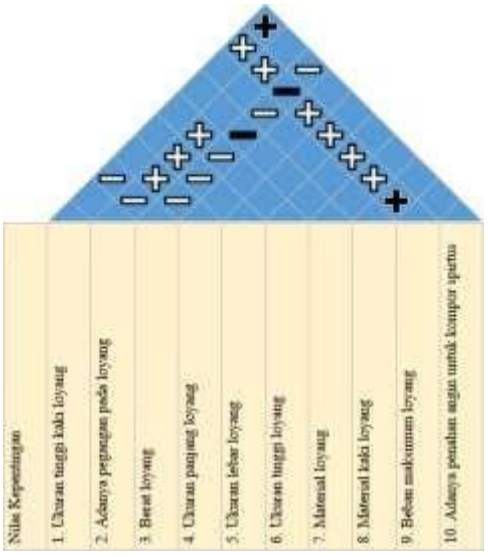


Fig. 6. Room 6 HOQ Uniqueight

Salah satu korelasi yang terdapat pada *Room* 6 adalah ukuran tinggi kaki loyang dan berat loyang. Perubahan pada ukuran tinggi kaki loyang menimbulkan pengaruh negatif terhadap berat loyang, dikarenakan semakin tinggi kaki loyang semakin baik namun semakin berat loyang semakin buruk

Bagian akhir dari HOQ adalah dilakukan perhitungan untuk mengetahui respon teknis yang paling penting dan perlu dijadikan prioritas dalam pengembangan konsep di tahap selanjutnya. Perhitungan meliputi variabel nilai harapan pelanggan dan nilai interaksi antara pernyataan kebutuhan dengan respon teknis. *Room* 7 dan 8 HOQ Loyang prasmanan dapat dilihat pada Gambar 7.

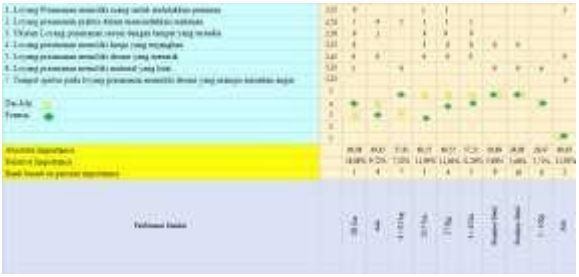


Fig. 7. Room 7 dan 8 HOQ Uniqueight

Konsep produk merupakan gambaran singkat bagaimana produk memuaskan kebutuhan pelanggan. Oleh karena itu, perlu dimunculkan konsep untuk memperbarui mekanisme produk loyang prasmanan yang baru berdasarkan hasil dari analisa *House of Quality* yang paling penting untuk diperbaiki. Pada proses pengembangan produk terdapat beberapa perubahan respon teknis yang dapat memunculkan banyak mekanisme baru, sehingga perlu menggambarkan ulang mekanisme produk yang dikembangakan, salah satunya yaitu dengan menggunakan diagram *Function Analysis System Technique* (FAST) diagram. FAST diagram dari produk loyang prasmanan Uniqueight dapat dilihat pada Gambar 8.

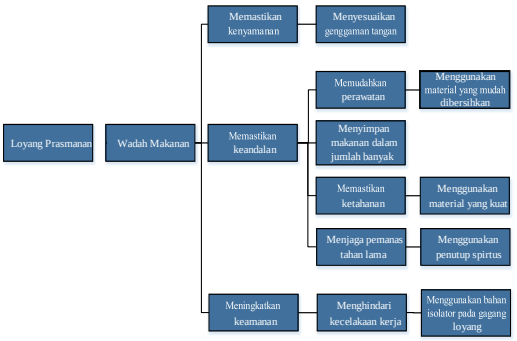


Fig. 8. Fast Diagram

Setelah pembuatan diagram FAST, maka langkah selanjutnya adalah memilih alternatif konsep. Alternatif konsep merupakan sebuah alternatif baru yang dimunculkan dari setiap fungsi yang dibuat sebelumnya. Dalam alternatif konsep menggunakan tabel kombinasi konsep yang menyediakan sebuah cara untuk mempertimbangkan kombinasi solusi secara sistematis. Dalam beberapa hal, tabel kombinasi merupakan cara yang sederhana dalam membuat kombinasi antara penggalan-penggalan solusi untuk mendorong pemikiran kreatif yang lebih jauh. Proses pengembangan konsep dapat dilakukan dengan menggunakan *morphological chart*. *Morphological chart* akan menyusun secara lengkap komponen, elemen, sub solusi yang dapat dikombinakasikan menjadi produk baru. Kriteria seleksi yang terdapat pada *morphological chart* merupakan fungsi sekunder produk yang didasarkan pada klasifikasi respon teknis yang terdapat pada HOQ. TABEL 3 merupakan Morphological chart dari produk loyang prasmanan.

TABLE III. MORPHOLOGICAL CHART LOYANG PRASMANAN

Kriteria Seleksi	Kriteria	Pilihan Desain		
Memastikan Kenyamanan	Jenis Genggaman Tangan	Atas (A1)	Samping (A2)	
	Bentuk Pegangan Tangan	Kotak (B1)	Bulat (B2)	
Memastikan Keandalan	Bentuk Loyang	Bulat (C1)	Persegi Panjang (C2)	
	Bentuk Tempat Spirtus	Bulat (D1)	Kotak (D2)	
Meningkatkan Keamanan	Jenis Loyang	Tidak Bertingkat (E1)	Bertingkat (E2)	
	Bentuk Kaki Loyang	Kaki Pendek (F1)	Kaki Tiga (F2)	Kaki Melengkung (F3)
	Bentuk Gagang Loyang	Tertutup Penuh (G1)	Tertutup Sebagian (G2)	

ISBN 978-623-92050-0-3

TABLE IV. RINGKASAN KONSEP

	KONSEP					
	A	B	C	D	E	F
Jenis Genggaman Tangan	Di atas	Di atas	Di samping	Di atas	Di samping	Di samping
Bentuk Pegangan Tangan	Bulat	Kotak	Kotak	Kotak	Kotak	Kotak
Bentuk Loyang	Bulat	Persegi Panjang	Persegi Panjang	Bulat	Persegi Panjang	Bulat
Bentuk Tempat Spirtus	Bulat	Bulat	Kotak	Bulat	Bulat	Bulat
Jenis Loyang	Tidak Bertingkat	Tidak Bertingkat	Tidak Bertingkat	Bertingkat	Bertingkat	Bertingkat
Bentuk Kaki Loyang	Kaki Tiga	Kaki Melengkung	Kaki Pendek	Kaki Melengkung	Kaki Melengkung	Kaki Melengkung
Bentuk Gagang Loyang	Tertutup Sebagian	Tertutup Sebagian	Tertutup Sebagian	Tertutup Sebagian	Tertutup Sebagian	Tertutup Penuh

Penyaringan konsep didasarkan pada metode seleksi konsep PUGH dengan tujuan untuk mempersempit jumlah konsep dan memperbaiki konsep. Referensi dari penilaian konsep ini adalah Daiichi dan Formia dengan penilaian "lebih baik" (+), "sama dengan" (0), atau "lebih buruk" (-). Matriks PUGH penyaringan konsep yang memuat tentang reef dapat dilihat pada TABEL 5. Pada kriteria memastikan kenyamanan, konsep A, B dan D bertanda (-) karena desain gagang yang kurang nyaman disbanding produk referensi sementara konsep C, D dan F bertanda (+) karena bentuk gagang yang lebih ergonomis dibandingkan dengan produk referensi.

TABLE V. PENYARINGAN KONSEP

Kriteria	KONSEP-KONSEP						
	A	B	C	D	E	F	REEF
Memastikan kenyamanan	-	-	+	-	+	+	0
Memastikan keandalan	+	0	+	+	+	-	0
Memastikan keamanan	-	+	-	+	+	-	0
Jumlah +	1	1	2	2	3	1	
Jumlah 0 (Sama)	0	1	0	0	0	0	
Jumlah -	2	1	1	1	0	2	
Nilai Akhir	-1	0	1	1	3	-1	
Ranking	6	4	3	2	1	5	
Lanjutkan?	Tidak	Perbaiki	Gabung	Gabung	Ya	Tidak	

Analisis konsep yang ada untuk memilih salah satu konsep dengan memberikan bobot kepentingan relatif pada setiap kriteria seleksi dapat dilakukan dengan menggunakan matriks PUGH. Matriks PUGH pada tahap penilaian konsep untuk produk loyang prasmanan dapat dilihat pada TABEL 6.

TABLE VI. MATRIKS PUGH

Kriteria Seleksi	Beban	Konsep					
		E		CD		B+	
Memastikan kenyamanan	2,43%	4	0,1	3	0,07	3	0,07
Memastikan keandalan	90,28%	3	2,7	3	2,7	3	2,7
Memastikan keamanan	7,29%	4	0,3	3	0,2	3	0,2
Total Nilai Perangkat		3,1		2,97		2,97	
Lanjutkan		Lanjutkan		Tidak		Tidak	

Berdasarkan hasil penyaringan dengan menggunakan PUGH matrix, didapatkan konsep yang terpilih yaitu konsep E karena memiliki nilai peringkat terbesar dibandingkan konsep lainnya, yaitu sebesar 3,1. Konsep desain pada Konsep E memiliki genggaman tangan di samping, bentuk Loyang persegi panjang, bentuk tempat spirtus bulat, wadah loyang bertingkat, bentuk kaki melengkung serta serta bentuk gagang loyang tertutup sebagian. Desain produk dari konsep yang telah terpilih dibuat menggunakan *software* SketchUp 3D *Design Software*. Dimensi loyang disesuaikan dengan spesifikasi yang terdapat pada HOQ. Desain produk Loyang dapat dilihat pada Gambar 9.

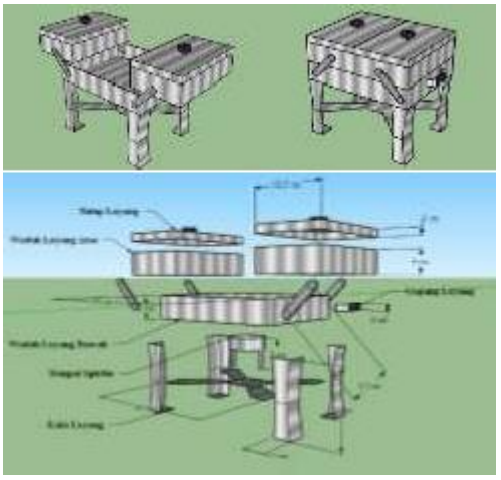


Fig. 9. Desain Produk Loyang Prasmanan Uniqueight

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperolah kesimpulan bahwa Produk loyang prasmanan Uniqueight telah dirancang berdasarkan permintaan konsumen. Penggunaan *House of Quality* (HOQ) dalam perancangan produk karena untuk mempermudah konversi *voice of customer* secara langsung terhadap spesifikasi teknis dari produk. Kriteria seleksi yang digunakan dalam memilih konsep adalah kenyamanan, keandalan, dan keamanan. Berdasarkan hasil penyaringan dengan menggunakan PUGH *matrix*, didapatkan konsep yang terpilih yaitu konsep E karena memiliki nilai peringkat terbesar dibandingkan konsep lainnya, yaitu sebesar 3,1. Konsep desain pada Konsep E memiliki genggaman tangan di samping, bentuk Loyang persegi panjang, bentuk tempat spirtus bulat, wadah loyang bertingkat, bentuk kaki melengkung serta serta bentuk gagang loyang tertutup sebagian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Rekayasa dan Kualitas, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas segala bentuk dukungan dalam keikutsertaan pada Seminar Nasional Teknik Industri (SENTI) 2019 yang diadakan oleh Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gajah Mada.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Armstrong, G & Kotler, P. 1997. Prinsip-Prinsip Pemasaran. Edisi Pertama. Jakarta: Erlangga

[2] Camp, R. C. 1989. *Benchmarking: The Search for Industry Best Practices that Lead to Superior Performance*. Milwaukee: ASQC Quality Press.

[3] Cohen, L. (1995). *Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You*. AddisonWesley, Inc., Massachusetts.

[4] DP Andriani, M Choiri, & D Priharseno. 2017. *Aplikasi Quality Function Deployment untuk Redesign Kontainer Penyimpanan pada Industri Kemasan Kaleng*. Jurnal Teknik Industri Vol. 18 pp. 176-190.

[5] Singarimbun, Masri dan Sofian Effendi. 1989. Metode Penelitian Survey. LP3ES. Jakartalo

[6] Ulrich, *K. T. &* Eppinger, S. D. 2001. Perancangan dan Pengembangan Produk. Jakarta: Salemba Teknika**.**

Peramalan Persediaan Darah pada Unit Transfusi Darah PMI Kota Yogyakarta

1st Rineita Diah Iriani
Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Industri. Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah mada
Yogyakarta, Indonesia
rineitairiani07@gmail.com

2nd Muhammad Kusumawan H
Program Studi Magister Teknik Industri. Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah mada
Yogyakarta, Indonesia

Abstrak*— Persediaan darah merupakan masalah yang terjadi dalam Unit Transfusi Darah. Darah merupakan produk yang komplek. Kebutuhan darah juga bersifat mendesak. Sifat darah sendiri adalah mempunyai batas masa penyimpanan dan mudah rusak. Untuk memperoleh darah juga tidak selalu mudah, karena tidak semua jenis darah manusia sama. Apabila tidak ada pasokan darah pada saat darah dibutuhkan, maka akan terjadi hal yang fatal seperti kematian. UTD PMI Kota Yogyakarta merupakan salah satu unit di PMI Kota Yogyakarta yang melakukan kegiatan persediaan darah. Data yang diteliti adalah jumlah permintaan darah dari tahun 2011 hingga 2017. Dari analisis terhadap data tersebut diperoleh metode peramalan yang paling baik untuk digunakan untuk tiap komponen darah adalah whole blood mempunyai nilai MAPE terkecil 21,7% dengan metode moving average per 5 bulan, packed red cell mempunyai nilai MAPE terkecil 12% dengan metode moving average per 12 bulan, trombosit mempunyai nilai MAPE terkecil 45% dengan metode moving average per 6 bulan, washed erythrocytes mempunyai nilai MAPE terkecil 37% dengan metode moving average per 12 bulan.

Keywords—persediaan darah, unit transfusi darah, peramalan, permintaan kebutuhan darah.

I. PENDAHULUAN

Persediaan darah menjadi salah satu masalah yang terjadi dalam Unit Transfusi Darah (UTD) Masalah terjadi karena faktor dari produk darah itu sendiri. Darah merupakan produk yang kompleks. Darah bersumber dari manusia dan juga dibutuhkan manusia. Darah merupakan komponen yang sangat penting bagi manusia karena darah merupakan alat transportasi di dalam tubuh manusia sebagai pembawa nutrisi dan oksigen ke seluruh tubuh. Jumlah darah dalam tubuh harus sesuai dengan kebutuhan. Apabila jumlah darah dalam tubuh tidak sesuai dengan kebutuhan, maka akan mempengaruhi proses aktivitas di dalam tubuh. Oleh karena itu, Unit Transfusi Darah harus selalu mempunyai persediaan darah karena permintaan jumlah kantung darah dan waktu yang tidak dapat dipastikan karena meyangkut dengan kehidupan manusia secara langsung.

Menurut Prastacos [1] (1984) dalam Ismoko, darah mempunyai masa penyimpanan terbatas, yaitu selama 21 hari sampai dengan 35 hari. Setelah melewati masa penyimpanan, darah tidak dapat digunakan lagi karena dianggap rusak sehingga darah termasuk dalam produk *perishable* [2]. Faktor – faktor ini mempengaruhi pasokan persediaan darah karena pasokan darah harus selalu tersedia

Kebutuhan darah di setiap daerah di Indonesia berbeda – beda karena sesuai dengan jumlah penduduk. Berdasarkan Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada tahun 2017, pemenuhan akan jumlah minimal kebutuhan darah belum merata. Belum semua provinsi dapat memenuhi jumlah minimal kebutuhan darah. Jumlah minimal pasokan darah yang harus dimiliki oleh setiap negara adalah 2% dari jumlah penduduk sesuai dengan target dari Badan Kesehatan Dunia (WHO).

Setiap daerah harus mempunyai pasokan darah dikarenakan apabila suatu rumah sakit tidak dapat memenuhi kebutuhan permintaan darah maka akan menyebabkan kejadian yang sangat fatal bisa berujung dengan kematian. Salah satu contoh permasalahan adalah Angka Kematian Ibu melahirkan (AKI). Berdasarkan Pusat Data dan Informasi Kementerian Republik Indonesia (Pusdatin), salah satu kebutuhan darah adalah untuk proses melahirkan. Dikutip dari Pusdatin (2017) angka kematian ibu di Indonesia masih tinggi. Berdasarkan survei tahun 2015, angka kematian ibu Indonesia adalah sebesar 305 dari per 100.000 kelahiran. Kematian ibu didominasi oleh pendarahan. Banyaknya darah yang digunakan dalam proses melahirkan mengakibatkan perlu adanya pemenuhan kebutuhan darah dengan pasokan darah dari luar tubuh [3].

Permasalahan bukan hanya dalam memenuhi kebutuhan pasokan darah saja tetapi juga dalam proses penyimpanan pasokan darah juga. Salah satu contohnya adalah di PMI Kabupaten Garut yaitu terjadi kelebihan persediaan darah. Ratusan kantong darah terbuang. Hal ini membuat PMI Kabupaten Garut merugi puluhan juta. Kepala UTD PMI Kabupaten Garut mengatakan penyebabnya adalah RSUD Garut juga bekerja sama dengan PMI Bandung dalam pasokan darah RSUD Garut. Kerugian puluhan juta ini dialami oleh PMI Kabupaten Garut dikarenakan oleh biaya pembuangan, pengolahan, dan penyimpann persediaan darah. Permasalahan tersebut terjadi karena pasokan yang

ISBN 978-623-92050-0-3

tersedia lebih banyak dibandingkan dengan jumlah permintaan [4].

Berdasarkan Undang – Undang Nomor 36 Tahun 2009, pelayanan darah berupa penyelenggaraan dan pengolahan darah dan dilakukan oleh Unit Transfusi Darah. Dalam hal ini dilakukan oleh pemerintah, dan/atau organisasi kepalangmerahan. Pelayanan darah dilakukan dengan bersifat kemanusiaan dan darah diperoleh dengan cara sukarela. Meski demikian, dalam pelayanan transfusi darah harus dilakukan dengan menjaga keselamatan dan kesehatan penerima darah dan tenaga kesehatan dari masalah tranfusi darah. Pelayanan transfusi darah itu sendiri meliputi perencanaan, pengerahan, pendonor darah, penyediaan, pendistribusian darah, dan tindakan medis pemberian darah kepada pasien untuk tujuan penyembuhan penyakit dan pemulihan kesehatan [5].

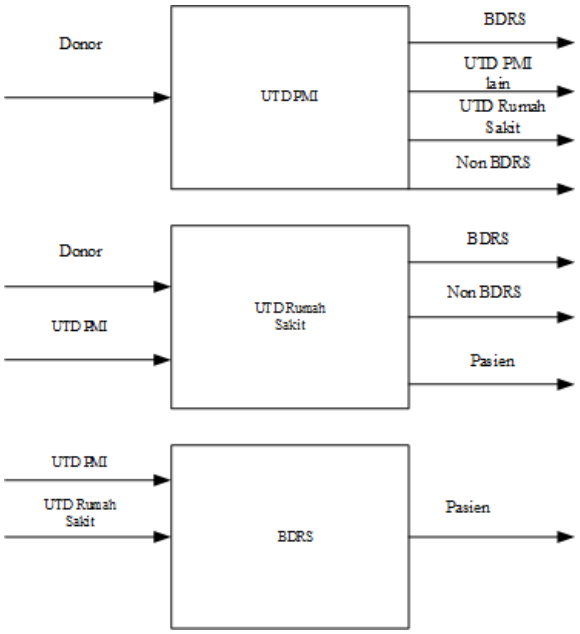


Fig. 10. *Input* dan *Output* Instansi Pelayanan Darah [6] (Suwardie,2014)

Gambar 1 menunjukkan tentang proses *input* dan *output* darah. UTD PMI memperoleh darah langsung dari pendonor lalu dapat disalurkan ke BDRS (Bank Darah Rumah Sakit), UTD PMI lain, UTD Rumah Sakit, dan Rumah Sakit Non BDRS. UTD Rumah sakit dapat memperoleh darah dari pendonor langsung ataupun UTD PMI. UTD Rumah Sakit dapat menyalurkan kantong darah ke BDRS, Non BDRS, dan pasien. BDRS memperoleh kantong darah dari UTD PMI ataupun UTD Rumah Sakit dan disalurkan ke pasien.

Penelitian mengenai persediaan darah sudah banyak dilakukan. Metode yang dilakukan juga beraneka ragam Penelitian dengan menggunakan metode simulasi digunakan untuk mengukur peformansi UPTD dalam mengelola jumlah darah yang kadaluwarsa dan untuk mengatur kebutuhan darah yang dibutuhkan dalam sebuah rumah sakit. Metode peramalan digunakan dalam beberapa penelitian untuk menentukan jumlah persediaan darah yang optimal. Metode peramalan juga pernah dilakukan dalam penelitian tentang persediaan darah. Nadandi [7](2010) melakukan penelitian persediaan dengan meramalkan permintaan untuk 3 bulan mendatang dengan beberapa metode peramalan *Times Series* yaitu *Naive, Simple Average, Moving Average, Exponential Smoothing, Holt's Double Exponential Smoothing,* dan *Box Jenkie (ARIMA*). Produk yang diteliti adalah komponen dalam darah yaitu komponen darah lengkap, sel darah merah pekat, sel darah merah cuci, plasma cair, plasma segar beku, dan trombosit Sama halnya dengan Nadandi, Purnimasari [8] (2012) melakukan penelitian permintaan darah dengan metode peramalan *Time Series.* Yang berbeda adalah metode peramalan dan objek produk yang diramalkan. Purnimasari menggunakan metode peramalan *Winter's Method* dengan objek golongan darah A, B, O, dan AB di sebuah PMI di Yogyakarta untuk meramalkan permintaan 12 bulan mendatang. Haryadi [9] (2016) juga melakukan penelitian persediaan darah dengan dengan menggunakan metode peramalan *Time Series*. Haryadi melakukan peramalan permintaan darah dengan memilih beberapa metode peramalan kemudian metode yang terbaik dipilih untuk meramalkan permintaan mendatang. Metode peramalan yang terpilih dapat dilihat dari nilai MAPE terkecil. Nilai MAPE atau *Mean Absolute Percentage Error* adalah nilai yang digunakan untuk mememilih metode peramalan yang akan digunakan untuk meramalkan permintaan periode mendatang karena mempunyai nilai kesalahan terkecil. Metode peramalan terpilih adalah metode peramalan kombinasi *Ordinary Least Squar*e. Kemudian setelah melakukan jumlah permintan, menentukan *safety stock* dan *reorder point* jumlah kantong darah. *Safety stock* untuk golongan darah A dan B masing – masing 4 kantong, golongan darah O adalah 5 kantong, dan golongan darah B 2 kantong. Untuk *reorder point*, 16 kantong untuk golongan darah A, 19 kantong untuk golongan darah B, 23 kantong untuk golongan darah O, dan 8 kantong untuk golongan darah AB.

II. METODE PENELITIAN

Untuk melakukan metode peramalan *time series* ada beberapa langkah yang dilakukan. Langkah pertama adalah uji normalitas data. Pada penelitian ini mengunakan *Kolmogorov-Smirnov*. Langkah yang kedua adalah menentukan pola data. Pola data ini diperlukan untuk menentukan metode peramalan apa yang akan digunakan. Menurut Hanken dan Wichern [10](2005), terdapat empat jenis pola data, yaitu:

a. Horizontal
   Pola ini akan terjadi bila nilai berfluktuasi disekitar nilai rata –ratanya. Titik persebaran data dari waktu ke waktu hanya berkisar. Di

ISBN 978-623-92050-0-3

satu area yang sama atau *range* persebaran kecil. Biasanya data kontestan karena tidak mengalami perubahan dalam jangka yang besar.

b. Musiman atau *Seasonal* (S)
Pola data musiman ditandai dengan pola secara tahunan, bulanan, mingguan, atau harian. Pola ini akan terjadi ketika data membentuk suatu pola dimana suatu periode akan mencapai angka yang sangat tinggi. Kemudian akan turun perlahan dan berulang – ulang.

c. Siklis (C)
Pola data siklis merupakan fluktuasi dari data untuk waktu yang lebih dari satu tahun.

d. *Trend* (T)
Pola *trend* merupakan kecenderungan arah data dalam waktu jangka panjang dapat berupa kenaikan maupun penurunan.

Untuk mengetahui pola yang terbentuk pada data *time series* dapat digunakan analisis autokorelasi, yaitu analisis korelasi antar sebuah variabel dengan variabel itu sendiri dengan *lag* periode atau lebih dengan tujuan untuk mengidentifikasi pola data *time series*.

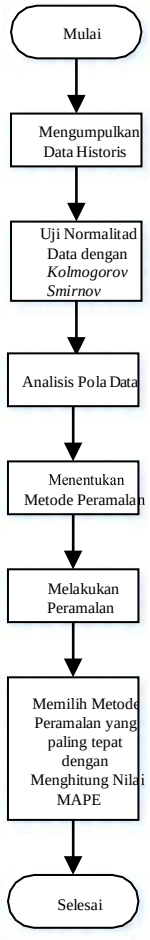


Fig. 11. Alur Penelitian Dengan Metode Peramalan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan dengan meramalkan permintaan kantong di UTD PMI Kota Yogyakarta untuk 3 bulan mendatang. Data yang dikumpulkan adalah permintaan jumlah kantong darah dari tahun 2011 hingga 2017. Komponen darah yang diteliti adalah *whole blood*, *packed red cell*, trombosit, dan *washed erythrocytes.*

1. Uji Normalitas Data.
Diawali dengan menguji uji normalitas data. Uji normalitas untuk data pada penelitian ini adalah dengan uji normalitas *Kolmogorv Smirnov*. Data permintaan dari keempat komponen masing – masing diuji normalitas. Nilai *p value* > 0,05 adalah acuan apakah data sudah normal atau belum. Apabila data yang ada memiliki nilai *p-value* > 0,05 maka data berdistribusi normal. Begitu juga sebaliknya, apabila data yang diolah memiliki nilai *p-value* < 0,05, maka data berdistribusi tidak normal. Pada uji normalitas untuk menentukan *p-value* dengan bantuan *tool minitab.*

TABEL I HASIL UJI NORMALITAS

	Komponen Darah			
	WB	PRC	*Washed Red Cell*	Trombosit
p-value	0,107	0,844	0,150	0.200

2. Analisis Pola Data
Tahap selanjutnya adalah menetukan pola data yang ada dengan autokorelasi. Autokorelasi adalah korelasi diantara sebuah *lag* variabel dengan priode dari *lag* itu sendiri. Autokorelasi diperlukan untuk menentukan pola data yang terbentuk. Pola data ini digunakan untuk menentukan metode *time series* mana yang akan digunakan. Pola data dalam *time series* ada 4 yaitu pola tren, musiman, stasioner, dan siklus. Menentukan pola data dengan autokorelasi dengan melihat nilai *rk* atau nilai ACF (*autocorrelation coefficient)* dengan bantuan *tools minitab 15.* Apabila nila *rk* secara bertahap sampai dengan *lag* tertentu menjauhi atau mendekati nilai 0, maka pola data adalah random. Setelah memperoleh nilai *rk*, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai SE (*standard error)* dari nilai *rk*. Nilai SE dihitung untuk memproleh nilai limit *rk* Apabila nila *rk* secara bertahap sampai dengan *lag* tertentu menjauhi atau mendekati nilai 0, maka pola data adalah random. Setelah nilai SE diperoleh, kemudian mencari nilai limit dari setiap *lag.* Apabila nilai SE lebih besar dibandingkan dengan nilai limit, maka keputusannya adalah *reject* H_0. Apabila nilai SE

ISBN 978-623-92050-0-3

lebih kecil dibandingkan dengan nilai limit, maka keputusannya adalah *fail to reject*. Menentukan pola datanya adalah apabila nilai *rk* meningkat atau menurun pada *lag* tertentu dan mendekati nilai 0 secara bertahap, maka pola data adalah tren. Nilai *rk* menurun secara tiba – tiba mendekati nilai 0, maka pola data adalah stasioner.

Untuk mengetahui pola yang terbentuk pada data *time series* dapat digunakan analisis autokorelasi, yaitu analisis korelasi antar sebuah variabel dengan variabel itu sendiri dengan *lag* periode atau lebih dengan tujuan untuk mengidentifikasi pola data *time series*.

$$r_k = \frac{\sum_{t=2}^{N-k}(Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t-2}^{N}(Y_t - \bar{Y})^2} \quad (1)$$

dimana,

r_k = koefisien autokerlasi
Y_t = data pada saat
$\bar{Y}$ = rata – rata data sejumlah N
Y_{t-k} = nilai data pada saat periode ke-(*t-k*)
k = *time lag*

TABEL II. PENENTUAN POLA DATA

Komponen Darah	*Whole Blood*	*Packed Red Cell*	*Washed Red Cell*	Trombosit
Pola Data	Tren	Tren	Stasioner	Tren

Pada komponen darah *whole blood*, *packed red cell*, dan trombosit, mempunyai nilai *rk* semakin menurun mendekati 0. Maka pola data permintaan dari *whole blood*, *packed red cell*, dan trombosit adalah tren. Pada komponen darah *washed erythrocytes* mempunyai 16 *lag* dengan nilai *rk* semakin menurun mendekati 0 secara tiba – tiba, maka pola data permintaa dari *washed erythrocytes* adalah stasioner. Pemilihan metode peramalan *time series* untuk setiap komponen darah yang sesuai berdasarkan dengan pola data yang telah ditentukan.

3. Melakukan Peramalan

Melakukan peramalan data dengan metode peramalan *time series* terpilih. Penentuan metode berdasarkan pola data yang terpilih. Untuk komponen darah *whole blood*, *packed red cell*, dan trombosit, memiliki pola data tren. Ketiga komponen menggunakan metode peramalan *naive*, *moving average*, *holt's exponential smoothing, trend linier*. Untuk komponen darah *washed erythrocytes* memiliki pola data stasioner sehingga metode yang digunakan adalah *naive*, *moving average*, dan *exponential smoothing*. Untuk metode *moving average* jumlah bulan yang digunakan adalah untuk rataan bulan 1 sampai dengan bulan 12.

a. Metode *Naive*

Metode *Naive* akan menggunakan nilai aktual periode sebelumnya sebagai perkiraan untuk periode saat ini, dan begitu seterusnya. Formulasi dari metode *Naive* adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y} = Y_{t-1} \quad (2)$$

dimana,

$\hat{Y}$ = peramalan waktu ke-t
Y_{t-1} = Data aktual t-1

b. *Simple Moving Average*

Merupakan metode peramalan rata – rata dari data historis pada periode tertentu. Formulasi umum dari metode ini adalah:

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \cdots + Y_{t-k+1}}{k} \quad (3)$$

dimana,

$\hat{Y}_{t+1}$ = peramalan waktu ke t+1
Y_t = aktual data t-1
k = waktu peramalan *moving average*

c. Metode *Holt's Exponential Smoothing*

Metode ini mengakomodasi fleksibiltas pada *rate* yang dipilih, dimana terdapat level dan *trend*. Formulasi metode *Holt's* yaitu:

- *Current level estimate* atau *exponentially smoothed series*

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (4)$$

- Estimasi *trend*

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}) \quad (5)$$

- Peramalan untuk periode p ke depan

$$\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t \quad (6)$$

dimana,

L_t = *smoothed forecast* saat ini
α = *smoothing factor* pada level ($0 \leq \alpha \leq 1$)
Y_t = nilai aktual periode ke t
$\hat{Y}_{t+p}$ = peramalan periode p ke depan
T_t = estimasi
β = *smoothing factor* pada *trend* ($0 \leq \alpha \leq 1$)
p = periode p ke depaan

ISBN 978-623-92050-0-3

d. Linier Tren Model

Menurut Heizer dan Render [11] (2014) metode *linier trend model* menyesuaikan garis kecenderungan dengan rangkaian poin data historis dan kemudian memproyeksikan kemiringan garis ke dalam peramalan masa mendatang atau dalam jangka menengah hingga jangka mendatang. Persamaan yang digunakan dalam peramalan ini mengikuti regresi untuk menemukan nilai a dan b sebagai berikut:

$$y = a + bx \quad (7)$$

a = perpotongan sumbu ŷ
b = kemiringan garis regresi
x = variabel independen (waktu)

Untuk mencari nilai a dan b dapat digunakan persamaan berikut:

$$b = \frac{\sum xy - n\ddot{x}\hat{y}}{\sum x^2 - n\ddot{x}^2} \quad (8)$$

$$a = \hat{y} - b\ddot{x} \quad (9)$$

dimana,
ẍ = nilai rata – rata x
ŷ = nilai rata – rata y

e. MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

MAPE dihitung sebagai rata diferensiasi absolut antara nilai yang diramalkan dan aktual. MAPE dinyatakan sebagai presentasi nilai aktual.

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} \quad (10)$$

dimana,

Y_t = nilai permintaan aktual
$\hat{Y}_t$ = nilai hasil peramalan
n = jumlah data

TABEL 4. PERHITUNGAN NILAI MAPE

No	Metode Peramalan	Nilai MAPE			
		Whole Blood	*PRC*	*Trombosit*	*Washed Erythrocytes*
1	*Naive*	73%	14 %	53%	84%
2	*Moving Average (2)*	27,60%	13 %	54%	74%
3	*Moving Average (3)*	27,20%	12 %	52%	76%
4	*Moving Average (4)*	48,90%	12 %	52%	79%
5	*Moving Average (5)*	21,70%	12 %	55%	59%
6	*Moving Average (6)*	27,20%	11 %	57%	70%
7	*Moving Average (7)*	23,80%	11 %	52%	59%
8	*Moving Average (8)*	28,20%	11 %	50%	67%
9	*Moving Average (9)*	29,40%	11 %	49%	67%

TABEL 4. PERHITUNGAN NILAI MAPE

No	Metode Peramalan	Nilai MAPE			
		Whole Blood	*PRC*	*Trombosit*	*Washed Erythrocytes*
10	*Moving Average (10)*	29,70 %	10 %	49%	66%
11	*Moving Average (11)*	30,10 %	10 %	49%	79%
12	*Moving Average (12)*	27,70 %	9 %	45%	37%
13	*Holt's Exponential Smoothing*	46%	13 %	55%	-

TABEL 4. PERHITUNGAN NILAI MAPE

No	Metode Peramalan	Nilai MAPE			
		Whole Blood	*PRC*	*Trombosit*	*Washed Erythrocytes*
14	*Trend Linier*	22,60 %	11 %	61%	-
15	*Single Exponential Smoothing*	-	-	-	47%

Mengukur kesalahan dengan menghitung MAPE tiap metode untuk memperoleh metode peramalan yang paling baik digunakan untuk setiap komponen darah dapat dilihat pada Tabel 4. Metode peramalan terpilih untuk keempat komponen darah adalah metode peramalan *moving average*. Nilai masing mempunyai nilai MAPE terkecil. Pemilihan metode terpilih untuk dengan perhitungan MAPE dapat dilihat pada Tabel 5.

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL 5. METODE PERAMALAN TERPILIH

No	Komponen Darah	Metode Peramalan Terpilih	Nilai MAPE
1	*Whole Blood*	*Moving Average* per 5 bulan	21,7%
2	*Packed Red Cell*	*Moving Average* per 12 bulan.	12%
3	Trombosit	*Moving Average* per 6 bulan	45%
4	*Washed Erythrocytes*	*Moving Average* per 12 bulan.	37%

IV. KESIMPULAN

Metode peramalan *time series* yang paling baik digunakan untuk meramalkan jumlah permintaan komponen darah berbeda – beda. Metode *moving average* per 5 bulan untuk komponen darah *whole blood.* Peramalan jumlah permintaan untuk *packed red cell* lebih baik menggunakan metode *moving average* per 12 bulan, trombosit paling baik menggunakan metode *moving average* per 6 bulan, *washed red cell* menggunakan metode *moving average* per 12 bulan. Tabel 5 menunjukkan tentang jumlah kantong darah yang perlu disediakan untuk tiga bulan mendatang untuk tiap komponen darah.

TABEL 6. PERAMALAN PERAMALAN UNTUK TIGA BULAN MENDATANG

Perio-de	*Whole Blood*	*Packed Red Cell*	Trom-bosit	*Washed Erythrocytes*
Jun-18	38	965	180	13
Jul-18	36	985	172	13
Agu-18	32	1028	170	14

DAFTAR PUSTAKA

[1] T. Ismoko, "Analisis model peramalan permintaan pada palang merah indonesia unit transfusi darah kota yogyakarta", *(references)*

[2] A. L. Simbolon, "Analisis sistem persediaan produk darah di unit transfusi darah (UTD) RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta", unpublished

[3] *Pelayanan Darah di Indonesia* 2017, Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, viewed 29 March 2018, <www.pusdatin.kemkes.go.id/resourcer/download.pusdatin/pelayanan-darah-di-indonesia.2017.pdf>.

[4] Supriadin, J 2017. 'ratusan kantong darah terbuang, pmi garut rugi puluhan juta', *Liputan 6,* 26 October viewed 26 March 2018 <http: //regional. liputan6.com/read /3141109/ratusan-kantong-darah-terbuang-pmi-garut-rugi-puluhan-juta>. *(references)*

[5] *Undang – undang republik indonesia tentang kesehatan* tahun 2009: penyelenggaran transfusi darah nomor 36 pasal 87 Departemen Kesehatan Republik Indonesia, viewed 29 March 2018 <http://www.depkes.go.id/resources/download/general/UU%20Nomor%2036%20Tahun2%20009%20tentang%20Kesehatan.pdf>

[6] A. W. Suwardie, "Pengembangan model simulasi untuk meningkatkan performansi rantai pasok darah", unpublished

[7] M. R. Nadandi, "Analisis peramalan persediaan terhadap permintaan produk darah di palang merah indonesia unit donor darah kota yogyakarta", unpublished

[8] D. Purnamisari, "Analisis sistem pengendalian persediaan darah di palang merah indonesia kota yogyakarta", unpublished

[9] Y. M. Haryadi, "Perencanaan dan pengendalian persediaan darah di palang merah indonesia kabupaten sleman", unpublished

[10] Hanke, JE & Winchern, DW 2005, *Bussiness Forecasting*, 8th edn, Prentice Hall, New York. *(references)*

[11] Heizer, J & Render, B 2004 *Operation Management,* 7th edn. Upper Saddle River, N.J : Perason Prentince Hall, New York. *(references)*

ISBN 978-623-92050-0-3

PERANCANGAN STRUKTUR TABUNG MOTOR ROKET RX 320 LAPAN AKIBAT TEMPERATUR DAN TEKANAN

1st Ronald Gunawan Putra
Perekayasa Pusat Teknologi Roket
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
Bogor, Indonesia
ronald.gunawan@lapan.go.id

2nd Mahfud Ibadi
Perekayasa Pusat Teknologi Roket
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
Bogor, Indonesia
mahfud.ibadi@lapan.go.id

3rd Agus Budi Djatmiko
Peneliti Pusat Teknologi Roket
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
Bogor, Indonesia
agus.budi@lapan.go.id

4rd Antonius Apriyanto
Perekayasa Pusat Teknologi Roket
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
Bogor, Indonesia
antonius.apriyanto@lapan.go.id

***Abstrak*— Motor roket adalah suatu komponen dari roket yang gunanya untuk untuk menimbulkan tenaga dorong yang akan mengangkat roket meluncur menembus atmosfer bumi. Proses timbulnya gaya dorong pada motor roket dapat dijelaskan sebagai berikut : propelan yang ada pada tabung roket yang berfungsi sebagai bahan bakar dinyalakan sehingga terjadi pembakaran dalam Temperatur pembakaran yang tinggi pada tabung motor roket dapat menyebabkan perubahan dimensi pada material tabung motor roket. Kenaikan temperatur dan tekanan dalam tabung dapat menimbulkan pembebanan atau gaya pada tabung motor roket ke arah radial dan aksial dan juga menimbulkan gaya akibat tegangan panas.**

Dalam perancangan ini digunakan bahan tabung dari stainless steel AISI 304 (N) dengan data E = 2,1e6 (kg/cm^2) = 6.95e8 N/m^2

Dalam tulisan ini dibahas mengenai analisa tegangan yang terjadi pada tabung roket RX 320 LAPAN dengan propelan jenis HTPB akibat kenaikan temperatur dan tekanan yang terjadi.

Hasil perancangan didapat tegangan maksimum pada tabung motor roket RX 320, terjadi pada tegangan keliling yaitu sebesar $\sigma_{\theta\theta}$ = 6,62 e4 N/m^2 tegangan akibat beban tekanan σ_c = 2,76 e8 N/m^2 dengan faktor keamanan sebesar $SF = \sigma_{yield} \,|\sigma_{tot}$ = 2,5 perancangan tabung motor roket RX 320 cukup aman.

Kata kunci : tegangan panas, tabung motor roket

***Abstract*—rocket motor is a component of a rocket that is used to generate thrust power that will lift a rocket sliding through the Earth's atmosphere. The process of the emergence of thrust force on a rocket motor can be explained as follows: propellant that exists in a rocket tube that functions as a fuel ignited so that combustion occurs in a high combustion temperature in a rocket motor tube can cause changes in dimensions in rocket motor tube material. The increase in temperature and pressure in the tube can cause loading or force on the rocket motor tube in the radial and axial direction and also cause force due to heat stress.**

In this design used tube material from stainless steel AISI 304 (N) with data E = 2.1 e6 (kg / cm2) = 6.95e8 N / m2. In this paper we discuss the stress analysis that occurs in the RX 320 LAPAN rocket tube with HTPB type propellant due to the increase in temperature and pressure that occurs.

The results of the design obtained the maximum stress on the RX 320 rocket motor tube, occurred at the circumference strength that is equal to = 6.62 e4 N / m2 , strength due to pressure loads = = 2.76 e8 N / m2 with a safety factor of = 2.5 design of rocket motor tubes RX 320 is quite safe.

Keywords— thermal stresses, rocket motor tube

I. PENDAHULUAN

Motor roket adalah suatu komponen dari roket yang gunanya untuk untuk menimbulkan tenaga dorong yang akan mengangkat roket meluncur menembus atmosfer bumi. Proses timbulnya gaya dorong pada motor roket

ISBN 978-623-92050-0-3

dapat dijelaskan sebagai berikut : propelan yang ada pada tabung roket yang berfungsi sebagai bahan bakar dinyalakan sehingga terjadi pembakaran dalam tabung motor yang dapat menimbulkan temperatur dan tekanan dalam tabung motor naik. Tabung motor roket adalah bagian terpenting dari sebuah roket, Kenaikan temperatur dan tekanan dalam tabung menimbulkan pembebanan atau gaya pada tabung motor roket ke arah radial dan aksial dan juga menimbulkan gaya akibat tegangan panas.. Temperatur pembakaran yang tinggi pada tabung motor roket dapat menyebabkan perubahan dimensi pada material.

Tekanan yang terjadi dalam motor disalurkan melalui nosel yang fungsinya mengubah energi tekan menjadi energi kinetis, sehingga menimbulkan gaya dorong yang keluar dari nozel roket. Pada setiap roket yang akan diluncurkan perlu diprediksi kinerja motor roket yang meliputi kekuatan tabung, Impuls spesifik, gaya dorong, tekanan pembakaran dan waktu pembakaran semua ini dapat diperoleh melalui uji statik.

Kenaikan temperatur dan tekanan dalam tabung dapat menimbulkan pembebanan atau gaya pada tabung motor roket ke arah radial dan aksial dan juga menimbulkan gaya akibat tegangan panas.

Temperatur gas yang dihasilkan akibat pembakaran cukup tinggi, sehingga dapat menyebabkan perubahan dimensi pada material tabung motor roket, untuk itu perlu dianalisa lebih lanjut agar mendapatkan kinerja roket yang lebih baik.

Dalam tulisan ini dibahas mengenai analisa tegangan yang terjadi pada tabung roket RX 320 LAPAN dengan propelan jenis HTPB akibat kenaikan temperatur dan tekanan yang terjadi.

II. LANDASAN TEORI

Perubahan temperatur dapat menjadi masalah pada perubahan dimensi material. Jika kenaikan temperatur umumnya dapat menyebabkan material berkembang. Sedangkan penurunan temperatur, material akan mengerut. Biasanya keadaan berkembang atau mengerut mempunyai hubungan linier terhadap kenaikan atau penurunan temperatur yang terjadi. Jika material dianggap homogen dan isotropic, dari ekperimen didapat formula sebagai berikut:

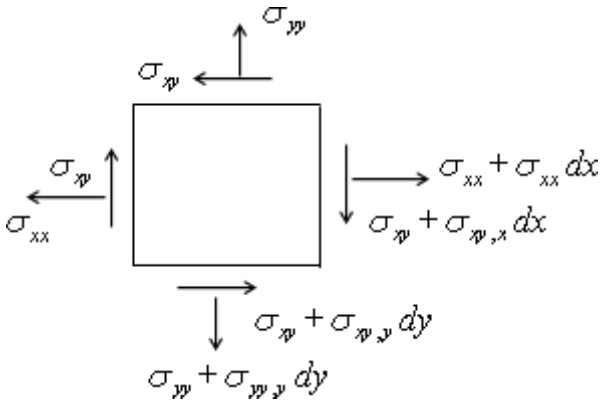
$$\delta_T = \alpha.\Delta T.L$$

dimana :

α = koefisien termal dari material
L = panjang material
ΔT = perubahan temperatur
δ_T = perubahan panjang

A. Persamaan Keseimbangan

Persamaan keseimbangan 2 dimensi :



Gambar 1

σ_{xx} = Tegangan Normal

σ_{xy} = Tegangan geser

Hubungan antara strain dengan tegangan untuk persoalan tegangan bidang diekpresikan mengikuti persamaan berikut:

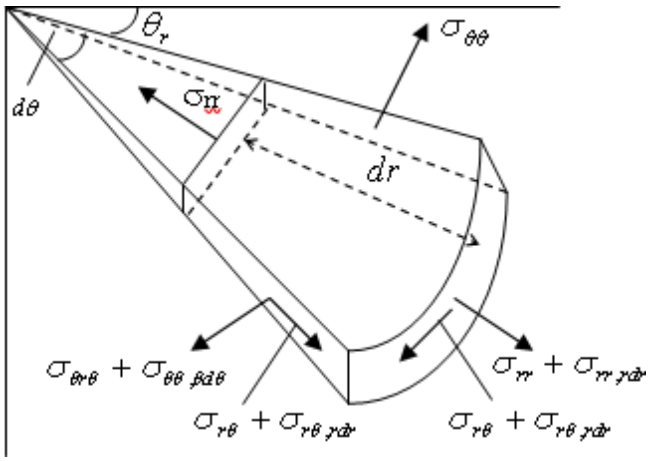
$$\varepsilon_{xx} = \frac{1}{E}\left(\sigma_{xx} - \nu\sigma_{yy}\right) + \alpha.T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$\varepsilon_{yy} = \frac{1}{E}\left(\sigma_{yy} - \nu\sigma_{xx}\right) + \alpha.T$$

$$\varepsilon_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{G}$$

B. Persamaan Compability :

Persamaan Compability atau persamaan pembanding untuk koordinat polar.



Gambar 2

ISBN 978-623-92050-0-3

$$\sigma_{rr} + \frac{\sigma_{r\theta,\theta}}{r} + \frac{\sigma_{rr} - \sigma_{\theta r}}{r} + R = 0 \text{.....(1.1)}$$

$$\sigma_{r\theta,r} + \frac{\sigma_{\theta\theta,\theta}}{r} + \frac{2\sigma_{r\theta}}{r} + \theta = 0$$

$$\varepsilon_{\theta\theta,rr} + \frac{\varepsilon_{rr,\theta\theta}}{r^2} + \frac{2\varepsilon_{\theta\theta,r}}{r} - \frac{\varepsilon_{r\theta,r\theta}}{r} =$$

$$\frac{\varepsilon_{r\theta,r\theta}}{r} + \frac{\varepsilon_{r\theta,\theta\square}}{r^2} \text{(1.2)}$$

Untuk persoalan tegangan termal sederhana dapat dipecahkan hanya melihat suatu solusi untuk persamaan diffrensial yang menggambarkan mereka. Mempertimbangkan sebuah plate bundar padat yang mempunyai ketebalan yang merata (t) dan distribusi temperatur T = T(r) dan persamaan 1.1 dan 1.2 menjadi

$$\frac{d\sigma_{rr}}{dr} + \frac{\sigma_{rr} - \sigma_{\theta\theta}}{r} = 0 \text{ .....(1.3a)}$$

$$\varepsilon_{\theta\theta} - \varepsilon_{rr} + \frac{d\varepsilon_{\square\theta\theta}}{dr} = 0 \text{.....(1.3b)}$$

Persamaan 1.3b, Dapat diekpresikan dalam terminology Tegangan sebagai berikut :

$$\frac{d\sigma_{\theta\theta}}{dr} - \frac{d\sigma_{\theta rr}}{dr} + \alpha.E\frac{dT}{dr}$$

$$-\frac{(1+\nu)(\sigma_{rr} - \sigma_{\theta\theta)}}{r} = 0 \quad \text{…….(1.3c)}$$

Pemecahan persamaan 1.3a dan 1.3c menjadi :

$$r\frac{d^2\sigma_{rr}}{dr^2} + 3\frac{d\sigma_r}{dr} = -\alpha.E\frac{dT}{dr} \text{……(1.4)}$$

dan integrasi langsung persamaan 1.3 memberikan,

$$\sigma_{rr} = -\frac{\alpha.E}{r^2}\int_0^r Trdr + C_1 + \frac{C_2}{r^2} \text{…..(1.5)}$$

untuk plat padat dimana r = 0 pada pusatnya diman persamaan diatas menjadi tidak menentu karena factor C_2/r^2. untuk penyelesaian solusi yang mungkin $C_2 = 0$ dan persamaan menjadi :

$$\sigma_{rr} = -\frac{\alpha.E}{r^2}\int_0^r Tr.dr + C_1 \text{.....(1.6)}$$

dari kondisi batas $\sigma_{rr} = 0$ pada kndisi r = R_0 dimana konstanta integrasi C_1 adalah :

$$C_1 = \frac{\alpha.E}{R_0^2}\int_0^{R_0} Tr.dr$$

dan σ_{rr} menjadi :

$$\sigma_{rr} = -\frac{\alpha.E}{r^2}\int_0^r Tr.dr + \frac{\alpha.E}{R_0^2}\int_0^{R_0} Tr.dr \text{ dan}$$

$$\sigma_{\theta\theta} = -\alpha.ET + \frac{\alpha.E}{r^2}\int_0^r Tr.dr + \frac{\alpha.E}{R_0^2}$$

$$\int_0^{R_0} Tr.dr \text{ ……(1.7)}$$

$$\sigma_{r\theta} = 0$$

untuk plate bentuk hollow circular atau Tabung seperti gambar 3, persamaan menjadi :

$$\frac{\alpha.E}{r}\left(\frac{r^2 - R_i^2}{R_0^2 - R_i^2}\int_{R_i}^{R_0} Tr.dr - \int_{R_i}^{r} Tr.dr\right)$$

$$\sigma_{\theta\theta} = -\frac{\alpha.E}{r^2}\left(\frac{r^2 - R_i^2}{R_0^2 - R_i^2}\int_{R_i}^{R_0} Tr.dr - \int_{R_i}^{r} Tr.dr - Tr^2\right)$$

…(1.8)

$$\sigma_{r\theta} = 0$$

σ_{rr} = Tergangan arah radial

σ_{rr} = Tegangan arah melingkar

Persamaaan 1.8, digunakan untuk menghitung tegangan yang terjadi pada tabung motor roket RX 320 LAPAN akibat proses pembakaran pada temperatur tinggi.

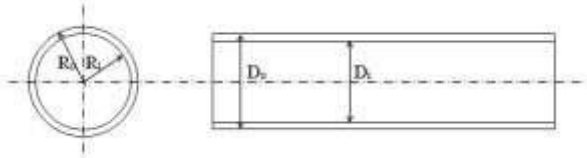
C. Tegangan Akibat Tekanan

Untuk dapat menganalisis tegangan yang terjadi pada elemen – elemen tabung akibat pembebanan tekanan gas pembakaran, tinjau elaman solid segi empat dari dinding tabung. Pada elemen isotropis, untuk kondisi bidang tegangan (plane stress) hubungan tegangan-tegangan dapat dinyatakan sebagai :

$$\sigma_c = \frac{P.r}{t}$$

Dimana :
P = tekanan dalam tabung
r = jari-jari dalam tabug
t = tebal tabung

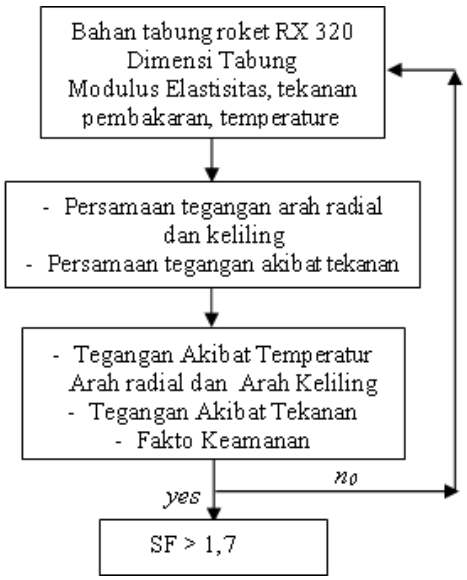
ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 3

III. METODOLOGI

Penelitian dimulai dari mencari data dan ukuran tabung roket RPX 320, sepesifikasi bahan dari tabung yaitu AL 6061 O, data hasil uji statik, kemudian analisa persamaan untuk tegangan tabung akibat temperatur dan tekanan. Kemudian dihitung faktor keamana dari tabung akibat pembebanan dari tekanan dan temperatur sehingga mendapatkan hasil yang optimal.



Gambar 4 Diagram alir penelitian Perancangan tabung RX 320

IV. PENGOLAHAN DATA

Dari data Tabung Roket RX 320 (gambar 3), direncanakan sebagai berikut :

Diameter Tabung D_0 = 323 mm
Tebal tabung = 0,04 cm
Jari-jari dalam R_i = 15,75 cm

Jari-jari luar R_o = 16,15 cm

Bahan Tabung stainless steel AISI 304 (N) dengan data :

E = 2,1 10^6 (kg/cm^2)
σ_y = 6950 kg/cm^2
α = 3,5 10^{-6} cm/cm ^{o}C

Temperatur Dalam Tabung T = 9000 C

A. *Menghitung Tegangan arah radial (σ_{rr})*

Untuk menghitung tegangan arah radial digunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{\alpha.E}{r}\left(\frac{r^2-R_i^2}{R_0^2-R_i^2}\int_{R_i}^{R_0} Tr.dr\right)$$

*) Untuk r = R_i, maka persamaan diatas menjadi

$$\sigma_{rr} = -\frac{\alpha.E}{r^2}\left(\frac{R_i^2-R_i^2}{R_0^2-R_i^2}\int_{R_i}^{R_0} Tr.dr - T(R_i-R_i)\right) = 0$$

*) Untuk r = ½ (R_0 –R_i) = 0,1595m

$$\frac{\alpha.E}{r^2} = \frac{(1.10^{-6})(6.9x10^9)}{0,1595^2} = 0.1595\text{m.}$$

$$\left(\frac{r_i^2-R_i^2}{R_0^2-R_i^2}T\tfrac{1}{2}(r^2-R_i^2)\right) =$$

$$\left(\frac{0,1595^2-0,1595^2}{0,1615^2-0,1575^2}(900)\tfrac{1}{2}(0,1595^2-0,1575^2)\right)$$

= 0,007123

$T\tfrac{1}{2}(r^2-R_i^2) = (600)\tfrac{1}{2}(7,4365^2-7,373^2) =$ 0,01433

σ_{rr} =– 2781557 (0,007123 – 0,01433) = 20062 N/m^2

*) Untuk r = R_0 = 7,50 cm

σ_{rr} = -2781557(5,74e-1- 5,74e-1) = 0

B. *Menghitung Tegangan arah melingkar ($\sigma_{\theta\theta}$)*

Untuk menghitung tegangan arah melingkar atau keliling digunakan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_{\theta\theta} = -\frac{\alpha.E}{r^2}\left(\frac{r^2-R_i^2}{R_0^2-R_i^2}\int_{R_i}^{R_0} Tr.dr - \int_{R_i}^{r} Tr.dr - Tr\right)$$

*) Untuk r = R_i, maka persamaan diatas menjadi

$$\sigma_{\theta\theta} = -\frac{\alpha.E}{r^2}\left(-Tr^2\right) = \alpha.E.T$$

= (1.10^{-6}) x 69 (10^9) x 900

= *6,21e7 N/m^2*

*) Untuk r = ½ (R_0 –R_i) = 0,1595 m

$\sigma_{\theta\theta}$ = –271.e6 (0,007123 – 0,01433 –22,896)

= 6,21e7 N/m^2

ISBN 978-623-92050-0-3

*) Untuk r = R_0 = 7,50 cm

$\sigma_{\theta\theta}$ = –2,65.e6 (5,74.-e1 – 5,74.-e1 –223.47)

= = 6,21 e7 kg/m^2

C. Menghitung Tegangan Akibat Tekanan

$$\sigma_c = \frac{P.r}{t}$$

Dimana :

P = tekanan dalam tabung roket =70 kg/cm^2

r = jari jari dalam tabung = 0,1575 m

t = tebal tabung = 0,004 m

$$\sigma_c = \frac{83e9x0{,}1575}{0{,}004} = 2{,}76\ e8\ N/m^2$$

Data Hasil Perhitungan Tegangan Termal Tabung Motor Roket RX 320 Lapan.

No	Spesifikasi	Notasi	Jarak	Hasil (N/m^2)
1	Tegangan Radial akibat temperatur	σ_{rr}	$r = R_i$ $r = ½ (R_0 – R_i)$ $r = R_0$	0 19562 0
2	Tegangan Keliling akibat temperatur	$\sigma_{\theta\theta}$	$r = R_i$ $r = ½ (R_0 – R_i)$ $r = R_0$	6,62 E4 6,62 E4 6,62 E4
3	Tegangan Akibat Tekanan	σ_c	r = 0,1575 m	2,76 E8

V. ANALISA HASIL :



Grafik 1: Grafik tebal tabung terhadap factor keamanan tabung roket RX 320

Grafik 1 diatas menerangkan hubungan antara tebal tabung motor roket RX 320 dengan bahan stainless steel AISI 304 (N) dengan data E = 2,1e6 (kg/cm^2) = 6.95e8 N/m^2 yang diberi tekanan 70 kg/cm^2 dan temperatur 9000 C, terhadap factor keamanan (SF) yaitu perbandingan antara tegangan yield dari bahan tabung roket terhadap tegangan total yang terjadi $SF = \sigma_{yield} \mid \sigma_{tot}$, disini dapat dilihat dengan tebal tabung 2 mm, tabung mempunyai factor keamanan sekitar SF = 1.25 dan dengan ketebalan tabung sekitar 4,5 mm tabung mempunyai factor keamanan sekitar SF = 2,81.

Pada perancangan tabung motor roket RX 320 ini, diambil tebal tabung t = 4 mm dengan factor keamana SF = 2,5 dengan pertimbangan agar roket cukup aman juga terhadap beban dinamik.

Dari hasil perhitungan akibat temperature tegangan maksimum arah radial terjadi pada ½ (R_0 –R_i), yaitu = 20,83 (N/m^2), sedangkan tegangan pada arah keliling terjadi pada tebal dinding sama rata yaitu $\sigma_{\theta\theta}$ = 6,62.E4 (N/m^2), kemudian Tegangan akibat beban tekanan didapat sebesar σ_c = 2,76 e8 N/m^2 dan tegangan total adalah σ_{tot} = 2,78 e8 N/m^2

VI. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan terhadap tabung motor roket RX 320 akibat pengaruh temperature dan tekanan, didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Tegangan tabung akibat temperatur dalam tabung roket RX 320 sebesar T = 9000 C menghasilkan tegangan arah radial sebesar = 20,83 (N/m^2) dan tegangan arah keliling sebesar = 6,62.E4 (N/m^2) .
2. Tegangan akibat beban tekanan dalam tabung sebesar P = 70 kg/cm^2 menghasilkan tegangan sebesar 2,78 e8 N/m^2.
3. Perancangan tabung akibat beban temperatur dan tekanan cukup aman dengan safety faktor $SF = \sigma_{yield} \mid \sigma_{tot} = 6{,}95e8 \mid 2{,}78e8$ = 2,5.

DAFTAR PUSTAKA

[1] RW.K. Honeycombe " Steels Microstructure and Properties " Edward Arnold 1980.

[2] David J. Peery, J.J. Azar " Aircraft Structures "Mc Graw Hill Book Company Second Edition. 1982

[3] Joseph E shigley , Charles R. Mischke" Mechanical Engineering Design"Mc Graw-Hill International Edition. 2001

[4] W. Y. Leung,* Yuen, PhD,* Sun Pui Ng, PhD,† S. Q. Shi, PhD D. W. Pressure Prediction Model for Compression Garment Design " www.mypolyuweb.hk /~mmsqshi / mydrive / journal BurnCare 2010.

[5] Mehdi Serati, Habib Alehossein, David Williams " Elastic stress analysis of partially loaded hollow disc " https://publications.csiro.au/rpr/download? pid=csiro. " 16 Sep 2011 - Journal of Applied.

ISBN 978-623-92050-0-3

[6] Morrish Kumar$_1$ Shankar Kumar Moulick J.W. Cornelisse, H.F.R. Schoyer, K.F. Wakker Morrish " COMPARATIVE STRESS ANALYSIS OF ELLIPTICAL AND CYLINDRICAL PRESSURE VESSEL WITH AND WITHOUT AUTOFRETTAGE CONSIDERATION USING FINITE ELEMENT METHOD ", International Journal of Advanced Engineering Research and Studies E-ISSN2249–8974 Proceedings of BITCON- 2015

[7] Rob Hermsen and Barry Zandbergen " Pressurization system for a cryogenic propellant tank in apressure-fed high-altitude rocket "EUROPEAN CONFERENCE FOR AERONAUTICS AND AEROSPACE SCIENCES (EUCASS) " DOI: 10.13009/EUCASS. 2017

[8] Chethan Madhu Suryavanshi " Thermo Structural Analysis of a Rocket Engine Thrust Chamber " University of Pisa Master in Aerospace Science & Technology. December 2018. https://upcommons .upc.edu.memoria.

ISBN 978-623-92050-0-3

Analisis Pengendalian Persediaan Produk Darah Pada Unit Pelayanan Bank Darah Rumah Sakit X Yogyakarta

1st Rozar rayendra
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Indonesia
E-mail: Rozarrayendra@gmail.com

2nd Bertha Maya Sopha
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Indonesia

***Abstrak*— Bank Darah Rumah Sakit X Yogyakarta sering sekali melakukan permintaan kantong darah ke PMI kota Yogyakarta setiap hari tanpa terjadwal dimana pihak BDRS tidak mengetahui batas ketetapan dalam pemesanan dan waktu pemesanan kembali kantong darah yang menyebabkan tingkat peresentase pemenuhan kantong darah yang rendah dan mengalami stockout. Permasalahan tersebut diperlukan penyelesaian yang bertujuan untuk mengevaluasi rantai pasok darah model aktual dalam mengurangi persentase model aktual yamg tidak terpenuhi dalam pemenuhan kantong darah dengan menentukan ketetapan pemesanan dan waktu pemesanan kembali yang optimal. Penelitian ini mensimulasikan data historis dari model aktual dengan membandingkan dua metode yaitu continuous review policy dan periodic review policy. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa BDRS dapat mengontrol persediaan darah dengan metode continuous review policy untuk penelitian ini yang dapat menurunkan resiko stockout kantong darah tiap harinya dengan selalu memonitoring siklus rantai pasoknya.**

***Keywords*— continuous review policy, periodic review policy, stockout, kantong darah, rantai pasok**

I. PENDAHULUAN

Rantai pasok darah merupakan sistem kompleks yang melibatkan parameter berbeda yang saling berhubungan dan berbagai pemangku kepentingan seperti rumah sakit, bank darah dan donor. Reynolds *et al.,* (2001) menyatakan permasalahan utama sistem rantai pasok darah yaitu ketidakcocokan jumlah pasokan dengan jumlah permintaan dimana jumlah pendonor dari waktu ke waktu mengalami penurunan dibandingkan permintaan produk darah yang meningkat. Jenis instansi pelayanan darah di Indonesia ada 3 UTD PMI (Unit Transfusi Darah Palang Merah Indonesia), UTD RS (Unit Transfusi Darah Rumah Sakit) dan BDRS (Bank Darah Rumah Sakit) yang masing – masing diantaranya memiliki kegiatan dalam pelayanan darah.

Penelitian ini dilakukan di BDRS X Yogyakarta dengan masa tenggang pelaksanaan selama 6 bulan. BDRS ini melakukan permintaan kantong darah hanya di PMI Yogyakarta sehingga BDRS harus mempersiapkan kesiapan dalam mengontrol persediaan kantong darah di BDRS itu sendiri. Sistem rantai pasok BDRS ini secara garis besar dimulai dari permintaan pasien dengan diwakilin dari pihak perawat menghubungi pihak BDRS untuk menanyakan stok yang diminta. Stok yang diminta ada maka akan dilakukan registrasi, pencatatan, uji *crossmatch*, terpenuhi permintaan kantong darah dan jika stok yang diminta tidak tersedia maka pihak BDRS akan melakukan permintaan ke PMI. Apabila stok tersedia akan dilakukan registrasi, dan terpenuhi permintaan dari BDRS. Khusus untuk jenis darah trombosit dan plasma, pihak PMI akan melakukan uji *crossmatch* sendiri dari sampel darah yang diberikan oleh pihak BDRS.

Aktualnya pengontrolan persediaan yang dilakukan dari pihak BDRS adalah sering sekali melakukan permintaan kantong darah ke PMI setiap hari tanpa terjadwal, tidak mengetahui batas ketetapan dalam pemesanan jumlah kantong darah dan bisa dikatakan bahwa tidak adanya ketetapan dalam waktu pemesanan kembali kantong darah sehingga mengalami *stockout* dan tidak terpenuhnya permintaan darah pasien.

Penelitian yang dilakukan oleh Belien dan Force (2012) dengan meninjau beberapa peneliti tentang rantai pasok produk darah dengan mengklasifikasikan ke dalam beberapa kategori metode seperti model DEA (*Data Evelopment Analysis*), Simulasi (menggunakan *Discrete Event* dan *Monte Carlo Simulation*), *Queuing model and Markov chains*, *Stochastic dynamic programming*, *Integer programming*, *Linear programming*, *Statistical analysis*, *Cost analysis*, *Heuristics*, *Mathematical proofs/derivations*, *What-if scenario analysis*, *Custom spreadsheet method*, *Trends in solution method*. Karakteristik rantai pasok diatas, *queung model* and *markov chains* dapat digunakan dengan metode *continuous review* dan *periodic review* karena merupakan karakteristik sistem rantai pasok darah yang tingkat pemenuhan dan permintaan darah yang bersifat stokastik, memiliki *leadtime* yang tidak konstan dan memiliki tingkat produk *expired.* Tujuan

ISBN 978-623-92050-0-3

dari penelitian ini untuk mengevaluasi tingkat pemenuhan stok pada model aktual dengan menskenariokan model aktual dengan model usulan dengan data yang digunakan dari bulan Januari 2017 sampai dengan bulan April 2018.

II. METODE

2.1 Objek Penelitian dan metodologi

Penelitian ini berada di BDRS X Yogyakarta dengan objek penelitian adalah kantong darah dengan jenis darah PRC (*Packed Red Cells*) dan WB (*Whole Blood*). Model probabilistik adalah model penyesuaian dengan dunia nyata karena permintaan dan waktu tunggu tidak selalu diketahui dan bersifat konstan (Heizer dan render, 1996). Adapun pendekatan yang digunakan adalah *continuous review policy* dan *periodic review policy*.

Metode *continuous review policy* adalah Pendekatan ini dilakukan dengan memonitor secara terus menerus, dalam hal ini ketika terjadi perubahan terhadap jumlah barang seperti barang berkurang atau bertambah maka persediaan itu akan ditinjau dan pemesanan kembali (*reorder point*) dilakukan saat persediaan mencapai titik tertentu. *Safety stock* merupakan jumlah persediaan yang harus disiapkan oleh perusahaan di gudang untuk mengantisipasi terjadinya deviasi dari rata – rata permintaan selama periode *leadtime*. *Predictable variablility* merupakan perubahan *demand* yang masih bisa diprediksi dan dapat diatas dengan adanya *safety stock*.

$$SS = Z \times STD \times \sqrt{LT} \qquad (2.1)$$

Keterangan :
SS = *Safety Stock*
Z = Nilai pada tabel distribusi normal
STD = Standar deviasi permintaan
LT = *Leadtime*

Jumlah persediaan akan diperiksa secara kontinyu dan barang dengan jumlah tertentu akan dipesan ketika jumlah persediaan mencapai titik *reorder point* (R).

$$ROP = (\bar{D} \times LT) + SS) \qquad (2.2)$$

Keterangan :
ROP = *Reorder Point*
D = Rata – rata permintaan
LT = *Leadtime*
SS = *Safety stock*

Setelah mengetahui kapan jumlah minimum harus dipesan dan stok pengaman selama *leadtime* yang digunakan untuk sebagai cadangan selama produk dipesan datang yang disebut sebagai *quantity order*.

$$EOQ = \frac{\sqrt{2K \times AVG}}{H} \qquad (2.3)$$

Keterangan :
EOQ = *Economic order quantity*
K = Biaya pemesanan setiap pesan
AVG = Rata – rata permintaan produk selama periode *review* dan *leadtime*
H = Biaya penyimpanan perunit dalam periode tertentu

Metode *periodic review policy* merupakan model persediaan produk dimana periode atau interval pemesanan yang dilakukan setiap kali pesan adalah tetap dan jumlah produk yang dipesan berubah – ubah dengan perhitungan jumlah produk maksimum yang harus dipenuhi (Simchi-Levi *et al.*, 2000). Rumus perhitungan p (*periodic review*) adalah sebagai berikut.

$$p = \frac{EOQ}{DT} \times DT(hari) \qquad (2.4)$$

p = *Periodic review*
EOQ = *Economic order quantity*
DT = Total produk permintaan selama periode tertentu
D_T(hari) = Total hari permintaan selama periode tertentu

Rumus perhitungan *safety stock* adalah sebagai berikut.

$$SS = Z \times STD \times \sqrt{p + LT} \qquad (2.5)$$

SS = *Safety Stock*
Z = Nilai pada tabel distribusi normal
STD = Standar deviasi permintaan
p = *Periodic review*
LT = *Leadtime*

Rumus perhitungan untuk mencari *target inventory level* (T) adalah sebagai berikut :

$$T = \bar{D}(p + LT) + SS \qquad (2.6)$$

T = *Target inventory level*
D = Rata – rata permintaan
p = *Periodic review*
LT = *Leadtime*
SS = *Safety stock*

2.2 Desain Eksperimen

Tahap awal dari penelitian ini adalah melakukan observasi dan studi literatur dalam memahami permasalahan yang akan diselesaikan di BDRS X dengan mengumpulkan dan mengolah data historis persediaan BDRS X selama bulan Januari 2017 – April 2018. Kemudian membangun dan

ISBN 978-623-92050-0-3

menganalisis model aktual dari data historis, setelah itu dilakukan perhitungan uji normalitas, metode *continuous review policy* dan *periodic review policy* dan juga membangun model dari kedua metode tersebut. Hasil dari kedua metode tersebut di uji *mann-whitney* untuk mengetahui apakah ada perbedaan antara model aktual dan simulasi. Selanjutnya, kedua metode tersebut akan dinamakan model simulasi yang akan dianalisis dan dibandingkan dengan model aktual. Evaluasi yang dilakukan adalah melihat 3 kategori yang akan diteliti yaitu persentase tingkat pemenuhan permintaan darah, jumlah *stockout* yang tidak dapat memenuhi permintaan darah dan *expired* produk darah.

2.3 Pengolahan Data

Data yang didapatkan berupa data historis BDRS X akan diolah menggunakan *microsoft excel* 2013 sebagai perhitungan kedua metode yang digunakan beserta membangun model aktual dan simulasi. *Minitab* 16 dan SPSS 18 yang digunakan untuk perhitungan normalitas dan non parametik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Normalitas

Uji normalitas yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji normalitas *kolmogorov-smirnov*. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah data mengikuti distribusi normal atau tidak. Hasil dari data penelitian ini dikatakan tidak normal. Menurut Penelitian yang dilakukan oleh Silver dan Rahnama (1987) dengan melakukan dua penelitian pembanding yaitu yang pertama mengabaikan data yang tidak terdistribusi normal dan penelitian keduanya terdistribusi normal. Hasil yang didapat adalah bahwa penelitian yang data tidak terdistribusi normal akan mengakibatkan *safety stock* kecil dari apa yang dibutuhkan untuk memenuhi target level walaupun masih bisa mengurangi *stockout* dari data tersebut. Oleh karena itu, dengan data yang tidak terdistribusi normal maka dilakukan uji non parametrik yaitu Uji Mann-Whitney yang dilakukan dua sampel tidak berpasangan pada inventori akhir aktual dan inventori akhir simulasi.

3.2. Hasil Model Aktual

BDRS X mempunyai tanggung jawab dalam penyediaan darah untuk memenuhi kebutuhan pasien dengan beberapa jenis produk darah diantaranya *Whole Blood* (WB), *Packed Red Cells* (PRC), *Trombochyte Concentrate* (TC) dan Plasma. Adapun penelitian ini mengklasifikasikan jenis produk darah yang diteliti adalah *Whole Blood* (WB), *Packed Red Cells* (PRC) yang memiliki masa kadaluarsa selama 30 hari. Jenis darah *Trombochyte Concentrate* (TC) dan Plasma tidak bisa diteliti karena 2018 tidak terjadi *stock out* kantong darah dikarenakan pihak BDRS X Yogyakarta tidak melakukan penyetokkan kantong darah. Selain itu, kedua jenis darah ini memiliki rentan kadaluarsa lebih cepat dibandingkan jenis darah lainnya yaitu TC selama 5 hari sedangkan plasma selama 24 jam. Model aktual telah dibangun memperlihatkan persentase pemenuhan selama periode penelitian yang mengalami *stockout* cukup tinggi yang akan ditunjukkan pada tabel 2.

3.3. Hasil Model Simulasi

Setelah menganalisa model aktual, maka peneliti memodelkan kembali model sebelumnya dengan model baru yang disimulasikan menggunakan metode *continuous review policy* dan *periodic review policy*. Adapun hasil dari perhitungan kedua metode tersebut pada tabel 1.

Hasil perhitungan pada table 1 akan dibuat model simulasi sehingga akan dapat mengevaluasi model aktualnya baik dari segi persentase dalam pemenuhan stok, jumlah *stockout* dan stok yang mengalami *expired*. Adapun tabel 2 merupakan perbandingan model aktual dan model simulasi.

TABEL 1. HASIL PERHITUNGAN MODEL SIMULASI

Model Simulasi	Kriteria	Jenis Darah							
		WB				PRC			
		Golongan darah							
		A	B	O	AB	A	B	O	AB
Continuous Review Policy	*Safety Stock*	0	0	0	1	1	1	1	1
	Reorder Point	1	1	1	1	5	6	8	3
	EOQ	3	4	4	2	9	10	11	6
Periodic Review Policy	*Safety Stock*	0	0	0	1	1	1	1	1
	Periode	18	15	14	28	6	6	5	10
	Target Inventori	4	5	6	3	14	17	19	8

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL 2. HASIL PERBANDINGAN MODEL AKTUAL DAN SIMULASI

Jenis	Gol	Total Hari *Service Level*			Total Kantong *Stockout*			Total kantong Kadaluarsa		
		Aktual	CR	PR	Aktual	CR	PR	Aktual	CR	PR
WB	A	192	23	122	54	11	32	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
	B	221	26	112	61	34	35	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
	O	186	64	81	75	40	45	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
	AB	101	10	230	20	8	26	Tidak ada	8	12
PRC	A	207	62	92	283	147	250	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
	B	179	49	56	271	116	123	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
	O	180	49	61	285	150	152	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
	AB	123	28	108	116	38	123	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada

CR merupakan kepanjangan dari *continuous review* dan PR merupakan kepanjangan dari *periodic review*. Hasil model simulasi dilakukan uji *mann-whitney* dengan membandingkan inventori akhir model aktual dengan *continuous review* dan inventori akhir model aktual dengan *periodic review* yang menghasilkan perbedaan signifikan dan hipotesis diterima. Kemudian, hasil dari tabel 2 yang menggunakan metode *continuous review policy* dan *periodic review policy* dievaluasi dan hasilnya dapat mengurangi persentase model aktual dalam pemenuhan stok, jumlah *stockout* tetapi terkhusus jenis darah WB golongan AB mengalami *expired.* Jenis darah WB golongan AB mengalami *expired* sebanyak 8 kantong darah pada metode *continuous review policy* sedangkan pada metode *periodic review policy* mengalami *expired* sebanyak 12 kantong darah. Penelitian ini memiliki permintaan yang stokastik dan *leadtime* tidak konstan yang memiliki kelemahan terkait dalam distribusi normal pada historis data. Penelitian ini menggunakan model inventori yang berasumsi distribusi normal tetapi kenyataannya, penelitian ini tidak terdistribusi normal. Menurut Prak *et al* (2017) menyatakan bahwa dalam praktiknya informasi tersebut tidak tersedia dan permintaan di masa depan harus diperkirakan berdasarkan pengamatan historis yang mana model kontrol inventaris mengasumsikan bahwa distribusi permintaan dan semua parameternya diketahui. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Silver dan Rahnama (1987) dengan melakukan dua penelitian pembanding yaitu yang pertama mengabaikan data yang tidak terdistribusi normal dan penelitian keduanya terdistribusi normal. Hasil yang didapat adalah bahwa penelitian yang data tidak terdistribusi normal akan mengakibatkan *safety stock* kecil dari apa yang dibutuhkan untuk memenuhi target level walaupun dapat mengurangi *stockout*. Hal tersebut dilakukan dalam penelitian BDRS X Yogyakarta yang menjadi acuan untuk mengevaluasi permasalahan BDRS dalam segi persediaan kantong darah dari data tersebut.

IV. KESIMPULAN

Pihak BDRS X Yogyakarta dapat mengevaluasi kinerja dalam pengontrolan persediaan dengan menggunakan metode *continuous review policy* untuk semua golongan darah PRC dan WB yang hasilnya menunjukkan perubahan signifikan pada tabel 2 dalam mengurangi persentase pemenuhan stok dan jumlah *stockout* pada model aktual walaupun memang masih ada jenis darah WB golongan darah AB mengalami *expired.*

DAFTAR PUSTAKA

Belien, J. and Force, H., 2012. Supply Chain Management of Blood Products: a Literature Review, European Journal of Operational Research, vol. 217,pp.1-16.

Heizer,J. Dan Render, B., 1996. Production and Operation Management of Medical Consumables in Public Hospital: A case Study, Management,Vol. 3, No. 2, 128 – 133.

Prak, D., Teunter, R., & Syntetos, A., 2017. On the calculation of safety stocks when demand is forecasted. European Journal of Operational Research, 256(2), 454-461. doi:10.1016/j.ejor.2016.06.035

Reynolds, E., Wickenden C. and Oliver, A., 2001. The Impact of Improved Safety in Maintaining a Sufficient Blood Supply, Transfus Clin Biol, vol. 8, pp 235-9.

Silver, E. A., Rahnama, M. R., 1987. Biased selection of the inventory reorder point when demand parameters are

ISBN 978-623-92050-0-3

statistically estimated. Engineering Costs and Production Economics 12 (1), 283–292.

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., dan Simchi-Levi, E., 2000. Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies, Irwin McGraw-Hill, United States.

ISBN 978-623-92050-0-3

Perancangan Produk Terminal Listrik pada UKM Kota Malang dengan Metode *Quality Function Deployment* (QFD)

1st Qurrota A'yunin
Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
ninin.srk@gmail.com

2nd M. Syaifurrizal Majid
Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
rizalmajid.srk@gmail.com

3rd Adinda Nur Ramadhani Nainggolan
Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
adindangl.srk@gmail.com

4th Debrina Puspita Andriani
Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
debrina@ub.ac.id

***Abstrak*— Perkembangan teknologi hingga saat ini berdampak pada semua kebutuhan manusia sudah sangat bergantung pada listrik dalam semua kebutuhan alat elektroniknya. Komponen yang membantu manusia dalam menghubungkan listrik dengan kebutuhan elektronik adalah terminal listrik. Diperlukan sebuah penelitian untuk mengembangkan terminal listrik yang ada kini untuk menjadi lebih sesuai dengan kebutuhan dan keinginan konsumen dari berbagai aspek, salah satunya yaitu berhubungan dengan kebutuhan konsumen menganai penggunaan *mobile phone*. Dengan adanya kebutuhan konsumen pada penggunaan *mobile phone*, maka perancangan produk kali ini akan berfokus pada fungsi tambahan dalam memudahkan penyimpanan alat elektronik maupun kabel itu sendiri ketika sedang digunakan maupun tidak. Metode *Quality Function Deployment*, digunakan untuk mengakomodir kebutuhan dari konsumen akan sebuah produk guna menghasilkan terminal listrik yang diharapkan dan lebih berkembang dari segala aspek dibandingkan terminal listrik pada umumnya.**

Keywords*— *HoQ, Terminal Listrik, Perancangan Produk, QFD.

I. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi, secara tidak langsung pola hidup manusia juga mengalami beberapa perubahan. Berkembangnya trend dan kebutuhan akan adanya sebuah produk dengan kualitas yang cukup tinggi memberikan tantangan bagi beberapa pelaku usaha untuk melakukan inovasi produk. Inovasi disini bermaksud untuk meningkatkan fungsi produk agar lebih kompleks sehingga dapat memenuhi ekspektasi konsumen. Perkembangan pada segi fungsi maupun nilai estetika dapat dilakukan dengan menggabungkan beberapa fungsi produk yang difokuskan dalam satu konsep utama guna menghasilkan konsep produk yang dapat bertahan di pasar. Kesuksesan sebuah produk dapat diukur dari seberapa besar keberadaan produk tersebut dapat diterima oleh konsumen, dan secara langsung akan meningkatkan profit bagi perusahaan atau produsen dan sebaliknya [1].

Perancangan produk yang dilakukan pada penelitian ini merupakan inovasi pada tempat penyimpanan terminal listrik. Perkembangan produk ini dilakukan guna memenuhi kebutuhan konsumen dengan melakukan inovasi sesuai perkembangan zaman. Berdasarkan data pada tabel 1 didapatkan informasi mengenai jumlah penggunaan alat elektronik ataupun mobile phone di Indonesia cukup tinggi, sehingga pada perancangan produk kali ini akan difokuskan untuk memberikan fungsi tambahan guna memudahkan penyimpanan serta penggunaan alat elektronik tersebut ketika sedang melakukan proses pemenuhan daya. Tidak hanya itu pada perancangan produk ini juga akan disesuaikan dengan kebutuhan konsumen agar memepermudah dalam penyimpanan ketika kabel sedang digunakan ataupun sedang disimpan.



Gambar 1. Data Jumlah Pengguna Mobile Phone di Indonesia[2]

Terminal listrik sendiri merupakan sebuah produk yang paling dibutuhkan pada aktivitas sehari hari guna

ISBN 978-623-92050-0-3

memenuhi kebutuhan energi. Salah satu contohnya ialah kebutuhan energi dalam penggunaan gadget, dimana gadget merupakan salah satu barang terpenting yang dibutuhkan oleh seluruh konsumen.

Terminal listrik yang selama ini sering digunakan biasanya hanya terdiri dari beberapa lubang stop kontak serta beberapa dilengkapi dengan adanya tombol on off. Pada penelitian kali ini dilakukan inovasi pada desain produk terminal listrik dengan menambahkan beberapa komponen pelindung guna menambahkan beberapa fungsi produk serta meningkatkan nilai tambah. Perkembangan produk disini didasarkan pada suara konsumen sehingga diharapkan dapat sesuai dengan ekspektasi konsumen.

Suatu produk dapat dikatakan memiliki kualitas yang baik apabila dapat memenuhi kebutuhan konsumen. Maka dari itu diperlukan adanya perancangan produk ulang terhadap produk terminal listrik dengan mengikuti perkembangan kebutuhan konsumen. Metode yang digunakan dalam perancangan produk ulang disini menggunakan Quality Function Deployment (QFD). QFD merupakan sebuah metode yang lebih berfokus pada suara konsumen, dimana produk yang dihasilkan nanti diharapkan dapat sesuai dan benar benar memenuhi ekspektasi konsumen. Metode QFD secara umum memiliki empat tahap utama yang akan dituangkan dalam bentuk matrik. Empat tahap utama tersebut antara lain ialah perencanaan produk, perencanaan desain, perencanaan proses, dan perencanaan produksi [3].

II. METODE PENELITIAN

Sesuai dengan permasalahan dan tujuan penelitian maka jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian survey. Penelitian survey adalah penelitian yang mengambil sample dari satu populasi dan menggunakan kuisioner sebagai alat pengumpul data yang pokok [4]. Survei merupakan studi yang bersifat kuantitatif yang digunakan untuk meneliti gejala suatu kelompok atau perilaku individu. Survey adalah suatu desain yang digunaan untuk penyelidikan informasi yang berhubungan dengan prevalensi, distribusi dan hubungan antar variabel dalam suatu popilasi. Pada survey tidak ada intervensi, survey mengumpulkan informasi dari tindakan seseorang,pengetahuan, kemauan, pendapat, perilaku, dan nilai. Tujuan dilakukannya perancangan produk ulang pada produk terminal listrik tidak lain adalah guna memenuhi keinginan konsumen dengan melakukan penambahan fungsi. Banyak metode pendekatan untuk kegiatan redesign, misalnya seperti value engineering, metode taguchi, concurrent engineering, model kano, quality function deployment, dan lainnya [5]. Tahapan yang dilakukan antara lain:

A. Segmentasi Pasar

Segmentasi pasar sebagai aktivitas membagi–bagi pasar/market yang miliki sifat heterogen kedalam satu-satuan pasar yang bersifat homogen [6]. Dalam perancangan suatu produk segmentasi pasar ini digunakan untuk melakukan pengategorian pelanggan ke dalam segmentasi yang berbeda dengan tujuan untuk membagi pasar yang berbeda (heterogen) ke dalam kelompok pasar yang homogen, dimana nanti nya setiap kelompok yang ada bisa ditargetkan untuk memasarkan produk sesuai dengan kebutuhan, keinginan ataupun karakteristik pembeli yang ada di pasar tersebut. Fungsi dari segmentasi pasar yaitu dapat mendesain produk yang lebih responsif terhadap kebutuhan pasar [7]. Untuk langkah- langkah dalam menentukan segmentasi pasar produk terminal listrik sendiri antara lain:

1. Penentuan produk
2. Penetapan segmentasi
3. Melakukan benchmark
4. Pembuatan peta segmentasi

B. Benchmarking

Benchmarking merupakan sebuah alat bantu guna memperbaiki performa perusahaan melalui pemahaman lebih baik tentang performa dan proses-proses perusahaan best practice. Pada tahap benchmark ini dilakukan penentuan tiga produk yang dianggap sebagai pesaing produk terminal listrik ini. Setelah mendapatkan tiga produk yang dianggap sejenis, maka selanjutnya yaitu pendeskripsian setiap produk guna mengetahui spesifikasi dari produk yang sudah ada. Hal ini bertujuan untuk lebih memfokuskan perancangan produk terminal listrik sesuai dengan kebutuhan konsumen.

C. Penyerahan Kuesioner Terbuka

Untuk melakukan studi pasar dan pelanggan selanjutnya yaitu dengan menggunakan kuisioner terbuka. Hal yang akan ditanyakan pada kuesioner terbuka ialah hal yang masih bersifat umum mengenai keinginan konsumen terhadpa adanya produk inovasi terminal listrik. Berdasarkan hasil yang didapatkan dari penyebaran kuesioner terbuka ini yaitu didapatkannya kebutuhan konsumen secara lebih spesifik dari adanya produk terminal listrik ini.

D. Pembuatan QFD

Tahap selanjutnya yang digunakan untuk melakukan penentuan karakteristik produk berdasarkan keinginan konsumen ialah pembuatan Quality Function Deploymet (QFD) yang digambarkan menggunakan matriks House of Quality (HOQ). House of Quality adalah suatu kerangka kerja atas pendekatan dalam mendesain manajemen yang dikenal sebagai Quality Function Deployment (QFD) [8]. Pembuatan HoQ yang didasarkan pada respon teknis terdiri dari 8 room utama, berikut merupakan langkah-langkah pembuatan

ISBN 978-623-92050-0-3

HoQ:

1. Identifikasi berbagai jenis peluang yang mungkin muncul terkait dengan produk yang dikembangkan melalui studi pasar dan pengambilan *voice of customer* dengan kuesioner terbuka. Selanjutnya juga dilakukan identifikasi kebutuhan konsumen dengan pembuatan daftar pernyataan kebutuhan dan kuesioner tertutup [9].
2. Penetapan spesifikasi produk menggunakan House of Quality (HOQ). HOQ merupakan upaya untuk mengkonversi *voice of customer* menjadi karakteristik teknis atau spesifikasi dari sebuah produk yang dihasilkan. Dalam tahap ini dilakukan pembuatan HOQ secara keseluruhan dengan menggunakan *software QFD Designer.*
3. Pengembangan konsep dilakukan dengan eksplorasi dari hasil HOQ yang paling signifikan untuk dikembangkan. Dalam tahap ini dilakukan pengembangan konsep menggunakan FAST diagram dan *morphological chart*.
4. Pemilihan konsep dilakukan dengan pendekatan *pugh matrix* dengan analisis untuk konsep terpilih melalui *screening* dan *scoring method*.
5. Arsitektur produk dan desain industri merupakan perancangan desain dari produk yang dimulai dengan pembuatan *Bill of Material* (BOM) *Tree* dan investigasi kebutuhan konsumen untuk desain industri dari segi ergonomi dan estetika. Pemodelan dan *prototyping* dari desain produk menggunakan *software* AutoCad.
6. Pengujian desain produk dilakukan untuk mengetahui apakah keinginan dan kebutuhan pelanggan sudah terpenuhi, serta mengetahui kelemahan dari produk agar dapat diperbaiki untuk pengembangan berkelanjutan.

Buatlah standar performansi dari produk yang nantinya akan dibuat pada Room 8 dengan mempertimbangkan Room 5,6 dan 7.

E. Pembuatan Fast Diagram

Langkah selanjutnya ialah klasifikasi tujuan, hal ini guna memastikan kembali apakah perancangan produk terminal listrik telah sesuai dengan fungsi utama produk yang diinginkan oleh konsumen. Metode yang digunakan dalam tahap ini ialah fast diagram. Adapun tahap yang harus dilakukan dalam penyusunan fast diagram adalah:

1. Menentukan daftar tujuan utama perancangan produk

2. Menentukan urutan tujuan dari level tinge ke lever rendah Membuat diagram pohon yang sistematis guna menunjukan urutan tujuan produk dari setiap tujuan dan sub tujuan.

Proses seleksi konsep terdiri atas 2 langkah utama yaitu penyaringan konsep dan penilaian konsep dengan metode yang dikembangkan oleh Stuart Pugh pada tahun 1980-an dan sering sekali disebut seleksi konsep PUGH [10]. Tujuan tahapan ini adalah mempersempit jumlah konsep secara cepat dan untuk memperbaiki konsep.

a. Penyaringan Konsep

Penyaringan konsep didasarkan pada metode seleksi konsep PUGH yang bertujuan untuk mempersempit jumlah konsep secara cepat dan untuk memperbaiki konsep.

b. Penilaian Konsep

Penilaian konsep merupakan sebuah analisis konsep yang ada untuk memilih salah satu konsep dengan memberikan bobot kepentingan relatif pada setiap kriteria seleksi

F. Pemilihan Konsep

Pemilihan konsep merupakan kegiatan dimana berbagai konsep dianalisis secara berturut-turut, kemudian dieliminasi untuk mengidentifikasi konsep yang paling menjanjikan. Berdasarkan hasil benchmark, penyebaran kuesioner, dan pembuatan QFD yang telah dilakukan pada produk inovasi terminal listrik, maka tahap terakhir ialah pemilihan konsep produk. Pemilihan konsep ini didasarkan pada segala aspek yang dapat menunjang tercapainya ekspektasi konsumen terhadpa produk terminal listrik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah hasil dan pembahasan dari langkah dalam perancangan produk terminal listrik yang efektif dan efisien.

A. Menentukan Segmentasi Pasar

Dalam rancangan produk terminal listrik ini, target dari segmentasi pasarnya adalah berdasarkan segmentasi demografi yaitu berdasarkan jenis pekerjaan. Pada umumnya, konsumen yang paling banyak menggunakan dan paling membutuhkan terminal listrik terbagi atas siswa, mahasiswa, dan pekerja. Akan tetapi, untuk produk inovasi terminal listrik kali ini akan lebih dikhususkan kepada target mahasiswa dan pekerja.

B. Melakukan proses Benchmarking

Kegiatan benchmarking bertujuan untuk menganalisis produk pesaing atau kompetitor. Terdapat banyak produk pesaing terminal listrik ini, 3 diantaranya yang sama sesuai dengan segmentasi produk ini keluaran Orico tahun 2017, BUBM JHX tahun 2018, dan Honana HN-B60 tahun 2019. Berikut merupakan tabel spesifikasi dari produk kompetitor.

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL 1. SPESIFIKASI PRODUK KOMPETITOR

Produk	Spesifikasi
 Orico (2017)	Pada tahun 2017, perusahaan Orico mengeluarkan produk yang ergonomis dan fungsional. Selain tempat untuk mengisi daya, produk ini dilengkapi dengan tempat untuk meletakkan smartphone yang ingin diisi dayanya. Harganya adalah sekitar Rp 108.000
 BUBM JHX tahun 2018	Pada tahun 2018, dikeluarkan produk untuk pengisian daya yaitu BUBM JHX. Dengan slot pengisian daya 3-5 slot dan memiliki lubang di sisi samping terminal listrik. BUBM JHX ini pula memiliki ventilasi dibawah untuk penetral suhunya dan memiliki tempat untuk meletakkan sm artphone diatasnya. Harga produk ini adalah sekitar Rp 196.040
 Honana HN-B60 tahun 2019	Pada tahun 2019, dikeluarkan produk terminal listrik yang terbaru, Honana HN-B60 Dengan terbuat dari bahan karet dan plastik yang ringan, dilengkapi dengan ventilasi di samping terminal listriknya. Honana HN- B60 ini menyediakan 8 slot untuk tempat pengisian daya. Harganya adalah sekitar Rp 164.000.

Berikut merupakan peta segmentasi dari produk terminal listrik.



Gambar 2. Peta Segmentasi Terminal Listrik

C. *Penyebaran Kuesioner Terbuka*

Penyebaran kuisioner terbuka dilakukan untuk memperoleh Voice of Customer mengenai kebutuhan dan keinginan dari pelanggan sesuai dengan segmentasi pasar yang sudah ditetapkan sebelumnya. Kuesioner terbuka dibagikan ke 30 responden yang sebagian besar adalah mahasiswa dan akan diperoleh peluang yang munctul terkait produk serta identifikasi terhadap kebutuhan pelanggan. Berdasarkan hasil kuisioner maka diperoleh daftar pernyataan konsumen yang menjadi kebutuhan pelanggan sebagai berikut:

TABEL 2. DAFTAR PERNYATAAN KONSUMEN MENJADI KEBUTUHAN PELANGGAN

Pernyataan Pelanggan	Pernyataan Kebutuhan
Terminal Listrik memiliki desain yang ergonomis	Desain *Terminal Listrik* yang ergonomis
Terminal Listrik yang memiliki tingkat keamanan yang tinggi	*Terminal Listrik* yang memiliki tingkat keamanan yang tinggi
Terminal Listrik yang memiliki kapasitas yang luas	*Terminal Listrik* yang memiliki kapasitas yang luas
Terminal Listrik yang memiliki tempat penyimpanan tambahan	*Terminal Listrik* memiliki ruang tambahan guna menyimpan barang
Terminal Listrik yang praktis	Desain *Terminal Listrik* yang praktis
Terminal Listrik dengan material yang ringan	*Terminal Listrik* terbuat dari material yang ringan
Terminal Listrik memiliki desain yang estetika	Desain *Terminal Listrik* yang menarik
Terminal Listrik yang memiliki kualitas tahan lama dan kuat	Material *Terminal Listrik* yang tahan lama dan kuat

D. Pembuatan QFD

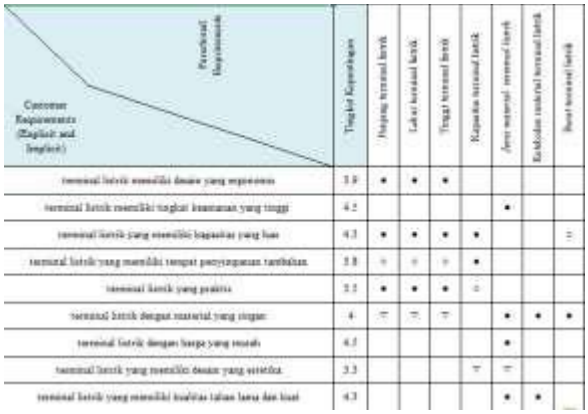
QFD (Quality Function Deployment) merupakan suatu langkah yang diambil untuk mengembangkan dan meningkatkan kualitas suatu produk yang dilakukan melalui pemahaman kebutuhan dan keinginan dari konsumen lalu menghubungkannya dengan ketentuan teknis untuk menghasilkan suatu produk yang lebih baik. Daftar respon teknis ditentukan dengan cara menentukan spesifikasi produk yang hendak ditancang dengan pembatasan satuan,dimana setiap respon teknis harus mengandung metrics,value,dan unit.Berikut merupakan daftar respon teknis untuk produk terminal listrik.

TABEL 3. DAFTAR RESPON TEKNIS

No	*Metric*	Satuan (*units*)
1	Panjang *cable storage*	Cm
2	Lebar *cable storage*	Cm
3	Tinggi *cable storage*	Cm
4	Kapasitas *cable storage*	Liter
5	Jenis material *cable storage*	Subj.
6	Ketebalan material *cable storage*	Cm
7	Berat *cable storage*	Kg

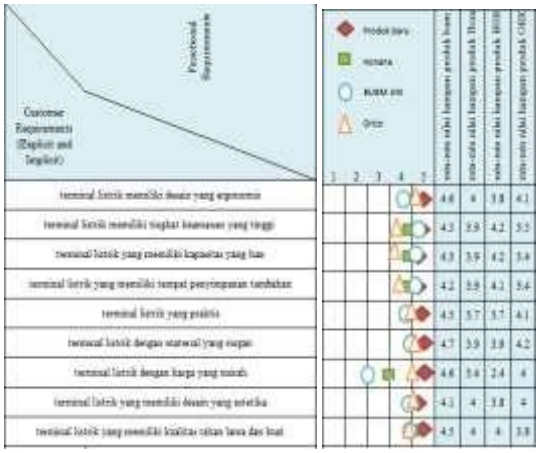
Berdasarkan respon teknis yang telah didapatkan maka selanjutnya adalah pembuatan relationship matrix. Berikut merupakan hubungan antar variabel pada room 1, 2, dan 3.

ISBN 978-623-92050-0-3



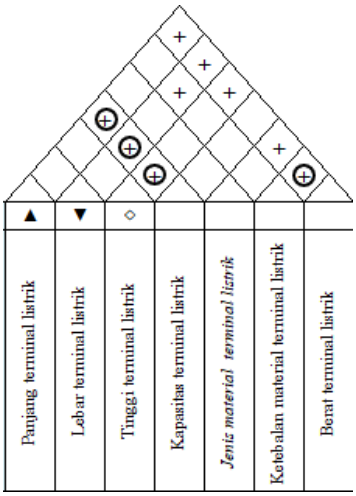
Gambar 3**.** *Room* 1,2, dan 3 HoQ terminal listrik

Pada gambar room 1,2, dan 3 yaitu voice of customer atau customer needs, voice of team design atau technical response, dan relationship matrix yang membentuk hubungan. Dimana pernyataan kebutuhan konsumen dijawab oleh tim desain, dan hubungan keduanya dinyatakan dengan pemberian nilai relationship matrix. Langkah selanjutnya yaitu memposisikan letak produk baru dengan produk benchmarking berdasarkan keinginan konsumen serta respon teknis seperti gambar 4.



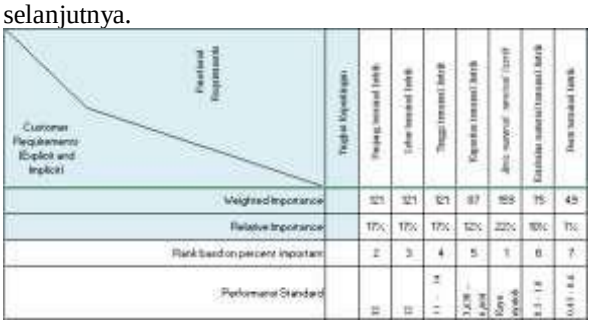
Gambar 4. *Room* 4 HoQ terminal listrik

Untuk room 6 produk terminal listrik pada HOQ menjelaskan tentang hubungan antar respon teknik yang dibuat oleh tim desain. Tanda positif (+) menunjukkan hubungan antar respon teknik berbanding lurus, sedangkan tanda negatif (-) menunjukkan hubungan antar respon teknik berbanding terbalik atau saling tidak mendukung.



Gambar 5. *Room* 6 HoQ terminal listrik

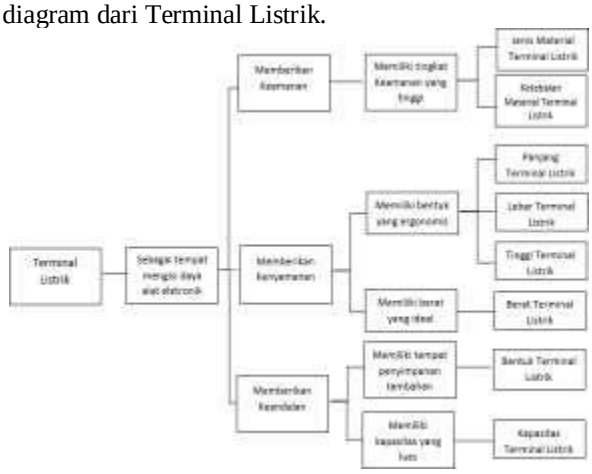
Langkah terakhir pada pembuatan HoQ terminal listrik adalah melakukan perhitungan untuk mengetahu respon teknis yang paling penting dan perlu dijadikan prioritas dalam pengembangan konsep di tahap selanjutnya.



Gambar 6. *Room* 7 dan 8 HoQ terminal listrik

E. Pembuatan Fast Diagram

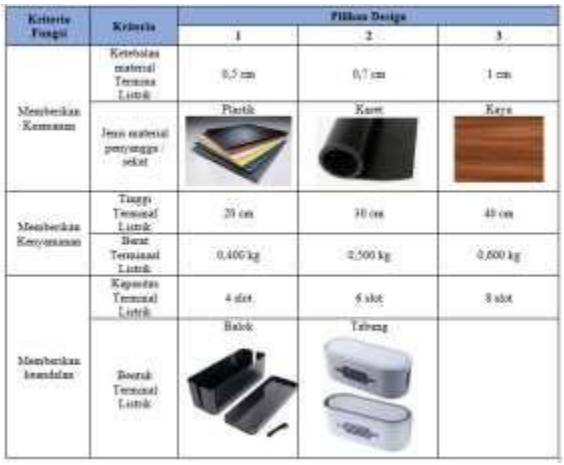
Pada setelah memperoleh rancangan HoQ, dilakukan identifikasi terhadap kebutuhan pasar. Pada fase ini digunakan sebuah Fast Diagram untuk menggali secara sistematis konsep penyelesaian masalah kompleks dan mengintegrasikan penyelesaian submasalah ke dalam sebuah penyelesaian total. Berikut merupakan fast diagram dari Terminal Listrik.



Gambar 7. *Fast Diagram*

ISBN 978-623-92050-0-3

Dari hasil identifikasi masalah yang sudah ada pada fast diagram, akan dibuat alternatif konsep yang baru. Proses pengembangan konsep bisa dilakukan dengan menggunakan morphological chart. Morphological chart dibuat dari hasil dari penjabaran respon teknis pada House of Quality yang dibuat sebelumnya. Dari morphological chart ini akan diperoleh beberapa kombinasi alternatif konsep yang bisa menjadi pertimbangan dalam menentukan produk yang akan dipilih ditahap selanjutnya.



Gambar 8. *Morphological Chart* Produk Terminal Listrik

TABEL 4. KONSEP KONSEP ALTERNATIF

Kriteria	Konsep				
	1	*2*	*3*	*4*	*5*
Ketebalan material *Terminal Listrik*	0.5 cm	0.5 cm	0.7 cm	1 cm	0.3 cm
Jenis material penyangga / sekat	Plastik	Kayu	Plastik	Kayu	Karet
Tinggi *Terminal Listrik*	20 cm	30 cm	30 cm	40 cm	20 cm
Berat *Terminal Listrik*	0.5 kg	0.6 kg	0.5 kg	0.6 kg	0.6 kg
Kapasitas *Terminal Listrik*	3 slot	4 slot	3 slot	4 slot	3 slot
Bentuk *cable Storage*	Balok	Balok	Balok	Tabung	Tabung

F. Pemilihan Konsep

Tahap pemilihan konsep terbagi atas dua tahapan yaitu penyaringan konsep dan penilaian konsep.

a. Penyaringan konsep

Tahapan penyaringan konsep adalah proses yang digunakan untuk memperkecil pilihan alternatif berdasarkan kriteria tertentu dengan menggunakan konsep PUGH. Prinsip dari konsep PUGH adalah pemberian skor +, - atau 0 pada kriteria di setiap alternatif konsep dengan membandingkan alternatif konsep tersebut dengan benchmarking yang paling mendekati produk. Hasil akhir dari PUGH ini akan menghasilkan alternatif konsep yang tidak dilanjutkan, akan diperbaiki, digabungkan, atau dilanjutkan. Konsep yang digabung dan dilanjut akan di diproses kembali pada tahap selanjutnya.

TABEL 5. KONSEP KONSEP ALTERNATIF

Kriteria	Konsep - Konsep					KEPP
	1	2	3	4	5	UKUU
Memberikan Kemanan	+	+	+	+	-	0
Memberikan Kenyamanan	0	+	+	-	0	0
Memberikan Keandalan	0	+	+	0	0	0
Jumlah (+)	1	3	3	1	0	0
Jumlah (0)	2	0	0	1	2	
Jumlah (-)	0	0	0	1	1	
Nilai Akhir	1	3	3	0	-1	
Ranking	3	1	2	4	5	
Lanjutkan?	Tidak	Gabung	Ya	Gabung	Tidak	

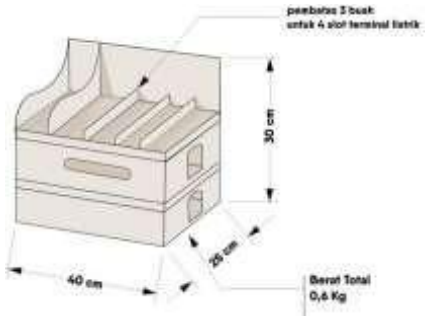
b. Penilaian Konsep

Tahap penilaian konsep merupakan analisis terhadap konsep untuk memilih salah satu konsep hasil dari penyaringan konsep yang memiliki penilaian yang paling tinggi terhadap kepentingan relatif pada setiap kriteria seleksinya. Pada penilaian konsep dibuat matriks seleksi dan melakukan penilaian terhadap konsep dengan skala penilaian 1-5. Setelah itu, akan dilakukan perangkingan terhadap konsep tersebut hingga terpilih salah satu konsep yang terbaik. Konsep yang terpilih dari hasil penilaian konsepnya adalah:

TABEL 6. MATRIKS PUGH PENILAIAN KONSEP

		KONSEP			
Kriteria Seleksi	***Beban***	***2&4***		***3***	
Memberi Kenyamanan	32%	4	1.28	4	1.28
Memberikan Keamanan	39%	5	1.95	4	1.95
Memberikan Keandalan	29%	4	1.16	3	0.87
Total Nilai Peringkat			4.39		4.1
Lanjutkan		Kembangkan		Tidak	

Berikut merupakan desain *prototype* dari Terminal Listrik:



Gambar 8. Prototype Terminal Listrik

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 9. Prototype Terminal Listrik Tampak Atas

Konsep yang terpilih adalah gabungan 2 dan 4. Dengan spesifikasi:
• Ketebalan material 0.5 cm
• Jenis material penyangga/sekat adalah kayu
• Tinggi terminal listrik adalah 30 cm
• Berat Terminal listrik 0,6 kg
• Kapasitas terminal listrik 8 slot
• Bentuk Terminal listrik adalah balok

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan terminal listrik merupakan komponen yang sangat penting dan dibutuhkna oleh banyak orang dari banyak jenjang sosial. Terminal listrik berfungsi untuk sebagai perantara dalam menghubungkan arus listrik ke berbagai jenis alat eletronik. Sering dalam produk terminal listrik tidak memenuhi kriteria produk yang layak digunakan. Tidak hanya itu, kebutuhan konsumen Indonesia mengenai mobile phone yang sangat tinggi juga menjadi sebuah tantangan baru bagi produsen untuk dapat memenuhi hal tersebut, maka pada perancangan produk kali ini juga akan berfokus pada hal tersebut.

Metode yang digunakan untuk memperoleh konsep yang sesuai adalah QFD (Quality Fuction Deployment) Dari hasil pengembangan produk Terminal Listrik menggunakan QFD, maka perlu adanya pertimbangan dalam perancangan produk terminal listrik yaitu:
1. Terminal listrik memiliki desain yang ergonomis
2. Terminal listrik memiliki tingkat keamanan yang tinggi
3. Terminal listrik memiliki kapasitas yang luas
4. Terminal listrik memiliki ruang tambahan guna menyimpan barang
5. Terminal listrik yang praktis
6. Terminal listrik memiliki desain yang menarik
7. Terminal listrik memiliki kualitas yang tahan lama dan kuat

Ada banyak tahapan yang dibutuhkan untuk memperoleh sebuah konsep yang sesuai dengan kebututuhan dan keinginan konsumen. Diperoleh satu konsep dengan gabungan konsep 2 dan 4 dengan spesifikasi yang sudah mempertimbangkan aspek keamanan, kenyamanan, dan keandalan, yaitu:
• Ketebalan material 0.5 cm
• Jenis material penyangga/sekat adalah kayu
• Tinggi terminal listrik adalah 30 cm
• Berat Terminal listrik 0,6 kg
• Kapasitas terminal listrik 4 slot
• Bentuk Terminal listrik adalah balok

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Statistik dan Rekayasa Kualitas, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas segala bentuk dukungan dalam keikutsertaan pada kegiatan Seminar Nasional Teknik Industri (SENTI) 2019 yang diadakan oleh Departemen Teknik Mesin dan Industri , Universitas Gajah Mada.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Yuliarty, Popy. 2005, Pengembangan Desain Produk Papan Tulis Dengan Metode *Quality Function Deployment* (QFD). Program Teknik Industri, Universitas Mercu Buana Jakarta, Jakarta.
[2] Dharmasaputra, Metta. Pengguna Smartphone di Indonesia 2016-2019. http://www.databoks.katadata.co.id [25 Juni 2019]
[3] Halim, Veronica. 2014, Perencanaan Produk Olahan Wortel Menggunakan Metode *Quality Function Deployment* (QFD). Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ma Chung, Malang.
[4] Singarimbun, Masri dan Sofian Effendi. 1998. Metode Penelitian Survei. Jakarta : LP3ES.
[5] D. P. Andriani, M. Choiri, D. Priharseno, Aplikasi *Quality Function Deployment* untuk *Redesign* Kontainer Penyimpanan pada Industri Kemasan Kaleng, Jurnal Teknik Industri, Vol.18, 2017. pp. 176-190.
[6] Basu Swasta DH., dan T. Hani Handoko. 1997. Manajemen Pemasaran Modern, Liberty, Yogyakarta.
[6] Kasali, Rhenald, 1998, "Membidik Pasar Indonesia: Segmenting, Targeting, Positionning ", Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
[7] Cohen, L. (1995), *Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You*, Addison- Wesley, Inc., Massachusetts.
[8] Pugh, S. (1990). *Total design*. Addison Wstley.
[9] D. P. Andriani, R. Adnandy, S. T. Maghlidah, A. A. Anwar, Peningkatan Kualitas Produk IKM Rotan Melalui Perancangan Produk Unggulan dengan Pendekatan Quality Function Deployment, 6th Industrial engineering Conference 2019, pp D04.1-D04.10.
[10] Ulrich, Karl T. & Steven D. Eppinger (2001) Perancangan & Pengembangan Produk. Salemba Teknika, Jakar

ISBN 978-623-92050-0-3

Redesign Produk Anjun Pada UKM Keramik Dengan Menggunakan Metode *Quality Function Deployment*

1st Vina Dwi Novianti
Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya
Malang, Jawa Timur
vinadwi.srk@gmail.com

2nd Arga Bayu Rachman
Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya
Malang, Jawa Timur
argabayu.srk@gmail.com

3rd Yuka Putri Renosuri Manti
Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya
Malang, Jawa Timur
yukaprm.srk@gmail.com

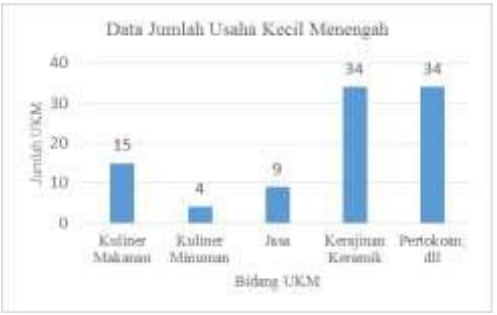
4th Debrina Puspita Andriani
Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya
Malang, Jawa Timur
debrina@ub.ac.id

Abstrak—Usaha Kecil Menengah (UKM) memiliki peran dalam membantu perekonomian di Indonesia, sehingga UKM cukup mendapat perhatian dari pemerintah dari perkembangannya. Dalam mengembangkan UKM, dibutuhkannya inovasi dan perbaharuan sehingga dapat terjun untuk bersaing. Terlebih lagi dengan lokasi dengan banyak peluang, seperti Kota Malang. Penelitian ini dilakukan pada sebuah UKM Keramik yang berada di daerah Malang. Penelitian ini bertujuan untuk membantu UKM Keramik memperbaiki dan meningkatkan produktivitas sehingga dapat bersaing dengan UKM Keramik yang lain melalui perancangan ulang alat bantu produksi yakni anjun yang bisa dibilang masih manual sistem kerjannya. Melalui metode *Quality Functional Deployment* (QFD), anjun dirancang sesuai dengan kebutuhan pelanggan yang dalam hal ini yaitu para pengrajin keramik. Tahap penelitian dimulai dari identifikasi peluang dan kebutuhan pelanggan. Setelah mendapatkan beberapa kebutuhan pelanggan, kemudian dilakukan tahap spesifikasi produk, pengembangan konsep, pemilihan konsep dan yang terakhir yakni membuat desain anjun baru dengan mempertimbangkan aspek ergonomi. Hasil penelitian menunjukkan beberapa aspek perbaikan dari anjun terdahulu mulai dari sistem putar anjun, material anjun, dimensi anjun dan aspek yang lain. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan pengrajin keramik dapat membuat keramik dengan nyaman sehingga produktivitas UKM Keramik tersebut dapat meningkat dan tentunya dapat bersaing dengan UKM Keramik yang lain.

Keywords—UKM, keramik, perancangan produk, *Quality Functional Deployment (QFD)*, dan kebutuhan pelanggan.

I. PENDAHULUAN

Kota Malang memiliki masyarakat yang heterogen baik dari segi usia, tingkat ekonomi maupun jenis pekerjaan. Masyarakat Malang yang heterogen memberikan peluang yang cukup banyak bagi masyarakat itu sendiri. Dari segi jenis pekerja, mayoritas penduduk Malang memiliki usaha atau industri rumahan, baik yang masih berskala mikro, kecil maupun menengah. Dengan adanya UKM ini, dapat menjadi terobosan untuk membantu ekonomi dari kota Malang itu sendiri. Salah satu UKM yang sedang berkembang adalah UKM Keramik. Sentra usaha keramik ini dapat ditemukan di salah satu kelurahan yang berada di kota Malang. Gambar 1 menunjukkan data jumlah beberapa jenis usaha yang terdapat di salah satu kelurahan di Malang.



Gambar 1. Data Jumlah Usaha Kecil Menengah

Berdasarkan data diatas, dapat diketahui bahwa mayoritas usaha yang digeluti oleh masyarakat adalah usaha keramik. Tidak dapat dipungkiri bahwa banyaknya usaha yang bergerak dibidang pembuatan keramik tentunya akan memperketat persaingan usaha. Hal tersebut membuat pelaku usaha perlu melakukan

ISBN 978-623-92050-0-3

inovasi maupun perbaikan usaha sehingga dapat bersaing dengan pelaku usaha lain dibidang yang sama.

Pada salah satu UKM yang ada di Malang, didapatkan bahwa proses produksi masih tradisional dengan bantuan alat yang masih manual dan sederhana. Salah satu alat yang digunakan yakni anjun. Anjun merupakan meja putar yang digunakan untuk membantu proses pembentukan keramik. Anjun diputar secara manual menggunakan bantuan tangan, kemudian selama meja berputar keramik dibentuk sesuai dengan apa yang diinginkan. Setelah proses pembentukan keramik selesai, keramik dapat dikeringkan dan dibakar. Gambar 2 merupakan anjun yang digunakan dalam produksi keramik.



Gambar 2. Anjun Yang Digunakan Saat Ini

Pembentukan keramik yang masih tradisional dengan menggunakan anjun manual memberi batasan bagi pemilik usaha keramik maupun pengrajin. Desain anjun yang masih tradisional atau dengan kata lain sistem pemutaran anjun yang manual ditambah desain yang kurang memberikan kenyamanan kepada pengrajin membuat proses produksi tidak dapat maksimal.

Dengan adanya permasalahan tersebut, dibutuhkannya untuk merancang ulang produk anjun agar dapat menyesuaikan dengan kebutuhan baik dari pemilik usaha maupun dari pengrajin keramik. Dengan demikian produktivitas dari UKM keramik tersebut bisa meningkat dan dapat bersaing dengan UKM keramik yang lain.

II. METODE PENELITIAN

Perancangan dan pengembangan produk dapat diartikan sebagai urutan langkah-langkah atau kegiatan-kegiatan dimana suatu perusahaan berusaha untuk menyusun, merancang, dan mengkomersialkan suatu produk [1]. Penelitian ini bertujuan untuk merancang ulang produk anjun sebagai produk atau alat yang menunjang produksi di salah satu UKM kerajinan keramik Malang. Tahapan yang dilakukan dalam desain produk adalah sebagai berikut:

A. Identifikasi Peluang

Peluang merupakan tren positif yang berada di lingkungan eksternal perusahaan, dan apabila peluang tersebut dieksploitasi oleh perusahaan maka peluang tersebut berpotensi menghasilkan laba bagi perusahaan secara berkelanjutan. [2]. Identifikasi peluang adalah proses bagaimana seorang pengusaha memanfaatkan peluang melalui sebuah usaha baru. Tahap identifikasi peluang bertujuan untuk mendapatkan data – data yang nantinya dapat diolah sebagai kebutuhan pelanggan untuk menetapkan produk baru. Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi peluang dalam penelitian ini adalah dengan metode *interview.*

B. Identifikasi Kebutuhan Pelanggan

Setelah mendapatkan *input* pernyataan pelanggan dari *interview*, dilakukan proses selanjutnya yaitu mentransformasikan pernyataan pelanggan menjadi pernyataan kebutuhan untuk dapat merancang kuesioner tertutup [3]. Berikut merupakan tahap-tahap identifikasi kebutuhan pelanggan:

1. Mengubah pernyataan pelanggan ke dalam bentuk pernyataan kebutuhan
2. Merancang kuesioner tertutup berdasarkan pernyataan kebutuhan
3. Merekap hasil kuesioner tertutup
4. Mengubah data ordinal pada kuesiner tertutup menjadi data interval yang akan diolah dalam *House of Quality*.

C. Spesifikasi Produk

Dalam menentukan spesifikasi produk berdasarkan pernyataan kebutuhan pelanggan yang telah didapat, digunakan metode *House of Quality* (HOQ). *House of Quality* adalah suatu kerangka kerja atas pendekatan dalam mendesain manajemen yang dikenal sebagai Quality Function Deployment (QFD) [4]. *House of Quality* memperlihatkan struktur untuk mendesain dan membentuk suatu siklus, dan bentuknya menyerupai sebuah rumah. Kunci dalam membangun HOQ adalah difokuskan kepada kebutuhan pelanggan, sehingga proses desain dan pengembangannya lebih sesuai dengan apa yang diinginkan oleh pelanggan daripada teknologi inovasi. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan informasi yang lebih penting dari pelanggan. Metode *House of Quality* (HOQ) dapat dikatakan sebagai suatu upaya untuk mengonversi *voice of customer* secara langsung terhadap karakteristik teknis atau spesifikasi dari sebuah produk yang dihasilkan [5].

ISBN 978-623-92050-0-3

D. Pengembangan Konsep

Pada tahap ini dilakukan pengembangan konsep produk berdasarkan spesifikasi yang telah didapatkan dari tahap sebelumnya. Konsep produk adalah gambaran atau perkiraan mengenai teknologi, prinsip kerja dan bentuk produk [6]. Konsep produk merupakan gambaran singkat mengenai bagaimana produk dapat memuaskan kebutuhan konsumen yang telah teridentifikasi sebelumnya. Pengembangan konsep dilakukan dengan mengeksplorasi dari hasil HOQ yang paling signifikan untuk dikembangkan [7]. Pada fase pengembangan konsep, dilakukan penyusunan alternatif konsep dari produk sesuai dengan hasil penentuan spesifikasi pada tahap sebelumnya. Dalam melakukan penyusunan konsep suatu produk dapat dilakukan dengan menggunakan diagram FAST (*Function Analysis System Technique*). Diagram FAST dapat memberikan gambaran grafis tentang bagaimana fungsi yang ada saling berhubungan atau saling bekerja sama dalam suatu sistem (produk atau proses) untuk memperoleh barang atau jasa yang diinginkan. Berikut merupakan tahap-tahap pembuatan diagram FAST:

1. Menentukan produk yang akan dibuat dengan FAST Diagram.
2. Menentukan fungsi dasar (basic function) dari produk, biasanya merupakan karakteristik ataupun tugas dari sudut pandang pengguna yang merupakan alasan utama dibuatnya suatu produk.
3. Menentukan fungsi sekunder dari produk yang dibuat, adalah fungsi yang dirancang untuk menyebabkan atau membiarkan fungsi dasar (*basic function*) terjadi.
4. Memastikan fungsi sekunder dari produk yang dibuat sesuai dengan HOQ yang telah dibuat, yaitu pada respon teknik.
5. Melanjutkan penyusunan fungsi sekunder dari produk, hingga mencapai fungsi yang paling rendah dari produk yang dibuat.
6. Melakukan pengecekan pada FAST Diagram dengan menggunakan logika "Bagaimana" dari kiri ke kanan, serta logika "Mengapa" dari kanan ke kiri

Alternatif konsep merupakan sebuah alternatif baru yang dimunculkan dari setiap fungsi yang dibuat sebelumnya. Dalam alternatif konsep menggunakan tabel kombinasi konsep yang menyediakan sebuah cara untuk mempertimbangakan kombinasi solusi secara sistematis yaitu dengan Morphological Chart. Berikut merupakan langkah langkah dalam pembuatan Morphological Chart.

1. Membuat daftar kriteria berdasarkan pada fungsi yang telah dijabarkan pada Fast Diagram. Dimana daftar kriteria tersebut didasarkan pada prioritas yang harus dikembangkan, diperoleh dari relative important pada HOQ.
2. Daftar semua alternative yang mungkin untuk mencapai setiap fungsi dari produk.
3. Membuat chart untuk mencantumkan semua kemungkinan alternatif.
4. Identifikasi kombinasi alternatif layak dilakukan.

E. Pemilihan Konsep

Proses seleksi konsep terdiri atas 2 langkah utama yaitu penyaringan konsep dan penilaian konsep dengan metode yang dikembangkan oleh Stuart Pugh pada tahun 1980-an dan sering sekali disebut seleksi konsep PUGH [8]. Tujuan tahapan ini adalah mempersempit jumlah konsep secara cepat dan untuk memperbaiki konsep.

1. Penyaringan Konsep
   Penyaringan konsep didasarkan pada metode seleksi konsep PUGH yang bertujuan untuk mempersempit jumlah konsep secara cepat dan untuk memperbaiki konsep.
2. Penilaian Konsep
   Penilaian konsep merupakan sebuah analisis konsep yang ada untuk memilih salah satu konsep dengan memberikan bobot kepentingan relatif pada setiap kriteria seleksi.

F. Membuat Desain Produk

Tahap membuat desain produk merupakan tahapan terakhir dalam perancangan produk. Pada tahap ini akan dibuat desain berdasarkan konsep terpilih yang didapat dari tahap sebelumnya. Dalam membuat desain produk, juga diperhatikan dimensi antropometri sehingga anjun yang digunakan pengrajin keramik nanti dapat memberikan kenyaman atau lebih ergonomis.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil dan pembahasan dari perancangan ulang alat bantu pembuatan keramik yakni meja putar atau yang dikenal dengan sebutan anjun.

A. Identifikasi Peluang

Tahap identifikasi peluang merupakan tahap pertama dalam melakukan pengembangan produk. Pada tahap ini dilakukan interview terhadap para pengrajin keramik. Sebelum melakukan interview terhadap para pengrajin, terlebih dahulu dilakukan studi literatur dan benchmarking terhadap produk anjun. Tujuan dilakukannya studi literatur dan benchmarking adalah untuk mengetahui variabel-variabel yang akan diteliti. Benchmarking terhadap produk anjun yang sudah ada akan memberi input terhadap pengembangan produk selanjutnya dikarenakan dari hasil benchmarking akan ditemukan kekurangan dari produk yang sudah ada. Dengan demikian dapat dicari solusi untuk mengatasi kekurangan produk yang sudah ada melalui perancangan ulang produk yang akan dilakukan.

Setelah melakukan interview, didapatkan berbagai macam jenis peluang atau pilihan pengembangan produk yang diinginkan dan dibutuhkan oleh para pengrajin keramik. Tabel 1 menunjukkan hasil identifikasi peluang yang didapat dari hasil interview.

TABEL 1. HASIL IDENTIFIKASI PELUANG

Raw opportunities	***Filter* Kebutuhan**
Ukuran fleksibel	Ukuran anjun dapat disesuaikan
Kecepatan putaran bisa diatur	Kecepatan putaran dapat disesuaikan
Mudah lelah	Desain anjun ergonomis
Memiliki resiko cidera	
Desain kurang tinggi	
Dapat membuat keramik agak besar	Permukaan anjun lebar
Dua sumber tenaga (listrik dan manual)	Sumber tenaga penggerak anjun sesuai kebutuhan (fleksibel)
Penahan kuat	Material anjun kuat dan ringan
Putaran ringan	

B. Identifikasi Kebutuhan

Tahap identifikasi kebutuhan bertujuan untuk mendapatkan penyataan kebutuhan dari pelanggan yang dalam hal ini yaitu para pengrajin keramik. Mengidentifikasi kebutuhan dilakukan dengan cara mengelompokkan peluang-peluang yang didapat dari interview ke dalam pernyataan kebutuhan tunggal yang dapat mewakili beberapa peluang kebutuhan. Daftar pernyataan kebutuhan dari produk anjun dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2. DAFTAR PERNYATAAN KEBUTUHAN

No	Pernyataan Pelanggan	Pernyataan Kebutuhan
1	Kecepatan putaran dapat disesuaikan	Anjun memiliki material yang ringan sehingga ringan diputar
2	Ukuran anjun dapat disesuaikan	Anjun memiliki desain ergonomis
3	Desain anjun ergonomis	
4	Sumber tenaga penggerak anjun sesuai kebutuhan (fleksibel)	Anjun memiliki sumber tenaga yang fleksibel
5	Material anjun kuat dan ringan	Anjun memiliki material yang kuat dan ringan
6	Permukaan anjun lebar	Anjun memiliki desain permukaan yang lebar

C. Spesifikasi Produk

Dalam menentukan spesifikasi produk berdasarkan pernyataan kebutuhan pelanggan yang telah didapat, digunakan metode House of Quality (HOQ) yang merupakan salah satu room pada Quality Function Deployment. Dalam membuat House of Quality terdapat beberapa tahap yang dilakukan. Berikut merupakan uraian dari setiap tahap dalam pembuatan HOQ.

1. Membuat daftar respon teknis dari produk

Respon teknis merupakan cara bagi perancang produk untuk menjawab kebutuhan yang sudah diuraikan atau

ISBN 978-623-92050-0-3

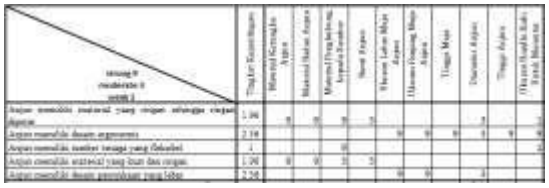
didapat dari para pelanggan. Daftar respon teknis dari produk anjun dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3. DAFTAR RESPON TEKNIS

No.	Kebutuhan	*Metrics*	Satuan (*units*)
1.	1,4	Material Kerangka Anjun	Subj.
2.	1,4	Material Badan Anjun	Subj.
3.	1,3,4	Material Penghubung kepada Sumber	Cm
4.	1,4	Berat Anjun	Kg
5.	2	Ukuran Lebar Meja Anjun	Subj.
6.	2,5	Ukuran Panjang Meja Anjun	Cm
7.	2	Tinggi Meja	Cm
8.	1,2,5	Diameter Anjun	Cm
9.	2,5	Tinggi Anjun	Cm
10.	1,2,3	Ukuran *Handle* Kaki Untuk Memutar	Cm

2. Membuat *relationship matrix*

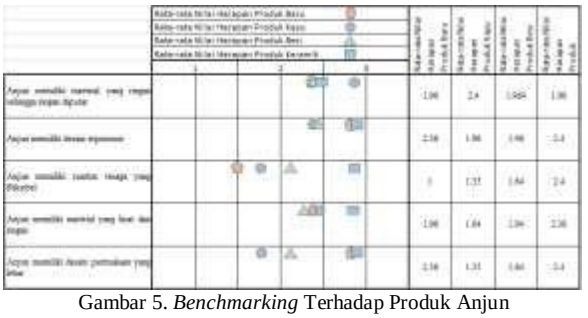
Relationship matrix merupakan bagian dari HOQ yang menampilkan hubungan antara masing-masing daftar respon teknis dengan kebutuhan pelanggan dengan menggunakan skala pengukuran yaitu berupa angka. Terdapat tiga jenis hubungan yang digambarkan dalam *room relationship matrix* yaitu kuat dengan nilai skala 9, sedang dengan nilai skala 3, dan lemah dengan nilai skala 1. Hubungan yang digambarkan antara pernyataan kebutuhan dengan respon teknis dari produk anjun dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Relatioanship Matrix*

3. Melakukan *benchmarking*

Benchmarking merupakan tahapan selanjutnya dalam HOQ yakni membandingkan ekspektasi pelanggan dengan produk kompetitor yang dijadikan sebagai pertimbangan dalam membuat konsep pengembangan dan perancangan produk. Dengan melakukan *benchmarking* terhadap beberapa anjun yang sudah ada saat ini dapat diketahui kelemahan dari masing-masing anjun, sehingga dalam membuat rancangan ulang anjun dapat diterapkan solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Terdapat tiga produk yang menjadi *benchmarking* dari anjun yaitu anjun berbahan kayu, anjun berbahan besi dan anjun keramik. Nilai harapan didapatkan dari rata-rata nilai yang diberikan pelanggan pada masing-masing produk melalui kuesioner tertutup. Gambar 5 merupakan hasil *benchmarking* pada *room* HOQ pada produk anjun.



Gambar 5. *Benchmarking* Terhadap Produk Anjun

4. Membuat *technical benchmarking*

Pada *technical benchmarking* digunakan nilai ideal dan nilai marginal. Nilai ideal merupakan nilai yang diharapkan dari pelanggan. Sedangkan nilai marginal merupakan nilai yang masih dapat diterima oleh pelanggan. Nilai ideal dan nilai marginal ditentukan oleh tim desain berdasarkan *benchmark* produk kompetitor dan keinginan konsumen/pelanggan. Tabel 4 menjelaskan nilai ideal dan marginal dari masing-masing metriks.

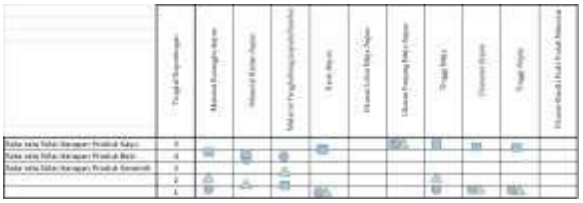
TABEL 4. DAFTAR NILAI IDEAL DAN MARGINAL

Metriks	*Ideal value*	*Marginal value*	Meja Putar Kayu	Meja Putar Besi	Meja Putar Keramik
Material Kerangka Anjun	*Stainless steel*	*Stainless steel* / Besi	Kayu	Besi	Besi
Material Badan Anjun	Kayu + partikel board	Kayu + partikel board	Kayu	Besi	Kayu
BeratAnjun	30kg		< 3kg	3kg	35kg
Ukuran PanjangMeja Anjun	100cm	100-130cm	-	-	85cm
Ukuran *Handle* Kaki Untuk Memutar (pxl)	23,9cm x 9,12cm	20cm- 25cm	-	-	-
Diameter Anjun	30cm	30cm- 40cm	30cm	30 cm	30 cm
Tinggi Meja	71,54cm	25cm- 85cm	17cm	25cm	85cm
Material Penghubung kepada Sumber	Belt dan kabel		-	-	-
Tinggi Anjun	18cm	15-20cm	17cm	25cm	18cm
Ukuran Lebar Meja Anjun	80cm	75-90cm	-	-	80cm

ISBN 978-623-92050-0-3

Pada metriks material kerangka anjun nilai ideal berupa *stainless steel* didapatkan dari keinginan pelanggan pada saat melakukan *interview* dan nilai marginal berupa *stainless steel* atau besi didapatkan dari *benchmark* produk kompetitor. Sama halnya dengan material kerangka anjun, nilai ideal diameter anjun didapatkan dari keinginan pelanggan melalui *interview*. Sedangkan untuk nilai marginal memiliki *range* sebesar 30-40 cm yang didapatkan dari nilai diameter produk kompetitor serta pertimbangan pada kebutuhan pelanggan yang menyebutkan anjun memiliki desain permukaan yang lebar. Dengan demikian *range* ukuran diameter anjun dibuat lebih lebar dibandingkan kompetitor.

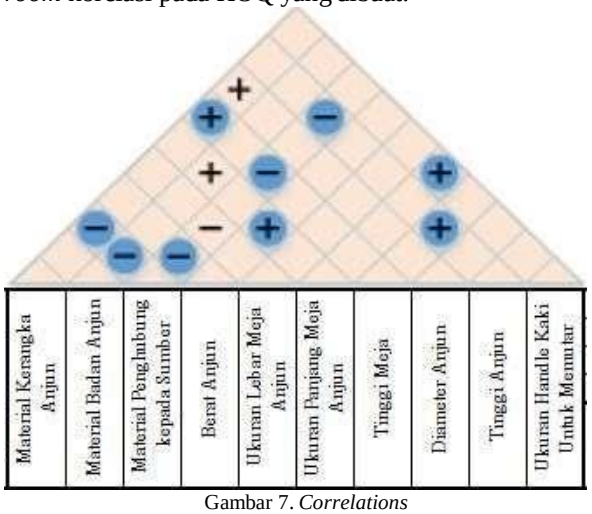
Berdasarkan Tabel 4, maka *technical benchmarking* pada HOQ dapat dolihat pada Gambar 6.



Gambar 6 *Relatioanship Matrix*

5. Membuat korelasi antar respon teknis

Pada tahap ini dibuat korelasi hubungan antar respon teknis. Terdapat 4 jenis hubungan korelasi yakni kuat positif, positif, kuat negatif dan negatif. Sebagai contoh, tinggi meja memiliki hubungan positif kuat dengan tinggi anjun. Hal tersebut memiliki arti bahwa tinggi meja berpengaruh signifikan terhadap tinggi anjun yang akan dibuat. Gambar 7 merupakan *room* korelasi pada HOQ yang dibuat.



Gambar 7. *Correlations*

6. Menghitung tingkat kepentingan dari respon teknis (*Importance of Technical*)

Importance of Technical merupakan perhitungan untuk mengetahui respon teknis yang paling penting dan perlu dijadikan prioritas dalam pengembangan konsep di tahap selanjutnya. Perhitungan meliputi *variable* nilai pelanggan dan nilai interaksi antara pernyataan kebutuhan dengan respon teknis. Nilai *absolute importance* didapatkan dari nilai matriks hubungan antara *customer needs* dan *technical response*. Sebagai contoh, pada kolom respon teknis material kerangka anjun, mendapatkan skor 9 pada kebutuhan 1 dan skor 9 pada kebutuhan nomor 4. Kemudian masing-masing skor dikalikan dengan tingkat kepentingan dari kebutuhan. Penjumlahan dari hasil perkalian akan menghasilkan nilai *absolute importance* dari respon teknik material kerangka meja. Pada gambar 7 diketahui bahwa nilai *absolute importance* dari respon teknis material kerangka anjun sebesar 35,3.

Nilai *relative importance* merupakan prosentase perbandingan antara nilai *absolute importance* dan total nilai *absolute importance*. Sedangkan nilai *rank based on percent importance* merupakan urutan tingkat nilai kepentingan berdasarkan *relative importance*. Gambar 8 merupakan hasil perhitungan *importance of technical* pada HOQ yang dibuat.

	Tingkat Kepentingan	Material Kerangka Anjun	Material Badan Anjun	Material Penghubung kepada Sumber	Berat Anjun	Ukuran Lebar Meja Anjun	Ukuran Panjang Meja Anjun	Tinggi Meja	Diameter Anjun	Tinggi Anjun	Ukuran Handle Kaki Untuk Memutar
Absolute Importance		35.28	35.28	32.52	7.08	42.48	42.48	21.24	20.04	21.2	24.2
Relative Importance (%)		12.52	12.52	11.54	2.512	15.07	15.07	7.536	7.11	7.54	8.586
Rank based on percent importance		3	4	5	10	1	2	7	9	8	6

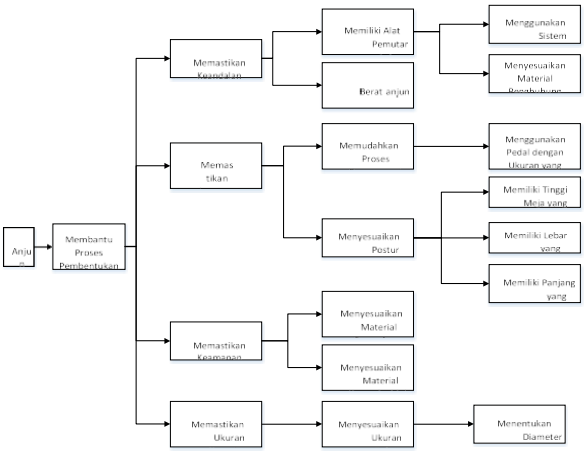
Gambar 8. *Relationship Matrix*

D. Pengembangan Konsep

Dalam melakukan pengembangan konsep produk, perlu dilakukan penggambaran ulang terhadap mekanisme produk, misalnya dengan FAST Diagram. *Function Analysis System Technique* (FAST) adalah *tools* yang digunakan untuk menganalisis fungsi produk dalam *value analysis*. Dengan FAST Diagram, semua fungsi produk tersusun secara skematis mulai dari fungsi utama dan fungsi turunan. FAST Diagram dari produk anjun dapat dilihat padagambar 9.

Setelah membuat FAST *Diagram*, tahap selajutnya adalah menentukan alternatif konsep dari produk anjun. Alternatif konsep merupakan sebuah alternatif baru yang dimunculkan dari setiap fungsi yang dibuat sebelumnya. Dalam alternatif konsep digunakan tabel kombinasi berupa *morphological chart* yang menyediakan sebuah cara untuk mempertimbangkan kombinasi solusi secara sistematis. Tabel 5 menunjukkan *morphology chart* dari produk anjun.

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 9. FAST Diagram Produk Anjun

TABEL 5. *MORPHOLOGY CHART*

Kriteria	**Pilih Desain**		
Jenis Material Kerangka	*Alumunium* (A1) 	*Stainless steel* 304 (A2) 	Plastik (A3) 
Jenis Material Permukaan	*Alumunium Texture*(B1) 	Partikel *board*(B2) 	
Material Penghubung ke sumber tenaga	Belt (C1) 	Gear (C2) 	
Sistem Pedal	Ada (D1) 	Tidak ada (D2) -	
Ukuran Pedal	24 x 9 cm (E1)	15 x 5 cm (E2)	22 x 10 cm (E3)
Diameter Anjun	30 cm (F1)	15 cm (F2)	35 cm (F3)
Diameter Anjun Fleksibel	Tetap(G1)	Bisa dilepas pasang (G2)	
Ukuran Tinggi Meja Putar	Adjustable: 2 slop (H1)	Tidak Adjustable (H2)	
Bentuk meja	Persegi panjang (I1)	Lingkaran (I2)	
Ukuran Luas Meja	70cmx50cm (J1) 100cmx80cm(J2)	1256,6 cm^2 (J3) 1661,9cm^2 (J4) 1963,5 cm^2 (J5)	
Tinggi Meja Utama	85 cm (K1)	60 cm (K2)	

Berikut merupakan ringkasan dari penjelasan konsep- konsep anjun yang akan dibuat yang dapat dilihat pada tabel 6.

TABEL 6. PILIHAN KONSEP PRODUK ANJUN

Konsep	A	B	C	D	E
Jenis Material Kerangka	Allumunium	Stainless steel 304	Stainless steel 316	Allumunium	Allumunium
Jenis Material Permukaan	Allumunium Texure	Allumunium Texure	Partikel *board*	Allumunium Texure	Partike l *board*
Material Penghubung	Belt	Belt	Belt	Belt	Gear
Sistem Pedal	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada
Ukuran Pedal	15 x 5 cm	22 x 10 cm	15 x 5 cm	22 x 10 cm	15 x 5 cm
Ukuran Tinggi Anjun	Adjustable : 2 slop	Adjustable : 2 slop	Tidak adjustable	Adjustable : 2 slop	Tidak adjustable
Bentuk Meja	Persegi panjang	Lingkaran	Lingkaran	Persegi Panjang	Lingkaran
Ukuran Luas Meja	70 x 50 cm	1661,9 cm^2	1256,6 cm^2	100 x 80 cm	1963,5 cm^2
Diameter Anjun	30 cm	30 cm	30 cm	15 cm	30 cm
Tinggi Meja Utama	85 cm	85 cm	60 cm	85 cm	60 cm

E. Pemilihan Konsep

Pemilihan konsep didasarkan pada metode yang dikembangkan oleh Stuart Pugh yang disebut seleksi konsep PUGH. Terdapat 2 tahap pemilihan konsep, yaitu tahapan pertama disebut penyaringan konsep dan tahapan kedua disebut penilaian konsep.

Pada tahap penyaringan konsep akan diketahui konsep mana yang dilanjutkan, dihentikan dan digabungkan/diperbaiki melalui nilai peringkat dari hasil penilaian konsep. Kriteria penilaian dalam menyeleksi konsep didapatkan dari hasil pemaparan fungsi turunan produk pada FAST Diagram. Terdapat 3 keriteria nilai yang diberikan yaitu lebih baik (+), sama dengan (0), dan lebih buruk (-). Nilai tersebut akan dijumlahkan untuk mendapatkan peringkat dari konsep. Sebagai contoh, pada konsep A dari segi kriteria meningkatkan keandalan mendapatkan nilai + yang memiliki arti bahwa konsep A lebih baik dibandingkan produk yang ada dalam hal memberikan keandalan. Hal tersebut dikarenakan konsep A menggunakan sistem pedal yang dapat mempermudah dalam menggerakkan atau memutar anjun dibandingkan dengan produk yang sudah ada dimana produk yang sudah ada masih menggunakan sistem putar manual.

Berikut merupakan matriks PUGH dari alternatif konsep produk anjun.

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL 7. MATRIKS PUGH

Kriteria Seleksi	**Konsep-konsep**						
	A	B	C	D	E	F	Reef
Meningkatkan Keandalan	+	+	+	+	+	+	0
Memastikan Kenyamanan	+	+	0	+	+	+	0
Memastikan Keamanan	0	0	-	0	-	-	0
Memastikan Ukuran Kapasitas	0	0	0	-	0	-	0
Jumlah +	2	2	1	2	2	2	
Jumlah 0 (sama)	2	2	2	1	1	0	
Jumlah ─	0	0	1	1	1	2	
Nilai Akhir	2	2	0	1	1	0	
Rangking	1	2	5	3	4	6	
Lanjutkan?	Ya	Ya	Tidak	Gabungkan	Gabungkan	Tidak	

Berdasarkan tabel matriks PUGH penyaringan konsep, dapat dilihat bahwa nilai akhir dari konsep A dan B memiliki nilai yang sama sebesar 2. Untuk konsep D dan E diberikan memiliki nilai yang sama yaitu 1, dan konsep C dan F memiliki nilai yang sama yaitu 0. Berdasarkan tahap penyaringan terdapat 2 konsep yang akan digabung, yaitu konsep D dan E. Konsep DE menggunakan kriteria dasar dari konsep D dengan perubahan pada ukuran kapasitas yang menggunakan konsep E yaitu 30cm.

TABEL 8. HASIL PENYARINGAN KONSEP

Kosep	**A**	**B**	**DE**
Jenis Material Kerangka	Allumunium	Stainless steel 304	Allumunium
Jenis Material Permukaan	Allumunium Texure	Allumunium Texure	Allumunium Texure
Material Penghubung	Belt	Belt	Gear
Sistem Pedal	Ada	Ada	Ada
Ukuran Pedal	15 x 5 cm	22 x 10 cm	22 x 10 cm
Ukuran Tinggi Anjun	Adjustable : 2 slop	Adjustable : 2 slop	Adjustable : 2 slop
Bentuk Meja	Persegi panjang	Lingkaran	Persegi Panjang
Ukuran Luas Meja	70 x 50 cm	1661,9 cm^2	100 x 80 cm
Diameter Anjun	30 cm	30 cm	30 cm
Tinggi Meja Utama	85 cm	85 cm	85 cm

Penilaian konsep merupakan sebuah analisis konsep yang ada untuk memilih salah satu konsep dengan memberikan bobot kepentingan relatif pada setiap kriteria seleksi. Bobot kepentingan relative (*relative importance*) didapat dari HOQ yang disesuaikan dengan diagram FAST. Setiap konsep akan diberi penilaian mulai skala 1 hingga 5 sesuai dengan kesesuaiannya. Semakin besar nilai yang didapat memiliki arti bahwa kriteria tersebut sesuai dan terdapat pada konsep tersebut. Berdasarkan tahap penyaringan sebelumnya, terdapat tiga konsep yang dapat dilanjutkan yaitu konsep A, konsep B, serta gabungan dari konsep DE.

TABEL 9. HASIL PENILAIAN KONSEP

Kriteria Seleks	**Beban**	**Konsep**					
		A		**B**		**DE**	
Memastikan Keandalan	14,01%	4	0,56	4	0,56	4	0,56
Memastikan Kenyamanan	53,87%	4	2,15	5	2,69	5	2,69
Memastikan Keamanan	25%	5	1,25	4	1,00	5	1,25
emastikan Ukuran Kapasitas	7,11%	4	0,28	4	0,28	4	0,28
Total Nilai Peringkat			4,24		4,53		4,78
Lanjutkan?			Tidak		Tidak		Lanjutkan

Memastikan keandalan memiliki nilai beban sebanyak 14,01% didapatkan dari nilai *relative importance* material penghubung kepada sumber sebesar 11,5% serta berat anjun 2,51%. Memastikan kenyamanan memiliki nilai beban sebesar 53,87% didapatkan dari nilai *relative importance* ukuran lebar meja anjun sebesar 15,1%, ukuran panjang meja anjun sebesar 15,1%, tinggi meja sebesar 7,54%, tinggi anjun sebesar 7,54%, dan ukuran handle kaki untuk memutar sebesar 8,59%. Memastikan keamanan memiliki beban 25% didapatkan dari nilai *relative importance* material kerangka anjun sebesar 12,5%, dan material badan anjun sebesar 12,5%. Memastikan ukuran kapasitas memiliki beban 7,11% didapatkan dari nilai *relative importance* diameter anjun sebesar 7,11%.

Sebagai contoh, pada konsep A, B maupun DE memiliki nilai 4 karena terdapat sistem pedal yang dapat menambah keandalan dari anjun atau dengan kata lain dengan sistem pedal yang diterapkan, akan mempermudah anjun dalam melaksanakan fungsinya sebagai alat bantu produksi keramik. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis menggunakan PUGH Matrix didapatkan konsep yang terpilih, yaitu konsep DE.

TABEL 10. KONSEP TERPILIH

Konsep Terpilih	
Material Kerangka (*Allumunium*)	
Material Permukaan Meja (*Allumunium Texture)*	
Penghubung ke Sumber Tenaga(*Gear*)	

ISBN 978-623-92050-0-3

Konsep Terpilih	
Sistem Pedal (Ada)	
Ukuran Pedal	22cm x 10cm
Bentuk Meja Anjun	Persegi Panjang
Luas Permukaan Meja	100cm x 80cm.
Tinggi Meja Putar Anjun	Adjustable
Diameter Anjun	30 cm
Diameter Anjun Fleksibel	Dapat disesuaikan.
Tinggi Meja Utama	85 m

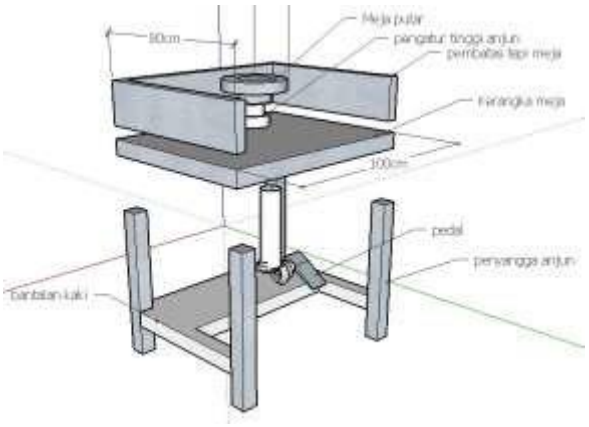
F. Membuat Desain Produk

Setelah konsep rancangan produk terpilih, langkah selanjutnya yakni membuat desain produk. Dalam membuat desain produk anjun, selain menyesuaikan konsep terpilih, aspek ergonomis juga diperhatikan. Terdapat 3 dimensi antropometri yang akan diterapkan dalam membuat produk anjun. Tabel 11 menjelaskan dimensi antropomteri yang digunakan beserta penjelasannya.

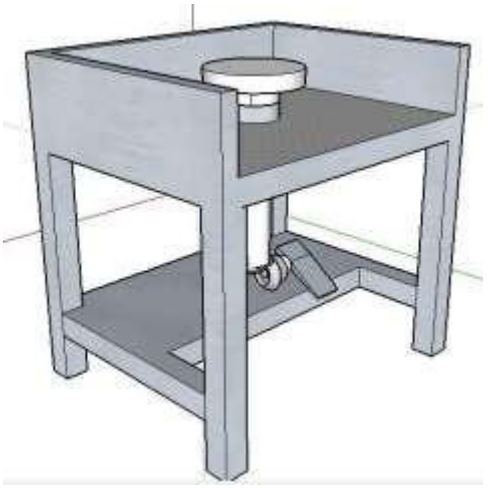
TABEL 11. DIMENSI ANTROPOMETRI PRODUK ANJUN

No	Penggunaan	Keterangan
1	Part produk	Tinggi Meja Putar Anjun
	Dimensi antropometri dan penggunaannya	D11 Dimensi tinggi siku dalam posisi duduk digunakan untuk ukuran tinggi meja utama anjun
	Persentil dan alasannya	Persentil 50 Karena produk ini digunakan oleh semua kalangan jadi digunakan persentil rata-rata
	Allowance dan alasannya	1,5 cm Diberikan *Allowance* 1,5 cm untuk penggunaan sepatu maupun sandal.
2	Part produk	Panjang Bantalan Pedal
	Dimensi antropometri dan penggunaannya	D30 Dimensi panjang kaki digunakan untuk ukuran panjang dari bantalan pedal
	Persentil dan alasannya	Persentil 95 Agar orang dengan ukuran kaki paling besar masih dapat menggunakan
	Allowance dan alasannya	1,5 cm Diberikan *Allowance* 1,5 cm untuk penggunaan sepatu maupun sandal
3	Part produk	Lebar Bantalan Pedal
	Dimensi antropometri dan penggunaannya	D31 Dimensi lebar kaki digunakan untuk ukuran lebar dari bantalan pedal
	Persentil dan alasannya	Persentil 95 Agar orang dengan ukuran kaki paling besar masih dapat menggunakan
	Allowance dan alasannya	1,5 cm Diberikan *Allowance* 1,5 cm untuk penggunaan sepatu maupun sandal

Desain produk anjun berdasarkan konsep terpilih dan dimensi antropometri dapat dilihat pada gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Desain Setiap Komponen Produk Anjun



Gambar 11. Desain Keseluruhan Produk Anjun

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengembangan produk yang dilakukan, konsep terpilih yakni konsep DE dengan spesifikasi material kerangka anjun terbuat dari *allumunium.* Sedangkan untuk material permukaan meja terbuat dari *allumunium texture*. Konsep anjun yang terpilih menggunakan sistem pedal dalam menggerakkan atau memutar anjun dengan *gear* sebagai penghubung ke sumber tenaga. Dengan mempertimbangkan segi ergonomi yakni dimensi antropometri berupa lebar dan panjang kaki menggunakan persentil 95 juga penambahan *allowance*, sehingga ukuran pedal yang didapat sebesar 22 x 10 cm. Konsep anjun yang terpilih memiliki bentuk permukaan meja persegi panjang dengan luas permukaan 100 cm x 80 cm dan diameter anjun sebesar 30 cm. Tinggi meja anjun dapat disesuaikan atau *adjustable* sedangkan untuk tinggi meja utama sebesar 85 cm dengan pertimbangan dimensi antropometri berupa dimensi tinggi siku dalam posisi duduk. Apabila dibandingkan dengan anjun

ISBN 978-623-92050-0-3

yang sudah ada, konsep baru dari anjun ini memiliki kelebihan diantaranya konsep yang terpilih memiliki sistem pedal untuk mempermudah dalam menggerakkan atau memutar anjun. Selain dari sistem pedal yang diterapkan, konsep anjun baru juga memperhitungkan dari segi ergonomi mulai dari penyesuaian dimensi produk dengan dimensi tubuh manusia. Dengan demikian diharapkan dapat memberikan kenyamanan kepada pengrajin keramik ketika proses pembuatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Statistik dan Rekayasa Kualitas, serta Jurusan Teknik Industri dan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas segala bentuk dukungan dalam keikutsertaan pada kegiatan Seminar Nasional Teknik Industri (SENTI) 2019 yang diadakan oleh Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gajah Mada

DAFTAR PUSTAKA

[1] K. T. Ulrich and S. D. Eppinger, Perancangan dan Pengembangan Produk, Jakarta: Salemba Teknik, 2001.

[2] I. Solihin, Manajemen Strategik, Jakarta: Erlangga, 2012

[3] G. Churcil, Dasar-Dasar Riset Pemasaran, Jakarta: Erlangga, 2005

[4] L. Cohen, Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You: Prentice Hall, 1995.

[5] D. P. Andriani, M. Choiri, D. Priharseno, Aplikasi *Quality Function Deployment* untuk *Redesign* Kontainer Penyimpanan pada Industri Kemasan Kaleng, Jurnal Teknik Industri, Vol.18, 2017. pp. 176-190.

[6] A.P. Irawan, Perancangan & Pengembangan Produk Manufaktur, Yogyakarta: Andi, 2017

[7] D. P. Andriani, R. Adnandy, S. T. Maghlidah, A. A. Anwar, Peningkatan Kualitas Produk IKM Rotan Melalui Perancangan Produk Unggulan dengan Pendekatan Quality Function Deployment, 6th Industrial engineering Conference 2019, pp D04.1-D04.10.

[8] S. Pugh, Total Design - Integrated Methods for Successful Product Engineering: Addison-Wesley Pub, 1991

M - MANUFAKTUR

Departemen Teknik Mesin dan Industri FT UGM
ISBN 978-623-92050-0-3

Analisis Penggunaan Mesin *Offset Printing* dengan Menggunakan Algoritma C4.5

1st Agustinus Alfian Anwar
Industrial Engineering Department
Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
alfi.srk@gmail.com

2nd Ilma Visi Rahmani
Industrial Engineering Department
Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
ilmavisi.srk@gmail.com

3rd Azizah Putri Nur Aini
Industrial Engineering Department
Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
azizahputri.srk@gmail.com

4th Debrina Puspita Andriani
Industrial Engineering Department
Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
debrina@ub.ac.id

***Abstract*—Dalam menjalankan perusahaan, pengambilan keputusan merupakan salah satu hal yang penting karena menyangkut masa depan perusahaan baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengambilan keputusan dibutuhkan pada banyak area di perusahaan, termasuk pada area produksi. Penelitian ini dilakukan pada sebuah pabrik pencetak karton box yang memiliki sistem produksi *Make to Order*. Setiap hari perusahaan tersebut membuat karton box dari mesin *offset printing*. Terdapat dua jenis mesin *offset printing* yaitu, mesin *offset printing* dua warna dan mesin *offset printing* enam warna. Perusahaan memilih jenis mesin *offset printing* secara acak dalam menentukan mesin yang digunakan untuk mencetak. Tujuan dari penelitian ini untuk membantu perusahaan dalam melakukan pengambilan keputusan jenis mesin yang tepat untuk mencetak pesanan. Metode pengambilan keputusan yang digunakan adalah alogritma C4.5 dengan menggunakan weka. Hasil analisis menggunakan algoritma C4.5 menunjukkan bahwa sistem pendukung keputusan telah berhasil dirancang dengan prosentase kebenaran sebesar 75%.**

***Keywords*—algoritma C4.5, *data mining*, penggunaan mesin, pohon keputusan, sistem pendukung keputusan**

I. PENDAHULUAN

Dunia industri semakin berkembang dari hari ke hari yang berdampak terhadap persaingan antar dunia industri. Hal ini menyebabkan perusahaan harus dapat beradaptasi dengan perubahan zaman. Pengambilan keputusan dengan cepat dan tepat sangat dibutuhkan oleh perusahaan [1]. Dalam pengambilan keputusan, perusahaan perlu untuk menganalisis keputusan secara tepat dan cepat.[2]

Penelitian ini dilakukan pada suatu perusahaan pencetak karton box di Indonesia. Sistem produksi pada perusahaan ini adalah *Make to Order* (MTO). *Make to Order* adalah sistem manufaktur yang beroperasi berdasarkan pesanan [3]. Perusahaan tersebut memproduksi dua jenis box yaitu, karton box dan karton box *offset.*

Karton box *offset* diproduksi dengan menggunakan mesin *offset printing.* Perusahaan tersebut memiliki dua jenis mesin *offset printing* yaitu, mesin *offset printing* dua warna dan mesin *offset printing* enam warna. Tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap kualitas dari kedua mesin *offset printing* tersebut. Namun hal yang paling membedakan adalah pada bagian efisiensi penggunaan mesin. Berdasarkan pakar dari perusahaan tersebut, mesin *offset printing* enam warna dinilai lebih efisien karena dapat menghasilkan lebih banyak warna dalam satu kali pencetakan.

Dalam memproduksi karton box *offset,* perusahaan tersebut memilih mesin *offset printing* secara acak dan sangat subjektif. Berdasarkan data historis, terdapat pembagian beban produksi yang tidak merata dari kedua mesin *offset printing*. Mesin *offset printing* dua warna mencetak lebih banyak produk dibandingkan dengan mesin *offset printing* enam warna.

Sistem pendukung keputusan adalah sistem pendukung keputusan adalah suatu pendekatan yang digunakan untuk mendukung pengambil keputusan [4]. Salah satu metode yang digunakan dalam sistem pendukung keputusan adalah klasifikasi. Metode klasifikasi adalah proses untuk menentukan model yang menjelaskan atau membedakan konsep atau kelas data, dengan tujuan agar dapat memperkirakan kelas dari suatu objek yang kelasnya tidak diketahui [5]. Salah satu metode pada klasifikasi adalah algoritma C4.5.

Algoritma C4.5 merupakan pengembangan dari ID3 yaitu metode pohon keputusan dengan menjalankan iterasi dengan atribut – atribut. Algoritma C4.5 sendiri menggunakan pendekatan

ISBN 978-623-92050-0-3

induksi dimana dalam pendekatan ini, algoritma C4.5 membagi data berdasarkan kriteria yang dipilih untuk membuat sebuah pohon keputusan yang menggunakan pendekatan secara top-down [5]. Algoritma C4.5 merupakan jenis *supervised learning* karena, label kelas pada masing – mmasing data pelatihan tersedia [6]. Algoritma C4.5 memiliki aplikasi implementasi dari *open source* java yaitu, algoritma J48. Algoritma C4.5 dinilai memiliki tingkat *error* yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan jenis algoritma lainnya [7].

Berdasarkan uraian diatas maka penelitian ini dilakukan untuk menentukan jenis mesin *offset printing* yang sesuai untuk mencetak karton box *offset* berdasarkan kriteria – kriteria yang ada pada perusahaan. Pada penelitian ini menggunakan algoritma dengan menggunakan *open source* weka.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan kegiatan survei dan studi literatur untuk mengidentifikasi permasalahan. Permasalahan yang ada pada penelitian ini adalah penentuan jenis mesin *offset printing* yang masih secara subjektif. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data produk box *offset* yang dibuat, kuantitas pada setiap produk, tingkat kompleksitas, dan jenis mesin *offset printing* yang digunakan.

Setelah dilakukan pengumpulan data, maka dilakukan pengolahan data *training* atau *training samples. Training samples* adalah sampel yang digunakan untuk membangun model klasifikasi, yang dalam hal ini adalah pohon keputusan [8]. Melalui proses ini, maka akan didapatkan entropi dan *gain.* Entropi adalah ukuran yang dapat mengetahui karakteristik dari ketidakmurnian (*impurity*) dan homogenitas dari kumpulan data. Melalui hasil entropi tersebut, kemudian dihitung *information gain*. *Information gain* adalah ukuran efektifitas pada suatu atribut dalam pengklasifikasian data. Setelah mendapatkan nilai *information gain,* yang dilakukan normalisasi dari *information gain* dengan memperhitungkan entropi dari distribusi probabilitas subset setelah dilakukan partisi. Langkah ini disebut dengan *gain ratio.* Selanjutnya adalah membuat simpul pohon keputusan berdasarkan entropi dan *gain* tertinggi. Langkah penghitungan entropi dan *gain* dilakukan berulang hingga pohon keputusan dapat mencakup kriteria dan keputusan yang diambil.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data dari mesin *offset printing* yang dilakukan dari penelitian ini adalah 80 data pencetakan karton box. Berdasarkan tabel 1, dapat diperoleh hasil sesuai sebanyak 60 data pengujian sesuai dan 20 pengujian tidak sesuai. Pengujian validasi sistem dengan *tools* weka diperoleh hasil validasi sebesar 75%.

TABEL I. PERBANDINGAN SISTEM DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA C4.5

No.	Produk	Keterangan	No	Produk	Keterangan
1	Produk 1	Sesuai	15	Produk 15	Sesuai
2	Produk 2	Sesuai	16	Produk 16	Sesuai
3	Produk 3	Sesuai	17	Produk 17	Tidak Sesuai
4	Produk 4	Sesuai	18	Produk 18	Sesuai
5	Produk 5	Tidak Sesuai	19	Produk 19	Tidak Sesuai
6	Produk 6	Sesuai	20	Produk 20	Sesuai
7	Produk 7	Tidak Sesuai	21	Produk 21	Sesuai
8	Produk 8	Tidak Sesuai	22	Produk 22	Tidak Sesuai
9	Produk 9	Sesuai	23	Produk 23	Sesuai
10	Produk 10	Tidak Sesuai	24	Produk 24	Sesuai
11	Produk 11	Sesuai	25	Produk 25	Sesuai
12	Produk 12	Tidak Sesuai	26	Produk 26	Sesuai
13	Produk 13	Tidak Sesuai	27	Produk 27	Tidak Sesuai
14	Produk 14	Sesuai	28	Produk 28	Sesuai
29	Produk 29	Tidak Sesuai	55	Produk 55	Sesuai
30	Produk 30	Sesuai	56	Produk 56	Tidak Sesuai
31	Produk 31	Sesuai	57	Produk 57	Tidak Sesuai
32	Produk 32	Sesuai	58	Produk 58	Sesuai
33	Produk 33	Sesuai	59	Produk 59	Tidak Sesuai
34	Produk 34	Sesuai	60	Produk 60	Tidak Sesuai
35	Produk 35	Tidak Sesuai	61	Produk 61	Sesuai
36	Produk 36	Tidak Sesuai	62	Produk 62	Sesuai
37	Produk 37	Sesuai	63	Produk 63	Sesuai
38	Produk 38	Sesuai	64	Produk 64	Sesuai
39	Produk 39	Sesuai	65	Produk 65	Sesuai
40	Produk 40	Sesuai	66	Produk 66	Sesuai
41	Produk 41	Sesuai	67	Produk 67	Sesuai
42	Produk 42	Sesuai	68	Produk 68	Sesuai
43	Produk 43	Sesuai	69	Produk 69	Sesuai
44	Produk 44	Sesuai	70	Produk 70	Sesuai
45	Produk 45	Sesuai	71	Produk 71	Sesuai

ISBN 978-623-92050-0-3

No.	Produk	Keterangan	No	Produk	Keterangan
46	Produk 46	Sesuai	72	Produk 72	Sesuai
47	Produk 47	Sesuai	73	Produk 73	Sesuai
48	Produk 48	Sesuai	74	Produk 74	Sesuai
49	Produk 49	Tidak Sesuai	75	Produk 75	Sesuai
50	Produk 50	Tidak Sesuai	76	Produk 76	Sesuai
51	Produk 51	Sesuai	77	Produk 77	Sesuai
52	Produk 52	Sesuai	78	Produk 78	Tidak Sesuai
53	Produk 53	Sesuai	79	Produk 79	Sesuai
54	Produk 54	Sesuai	80	Produk 80	Sesuai

Classifier output

```
=== Evaluation on training set ===

Time taken to test model on training data: 0 seconds

=== Summary ===

Correctly Classified Instances          60               75      %
Incorrectly Classified Instances        20               25      %
Kappa statistic                          0.5003
Mean absolute error                      0.3197
Root mean squared error                  0.3998
Relative absolute error                 63.9851 %
Root relative squared error             79.9913 %
Total Number of Instances               80

=== Detailed Accuracy By Class ===

               TP Rate  FP Rate  Precision  Recall   F-Measure  MCC      ROC Area  PRC Area  Class
               0.732    0.231    0.769      0.732    0.750      0.501    0.831     0.791     Offset Printing 6 Colour
               0.769    0.268    0.732      0.769    0.750      0.501    0.831     0.819     Offset Printing 2 Colour
Weighted Avg.  0.750    0.249    0.751      0.750    0.750      0.501    0.831     0.805

=== Confusion Matrix ===

  a  b   <-- classified as
 30 11 |  a = Offset Printing 6 Colour
  9 30 |  b = Offset Printing 2 Colour
```

Gambar 1. Hasil *Output* Weka

Pada Gambar 1 dapat disimpulkan bahwa data 80 data yang diuji menggunakan *tools* Weka berdasarkan algoritma C4.5, menghasilkan presentase sebesar 75% dimana 60 data dari 80 data terklasifikasi dengan benar. Adapun, pohon klasifikasi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pohon Klasifikasi Penentuan Jenis Mesin *Offset Printing*

ISBN 978-623-92050-0-3

Dimana *rule* yang dihasilkan oleh gambar 2 adalah:

1. *IF* jumlah warna >6, *THEN offset printing 6 colour.*
2. *IF* jumlah warna <=6, tingkat kompleksitas rendah, *THEN offset printing 2 colour.*
3. *IF* jumlah warna <=6, tingkat kompleksitas sedang, kuantitas ekspektasi <=3400, kuantitas ekspektasi <=2200, jumlah warna <=3, *THEN offset printing 6 colour.*
4. *IF* jumlah warna <=6, tingkat kompleksitas sedang, kuantitas ekspektasi <=3400, kuantitas ekspektasi <=2200, jumlah warna >3, *THEN offset printing 2 colour.*
5. *IF* jumlah warna <=6, tingkat kompleksitas sedang, kuantitas ekspektasi <=3400, kuantitas ekspektasi >2200, *THEN offset printing 6 colour.*
6. *IF* jumlah warna <=6, tingkat kompleksitas sedang, kuantitas ekspektasi >3400, *THEN offset printing 2 colour*.
7. *IF* jumlah warna <=6, tingkat kompleksitas tinggi, kuantitas ekspektasi <=1800, *THEN offset printing 2 colour*.
8. *IF* jumlah warna <=6, tingkat kompleksitas tinggi, kuantitas ekspektasi >1800, kuantitas ekspektasi <=2000 THEN offset printing 6 colour.
9. *IF* jumlah warna <=6, tingkat kompleksitas tinggi, kuantitas ekspektasi >1800, kuantitas ekspektasi >2000, kuantitas ekspektasi <=4400, *THEN offset printing 2 colour*.
10. *IF* jumlah warna <=6, tingkat kompleksitas tinggi, kuantitas ekspektasi >1800, kuantitas ekspektasi >2000, kuantitas ekspektasi >4400, *THEN offset printing 6 colour.*

IV. KESIMPULAN

Sistem pendukung keputusan telah berhasil dirancang menggunakan algoritma C4.5 dengan hasil pengujian menunjukkan prosentase kebenaran sebesar 75%. Pohon klasifikasi yang dihasilkan melalui algoritma C4.5 dapat membantu perusahaan dalam menentukan jenis mesin *offset printing* yang digunakan untuk mencetak karton box *offset.*

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Statistik dan Rekayasa Kualitas, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas segala bentuk dukungan dalam keikutsertaan pada kegiatan Seminar Nasional Teknik Industri (SENTI) 2019 yang diadakan oleh Departemen Teknik Mesin dan Industri , Universitas Gajah Mada.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Pramudana, Tantrika, DP Andriani. 2017. *Analisis Keputusan Untuk Pembelian Mesin Protos dengan Menggunakan Decision Tree dan Analisis Sensitivitas (Studi Kasus: PT. Bintang Sayap Utama, Kepanjen, Kabupaten Malang). Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri* Vol 5 No. 1 hal. 41 – 51, Januari 2017

[2] R. Zahabiyah dan D. P. Andriani, "Analisis Kelayakan Investasi Pembelian Truk Sebagai Armada Transportasi Pengiriman Produk Pada PT. Jaya Beton Indonesia," Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri, Vol. 7 (2), pp. 10-22, 2019.

[3] Sodikin dan Mashuri. 2012. *Penjadwalan Produksi Pada Sistem Manufaktur Repetitive Make To Order Flow Shop Melalui Pendekatan Theory Of Constraints*. *Jurnal Teknologi Technoscientia* Vol 4 No. 2 hal. 173 – 183, Februari 2012

[4] Ningsih, Irfan Damanik, Indra Gunawan, dan Widodo Saputra. 2017 *Sistem Pendukung Keputusan Dengan Menggunakan Metode Electre Dalam Menentukan Penerima Program Indonesia Pintar (PIP) Melalui Kartu Indonesia Pintar (KIP) (Studi Kasus: Sd Swasta Al – Washliyah Moho Kabupaten Simalungun). Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer* Volume 1 No. 1 hal. 264 – 275, Oktober 2017

[5] Oktavia, Rahmadwati, dan Purnomo Budi. 2015. *Analisis Kinerja Algoritma C4.5 Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Jenis Pelatihan*. *Jurnal EECCIS* Vol. 9, No. 2 hal. 144 – 149, Desember 2015

[6] Han dan Kamber. 2006. *Data Mining: Concepts and Techniques.* San Fransisco: Elsevier Inc.

[7] Sharma dan Sahni. 2011. A Comparative Study of Classification Algorithms for Spam Email Data Analysis. *International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE)* Vol. 3 No. 5 Hal. 1890 – 1895, Mei 2011

[8] Julianto, Rika Yunitrarini, dan Mochamad Sophan. 2014. *Algoritma C4.5 Untuk Penilaian Kinerja Karyawan.* SCAN Vol. IX No. 2 Hal. 33 – 39, Juni 2014

ISBN 978-623-92050-0-3

Pengaruh Serat Alam dari Limbah Kayu Bangkirai Terhadap *Modulus Elastisitas* Material Komposit

1st Andromeda Dwi Laksono
Program Studi Teknik Material dan Metalurgi
Institut Teknologi Kalimantan
Balikpapan, Indonesia
andromeda@itk.ac.id

2nd Lusi Ernawati
Program Studi Teknik Kimia
Institut Teknologi Kalimantan
Balikpapan, Indonesia
lusiernawati@itk.ac.id

3rd Desy Maryanti
Program Studi Teknik Material dan Metalurgi
Institut Teknologi Kalimantan
Balikpapan, Indonesia
desymaryanti25@gmail.com

Abstract*–Pemanfaatan limbah kayu perlu dikembangkan sehingga keberadaanya dapat berguna bagi masyarakat. Salah satunya dengan teknologi komposit serat alam yang dapat dihasilkan dari serat alam seperti limbah kayu bangkirai. Dengan menggabungkan polimer *polyester*, penelitian studi komposit bangkirai-*polyester* telah dilakukan. Perbandingan antara limbah serbuk bangkirai dengan *polyester* yaitu 1:5. Pengujian sifat mekanik komposit didukung dengan pengujian material asalnya dilakukan dengan uji *bending*. Nilai modulus elastisitas komposit pada penelitian ini didapatkan 1,98 GPa dan hasil pola patahan pengujian *bending* mengalami patahan getas dan analisis SEM menunjukkan jika komposit mengalami kegagalan berupa *void.

Keywords*—kayu bangkirai, komposit, *polyester, modulus elastisitas

I. PENDAHULUAN

Limbah kayu banyak didapatkan dari kegiatan produksi pabrik-pabrik kayu. Limbah ini belum dapat dimanfaatkan dengan baik sehingga semakin lama semakin bertambah jumlah limbah kayu. Limbah kayu merupakan sisa potongan kecil-kecil baik sisa potongan atau sisa belahan kayu dari hasil produksi. Kementerian Lingkungan Hidup atau Kantor Gubernur atau kantor Kabupaten dan Kodya di beberapa tempat nampaknya belum mengeluarkan petunjuk jelas tentang bagaimana memanfaatkan limbah kayu potongan. Di lain sisi pabrik-pabrik kayu belum juga memikirkan secara serius bagaimana menangani limbah potongan kayu yang makin melimpah jumlahnya [1].

Kayu bangkirai merupakan salah satu jenis kayu yang umum digunakan dalam industri pengolahan kayu di Kalimantan. Kayu Bangkirai sering digunakan dalam pembuatan kusen pintu dan jendela karena tahan terhadap kelembaban dan organism perusak kayu. Penggunaan jenis kayu ini cukup tinggi sehingga berpotensi menghasilkan limbah yang cukup tinggi pula [2]. Kayu bangkirai ialah salah satu bahan dari serat alam yang masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Dalam bidang teknologi material, bahan-bahan serat alam merupakan kandidat sebagai bahan penguat untuk dapat menghasilkan bahan komposit yang ringan, kuat, ramah lingkungan serta ekonomis [3].

Komposit merupakan sebuah material yang terdiri atas dua komponen atau lebih yang berbeda baik secara fisik, sifat, serta strukturnya. Jika dicampurkan menjadi satu akan membentuk sebuah ikatan mekanik secara makroskopik struktur homogen sedangkan secara mikroskopik strukturnya heterogen. Penggabungan dari dua atau lebih material yang berbeda inilah akan mengembangkan dan memperbaiki sifat-sifat mekanik dari material penyusunnya diantaranya adalah kekuatan, kekakuan, ketahanan korosi, konduktivitas termal, dan ketahanan fatik. Selain itu, komposit terdiri atas dua atau lebih fase berbeda, yaitu diskontinyu memiliki kekuataan dan kekakuan lebih tinggi sebagai material penguat dan kontinyu yang mengikat material penguat disebut sebagai matriks. Interaksi antara matriks dengan penguat, jenis, ukuran, dan distribusi penguat akan mempengaruhi sifat komposit yang dihasilkan [4].

Dengan menggabungkan matriks komersial yaitu *polyester* dengan limbah kayu bangkirai diharapkan dapat meningkatkan modulus elastisitas untuk mendukung pemanfaatan alternatif komposit. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui modulus elastisitas dari pengujian *bending* dan morfologi pola patahan komposit yang akan ditunjang dengan menggunakan mikroskop optik dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

II. METODE

Penelitian ini dilaksanakan secara bertahap meliputi persiapan serat alam serbuk kayu bangkirai, pembuatan cetakan, pembuatan komposit, pengujian *bending*, dan fraktografi.

ISBN 978-623-92050-0-3

A. Persiapan Serat Alam Serbuk Kayu Bangkirai

Serbuk kayu bangkirai disiapkan sebagai pengisi yang akan digunakan. Serbuk kayu bangkirai dihaluskan dengan menumbuk kemudian diayak menggunakan mesh 40 atau ukuran sekitar 425 µm. Setelah itu, serbuk kayu bangkirai dikeringkan selama 30 menit menggunakan oven pada temperatur 115 ºC. Serbuk yang sudah kering kemudian ditimbang dengan perbandingan antara serbuk kayu bangkirai dan *polyester* yaitu 1:5.

B. Pembuatan Cetakan

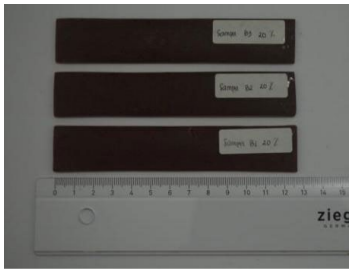
Desain cetakan disesuaikan dengan standar internasional ASTM D 790 untuk cetakan uji *bending* dari bahan *infraboard* seperti pada Gambar 1. Cetakan yang sudah jadi, dilapisi alumunium foil agar resin tidak menempel dan tidak memasuki rongga cetakan.



Gambar 1. Cetakan berdasarkan ASTM D 790

C. Pembuatan Komposit

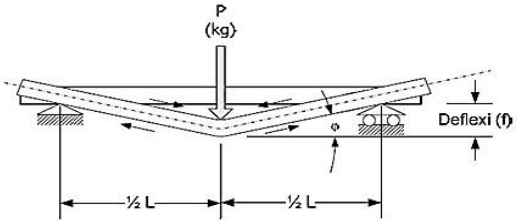
Pembuatan komposit dilakukan dengan metode *hand lay up*. Langkah pertama, disiapkan wadah pencampuran resin *polyester* tak jenuh, serbuk kayu bangkirai, dan katalis yang akan dibuat menjadi komposit. Resin *polyester* tak jenuh dengan serbuk kayu bangkirai dicampurkan dan ditambahkan katalis sebanyak 6 tetes ke dalam wadah kemudian diaduk hingga tercampur rata. Hasil pencampuran tersebut dituangkan ke dalam cetakan dan diratakan menggunakan *roller*. Kemudian komposit dikeringkan pada temperatur ruang. Setelah kering, komposit diambil dan dilakukan validasi dimensi sesuai standar ASTM D 790. Sampel yang memiliki kelebihan ukuran dimensi dilakukan proses penghalusan menggunakan kertas amplas grade 80-1000. Hasil pembuatan komposit seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Sampel Uji *Bending* Fraksi Volume dengan perbandingan antara serbuk kayu bangkirai dan *polyester* yaitu 1:5

D. Pengujian Bending

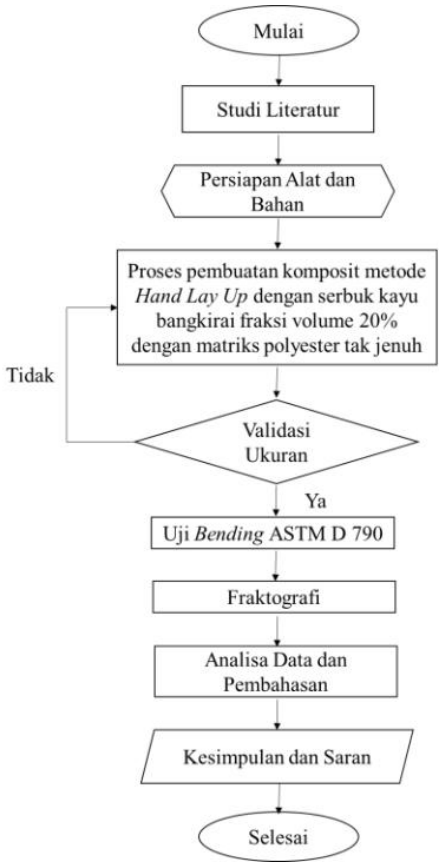
Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui modulus elastisitas dari komposit yang sudah dibuat berdasarkan standar ASTM D 790. Pengujian dilakukan di Badan Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya. Sampel komposit dilakukan pengujian *bending* dengan pemberian beban seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema Pengujian *Bending* [5]

E. Fraktografi

Tujuan pengujian fraktografi untuk menganalisa kegagalan setelah uji *bending* berupa pola patahan dengan pengamatan morfologi menggunakan mikroskop optik dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).



Gambar 4. *Flowchart* Penelitian

ISBN 978-623-92050-0-3

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pembuatan Komposit

Dalam penelitian ini, proses pembuatan komposit dilakukan dengan menggunakan metode *hand lay up*. Komposit dicetak sesuai dengan standar ASTM D 790 yang nantinya digunakan sebagai spesimen uji *bending*. Komposit dibuat dari limbah serbuk kayu bangkirai sebagai penguat dengan matriks berbahan *polyester*. Gambar 5 menunjukkan tiga spesimen dengan kondisi yang berbeda. Terlihat pada Gambar 5(b) dapat diamati bahwa peningkatan sedikit fraksi filler serbuk bangkirai dalam pembuatan sampel komposit memiliki pengaruh yaitu menimbulkan warna sampel menjadi relatif lebih gelap bahkan lebih gelap dari Gambar 5(a) maupun Gambar 5(c). Hal ini dikarenakan penambahan fraksi filler kayu bangkirai sebagai penguat memiliki pengaruh dalam persebaran cahaya dalam komposit bermatriks *polyester* yang dalam hal ini polyester memiliki sifat yang mampu mentransmisikan cahaya sedangkan kayu bangkirai tidak mampu. Selain itu, fraksi serbuk limbah kayu bangkirai terlihat merata tersebar ke berbagai sisi.

B. Hasil Pengujian Bending

Penelitian ini juga melakukan peninjauan pada sifat mekanik berdasarkan pengaruh fraksi *filler* dalam material komposit *polyester* berpenguat limbah serbuk kayu bangkirai. Peninjauan sifat mekanik dalam pengujian ini adalah besar nilai modulus elastisitas yang menunjukkan jika bahan memiliki kekakuan sehingga dapat menahan tekanan besar yang dikenakan padanya tanpa terjadinya deformasi [5]. Nilai modulus elastisitas pada masing-masing komposit dengan fraksi *filler* yang berbeda selanjutnya dikorelasikan dengan pengujian sifat akustik pada material komposit polyester berpenguat limbah serbuk kayu bangkirai. Berikut hasil data pengujian bending berdasarkan fraksi filler sesuai standar ASTM D 790. Komposit polyester berpenguat limbah serbuk kayu bangkirai pada penelitian ini digunakan untuk aplikasi bahan panel dinding yang pada arsitektur berfungsi sebagai pengontrol kebisingan. Oleh karena itu diperlukan pengujian bending komposit *unsaturated polyester* resin berpenguat limbah serbuk kayu bangkirai. Uji bending komposit dilakukan di Badan Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya. Hasil data modulus elastisitas dikomparasikan dengan data dari referensi lain yang ditampilkan pada Tabel 1.

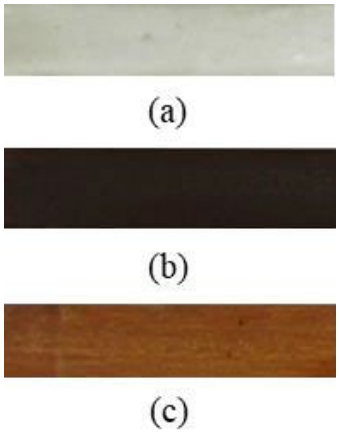
TABEL 1. NILAI MODULUS ELASTISITAS *BENDING*

Nama	**Modulus Elastisitas (GPa)**	**Sumber**
Polyester	1,46	Penelitian ini
Kayu Bangkirai	1,57	Penelitian ini
Komposit Bangkirai-*Polyester*	1,98	Penelitian ini
Komposit Jati-PVAc	0,11	[6]
Komposit Nilon-*Epoxy*	1,08	[7]
Komposit Pinang-*Polyester*	1,98	[8]

Dari Tabel 1 dapat diamati hasil pengujian *bending* berupa nilai modulus elastisitas dari material asal (*polyester* dan kayu bangkirai) dan berbagai penelitian komposit berbasis serat alam. Data menunjukkan komposit Bangkirai-*Polyester* dengan perbadingan 1:5 memiliki modulus eleastisitas lebih baik dibanding material asalnya. Dengan adanya partikel berupa pengisi, maka pada beberapa daerah pada resin sebagai matriks akan terisi oleh partikel sehingga pada saat terjadi *interlamellar stretching*, deformasi yang terjadi pada bagian *amorph* dapat di minimalisir oleh partikel. Mekanisme penguatannya adalah bahwa dengan adanya partikel, maka jarak antara bagian polimer yang strukturnya kristalin (berbentuk seperti *lamellar*) akan diperpendek oleh adanya partikel tadi. Dengan jumlah partikel yang ada, maka deformasi yang terjadi juga akan semakin berkurang karena beban yang sebelumnya diterima oleh matriks akan diteruskan atau ditanggung juga oleh partikel sebagai penguat. Hal inilah yang menyebabkan pada komposit bangkirai-*polyester* pada penelitian ini mempunyai memiliki modulus elastisitas lebih tinggi dibanding material asalnya dikarenakan beban yang diberikan pada spesimen akan terdistribusi secara merata dan disanggah oleh partikel. Sedangkan matriks akan lebih berfungsi sebagai pendistribusi tegangan [9].

Komposit *polyester* berpenguat limbah serbuk kayu bangkirai memiliki nilai modulus elastisitas yang lebih tinggi dibanding komposit matriks lem fox PVAc berpenguat serbuk kayu jati, komposit *Epoxy* berpenguat serat Nilon, dan komposit *polyester* berpenguat serat pinang. Penambahan *filler* berupa serbuk atau serat ke dalam matriks bertujuan meningkatkan kekakuan material melalui penyebaran tekanan yang efektif di antara serat dan matriks [10]. Sifat komposit tergantung dari sifat bahan penyusunnya. Kekuatan komposit serat ditentukan oleh serat yang digunakan [8]. Dengan besar nilai modulus elastisitas pada komposit Bangkirai-*Polyester* sebesar 1,98 GPa sudah menunjukkan angka yang cukup tinggi untuk sebuah limbah kayu. Di sisi lain, komposit Bangkirai-*Polyester* hampir memenuhi nilai minimal modulus elastisitas sebesar 2,07 GPa untuk aplikasi panel dinding [11].

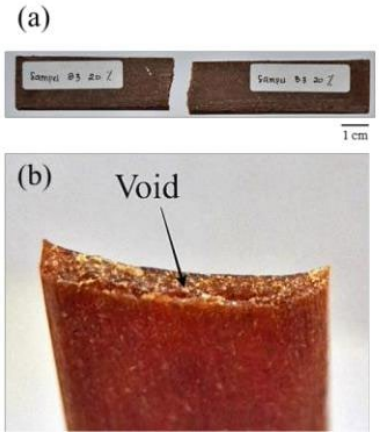
ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 5. Sampel Uji *Bending* (a) Resin Polyester Tak Jenuh,(b) Komposit Kayu Bangkirai-Polester Perbandingan 1:5, (c) Kayu Bangkirai

C. *Fraktografi*

Berdasarkan pengamatan pada Gambar 6 menunjukkan hasil patahan dari pengujian *bending*. Analisa patahan pada komposit bersifat getas (*brittle fracture*) ditunjukkan dengan butir-butir halus pada permukaan patahan spesimen. Selain itu terdapat *void* dengan meningkatan jumlah fraksi *filler* dikarenakan pembuatan komposit yang relatif lebih sulit sehingga menimbulkan porositas yang relatif lebih tinggi. Porositas adalah gelembung udara yang terjebak saat proses pembuatan komposit yang merupakan salah satu kelemahan dari metode *hand lay up* [12].



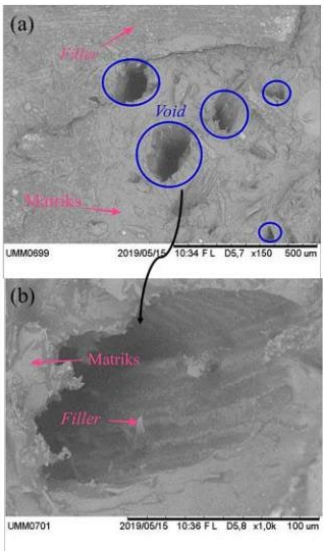
Gambar 6. Hasil Patahan Pengujian *Bending* (a) tampak atas, (b) tampak samping

Untuk mendukung analisa patahan, dilakukan pengamatan mikro dengan tujuan melihat morfologi material yang telah menjalani pengujian *bending*. Hasil pengamatan mikro pada Gambar 7 dapat menunjukkan pengisi pada modulus elastisitas material komposit, pada material komposit berpenguat limbah serbuk kayu bangkirai memiliki persebaran yang merata sehingga nilai modulus elastisitas yang dihasilkan cukup tinggi. Selain itu kemampuan ikat matriks *polyester* dapat menghasilkan nilai modulus elastisitas yang tinggi. Hasil pengamatan kegagalan serta *interface* komposit merupakan interaksi antara matriks polimer dengan serbuk penguat yang berperan dalam mentransfer beban [13].



Gambar 7. Hasil Pengamatan Komposit Bangkirai-*Polyester* dengan Mikrsokop Optik

Pada hasil pengamatan mikroskop optik dan SEM pada Gambar 7 dan Gambar 8, terlihat adanya *void* yang menandakan jika gelembung udara terperangkap sehingga membentuk pori di dalam komposit Bangkrai-*Polyester*. *Void* merupakan hal yang tidak bisa dihindari terutama jika menggunakan metode *hand lay up*. Namun, dapat meminimalkan pembentukannya karena pada bagian *void* tersebut *filler* tidak terikat oleh matriks, sedangkan penguat selalu akan mentransfer tegangan ke matriks. Bila komposit menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah *void* sehingga akan mengurangi kekuatan komposit. Hal seperti ini menjadi penyebab munculnya *crack* sehingga komposit akan mengalami kegagalan lebih awal [14].



Gambar 8. Hasil Pengamatan Komposit Bangkirai-*Polyester* dengan SEM

ISBN 978-623-92050-0-3

IV. KESIMPULAN

Dari pengujian *bending* komposit berpenguat limbah serbuk kayu bangkirai dengan matriks *polyester* diperoleh data modulus elastisitas dengan perbandingan 1 (serbuk bangkirai) : 5 (*polyester*) sebesar 1,98 GPa. Nilai tersebut lebih besar dari material asal dan penelitian komposit serat alam terdahulu. Hasil pola patahan dari pengujian *bending* menunjukkan mengalami patahan getas dan analisis SEM menunjukkan jika komposit mengalami kegagalan berupa *void*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Institut Teknologi Kalimantan atas dukungan dana penelitian 2019 sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan lancar serta dapat menyelesaikan penulisan karya ilmiah ini dengan baik

DAFTAR PUSTAKA

[1] I. W. Sutarman, "Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu di Kota Denpasar (Studi Kasus pada CV Aditya)," Penelit. dan Apl. Sist. dan Tek. Ind., vol. 10, no. 1.

[2] W. Yulianto, D. N. Koroh, and H. Herianto, "Karakteristik Papan Semen Partikel Kayu Bangkirai (Shorea leavis RIDL) dan Meranti Merah (Shorea parvifolia Endert) dari Limbah Pengolahan Kayu," Hutan Trop., Vol. 9, No. 2, 2014, Pp. 77–88.

[3] B. Maryanti, A. A. ad Sonief, and S. Wahyudi, "Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik," Rekayasa Mesin, vol. 2, no. 2, 2011, pp. 123–129.

[4] M. W. Prihantoro, H. Yudo, and P. Manik, "Analisa Teknis Penggunaan Serat Pelepah Siwalan (Borassus Flabellifer) sebagai Alternatif Material Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tekuk Dan Impak," J. Tek. Perkapalan, vol. 5, no. 3, 2017.

[5] R. Ririnsia Harra Hau, I. Yulianti, S. Kahumbu Hau, and S. Dappa Talu, Modulus Elastisitas Bambu Betung Dengan Variabel Panjang. 2016.

[6] A. Krisdianto, S. T. Wijianto, M. Eng, and I. P. Pramuko, "Karakteristik Komposit Serbuk Kayu Jati Dengan Fraksi Volume 25%, 30%, 35% Terhadap Uji Bending, Uji Tarik Dan Daya Serap Bunyi Untuk Dinding Peredam Suara." Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.

[7] N. H. Sari and S. Sinarep, "Analisa Kekuatan Bending Komposit Epoxy Dengan Penguatan Serat Nilon," Din. Tek. Mesin J. Keilmuan dan Terap. Tek. Mesin, vol. 1, no. 1, 2011.

[8] P. Hapiz, A. Doyan, and P. Sedijani, Uji Mekanik Material Komposit Serat Pinang, vol. 4. 2018.

[9] F. Gapsari and P. H. Setyarini, "Pengaruh Fraksi Volume terhadap Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Resin Berpenguat Serbuk Kayu," Rekayasa Mesin, vol. 1, no. 2, 2012, pp. 59–64.

[10] S. Slamet, "Komposit Partikel Serbuk Gergaji Kayu (Sawdust) Dengan Resin Urea Formaldehid Sebagai Bahan Baku Utama Box Speaker," Maj. Ilm. Momentum, vol. 9, no. 1, 2013. ASTM D5319-97, "Standard Specification for Glass-Fiber Reinforced Polyester Wall and Ceiling Panels," ASTM Int., no. Standard Specification for Glass-Fiber Reinforced Polyester Wall and Ceiling Panels, 1997.

[12] R. H. Setyanto, "Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya," Performa Media Ilm. Tek. Ind., vol. 11, no. 1, 2012.

[13] N. Nayiroh, "Teknologi Material Komposit," Yogyakarta. Ebaltadiaksesdari www. ebalta. de/rs/datasheet/en, 2013.

[14] A. Saidah, S. E. Susilowati, and Y. Nofendri, "Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Serat Jerami Padi Epoxy Dan Serat Jerami Padi Resin Yukalac 157," J. Konversi Energi dan Manufaktur UNJ, vol. 5, no. 2, 2018, pp. 96–101.

ISBN 978-623-92050-0-3

Identifikasi Waktu Kerusakan Mesin Ditinjau dari Tingkat Keandalan, Waktu Perbaikan, dan Spesifikasi Mesin

1st Chieka Nabella Primanocthora
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
Chiekanabella@gmail.com

2nd Subagyo
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogjakarta, Indonesia
subagyo@ugm.ac.id

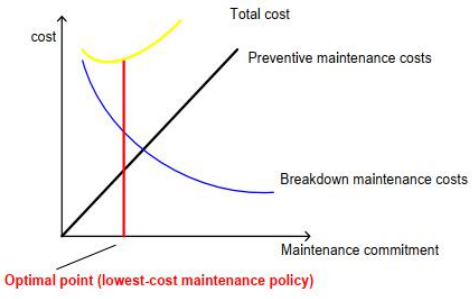
***Abstract*— Prediksi waktu kerusakan mesin dapat ditinjau dari tingkat keandalan, waktu penggunaan dan karakteristik yang dimiliki oleh mesin. Pada penelitian ini prediksi waktu kerusakan didekati dengan menggunakan Distribusi Weibull. Penelitian ini dilakukan untuk mesin-mesin yang termasuk kategori kritis, dengan karakteristik yang memiliki implikasi pertimbangan efek kerusakan mesin pada sistem produksi, frekuensi kerusakan mesin, waktu perbaikan mesin saat terjadi kerusakan, dan penentuan tingkat skala prioritas. Sehingga didapatkan delapan mesin yang termasuk dalam kategori kritis dan dilakukan prediksi waktu kerusakannya dengan berdasarkan nilai keandalan yang dimiliki. Berdasarkan hasil evaluasi diperoleh jadwal perawatan yang optimal untuk mesin-mesin yang ditinjau.**

Keywords*—waktu kerusakan mesin, tingkat keandalan, mesin kritis, Distribusi *Weibull

I. PENDAHULUAN

Perawatan merupakan aspek yang erat kaitannya dalam aplikasi industri, dan perawatan memiliki karakteristik sendiri yang tergantung pada peralatan atau mesin yang digunakan di dalam perusahaan [1]. Karakteristik tersebut akan mempengaruhi keputusan perawatan termasuk derajat perawatan dan konsumsi sumber daya dari tindakan perawatan yang dilakukan [1]. Kegiatan aplikasi suatu industri memiliki suatu sistem yang diperlukan untuk menjalankan proses produksi, dan untuk mempertahankan sistem tersebut supaya bekerja secara maksimal, diperlukan tindakan perawatan untuk peralatan yang mengalami penurunan kualitas [2]. Tindakan perawatan yang dapat dilakukan seperti mengganti kerusakan yang terjadi, melakukan tindakan pencegahan, melakukan perbaikan minimal *(preventive atau corrective maintenance)* [2]. Seiring dengan bertambahnya usia mesin dan juga penggunaan mesin, mesin dapat mengalami penurunan performansi yang membuat mesin menjadi tidak operasional lagi. Laju penurunan mesin atau peralatan dapat berpengaruh dari banyak faktor, termasuk keputusan yang dibuat selama tahap desain dan manufaktur, lingkungan operasi, intensitas penggunaan, keterampilan operator dan lain-lain. Penurunan (degradasi) dapat dikontrol melalui tindakan *preventive maintenance* yang tepat [3]. *Preventive Maintenance* memiliki fokus utama dalam hal penjadwalan perawatan mesin pada interval waktu yang telah ditentukan, untuk menjaga mesin tidak mengalami *breakdown* saat proses produksi berlangsung [4].

Penentuan dalam melakukan kebijakan perawatan untuk pencegahan maupun setelah terjadinya kerusakan akan mempengaruhi faktor pembiayaan. Karena semakin sering kegiatan perawatan dilakukan, menyebabkan biaya yang dibutuhkan semakin membesar. Semakin besar skala/volume produksi menunjukkan kebutuhan tenaga kerja perawatan yang tinggi karena banyak kegiatan produksi yang perlu di monitor. Sehingga dapat dikatakan biaya perawatan berbanding lurus dengan frekuensi perawatan dan skala perusahaan [5]. Hubungan biaya pemeliharaan pencegahan dan *breakdown* dengan total biaya [6] dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan *preventive maintenance* dan *breakdown maintenance* dengan biaya [6]

Ketersediaan sistem secara keseluruhan dievaluasi dengan menghitung probabilitas mesin atau peralatan dalam kondisi kerja. Secara umum, konfigurasi mesin dan proses produksi dilakukan dengan asumsi semua mesin benar-benar andal dan dapat bekerja setiap saat, yang dalam aktualnya belum tentu terjadi seperti itu. Kerusakan pada mesin dapat menyebabkan masalah

ISBN 978-623-92050-0-3

pada penjadwalan, sehingga menurunkan produktivitas yang ingin dicapai oleh perusahaan [7].

Sebuah perusahaan minyak dan gas yang berada di Indonesia merupakan salah satu perusahaan yang memiliki fasilitas terlengkap. Dalam menunjang kegiatan proses produksi yang dilakukan suatu perusahaan tersebut, terdapat mesin atau peralatan yang disediakan oleh perusahaan yang terdiri dari empat sistem, yaitu *preheater, fractional system, overhead system* dan *stabilizer & splitter system*. Mesin atau peralatan tersebut harus mampu bekerja secara optimal, dan untuk menjaga kinerja mesin tersebut, maka perusahaan perlu melakukan perawatan terhadap mesin-mesin yang dimiliki. Semakin beragamnya produk yang diproduksi oleh kilang, membuat banyak aset yang kompleks, sehingga kecelakaan besar yang terjadi karena kegagalan aset sering kali merupakan peristiwa alamiah pada kilang minyak dan gas [8].

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah melihat waktu kerusakan mesin berdasarkan tingkat keandalan, waktu penggunaan dan spesifikasi mesin yang digunakan. Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan menginformasikan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi [9]. Sebelum mengetahui waktu kerusakan pada mesin atau peralatan dilakukan, terlebih dahulu dilakukan penentuan mesin atau peralatan kritis yang terdapat pada sistem proses produksi *preheater, fractional system, overhead system* dan *stabilizer & splitter system*.

II. METODE PENELITIAN

A. Penetuan Mesin Kritis

Langkah pertama yang dilakukan dalam melihat kemungkinan waktu kerusakan pada mesin adalah menentukan mesin atau peralatan kritis berdasarkan perhitungan waktu perbaikan yang dibutuhkan mesin atau peralatan ketika terjadi kerusakan, perhitungan frekuensi terjadinya kerusakan pada mesin atau peralatan dan penentuan tingkat skala prioritas dari masing-masing mesin atau peralatan yang digunakan oleh perusahaan.

Perhitungan waktu perbaikan mesin atau peralatan ketika mengalami kerusakan dilakukan dengan menggunakan PERT (*project evaluation and review technique)* dikarenakan memiliki waktu aktivitas yang bersifat probabilitas. Waktu aktivitas yang diasumsikan mengikuti distribusi beta yang disederhanakan. PERT dikembangkan untuk menyelesaikan ketidakpastian waktu, sehingga dikenal tiga perkiraan waktu (*three time estimates)* untuk masing-masing jaringan aktivitas yang akan memungkinkan melakukan estimasi atas rata-rata dan *varians* atas distribusi beta suatu aktivitas. Penentuan tiga estimasi waktu perbaikan mesin atau peralatan pada penelitian ini menggunakan *expert judgement.*

Hal tersebut dikarenakan perusahaan tidak memiliki data waktu perbaikan mesin atau peralatan yang terdapat di perusahaan. Tiga estimasi yang digunakan adalah waktu optimis yaitu waktu terpendek ketika melakukan perbaikan pada mesin yang mungkin terjadi. Waktu yang paling mungkin (*most likely)* yaitu waktu yang paling sering terjadi ketika melakukan perbaikan pada mesin. Waktu pesimis yaitu waktu terpanjang ketika melakukan perbaikan pada mesin yang mungkin dibutuhkan. Perhitungan yang digunakan untuk menentukan rata-rata waktu perbaikan mesin yakni:

$$t = \frac{(optimis + (4x most\ likely) + pesimis)}{6} \quad (1)$$

Perhitungan frekuensi terjadinya kerusakan pada mesin dilakukan untuk mengetahui jumlah kerusakan yang terjadi pada mesin atau peralatan yang berada di perusahaan.

Penentuan tingkat skala prioritas dilakukan dengan melakukan pembobotan nilai pada mesin atau peralatan di perusahaan ketika terjadi kerusakan, yang berdasarkan klasifikasi skala prioritas. Klasifikasi skala prioritas digunakan berdasarkan jenis penggunaan mesin atau peralatan seperti beroperasi semua (OS), paralel bergantian (PB), *parallel standby* (PS) dan *parallel auxiliary* (PA). Sistem prioritas dilakukan untuk memastikan kerusakan yang paling kritis dan membutuhkan perbaikan terlebih dahulu. Pembobotan dilakukan berdasarkan Tabel 1.

TABEL 1. KLASIFIKASI TINGKAT PRIORITAS (DUFFUA DAN RAOUF, 2015)

Prioritas		Waktu kerja mesin harus dimulai	Jenis Pekerjaan Mesin
Kode	Nama		
1.	Darurat (*Emergency)*	Pekerjaan harus segera dimulai	Pekerjaan yang memiliki efek langsung pada keselamatan, lingkungan, kualitas, akan mematikan proses produksi Pekerjaan yang cenderung berdampak pada keselamatan, lingkungan, kualitas atau penghentian proses produksi Pekerjaan yang kemungkinan akan berdampak pada produksi dalam seminggu Perawatan secara preventif dan rutin. Semua pekerjaan yang diprogram Pekerjaan yang tidak
2.	Penting *(Urgent)*	Pekerjaan harus dimulai dalam 24 jam	
3.	Normal (*Normal)*	Pekerjaan harus dimulai dalam 48 jam	
4.	Penjadwalan (*Scheduled)*	Sesuai jadwal	
5.	Dapat ditunda (*Postponable)*	Pekerjaan harus dimulai ketika sumber daya tersedia atau pada periode	

ISBN 978-623-92050-0-3

	shutdown	memiliki Dampak angsung pada keselamatan,kesehatan,lingkungan, atau proses produks

Hasil pengolahan data yang telah dilakukan, didapatkan delapan mesin atau peralatan yang termasuk kategori kritis. Kelompok mesin atau peralatan kritis dapat dilihat pada Tabel 2. Daftar Mesin atau Peralatan Kritis.

TABEL 2. DAFTAR MESIN ATAU PERALATAN KRITIS

No.	Mesin Kritis
1.	*Crude Charge Heater*
2.	*Kerosene Pump Around Pump*
3.	*Kerosene Pump Around Pump*
4.	*Heavy Diesel Oil Products Pump*
5.	*Heavy Diesel Oil Products Pump*
6.	*Light Diesel Oil Products Pump*
7.	*Light Diesel Oil Products Pump*
8.	*Crude Column Overhead Condensor*

B. Menghitung Nilai TBF (Time Between Failure) pada Mesin Kritis

Perhitungan dilakukan untuk mengetahui jarak antar kerusakan yang terjadi pada mesin atau peralatan kategori kritis. Nilai *time between failure* yang didapatkan akan menjadi data masukan untuk melihat waktu terjadinya kerusakan pada mesin atau peralatan yang berhubungan dengan waktu pemakaian mesin atau peralatan. Nilai *time between failure* tersebut diolah dengan menggunakan fitur *expertfit* pada *Software Flexsim* 2019 sehingga menghasilkan nilai β dan η yang termasuk ke dalam parameter Distribusi Weibull.

Penggambaran parameter β menentukan tingkat kerusakan yang sering terjadi. Tingkat kerusakannya adalah:

A. $0 < \beta < 1$ diindikasikan sebagai kerusakan berkurang sejalan dengan waktu atau dengan nama lain *early-life failure.* Atau dapat juga diindikasikan adanya pemasangan atau perbaikan dalam proses perawatan yang tidak tepat.
B. $\beta = 1$ diindikasikan kerusakan terjadi secara acak (tidak dipengaruhi oleh umur mesin*)* dan laju kerusakan yang terjadi bersifat konstan (tidak berubah). Hal ini dapat dikarenakan akibat kesalahan pada pemeliharaan yang dilakukan oleh manusia.
C. $1 < \beta < 4$ diindikasikan kerusakan *wear-out.* Laju kerusakan yang terjadi dapat meningkat sejalan dengan waktu pemakaian. Hal ini dapat dikarenakan akibat korosi, erosi dan lain-lain.
D. $\beta > 4$ menandakan mesin mengalami *wear-out.*

Parameter skala (η) merupakan parameter skala yang memiliki satuan yang sama dengan waktu (t) dan merupakan fungsi dari *mean time to failure* (MTTF).

C. Menghitung Keandalan Mesin

Perhitungan keandalan mesin dilakukan dengan menggunakan Distribusi Weibull. Distibusi Weibull digunakan untuk menguji pola data antara kerusakan aktual yang terjadi dengan pola nilai keandalan mesin yang dihitung menggunakan rumus keandalan pada Distribusi Weibull seperti di bawah ini [10] :

$$R(t) = e^{-(\frac{t}{\eta})^{\beta}} \quad (2)$$

Perhitungan dilakukan untuk mengetahui waktu perbaikan yang tepat dilakukan perusahaan untuk menjaga keandalan dari mesin atau peralatan yang digunakan supaya tidak berpengaruh terhadap jumlah maupun kualitas produktivitas yang dihasilkan oleh perusahaan.

D. Visualisasi Data

Visualisasi data dilakukan untuk melihat pengaruh tingkat keandalan dan waktu penggunaan mesin terhadap kemungkinan kerusakan mesin mengikuti Distribusi Weibull. Kemungkinan kerusakan yang dihasilkan dapat menjadi masukan untuk perusahaan dalam menentukan waktu pemeliharaan yang tepat, yang disesuaikan dengan tingkat keandalan yang diinginkan oleh perusahaan untuk mesin atau peralatan yang digunakan.

E. Prediksi Waktu Kerusakan Mesin

Prediksi waktu kerusakan mesin atau peralatan dilakukan dengan melihat nilai keandalan suatu mesin atau peralatan beserta waktu (hari) yang telah di visualisasikan sebelumnya. Perusahaan dapat menentukan waktu perawatan yang tepat, disesuaikan dengan tingkat keandalan yang diinginkan perusahaan untuk mesin atau peralatan yang termasuk kategori kritis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

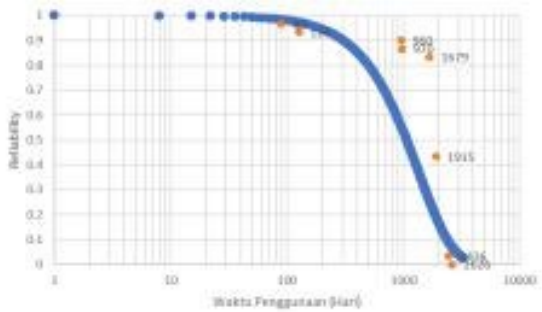
Prediksi waktu kerusakan yang dilakukan pada penelitian ini memiliki hubungan dengan keandalan. Fungsi reliabilitas merupakan fungsi matematik yang menyatakan hubungan keandalan dengan waktu, sesuai dengan pendapat [11] yang menyebutkan keandalan merupakan probabilitas suatu sistem akan berfungsi secara normal ketika digunakan untuk periode waktu yang diinginkan dalam kondisi operasi spesifik. Sehingga apabila mesin atau peralatan dioperasikan secara terus menerus maka seiring

ISBN 978-623-92050-0-3

berjalannya waktu, mesin atau peralatan tersebut akan mengalami penurunan keandalan (*reliability*). Dikarenakan fungsi keandalan (*reliability*) merupakan probabilitas, maka nilai fungsi keandalan (*reliability*) berada di antara nol dan satu.

A. Crude Charge Heater

Mesin *crude charge heater* yang digunakan dalam perusahaan minyak dan gas di Indonesia dalam penelitian ini menghasilkan energi panas sebesar 75.23x 10^6 Kcal/hr. Dikarenakan memiliki ukuran yang besar dan apabila terjadi kerusakan akan mengganggu proses produksi yang berlangsung, perlu dilakukan prediksi waktu kerusakan. Pada mesin *crude charge heater* didapatkan nilai β sebesar 1.5, yang menunjukkan bahwa kerusakan pada mesin dapat meningkat sejalan dengan waktu pemakaiannya. Hal tersebut bisa disebabkan perawatan pada mesin *crude charge heater* tidak dilakukan secara menyeluruh yang menyebabkan kerusakan semula hanya di 1 bagian dapat bertambah ke bagian lainnya. Dapat terlihat dari banyaknya kerusakan yang terjadi di dalam satu waktu. Seperti contohnya pada tahun 2014 di tanggal yang sama, ada perbaikan untuk *soot blower* sebanyak 12 kali dengan kode yang berbeda-beda pada mesin *crude charge heater*. Selain itu didapatkan juga nilai dari parameter skala η sebesar1366.84. Pengaruh tingkat keandalan dan waktu penggunaan terhadap kerusakan mesin *crude charge heater* mengikuti Distribusi Weibull dapat dilihat pada Gambar 2.



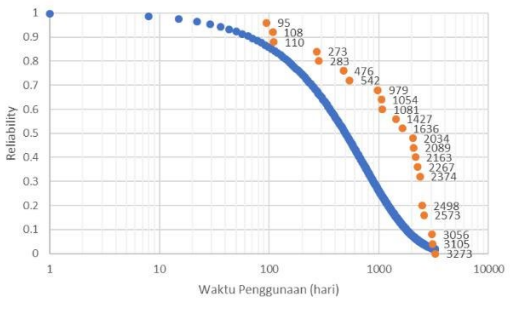
Gambar 2. Hubungan tingkat keandalan dengan waktu penggunaan pada mesin *crude charge heater*

Pada Gambar 2. merupakan visualisasi persamaan distribusi Weibull berdasarkan nilai keandalan mesin dengan waktu penggunaan mesin yang dibandingkan dengan waktu kerusakan aktual yang terjadi pada mesin *crude charge heater.* Terlihat pada data prediksi, semakin berjalannya waktu, maka probabilitas kerusakan pada mesin atau peralatan *crude charge heater* akan semakin tinggi. Hal tersebut dikarenakan keandalan yang dimiliki mesin semakin menurun. Namun berdasarkan data kerusakan aktual, kerusakan yang terjadi memiliki rentang waktu kerusakan yang berjauhan. Selain itu terdapat beberapa kerusakan yang terjadi di tanggal yang sama.

Oleh sebab itu penting bagi perusahaan untuk mengetahui waktu perawatan yang tepat bagi mesin *crude charge heater* sebelum mesin tersebut mengalami penurunan keandalan karena akan berdampak pada jumlah maupun kualitas produktivitas yang dihasilkan. Apabila perusahaan menginginkan mesin atau peralatan *crude charge heater* memiliki nilai keandalan yang tinggi yaitu mencapai 90%, maka perusahaan dapat melakukan perawatan sebelum hari ke-302 (9.9 bulan) setelah mesin atau peralatan digunakan, karena nilai keandalan yang didapatkan sebesar 0.901. Apabila perusahaan menginginkan mesin *crude charge heater* memiliki nilai keandalan yang tinggi yaitu mencapai 80%, maka perusahaan dapat melakukan perawatan sebelum hari ke-498 (16.3 bulan) setelah mesin digunakan, karena nilai keandalan yang didapatkan sebesar 0,802. Apabila perusahaan menginginkan mesin *crude charge heater* memiliki nilai keandalan 70%, maka perusahaan dapat melakukan perawatan sebelum hari ke-687 (11 bulan) setelah mesin digunakan, karena nilai keandalan yang didapatkan sebesar 0.700.

B. Kerosene Pump Around Pump

Mesin *kerosene pump around pump* yang digunakan dalam perusahaan minyak dan gas di Indonesia memiliki kekuatan untuk memompa fluida dengan debit sebesar 390.0 m^3/hr dengan tekanan 12.5 kg/cm^2 dengan karakteristik fluida SG 0.66 @212°C . Pada mesin *kerosene pump around pump* didapatkan nilai β sebesar 0.94. Hal tersebut dapat dikarenakan ada kegiatan perakitan saat perawatan yang tidak tepat, dapat dilihat dari seringnya bagian mesin yaitu *mechseal* mengalami kebocoran selama delapan tahun terakhir yaitu sebanyak 14 kali dengan jarak antar kerusakan yang berdekatan. Selain itu didapatkan juga nilai dari parameter skala η sebesar 732.87. Pengaruh tingkat keandalan dan waktu penggunaan terhadap kerusakan mesin *kerosene pump around pump* mengikuti Distribusi Weibull dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan tingkat keandalan dengan waktu penggunaan pada mesin *kerosene pump around pump*

ISBN 978-623-92050-0-3

Pada Gambar 3. merupakan visualisasi persamaan distribusi Weibull yang berdasarkan nilai keandalan mesin dengan waktu penggunaan mesin, yang dibandingkan dengan waktu kerusakan aktual yang terjadi pada mesin *kerosene pump around pump.* Terlihat pada data prediksi, semakin berjalannya waktu, maka probabilitas kerusakan pada mesin *kerosene pump around pump* akan semakin tinggi. Hal tersebut dikarenakan keandalan yang dimiliki mesin *kerosene pump around pump* semakin menurun. Namun berdasarkan data kerusakan aktual, terdapat beberapa kerusakan yang memiliki rentang waktu yang berdekatan, hal tersebut menunjukkan bahwa tindakan perawatan yang dilakukan sebelumnya belum optimal dan secara menyeluruh.

Oleh sebab itu penting bagi perusahaan untuk mengetahui waktu perawatan yang tepat dan menyeluruh bagi mesin *kerosene pump around pump* sebelum mesin tersebut mengalami penurunan keandalan karena akan berdampak pada jumlah maupun kualitas produktivitas yang dihasilkan. Apabila perusahaan menginginkan mesin *kerosene pump around pump* memiliki nilai keandalan yang tinggi yaitu mencapai 90%, maka perusahaan dapat melakukan perawatan sebelum hari ke-64 (2.1 bulan) setelah mesin digunakan, karena nilai keandalan yang didapatkan sebesar 0.903. Apabila perusahaan menginginkan mesin *kerosene pump around pump* memiliki nilai keandalan yang tinggi yaitu mencapai 80%, maka perusahaan dapat melakukan perawatan sebelum hari ke-148 (4.8 bulan) setelah mesin digunakan, karena nilai keandalan yang didapatkan sebesar 0,800. Apabila perusahaan menginginkan mesin *kerosene pump around pump* memiliki nilai keandalan 70%, maka perusahaan dapat melakukan perawatan sebelum hari ke-235 (7.72 bulan) setelah mesin digunakan, karena nilai keandalan yang didapatkan sebesar 0.705.

IV. KESIMPULAN

Sistem proses produksi di perusahaan minyak dan gas yang ada di Indonesia yang termasuk dalam kategori kritis adalah *fractional system* dengan tujuh mesin yang membutuhkan prediksi sebelum terjadinya kerusakan yaitu *equipment Crude Charge Heater*, *Kerosene Pump Around Pump*, *Kerosene Pump Around Pump*, *Heavy Diesel Oil Products Pump*, *Heavy Diesel Oil Products Pump*, *Light Diesel Oil Products Pump*, dan *Light Diesel Oil Products Pump*. Selain itu terdapat satu mesin dari *overhead system* yang membutuhkan prediksi sebelum terjadinya kerusakan yaitu *equipment Crude Column Overhead Condensor*.

Pengaruh tingkat keandalan dan waktu penggunaan terhadap kemungkinan kerusakan mesin dapat dilihat dari nilai B dan η yang di dapatkan dari mesin kritis menunjukkan laju kerusakan akan meningkat sejalan dengan waktu pemakaian, sehingga perlu penerapan perawatan yang tepat. Kemungkinan kerusakan mesin yang terjadi pada kategori kritis dilakukan dengan menggunakan asumsi nilai keandalan sebesar 70%, sehingga didapatkan kemungkinan waktu kerusakan untuk masing-masing mesin kritis. *Equipment Crude Charge Heater* akan mengalami kerusakan setelah 22.5 bulan (1 tahun 10 bulan 15 hari) digunakan, *Kerosene Pump Around Pump* akan mengalami kerusakan 7.72 bulan setelah digunakan.

REFERENCES

[1] Pham H, Wang HZ., Imperfect Maintenance., *Eur J Oper Res.* 1996;94(3):425-438

[2] Cao, Wenbin., Jia, Xisheng., Hu, Qiwei., Zhao, Jianmin., Wu, Yutao., A literature Review on Selective Maintenance for multi-unit systems., *Qual Reliab Eng Int*. 2018;1-22., John Wiley&Sons, Ltd

[3] Duffua, O Salih and Raouf, A., 2015, *Planning and Control of Maintenance Systems Modelling and Analysis*, 2nd Edition., Springer International Publishing Switzerland

[4] Piotrowski J., 2001, Pro-Active Maintenance for Pumps, Archives

[5] Tampubolon, M. E., 2004, *Manajemen Operasional*

[6] Heizer, Jay dan Render, Barry., 2001*, Operation Management,* Prentice Hall, Six Edition

[7] Zakarian, A., Kusiak, A., 1997. Modeling manufacturing dependability. *IEEE Transactions on Robotics and Automation* 13 (2), 161–168.

[8] Schouwenaars, E., 2008, DNV Energy, The risks arising from major accident hazards, *Refining Management Forum Copenhagen*, June.

[9] Ebeling, E. Charles., 1997, *An Introduction To Reliability and Maintainability Engineering*, Mc.Graw Hill College Division

[10] Kapur, K.C., and Lamberson, L.R., 1977, *Reliability in Engineering Design*. John Wiley and Sons, Inc., New York

[11] Dhillon, B.S. 1997. Reliability Engineering in System Design and Operation. *Van Nostrand Reinhold Company*, Inc., Singapore.

ISBN 978-623-92050-0-3

Pengembangan Prototipe Sistem untuk *Concept Generation* pada Perancangan Produk

1st Debrina Puspita Andriani
Jurusan Teknik Industri
Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
debrina@ub.ac.id

2nd Fakhriyudha
Jurusan Teknik Industri
Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
fakhriyudha@live.com

3rd Febrina Puji Purwandani
Jurusan Teknik Industri
Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
febrina.srk@gmail.com

***Abstract*—Concept generation atau pengembangan konsep merupakan salah satu tahap penting dalam proses perancangan produk yang bertujuan memunculkan alternatif-alternatif konsep produk. Konsep produk adalah deskripsi teknis mengenai atribut produk yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Berbagai pendekatan dapat dilakukan dalam *concept generation*, diantaranya dengan *functional decomposition* dan *concept combination*. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan prototipe sistem yang bertujuan untuk membantu tim pengembang dalam *concept generation* pada perancangan produk. Obyek penelitian yang digunakan adalah *flexible conveyor* yang digunakan sebagai alat *material handling* pada industri manufaktur. Penelitian dilakukan dengan *software prototyping* berdasarkan pendekatan *concept generation*. Hasil penelitian berupa prototipe sistem yang dapat memunculkan variasi dari alternatif-alternatif konsep sesuai dengan fungsi produk yang telah diidentifikasi sebelumnya.**

***Keywords*—concept generation, konsep produk, perancangan produk, prototipe sistem, *software prototyping*.**

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang makin pesat menuntut adanya inovasi dari industri untuk merancang dan mengembangkan produknya [1, 2]. Produk yang dibuat diharapkan mampu memenuhi kebutuhan konsumennya dan tidak jarang dianggap berkualitas ketika hal tersebut terpenuhi [2]. Agar dapat mencapai tujuan itu, maka diperlukan proses perencanaan dan pengembangan produk yang diperhitungkan dengan matang [3]. Pengembangan produk merupakan kegiatan yang dimulai dengan analisis persepsi dan peluang pasar hingga diakhiri dengan proses produksi, penjualan, dan pengiriman produk. Terdapat enam fase dalam proses pengembangan secara umum yaitu perencanaan, pengembangan konsep, perancangan tingkatan sistem, perancangan detail, pengujian dan perbaikan, serta produksi awal [4, 5].

Inti dari perencanaan dan pengembangan produk adalah terletak pada pengembangan konsep atau *concept generation* [6, 7]. Konsep produk adalah deskripsi tentang bentuk dan fungsi dari suatu produk. Konsep perlu disusun untuk mendapatkan alternatif-alternatif yang dapat memenuhi kebutuhan pelanggan sebelum desain atau spesifikasi akhir dirancang [8]. Pada fase pengembangan konsep, kebutuhan pasar target diidentifikasi, alternatif konsep-konsep produk dikembangkan dan dievaluasi, dan satu atau lebih konsep dipilih untuk pengembangan dan percobaan lebih lanjut. Proses didalamnya meliputi analisa kebutuhan dan keinginan pasar, penyusunan alternatif produk dengan variasi dari bentuk, fungsi, dan tampilan, serta disertai dengan sekumpulan spesifikasi, *benchmarking* produk pesaing, dan pertimbangan ekonomis proyek [9, 10].

Untuk mendapatkan informasi yang lengkap dalam menyusun suatu konsep produk diperlukan identifikasi atau dekomposisi fungsi dari produk yang akan dirancang. Melalui penjabaran fungsi dari produk diharapkan tim desain dapat menentukan spesifikasi teknis produk yang akan dibuat [11]. Penjabaran fungsi dapat diperoleh dari informasi internal maupun eksternal tim atau organisasi. Selain itu, sebelum memilih desain terbaik untuk memenuhi kebutuhan konsumen, evaluasi penting dilakukan terhadap segala alternatif yang bisa dibentuk dari pilihan-pilihan yang ada. Kombinasi konsep merupakan salah satu langkah penting dalam pengembangan konsep, karena dengan kombinasi konsep dapat diketahui berbagai kemungkinan solusi untuk membuat suatu produk, bahkan produk yang berbeda atau bervariasi [12].

Pentingnya tahapan pengembangan atau pembangkitan konsep adalah karena adanya tujuan pemusatan terhadap suatu solusi (pemecahan masalah), dimana pada satu sisi sebagai suatu tindakan kreatif, sedangkan di sisi yang lain sebagai tindakan logis terhadap penyelesaian suatu masalah [13, 14]. Oleh karena itu, variasi dianggap sebagai kegiatan yang penting dalam mewujudkan dan mengembangkan banyaknya pemikiran kreatif dengan cara menggabungkan elemen-elemen fungsi yang sudah ada ke dalam alternatif konsep.

Kendati demikian, pengembangan konsep sering kali menjadi penyebab permasalahan dalam proses

ISBN 978-623-92050-0-3

perancangan dan pengembangan produk. Permasalahan tersebut diantaranya adalah terbatasnya satu dua alternatif yang dipertimbangkan untuk desain yang layak, kegagalan dalam mempertimbangkan kegunaan konsep, hanya melibatkan satu dua orang dalam proses, tidak efektif mengintegrasikan solusi parsial yang menjanjikan, dan gagal mempertimbangkan seluruh kategori solusi [15, 16]. Berdasarkan urgensi dan permasalahan yang dipaparkan, pada penelitian ini dilakukan pengembangan prototipe sistem untuk proses pengembangan konsep (*concept generation*) yang bertujuan sebagai media untuk mengeksplorasi alternatif-alternatif konsep yang dapat dimunculkan dalam merancang suatu produk secara lebih efektif dan efisien.

Obyek yang digunakan sebagai studi kasus pada penelitian ini adalah *flexible conveyor. Conveyor* diketahui banyak dipakai di industri untuk memindahkan barang secara berkelanjutan [17]. Dalam kondisi tertentu, *conveyor* banyak dipakai karena lebih ekonomis dibandingkan transportasi berat seperti truk dan mobil pengangkut. Jenis *conveyor* membuat penanganan alat berat/ produk tersebut lebih mudah dan lebih efektif. Kelemahan penerapan *conveyor* adalah tidak adanya fleksibilitas apabila lokasi barang bersifat tidak tetap dan jumlah barang yang dipindahkan berubah-ubah atau tidak berkelanjutan [18, 19].

Flexible conveyor merupakan *conveyor* yang didasarkan pada balok-balok *conveyor* dan terbuat dari aluminium atau *stainless steel* dengan lintasan yang mempunyai gaya gesekan rendah [20]. *Flexible conveyor* dibuat sesuai dengan penggunaannya di lapangan, yaitu untuk aktivitas *material handling* yang diketahui sebagai aktivitas *non value added* dan sebaiknya diminimasi. Sifat dari *flexible conveyor* yang adapatif menyebabkan alternatif material dan fungsi dalam membentuk produk tersebut bervariasi, sehingga produk ini dipilih sebagai studi kasus dalam penelitian.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian rekayasa. Penelitian rekayasa merupakan penelitian yang mengimplementasikan ilmu pengetahuan ke dalam suatu rancangan untuk mendapatkan kinerja sesuai persyaratan yang ditentukan. Rekayasa tersebut merupakan sintesis unsur-unsur rancangan yang dipadukan dengan metode ilmiah menjadi suatu model untuk memenuhi spesifikasi tertentu [21]. Penelitian berawal dari penentuan spesifikasi rancangan yang memenuhi spesifikasi yang ditentukan, pemilihan alternatif yang terbaik, dan validasi rancangan yang dipilih untuk memenuhi persyaratan yang ditentukan secara efisiensi, efektif, dan biaya yang rendah.

Model pada penelitian ini berupa prototipe sistem yang didapatkan berdasarkan pendekatan *software prototyping. Prototyping* adalah suatu teknik pengumpulan data yang sangat berguna untuk melengkapi siklus hidup pengembangan sistem tradisional. Saat penganalisis sistem menggunakan *prototyping*, mereka berusaha mencari reaksi, saran-saran, inovasi, rencana revisi pengguna untuk membuat peningkatan terhadap prototipe, sekaligus memodifikasi rencana sistem dengan biaya dan gangguan maksimum [22].

Terdapat empat tahapan dalam pegembangan *software* menggunakan *prototyping* [23]. Langkah pertama yaitu menetapkan tujuan prototipe dengan mengidentifikasi masalah pada sistem yang akan dibuat prototipenya. Langkah kedua yaitu mendefinisikan fungsi prototipe sehingga sesuai dengan kebutuhan *user.* Langkah ketiga yaitu mengembangkan prototipe dengan merancang desain logis hingga implementasi konsep yang telah dibuat. Langkah terakhir yaitu evaluasi prototipe dengan membandingkan hasil prototipe dan kebutuhan *user.*

A. Pengumpulan Data

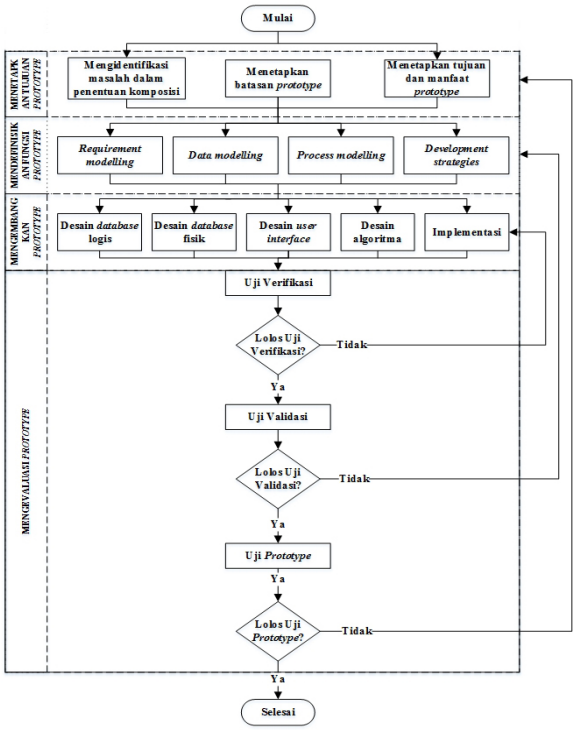
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer meliputi informasi-informasi yang berasal dari wawancara dan observasi, sedangkan data sekunder meliputi data hasil tinjauan pustaka dan profil studi kasus yang mendukung penelitian.

Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini adalah perancangan *flexible conveyor* sebagai alat *material handling* dalam industri manufaktur. Berdasarkan penelitian pendahuluan diperoleh 5 respon teknis dalam perancangan *flexible conveyor* yang ditampilkan pada Tabel 1 [24]. Respon teknis untuk konveyor tersebut meliputi fleksibelitas, ketinggian yang dapat diatur, material yang ringan dan kuat, mudah dipindahkan, dan ramah lingkungan.

TABEL II. METRIK RESPON TEKNIS

No.	Respon Teknis	Value	Unit
1	Desain konveyor dibuat fleksibel	*Sliding lock*, lipat, bongkar pasang	-
2	Konveyor memiliki ketinggian yang dapat diatur	100-150	cm
3	Material konveyor ringan dan kuat	Tungsten, besi eser, aluminium	N/m^2
4	Konveyor mudah dipindahkan	360 *caster wheel, rubber wheel, caster wheel*	-
5	Desain konveyor ramah lingkungan	Gravitasi, *thermal,* dinamo listrik	Joule

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 1. Diagram alir perancangan sistem.

B. Pengembangan Prototipe Sistem

Pada tahapan ini dilakukan pengembangan prototipe sistem untuk *concept generation* pada perancangan produk dengan menggunakan pendekatan *functional decomposition* dan *concept combination* untuk menentukan dan menerjemahkan alternatif-alternatif atribut yang digunakan dalam penyusunan konsep. Tahapan perancangan sistem diilustrasikan pada Gambar 1. *Microsoft Visual Basic Net* (MS. VB. Net) digunakan dalam membantu pembuatan model prototipe [25]. Sesuai dengan konsep *software prototyping*, langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap ini dijelaskan sebagai berikut:

1) Menetapkan tujuan prototipe: yakni mencari pembangkitan jumlah kemungkinan alternatif kombinasi desain berdasarkan pendekatan *functional decomposition* dan *concept combination*.

2) Mendefinisikan fungsi prototipe: meliputi *requirement modelling, data modelling, process modelling,* dan *development strategies. Requirement modelling* dilakukan dengan *system requirement checklist* untuk menetukan *user requirement. Data modelling* digambarkan melalui aliran data dan informasi yang dihasilkan oleh sistem melalui *data flow diagram (DFD). Process modelling* menggambarkan logika atau aturan bisnis dalam proses pengembangan produk. Terakhir *development strategies* menentukan kebutuhan minimum *software* dan *hardware,* level pembuatan sistem, kebutuhan minimal sistem operasi, dan kebutuhan minimal administrator.

3) Mengembangkan prototipe: langkah desain dimulai dari melakukan desain untuk *database* logis, fisik, *user interface (UI),* dan algoritma. Selanjutnya dilakukan implementasi dan evaluasi dengan membuat prototipe sistem yang dirancang dengan MS. VB. Net.

4) Mengevaluasi prototipe: tahap ini digunakan untuk menguji prototipe sistem yang telah dibuat. Pengujian program ini ditinjau dari tiga segi, yaitu verifikasi, validasi, dan uji prototipe. Verifikasi dilakukan dengan membandingkan desain *database* fisik, desain *user interface*, dan desain algoritma yang dirancang dengan implementasi. Validasi dilakukan dengan membandingkan kebutuhan sistem yang telah terpenuhi dengan *System Requirement Checklist* (SRC). Uji prototipe dengan membandingkan sistem baru dan sistem lama dalam analisis PIECES (*Performance, Information, Economy, Control, Efficiency, dan Services*).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan prototipe sistem diharapkan mampu membantu tahapan perancangan produk terutama pada tahap *concept generation*. Dengan pendekatan atau sistem yang berjalan saat ini, di dalam setiap proses perancangan produk untuk tahap *concept generation* dilakukan secara manual dan berdasarkan intuisi atau pengetahuan dari masa lalu, sehingga tidak semua konsep dapat dimunculkan dan menyebabkan ketidaksesuaian spesifikasi dari produk akhir. Hal tersebut akan menimbulkan masalah di kemudian hari. Oleh karena itu, pengembangan prototipe sistem untuk proses pengembangan konsep atau *concept generation* dapat menjadi salah satu alternatif penyelesaian permasalahan dari pengembangan produk yang optimal.

A. Mendefinisikan Fungsi Prototipe

Langkah awal dalam perancangan prototipe sistem ini setelah merencanakan tujuan prototipe adalah menganalisa fungsi prototipe yang meliputi pembuatan model kebutuhan sistem (*requirement modelling*), model data (*data modelling*), dan model proses (*process modelling*).

TABEL III. *SYSTEM REQUIREMENT CHECKLIST*

Komponen	Uraian
Input	*User* dapat memasukkan data keinginan pelanggan, fungsi yang diinginkan pelanggan, dan alternatif
Output	Sistem dapat memberikan output yang dibutuhkan, yaitu *morphology chart,* FAST *diagram,* dan alternatif kombinasi desain

ISBN 978-623-92050-0-3

Komponen	**Uraian**
Process	Sistem dapat menentukan *Morphology Chart* sesuai dengan kebutuhan agar. Dengan melihat basis data yang pernah dimasukan kedalam sistem,sehingga mempermudah pembuatan *Morphology Chart.*
	Sistem dapat menunjukan FAST diagram sesuai dengan fungsi yang dipilih oleh *user* hingga bagaimana cara mendapatkan fungsi tersebut.
Performance	Sistem memungkinkan dalam melakukan *update* data jika terdapat data baru
Control	*User* diberi *username* dan *password* untuk *login* sistem yang hanya dapat diakses oleh *User* itu sendiri.

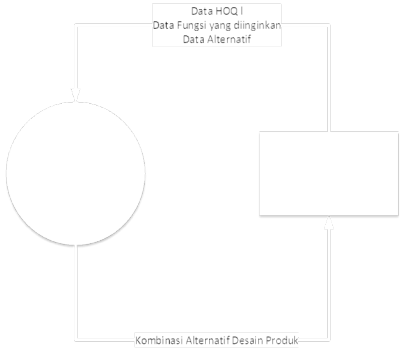
1) Model Kebutuhan Sistem (Requirement Modelling): bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan dalam perancangan produk terutama pada fase *concept generation*. Model kebutuhan sistem dinyatakan dalam *System Requirement Checklist* (SRC) sebagai dasar untuk mengukur keberhasilan aplikasi yang akan dibangun dan digambarkan ke dalam lima kategori umum yaitu *output, input, process, performance*, dan *control*. SRC menunjukkan bahwa kebutuhan sistem utama adalah *output* yang menyajikan informasi berupa *functional decomposition* dan *concept combination* seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

2) Model Data dan Proses (Data and Process Modelling): bertujuan untuk mengembangkan model grafis untuk melihat sistem secara keseluruhan dalam mengubah data menjadi informasi yang disebut *data modelling.* Sedangkan logika proses bisnis yang terjadi digambarkan dalam *process modeling,* sehingga dihasilkan model logis yang mendukung operasi bisnis yang memenuhi kebutuhan *user.*

a) Data modeling: dimodelkan dengan *data flow diagram* (DFD) yang bertujuan untuk menggambarkan proses bisnis yang dilakukan dan bagaimana aliran data berpindah pada aktivitas-aktivitas tersebut. Langkah awal yang dilakukan dalam pembuatan DFD adalah mengidentifikasi entitas luar *(external entities)* pada sistem, yakni *user.* Selanjutnya mengidentifikasi *input* dan *output* dari entitas luar yang terlibat seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Langkah berikutnya adalah penyusunan *context diagram* pada Gambar 2.

TABEL IV. IDENTIFIKASI *INPUT* DAN *OUTPUT* DFD

Kesatuan luar	**Input**	**Output**
User	Data respon teknis dari *user*	Kombinasi alternatif desain produk



Gambar 2. *Context diagram* prototipe sistem *concept generation.*

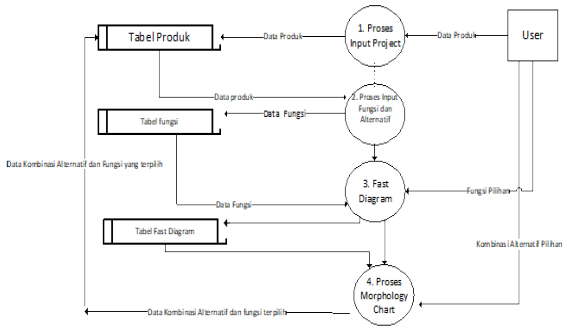
Context diagram adalah diagram dalam rangkaian suatu DFD yang menggambarkan entitas-entitas yang berhubungan dengan suatu sistem meliputi *input* dan *output,* serta *external entitites*. Proses yang terjadi pada *context diagram* prototipe sistem ini adalah *user* memasukkan keinginan pelanggan data alternatif dan data fungsi, kemudian sistem mengolah data tersebut dan menghasilkan *output* berupa *functional decomposition* dan *concept combination* masing-masing dalam bentuk FAST *diagram* dan *morphology chart.*

Langkah terakhir dalam *data modeling* adalah menyusun DFD level 1 yang menunjukkan semua proses dalam *context diagram* sekaligus bagaimana aliran informasi berpindah dari satu proses ke proses lainnya (Gambar 3). Proses yang terjadi pada DFD level prototipe sistem dapat dijelaskan sebagai berikut:

- *Input project* dengan memasukan data identitas *project* seperti tanggal pembuatan *project* dan nama *project.*
- *Input technical response* dengan memasukan data dari *technical response* yang diperoleh dari *project* tersebut.
- Pemilihan fungsi pada FAST *diagram.*
- *Concept generation* sesuai dengan fungsi yang terpilih pada proses sebelumnya dan ditampilkan dalam *morphology chart.*

b) Process modeling: tahap ini merupakan langkah-langkah pengolahan dan logika yang bertujuan untuk menggambarkan proses atau aturan yang berlaku pada prototipe sistem meliputi sistem yang akan memberikan kemungkinan kombinasi alternatif dari setiap fungsi yang dipilih oleh user, jumlah alternatif yang dapat dimasukan ke dalam aplikasi hanya terbatas 3 alternatif, dan data yang dimasukan oleh *user* berupa *technical response* dari proyek tersebut.

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 3. DFD level 1 prototipe sistem *concept generation*

3) Development Strategies: adalah kebutuhan untuk sistem baru yang mencakup kebutuhan *software* dan *hardware*. Berikut merupakan strategi pengembangan prototipe sistem *concept generation* untuk produk *flexible conveyor*.

a) Level pengembangan prototipe: prototipe sistem ini nantinya merupakan aplikasi *stand alone* yang hanya membutuhkan sebuah komputer, sehingga dapat memudahkan akses *user.*

b) Software requirement: kebutuhan perangkat lunak yang dibutuhkan untuk menjalankan prototipe sistem ini dijelaskan pada Tabel. 4. Perangkat lunak yang dipilih tidak sulit untuk dipenuhi karena sifat dari perangkat lunak tersebut sudah banyak digunakan dalam kegiatan sehari-hari.

c) Hardware requirement: kebutuhan perangkat keras yang dibutuhkan untuk mendukung prototipe sistem dijelaskan pada Tabel 5.

TABEL V. KEBUTUHAN MINIMUM *SOFTWARE*

Unsur	Pilihan	Rasionalisasi
Operating system	Windows 7	Umum dan banyak digunakan
Database	*Microsoft Access*	Kemudahan dalam mengolah dan *user friendly*
Bahasa pemrograman	*Visual Basic for Application* (VBA)	Mudah digunakan dan menyatu dengan MS. Office

TABEL VI. KEBUTUHAN MINIMUM *HARDWARE*

Unsur	Pilihan	Rasionalisasi
Server	Intel Pentium Processor 4M chace, 2.00 GHz atau lebih tinggi	Dapat menjalankan *Windows 7* dengan lancar
	RAM 1 GHz atau lebih tinggi	
	Kapasitas *hard disk* minimal 100 Mb.	
Input	*Mouse* dan *keyboard*	Sebagai peralatan untuk memasukkan dan memproses data
Output	*Monitor*	Sebagai peralatan *display* atau antar muka

d) Dokumentasi: disusun dalam *manual book* untuk memudahkan penguasaan kompetensi dan *source code program* untuk memudahkan dalam *upgrade program.*

e) Ketrampilan user: user harus memiliki minimal kemampuan dalam mengoperasikan *Windows* dan *Microsoft Office,* terutama *Microsoft Access,* untuk menggunakan sistem ini karena cara pengolahan data di sistem ini tidak terlalu rumit.

Berdasarkan analisis sistem dengan menganalisa sistem lama, *requirement modelling*, *data modelling*, *process modelling*, dan *development strategies,* maka spesifikasi kebutuhan sistem telah diketahui. Hasil dari analisis sistem tersebut akan dibawa ke tahap selanjutnya yaitu tahap desain dan implementasi prototipe yang terdiri dari langkah desain, implementasi, pengujian, dan evaluasi prototipe.

B. Mengembangkan Prototipe

Prototipe dikembangkan dalam bentuk desain sistem. Desain sistem bertujuan untuk menciptakan model fisik dari sistem yang memenuhi persyaratan desain yang ditetapkan pada tahap analisa sistem. Tahap ini merupakan sebuah model logis dari sistem yang baru dikembangkan dari tahap analisa sebelumnya. Langkah yang akan dikerjakan pada tahap ini mencakup desain *database, user interface*, dan algoritma. Pada tahap ini akan dihasilkan spesifikasi desain dari prototipe sistem pengembangan produk.

1) Desain database: menganalisa terlebih dahulu file yang dibutuhkan oleh sistem yang terdiri dari desain *database* logis dan *database* fisik.

a) Desain database logis: digunakan untuk menjelaskan fungsi-fungsi pada sistem. Pada tahapan ini user bisa mengetahui bagaimana sistem bekerja secara logika. Desain *database* logis ini digambarkan dengan menggunakan ERD, dimana entitas dan atribut yang terlibat dalam sistem digambarkan. Tabel 6 adalah penjelasan mengenai entitas dan atribut, sedangkan Tabel 7 digunakan untuk mengidentifikasi kardinalitas atau jenis relasi untuk masing-masing entitas yang terlibat. Gambar 4 menunjukkan ERD untuk sistem ini.

TABEL VII. DAFTAR ENTITAS DAN ATRIBUT ERD

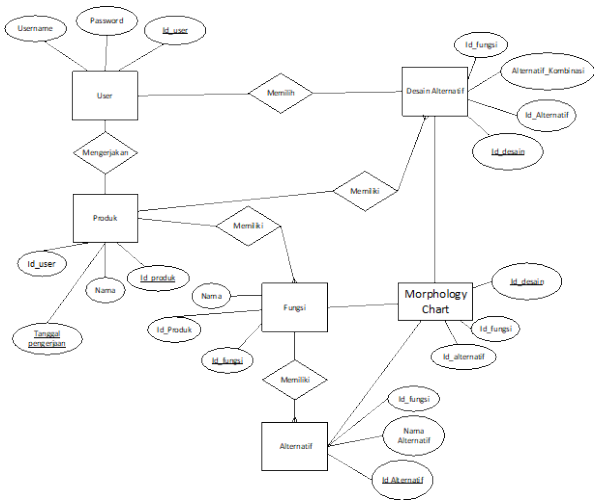
Entitas	Atribut
Produk	nama_produk, id_produk, nama, id_fungsi, id_user
Desain alternatif	id_kombinasi, id_alternatif, id_morphology, id_fungsi

ISBN 978-623-92050-0-3

Fungsi	id_alternatif, id_fungsi
Entitas	**Atribut**
Alternatif	nama_alternatif, id_alternatif
User	id_user, Username, Password

TABEL VIII. IDENTIFIKASI RELASI

Entitas	Relasi	Entitas	Dearajat relasi maks-min
User	Mengerjakan	Produk	(1 , N)
Produk	Mempunyai	Fungsi	(1 , N)
Fungsi	Mempunyai	Alternatif	(1 , N)
Produk	Memiliki	Desain Alternatif	(1, N)



Gambar 3. *Entity Relational Data* (ERD) prototipe sistem *concept generation.*

b) Desain database fisik: aktualisasi dari desain *database* logis dan sangat bergantung pada *software* yang dipakai. Pada penelitian ini *software* yang digunakan adalah *Microsoft Access*. Pada tahap ini entitas dirubah menjadi tabel sesuai dengan *format* tabel pada MS. Accesss. Desain *database* entitas meliputi *user*, produk, fungsi, alternatif, *morphology chart*, dan kombinasi desain. Tabel 8 merupakan contoh desain *database* entitas *user.*

TABEL IX. DESAIN *DATABASE* ENTITAS *USER*

Field	Data type	Field Size	Note	Key
id_user	*Number*	*Long integer*	id pengguna	PK
Username	*Text*	255	nama produk	
Password	*Text*	255	sandi pengguna	

2) Desain user interface: pembuatan rancangan dari tampilan antarmuka yang nantinya memudahkan *user* berinteraksi secara langsung dengan sistem [26, 27]. Desain *user interface* ini dilakukan dengan program Visual Basic. Desain *user interface* meliputi *list windows*, hierarki *windows* dan alur *user interface*, desain navigasi antar *windows*, desain *form input*, desain visual *output* dan desain awal *windows*. Sistem ini harus memenuhi kebutuhan *user* dan *user friendly* sehingga *user* dapat berkomunikasi dengan sistem yang dibangun.

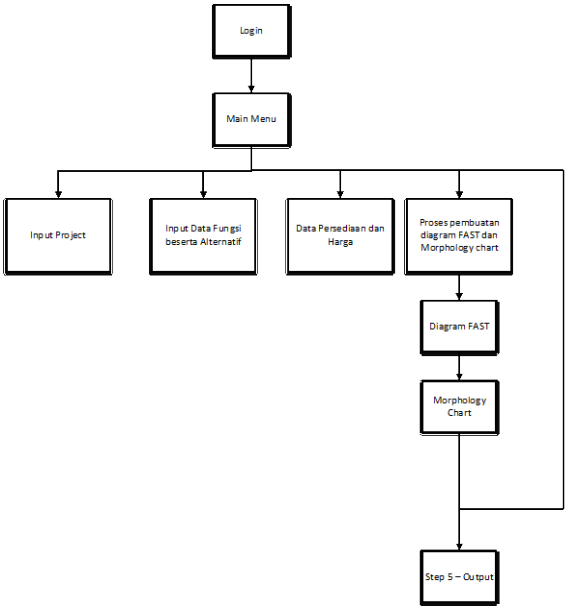
a) List window: menjelaskan apa saja yang akan dirancang untuk memudahkan *user* dalam menggunakan sistem. Tabel 9 menjelaskan *windows* apa saja yang digunakan pada prototipe sistem *concept generation.*

TABEL X. LIST *WINDOWS* DAN FUNGSINYA

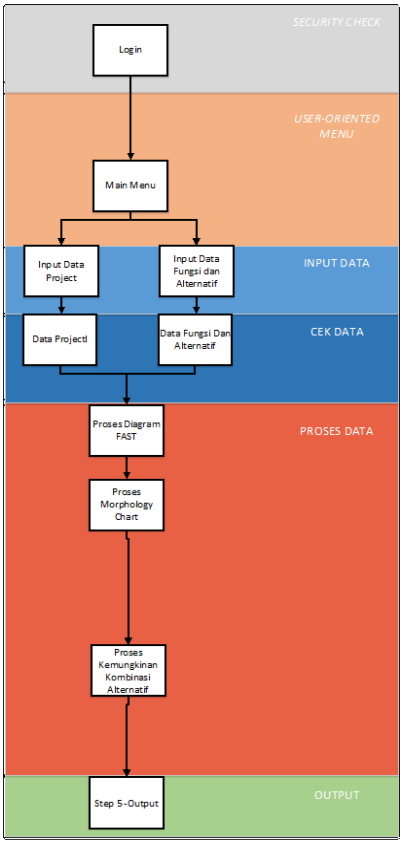
No.	Nama Windows dan Tab	Fungsi Windows	Status Windows
1	Login	*Window* ini menampilkan *form* login dimana berfungsi sebagai security check terhadap *user*.	Terlihat
2	Main menu	*Tab* ini menampilkan berbagai menu pilihan yang disajikan oleh sistem. Terdapat menu pemilihan produk yang akan diproses ataupun pembuatan *project* baru	Terlihat
3	Input data project	*Windows* ini menampilkan *form input* data *project*. *Form input* tersebut nantinya akan mengisi data pada tabel Data project di *main menu.*	Terlihat
4	Data fungsi	*Tab* ini menampilkan Tabel yang menunjukan fungsi fungsi yang dimiliki oleh suatu produk beserta alternatifnya.	Terlihat
5	Input data fungsi	*Windows* ini menampilkan *form input* data *fungsi*. *Form input* tersebut nantinya akan mengisi data pada tabel Data project di tab data fungsi.	Terlihat
6	Tab FAST Diagram	*Tab i*ni menunjukan bagaimana data fungsi olah oleh sistem menjadi *diagram fast*	Terlihat
7	Tab Morphology Chart	*Tab* ini memnunjukan *Morphology Chart* memnujukan bagaimana data alternatif yang diinput pada *windows* sebelumnya.	Terlihat

b) Hierarki windows dan alur user interface (UI): menjelaskan hierarki dari tiap UI dan aliran proses dari *windows* ke *windows* lain yang dilihat oleh *user.* Gambar 5 dan 6 merupakan gambar untuk hierarki *windows* dan alur dari UI.

ISBN 978-623-92050-0-3

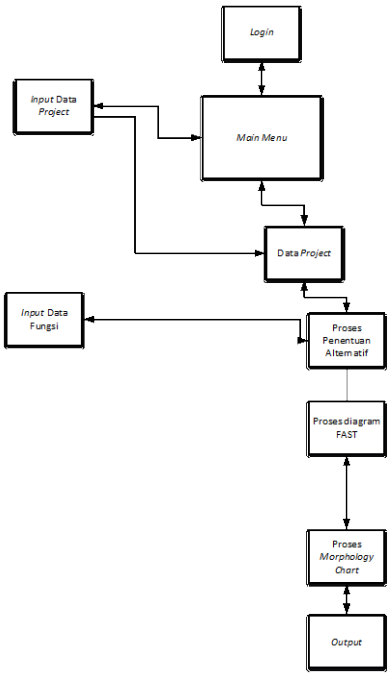


Gambar 4. Hierarki *menu* prototipe.



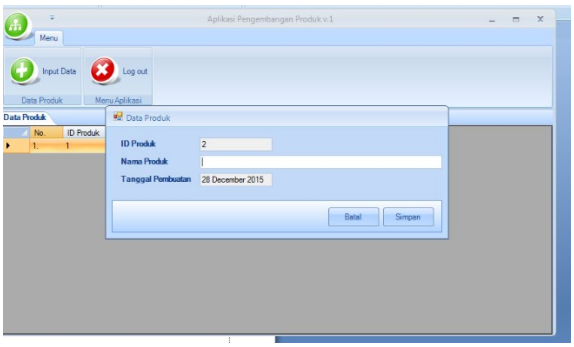
Gambar 5. Alur *user interface* prototipe.

c) Navigasi antar menu: untuk memberikan *control* dan kemudahan kepada *user* dalam menggunakan fungsi prototipe sistem secara maksimal. Gambar 7 menunjukkan desain navigasi antar menu *windows*.

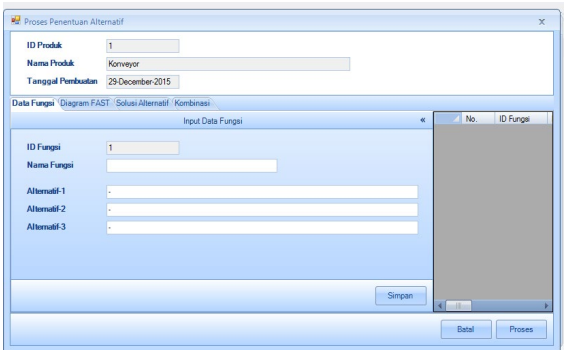


Gambar 6. Desain navigasi antar menu prototipe.

d) Form input: untuk merancang UI pada proses *input* data dalam bentuk *form*. Proses *input* data dibagi menjadi dua, yaitu proses input data produk dan data fungsi serta alternatif. Gambar 8 menunjukkan desain *form input*.



(a) Data produk

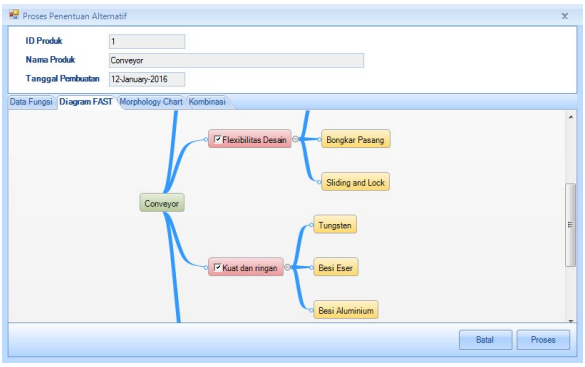


(b) Data fungsi dan alternatif

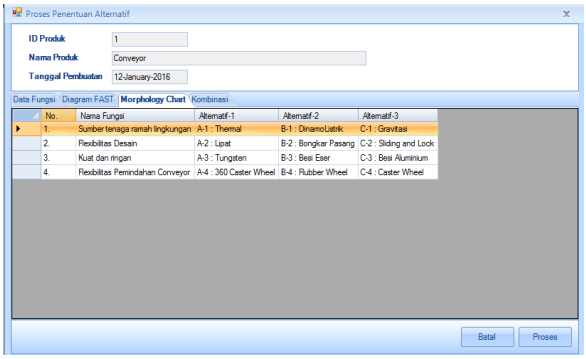
Gambar 7. Desain *form input.*

ISBN 978-623-92050-0-3

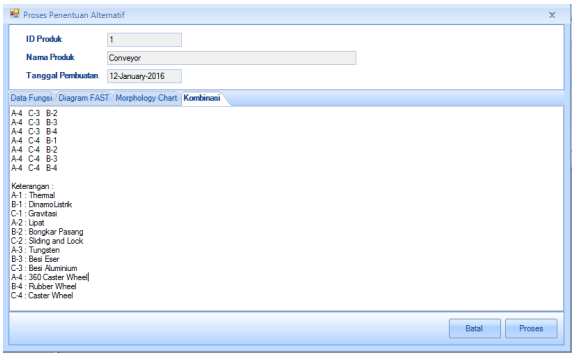
e) Visual output: untuk merancang bentuk output visual sesuai dengan kebutuhan *user*. Sebelumnya diketahui *output* dari sistem ini adalah *FAST diagram, morphology chart* dan alternatif kombinasi desain. Desain *output* visual akan dijelaskan pada Gambar 9.



(a) *Output* FAST Diagram



(b) *Output morphology chart*



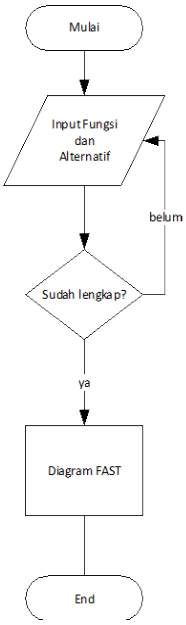
(c) *Output* kombinasi konsep

Gambar 8. Desain *visual output.*

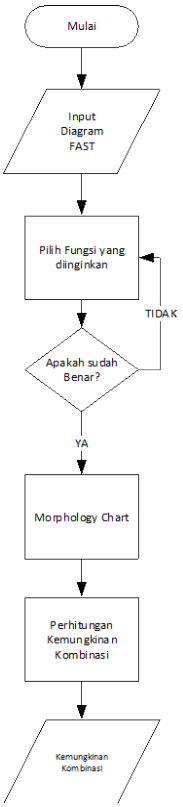
3) Desain algoritma: membahas tentang tahapan proses atau algoritma untuk menghasilkan output yang diperlukan dari sistem informasi yang dinyatakan dalam *pseudocode.*

a) Algoritma FAST diagram: memliki proses *input* data fungsi dan alternatif pada awal proses, dilanjutkan pengecekan ulang terhadap data tersebut, kemudian akan keluar FAST diagram sesuai dengan *input* data sebelumnya (Gambar 10).

b) Algoritma morphology chart: input data diambil oleh data fungsi yang dipilih user pada saat *windows* FAST diagram, setelah memilih fungsi mana saja yang akan digunakan, kemudian muncul *morphology chart* yang selanjutnya akan dihitung jumlah kombinasi alternatif dari *concept combination* tersebut (Gambar 11).



Gambar 9. Algoritma *flowchart* FAST diagram.



Gambar 10. Algoritma *flowchart morphology chart.*

ISBN 978-623-92050-0-3

C. Mengevaluasi prototipe: tahap ini digunakan untuk menguji prototipe sistem yang telah dibuat melalui tiga segi, yaitu implementasi/verifikasi, validasi, dan uji prototipe.

1) Implementasi: tahap pengaplikasian desain yang telah dirancang sebelumnya ke dalam *software*, yaitu Microsoft Access. Implementasi bertujuan untuk memasukkan komponen dan mengatur kesesuaian antara program dan rancangan yang telah dibuat, sehingga tahapan ini juga termasuk dalam evaluasi prototipe, yaitu verifikasi. *Output* prototipe sistem untuk tab FAST diagram, *morphology chart*, dan kombinasi alternatif telah ditunjukkan pada Gambar 9.

2) Validasi: menguji apakah fungsi prototipe yang telah dirancang sudah sesuai dengan fungsi yang diharapkan dan telah merepresentasikan tujuan awal berdasarkan *user requirement* yang dijabarkan dalam *System Requirement Checklist* (SRC). Uji validasi dilakukan dengan menguji coba aplikasi kepada *user* yang dalam penelitian ini adalah bagian produksi suatu industri manufaktur yang akan menggunakan *flexible conveyor*. Perbandingan hasil prototipe sistem dengan SRC disajikan pada Tabel 10.

TABEL XI. UJI VALIDASI PROTOTIPE SISTEM *CONCEPT GENERATION*

Komponen	Keterangan	Kebutuhan Pengguna yang dipenuhi
Input	*User* dapat memasukkan data berikut ini: • *Produk yang sedang dikerjakan* • *Fungsi dari respon teknis yang telah diperoleh berdasarkan fase perancangan produk sebelumnya* • *Alternatif yang dimiliki oleh fungsi dari respon teknis*	*User* dapat memasukkan data produk, fungsi, dan alternatif dibuktikan dengan *screenshot* data produk, fungsi, dan alternatif
Output	Sistem dapat memberikan *output* yang dibutuhkan, antara lain: • FAST diagram • *Morphology chart*	Sistem dapat memberikan *output* FAST diagram dan *Morphology chart* dibuktikan dengan *screenshot* hasil *output* aplikasi.
Process	Sistem dapat membangkitkan kemungkinan jumlah kombinasi alternatif dari fungsi yang telah dimiliki oleh produk	Sistem dapat membangkitkan kemungkinan jumlah kombinasi alternatif dari fungsi yang telah dimiliki oleh produk dibuktikan dengan Gambar 12
Performance	Sistem memungkinkan dalam melakukan *update* data jika terdapat data baru	Sistem memungkinkan dalam melakukan *update* data jika terdapat data baru karena sifat algoritma dalam aplikasi yang dinamis.
Control	*User* diberi *username* dan *password* untuk *login* sistem yang hanya dapat diakses oleh *User* itu sendiri.	Sistem menggunakan *username* dan *password* untuk *login*. Dibuktikan dengan *screenshot login*.

Berdasarkan hasil uji validasi, prototipe sistem *concept generation* sudah dapat memenuhi kebutuhan *user*. Prototipe dapat memberikan layanan *input* pada *user* untuk memasukkan data fungsi dan alternatif. Sistem dapat membangkitkan kemungkinan alternatif yang dimiliki oleh kombinasi fungsi. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 9 dengan adanya 81 kemungkinan kombinasi dari fungsi yang dipilih, dengan menggunakan rumus kombinasi sebagai berikut [28]:

$$N=X^Y \quad (1)$$

N merupakan kemungkinan kombinasi konsep yang mungkin terbentuk, sedangkan X dan Y adalah banyaknya fungsi dan alternatif. Dari studi kasus *flexible conveyor* memiliki fungsi dan alternatif masing-masing sebanyak 3 dan 4, sehingga kemungkinan kombinasi yang muncul adalah 3^4 atau 81 kombinasi.

3) Uji prototipe: untuk mengetahui apakah prototipe aplikasi sudah mengatasi kelemahan dan masalah dari segi *Performance, Information, Economy, Control, Efficiency, Services* (PIECES). Perbandingan sistem lama sebelum adanya prototipe dan sistem baru dipaparkan pada Tabel 11. Berdasarkan hasil analisis PIECES diketahui bahwa sistem baru sudah dapat memperbaiki semua kelemahan sistem lama.

TABEL XII. PERBANDINGAN SISTEM LAMA DAN BARU DENGAN ANALISIS PIECES

Komponen	Keterangan	Kebutuhan Pengguna yang dipenuhi
Performance	Sulitnya menelusuri informasi yang dibutuhkan oleh *User* alternatif dari technical response project yang pernah ada karena tidak ada dokumentasi mengenai hal tersebut	Sudah menggunakan *database* dalam penyimpanan berbasis komputer sehingga mudah untuk mencari data dan melihat data
Information	Informasi mengenai alternatif dan technical	Data disimpan dalam *database* sehingga

ISBN 978-623-92050-0-3

Komponen	Keterangan	Kebutuhan Pengguna yang dipenuhi
	response tidak pernah ada dokmentasi, hanya tim pengembang yang memiliki pengetahuan lebih.	kecil kemungkinan data akan hilang atau tidak lengkap ketika diperlukan.
Economy	Biaya yang dikeluarkan dan waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem tidak terlalu signifikan terhadap total biaya pengeluaran, namun berpotensi membesar seperti biaya administrasi untuk pembuatan dan penyimpanan dokumen secara manual dengan kertas dan bersifat sementara.	Biaya yang dikeluarkan dalam penggunaan program dijalankan di komputer minimal, karean hanya untuk biaya penggunaan listrik saja.
Control	Semua pihak dapat mengakses semua data karena data tidak dilengkapi sistem keamanan dan bersifat sementara.	Sistem telah dilengkapi *username* dan *password* untuk membatasi hak akses pengguna.
Efficiency	Sistem yang lama menentukan kombinasi alternatif dengan berdasarkan pengalaman. Memiliki kemungkinan kesalahan kombinasi alternatif yang mengakibatkan cacat dan juga waktu penentuan yang membutuhkan *brainstroming*.	Sistem yang baru menentukan kombinasi alternatif dari semua kemunginan yang ada pada pengembangan produk, sehingga tidak membutuhkan waktu banyak untuk memikirkan kombinasi apa saja yang kemungkinan ada pada pengembangan produk
Services	Pelayanan akan kebutuhan informasi dari beberapa data berlangsung lama karena data belum terintegrasi menjadi satu sehingga sistem tidak fleksibel.	Sistem sudah terintegrasi dan fleksibel terhadap perubahan yang ada sehingga pelayanan akan kebutuhan informasi semua data lebih cepat dan akurat.

IV. KESIMPULAN

Proses merancang, membangun, dan menguji prototipe sistem *concept generation* untuk pengembangan produk dengan konsep *software prototyping* ini dibagi dalam beberapa tahap, yaitu menetapkan tujuan, mendefinisikan fungsi, mengembangkan, dan mengevaluasi prototipe. Prototipe yang telah dikembangkan selanjutnya diuji dengan implementasi atau verifikasi, validasi, dan uji prototipe itu sendiri.

Hasil analisis menunjukkan sistem telah terorganisir dengan baik untuk meminimasi redudansi data, sehingga dapat menghemat biaya operasional dan waktu yang biasa dalam menyusun konsep dibandingkan secara manual. Sistem juga mampu memberikan kombinasi alternatif secara lengkap kepada *user,* sehingga dalam fase selanjutnya tidak membutuhkan waktu yang lama apabila dibutuhkan untuk kembali mengulang pada fase pengembangan konsep.

Untuk penelitian selanjutnya, prototipe sistem dapat diuji cobakan pada studi kasus yang lain disamping *flexible conveyor*. Selain itu akan dilakukan pengembangan pada prototipe sistem perancangan produk, tidak hanya dalam tahap *concept generation*, tapi juga tahap perancangan produk yang lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Statistik dan Rekayasa Kualitas, Jurusan Teknik Industri dan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas segala bentuk dukungan dalam keikutsertaan pada kegiatan Seminar Nasional Teknik Industri (SENTI) 2019 yang diadakan oleh Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.

REFERENCES

[1] K. J. Chatuverdi dan Y. S. Rajan, "New Product Development: Challenges of Globalization," International Journal of Technology Management, 19, pp. 788-805, 2000.

[2] G. Di Gironimo dan A. Marzano, "Design of an Innovative Assembly Process of a Modular Train in Virtual Environment," International Journal Interaction Design Manufacture, Vol. 1, pp. 85-97, 2007.

[3] D. P. Andriani, D. A. Rizky, dan U. Setiaji, "Pengendalian Kualitas Kadar Air Produk Kerupuk Udang Berbasis SNI Menggunakan Statistical Quality Control Method," dalam Seminar dan Konferensi Nasional IDEC, pp. 98-107, 2017.

[4] K. S. Hurst, "Engineering Desing Principles, " The Boulevard, Langford Lane Kidlington, England, 1999.

[5] I. Muhammad, "Fase Pengembangan Konsep Produk Kegiatan Perancangan dan Pengembangan Produk," Jurnal Ilmiah Factor Exacta, Vol. 4 (3), 2011.

[6] A. Soleman dan A. L. Kakerissa, "Pengembangan Konsep Alat Bantu Pemetik Buah Pala," dalam Seminar Nasional Archipelago Engineering (ALE), Ambon, 2018, pp. 129-135.

[7] N. Cross, "Engineering Design Methods Strategies for Product Design," United Kingdom: John Wiley and Sons Ltd., 1994.

[8] D. P. Andriani, I. Hamdala, S. E. Swara, dan H. Fadli, "Perancangan Business Digital Platform dalam Mendukung Keberlanjutan IKM dengan Pendekatan Quality Function Deployment," Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Vol. 18 (1), pp. 42-54, 2019.

[9] D. Widodo, "Perencanaan dan Pengembangan Produk," Yogyakarta: UII Press, 2005.

[10] A. Liem, "Challenges in concept development, selection, and design detailing," Institute for Product Design: Department of Product Design, 2008.

[11] A. K. Chitale dan R. C. Gupta, "Product Design and Manufacturing," New Delhi: PHI Learning Private Edition Limited, 2011.

[12] J. Polton, H. S. Ismail, dan M. Shahidipour, "The New Product Process: Effective Knowledge Capture and

ISBN 978-623-92050-0-3

Utilization," Concurrent Engineering: Research and Application, vol. 8 (2), pp. 133-143, 2000.

[13] J. Gunther dan K. Ehrlenspiel, "Comparing Designers from Practice and Designers with Systematic Design Education," Design Studies, Vol. 20 (5), pp. 439-451, 1999.

[14] S. W. Hsiao dan M. C. Liu, "A Morphing Method for Shape Generation and Image Prediction in Product Design," Design Studies, Vol. 23 (5), pp. 533-556, 2002.

[15] K. T. Ulrich dan S. D. Eppinger, "Product Design and Development 2nd," Singapore: Mc Graw-Hill, 2000.

[16] C. J. Atman, "A Comparing of Freshman and Senior Engineering Design Processes," Design Studies, Vol. 20 (2), pp. 131-152, 1999.

[17] R. Shidattra, "Introduction to Material Handling," New Delhi: New Age International Limited Publishers, 2008.

[18] Supriyo, A. Triwiyatno, dan Sumardi, "Perancangan Prototipe Sistem Konveyor pada Sistem Pengangkutan Material Krakatau Posco Berbasis PLC," Transient, Vol. 4 (1), pp. 155-160, 2015.

[19] G. Firmansah, "Perancangan Sistem Konveyor Pemisah Barang dengan Sensor Warna TCS230 Berbasis MikroPLC," Purwokerto, 2010.

[20] Priswanto, dkk., "Perancangan Prototipe Sistem Konveyor di Industri Dilengkapi dengan Sistem Pemisah Benda Berdasarkan Warna, Ukuran, dan Jenis Benda Berbasis PLC Mitsubishi FX2N," Techno, Vol. 18 (1), pp. 007-014, 2017.

[21] Sugiyono, "Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D," Bandung: Alfabeta, 2013.

[22] G. E. Dieter, "Engineering Design 3rd ed.," Singapore: McGraw-Hill, 2000.

[23] I. Sommerville, "Software Engineering: 9th Edition," United States of America: Addison-Wesley, 2011.

[24] Z. Darmawan, dkk., "Perancangan Flexible Conveyor sebagai Material Handling Device yang Ramah Energi," Malang: Universitas Brawijaya, 2015.

[25] D. P. Dwi, "Pemrograman Aplikasi Database dengan Visual Basic Net 2005 dan MS. Access," Yogyakarta: Andi, 2006.

[26] F. Rahmatika dan D. P. Andriani, "Perancangan Desain Interface Digital Platform Penjualan Online UKM Dengan Pendekatan Kansei Engineering," Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri, Vol. 7 (1), pp. 52-63, 2019.

[27] M. Tideman, M. C. Van der Voort, dan F. J. A. M. Van Houten, "A New Product Design Method Based on Virtual Reality, Gaming and Scenarios," International Journal Interaction Design Manufacture, Vol. 2, pp. 195-205, 2008.

[28] D. P. Andriani, R. Adnandy, S. T. Maghlidah, dan A. A. Anwar, "Peningkatan Kualitas Produk IKM Rotan Melalui Perancangan Produk Unggulan dengan Pendekatan Quality Function Deployment," 6th Industrial Engineering Conference, D04.1-D04.10, 2019.

ISBN 978-623-92050-0-3

Perbaikan Tata Letak Fasilitas Dengan Algoritma *Craft* Guna Meminimasi Ongkos *Material Handling* (Studi Kasus : CV. Surabaya Trading & Co)

1st Ferdianto Hermawan
Program Studi Teknik Industri
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Surabaya, Indonesia
ferdimawan@gmail.com

2nd Putu Eka Dewi Karunia Wati
Program Studi Teknik Industri
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Surabaya, Indonesia
putu_ekadkw@untag-sby.ac.id

***Abstract*—CV. Surabaya Trading & Co perusahaan manufaktur produksi maupun jasa kayu olahan *moulding* dan *sawmill*, hasil produksinya mencakup pasar lokal maupun internasional. Kondisi tata letak yang belum sesuai standard pada kriteria tata letak yang benar dapat menyebabkan hambatan pada aktivitas produksi, yang berdampak pada terjadinya panjang lintasan material handling berjauhan departemen dan berpotongan garis aliran material, menyebabkan *material handling* tinggi. Untuk meningkatkan efektifitas dari lantai produksi, maka dilakukan perbaikan tata letak fasilitas yang telah ada dengan mempertimbangkan besarnya momen *material handling* dan kedekatan hubungan departemen ARC (*Activity Relationship Chart*) dengan menggunakan metode tabel *From To Chart* dan Algoritma CRAFT (*Computerized Relative Allocation of Facility Technique*). Hasil rancangan tata letak dari metode ini dilakukan dengan perbandingan momen perpindahannya. *Layout* usulan dengan menggunakan Agoritma CRAFT memberikan efisiensi total momen *material handling* sebesar 29,8% sedangkan efisiensi total ongkos *material handling* sebesar 25,7%. Dengan demikian, penerapan *layout* usulan akan meminimasi jarak serta ongkos *material handling* di CV. Surabaya Trading & Co.**

***Keywords*—Perbaikan Tata Letak Fasilitas, ARC (*Activity Relationship Chart*), *Form to Chart*, Algoritma CRAFT**

***Abstract*—CV. Surabaya Trading & Co. a manufacturing company of processed wood molding and sawmill production, its production complements local and international markets. Layout conditions that are not yet compliant with the standards in layout rules that can actually lead to production activities, which affect the material path length of the handling department and intersect the material flow lines, causing high material handling. To increase the effectiveness of the production floor, improvements to the existing facility layout are done by considering the moment of material handling and proximity of the ARC department relationship (Activity Relationship Chart) using the table method From To Chart and CRAFT Algorithm (Relative Computerized Allocation of Facility Techniques). The results of the layout design of this method are carried out using the gathering moment. Layout using the CRAFT Agoritma provides total material handling efficiency of 29.8% while the efficiency of the total material handling costs is 25.7%. Thus, applying the layout will minimize the distance and material handling costs at the CV. Surabaya Trading & Co.**

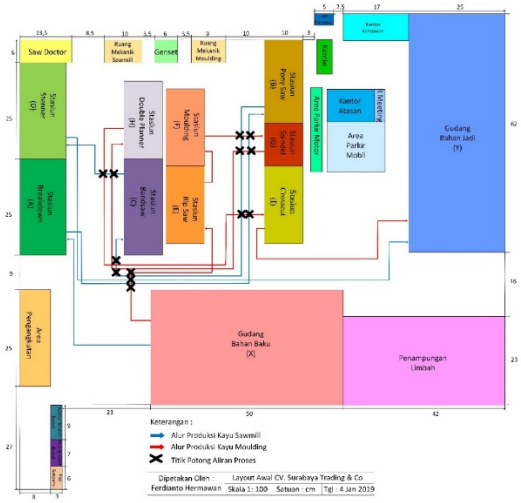
Keywords—Improvement of Facility Layout, ARC (Activity Relationship Chart), Form to Chart, CRAFT Algorithm.

I. PENDAHULUAN

Di Indosnesia sektor industri merupakan eksportir terbesar, salah satunya yaitu industri pengolahan kayu. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Kementerian Perindustrian tahun 2017, industri kayu mengekspor senilai 4,18 milyar dollar Amerika atau menyumbang peranan ekspor Indonesia senilai 4,86% [1]. Litansan produksi, total jarak, ketidakseimbangan kapasitas dan luas lantai dapat digunakan untuk melihat terganggunya kelancaran produksi. Dengan begitu kelancaran perencanaan tata letak fasilitas harus diperhatikan terutama pada aliran produksi dengan memaksimalkan material handling, untuk mendapatkan biaya pemindahan material yang rendah.

CV. Surabaya Trading & Co merupakan salah satu industri yang bergerak di industri pengolahan kayu gergajian yaitu dari kayu sawmill dan moulding. Pabrik yang terletak di wilayah Gending, Kebomas, Gresik ini masih terbilang baru karena mulai beroperasi pada tahun 2000. Alat utama material handling yang digunakan oleh perusahaan ini untuk memindahkan material dan produk adalah forklift. Perusahaan ini memiliki luas pabrik seluas 1.500 m2. Saat ini penempatan antar departemen tidak diperhitungkan dengan derajat tingkat kedekatan antar departemen. Berikut ini gambar layout awal pabrik:

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 1. Layout Awal CV. Surabaya Trading & Co

Pada gambar layout awal di atas efisiensi aliran rute penggunaan material handling terutama forklift yang digunakan pada perusahaan ini masih rancu. Ruang antar tiap stasiun mesin pada perusahaan ini hanya dibatasi dengan garis pembatas.

II. Materi Dan Metode

Definisi dari tata letak pabrik merupakan sebuah tata cara untuk mengatur fasilitas-fasilitas pada suatu pabrik untuk menciptakan kelancaran dan kemudahan pada proses produksi dengan memperhatikan luas area pabrik tersebut dengan baik dan optimal [2].

Sebuah proses memindahkan, menyimpan, mengawasi material serta perlindungan merupakan bagian penting dari Material handling atau pemidahan bahan. Dibutuhkan sebuah penilaian yang benar atau salah terhadap beberapa perusahaan yang besar dan sudah berpengalaman terhadap proses pemindahan bahan, dengan adanya penilaian tersebut maka perusahan dapat menilai sendiri. Biaya ongkos pemindahan bahan permeter, rentang departemen yang saling berhubungan dan sering terjadinya pemindahan dapat mempengaruhi biaya pemindahan bahan. Biaya pemindahan bahan permeter dan biaya pemindahan total akan dapat diketahui ketika biaya proses pengerjaan dan jarak angkut per jam sudah didapatkan atau diketahui.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- *From to Chart* atau *Travel Chart* merupakan metode menganalisa tata letak fasilitas beserta penanganan material.
- *Algoritma CRAFT* merupakan metode dengan bantuan komputer untuk memproses mengecilkan ongkos penanganan material. Pengolahannya membutuhkan data ongkos penangangan material per satuan jarak dan tata letak fasilitas awal

III. Hasil Dan Pembahasan

A. Perhitungan Momen Material Handling dan Ongkos Material Handling (OMH) Layout Awal

CV. Surabaya Trading & Co., menggunakan 4 (empat) unit alat angkut yaitu forklift dengan bermacam kapasitas untuk mengetahui aktivitas material handlingnya.

TABLE I. Hasil Momen *Material Handling Layout* Awal

No	Hubungan Aliran Pemindahan	Jarak (m)	Frekuensi /bln	Momen Material Handling (meter/bln)
1	X-A	89,5	40	3.580
2	A-B	95	29	2.755
3	B-C	69	26	1.794
4	C-D	51	35	1.785
5	D-Y	113,5	34	3.859
6	X-E	53	27	1.431
7	E-F	20	65	1.300
8	F-G	29,8	65	1.937
9	G-H	42,8	114	4.879,2
10	H-I	58,5	108	6.318
11	I-Y	63,5	55	3.492,5
Total		685,6	598	33.130,7

TABLE II. Hasil Ongkos *Material Handling Layout* Awal

Hubungan Aliran Pemindahan	*Forklift*	Jarak (m)	Frekuensi /bln	Momen Material Handling (meter/bln)	OMH (Rp/m)	Total OMH Material Handling
X-A	7 TON	89,5	40	3.580	1.143	4.091.940
A-B		95	29	2.755	1.143	3.148.965
B-C		69	26	1.794	1.143	2.050.542
C-D	6 TON	51	35	1.785	1.119,8	1.998.843
D-Y		113,5	34	3.859	1.119,8	4.321.308
X-E		53	27	1.431	1.119,8	1.602.434
E-F	3 TON	20	65	1.300	938	1.219.400
F-G		29,8	65	1.937	938	1.816.906
G-H	1,5 TON	42,8	114	4.879,2	497	2.424.962
H-I		58,5	108	6.318	497	3.140.046
I-Y	3 TON	63,5	55	3.492,5	938	3.275.965
Total		685,6	598	33.130,7	10.596	29.091.311

B. Pengolahan Data dengan Metode Form To Chart

1) From to Chart Layput Awal

Menganalisa layout awal Gambar 1dengan memperhatikan jarak dan hubungan antar departemen. Hasilnya akan dapat diketahui bagian mana yang dapat dioptimalkan melalui proses trial. Buat travel chart berdasarkan hubungan dan jarak antar stasiun mesin dan juga berat bahan/produk yang dipindahkan yang telah didapatkan sebelumnya dari perhitungan hubungan aliran pemindahan produk tiap departemen layout awal, maka dapat dihitung forward, backward dan moment dengan from to chart dari layout awal dengan urutan awal.

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL III. TABEL *FROM TO CHART LAYOUT* AWAL

TO / FROM	X	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Y	Total
X		28461	-	-	-	8798	-	-	-	-	-	37259
A	-		23085	-	-	-	-	-	-		-	23085
B	-	-		15594	-	-	-	-	-	-	-	15594
C	-	-	-		11526	-	-	-	-	-	-	11526
D	-	-	-	-		-	-	-	-	-	24629,5	24629,5
E	-	-	-	-	-		3240	-	-	-	-	3240
F	-	-	-	-	-	-		4827,6		-		4827,6
G	-	-	-	-	-	-	-		6248,8	-	-	6248,8
H	-	-	-	-		-	-	-		7780,5	-	7780,5
I	-	-	-	-	-	-	-	-	-		8445,5	8445,5
Y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0
Total	0	28461	23085	15594	11526	8798	3240	4827,6	6248,8	7780,5	33075	142636

TABEL IV. PERHITUNGAN MOMEN *LAYOUT* AWAL

JARAK TERHADAP DIAGONAL	VOLUME PRODUK		MOMENT PRODUK	
	FORWARD	BACKWARD	FORWARD	BACKWARD
1	109.208	0	109.208	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	8.798	0	43.990	0
6	24.630	0	147.777	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
Total			300.975	0
Momen			300.975	

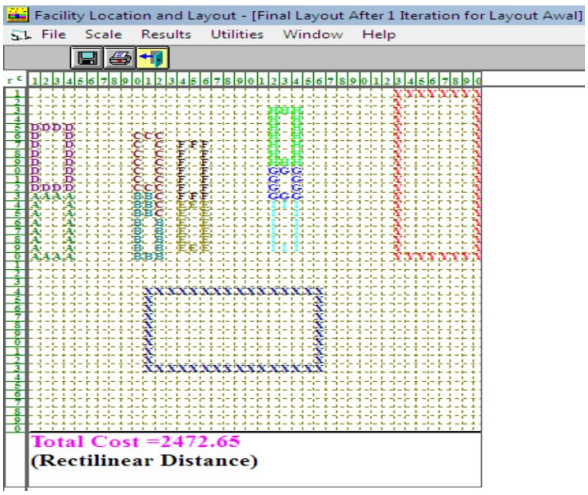
Dari hasil Analisa *from to chart* pada layout awal tidak terdapat nilai *backward* namun untuk *forward* nilainya masih terlalu besar, sehingga akan dilakukan *trial layout* dengan menggunakan untuk menukarkan letak departemen dengan departemen lain agar menurunkan jarak dan *forward* yang minimal atau total *cost* terendah.

C. *Pengolahan Data dengan Algoritma CRAFT*

Pengolahan dalam *software WinQSB* dengan Algoritma *CRAFT* memiliki keterbatasan dengan maksimum skala 40x40 block. Sebagai salah satu input yang dapat diolah melalui *spreadsheet* dalam Algoritma *CRAFT* membutuhkan data aliran/biaya. *CRAFT* menghitung total biaya *material handling* dengan mempertimbangkan jarak diantara pusat departemen dengan *rectilinear*. Berikut ini tabel perhitungan data aliran/biaya yang telah didapatkan dari hasil perhitungan data beban aliran yang dipindahkan pada *layout* awal/OMH tiap *forklift* yang dipakai.

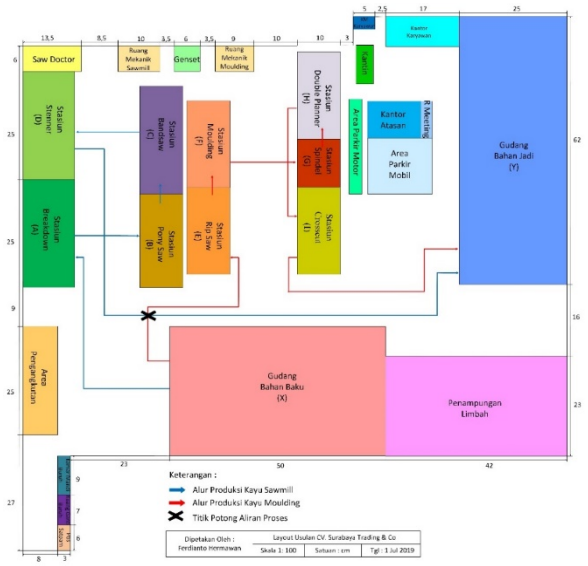
TABLE V. DATA ALIRAN TIAP DEPARTEMEN DENGAN OMH TIAP *FORKLIFT*

Beban Aliran m^3 / OMH *Forklift* Rp/m		X-A	A-B	B-C	C-D	D-Y	X-E	E-F	F-G	G-H	H-I	I-Y
		28.461	23.085	15.594	11.526	24.629,5	8.798	3.240	4.827,6	6.248,8	7.780,8	8.445,5
OMH FORKLIFT 7 TON TCM	Rp 1.143	24,9	20,2	13,7								
OMH FORKLIFT 6 TON TOYOTA	Rp 1.119,8				10,3	22	7,9					
OMH FORKLIFT 3 TON TOYOTA	Rp 938							3,5	5,2			9
OMH FORKLIFT 1,5 TON TOYOTA	Rp 497									12,6	15,7	



Gambar 2. *Final Layout* Hasil Iteration 1

Dalam melakukan proses iteration dilakukan pengkondisian dengan memilih tipe pertukaran *Three-way Interchanges* (pertukaran 3 departemen) karena departemen yang tersedia yang dapat dipindahkan selain gudang bahan baku dan gudang produk jadi, berjumlah 9 departemen. Untuk lebih mengoptimalkan proses iteration maka dipilih tipe pertukaran dengan 3 departemen. Berikut ini gambar hasil *iteration* 1. Berdasarkan hasil dari proses *iteration* 1 di atas, didapatkan hasil *final layout* yang paling paling optimal menurut algoritma CRAF dengan hasil sebesar 2472,65 dengan menukar tiga departemen, yaitu departemen B-C-H. Karena pada iteration 1 tersebut sudah didapatkan hasil paling optimal, maka proses *iteration* hanya dilakukan satu kali.



Gambar 3. *Layout* Usulan Algoritma CRAFT

Dari hasil pengolahan data dengan Algoritma CRAFT didapatkan layout usulan. Perhitungan momen perpindahan tata letak usulan.

ISBN 978-623-92050-0-3

TABEL VI. MOMEN *MATERIAL HANDLING LAYOUT* USULAN

No	Hubungan Aliran Pemindahan	Jarak (m)	Frekuensi /bln	Momen Material Handling (meter/bln)
1	X-A	89,5	40	3.580
2	A-B	26	29	754
3	B-C	23,5	26	611
4	C-D	27,5	35	962,5
5	D-Y	113,5	34	3.859
6	X-E	53	27	1.431
7	E-F	20	65	1.300
8	F-G	29,8	65	1.937
9	G-H	16,3	114	1.858,2
10	H-I	32	108	3.456
11	I-Y	63,5	55	3.492,5
Total		494,6	598	23.241,2

Berikut contoh perhitungan ongkos *material handling* antar departemen terkait salah satunya hubungan aliran pemindahan A-B. Perhitungan total biaya penanganan bahan untuk tata letak usulan Algoritma CRAFT.

TABEL VII. ONGKOS MATERIAL HANDLING LAYOUT USULAN

Hubungan Aliran Pemindahan	*Forklift*	Jarak (m)	Frekuensi /bln	Momen Material Handling (meter/bln)	OMH (Rp/m)	Total OMH Material Handling
X-A	7 TON	89,5	40	3.580	1.143	4.091.940
A-B		26	29	754	1.143	861.822
B-C		23,5	26	611	1.143	698.373
C-D	6 TON	27,5	35	962,5	1.119,8	1.077.808
D-Y		113,5	34	3.859	1.119,8	4.321.308
X-E		53	27	1.431	1.119,8	1.602.434
E-F	3 TON	20	65	1.300	938	1.219.400
F-G		29,8	65	1.937	938	1.816.906
G-H	1,5 TON	16,3	114	1.858,2	497	923.525
H-I		32	108	3.456	497	1.717.632
I-Y	3 TON	63,5	55	3.492,5	938	3.275.965
Total		494,6	598	23.241,2	10.596	21.607.113

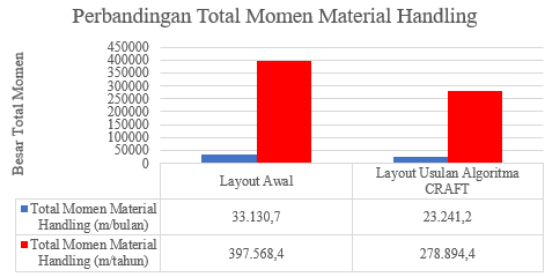
Total biaya penangangan bahan Algoritma CRAFT sebesar Rp 21.607.113/bulan dan jika satu tahun maka biaya penanganan bahan yang dikeluarkan sebesar Rp 259.285.356/tahun.

Dari hasil pengolahan menggunaan Algoritma CRAFT dihasilkan *layout* usulan pada Gambar 3 Pertukaran yang dilakukan antara departemen stasiun mesin pony (B), departemen stasiun mesin *bandsaw* (C) dan departemen stasiun mesin *double planner* (H) membuat jarak antar departemen dalam satu group produksi menjadi lebih dekat. Momen material handling menurun sehingga akan mempengaruhi biaya penanganan bahan daripada kondisi tata letak awal. Perbandingan momen pindah dan biaya penanganan bahan antara tata letak awal dengan tata letak usulan dari Algoritma CRAFT

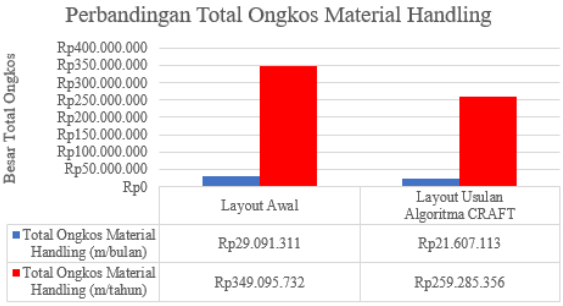
TABEL VIII. ONGKOS MATERIAL HANDLING LAYOUT USULAN

	Layout Awal	*Layout* Usulan Algoritma CRAFT
Momen *Material Hanlding* (m/bulan)	33.130,7	23.241,2
Ongkos *Material Hanlding* (Rp/bulan)	29.091.311	21.607.113
Momen *Material Hanlding* (m/tahun)	397.568,4	278.894,4
Ongkos *Material Hanlding* (Rp/tahun)	349.095.732	259.285.356

Grafik analisa dari perbandingan total momen dan ongkos *material handling* dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 berikut ini.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Total Momen/Jarak *Material Handling*



Gambar 5. Grafik Perbandingan Total Ongkos *Material Handling*

Berikut hasil perhitungan estimasi biaya pemindahan stasiun mesin sesuai hasil algortima CRAFT

No	**Uraian Pekerjaan**	**Volume**	**Satuan**	**Harga Satuan (Rp)**	**Jumlah Harga (Rp)**
I	***PEKERJAAN PEMINDAHAN***				
1	Pembersihan lahan	205,5	m2	10.000	2.055.000
2	Alat Angkut Forklift 7 TON	1	unit	milik perusahaan	milik perusahaan
3	Pembatas proyek	80	m	2.500	200.000
4	Tenaga kerja	10	orang	500.000	5.000.000
Total				512.500	7.255.000

ISBN 978-623-92050-0-3

IV. KESIMPULAN

Dari perhitungan dan analisis yang sudah dilakukan, didapatkan beberapa simpulan, yaitu:

1. Tata letak usulan perbaikan dari hasil Algortima CRAFT pada Gambar 3 Pertukaran dilakukan antara departemen stasiun mesin pony (B), departemen stasiun mesin bandsaw (C) dan departemen stasiun mesin double planner (H).
2. Total momen/jarak perpindahan material handling pada layout awal sebesar 33.130,7 m/bulan dan 397.568,4 m/tahun sedangkan pada layout usulan Algoritma CRAFT sebesar 23.241,2 m/bulan dan 278.894,4 m/tahun sehingga ada pengurangan jarak tempuh sebesar 9.889,5 m/bulan dan 118.674 m/tahun. Jadi layout usulan dapat mengefisienkan jarak sebesar 29,8 % lebih pendek dibandingkan dengan layout awal perusahaan.
3. Besar pengeluaran perusahaan yang di gunakan untuk ongkos pemindahan bahan pada tata letak awal sebesar Rp 29.091.311/bulan dan Rp 349.095.734/tahun dan pada layout ususlan Algoritma CRAFT sebesar Rp 21.607.113/bulan dan Rp 259.285.356/tahun yang artinya terdapat selisih Rp 7.484.198 m/bulan dan Rp 89.810.376/tahun. Jadi tata letak usulan dapat menghemat biaya material handling sebesar 25,7% dibandingkan layout awal perusahaan.
4. Aliran pemindahan material pada layout usulan Algoritma CRAFT menjadi lebih baik dan teratur akibat tidak ada pemotongan arus aliran material antar departemen produksi yang terjadi pada layout awal perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Asbiantari, D. (2016). Pengaruh Ekspor Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. *Jurnal Kementrian Perindustrian*, Vol 2. Hal 5.

[2] Wignjosoebroto, S. (2009). *TATA LETAK PABRIK DAN PEMINDAHAN BAHAN.* Surabaya: Guna Widya.

ISBN 978-623-92050-0-3

Karakteristik Hasil Pelapisan Kitosan-Kurkumin pada material *stent Stainless Steel* 316L dengan Metode Electrophoretic Deposition (EPD)

1st Ibnu Rosyid Alhassany
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
ibnu.rosyid.a@mail.ugm.ac.id

2nd Muhammad Kusumawan Herliansyah
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
herliansyah@ugm.ac.id

Abstract*—Kembali tersumbatnya pembuluh darah setelah pemasangan bare metal stent (BMS) yang disebabkan karena pertumbuhan sel otot polos pembuluh darah (in stent restenosis) telah memotivasi peneliti untuk mengembangkan drug eluting stent (DES). Atas dasar motivasi tersebut, pada penelitian ini dilakukan studi pelapisan kitosan-kurkuumin dengan menggunakan metode Electrophoretic Deposition (EPD). Studi mengenai fenomena solidifikasi, berat hasil deposisi dan laju deposisi, serta identifikasi ikatan kimia hasil pelapisan merupakan fokus yang diteliti pada penelitian ini Spesimen untuk penelitian ini menggunakan plat stainless steel 316L yang telah dihaluskan, lalu dilakukan proses deposisi elektroforesis dengan cara dicelupkan pada larutan kitosan-kurkumin yang dicampur dengan etanol. Karakter solidifikasi, laju deposisi, dan ikatan kimia hasil pelapisan diuji menggunakan kamera optik, timbangan dengan ketelitian 100μg dan Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) spektrometri. Hasil solidifikasi pelapisan dengan menggunakan etanol sebagai pelarut menunjukkan distribusi kitosan dan kurkumin yang tidak merata diseluruh area spesimen. Fenomena tersebut dipengaruhi oleh tegangan permukaan dan laju evaporasi etanol. Selain itu, peningkatan konsentrasi asam asetat akan meningkatkan zeta potential dan electrophoretic mobility, yang pada akhirnya meningkatkan berat hasil deposisi dan laju deposisi pada spesimen. Hasil spektrum (FTIR) menunjukkan kurkumin terdispersi pada kitosan karena adanya ikatan hidrogen. Puncak – pncak yang merupakan ciri khas kurkumin pada hasil pelapisan tidak mengalami perubahan (shifting), yang mengindikasikan kurkumin tidak bereaksi dengan kitosan

Keywords*—electrophoretic deposition (EPD); kitosan; kurkumin; stent; drug eluting stent (DES)

I. PENDAHULUAN

Keberhasilan *bare metal stent* (BMS) sebagai solusi atas penyakit jantung koroner (PJK) ternyata belum cukup untuk menuntaskan permasalahan yang ada. Kehadiran BMS di dalam tubuh pasien yang diidentifikasi sebagai benda asing oleh tubuh, merangsang sistem proteksi yang berdampak pada terjadinya pertumbuhan dinding sel pembuluh darah bagian dalam. Pada jangka waktu satu bulan awal pemasangan BMS, pertumbuhan dinding sel berlangsung cukup signifikan, sehingga menyebabkan penyempitan kembali rongga pembuluh darah [1]

Munculnya *in stent restenosis* (ISR), menjadi motivasi dimulainya penelitian mengenai *drug eluting stent* (DES), dimana model pertamanya mulai diaplikasikan ke tubuh manusia pada tahun 2001 [2]. DES terdiri atas BMS, polimer sebagai pembawa obat, dan obat *antirestenosis*. Mekanisme kerja DES ialah dengan mereduksi munculnya ISR melalui obat yang dilapiskan pada BMS dengan bantuan polimer sebagai perekatnya.

Dalam pengembangannya, DES telah diproduksi baik menggunakan *biostable* polimer atau *biodegradable*. Salah satu contoh *biodegradable* polimer alami ialah kitosan. Kitosan ialah biopolimer yang diproduksi dari proses deasetilasi kitin yang umunya terdapat pada hewan eksoskeleton dan jamur, [3]. Peluang penggunaan kitosan sebagai polimer pengikat obat untuk aplikasi DES terbuka lebar karena material tersebut bersifat biokompatibel, biodegradable, serta mampu mengikat senyawa organik [4]. Lebih dari itu, kurkumin yang memiliki kemampuan sebagai agen anti trombosis, anti oksidan, dan anti proliferasi juga mulai diteliti untuk digunakan pada DES. Kurkumin telah digunakan oleh Pan, dkk untuk pelapisan DES serta telah terbukti mampu mereduksi *restenosis*, utamanya pada satu bulan pertama pemasangan pada tubuh [5]

Dalam proses pelapisan DES terdapat berbagai macam metode yang telah digunakan, diantaranya, *dip-coating, plasma treated coating, electrophoretic deposition* (EPD), dan *ultrasonic spray coating* [6]. EPD ialah teknik pelapisan dimana objek dicelupkan pada suatu larutan atau suspensi, yang dialiri arus listrik sehingga partikel pada suspensi atau larutan

ISBN 978-623-92050-0-3

bergerak menuju objek pelapisan dan pada akhirnya terdeposisi. [7]. Kemampuan untuk menghasilkan permukaan yang homogen dan melapisi objek dengan bentuk komplek merupakan beberapa keunggulan dari proses tersebut. EPD juga merupakan proses yang terjangkau dengan hanya menggunakan peralatan dan infrastruktur yang sederhana [8].

Pada penelitian ini dilakukan studi terhadap proses pelapisan DES yang difokuskan pada fenomena solidifikasi, laju deposisi, dan identifikasi ikatan kimia hasil pelapisan menggunakan kitosan-kurkumin dengan metode EPD

II. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

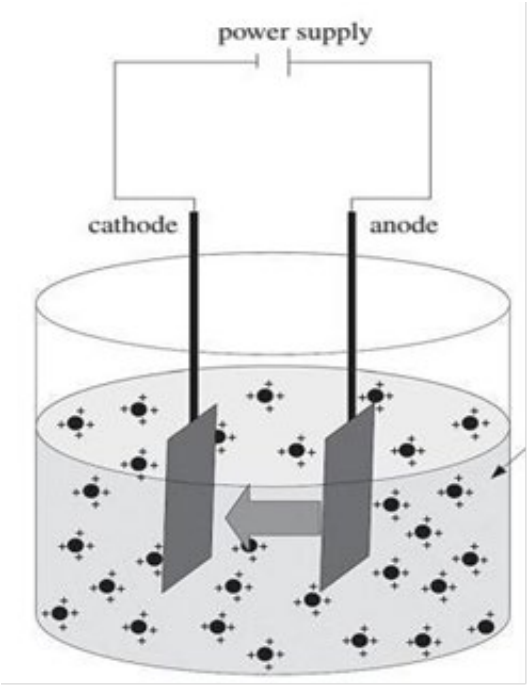
A. *Bahan dan Spesimen*

Penelitian ini mengunakan spesimen plat *stainless steel* 316L (Outokumpu), *sandpaper grit* 2000 (Taiyo), *deionized water* (Onelab), asam asetat (kemurnian 98.8%, Merck), kitosan (*molecular weight* : 300 kDa , derajat deasetilasi ≈ 85%, Sigma Aldrich), etanol (kemurnian 98%, Merck), dan kurkumin (*molecular weight*: 368.38 kDa, Merck)

B. *Penyiapan Spesimen dan Larutan*

Spesimen dipotong dengan ukuran 15×10×1 mm. Setelah proses pemotongan, spesimen dihaluskan dengan sandpaper hingga ukuran *grit* 2000. Pembuatan suspensi kitosan kurkumin diawali dengan mencampur 15%Vol *deionized water* dengan tiga variasi asam asetat berbeda (0.2, 0.4, dan 0.8 %Vol). Setelah itu 0.5 g/L kitosan dicampurkan dalam larutan asam, lalu dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Tahapan berikutnya ialah mencampur etanol hingga volume total tiap larutan sebesar 100 ml, dan dilanjutkan dengan pengadukan selama 5 jam. Setelah pengadukan selama 5 jam, 0.01 gram kukumin ditambahkan pada masing – masing larutan kitosan, serta diaduk kembali selama 1 jam.

Proses deposisi dilakukan dengan menempatkan spesimen sebagai katoda, serta material yang sama digunakan sebagai anoda (Gbr. 1.). Jarak antara anoda dan katoda ialah 10 mm, dan area deposisi pada spesimen ialah 10×10 mm2. Sumber listrk pada proses EPD menggunakan DC power supply (3005 DT, Cody Electronic). Tegangan listrik yang diterapkan pada proses tersebut ialah 20 Volt, dengan durasi proses selama 5 menit



Gambar 1. Skema proses electrophoretic deposition EPD (Boccaccini, dkk. 2010

C. *Metode Karakterisasi*

Morfologi hasil deposisi disajikan dalam bentuk gambar menggunakan kamera optik (D-5100,Nikon). Berat hasil deposisi dan laju deposisi proses EPD diuji menggunakan timbangan dengan akurasi 0.1 mg (PA224, Ohaus). Penimbangan dilakukan pada spesimen yang belum dilapisi dan spesimen yang telah dilaisi. Sebagai data dukung laju deposisi, pengujian *zeta potential* larutan kitosan kurkumin juga dilakukan (SZ 100, Horiba). Kandungan kurkumin pada hasil deposisi diuji dengan *Fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR, IR Prestige 21, Shimadzu) pada rentang *wavenumber* 4000 – 500 cm-1. Dalam hasil dan pembahasan variasi konsentrasi asam 0.2, 0.4, dan 0.8 %Vol pada hasil pelapisan dinotasikan dengan KKA, KKB, dan KKC

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses deposisi kitosan kurkumin pada proses EPD bisa dilakukan, ketika kitosan terprotonasi dengan cara dicampur pada larutan asam. Pada rumus 1 pencampuran air dengan asam asetat akan menghasilkan hydronium (H3O+). Ketika kitosan (Chit-NH2) dicampur pada larutan asam pH < 5, maka hidronium bereaksi dengan kitosan lalu teprotonasi (2). Kitosan yang terprotonasi, akan berpindah menuju katoda ketika medan listrik diterapkan pada larutan kitosan. Pada area sekitar katoda akan terjadi elektrolisis air (3 dan 4) dan ketika bereaksi dengan kitosan yang terprotonasi,

ISBN 978-623-92050-0-3

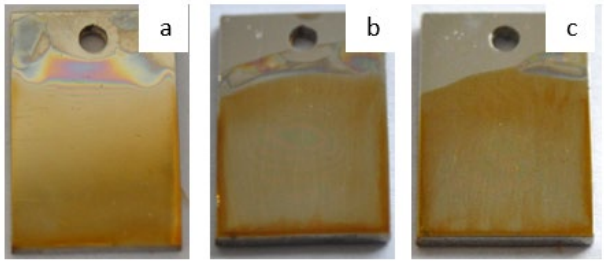
maka kitosan akan kehilangan muatan listiknya dan terdeposisi pada katoda [9].

$$CH_3COOH + H_2O \rightarrow CH_3COO^- + H_3O^+ \quad (1)$$

$$Chit\text{-}NH_2 + H_3O^+ \rightarrow Chit\text{-}NH_3^+ + H_2O \quad (2)$$

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \quad (3)$$

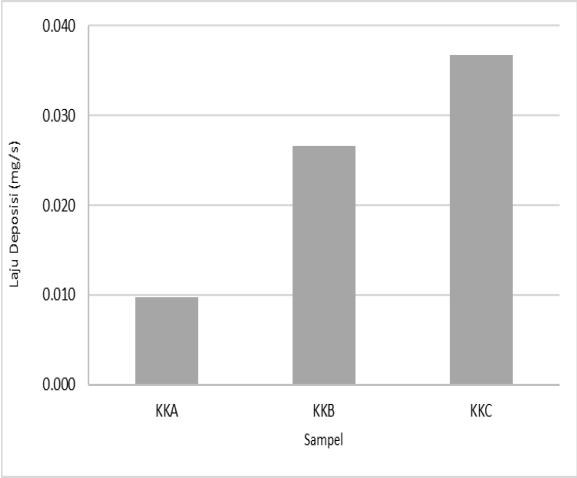
$$Chit\text{-}NH_3^+ + OH^- \rightarrow Chit\text{-}NH_2 + H_2O \quad (4)$$

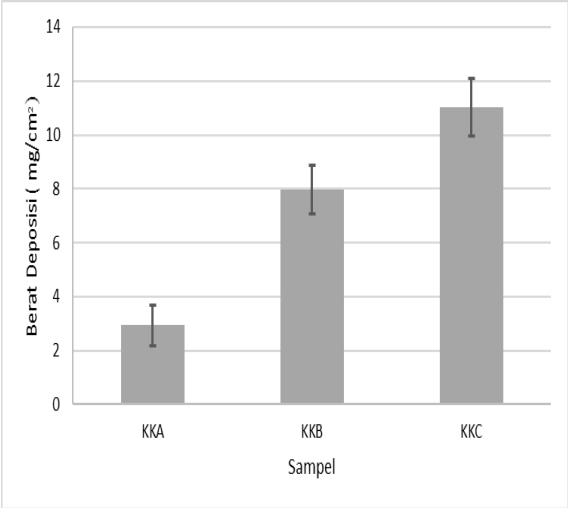


Gbr. 2. Spesimen setelah pengeringan selama 24 jam, dimana (a) KKA, (b) KKB, dan (c) KKC

Reaksi pada persamaan 3 juga menghasilkan gas hidrogen, yang berakibat pada muculnya bercak gelembung dan mereduksi kerataan hasil deposisi. Selain itu, menurut penelitian oleh Sorkhi, dkk. derajat elektrolisis meningkat seiring peningkatan volume air yang digunakan (Sorkhi, 2014). Sehingga pada penelitian ini, etanol digunakan untuk mereduksi fenomena elektrolisis pada proses EPD, serta untuk memperoleh hasil deposisi yang rata.

Setelah proses deposisi, tahapan berikutnya ialah pengeringan hasil pelapisan (Gbr.2). Pengeringan dilakukan pada suhu ruang selama 24 jam.





Gbr. 3. (A) Berat hasil deposisi kitosankurkumin, dan (B) Laju deposisi hasil pelapisan kitosan-kurkumin

berdasarkan pengamatan Gambar 2, didapati bahwasanya mayoritas partikel kitosan dan kurkumin terdeposisi di bagian ujung spesimen. Ada beberapa pendekatan yang telah dilakukan terhadap fenomena tersebut. Peng dan Liu, menerangkan bahwa nilai laju evaporasi dan tegangan permukaan pelarut berpengaruh terhadap pengeringan hasil pelapisan. Etanol memiliki nilai laju evaporasi yang rendah, akan tetapi nilai tegangan permukaannya cukup tinggi. Tingginya tegangan permukaan tersebut serta lamanya waktu yang dibutuhkan oleh hasil pelapisan untuk kering sempurna, berkontribusi pada kecenderungan hasil pelapisan tertarik ke bagian ujung spesimen karena gaya kapiler molekul etanol [11].

Performa proses EPD dikaji dengan menganalisis perubahan berat hasil deposisi dan laju proses deposisi. Berdasarkan pengujian berat deposisi hasil pelapisan, variasi kadar asam berpengaruh pada jumlah partikel kitosan kurkumin yang terdeposisi pada spesimen. Seperti tertera pada Gbr. 3A., berat rata – rata deposisi berturut – turut untuk sampel KKA, KKB, dan KKC ialah 2, 8 dan 11 mg/cm2. Selain itu, hasil pengujian *electrophoretic light scattering*, menunjukkan nilai *zeta potential* larutan kitosan kurkumin KKA, KKB, dan KKC ialah 25.2, 32.5, dan 33.5 mV. Peningkatan berat hasil deposisi dan nilai *zeta potential* sesuai dengan persamaan yang diajukan oleh Hamaker untuk mengevalusi berat hasil deposisi pada proses EPD (5 dan 6).

$$Y = \mu \cdot C \cdot E \cdot A \cdot t \quad (5)$$

Dimana (C) ialah konsentrasi larutan, (A) ialah luas permukaan, (t) ialah waktu deposisi, (E) ialah medan listrik yang diterapkan dan (μ) ialah *electrophoretic mobility* [12]. Pada proses EPD,

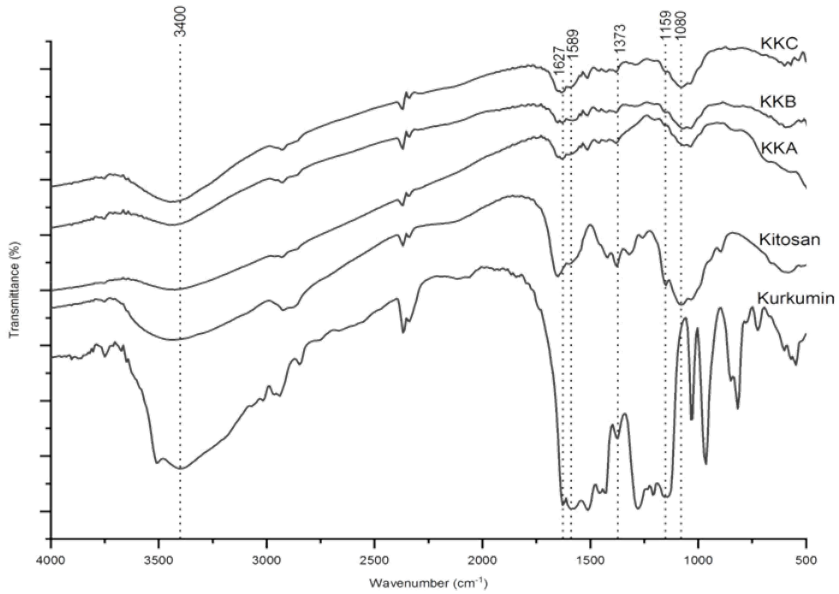
ISBN 978-623-92050-0-3

kecepatan partikel kitosan untuk berpindah menuju suatu elektroda (*electrophoretic mobility*) dipengaruhi oleh *zeta potential* larutan (6)

$$\mu = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \zeta}{\eta} \quad (6)$$

Dimana ζ ialah *zeta potential*, Ɛ0 ialah *vacuum permittivity*, Ɛ ialah konstanta dielectrik, dan η ialah viskositas larutan [12]. Semakin meningkatnya konsentrasi asam pada larutan, maka semakin banyak patikel kitosan yang bermuatan listrik (terprotonasi), yang pada akhirnya meningkatkan *electrophoretic mobility* kitosan-kurkumin. Dari pernyataan tersebut, dapat disimpulkan bahwa peningkatan hasil deposisi dipengaruhi oleh peningkatan kadar protonasi kitosan dan electrophoretic mobility. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian terdahulu yang menyebutkan bahwa deposisi pada spesimen akan meningkat seiring pertambahan nilai *electrophoretic mobility* dan kadar protonasi [13].

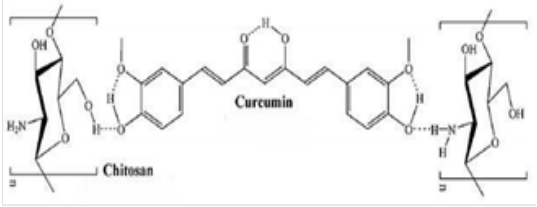
Selain itu, berat hasil deposisi dapat juga digunakan untuk mengetahui laju deposisi proses EPD. Pada penelitian ini proses EPD dilakukan selama 5 menit, perkiraan laju deposisi dapat diketahui dengan membagi berat hasil deposisi dengan lamanya waktu proses. Dari hasil perhitungan (Gbr.3B), nilai laju deposisi untuk proses dengan konsentrasi asam asetat 0.2, 0.4, dan 0.8 %Vol ialah 0.007, 0.027, dan 0.037 mg/s Hasil tesebut membuktikan bahwa ketika waktu proses diatur konstan, maka konsentrasi asam berpengaruh pada seberapa banyak kitosan kurkumin yang terdeposisi pada spesimen. [13]



Gambar 4. Spektrum FTIR hasil pelapisan kitosan kurkumin

Spektroskopi FTIR menyajikan interaksi antara kurkumin dan kitosan dengan tiga variasi kadar asam asetat yang berbeda (Gbr. 4). Puncak dengan nilai *wavenumber* 3400 cm^{-1} dan 1589 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan hidrogen baik pada kurkumin, kitosan, ataupun pada hasil pelapisan. Hal tersebut sesuai dengan penelitian terdahulu, yang menyebutkan bahwa interaksi antara kurkumin kitosan ialah munculnya ikatan O ─ H dan N ─ H [14]. Puncak 1627 cm^{-1} 1373 cm^{-1} menunjukkan vibrasi rentang ikatan C=O (amide II band) dan getaran bengkok dari ikatan C─H yang merupakan ciri khas dari kurkumin [15]. Puncak 1159 cm^{-1} dan 1080 cm^{-1} menunjukkan regangan antisimetris ikatan C─O─C pada struktur sakarida dan regangan ikatan C─O dari *glucosamine*. Kedua puncak merupakan karakteristik ikatan yang dimiliki oleh kitosan [15]. Berdasarkan gambar spektroskopi untuk seluruh hasil pelapisan menunjukkan bahwa puncak 1627 cm^{-1} 1373 cm^{-1} tidak mengalami perubahan (*shifting*), dimana hasil tersebut mengindikasikan bahwa kurkumin tersebar pada lapisan kitosan dan tidak bereaksi dengan partikel kitosan [14]. Sebagaimana tertera pada Gbr. 5, munculnya puncak yang menunjukkan ikatan O ─ H dan N ─ H mengindikasikan interaksi yang terjadi antara kurkumin dan kitosan ialah ikatan hidrogen [16].

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 5. Interaksi ikatan hidrogen molekul kitosan kurkumin [14]

IV. KESIMPULAN

Hasil pelapisan pada penelitian ini menunjukkan distribusi kitosan-kurkumin yang tidak merata di seluruh area spesimen. Hal tersebut, disebabkan oleh tegangan permukaan etanol yang cukup tinggi sedangkan laju evaporasinya cukup rendah. Penggunaan konsentrasi asam yang semakin tinggi akan meningkatkan nilai *zeta potential, electrophoretic mobility* dan pada akhirnya meningkatkan berat hasil deposisi serta laju deposisi. Berdasarkan pengamatan spektrum FTIR, kurkumin dapat menyatu dengan kitosan karena munculnya ikatan hidrogen antar kedua senyawa tersebut. Puncak – puncak yang menjadi ciri khas kurkumin tidak mengalami perubahan (shifting), yang mengindikasikan kurkumin terdispersi dalam kitosan dan tidak bereaksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih, peneliti haturkan kepada hibah penelitian Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, No. 683/H1.17/TMI/LK/2019, tanggal 1 Maret 2019 atas dukungan yang telah diberikan pada penelitian ini.

REFERENSI

[1] Curcio, A., Torella, D., Indolfi, C., "Mechanism of smooth muscle cell proliferation and endhotelial regeneration after vascular injury and stenting: Approach to therapy", Journal of the Japanes Circulation Society, vol. 75, pp. 1287 – 1296, 2011

[2] Rensing B.J., Vos J., Smits P.C., Foley D.P., Van Den Brand M., Van Der Giessen W.J., Feijter P.J., and Serruys P.W., Coronary restenosis elimination with sirolimus eluting stent, *European Heart Journal*, vol. 22, pp. 2125 – 2130, 2001.

[3] Jenning J.A., and Bumgardner J.D., "Chitosan based biomaterial", 1st ed., Woodhead Publishing, 2017.

[4] Elgadir M.A., Uddin, Md. S., Ferdosh, S., Adam, A., Chowdhury, A. J. K., Sarker, Md. Z. I., "Impact of chitosan composites and chitosan nanoparticle composites on various drug delivery systems: A review", Journal of Food and Drug Analysis, vol. 23, pp. 619 - 629, 2014.

[5] Pan C.J., Tang J.J., Weng Y.J., Wang J., and Huang N., "Preparation, characterization and anticoagulation of curcumin-eluting controlled biodegradable coating stents", Journal of Controlled Release, vol. 116, pp 42 – 49, 2006.

[6] Livingston M., and Tan A., "Coating techniques and release kinetics of drug – eluting stents", Journal of Medical Devices, vol. 10, pp. 010801-1 - 010801-8, 2016.

[7] Pishbin, F., Mourino, V., Gilchrist, J.B., McComb, D.W., Kreppel, S., Salih, V., Ryan, M.P., and Boccaccini, A.R., "Single-step electrochemical deposition of antimicrobial orthopaedic coatings based on a bioactive glass/chitosan/nano-silver composite system", Acta Biomaterialia, vol. 9 (7), pp. 7469 – 7479, 2013.

[8] Boccaccini, A. R., Keim, S., Ma, R., and Zhitomirsky, I., "Electrophoretic deposition of biomaterials", Journal of the Royal Society Interface, vol. 7, pp. s581 – s613, 2010.

[9] Pang, X., and Zhitomirsky, I. "Electrophoretic deposition of hydroxyapatite chitosan, *Material Characterization",* vol. 58, pp 339– 348, 2007.

[10] Sorkhi L., Rad M.F., and Shahrabi T., "Electrophoretic deposition of chitosan in different alcohols", Journal of Coating Technology, vol. 11 (5), pp. 739 – 746, 2014.

[11] Peng, Z., and Liu, M., "Preparation of dense platinum-ytrria stabilized zirconia and yttria stabilized zirconia films on porous $La_{0.9}Sr_{0.1}MnO_3$ (LSM) Substrates", Journal of American Ceramic Society,vol. 84 [2], pp 283 - 288, 2001.

[12] Mahmoodi, S., Sorkhi, L., Farokhi-Rad, M., Shahrabi, T., "Electrophoretic deposition of hydroxyapatite-chitosan nanocomposite coating in different alcohols", Surface and Coating Technology, vol.216, pp. 106 – 114, 2012.

[13] Farokhi-Rad, M., Fateh, A., and Shahrabi, T., "Effect of pH on the electrophoretic deposition of chitosan in different alcoholic solutions", Journal Surfaces and Interfaces, Vol. 12, pp 145 - 150, 2018.

[14] Liu Y., Cai Y., Jiang X., Wu J., and Le X., "Molecular interactions, characterization and antimicrobial activity of curcumin-chitosan blends film", Food Hydrocolloids, vol. 52, pp. 564 – 572, 2015.

[15] Govindaraj, P., Kandasubramanian, B., and Kodam, K. M., "Molecular interactions and antimicrobial activity of curcumin (curcuma longa) loaded polyacronitrile films", Material Chemistry and Physics,vol. 147, pp 934 – 941, 2014.

[16] Nair, R. J., Morris, A., Billa, N., Leong, C. O., "An evaluation of curcumin-encapsulated chitosan nanoparticles for transdermal delivery", AAPS PharmSciTech, vol. 20, 2018.

ISBN 978-623-92050-0-3

Analisis Desain Mesin CNC Batik Tulis

1st Irvan Setiawan
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
panute45@gmail.com

2stAndi Sudiarso
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
a.sudiarso@ugm.ac.id

***Abstract*—Perkembangan industri batik di Indonesia khususnya batik tulis terus mengalami peningkatan sejak diakuinya batik sebagai warisan budaya non bendawi milik Indonesia. Namun, kemampuan industri batik tulis dalam memenuhi permintaan pasar semakin berkurang. Hal ini disebabkan berkurangnya jumlah tenaga pembatik professional, sehingga perlu adanya penerapan teknologi untuk masalah tersebut. Salah satunya dengan menerapkan mesin *computer numerical control* (CNC). Penelitian ini dilakukan untuk mendesain mesin CNC batik tulis yang nantinya dapat digunakan untuk menggantikan proses nyanting yang selama ini dilakukan secara manual. Metode perancangan desain mesin diawali dengan mengidentifikasi kebutuhan pengguna serta mengobservasi produk yang telah ada. Penggunaan kuesioner digunakan untuk mengidentifikasi kepentingan *needs.* Kemudian dilakukan analisis kebutuhan menggunakan metode *quality function deployment* (QFD) dimana mesin CNC batik tulis yang akan didesain ditentukan spesifikasi awal dan dilakukan perbandingan dengan produk kompetitor. Metode *functional modeling* digunakan untuk mengeksekusi respon teknis yang telah diperoleh. Hasil dari konsep desain yang telah dibuat dilakukan validasi terhadap *user* dan *expert.* Dari hasil penelitian diusulkan sebuah produk mesin CNC batik tulis yang mempunyai dimensi mesin 300 cm x 170 cm x 135 cm, dengan tingkat akurasi sumbu X dan Y ± 0,55 mm, sementara akurasi sumbu Z adalah ± 0,01 mm. Mesin yang didesain juga mempunyai keunggulan yaitu mudah dipindahkan, dapat beroperasi ± 180 menit saat listrik padam dan adanya opsi tempat penyimpanan. Biaya produksi mesin CNC batik tulis sekitar Rp 60.521.000.**

***Keywords*—batik tulis, *CNC, QFD, functional modeling,* mesin batik**

I. PENDAHULUAN

Sejak diakuinya batik sebagai warisan budaya milik Indonesia oleh *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO) pada 2 Oktober 2009 tingkat nilai produksi batik mengalami peningkatan yang sangat signifikan dari rata-rata 543,96 miliar rupiah pada tahun 2006-2009 menjadi rata-rata 1,09 triliun rupiah pada tahun 2010-2013 [1]. Sejauh ini proses pembuatan batik masih dilakukan secara manual sehingga kualitas dan kecepatan produksinya masih tergantung pada kemampuan pengrajin. Sementara itu, jumlah tenaga kerja pada industri batik justru mengalami penurunan [2], pada tahun 2010 hingga 2011 jumlah tenaga kerja sekitar 22.255 orang dan ditahun 2012-2013 menjadi sekitar 15.782 orang. Apabila jumlah permintaan yang tinggi tidak diimbangi dengan kemampuan produksi kemungkinan akan terjadi krisis suplai batik tulis dimasa yang akan datang. Maka dari itu perlu adanya penerapan teknologi untuk membuat proses produksi batik tulis menjadi lebih cepat. Salah satunya dengan penerapan mesin *computer numerical control* (CNC). Dengan penerapan teknologi CNC pada proses pembuatan batik tulis diharapkan dapat menggantikan proses *nyanting* yang selama ini masih dilakukan secara manual menjadi proses yang berjalan secara otomatis, sehingga proses produksi menjadi lebih cepat.

II. METODE

Objek pada penelitian ini adalah pengrajin batik tulis yang ada di Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun metode penelitian pada perancangan mesin CNC batik tulis adalah sebagai berikut:

A. *Identifikasi Kebutuhan*

Identifikasi kebutuhan perlu dilakukan untuk mengetahui masalah pokok atau kebutuhan pokok dari mesin CNC batik tulis. Pada tahap ini dilakukan observasi terhadap dua *merk* mesin CNC batik tulis yang sudah ada dan melakukan wawancara kepada lima pengrajin batik tulis yang ada di Yogyakarta. Proses wawancara meliputu identifikasi kebutuhan dan keinginan terhadap mesin CNC batik tulis.

B. *Kuesioner*

Hasil identifikasi kebutuhan yang sudah diperoleh kemudian dibuat menjadi kuesioner untuk disebarkan ke responden. Data hasil dari kuesioner yang telah disebar kemudian direkap dan dilakukan uji kecukupan data serta uji validitas serta uji reabilitas. Persamaan (1) adalah rumus untuk uji kecukupan data. Persamaan (2) merupakan rumus uji validitas. Persamaan (3) rumus untuk uji reliabilitas [3] [4] [5].

ISBN 978-623-92050-0-3

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s}\sqrt{N * \sum Xi2 - (\sum Xi)2}}{\sum Xi}\right]^2 \quad (1)$$

Dimana N = jumlah data teoritis, k = tingkat keyakinan (95%), s = tingkat ketelitian (5%), X_i = bobot setiap kebutuhan.

$$r = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(N\sum X^2 - (\sum X)^2(N \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (2)$$

Dimana N = jumlah sampel, X = skor tiap responden pada suatu atribut, Y = skor tiap responden pada seluruh atribut.

$$a = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right] \quad (3)$$

C. *Penentuan Spesifikasi Produk*

Penentuan spesifikasi produk pada perancangan ini bertujuan untuk menentukan spesifikasi mesin CNC batik tulis yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Hasil dari kebutuhan pelanggan yang sudah didapat kemudian diinterpretasikan dalam bentuk rencana teknis terhadap desain mesin CNC batik tulis.

Penggunaan *House of Quality* (HoQ) dalam metode QFD digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan pelanggan. HoQ berfungsi untuk menetapkan target spesifikasi perancangan. Pada tahap ini juga dilakukan analisis terhadap produk kompetitor dan digunakan sebagai acuan dalam membuat spesifikasi produk mesin CNC batik tulis.

D. *Perancangan Konseptual*

Hasil dari spesifikasi produk yang sudah ditetapkan kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan solusi yang terbaik untuk setiap bagian mesin yang akan dirancang. Tahapan ini dimulai dengan membuat fungsi keseluruhan yang berkaitan dengan input, output energi, material dan sinyal. Kemudian dilakukan permilihan alternatif komponen yang paling sesuai untuk setiap bagian mekanisme mesin. Hasil dari solusi alternatif yang sudah didapat digunakan sebagai acuan dalam membuat desain mesin CNC batik tulis dalam bentuk 3-dimensi.

E. *Validasi Konsep*

Hasil perancangan mesin CNC batik tulis yang sudah dibuat dilakukan validasi model kepada *customer* untuk memberikan penilaian terhadap desain. Selain kepada *customer* dilakukan juga validasi kepada *expert* untuk mendapatkan penilaian terhadap desain maupun pemilihan komponen.

III. HASIL

A. *Identifikasi Kebutuhan*

Dari hasil pengamatan terhadap mesin kompetitor A dan mesin kompetitor B diperoleh beberapa kekurangan pada masing-masing mesin. Mesin kompetitor A memiliki dimensi panjang 330 cm lebar 170 cm dan tinggi 135 cm, kekurangan dari mesin ini adalah pada panjang mesinnya yang dianggap masih terlalu panjang padahal pengrajin batik tulis hanya membutuhkan mesin untuk mengerjakan batik ukuran panjang 200 – 250 cm dan jarang yang menggunakan untuk kain 300 cm. Kerataan kain pada proses pembatikan sudah baik namun dalam proses memasang kain membutukan waktu yang lama dan kain rentan rusak, karena kain harus ditempelkan ke kayu menggunakan paku *staple* pada tiap sisi-sisinya secara menyeluruh. Sementara mesin kompetitor B mempunyai kekurangan pada luas *work area* yakni 260 cm x 110 cm, sementara ukuran lebar kain batik tulis yang dibuat oleh pengrajin kebanyakan 115 cm sehingga masih membutuhkan *space* lebih jika akan digunakan untuk kain 115 m. Selain permasalahan lebar area kerja, mesin batik ini juga hanya dapat membuat pola dasar/klowong. Sementara, proses isen-isen (*nglatari dan nyecek*) dan nemboki masih dilakukan secara manual oleh pengrajin.

Tahap wawancara yang dilakukan kepada 5 responden pengrajin batik tulis diperoleh 14 kebutuhan terhadap perancangan mesin CNC batik tulis antara lain: mudah dipindahkan, rangka kuat, mudah dalam memasang dan melepas kain, memasang atau melepas kain dalam posisi berdiri, posisi kain rata, dapat beroperasi saat listrik padam, terdapat tempat penyimpanan, aman saat digunakan, ketinggian dapat diatur, volume canting besar, tidak mudah berkarat, pengoperasian mudah, akurasi pergerakan seperti batik manual, dan multi fungsi.

B. *Kuesioner*

Daftar kebutuhan kemudian disusun menjadi sebuah kuesioner yang bersifat tertutup dan disebarkan kepada 38 pengrajin batik tulis untuk mendapatkan tingkat kepentingan pada masing-masing *needs*. Hasil dari uji kecukupan data diperoleh N' = 25 (N ≥ N'), artinya jumlah responden sudah lebih dari cukup. Pada uji validitas diperoleh nilai r hitung secara keseluruhan lebih dari 0,34 sementara nilai r tabel dengan jumlah responden 38 dengan signifikansi 5% adalah 0,32 (r hitung ≥ r tabel = data valid). Sementara itu, pada uji reliabilitas keseluruhan poin *needs* mempunyai nilai *cronbach's alpha* sebesar 0,898 sedangkan nilai minimal uji reliabilitas adalah *cronbach's alpha 0,70*.

ISBN 978-623-92050-0-3

C. *Penentuan Spesifikasi Produk*

Setelah mendapatkan informasi kebutuhan pelanggan, selanjutnya kebutuhan rinci dari mesin yang akan dibuat harus diinterpretasikan dalam kebutuhan dengan jelas sehingga tujuan utama perancangan dapat dihasilkan dengan maksimal. Tabel I merupakan bobot nilai dari masing-masing *needs.* Setelah mengetahui parameter *needs*, kemudian dilakukan interpretasi untuk mengetahui kebutuhan teknis. Tabel II merupakan respon teknis dalam perancaganmesin CNC batik tulis.

TABLE I. BOBOT KEPENTINGAN

No	Atribut	Bobot
1	Mudah dipindahkan	3,87
2	Rangka kuat	4,13
3	Mudah untuk memasang/melepas kain	4,05
4	Memasang/melepas kain posisi berdiri	3,08
5	Posisi kain rata	4,03
6	Mempunyai cadangan energi	3,97
7	Mempunyai tempat pernyimpanan	3,66
8	Aman saat digunakan	4,37
9	Ketinggian dapat diatur	4,11
10	Volume canting besar	3,84
11	Tidak berkarat	4,18
12	Pengoperasian mudah	4,37
13	Akurasi pergerakan seperti batik manual	4,45
14	Multi fungsi	4,37

TABLE II. HUBUNGAN KEBUTUHAN DENGAN RESPON TEKNIS

No Metrik	Kebutuhan	Metrik	Satuan
1	10,12,13,14	Tipe canting	List
2	1,2,11	Struktur rangka	MPa
3	1,3,4	Dimensi mesin	cm
4	13,14	Mekanisme gerak sumbu	List
5	12,14	Sistem kontrol	List
6	1	Metode pemindahan	List
7	3,5	Tipe penjepit	List
8	7	Fitur tempat penyimpanan	Biner
9	9	*Adjustable*	cm
10	2,6,7,13	Biaya manufaktur	Rp
11	6	Fitur energi cadangan	Menit
12	8	Penutup	Biner

TABLE III. SPESIFIKASI PRODUK PESAING

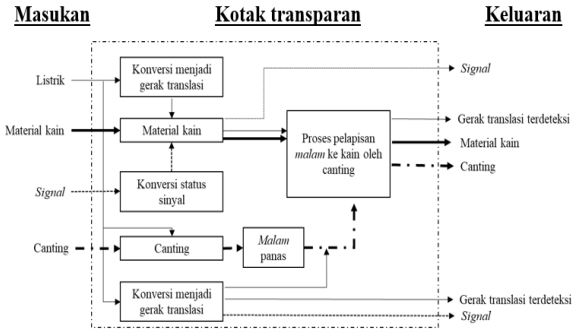
Metrik	Satuan	Kompetitor A	Kompetitor B
Tipe canting	List	*Single nozzle*	*Multi nozzle*
Struktur rangka	MPa	414	250
Dimensi mesin	cm	300 x 175 x 100	330 x 170 x 135
Mekanisme gerak sumbu	List	*Ballscrew*	*Rack and pinion, ballscrew*
Sistem kontrol	List	Mach3	Mach3
Metode pemindahan	List	Diangkat	MMH
Tipe penjepit	List	Klem *fix*	*Frame*, klem
Fitur tempat penyimpanan	Biner	Tidak	Tidak
Adjustable	cm	0	0
Biaya manufaktur	Rp	80.000.000	70.000.000
Fitur energi cadangan	Menit	0	0
Penutup	Biner	Ya	Ya

Kebutuhan teknis harus mempunyai hubungan dengan aspek yang mempengaruhi perancangan mesin CNC batik tulis. Penentuan kebutuhan teknis ini juga dilakukan dengan memperhatikan kemampuan dan sumberdaya yang ada. Tabel III adalah spesifikasi produk pesaing terkait respon teknis yang akan dibuat oleh peneliti. Daftar spesifikasi produk pesaing diperlukan guna mengetahui gambaran produk pesaing,

Selanjutnya dilakukan analisis untuk menentukan target yang akan dicapai oleh respon teknis produk yang dapat memenuhi kebutuhan konsumen. Metode yang digunakan adalah *Quality Function Deployment* (QFD) dengan menggunakan *tools House of Quality* (HOQ) [6]. Hasi dari HoQ mesin CNC batik tulis pada Gambar 1 menunjukkan bahwa kebutuhan konsumen yang paling prioritas adalah tipe canting. Karena tipe canting sangat menentukan terhadap kualitas hasil batik.

D. *Perancangan Konseptual*

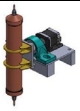
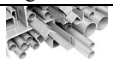
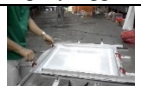
Pembuaatan *functional modeling* mesin CNC batik tulis untuk menggambarkan proses pengoperasian dan prinsip kerjanya secara keseluruhan. Gambar 2 menunjukkan subfungsi proses membatik menggunakan mesin secara keseluruhan, untuk mengetahui masukan dan keluaran yang terjadi pada fungsi proses.

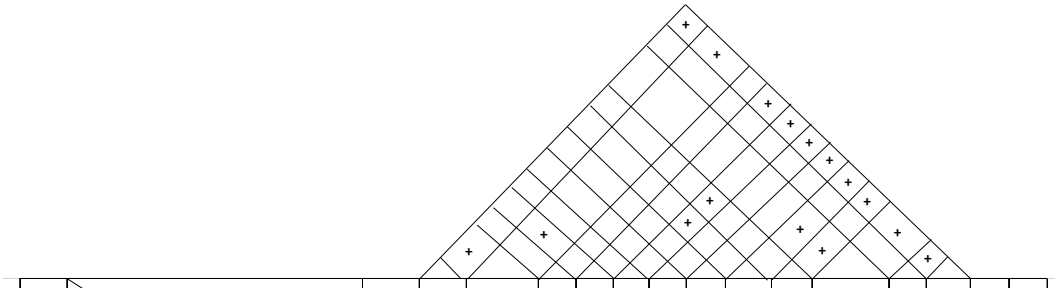


Gambar 2. Subfungsi mesin CNC batik tulis

ISBN 978-623-92050-0-3

TABLE IV. ALTERNATIF SOLUSI SUBFUNGSI MESIN CNC BATIK TULIS

No	Mekanisme	Solusi
1	Tipe canting	 Canting *multi-nozzle*
2	Struktur rangka	 *Galvanis steel* ASTM A36
3	Transmisi sumbu X	 *Pully and belt*
4	Transmisi sumbu Y	 *Pully and belt*
5	Transmisi sumbu Z	 *Ballscrew*
6	Sistem kontrol	LinuxCNC
7	Mekanisme pemindahan	 Roda + penyangga tengah
8	Mekanisme penjepit kain	 Klem
9	Tempat penyimpanan	 Almari
10	Mekanisme *adjustable*	 *Adjustable* atas
11	Energi cadangan	 UPS



No	Customer Requirement / Technical Requirement	Bobot	Struktur rangka	Dimensi mesin	Tipe penjepit	*Adjustable*	Fitur energi cadangan	Fitur tempat penyimpanan	Penutup	Tipe canting	*Controller*	Mekanisme gerak sumbu	Metode pemindahan	Biaya manufaktur	**Kompetitor A**	**Kompetitor B**
1	Mudah dipindahkan	3,87	●	●									●			●
2	Rangka kuat	4,13	●											●	●	●
3	Mudah untuk memasang/melepas kain	4,05		●	●											●
4	Memasang/melepas kain posisi berdiri	3,08		●											●	
5	Posisi kain rata	4,03			●										●	●
6	Mempunyai cadangan energi	3,97					●							●		
7	Tempat penyimpanan	3,66						●						●		
8	Aman saat digunakan	4,37							●						●	●
9	Ketinggian dapat diatur	4,11				●										
10	Volume canting besar	3,84								●					●	
11	Tidak mudah berkarat	4,18	●												●	●
12	Pengoperasian mudah	4,37								●	●				●	●
13	Akurasi pergerakan seperti batik manual	4,45								●		●			●	
14	Multi fungsi	4,45								●	●	●		●	●	
Total Score		923,3	109,6	99,0	72,7	37,0	35,7	35,7	39,3	154,0	79,4	80,1	34,8	145,9		
Priority			11,9	10,7	7,9	4,0	3,9	3,9	4,3	16,7	8,6	8,7	3,8	15,8		
Ranking			3	4	7	9	10	11	8	1	6	5	12	2		
Technical Target			*Yield Strenght* ≥ 250 MPa	Panjang 250-300 cm; Lebar 115-475cm; tinggi100-135 cm	-	70 - 110 cm	± 180 menit	-	-	-	-	Sumbu X ≤ 2 mm; Sumbu Y ≤ 2 mm; Sumbu Z ≤ 0.01 mm	-	≤ Rp 70.000.000		

Gambar 3. *House of Quality*

ISBN 978-623-92050-0-3

Tabel IV merupakan solusi yang dipilih berdasarkan dari *customer needs*. Tahap selanjutnya adalah membuat kombinasi dari solusi alternatif yang sudah diperoleh menjadi satu kesatuan mesin yang utuh. Gambar 4 merupakan rancangan yang diusulkan berdasarkan kombinasi solusi yang telah diperoleh.



(a) (b)

Gambar 4. Solusi konsep desain mesin CNC batik tulis (a) komponen sebelum terpasang (b) komponen utuh

E. *Validasi Konsep*

Proses selanjutnya adalah melakukan validasi desain kepada responden dan *expert*. Berdasarkan pada proses validasi yang dilakukan, diperoleh beberapa poin evaluasi mengenai desain yang diberikan oleh responden dan *expert* sebagai berikut:

- *Stopper* sumbu X Y dan Z belum tersedia sehingga *carrier* sumbu sumbu X, Y dan Z akan berpotensi lepas dari dudukan *rail*.
- Penerapan sistem mekanisme *adjustable* sulit diterapkan karena meja kerja mempunyai bobot yang berat sehingga akan membutuhkan alat tambahan seperti dongkrak untuk mengatur ketinggian meja.
- Tempat penyimpanan bisa dijadikan opsional karena beberapa pengrajin sudah mempunyai tempat penyimpanan sendiri.

Mengacu pada poin validasi tersebut, maka diperlukan adanya perbaikan terhadap desain yang telah dibuat, sehingga dapat memenuhi apa yang diingingkan oleh para responden (Gambar 5). Perbaikan desain yang dilakukan antara lain: Menambahkan sensor *limit* untuk membatasi pergerakan sumbu X, Y dan Z serta menambahkan *stopper* untuk mencegah sumu lepas dari dudukan *rail,* desain penyangga meja dibuat *fix* dengan ketinggian 95 cm yang mengacu pada tinggi siku rata-rata masyarakat Indonesia pada persentil 50%, tempat penyimpanan opsional.



(a) (b)

Gambar 5. Desain *final* sesuai validasi (a) *full* fitur (b) tanpa tempat penyimpanan

Desain *final* yang didapat setelah validasi merupakan desain terakhir yang diharapkan dapat dipergunakan sebagai acuan dalam membuat mesin CNC batik tulis

TABLE V. SPESIFIKASI *FINAL*

No	Parameter	Target	Spesifikasi Akhir
1	Tipe canting	List	*Multi nozzle*
2	Struktur rangka	≥ 250 MPa	250 Mpa
3	Dimensi mesin:		
	Panjang	250- 300 cm	300 cm
	Lebar	115-175 cm	170 cm
	Tinggi	110-135 cm	135 cm
4	Mekanisme gerak sumbu:		
	Mekanisme sumbu X	≤ 2 mm	0,55 mm
	Mekanisme sumbu Y	≤ 2 mm	0,55 mm
	Mekanisme sumbu Z	≤0,01 mm	0,01 mm
5	Sistem kontrol	List	LinuxCNC
6	Metode pemindahan	List	Didorong
7	Tipe penjepit	List	Klem *fix*
8	Fitur tempat penyimpanan*	Biner	Ya
9	*Adjustable*	70-110 cm	0 cm
10	Biaya manufaktur	≤ Rp 70.000.000	Rp 60.521.000
11	Fitur energi cadangan	± 180 menit	180 menit
12	Penutup	Biner	Ya

IV. KESIMPULAN

Terdapat 14 *needs* dalam perancangan mesin CNC batik tulis, namun pada saat validasi terdapat salah satu *need* yang dihilangkan yaitu fitur *adjustable*. Dari 13 *needs* yang ada, diusulkan sebuah produk mesin CNC batik tulis yang dinilai mampu menjawab kebutuhan pengguna mesin CNC batik tulis. Mesin CNC batik tulis yang diusulkan mempunyai dimensi 300 cm x 170 cm x 135 cm dengan tingkat akurasi pergerakan sumbu X dan Y ± 0,55 mm dan akurasi sumbu Z ± 0,01 mm. Biaya produksi mesin ini sekitar Rp 60.521.000, lebih murah dari pada produk kompetitor. Biaya produksi dapat ditekan karena menggunakan sistem kontrol *open source* dan material rangka menggunakan *galvanis steel* ASTM A36. Mesin yang didesain mempunyai beberapa keunggulan diantaranya:

ISBN 978-623-92050-0-3

dapat beroperasi ± 180 menit saat listrik padam, mempunyai tempat penyimpanan, dan mesin mudah dipindahkan. Produk mesin CNC batik tulis yang diusulkan dinilai sudah sesuai dengan kebutuhan pengguna dan layak untuk diproduksi pada tahap selanjutnya.

REFERENCES

[1] Kementrian Perindustrian. Pasar Batik Ramai, Tapi Bahaya Laten Mengintai, www.tirto.id. diakses: 28 September 2018, jam14.26.

[2] Biro Pusat Statistik., Data Perkembangan Kinerja Industri Batik Berdasarkan Kementrian Perindustrian (2011), Jakarta: Warta ekspor impor**,** 2016.

[3] Sugiyono, Statistika Untuk Penelitian, Bandung: Alfabeta: 2006.

[4] J. F. JR. Hair, R. E. Anderson, R. L. Tatham, dan W. C. Black, Multivariate Data Analysis 6th Edition, New Jersey: Pearson Education, 2006.

[5] S. Rahayu, SPSS Versi 12.0 Dalam Riset Pemasaran, Bandung: Alfabeta, 2005.

[6] L. Cohen, Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You, New York: Addison-Wesley Publishing Company, 1995.

ISBN 978-623-92050-0-3

Kajian Awal Implementasi dan Evaluasi Lean Manajemen Informasi Terhadap Kinerja Pelayanan pada Proses Administrasi Akademik

1st Krisnawanti
Magister Departemen Teknik dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
krisnawanti@mail.ugm.ac.id

2nd I Gusti Bagus Budi Dharma
Magister Departemen Teknik dan Industrori
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
Budhi.dharma@ugm.ac.id

***Abstract*—Sistem administrasi akademik sangat terkait pada proses pengelolaan informasi. Namun seringkali, tidak optimalnya penggunaan teknologi yang tersedia menyebabkan terjadinya proses yang tidak efisien sehingga berpengaruh pada penurunan kinerja pelayanan. Penelitian ini mengusulkan kajian awal penerapan konsep *lean* pada bidang manajemen informasi yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja pelayanan. Tiga langkah utama pada penerapan *lean* manajemen informasi disusun berdasarkan pendekatan *Lean Evaluation and Future Improvement* (LEFI). Langkah pertama adalah analisis sistem saat ini dengan menggunakan *Data Flow Diagram* (DFD) level 0 dan identifikasi *waste* dengan *Value Stream Mapping* dengan Kaizen burst. Langkah kedua adalah memperkenalkan perubahan yang diperlukan. Langkah ketiga adalah evaluasi dan perbaikan berkelanjutan. Kemudian dilakukan verifikasi modifikasi efisiensi melalui perhitungan *Overall Equipments Efektiveness* (OEE) yang terdiri dari tiga indikator yaitu *availability, performance* dan *quality*. Hasil penelitian ini merupakan langkah dari metode LEFI yang tidak spesifik untuk sektor pelayanan administrasi akademik, namun dapat pula diperluas ke banyak sektor pelayanan administrasi lainnya.**

Keywords*—sistem administrasi akademik, *lean* manajemen informasi, *Overal Equipment Effectiveness (OEE)

I. PENDAHULUAN

Organisasi atau perusahaan memiliki ketergantungan yang sangat erat pada layanan administrasi terutama pada penjadwalan pengiriman, pemrosesan pesanan, proses koordinasi sumber daya, memantau kualitas dan kepuasan pelanggan. Namun pada banyak organisasi, layanan administrasi dilakukan dengan cara yang tidak efisien sehingga menghasilkan waktu tunggu yang lama dan kemungkinan terjadi kesalahan cukup tinggi [1].

Dewasa ini, industri baik sektor manufaktur maupun jasa didorong untuk mampu memproduksi produk yang berkualitas tinggi dengan biaya yang minimum [2], tidak terkecuali pada pelayanan administrasi. Salah satu jenis pelayanan administrasi adalah administrasi akademik dengan fungsi utamanya adalah secara langsung melayani permintaan *customer* terkait dengan aktivitas akademik. Sehingga keseimbangan proses perlu diperhatikan supaya proses berjalan dengan efektif dan efisien.

Lean principle merupakan strategi manajemen dan pendekatan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan sumber kerugian atau *waste*, dalam hal ini meminimasi biaya. Ini juga mengarah pada upaya untuk mencapai produktivitas yang lebih tinggi. Produktivitas dapat dicapai dengan meningkatkan kinerja dan efisiensi proses, salah satunya adalah dengan melakukan manajemen sistem informasi perusahaan [3]. Manajemen sistem informasi dan komunikasi merupakan bagian penting dari prinsip *lean*. Dimana, salah satu tujuan dari *lean* adalah untuk meningkatkan komunikasi dalam proses perusahaan [4]. Beberapa peneliti berhasil mengintegrasikan konsep manajemen informasi dengan konsep *lean* yang kini disebut sebagai *lean* manajemen informasi. Namun, meskipun terdapat banyak literatur mengenai metodologi *lean* manajemen informasi, belum ada teori yang menjelaskan setiap langkah dari prosesnya, atau bagaimana cara menggunakan *tools* atau tekniknya [4] terutama penerapannya pada proses pelayanan administrasi.

Proses pelayanan administrasi akademik perlu memperoleh perhatian lebih, mengingat jenis pelayanan ini memiliki peranan penting dalam mengatur berjalannya proses akademik suatu perguruan tinggi. Karakteristik dari sistem pelayanan administrasi akademik adalah setiap petugas memiliki beberapa jenis pekerjaan sedangkan *flow* proses antar bagian pelayanan saling terkait. *Lean* manajemen informasi yang baik tentu akan sangat diperlukan

ISBN 978-623-92050-0-3

pada tahap ini. Beberapa peneliti telah menggunakan pendekatan *lean* manajemen informasi yang diintegrasikan dengan beberapa metode seperti pendekatan *lean thinking* [3], [5], pendekatan *data mining* dengan teknik klasifikasi [6],simulasi dengan metode *agent based modelling* [7] dan adaptasi Teori Kernel [8] untuk menentukan kriteria pencapaian kinerja proses seperti KPI [9] dan proses pengambilan keputusan dengan *output* yang dibangun berupa *framework* dan model konseptual. *Output* dari penelitian-penelitian tersebut adalah *improvement* proses yang hanya dapat diterapkan pada bagian tertentu dari perusahaan. Penelitian-penelitian tersebut belum menunjukkan pandangan keseluruhan dari perusahaan serta dampak dari penerapan *lean* manajemen informasi itu sendiri secara signifikan sehingga tidak cocok diterapkan pada pelayanan administrasi akademik. Maka perlu dilakukan kajian awal untuk mengidentifikasikan *tools* yang tepat untuk mengimplementasikan *lean* manajemen informasi pada pelayanan administrasi akademik.

Penelitian dilakukan pada 13-jenis aktivitas pelayanan di Tata Usaha Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada (TU DTMI UGM). Tata Usaha tersebut merupakan kantor administrasi ditingkat Departemen yang melayani mahasiswa mulai dari pengurusan Kartu Rencana Studi (KRS), transkrip, permohonan Kerja Praktik (KP), pengambilan kartu ujian, pendaftaran pendadaran dan pengurusan Surat Keterangan Lulus (SKL). TU DTMI UGM menggunakan sistem pelayanan *single server* dimana *customer* melakukan proses pelayanan langsung pada stasiun terkait. Kelemahan dari sistem pelayanan ini adalah informasi dan data terkait pelayanan masih belum terintegrasi satu sama lain. Terdapat beberapa duplikasi proses dan *input* dokumen pada pelayanan yang berlangsung dengan *data base* yang berbeda serta adanya duplikasi arsip. Hal tersebut diakibatkan oleh pemanfaatan teknologi yang tidak optimal. Sehingga pencapaian kualitas, efektifitas, dan efisiensi proses hanya tercapai pada pelayanan skala individu, tidak pada skala organisasi. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan manajemen sistem informasi dengan memodelkan aliran informasi sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas efektivitas, dan efisiensi proses pelayanan serta sebagai kajian awal untuk melakukan proses perbaikan berkelanjutan. Pada proses perbaikan yang berkelanjutan, pengukuran merupakan hal yang sangat penting [10]. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan *lean* manajemen informasi pada pelayanan administrasi akademik dengan pengukuran kinerja yang dilakukan dengan mengamati aliran informasi sebagai produk dan staff sebagai stasiun kerja.

II. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan melakukan studi literatur dan *benchmarking* dari beberapa jurnal terkait dengan *lean* manajemen informasi. Selain itu, analisis sistem yang sedang berjalan juga dilakukan untuk melihat kondisi riil dan mengidentifikasi permasalahan yang ada terkait dengan solusi yang akan dibangun. Sehingga *output* dari paper ini berupa langkah pengerjaan dan *tools* yang siap digunakan untuk melakukan implementasi *lean* manajemen informasi pada pelayanan administrasi akademik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil studi literatur dan *benchmarking* [8][3], serta *survey* lapangan dengan melakukan wawancara kepada *stakeholder* terkait untuk mengetahui kondisi riil dari proses administrasi akademik, telah dirancang langkah-langkah untuk implementasi konsep *lean* pada pelayanan administrasi akademik dengan pendekatan *Lean Evaluation and Future Improvement Method* (LEFI). Metode ini terdiri dari tiga langkah makro yaitu (1) Analisis sistem, (2) Perancangan perbaikan sistem yang diverifikasi dengan pengukuran *Overall Equipments Effectiveness* (OEE) sebagai indikator kesuksesan model, (3) Evaluasi dan perbaikan berkelanjutan. Setiap langkah terdiri dari beberapang langkah mikro seperti yang ditunjukkan oleh Fig. 1.

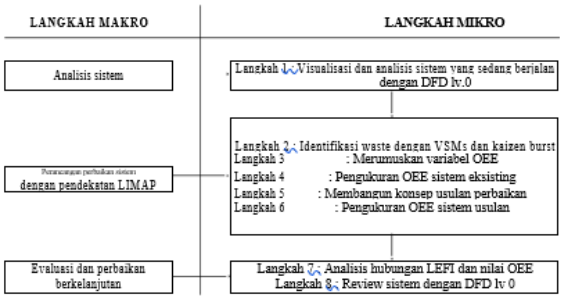


Fig. 1. Implementasi *Lean Evaluation and Future Improvement* (LEFI)

A. *Analisis Sistem*

Analisis sistem (Langkah 1) dilakukan terhadap perjalanan informasi dan dokumen yang terlibat dalam proses pelayanan administrasi akademik. Proses yang dievaluasi terdiri dari 13-proses antara lain proses pengajuan izin kuliah, penerbitan transkrip nilai dan Kartu Hasil Studi (KHS), permohonan pencarian data, pengambilan kartu ujian, proses verifikasi Sekretaris Prodi, peminjaman fasilitas, pengajuan Kerja Praktik (KP), penyelesaian laporan KP, pengajuan proposal Tugas Akhir (TA), pengajuan ujian komprehensif, pendaftaran pendadaran, dan pendaftaran yudisium.

ISBN 978-623-92050-0-3

Analisis sistem yang sedang berjalan dilakukan dengan menggunakan *data flow diagram* (DFD) level 0. DFD dapat memberikan informasi mengenai perjalan informasi dan proses apa saja yang dilalui sehingga dapat menggambarkan keseluruhan dari proses administrasi serta dapat mengetahui kelebihan dan kekurangan dari proses yang ada. DFD sekarang telah banyak digunakan dalam rekayasa perangkat lunak, seperti yang menggunakan pemodelan aliran data visual untuk membandingkan sistem. itu dapat digunakan untuk menggambarkan sistem lebih akurat daripada desain lainnya, terutama sistem *embendded* pada waktu nyata [11].

B. *Perancangan Perbaikan Sistem*

Perancangan perbaikan sistem dilakukan dengan mengacu pada upaya untuk mengurangi *waste* dan meningkatkan kinerja pelayanan yang diukur dengan metode pengukuran OEE. Ilustrasi sistem pelayanan yang dilakukan saat ini ditunjukkan oleh Fig. 2, dimana semua mahasiswa harus melakukan tatap muka untuk menyerahkan dokumen persyaratan dengan petugas (*workstation*) untuk memperoleh pelayanan akademik berupa informasi. Sedangkan sistem pelayanan usulan berfokus pada mengurangi interaksi langsung antara mahasiswa dan petugas TU dengan harapan mengurangi waktu proses yang terjadi karena harus mengantri atau menunggu proses. Dengan demikian, pengelolaan informasi pada setiap aktivitas perlu diintegrasikan.

Aktivitas pelayanan administrasi yang berjumlah 13 aktivitas pelayanan administrasi yang berjumlah 13 aktivitas dibagi menjadi dua kategori yaitu aktivitas yang masih bersifat semi automasi dan aktivitas yang telah sepenuhnya automasi yaitu dengan menggunakan sistem informasi yang sedang dikembangkan oleh Universitas untuk kemudian dilakukan proses *lean* manajemen informasi.

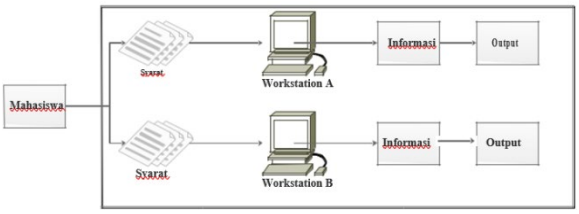


Fig. 2.. Sistem yang sedang berjalan

Tahap ini dilakukan dengan pendekatan metode LIMAP (L*ean Improvement Method for Administrative Processes*) berdasarkan penelitian Beckers (2015). Terdapat dua langkah utama yang dilakukan yaitu identifikasi *waste* dan mengeliminasi *waste.* Proses identifikasi *waste* dilakukan dengan menggunakan metode *value stream mapping* (VSM) yang diintegrasikan dengan Kaizen *bursts* (Langkah 2).

Langkah pertama adalah mengevaluasi proses saat ini dan menentukan aktivitas yang termasuk *value added* dan *non value added* dengan menggunakan VSM. VSM menunjukkan langkah-langkah pada proses dalam hal ini proses administrasi, sistem informasi yang digunakan, dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap langkahnya [8]. Selain itu, VSM juga memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi jumlah unit yang diproses dalam periode tertentu, jumlah karyawan yang terlibat pada proses, serta inventarisasi. Informasi ini dikumpulkan dengan melalui proses mengukur waktu pemrosesan, dan menanyakan jumlah personil. Langkah selanjutnya, identifikasi *waste* dilakukan dengan Kaizen *bursts.* Tahap kedua melibatkan perancangan sistem usulan yang lebih baik dengan mengurangi hingga membuang *waste.* Untuk masing-masing Kaizen *burst*, *waste* yang akan teridentifikasi mengacu pada tujuan dari *lean* dan peningkatan kinerja pelayanan yang diharapkan.

C. *Merumuskan Variabel OEE*

OEE merupakan parameter efektivitas utilisasi peralatan yang selama ini diterapkan pada peralatan di industri manufaktur. Penelitian ini mengaplikasikan metode pengukuran OEE pada pelayanan administrasi akademik sehingga identifikasi sistem yang sedang berjalan perlu dilakukan. Poin yang akan diteliti adalah mengenai utilisasi sumber daya manusia dalam pemrosesan dokumen pada proses pelayanan sebagai parameter pengukuran OEE (Langkah 3-6).

Nilai OEE diperoleh dari hasil perkalian tiga rasio utama yakni *availability, performance* dan *quality. Availability rate* diperoleh dari rasio *operation time* dalam kasus ini adalah waktu produktif untuk melayani terhadap *loading time* yaitu waktu yang digunakan petugas untuk aktivitas lain selain melayani mahasiswa. *Performance rate* merupakan hasil kali antara *operating speed rate* yaitu kecepatan pelayanan dengan *operating rate* yaitu jumlah pelayanan. *Quality rate* merupakan rasio antara jumlah keseluruhan dokumen/ informasi tanpa cacat (cacat dalam hal ini adalah dokumen yang tidak selesai sesuai dengan waktu standar prosesnya) yang dikurangi *downtime* dengan dokumen/informasi keseluruhan. Perhitungan nilai OEE dilakukan sebanyak dua kali yaitu untuk sistem eksisting dan sistem usulan berdasarkan waktu yang diperoleh dari metode VSM sesuai dengan penjabaran pada Table 1.

TABLE I. PERHITUNGAN OEE [10]

Indikator	Nilai
A Jam Kerja	___
B Waktu tidak produktif terencana (Istirahat, *breafing,* dst)	___
C *Running Time* (A-B)	___
D Waktu tidak produktif tidak terencana	___

ISBN 978-623-92050-0-3

Indikator	Nilai
E *Operating Time* (C-D)	___
F ***Availability*** (E/C) x 100	___
G *Output* (dokumen/informasi)	___
H Kecepatan pelayanan/min	___
I *Expected Output* (H x E)	___
J ***Efficiency*** (Gx100)/I	___
K Dokumen/informasi yang cacat	___
L ***Quality*** (G-K x 100)/G	___
OEE = ***Availability x Efficiency x Quality***	___

D. *Evaluasi dan Perbaikan Berkelanjutan*

Analisis statistik, deskriptif dan inferensial dilakukan menggunakan pendekatan SEM dan perangkat lunak smart-PLS (Langkah 7-8). Alasan utama untuk memilih metode *Partial Least Square* (PLS) adalah karena memerlukan ukuran sampel minimal dibandingkan dengan teknik SEM lainnya. SEM lebih menguntungkan daripada regresi karena dapat memperkirakan semua hubungan model sekaligus. Alasan lain untuk memilih PLS terkait dengan analisis data. Proses analisis data dalam PLS tidak sensitif terhadap distribusi data [2]. Menggunakan PLS dan smart-PLS, memuat faktor dan nilai-t dihitung untuk mengubah hubungan internal dan eksternal. Melalui pengumpulan, penggalian, dan pengklasifikasian data, kami menyiapkan tabel frekuensi dan tingkat distribusi. Kemudian, analisis data dilakukan. Pada akhirnya, uji hipotesis dilakukan dengan menggunakan analisis inferensial dan perangkat lunak smart-PLS.

Pengawasan dan peningkatan berkelanjutan terhadap proses perlu mendapat perhatian mengingat perkembangan teknologi informasi semakin hari semakin meningkat pesat. Sehingga sistem usulan yang dibangun harus dapat menyesuaikan dengan perkembangan tersebut. Langkah pengawasan yang dilakukan dengan diterapkannya SOP untuk melakukan pelaporan dengan penyertakan ukuran pencapaian kinerja dan produktivitas pada level organisasi dan level karyawan, sehingga dapat membantu apabila akan dilakukan *improvement* selanjutnya.

IV. KESIMPULAN

Teknik *lean* menekankan serangkaian metode untuk membantu mengeliminasi *waste* melalui desain ulang sistem. Merujuk pada konsep metode *lean, value stream mapping* (VSM) merupakan salah satu teknik atau metode yang paling baik untuk digunakan. Hasil penelitian ini mampu menunjukkan bahwa teknik VSM dengan Kaizen *burst* dibantu dengan DFD level 0 memberikan pandangan mengenai hubungan teknik *lean* terhadap efisiensi anggota kelompok dalam menyelesaikan tugas-tugas yang diberikan. Dengan demikian, VSM dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja pada tugas berikutnya dan membantu evaluasi tingkat kesulitan pada tugas yang diberikan pada proses pelayanan administrasi khususnya administrasi akademik. Metode LEFI yang telah disusun tidak spesifik digunakan pada proses administrasi akademik, namut secara luas dapat pula digunakan pada proses pelayanan administrasi lain.

REFERENCES

[1] T. Bortolotti, P. Romano, dan B. Nicoletti, "Lean First , Then Automate : An Integrated Model for Process Improvement in Pure Service-Providing," *Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-16358-6_72*, vol. 338, no. In B. Vallespir & T. Alix (Eds.), Advances in Production Management Systems. New Challenges, New Approaches SE-72, hal. 579–586, 2010.

[2] A. Dadashnejad dan C. Valmohammadi, "Total Quality Management & Business Excellence Investigating the effect of value stream mapping on overall equipment effectiveness : a case study," *Total Qual. Manag.*, vol. 0, no. 0, hal. 1–17, 2017.

[3] P. Taylor, M. Bevilacqua, F. E. Ciarapica, dan C. Paciarotti, "Implementing lean information management : the case study of an automotive company," no. April, hal. 37–41, 2015.

[4] G. A. Redeker, G. Z. Kessler, dan L. M. Kipper, "Lean information for lean communication: Analysis of concepts, tools, references, and terms," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 47, no. December 2018, hal. 31–43, 2019.

[5] L. Teixeira, C. Ferreira, dan B. S. Santos, *An Information Management Framework to Industry 4.0 : A Lean Thinking Approach*, vol. 876, no. Lim. Springer International Publishing, 2019.

[6] B. J. Hicks, S. J. Culley, dan C. A. McMahon, "A study of issues relating to information management across engineering SMEs," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 26, no. 4, hal. 267–289, 2006.

[7] M. Al Hattab dan F. Hamzeh, "Simulating the dynamics of social agents and information flows in BIM-based design," *Autom. Constr.*, vol. 92, no. March 2018, hal. 1–22, 2018.

[8] D. Beckers, "Reducing Waste in Administrative Services with Lean Principles Track: Information Management," *Master Thesis Bus. Adm.*, no. January 2019, hal. 1–37, 2015.

[9] M. V. Iuga, C. V. Kifor, dan L.-I. Rosca, "Lean Information Management: Criteria For Selecting Key Performance Indicators At Shop Floor," *ACTA Univ. Cibiniensis*, vol. 66, no. 1, hal. 67–72, 2015.

[10] A. K. Gupta dan R. K. Garg, "OEE Improvement by TPM Implementation : A Case Study," vol. 1, no. 1, hal. 115–124, 2012.

[11] H. Zhang, W. Liu, H. Xiong, dan X. Dong, "Analyzing Data Flow Diagrams by Combination of Formal Methods and Visualization Techniques," *J. Vis. Lang. Comput.*, 2018.

ISBN 978-623-92050-0-3

Implementation of Group Technology to Improve Production Layouts in the Furniture Industry

1st Orchida Dianita
Department of Mechanical and Industrial Engineering, Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
orchida.dianita@ugm.ac.id

2nd Thomas Djorgie
Department of Mechanical and Industrial Engineering, Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
thomas.djorgie@mail.ugm.ac.id

3rd Muhammad Kusumawan Herliansyah
Department of Mechanical and Industrial Engineering, Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
herliansyah@ugm.ac.id

***Abstract*—The furniture industry in Indonesia is growing rapidly with the average report rate was reached US$ 1,627 billion in 2017. According to the enormous potential of the furniture industry in Indonesia, a method to increase its productivity and efficiency is indispensable. Group technology in cell manufacturing as an approach to achieve its previous objective is used to improve the production layout. Rank Order Clustering (ROC) and Hollier method are used to classifying machines and process in the production layouts. The Discrete Event Simulation (DES) as a validation tool proven that the layout improvement is successfully reducing the total travel time up to 24.6% and total travel distance up to 16.1%.**

Keywords—furniture industry, group technology, rank order clustering, Hollier method, discrete event simulation

I. INTRODUCTION

The furniture industry in Indonesia plays an important role and become one of the leading export contributors. In 2016, the furniture industry in Indonesia reach up to US$ 1.6 billion in export. The number then increased in 2017, which it reaches up to US$ 1.627 billion. Based on its sector clustering, the furniture industry could be classified as a craft sector. The craft sector ranked as the 2nd of the highest export contributor in 2015 and 2016 up to 39.01% from total. However, the problems found in the furniture production floor become an obstacle that should not be neglected.

Some of the problems found in the furniture production floor such as low coordination between the workstations, the non-updated information of finished parts and work in progress part current status, duplication and unnecessary amount of some part in the production line, irregular and inefficient flow and transport part. The problems in the production floor could be simplified by minimizing the flow of part transport time, grouping part into family based on the process similarity, and forming the Cell Manufacturing (CM) [1]. CM is denoted as part of Group Technology (GT), which aims to increase the productivity and efficiency in regards to flow time and production cost [2]. GT is suitable for job shop production system, namely high variation products to produced in relatively small number [3].

A grouping technique to build the CM layout can be done with several methods such as heuristics and clustering approach [4][5][6]. CM implementations carry some benefits, such asreducing the non-value added time and increase group efficacy [7][8].

II. METHODS

A. Clustering Group

To form the CM, a Rank Order Clustering (ROC) methods applied. Firstly, four selected furniture products are taken as a sample model named SN-5, SN-6, SN-7, and SN-8. In general, the Operation Process Chart (OPC) to make the furniture products consist of six stages including crosscutting, spindling, mortis, pinning, drilling, and profiling. Forty-three different parts are used to form the furniture products, clustered by considering the Production Flow Analysis (PFA) which hence, forms 14 part groups. The details of 14 grouping parts are shown in Table I.

TABLEI PART CLUSTERING

No.	Cluster	Parts Name
1.	A	(GN, GDB/SB, SD, SDB, SRP) SN-6; (SLTB, GDB) SN-7; (SS) SN-5
2.	B	(TGN) SN-6; (TGN) SN-7; (TGN) SN-8
3.	C	(SDB, SDD) SN-8
4.	D	(GN/SB) SN-5
5.	E	(PLD) SN-5
6.	F	(GN) SN-7
7.	G	(FSDR, FDS) SN-6; (SS) SN-7; (FSDR, SS) SN-8
8.	H	(SLTB, SRP, SD) SN-5; (SRP) SN-7; (SLTB, GBD, SRP) SN-8
9.	I	(KB) SN-5; (KB, KD) SN-6; (KB, KD) SN-7; (KB, KD) SN-8
10.	J	(GN, SB) SN-8; (TGN) SN-5
11.	K	(KD) SN-5

ISBN 978-623-92050-0-3

No.	Cluster	Parts Name
12.	L	(SB,SDB/SDD) SN-7
13.	M	(FSDR) SN-7
14.	N	(GBD) SN-5

Secondly, ROC used to form the CM group by using the previous 14 parts group. The grouping machines are formed through the sortation and iteration process from the machines-part matrix. The iteration process will stop until the total weighted factor in each rows and columns are already in order from the smallest to the highest number. After three times of iteration, it generates new parts/machines matrix shown in Table II. The grey areas indicated the CM clustering group. CM 1 consist of I, A, K, F, and D. Subsequently, M, E, C, G, N, L, B, J, and H included in CM 2.

TABLE II. ITERATION MATRIX OF PARTS/MACHINES

Parts/MachinesGroup	Stages									
	Crosscut 1	*Profil 1*	*Spindle 1*	*Mortis*	*Bor 2*	*Tenon 1*	*Tenon 2*	*Profil 2*	*Bor 1*	*Spindle 2*	*Crosscut 2*
I	1	1	1	1	1						
A	1	1	1			1					
K	1	1		1	1		1				
F	1			1	1	1		1			
D	1			1				1			
M	1						1		1	1	
E		1	1						1		1
C		1			1		1				1
G		1							1	1	
N		1									1
L			1	1		1		1			1
B				1				1	1	1	
J						1		1	1	1	1
H							1	1			1

From Table II, two CM groups formed. However, fifteen exceptional elements found which is not included in CM clustering groups. Hence, the production process of 15 exceptional elements conducted outside the CM clustering group.

B. The Machine Sequencing

As the CM groups identified, the sequence of the machine is determined to minimize the Backtracking Move (BTM). Hollier method is used to specify the flow parts efficiency in both CM 1 and CM 2. The Hollier methods begin by forming the matrix of parts processed in the workstation with respect to its quantities. Then the iteration process begins to gain the minimum number of from/to ratio in the matrix. Subsequently, after the final iteration finished, machine sequencing is formed, then the flow diagram is arranged. The flow part within machines in CM 1 is shown in Table III. After four times of iteration, the flow diagram of CM 1 is formed, shown in Figure 1. In addition, Table IV presented CM 2 within machines flow parts. Figure 2 illustrated its diagram flows which is formed after four times iteration.

TABLE III.CELL MANUFACTURING 1 WITHIN MACHINES FLOW PART

From/To	Crosscutl	Profil1	Spindle 1	Mortis	Bor2	Tenon1	From Sums
Crosscut 1			25800	300	5200	10000	**41300**
Profil 1							**0**
Spindle1	13200			1000	2800	22000	**39000**
Mortis		9000			2300		**11300**
Bor 2		2300		8000			**10300**
Tenon1		30000		2000			**32000**
To sums	**13200**	**41300**	**25800**	**11300**	**10300**	**32000**	

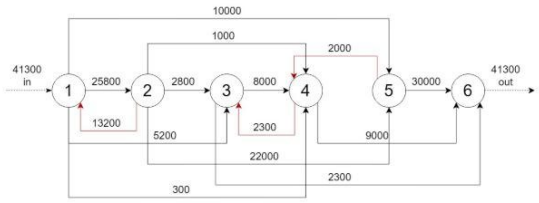


Fig. 1. Cell manufacturing 1 flow diagram.

TABLE IV.CELL MANUFACTURING 2 WITHIN MACHINES FLOW PART

From/To	Tenon2	Profil2	Bor1	Spindle2	Crosscut2	From Sums
Tenon 2		21000	3400			**24400**
Profil 2						**0**
Bor 1	1000	10500		2700		**14200**
Spindle 2	900	2100	13400		1300	**17700**
Crosscut 2	23400			2900		**26300**
To sums	**25300**	**33600**	**16800**	**5600**	**1300**	

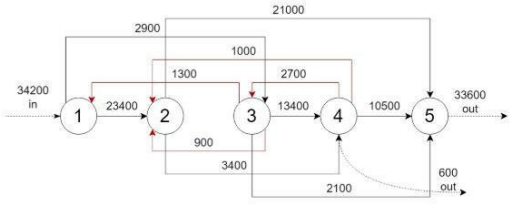


Fig. 2. Cell manufacturing 2 flow

ISBN 978-623-92050-0-3

C. Layout Improvement

Following the CM grouping, the improvement of production layout is made. The production layout improvement is built attributed to part/machine and flow diagrams. The illustration of the previous production layout is shown in Figure 3 followed with the improved layout in Figure 4.

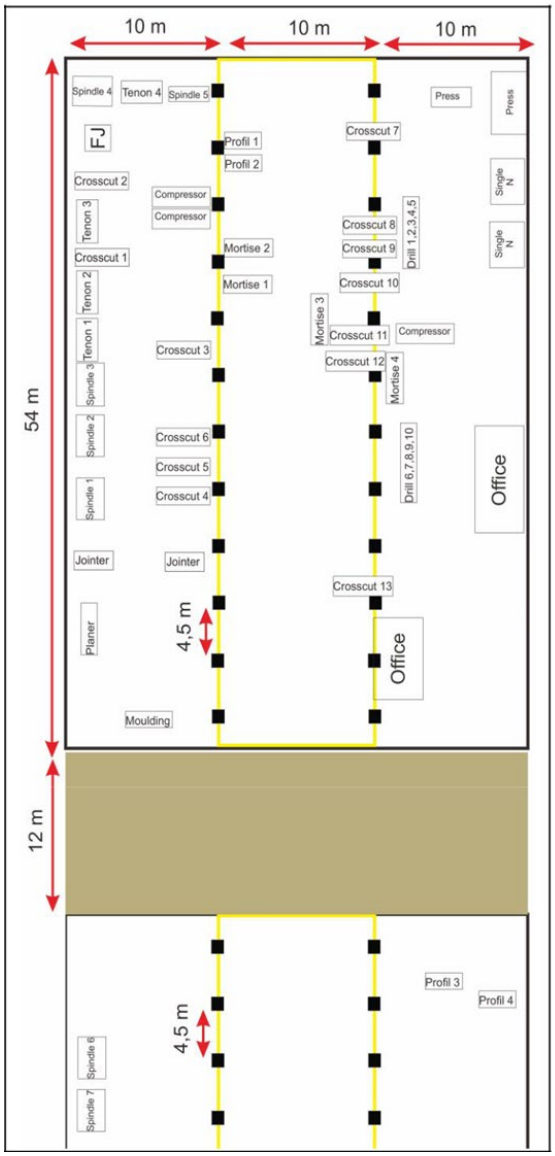


Fig. 3. Production layout before improvement

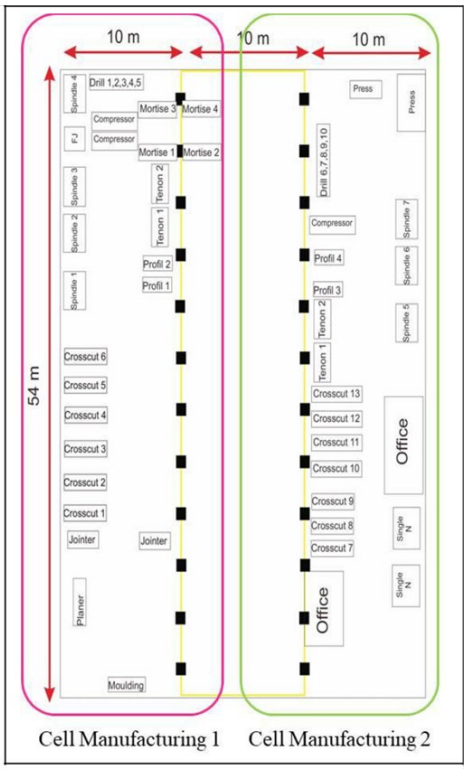


Fig. 4. Production layout after improvement.

D. Simulation Model

Simulation model represents the real system which built to testing the problem solutions. In this study, a simulation model is conducted to verify the efficiency results of the production layout improvement. Company policy, production layout, production resources, and duration in each production process are considered when simulating the model. Utilize the Flexsim software, the simulation model of total transport time and total travel distance between the previous layout and improved layout is gathered.

III. RESULTS

The results of the simulation model between improved layout and the non-improved layout show significant contribution regarding the travel distance, time efficiency, and cost savings. Table V shows the comparison of actual layout and improved layout in terms of total travel distance and total travel time.

TABLE V. COMPARISON OF ACTUAL LAYOUT AND IMPROVEMENT LAYOUT

Model	Total Travel Distance (km)	Total Transport Time (working days)
Actual Layout	4317,301	138,50
Improvement Layout	3621,93	104,48

ISBN 978-623-92050-0-3

Information from Table V indicated that the improved layouts could reduce the total travel distance by 16.1% (695.37 km). Meanwhile, the total transport time is reduced up to 24.6% (34.02 working days) after the improvement.

Additionally, the furniture company set the minimum payment of transporter person is 27.500,00 (Indonesian Rupiah) per day. As the improved layout can reduce up to 34.02 working days, thus the company management could save 7.649.600,00 (Indonesian Rupiah).

IV. Discussions and Conclusion

The implementation of GT in the furniture industry is proven could benefit the company, indicated in time efficiency and cost savings after the layout improvement. The clustering methods such as ROC helps the formation of CM and mapping the flow diagrams in each cell. Additionally, this study adopts the similar furniture products. Further investigation in different parts, and product families or various industries to explore the GT implementation is needed. Furthermore, various grouping techniques and algorithm to build the CM groups is fascinating to explore.

REFERENCES

[1] R. G. Askin and C. R. Standridge, Modeling and Analysis of Manufacturing Sytems, 1st ed. New York: John Willey & Sons, 1993.

[2] K. Lee and K.-I. Ahn, "GT efficacy: a performance measure for cell formation with sequence data," International Journal of Production Research, vol.51, no. 20, pp. 6070–6081, 2013.

[3] A. J. Vakharia and U. Wemmerlov, "Designing a cellular manufacturing system: a materials flow approach based on operation sequences," IIE Transactions, vol. 22, issue 1, pp.84 – 97, 1990.

[4] G. Harhalakis, R. Nagi, and J.M. Proth, "An efficient heuristic in manufacturing cell formation for group technology application," International Journal of Production Research, vol. 28, issue 1, pp. 185– 198, 2007.

[5] C. S. Lee and H. Hwang, "A hierarchical divisive clustering method for machine-component grouping problems," Engineering Optimization, vol. 17, pp. 65–78, 2007.

[6] N. Suzić, B. Stevanov, I. Ćosić, Z. Anišić, and N. Sremčev, "Customizing products through application of group technology: a case study of furniture manufacturing," Journal of Mechanical Engineering, vol. 58, issue 12, p. 724–731, 2012.

[7] L. N. Pattanaik and B. P. Sharma, "Implementing lean manufacturing with cellular layout: a case study," International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 42, pp. 772–779, 2009.

[8] V. Satheeshkumar, K. Karthikeyan, C. J. T. Renald, V. Jagadeesh, R. Silambarasan, and C. Bhagyanathan, "Evaluation of cell formation algorithms and implementation of MOD-SLC algorithm as an effective cellular manufacturing system in a manufacturing industry," International Journal of Current Engineering and Technology, vol. 2, issue 2, pp. 183–190, 2014.

ISBN 978-623-92050-0-3

Pengaruh *Briefing* Pagi Terhadap Motivasi Kerja Pegawai pada Departemen *Housekeeping* pada Industri *Resort* di Indonesia

1st Realita Prodea
Industrial Engineering Department
Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
realitadea.srk@gmail.com

2nd Mahendra Habriantama
Industrial Engineering Department
Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
mahebrian.srk@gmail.com

3rd Widya Rahayu Utami
Industrial Engineering Department
Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
widya.srk@gmail.com

4th Debrina Puspita Andirani,
Industrial Engineering Department
Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
debrina@ub.ac.id

Abstract*—Briefing adalah memberikan penjelasan-penjelasan secara singkat atau pertemuan untuk memberikan penerangan secara ringkas. Biasanya briefing digunakan oleh para manajer atau pimpinan yang mengundang para karyawan untuk menerima penjelasan-penjelasan tertentu. Pada departemen Housekeeping, briefing pagi dilaksanakan sebagai salah satu prosedur sebelum memulai pekerjaan serta sebagai sarana komunikasi antara pimpinan dengan karyawan yang bertujuan untuk meningkatkkan performa kerja. Tahun 2019 terjadi banyak karyawan yang mengalami turnover dan beralih pekerjaan. Penelitian ini meneliti pengaruh briefing pagi terhadap motivasi kerja karyawan. Pada kenyataannya hal ini di pengaruhi oleh turnover pekerja. Obyek penelitian yang diambil adalah semua karyawan departemen Housekeeping. Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode survei, dengan total responden 28 orang. Metode pengolahan data menggunakan analisis deskriptif dan statistik Partial Least Square (PLS) dengan SmartPLS 3.0. Berdasarkan hasil analisis didapatkan kesimpulan bahwa briefing pagi berpengaruh terhadap motivasi kerja karyawan, nilai R-square 0,973, bermakna bahwa peubah bebas (briefing pagi) mampu menerangkan keragaman peubah terikat (motivasi) 97,3%. Disamping pengaruh nyata briefing pagi terhadap motivasi kerja, turnover menjadi variabel moderasi yang memperlemah hubungan antara variabel briefing dengan motivasi kerja berdasarkan hasil SmartPLS dilihat dari P-Value sebesar 0,190 yang lebih besar dari 0,05 sehingga tidak signifikan.

Keywords*—briefing* **pagi,** *turnover,* **motivasi kerja,** *smartPLS

I. PENDAHULUAN

Sumber daya manusia adalah semua manusia yang terlibat di dalam suatu organisasi dalam mengupayakan terwujudnya tujuan dari organisasi tersebut. Sumber daya manusia menjadi aset terbesar bagi banyak organisasi maupun perusahaan oleh karena itu kualitas sebuah perusahaan seringkali dapat dilihat dari kualitas sumber daya manusia yang ada didalamnya. Untuk mencapai kualitas sumber daya manusia yang dibutuhkan oleh perusahaan maka dibutuhkan pengelolaan sumber daya manusia. Pengelolaan sumber daya manusia merupakan penyiapan dan pelaksanaan suatu rencana yang terkoordinasi untuk menjamin bahwa sumber daya manusia yang ada dapat dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya untuk mencapai tujuan organisasi tersebut [1].

Tujuan organisasi dapat tercapai dengan adanya kerjasama antara seluruh sumber daya manusia yang menyusun organisasi tersebut. Kerjasama antara penyusun organisasi dapat terjalin dengan baik apabila komunikasi yang tejalin antar manusia berjalan dengan baik. Dalam organisasi pada suatu perusahaan pegawai di seluruh tingkat organisasi membutuhkan aliran informasi melalui komunikasi. Perusahaan memiliki manajemen puncak hidup dalam dunia informasi. Kualitas dan kuantitas informasi harus tinggi agar dapat membuat keputusan yang bermanfaat dan cermat. Manajemen puncak harus memiliki informasi dari semua unit dalam organisasi, dan harus memperoleh informasi untuk semua unit. Aliran informasi dari manajemen puncak yang turun ke tingkat operatif merupakan aktivitas yang berkesinambungan dan sulit. Maka dari itu pemilihan cara menyediakan informasi menjadi hal penting dalam penyaluran informasi.

Indonesia sebagai salah satu destinasi pariwisata dunia dengan berbagai pusat hiburan yang disediakan oleh warga lokal menjadi sektor ekonomi penting. Obyek wisata alam sering dikunjungi oleh wisatawan mancanegara. Fasilitas untuk mendukung kegiatan wisata ini salah satunya adalah *resort* maupun penginapan bagi wisatawan yang disediakan. *Resort* dibangun dengan jarak yang dekat dengan wisata alam

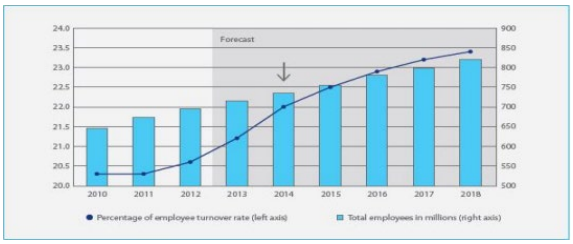
ISBN 978-623-92050-0-3

untuk mengakomodasi kebutuhan penginapan wisatawan. Pada sebuah *resort* yang terkenal di Indonesia terdapat beberapa departemen yang mendukung keberlangsungan kegiatan *resort* tersebut. Dalam menjalankan usahanya, karyawan menjadi salah satu aset penting yang terlibat sehingga dapat mewujudkan tujuan perusahaan untuk meningkatkan keuntungan. Tujuan perusahaan dapat tercapai dengan lancarnya aliran informasi antara karyawan dengan manajemen tingkat atas. Informasi menjadi salah satu hal yang sangat penting dalam meningkatkan komunikasi antar karyawan. Terdapat 153 karyawan yang tersebar kedalam sembilan departemen yang ada di *resort* tersebut.

Departemen *housekeeping* merupakan salah satu departemen yang bertugas untuk memelihara kebersihan, kerapihan dan kelengkapan kamar serta taman-taman yang berada di lingkungan *resort* tersebut. Terdapat 25 orang karyawan yang berada dalam departemen *housekeeping*. Pada tahun 2019 terdapat 12 orang yang *resign* dan berpindah pekerjaan. Hal ini sangat merugikan departemen dari sisi *shift* pekerjaan dan pelayanan bagi pelanggan. Motivasi karyawan yang ada pada departemen ini kurang bagus. Selain itu komunikasi yang dibangun sering tidak melibatkan karyawan dalam penyusunan alur pekerjaan. Di bulan Januari 2019, manajer departemen *housekeeping* menjalankan *briefing* pagi sebagai solusi untuk permasalahan ini.

Salah satu bentuk komunikasi dalam perusahaan atau organisasi adalah komunikasi dari atas kebawah. Komunikasi ke bawah dalam sebuah organisasi berarti bahwa informasi mengalir dari jabatan berotoritas tinggi kepada mereka yang berotoritas lebih rendah [2]. Salah satu fungsi komunikasi dari atas kebawah adalah untuk *Briefing* (pengarahan). *Briefing* adalah memberikan penjelasan-penjelasan secara singkat atau pertemuan untuk memberikan penerangan secara ringkas. Biasanya *briefing* digunakan oleh para manajer atau pimpinan yang mengundang para karyawan atau tokoh-tokoh karyawan untuk menerima penjelasan penjelasan tertentu. Pada prinsipnya pengarahan yang dilakukan adalah pengarahan yang ada kaitannya dengan pelaksanaan tugas sesuai dengan tujuan organisasi [3].

Turnover intention adalah kecenderungan atau niat karyawan untuk berhenti bekerja dari pekerjaannya secara sukarela menurut pilihannya sendiri [4]. *Turnover intention* harus disikapi sebagai suatu fenomena dan perilaku yang penting dalam kehidupan perusahaan dari sudut pandang individu maupun sosial, mengingat bahwa keinginan berpindah karyawan tersebut akan mempunyai dampak yang signifikan bagi perusahaan dan karyawan yang bersangkutan [5]. *Turnover intention* memiliki dampak negatif bagi organisasi karena menciptakan ketidakstabilan terhadap kondisi tenaga kerja, menurunnya produktivitas karyawan, suasana kerja yang tidak kondusif dan juga berdampak pada meningkatnya biaya sumberdaya manusia [6]. *"Turnover intention* merupakan masalah klasik yang selalu dihadapi para pengusaha. Seperti halnya *replacement* yang terus berjalan, baik. Berikut data *turnover* yang ada di Indonesia.



Gambar 1. Data *Turnover* di Indonesia
Sumber : *Hay Group Cebr Analysis*

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya hubungan antara *briefing* pagi yang diadakan oleh manager terhadap motivasi karyawan yang berujung pada peningkatan kinerja karyawan dalam peningkatan kualitas terhadap *service* industri.

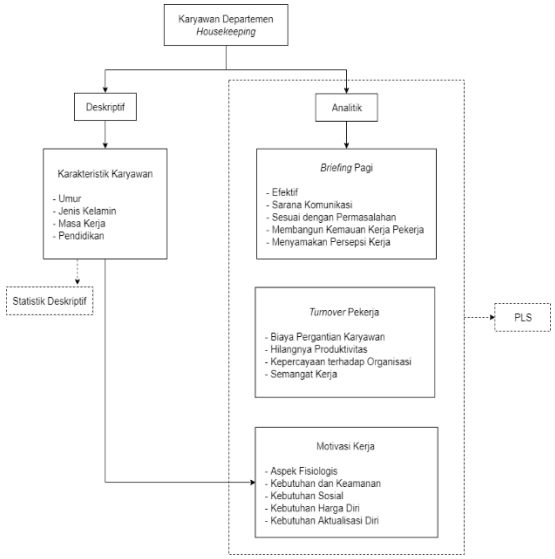
II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di sebuah industri resort terkenal di Jawa Timur. Perusahaan ini bergerak di bidang jasa dan pariwisata. Slah satu bidang usahanya adalah . Pengumpulan data dilakukan pada bulan Maret 2019. Data yang dikumpulkan merupakan data yang didapatkan dari hasil penyebaran kuesioner kepada karyawan pada departemen *Housekeeping*.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif, yaitu mendapatkan informasi dengan wawancara, sedangkan pendekatan kuantitatif, menggunakan kuesioner untuk mendapatkan data penelitian [7]. Selain itu penelitian ini dilakukan setelah dilakukan survey pendahuluan tentang pengukuran kinerja karyawan yang mengalami *turnover*.

Penelitian ini menggunakan beberapa jenis data berasal dari berbagai sumber yang mencakup data primer, yaitu hasil jawaban kuesioner tentang kepuasan komunikasi dan motivasi, data sekunder, yaitu catatan kehadiran karyawan dalam enam bulan terakhir. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah metode sensus dengan menggunakan daftar pertanyaan (kuesioner) yang data kepada responden. Metode ini digunakan untuk mengumpulkan data primer menguji persepsi, sikap dan perilaku responden terhadap *briefing* pagi yang dilakukan oleh manager dalam memengaruhi motivasi kerja karyawan departemen *housekeeping* di salah satu resort indonesia.

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 2. Kerangka Pemikiran Penelitian

Kuesioner berisi pertanyaan-pertanyaan tertutup. Jenis skala yang digunakan baik peubah eksogen dan endogen adalah skala ordinal. Pernyataan-pernyataan dalam bagian ini dibuat dengan menggunakan skala Likert yaitu skala ordinal di mana pada peubah eksogen dan endogen dapat disimbolkan 1=sangat tidak setuju, 2=tidak setuju, 3=setuju dan 4=sangat setuju.

Responden yang terlibat dalam penelitian ini adalah seluruh karyawan pada departemen *Housekeeping* yang berjumlah 25 karyawan. Status kepegawaian para responden terbagi menjadi dua, yaitu pegawai tetap 20 orang dan pegawai kontrak 5 orang.

Analisis pengaruh *briefing* pagi terhadap motivasi kerja karyawan pada karyawan departemen *Housekeeping* menggunakan teknik analisis SEM (*structural equation modeling*) dengan metode alternatif berbasis *variance* atau *component base* SEM yang disebut *partial least square* (PLS) dengan *software* smartPLS versi 2.0. Metode PLS menurut Ghozali (2008) mempunyai keunggulan tersendiri, diantaranya data tidak harus berdistribusi normal *multivariate* (indikator dengan skala kategori, ordinal, interval sampai rasio dapat digunakan pada model yang sama), ukuran contoh tidak harus besar dan model tidak harus didukung dengan teori yang kuat seperti halnya SEM berbasis *covariance* yang diwakili oleh *software* AMOS dan LISREL [8]. Model awal pada proyek PLS terdiri dari dua peubah, yaitu peubah eksogen (*briefing* pagi) dan peubah endogen (motivasi), dimana peubah *briefing* pagi (eksogen) terdiri dari 4 indikator dan peubah (endogen) motivasi terdiri dari 5 indikator.

TABEL 1. KETERANGAN

***Briefing* Pagi**	x1	Efektif
	x2	Sarana Komunikasi
	x3	Sesuai dengan Permasalahan
	x4	Membangun Kemauan Kerje Pekerja
	x5	Menyamakan Persepsi Kerja
***Turnover* Pekerja**	x10	Biaya Pergantian Karyawan
	x7	Hilangnya Produktivitas
	x8	Kepercayaan Terhadap Organisasi
	x9	Semangat Kerja
Motivasi Kerja	y1	Aspek Fisiologis
	y2	Kebutuhan dan Keamanan
	y3	Kebutuhan Sosial
	y4	Kebutuhan Harga Diri
	y5	Kebutuhan Aktualisasi Diri

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kelayakan model dilakukan terhadap *outer model-reflektif,* yaitu pada indikator pembentuk kepuasan komunikasi dan motivasi. H_{01} dari pengujian ini adalah tidak terdapat pengaruh *briefing* pagi terhadap motivasi kerja, sedangkan H_{02} adalah tidak terdapat pengaruh *briefing* pagi terhadap tingkat *turnover* pekerja. Untuk H_{11} pada pengujian ini adalah terdapat pengaruh *briefing* pagi terhadap motivasi kerja, sedangkan H_{12} adalah terdapat pengaruh *briefing* pagi terhadap tingkat *turnover* pekerja.

Evaluasi model pengukuran hubungan konstruk dengan indikatornya yang bersifat reflektif meliputi pemeriksaan *convergent validity*, *discriminant validity* dan *composite reliability*. Evaluasi *outer model-reflektif* dilakukan berdasarkan tiga kriteria, yaitu *convergent validity*, *discriminant validity*, dan *composite reliability* [8]. Terdapat dua kriteria dalam pengujian kelayakan *inner model* yaitu berdasarkan R-*square* pada konstruk untuk mengidentifikasi kategori model dan *path coefisient* untuk pengujian hipotesis [9]. Evaluasi indikator pada setiap konstruk dilakukan dengan tiga kriteria yang telah disebutkan. Kriteria dan standarisasi evaluasi *outer model* dapat dilihat pada

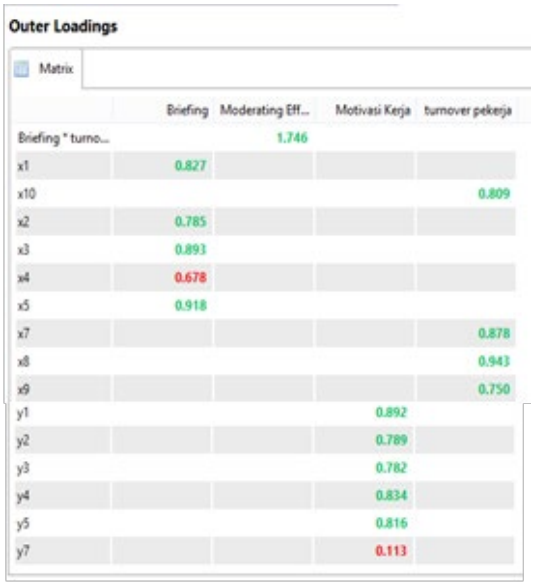
Tabel II. Kriteria dan Standarisasi evaluasi *outer model*

Kriteria	Standar	Keterangan
Convergent Validity	*Loading factor*	Menilai kekuatan indikator dalam merefleksikan konstruk laten Chin dalam Pujiwati menyatakan, jika nilai *loading*<0,5 maka indikator harus didrop
Discriminant Validity	AVE > 0,5	Mengukur ketepatan model refleksi
Composite Reliability	Reliabilitas komposit >	Kestabilan dan konsistensi internal indikator yang baik

ISBN 978-623-92050-0-3

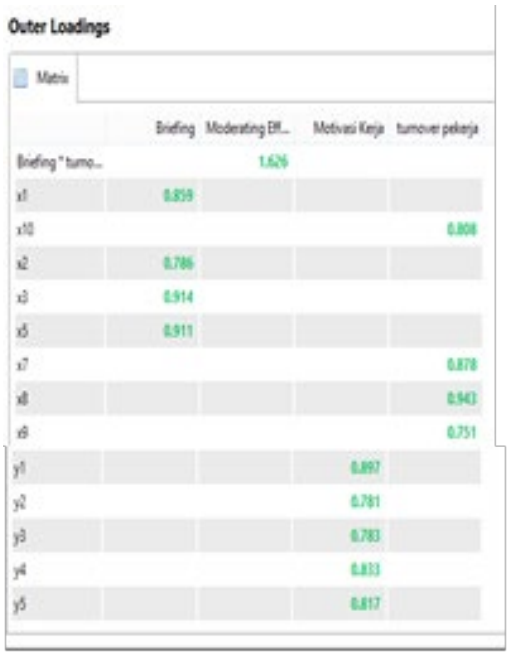
A. Outer Model

Pada outer model dapat dilihat bahwa indikator x4 dan y7 tidak memenuhi syarat yaitu kurang dari 0,7 maka indikator ini tidak reliabel sehingga dilakukan penghapusan indikator tersebut dan dilakukan perhitungan kembali. Hasil dari perhitungan kembali adalah sebagi berikut



Gambar 3. Hasil *Outer Loadings* Awal

Dari hasil *outer loadings* di atas dapat diketahui bahwa terdapat nilai yang tidak valid yaitu nilai x4 dan y7. Data dari x4 dan y7 kemudian dihapus dan hasilnya adalah sebagai berikut.

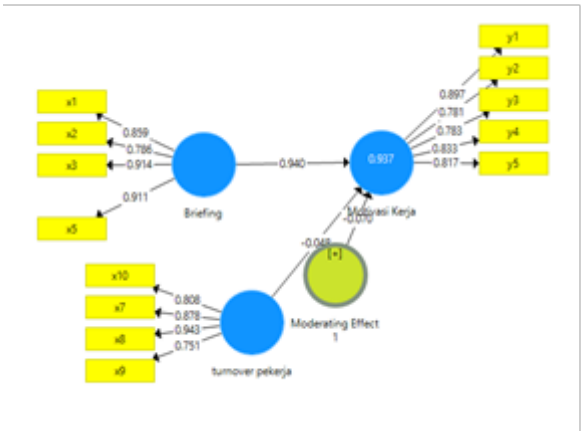


Gambar 4. Hasil *Outer Loadings* Akhir

B. Convergent Validity (Reliabilitas Indikator)

Reliabilitas indikator dicerminkan dari nilai *loading factor* yang merefleksikan kekuatan interelasi antara konstruk dengan indikator-indikatornya [10]. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa indikator pembentuk konstruk kepuasan komunikasi dan motivasi terbentuk secara *reflektif*. Nilai *loading* yang terbentuk semuanya harus lebih dari 0,5, apabila kurang dari 0,5 maka indikator harus didrop atau dikeluarkan agar dilakukan mengha- silkan model yang baru setelah pemeriksaan *loading* faktor yang sesuai dengan kriteria. Model yang baru ini akan dilakukan perhitungan/evaluasi *discriminant validity,* dan *composite reliability* menurut kriteria yang ditentukan sebelumnya. Nilai *convergent validity* digunakan untuk mengukur tingkat refleksi intererasi indikator terhadap konstruk.

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa nilai AVE konstruk yang terdapat pada model penelitian ini di atas 0,5. Nilai AVE terendah 0.567 pada konstruk kepuasan komunikasi. Data tersebut menunjukkan bahwa indikator yang digunakan dalam penelitian ini adalah valid atau telah memenuhi syarat *discriminant validity*.



Gambar 3. Model PLS algorithm *loading factor* > *loading factor* tahap 2

TABLE I. KONSTRUK RELIABILITAS DAN VALIDITAS

	AVE	Composite Reliability	R-Square	*Cronbach's Alpha*	Keterangan
***Briefing* Pagi**	0,680	0,913	0,891	0,879	Valid
Motivasi Kerja	0,567	0,873	0,873	0,817	Valid
Moderating effect	1,000	1,000	1,000	1,000	Valid
Turnover Pekerja	0,868	0,911	0,890	0,868	Valid

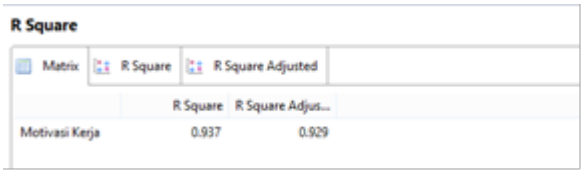
ISBN 978-623-92050-0-3

C. *Composite Reliability*

Uji reliabilitas dilakukan dengan melihat nilai *composite reliability* (reliabilitas komposit) dari blok indikator yang mengukur konstruk. Nilai batas yang diterima untuk tingkat reliabilitas komposit adalah > 6, walaupun bukan merupakan standar absolut. Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai *composite reliability* untuk semua konstruk di atas 0,6 yang menunjukkan bahwa semua konstruk pada model yang diestimasi memenuhi kriteria *composite reliability*. Nilai *composite reliability* yang terendah 0,873 pada konstuk motivasi kerja. Uji reliabilitas diperkuat dengan *Cronbach's Alpha* dimana *output* smartPLS versi 3.0 memberikan hasil sebagaimana tampak pada Tabel 2. *Cronbach's Alpha* yang disarankan adalah di atas 0,6. Pada Tabel 3 terlihat nilai *Cronbach's Alpha* untuk semua konstruk berada di atas 0,6. Nilai terendah adalah untuk konstruk motivasi kerja.

D. *Evaluasi Model Struktural (Inner Model)*

Setelah model yang diestimasi memenuhi kriteria *outer model*, berikutnya dilakukan pengu- jian *goodness of fit* untuk model struktural (*inner model*). Model struktural dievaluasi dengan meng- gunakan *R-square* untuk konstruk dependen. Dari Gambar 5 diketahui bahwa nilai *R-square* untuk motivasi kerja 0,973 yang berarti bahwa variasi *briefing* pagi dapat menjelaskan variasi motivasi kerja 97, 3% dan selebihnya dipengaruhi oleh peubah lain.



Gambar 5. Hasil R-*Square* dari *Inner Model*

E. *Uji t-Statistik*

Pengujian hipotesis yang diajukan, dapat dilihat dari besarnya nilai t-statistik. Nyatanya parameter yang diestimasi memberikan informasi sangat berguna mengenai hubungan peubah- peubah penelitian. Batas untuk menolak dan menerima hipotesis yang diajukan adalah ±1,96, dimana apabila nilai t berada pada rentang nilai -1,96 dan 1,96 maka hipotesis akan ditolak atau dengan kata lain menerima Ho.

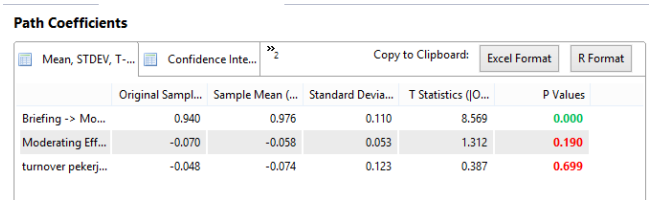
Berdasarkan hasil uji-t dengan taraf nyata 0,05 diketahui pengaruh kepuasan komunikasi terhadap motivasi adalah nyata (9,511 lebih besar dari t-tabel 1,96). Nilai original contoh (koefisien) 0,7 menunjukkan hubungan peubah *briefing* pagi dengan peubah motivasi adalah cukup kuat dan positif. Ini berarti Ho dalam penelitian ini ditolak dan H diterima yang menyatakan bahwa hubungan *briefing* pagi berpengaruh positif terhadap motivasi kerja diterima. Ini diartikan semakin *briefing* pagi yang dilakukan oleh manager di departemen *Housekeeping*, maka motivasi kerja karyawan semakin tinggi.

TABLE II. UJI STATISTIK

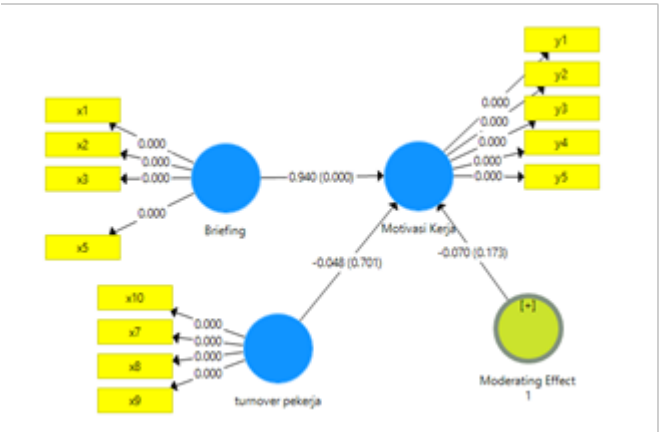
	***Original Sample* (O)**	***Sample Mean* (M)**	***Standard Deviation* (STDEV)**	***t-statistics***
Briefing pagi terhadap motivasi kerja	0,940	0,973	0,099	9,511

F. *Uji Signifikansi*

Uji signifikansi variabel moderating menggunkan bootstrapping diatas dapat dilihat bahwa tiap indikator pada variabel laten memiliki P-*Value* < 0,05 artinya setiap indikator telah reliabel dan signifikan. Di gambar 6 dapat dilihat untuk *inner* model antara variabel laten *turnover* pekerja dengan motivasi kerja memiliki *path coefficient* sebesar -0,048 nilai P-*Value* sebasar 0,699 dimana P-*Value* > 0,005 yang artinya *turnover* pekerja memberikan pengaruh yang negatif dan signifikan terhadap motivasi kerja. Sedangkan, untuk variabel laten *moderating effect* memiliki *path coefficient* sebesar -0,07 P-*Value* sebesar 0,190 dimana P-*Value* lebih besar dari 0,05 yang artinya *moderating effect* memberikan pengaruh yang negatif dan signifikan terhadap motivasi kerja



Gambar 6. Hasil Uji Signifikansi



Gambar 7. Hasil Model Konstruk dengan Variabel Moderasi

ISBN 978-623-92050-0-3

IV. KESIMPULAN

Briefing pagi berpengaruh nyata terhadap motivasi kerja karyawan, dimana 97,3% dapat menjelaskan proses mencapai tujuan suatu organisasi dan berpengaruh produktivitas yang berimbas pada kinerja para karyawan sehingga *briefing* pagi sangat penting. Pada kenyataanya hubungan *briefing* dan motivasi kerja dipengaruhi oleh turnover pekerja. Dalam penelitian ini *turnover* pekerja di gunakan sebagai variabel moderasi (*moderating effect*). Hasil perhitungan menggunakan SmartPLS menunjukkan bahwa *turnover* pekerja memberikan pengaruh negatif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Statistik dan Rekayasa Kualitas, serta Jurusan Teknik Industri dan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas segala bentuk dukungan dalam keikutsertaan pada kegiatan Seminar Nasional Teknik Industri (SENTI) 2019 yang diadakan oleh Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Hasibuan, M., "Organisasi dan Motivasi: Dasar Peningkatan Produktivitas," Penerbit Bumi Aksara: Jakarta, 2000.

[2] Fauzi, Akhmad, "Anteseden Stres Terhadap Kinerja dan Kepuasan Kerja pada Wartawan di Jawa Timur," Jurnal Aplikasi Manajemen, vol. 6 no. 1, April 2008.

[3] Pace, R. Wayne dan Faules, Don. F. (2005). *Komunikasi Organisasi: Strategi Meningkatkan Kinerja Perusahaan. (terjemahan)*. Bandung: Rosada.

[4] Siregar, Amran. 2006. Manajemen Sumber Daya Manusia. Malang: UMM Pres.

[5] A.A. Toly, "Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Turnover Intention pada Staff Kantor Akuntan Publik", Jurnal Akuntansi dan Keuangan, Vol 3(2), 2001, pp. 102-125.

[6] S. Dharma, Manajemen Kinerja Falsafah Teori dan Penerapannya, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012.

[7] Sugiyono, "Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D," Alfabeta: Jakarta, 2006.

[8] G. Imam, Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS, Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2008.

[9] Ghozaly, H. Latan, Patial Least Square : Konsep, Teknik dan Aplikasi SmartPLS, Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2012.

[10] Hasan, Iqbal, "Pokok-pokok Materi Statistik 2 (Statistik Inferensia)," Penerbit Bumi Aksara: Jakarta, 2002.

ISBN 978-623-92050-0-3

Analisis Pengaruh Parameter Operasional Mesin Ekstrusi Terhadap Konsistensi Produk Filamen

1st Rony Azmi Faisal
Departement Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta,Indonesia
rony.azmie@gmail.com

2nd Herianto
Departement Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta,Indonesia
herianto@ugm.ac.id

***Abstract*— Ketergantungan manusia akan plastik sangat besar, dalam penerapannya limbah plastik cenderung berakhir di TPA sehingga dibutuhkan pengelolaan sampah terorganisir dengan baik. Penelitian ini mengambangkan mesin ekstruder baru dengan material HDPE *recycle (tutup botol)*. Filamen yang berkualitas ditandai daya tahan yang tinggi dan memiliki diameter konstan. Pada penelitian ini menggunkan variabel *temperature* pemanas, kecepatan *screw*, kecepatan penarik dan kecepatan *blower*. Berdasarkan pengolahan Anova dengan menggunkan minitab diketahui semua variabel tidak berpengaruh terhadap keseragaman diameter dan *ovality*, akan tetapi variable temperature pemanas, kecepatan *screw*, kecepatan penarik dan, kecepatan blower berpengaruh terhadap rata-rata diameter. Berdasarkan hasil *tukey, level* pada kecepatan *screw* dan kecepatan penarik berbeda. Selain itu diketahui *tensile strength* tutup botol (*HDPE*) lebih rendah dibandingkn PLA dan ABS.**

Keywords*—Filamen, *Extrusion*, *ANOVA*, *DOE, Tukey, Mechanical properties

I. PENDAHULUAN

Sebagian besar produk konsumsi dikemas menggunakan plastik sehingga dapat mencemari lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Prosentase daur ulang yang sangat kecil tersebut mengindikasikan tingginya pencemaran lingkungan yang terjadi, keterlibatan masyarakat dalam mengurangi pemakaian dan mendaur ulang plastik masih sangat minim .Pengelolaan sampah plastik menjadi produk baru memiliki nilai komersial yang menjanjikan, dengan melaksanakan prinsip 3R dalam kehidupan sehari-hari, yaitu pengurangan pemakaian (*reduce*), pemakaian ulang (*reuse*), dan pendaur ulang (*recycle*) [11].

Proses ekstrusi adalah pengolahan yang bersifat kontinyu melalui proses *mixing, kneading, shearing, cooling*, dan *shaping* dengan cara mendorong bahan mentah yang akan diolah keluar melalui lubang cetakan [12]. Lebih dari 66% plastik diproses melalui pencetakan injeksi dan ekstrusi, keuntugan dari proses ektruder adalah pengisian material pada hopper dapat dilakukan secara kontinyu yang dapat mengkompensasi penyusutan material [6]. Sebagian besar ekstrusi menggunakan plastik dengan temperatur lebur yang jauh lebih rendah seperti *ABS* dan *PLA*, dibawah 250 ºC [1,2]. *HDPE* memiliki keunggulan dari polyethylene lainnya yaitusebagai sifat mekanik yang baik seperti kekuatan tinggi tekan tarik, kekakuan tinggi dan mencair titik, dan kristalinitas [13].Filamen yang berkualitas ditandai daya tahan yang tinggi dan memiliki diameter konstan, akan tetapi hasil yang tidak konsisten disebabkan oleh diameter filamen yang tidak beraturan sehingga mempengaruhi fungsi mekanisme *nozzle* ekstrusi [3,5].

Pada penelitian [13] menerapkan pengelolaan sampah dengan proses ekstruksi menggunakan material HDPE (tutup botol). Penelitian ini menggunakan 3 *level* pada setiap variabel, diantaranya temperature pemanasan dan kecepatan yang kurang optimal, sehingga mempengaruhi dimensi dan ovality dari filamen. Secara umum sistem kerja kedua alat tidak mengalami perbedaan secara signifikan, akan tetapi heater yang digunakan hanya satu heater, selain itu *level* dan variable berbeda dan program untuk *Arduino* terdapat penambahan program dikarenakan pada penelitian ini terdapat dua motor. Pengembangan yang dilakukan yaitu merancang mesin extruder yang *portable*, mudah dibawa dan digunakan dimana saja dengan mengabungan mesin penggulung. Faktor yang digunakan yaitu temperatur panas, kecepatan screw, kecepatan penggulung, dan tinggi antara mesin ekstruder dan penggulung. Sedangkan responya yaitu keseragaman diameter filamen hasil ektrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter. *Factorial* yang digunakan adalah 4^{mxn} dan 2 perulangan, data diolah dengan ANOVA.

ISBN 978-623-92050-0-3

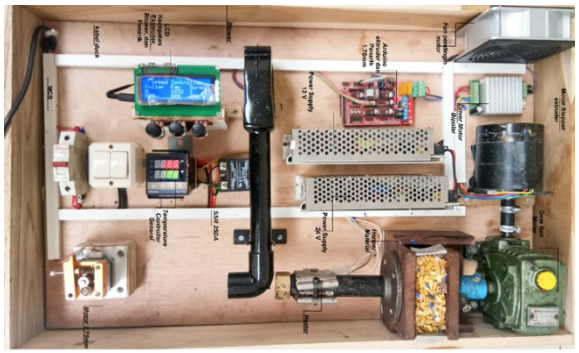
II. METODE

A. Alat dan Bahan

Mesin Ekstruder merupakan suatu alat sederhana yang mempunyai prinsip kerja memasukkan bahan mentah yang di olah kemudian di dorong keluar oleh lubang die. Berikut gambar 1 merupakan bahan yang digunakan pada penelitian dan gambar 2 dari mesin ekstruder.



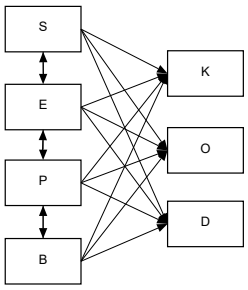
Gambar 1 Material tutup botol (HDPE)



Gambar 2 Mesin ekstruder

B. Model Penelitian

Pada penelitian ini temperatur pemanasan (S) dengan level 180 ºC, 190 ºC dan 200 ºC dengan rentan *error* pemanas yaitu 6%. kecepatan *screw*(E) dengan level 11 rpm, 13 rpm dan 15 rpm dengan rentan *error* kecepatan adalah 9%. kecepatan penarik (P) 6 rpm dan 8 rpm dengan rentan *error* kecepatan adalah 35%. kecepatan *blower*(B) 3500 rpm, 4000 rpm dan 4500 rpm dengan *error* adalah 20%.Pada penelitian ini yang merupakan variable dependent ialah keseragaman diameter filamen hasil ektrusi(K), *ovality*(O), dan rata-rata diameter(D). Berikut merupakan model dasar penelitian Gambar 3.



Gambar 3.Model dasar penelitian

C. Pengambilan data

Data yang diperoleh dari pengukuran langsung pada output diameter filamen, sedangkan pengolahan data menggunakan *Design Of Experiment*. Variabel *independent* yang digunakan adalah temperature pemanasan, kecepatan *screw*, kecepatan *blower*, dan keceptan penarik. Responnya ialah keseragaman diameter filamen hasil ektrusi, ovality, dan rata-rata diameter.

Pada penelitian ini data yang diambil sebanyak 108, dimana di dapatkan dari 3*3*2*3*2= 108. Dimana untuk replikasi atau perulangan sebanyak 2 kali. Data diambil pada setiap benda kerja dengan kombinasi faktor dan level yang telah ditentukan. Pada penelitian ini dilakan pengukuran diameter dari spesimen dengan panjang 10 cm yang diambil 5 titik secara acak. Respon keseragaman diameter diperoleh dengan mengitung standar deviasi diameter filamen. Respon *ovality* diperoleh dengan mengukur diameter diameter maksimum dan diameter minimumnya. Selanjutnya menghitung *ovality*, respon rata-rata diameter diperoleh dengan mengukur *average* diameter.

D. Perhitungan ANOVA

$$Yijkl = \mu + \alpha i + \beta j + \gamma k + \delta l + (\alpha\beta)ij + (\alpha\gamma)ik + (\alpha\delta)il + (\beta\gamma)jk + (\beta\delta)jl + (\gamma\delta)kl + (\alpha\beta\gamma)ijk + (\alpha\beta\delta)ijl + (\alpha\gamma\delta)ikl + (\beta\gamma\delta)jkl + (\alpha\beta\gamma)ijk + \varepsilon ijk \quad (1)$$

Keterangan:

Yijk= pengamatan pada satuan percobaan ke-1 yang memperoleh kombinasi pada perlakuan taraf ke-1 taraf ke I dari faktor A, taraf ke j dari faktor B, taraf ke I dari faktor C.

i,j,k,l= 1,2,…., S,E,P,B

μ = Mean populasi

αi = pengaruh taraf ke- i dari faktor S

βj = pengaruh taraf ke- i dari faktor E

γk = pengaruh taraf ke- i dari faktor P

δk = pengaruh taraf ke- i dari faktor B

$(\alpha\beta)ij$ = pengaruh taraf ke- i dari faktor S dan taraf ke- j dari faktor E

$(\alpha\gamma)ik$ = pengaruh taraf ke- i dari faktor S dan taraf ke- k dari faktor P

$(\alpha\delta)il$ = pengaruh taraf ke- i dari faktor S dan taraf ke-k dari faktor B

$(\beta\gamma)jk$ = pengaruh taraf ke- i dari faktor E dan taraf ke- j dari faktor P

$(\beta\delta)jl$ = pengaruh taraf ke- i dari faktor E dan taraf ke- k dari faktor B

$(\gamma\delta)kl$ = pengaruh taraf ke- i dari faktor P dan taraf ke-k dari faktor B

$(\alpha\beta\gamma)ijk$= pengaruh taraf ke- i dari faktor S, taraf ke- j dari faktor E, ke- j dari faktor B

$(\alpha\beta\gamma)ijk$= pengaruh taraf ke- i dari faktor S, taraf ke- i dari faktor E, ke- i dari faktor P

ISBN 978-623-92050-0-3

$(\alpha\beta\delta)ijl$= pengaruh taraf ke- i dari faktor S, taraf ke- i dari faktor P, ke- i dari faktor B

$(\alpha\gamma\delta)ikl$= pengaruh taraf ke- i dari faktor E, taraf ke- i dari faktor P, ke- i dari faktor B

$(\beta\gamma\delta)jkl$= pengaruh acak dari satuan percobaan ke-l yang memperoleh kombinasi perlakuan ijk

E. Hipotesa Data

a. Pengaruh faktor S (temperatur pemanasan)

H_0 = Tidak ada pengaruh signifikan faktor temperatur pemanas terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi*, ovality* dan rata-rata diameter.

H_1 = Ada pengaruh signifikan faktor temperatur pemanas terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

b. Pengaruh faktor E (kecepatan screw)

H_0 = Tidak ada pengaruh signifikan faktor kecepatan *screw* terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

H_1 = Ada pengaruh signifikan faktor kecepatan *screw* terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan dan rata-rata diameter.

c. Pengaruh faktor P (kecepatan penarik)

H_0 = Tidak ada pengaruh signifikan faktor kecepatan penarik terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

H_1 = Ada pengaruh signifikan faktor kecepatan penarik terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

d. Pengaruh faktor B (kecepatan *blower*)

H_0 = Tidak ada pengaruh signifikan faktor kecepatan blower terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

H_1 = Ada pengaruh signifikan faktor kecepatan blower terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

e. Pengaruh interaksi faktor S dengan faktor E

H_0 = Tidak ada pengaruh signifikan interaksi faktor S dan faktor E terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

H_1 = Ada pengaruh signifikan interaksi faktor S dan faktor E terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

f. Pengaruh interaksi faktor S dengan faktor P

H_0 = Tidak ada pengaruh signifikan interaksi faktor S dan faktor P terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

H_1 = Ada pengaruh signifikan interaksi faktor S dan faktor P terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

g. Pengaruh interaksi faktor S dengan faktor B

H_0 = Tidak ada pengaruh signifikan interaksi faktor S dan faktor B terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

H_1 = Ada pengaruh signifikan interaksi faktor S dan faktor B terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

h. Pengaruh interaksi faktor E dengan faktor P

H_0 = Tidak ada pengaruh signifikan interaksi faktor E dengan faktor P terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

H_1 = Ada pengaruh signifikan interaksi faktor E dengan faktor P terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

i. Pengaruh interaksi faktor E dengan faktor B

H_0 = Tidak ada pengaruh signifikan interaksi faktor E dengan faktor B terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

H_1 = Ada pengaruh signifikan interaksi faktor E dengan faktor B terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

j. Pengaruh interaksi faktor P dengan faktor B

H_0 = Tidak ada pengaruh signifikan interaksi faktor P dan faktor B terhadap ukuran diameter lebih, keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

H_1 = Ada pengaruh signifikan interaksi faktor P dan faktor B terhadap keseragaman diameter filament hasil ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

k. Pengaruh interaksi faktor S, faktor E dan faktor P

H_0 = Tidak ada pengaruh signifikan interaksi faktor S, faktor E faktor P terhadap ukuran diameter, keseragaman diameter filament ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

H_1 = Ada pengaruh signifikan interaksi faktor faktor S, faktor E faktor P terhadap ukuran diameter, keseragaman diameter filament ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

l. Pengaruh interaksi faktor S, faktor E dan faktor B

ISBN 978-623-92050-0-3

H_0 = Tidak ada pengaruh signifikan interaksi faktor S, faktor E faktor B terhadap ukuran diameter, keseragaman diameter filament ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

H_1 = Ada pengaruh signifikan interaksi faktor faktor S, faktor E faktor B terhadap ukuran diameter, keseragaman diameter filament ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

m. Pengaruh interaksi faktor S, faktor P dan faktor B

H_0 = Tidak ada pengaruh signifikan interaksi faktor S, faktor P faktor B terhadap ukuran diameter, keseragaman diameter filament ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

H_1 = Ada pengaruh signifikan interaksi faktor faktor S, faktor P faktor B terhadap ukuran diameter, keseragaman diameter filament ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

n. Pengaruh interaksi faktor E, faktor P dan faktor B

H_0 = Tidak ada pengaruh signifikan interaksi faktor E, faktor P dan faktor B terhadap ukuran diameter, keseragaman diameter filament ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

H_1 = Ada pengaruh signifikan interaksi faktor E, faktor P dan faktor B terhadap ukuran diameter, keseragaman diameter filament ekstrusi, *ovality*, dan rata-rata diameter.

F. Mechanical Properties

Pengukuran *DSM, XRD* dan *tensilre strength* setiap variable pengukur untuk diketahui kekuatan tarikannya filamen, spesimen yang digunakan adalah ASTM D638.

III. HASIL

A. Keseragaman Diameter

TABLE I *ANOVA* KESERAGAMAN DIAMETER

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
S	2	0,31	0,15	0,37	0,69
E	2	1,32	0,66	1,58	0,21
P	1	0,82	0,82	1,96	0,17
B	2	0,26	0,13	0,31	0,74
S*E	4	2,25	0,56	1,35	0,26
S*P	2	1,38	0,69	1,66	0,20
S*B	4	0,51	0,13	0,31	0,87
E*P	2	0,60	0,30	0,72	0,49
E*B	4	2,36	0,59	1,42	0,24
P*B	2	1,35	0,68	1,62	0,21
S*E*P	4	1,40	0,35	0,84	0,51
S*E*B	8	4,19	0,52	1,26	0,28
S*P*B	4	2,25	0,56	1,35	0,26
E*P*B	4	1,22	0,31	0,73	0,57
Error	62	25,84	0,42		
Lack-of-Fit	7	2,63	0,38	0,89	0,52
Pure Error	55	23,21	0,42		

Berdasarkan TABEL I menggunakan minitab diketahui seluruh data tidak signifikan karena *P-Value* ≥ 0.05, sehingga tidak perlu dilanjutkan uji *tukey*.

B. Ovality Diameter

TABEL II *ANOVA* OVALITY DIAMETER

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
S	2	0,13	0,06	0,46	0,63
E	2	0,43	0,21	1,56	0,22
P	1	0,30	0,30	2,20	0,14
B	2	0,08	0,04	0,29	0,75
S*E	4	0,72	0,18	1,32	0,27
S*P	2	0,46	0,23	1,69	0,19
S*B	4	0,20	0,05	0,37	0,83
E*P	2	0,14	0,07	0,53	0,59
E*B	4	0,81	0,20	1,48	0,22
P*B	2	0,45	0,23	1,65	0,20
S*E*P	4	0,46	0,12	0,84	0,50
S*E*B	8	1,42	0,18	1,30	0,26
S*P*B	4	0,69	0,17	1,27	0,29
E*P*B	4	0,31	0,08	0,57	0,69
Error	62	8,47	0,14		
Lack-of-Fit	7	0,84	0,12	0,86	0,54
Pure Error	55	7,63	0,14		
Total	107	14,83			

Berdasarkan TABEL II menggunakan minitab diketahui seluruh data tidak signifikan karena *P-Value* ≥ 0,05, sehingga tidak perlu dilanjutkan uji *tukey*.

C. Rata-rata Diameter

TABEL III *ANOVA* RATA-RATA DIAMETER

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
S	2	0,04	0,02	1,88	0,16
E	2	5,34	2,67	226,45	0,00
P	1	1,92	1,92	162,71	0,00
B	2	0,00	0,00	0,14	0,87
S*E	4	0,14	0,04	2,99	0,03
S*P	2	0,04	0,02	1,83	0,17
S*B	4	0,03	0,01	0,53	0,71
E*P	2	0,27	0,14	11,59	0,00
E*B	4	0,08	0,02	1,69	0,16
P*B	2	0,01	0,00	0,28	0,76
S*E*P	4	0,11	0,03	2,24	0,07
S*E*B	8	0,04	0,01	0,46	0,88
S*P*B	4	0,06	0,01	1,26	0,30
E*P*B	4	0,08	0,02	1,64	0,18
Error	62	0,73	0,01		
Lack-of-Fit	7	0,09	0,01	1,08	0,39
Pure Error	55	0,64	0,01		
Total	107	8,90			

Berdasarkan TABEL III menggunakan minitab diketahui faktor S, B, S*P, S*B, E*P, E*B, P*B, S*E*P, S*E*B, S*P*B, E*P*B tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon rata-rata diameter filamen hasil ekstrusi. Sedangkan faktor E, P, S*E, E*P memiliki pengaruh yang signifikan terhadap

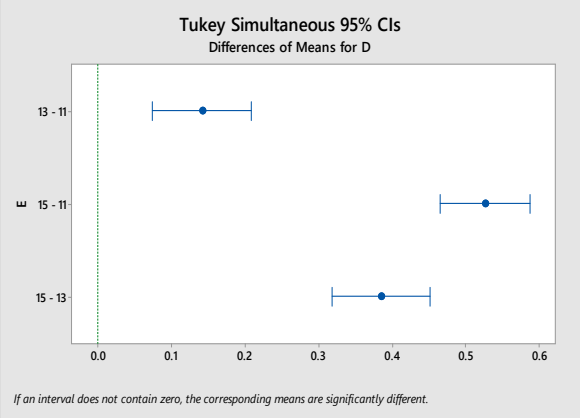
ISBN 978-623-92050-0-3

respon rata-rata diameter filamen hasil ekstrusi karena *P-Value* ≤ 0,05, sehingga dilanjutkan uji *tukey*.

TABLE IV UJI *TUKEY* KECEPATAN PENARIK TERHADAP RATA-RATA FILAMEN

E	N	Mean	Grouping		
15	38	187,835	A		
13	34	149,386		B	
11	36	135,250			C

Berdasarkan TABEL IV tersebut dapat diketahui bahwa pada kecepatan penarik dan 6*rpm* dan 8*rpm*; berbeda secara *signifikan* dikarenakan tidak berada pada grup yang sama.



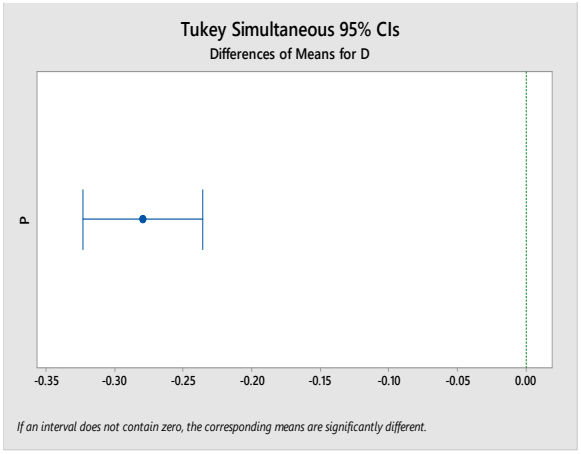
Gambar 4. Pengujian *tukey* faktor kecepatan *screw* terhadap rata-rata diameter filamen

Pada Gambar 4. diketahui bahwa pada faktor E (kecepatan *screw*) 13*rpm*–11*rpm* berbeda dikarenakan garis level tersebut tidak melewati/memotong garis nol dan dikatakan berbeda signifikan, 15*rpm*–11*rpm* berbeda dikarenakan garis level tersebut tidak melewati/memotong garis nol dan dikatakan berbeda signifikan dan 15*rpm* –13*rpm* berbeda dikarenakan garis level tersebut tidak melewati/memotong garis nol dan dikatakan berbeda signifikan

TABEL V UJI *TUKEY* KECEPATAN *SCREW* TERHADAP RATA-RATA FILAMEN

P	N	Mean	Grouping	
6	54	171,481	A	
8	54	143,500		B

Berdasarkan TABEL V dapat diketahui bahwa pada kecepatan penarik dan 6 rpm dan 8 rpm; berbeda secara signifikan dikarenakan tidak berada pada grup yang sama.



Gambar 5. Pengujian *tukey* faktor kecepatan penarik terhadap rata-rata diameter filamen

Pada gambar 5 diatas dapat diketahui bahwa pada faktor P (kecepatan penarik) 8*rpm*–6*rpm* berbeda dikarenakan garis level tersebut tidak melewati/memotong garis nol dan dikatakan berbeda signifikan.

TABEL VI KOMBINASI PERLAKUAN TEMPERATUR PEMANAS DAN KECEPATAN *SCREW*

S*E	N	Mean	Grouping			
200 15	14	1.94812	A			
190 15	12	1.87694	A			
180 15	12	1.81	A			
180 13	12	1.53167		B		
190 13	12	1.51333		B	C	
200 13	10	1.43659		B	C	D
200 11	12	1.39167		B	C	D
190 11	12	1.37083			C	D
180 11	12	1.295				D

Berdasarkan TABEL VI diatas dapat diketahui bahwa kombinasi perlakuan yang menghasilkan rata-rata diameter mendekati 1,75mm yaitu kombinasi 180 15 yang mengasilkan diameter sebesar 1,81. Kombinasi (180 15) tidak berbeda secara signifikan dengan (200 15) dan (190 15), akan tetapi berbeda dengan (190 13);(200 11) dan (200 13) dan lainnya.

TABLE VII KOMBINASI PERLAKUAN KECEPATAN *SCREW* DAN KECEPATAN PENARIK

E*P	N	Mean	Grouping				
15 6	18	1.96	A				
15 8	20	1.79671		B			
13 6	18	1.62833			C		
11 6	18	1.55611			C		
13 8	16	1.3594				D	
11 8	18	1.14889					E

Berdasarkan TABEL VII dapat diketahui bahwa kombinasi perlakuan yang menghasilkan rata-rata

ISBN 978-623-92050-0-3

diameter mendekati 1,75 mm yaitu kombinasi (15 8) yang mengasilkan diameter sebesar 1,79. Kombinasi tidak berbeda secara signifikan yaitu (11 6) dan (13 6), akan tetapi berbeda dengan lainnya.

D. Mechanical Properties

HDPE digolongkan *semi-crystalline*, *melting HDPE* murni 138,3 ºC dengan *entalphy of fusion* 181,2 J/g, diperoleh dari *DSC thermal parameters* [7]. Berdasarkan hasil *XRD analysis*, fase *HDPE* spesifik adalah pada 20 = 21,44º; 23,83º dan 26,44º, selain itu *thermal stabilities HDPE* diperoleh *Tmax* sebesar 472 ºC [8].

Pada penelitian [4] parameter mesin *hot press pneumatic* terhadap kekuatan tarik menggunakan metode *respon surface methodology,* dimana penelitian tersebut menggunakan bahan HDPE (tutup botol) dengan taraf level temperature 160 ºC,170 ºC dan 180ºC. Standart spesimen yang digunakan yaitu ASTM D638, diperoleh kekuatan tarik sebesar 15,7 MPa untuk suhu 180 ºC dengan mnggunakan mesin *Universal Tensille Machine Zwick Roell* Z020. Ketebalan layer penelitian tersebut yaitu 3,2mm ± 0,5mm. Berdasarkan penelitian [9], mengenai uji tarik bahan polimer yaitu PLA dan ABS mengggunakan mesin *Universal Tensille Machine Shimadzu dengan standart* ASTM D638 diperoleh kekuatan uji tarik PLA sebesar 35,57 MPa dan ABS kekutan tarik sebesar 19,13 MPa dengan ketebalan layer 0,40mm. Berdasarkan kedua penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik PLA yang sering digunakan dalam material filamen 3D printing lebih kuat dibandingkan HDPE pada penelitian ini. dikarenakan output tidak sesuai dengan kriteria. Filamen yang dihasilkan cendrung tidak bisa menghasilkan diameter dan bentuk yang konstan dengan *tensile strength* yang rendah, karena HDPE yang digunakan *recycle* tanpa pencampuran sehingga berpengaruh pada *mechanical properties.* Pada penelitian Pangestu [8] filamen hasil ekstruksi dapat diterapkan di bidang seni kerajinan sebagai gantungan kunci atau anyaman tempat tissue, dompet dan lain sebagainya untuk mengatasi kekurang efektifan pengolaan sampah di industri kecil.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen menggunakan Anova diketahui respon keseragaman diameter dan *ovality filament* tidak dipengaruhi oleh factor S (temperature), faktor E (kecepatan *screw)*, faktor P (kecepatan penarik), faktor B (kecepatan *blower)*, faktor S*E, faktor S*P, faktor S*B, faktor E*P, faktor E*B, faktor P*B, faktor S*E*P, faktor S*E*B, faktor S*E*B, faktor S*P*B, dan faktor E*P*B. hal ini dikarenakan p-value > alpha, selain itu *R-square* berada dibawah 50% yang mengindikasikan terdapat pengaruh dari faktor lain diluar penelitian

Dari hasil eksperimen menggunakan Anova diketahui respon rata-rata diameter dipengaruhi oleh faktor E (kecepatan *screw*), faktor P (kecepatan penarik), faktor S*E (kombinasi temperature 180ºC dan kecepatan *screw* 15rpm menghasilkan diameter rata-rata sebesar 1,81), dan faktor E*P (kombinasi kecepatan *screw* 15rpm dan kecepatan penarik 8rpm dapat mengasilkan rata-rata diameter terkecil sebesar 1,79.HDPE merupakan semi kristal, dengan *tensile strength* yang lebih rendah dari PLA sebagai pembuatan filamen 3D printing. Filamen yang dihasilkan pada penelitian ini dapat digunakan sebagai kerajinan dan karya seni anyaman seperti dompet, tempat *tissue* dan lain sebagainya.

REFERENCES

[1] Albi, E., Kozel, K., Ventoza, D., & Wilmoth, R., AKABOT : 3D PRINTING FILAMENT EXTRUDER. (2014)

[2] Alec.: Twice as many 3D printers shipped over 2016, Gartner predicts. (2016)

[3] Angatkina, K.: Recycling of HDPE from MSW waste to 3D printing filaments. (2018)

[4] Evendi, Muklis Nur.: OPTIMASI PARAMETER MESIN HOT PRESS PNEUMATIC TERHADAP KEKUATAN TARIK MENGGUNAKAN METODE RESPONSE SURFACE METHEDOLOGY (RSM), Universitas Trunojoyo Madura. (2019)

[5] Grujovic, N., Zivic, F., & Zivkovic, M.: Custom design of furniture elements by fused filament fabrication, 0(0), 1–8, Analysis of Plastic PET Bottles." Journal of Chemical Education 83.3 (2006): 439-42. (2016)

[6] Iler, H. Darrell, Eric Ruff, and Seth Althoff.: An Introduction to Polymer Processing, Morphology, and Property Relationships through Thermal. (2006)

[7] Jung, J., Kim, J., Uhm, Y., R., Jeon, J., K., & Lee, S., Preparations and thermal properties of micro- and nano-BN dispersed HDPE composites. (2010)

[8] Kim, B., J., Byun, J., H., & Park S., J.: Effects of Graphenes/CNTs Co-reinforcement on Electrical and Mechanical Properties of HDPE Matrix Nanocomposites. (2010)

[9] Lubis, S., Djamil, S.,& Yolanda.: Pengaruh Orientasi Objek pada Proses 3D Printing Bahan Polymer PLA dan ABS terhadap Kekuatan Tarik dan Ketelitian Dimensi Produk. (2016)

[10] Pangestu, M., 2018, Penentuan Parameter Proses yang Berpengaruh dalam Pembuatan Produk bebahan Plastik PP Bekas menggunakan mesin Ekstrusi, Universitas Katolik Prarahyangan.

[11] Putra, Kumara, Sadana, S. M.: Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup. Desain Manajemen Produk, UBAYA. (2018)

[12] Rosato, D.V.: Injection molding in the 21st century,SPE-IMD Newsletter (2000)

[13] Vasile, C & Pascu, M.: Practical Guide to Polyethylene. Shawbury: Rapra Technology Limited. pp 16-19. (2005)

[14] Wahyudi, Tri.: Pengaruh Temperatur serta Kecepatan Screw terhadap Ovality dan Keseragaman Diameter Filamen HDPE pada Rancangan Ekstruder Plastik, Universitas Trunojoyo Madura. (2015)

ISBN 978-623-92050-0-3

Perancangan Sistem Kerja untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi dengan Pendekatan Keseimbangan Lintasan Perakitan pada Produk *Circuit Breaker*

1st Rosmiyati
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya,Indonesia
Rosmiyati191014@gmail.com

2nd Hery Murnawan,ST.,MT
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya,Indonesia
herymurnawan@untag-sby.ac.id

***Abstract*—PT.X merupakan perusahan yang bergerak dibidang manufaktur Circuit Breaker, kendala yang terjadi pada perusahaan tersebut ialah tidak tercapainya output yang telah ditetapkan oleh produksi. Dari hasil penelitian diketahui bahwa kondisi awal sebelum perbaikan dengan 5 tenaga kerja rata-rata output yang dihasilkan 500 unit/hari, jumlah output tersebut tidak dapat memenuhi output yang ditetapkan oleh produksi sebanyak 660 unit/hari. Penelitian ini melakukan perbaikan perancangan sistem kerja dengan ekonomi gerakan dan *Time Measurement Unit* (TMU) yang kemudian dilakukan pendekatan keseimbangan lintasan menggunakan line balancing metode Kilbridge-Wester Heuristic (*Region Approach*).Hasil penelitian diatas mampu mengurangi waktu stasiun tertinggi atau waktu siklus sehingga didapatkan CT (*Cycle Time*) sebesar 37 detik, Balance delay sebesar 16,21%, efisiensi lini sebesar 83,79%, dan smothness Index sebesar 16,72% dengan jumlah tenaga kerja yang sama output yang dihasilkan yaitu sebesar 780 unit/hari. Sehingga beban biaya operasional perakitan circuite breaker yang semula Rp.1.546,- /unit menjadi Rp.1.142,-/unit.**

***Keywords* : Perancangan Sistem Kerja, *line balancing*, Peta Tangan Kiri Tangan Kanan, *Region Approach*, Ekonomi Gerak**

I. PENDAHULUAN

PT.X adalah perusahaan bertaraf internasional yang bergerak di bidang circuite breaker, dimana circuite breaker adalah suatu alat yang berfungsi sebagai proteksi atau pengaman suatu rangkaian listrik pada sistem tenaga listrik yang digunakan untuk memutus secara otomatis jika kelebihan arus listrik karena kelebihan beban listrik, hubungan arus pendek (konslet), percikan api dan lain-lain sesuai dengan ratingnya pada kondisi tegangan yang normal ataupun tidak normal. Perusahaan ini telah memiliki jaringan dunia meliputi wakil dan anak perusahaan yang mencakup lebih dari 60 negara, termasuk salah satunya adalah di Indonesia.Perusahaan yang berpusat di Jerman ini adalah pemimpin pangsa pasar dalam desain dan produksi circuit breakeradalah alat yang berfungsi untuk memberikan solusi dan proteksi terhadap aliran arus listrik.

Mengamati permasalan yang terjadi dengan beriterasi kepada jurnal-jurnalpenelitian terdahulu yang membahas tentang penyeimbangan lintasan produksi dengan metode Heuristik yang dikaji [3] dengan studi kasus pada PT. XYZ Makassar, kemudian ditahun setelahnya terdapat penelitian mengenai peningkatan efisiensi lintasan kerja dengan menggunakan metode RPW dan Killbridge-Western yang diamati [1]. Selain penelitian mengenai penyeimbangan lintasan atau yang sering disebut dengan line balancing terdapat juga penelitian mengenai perbaikan sistem kerja, seperti penelitian milik [5] yang membahas mengenai analisa perbaikan sistem kerja untuk peningkatan kapasitas produksi dilihat dari aspek Ergonomi dengan studi kasus di perakitan rangka kursi rotan, kemudian terdapat pula jurnal mengenai peningkatan kapasitas produksi pada studi kasus PT. X yang diamati oleh [7].

Mengacu pada penelitian sebelumnya permasalahan yang terjadi pada saat penelitian adalah lini assembly tidak mampu menghasilkan output yang mendekati jumlah output lini produksi disebabkan karena terjadinya ketidak seimbangan beban kerja pada proses perakitan sehingga mengakibatkan waktu delay pada lini perakitan yang lainnya. Jika hal ini terjadi terus menerus tanpa adanya perbaikan pada lini assembly maka akan mengakibatkan output standar produksi yang dihasilkan tidak maksimal. Mengamati dari permasalah tersebut tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah merancang perbaikan sistem kerja lini perakitan untuk mencapai output yang maksimal.

ISBN 978-623-92050-0-3

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi adalah kemampuan maksimal produksi dalam memperoleh hasil produksi.Kapasitas produksi merupakan faktor paling utama untuk seluruh perusahaan manufaktur, dimana setiap perusahaan manufaktur selalu menginginkan peningkatan kapasitas dalam hasil produksinya.

B. Pengukuran Waktu Proses Produksi

Pengukuran waktu proses produksi atau pengukuran waktu kerja adalah waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja untuk menyelasaikan suatu pekerjaan, pengukuran waktu kerja digunakan untuk mengetahui lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proses pekerjaan dari awal sampai akhir.Terdapat dua cara pengukuran waktu kerja yaitu pengukuran waktu secara langsung yang dilakukan secara langsung ditempat pekerja melakukan pekerjaannya, dan dengan cara jam henti.

C. Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diamati sudah seragam atau belum, ini merupakan syarat dalam pengolahan data sebelum masuk ke pengolah data selanjutnya.Data dikatakan seragam jika masih dalam batas kendali. Berikut rumus dari uji keseragaman data:

$$BKA = X + k.\ \sigma.X \quad (1)$$

$$BKB = X - k.\ \sigma.X \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\left(\left(\sum \left[(Xi-\bar{X})\right]^2\right)/((N-1))\right)} \quad (3)$$

Dimana :

BKA	: Batas Kendali Atas
BKB	: Batas Kendali Bawah
X	: Nilai rata-rata
σ	: Standar deviasi
K	: Jarak batas pengendali dari garis tengah

- Tingkat kepercayaan 68% maka nilai k = 1
- Tingkat kepercayaan 95% maka nilai k = 2
- Tingkat kepercayaan 99% maka nilai k = 3

D. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang yang diamati sudah dianggap cukup atau belum.Syarat data amatan dianggap cukup ialah apabila N' atau N hitung lebih kecil dari N atau N jumlah data amatan, Atau sebaliknya.Apabila N' lebih besar dari N maka harus melakukan pengambilan data ulang atau penambahan data sampai data yang diambil memenuhi uji kecukupan data.Rumus perhitungan kecukupan data adalah sebagai berikut :

$$N' = \left[\left(k/s \sqrt{\left(N.\left[\sum x\right]^2-\left(\sum x\right)^2\right)}\right)/\left(\sum x\right)\right]^2 \quad (4)$$

Dimana :
N′ = Jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan.
K = Tingkat kepercayaan dalam pengamatan.(k = 2, 1- α =95%)
S = Derajat ketelitian dalam pengamatan (5%)
N = Jumlah pengamatan yang sudah dilakukan.
Xi = Data pengamatan

E. Waktu Normal

Perhitungan waktu normal adalah perhitungan waktu yang dibutuhkan pekerja untuk menyelesaikan perkerjaannya dalam kondisi yang normal dengan kemampuan rata-rata, rumus waktu normal adalah sebagai berikut :

$$Wn = \bar{X} \times P \quad (5)$$

Keterangan :
Wn = Waktu normal
$\bar{X}$ = Waktu rata-rata pengamatan
P = Faktor penyesuaian
Dimana p = faktor penyesuaian,
p = 1 / p = 100% berarti bekerja normal
p > 1 / p > 100% berarti bekerja cepat
p < 1 / p < 100% berarti bekerja lambat

F. Performance Rating

Performance rating merupakan faktor penyesuaian dilakukan dengan mengalikan waktu siklus rata-rata atau waktu elemen rata-rata dengan suatu harga P yangdisebut faktor penyesuaian. Besarnya harga P didapat dari hasil pengamatan yang apabila operator bekerja diatas waktu yang normal (terlalu cepat) maka harga P akan lebih besar dari satu (P>1), sebaliknya jika operator dinilai bekerja dibawah normal (terlalu lambat) maka harga P akan lebih kecil dari satu (P<1), dan jika operator dianggap bekerja dengan wajar (normal) maka harga P sama dengan satu (P=1).

G. Waktu Baku (WB) / Waktu Standar (WS)

Waktu standar yaitu waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja yang memiliki tingkat kemampuan rata-rata.Untuk menghitung waktu standard, diperlukan nilai kelonggaran yang diperoleh dari penjumlahan tiga jenis kelonggaran.Dimana kelonggaran merupakan faktor yang diberikan kepada suatu pekerjaan untuk memperoleh suatu kondisi lingkungan yang memadai atau mendukung sistem kerja yang dimaksud. Untuk memperoleh waktu standard dari suatu pekerjaan, rumusnya adalah sebagai berikut :

ISBN 978-623-92050-0-3

Waktu standar (WS) = Waktu Normal (WN) x(100%)/(100%-% Allowance)jam/unit produk (6)

H. Line Balancing

Line balancing adalah metode yang digunakan untuk menyeimbangkan lini stasiun kerja, dengan memperhatikan setiap elemen kegiatan kerja agar tidak mendahului kegiatan kerja sebelumnya. Yang terpenting dalam efiensi lintasan adalah efisiensi lini yang didapat haruslah lebih besar nilai persentasenya dan pada nilai balance delay serta smoothness index harus rendah presentasenya. Rumus menghitungannya adalah sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi Lini}=(\sum_{i=1}^{K} ⟦ST⟧_i)/(K)(WS) \text{ x}100\% \quad (7)$$

$$BD = 100\% - \text{Efisiensi Lini} \quad (8)$$

$$SI= \sqrt{(\sum_{i=1}^{K} ⟦(⟦ST⟧_{maks}-⟦ST⟧_i)^2⟧)} \quad (9)$$

I. Peta Tangan Kiri Tangan Kanan

Peta tangan kiri tangan kanan merupakan suatu alat dari studi gerakan untuk menentukan gerakan-gerakan yang efisien, yaitu gerakan-gerakan yang memang diperlukan untuk melaksanakan suatu pekerjaan.Peta tangan kiri tangan kanan menggambarkan semua gerakan-gerakan saat bekerja dan waktu mengganggur yang dilakukan oleh tangan kiri dan tangan kakan, juga menunjukan perbandingan tugas yang dibebankan pada tangan kiri dan tangan kanan ketika melakukan suatu pekerjaan.Melalui peta tangan kiri tangan kanan dapat diketahui semua operasi secara rinci dan lengkap sehingga membantu dalam analisa dan perbaikan terhadap operassi yang dimaksud.Peta tangan kiri tangan kanan sangat praktis untuk memperbaiki suatu pekerjaan manual dimana tiap siklus dari pekerja terjadi dengan cepat dan terus berlangsung [6]

J. Analisa Finansial

Analisa finansial ialah kegiatan menganalisa atau mencari tahu kondisi untung atau kondisi rugi dalam suatu aktivitas finansial.Analisa finansial digunakan sebagai perhitungan untuk mengetahu berapa keuntungan yang didapat atau berapa beban biaya yang harus dikeluarkan.

Dalam analis finansial hal-hal yang mendasar dan secara detail haruslah diikutsertakan terutama jika itu menyangkut nilai rupiah seperti beban sewa gedung, biaya listrik, biaya tenaga kerja, biaya perawatan mesin, biaya material bahan baku dan lain sebagainya. Hal lain yang seringnya dikaitkan dengan perhitungan analisa finansial biasanya mencakup hasil produksi, dan perhitungan mendetail lainnya seperti jumlah jam hari kerja, dan lain sebagainya. Berikut merupakan rumus biaya tenaga kerja perunit.

Biaya Tenaga Kerja Per Unit=(Total Gaji Operator per bulan)/(Kapasitas Produksi/bulan) (10)

III. METODE

Tahapan dalam penyelesaian masalah ini adalah :

1. Identifikasi masalah perakitan circuit breaker. Identifikasi ini meliputi waktu dan cara melakukan perakitan dan jarak komponen terhadap tempat operator.
2. Menghitung waktu normal setiap elemen kerja dan kemudian menghitung cycle time (CT) dari aktifitas perakitan circui breaker.
3. Melakukan tindakan perbaikan dengan menyeimbangkan beban kerja pada setiap operator dengan tujuan untuk mengurangi delay.
4. Perbaikan ekonomi gerak dengan Peta Kerja Tangan Kiri Tangan Kanan (PTKTK) serta Time Measurement Unit (TMU), dan melakukan perhitungan ulang cycle time (CT).
5. Menentukan cycle time (CT) terbaru dan menghitung baban biaya pada setiap operator.

IV. HASIL

TABEL I Kondisi Awal Sebelum Perbaikan

No	Pekerjaan	Elemen Gerakan	Operasi	Waktu Baku (WB) / Waktu Standar (WS)	
1	**Assembly I**	Memasangkan Drehfeeder pada Jig	1	2.855	19.549
2	**(Proses 1) 2216**	Memasukan loetring pada cairan alkohol dan menggabungkan dengan spule		3.525	
3		Solder Spule		7.042	
4		Melepaskan spule pada jig		1.98	
5		Menggabungkan Spule dengan produk jadi		4.147	
6	**Assembly I**	Mengambil Hausing & meletakan pada Jig	2	3.25	43.76
7	**(Proses 2) 2216**	Mengambil dan meletakan welding magnetjoch pada Hausing		4.003	
8		Mengencangkan posisi welding megnetjoch dengan pinset		1.362	
9		Mengambil Magnetkren dan spule secara besamaan dan memasang magnetkren pada spule kemudian meletakannya pada uten	3	4.775	
10		Mengunci Jig	4	0.946	
11		Mengambil kawat solder dan alat solder, kemudian mensoldernya		20.505	
12		Membuka kunci Jig		1.408	
13		Mengambil dan memasang druchfeeder		3.553	
14		Melepaskan hausing dari jig dan memindahkan pada wadah untuk proses selanjutnya		3.958	
23	**Assembly III**	Memasang Housing Pada Jig	11	3.009	34.469
24		Memasang Anschluss P10 pada Housing		6.93	
25	**(Proses 1) 2216**	Memasang Anschluss Tengah pada Housing	12	3.864	
26		Memasang Kipphebel (VS) pada Housing	13	5.188	
27		Memasang C-Feeder pada Housing	14	6.862	
28		Memasang Uten pada Housing	15	6.531	
29		Memindahkan Housing pada wadah		2.084	

ISBN 978-623-92050-0-3

30	**Assembly III**	Menekan Tombol Hijau Mesin Rivet	16	1.552	16.629
31	**(Proses 2) 2216**	Memasukkan Circuit Breaker Pada Mesin Rivet		2.147	
32		Menunggu Proses Rivet		3.799	
33		Menarik Keluar dudukan Mesin Rivet		3.572	
34		Memeriksa Tombol On/Off pada Circuit Breaker		1.583	
35		Pemeriksaan Akhir /mengocok CB		1.831	
36		Memindahkan Housing pada wadah		2.145	

TABLE II Kondisi Setelah Perbaikan TMU

No	Pekerjaan	Elemen Kegiatan	Operasi	Waktu Baku (WB) / Waktu Standar (WS)	
1	Assembly I	Memasangkan Drehfeeder pada Jig	1	4.27	29.2
2	(Proses 1) 2216	Memasukan loetring pada cairan alkohol dan menggabungkan dengan spule		3.67	
3		Solder Spule		4.42	
4		Mengambil Housing & meletakan pada Jig	2	4.42	
5		Mengambil dan meletakan welding magnetjoch pada uten		4.28	
6		Mengencangkan posisi welding megnetjoch dengan pinset		1.6	
7		Mengambil magnetkren dan spule secara besamaan dan memasang plat pada spule kemudian meletakannya pada Housing	3	4.12	
8		Melepaskan Housing dan Meletakan pada Wadah		2.42	
9	Assembly II	Mengambil Housing dan Memposisikan pada Jig	4	2.91	34.06
10	(Proses 1) 2216	Mengunci Jig		2.37	
11		Mengambil kawat solder dan alat solder, kemudian mensoldernya		18.47	
12		Membuka kunci Jig		2.37	
13		Mengambil dan memasang druchfeeder		3.97	
14		Melepaskan uten kemudian mengeceknya dan memindahkan pada tempat barang OK		3.97	
15	Assembly III	Memasang Housing Pada Jig	5	3.96	30.26
16	(Proses 1) 2216	Memasang Schiber Mit Breaker dan Kontak Anchluss Pada Housing		3.97	
17		Memasang Druckfeeder pada Housing	6	5.05	
18		Memasang Ausloshable pada Housing	7	3.82	
19		Memasang Drehfeeder pada Housing	8	5.2	
20		Memasang Kipphebel dan Schalthebel pada Housing	9	5.35	
21		Melepaskan housing dan meletakan pada wadah		2.91	
22	Assembly IV	Mengambil Housing dan Memposisikan pada Jig	10	2.91	24.76
23	(Proses 1) 2216	Memasang Betaetiger dan Blattfeder pada Housing		4.28	
24		Memasang Anschluss P10 pada Housing	11	3.97	
25		Memasang Anschluss Tengah pada Housing	12	4.12	
26		Memasang Kipphebel (VS) pada Housing	13	5.51	
27		Melepaskan housing dan meletakan pada wadah		3.97	
28	Assembly V	Mengambil Housing dan Memposisikan pada Jig	14	3.97	36.74
29	(Proses 1) 2216	Memasang C-Feeder pada Housing		5.66	
30		Memasang Uten pada Housing	15	3.82	
31		Menekan Tombol Hijau Mesin Rivet	16	2.37	
32		Memasukkan Circuit Breaker Pada Mesin Rivet		4.28	
33		Menunggu Proses Rivet		3.8	
34		Menarik Keluar dudukan Mesin Rivet		4.28	
35		Memeriksa Tombol On/Off pada Circuit Breaker		3.99	
36		Pemeriksaan Akhir /mengocok CB		4.57	

Dari kondisi kegiatan diatas sebelum dilakukannya perbaikan dengan ringkasan sebagai berikut :

TABLE III Perbandingan Kondisi Sebelum dan Sesudah Perbaikan

	Kondisi Sebelum Perbaikan					Kondisi Setelah Perbaikan TMU				
	Stasiun					Stasiun				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Kecepatan Stasiun	19,55	43,76	49,78	34,47	16,63	29,20	34,06	30,26	24,76	36,74
Efisiensi Stasiun Kerja %	39,10	87,52	99,55	68,94	33,26	78,92	92,05	81,78	66,92	99,30
Efisiensi Lini %	66					83,79				
Balance Delay %	34					16,21				
Smothness Index	48,18					16,27				
Output Standar	576					780				

Hasil perhitungan diatas menunjukan bahwa pada kolom kondisi setelah perbaikan TMU menghasilkan beban kerja yang lebih seimbang hal tersebut dibuktikan oleh seimbangnya waktu kecepatan stasiun kerja, dan presentase efisiensi lini yang meningkat, serta terjadi penurunan pada presentase balance delay, dan smothness index. Pada kondisi perbaikan tersebut menghasilkan peningkaran pada output standar yang semula 576 unit/hari menjadi 780 unit/hari.

A. Analisa Biaya / Finansial

Hasil perhitungan diatas menunjukan bahwa output standar yang dapat dihasilkan setelah dilakukannya perbaikan adalah 780 unit perhari.

- Kondisi Sebelum Perbaikan

TABLE IV Kondisi Awal Sebelum Perbaikan

Gaji Perbulan		Kapasitas Produksi	
Gaji Per operator	Rp. 3.919.000,-	Kapasitas per Hari	576
Jumlah Operator	5	Rata-Rata Hari Kerja / 1 bln	22
Total Gaji / 5 Operator	Rp. 19.595.000,-	Total Output / Bulan	12672

Biaya Tenaga Kerja Per Unit = (Total Gaji Operator per bulan)/(Kapasitas Produksi/bulan) (11)

Biaya Tenaga Kerja Per Unit = (Rp.19.595.0000)/(12672 unit) = Rp.1.546 per unit

Jadi total biaya tenaga kerja yang dikeluarkan untuk setiap unitnya adalah sebesar Rp. 1.546,-

- Kondisi Sesudah Perbaikan

TABLE V Kondisi Awal Sebelum Perbaikan

Gaji Perbulan		Kapasitas Produksi	
Gaji Per operator	Rp. 3.919.000,-	Kapasitas per Hari	780
Jumlah Operator	5	Rata-Rata Hari Kerja / 1 bln	22
Total Gaji / 5 Operator	Rp. 19.595.000,-	Total Output / Bulan	17160

Biaya Tenaga Kerja Per Unit = (Total Gaji Operator per bulan)/(Kapasitas Produksi/bulan) (12)

Biaya Tenaga Kerja Per Unit = (Rp.19.595.0000)/(17160 unit)= Rp.1.142 per unit

Jadi total biaya tenaga kerja yang dikeluarkan untuk setiap unitnya adalah sebesar Rp. 1.142,-.

Jika dibandingkan dengan biaya tenaga kerja per unit sebelum dilakukannya perbaikan sebesar Rp. 1.546, dan setelah dilakukannya perbaikan biaya tenaga kerja perunit menjadi Rp. 1.142,- dari hasil perbandingan tersebut dapat dilihat bahwa selisih biaya tenaga kerja yang dapat dihemat setiap unitnya ialah sebesar Rp. 404,-

Berikut merupakan tabel perbandingan hasil dari kondisi sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan.

TABLE VI Perbandingan hasil kondisi sebelum perbaikan dan kondisi sesudah perbaikan

No	Kondisi	Waktu Siklus	Output Standard	Biaya Tenaga Kerja
1	Sebelum Perbaikan	50 Detik	576 Unit/hari	Rp.1.546,-/Unit
2	Sesudah Perbaikan	37 Detik	780 Unit/hari	Rp.1.142,-/Unit

ISBN 978-623-92050-0-3

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan dan pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kondisi awal sebelum perbaikan dengan 5 tenaga kerja hanya mampu menghasilkan rata-rata output sebesar 500 unit/hari, jumlah output tersebut tidak dapat memenuhi output yang ditetapkan oleh produksi sebanyak 660 unit/hari. Tidak tercapainya target yang dikeluarkan oleh lini perakitan disebabkan karena ketidakseimbangnya beban kerja yang ditanggung oleh masing-masing lini yang berdampak pada besarnya waktu stasiun tertinggi / waktu siklus, dimana waktu stasiun tertinggi / waktu siklus sebelum perbaikan mencapai 50 detik dan waktu keseluruhan total kerja per 1 unit mencapai 165 detik. Dari hasil permasalahan tersebut maka dibuatlah perbaikan perancangan sistem kerja yang akan mengatur kegiatan tangan kiri tangan kanan atau biasa disebut dengan Peta Kerja Tangan Kiri Tangan Kanan (PTKTK) serta Time Measurement Unit (TMU) dengan menggunakan pendekatan keseimbangan lintasan menggunakan line balancing metode Kilbridge-Wester Heuristic (Region Approach).

Setelah dilakukan perbaikan didapatkan hasil lintasan lini perakitan yang lebih seimbang sehingga mampu mengurangi waktu stasiun tertinggi / waktu siklus yang sebelumnya 50 detik menjadi 37 detik dan waktu keseluruhan total kerja per 1 unit yang awalnya 16 detik menjadi 155 detik, kemudian dari hasil perbaikan tersebut pula diperoleh peningkatan output sebesar 35,4%, dimana output sebelumnya mencapai 576 unit/hari menjadi 780 unit/hari. Selain itu pula pada perhitungan line balancing diperoleh hasil efisiensi lini meningkat sebesar 17,79% yang sebelumnya hanya mencapai 66% berubah menjadi 83,79%, dan nilai balance delay yang mengalami penurunan sebesar 17,79% yang awalnya 34% menjadi 16,21%, serta pada perhitungan smothness index mengalami penurunan sebesar 31,1% dimana pada kondisi sebelumnya sebesar 48.18% menjadi 16.72%. Semakin besar nilai persentase dari efisiensi lini maka semakin bagus, dan semakin kecil nilai yang dihasilkan pada balance delay dan smothness index maka kondisi tersebut semakin ideal.

Dari Peningkatan output yang dihasilkan sebelum dan sesudah perbaikan didapatkan penurunan biaya tenaga kerja/unit, dimana pada kondisi sebelumnya dengan output 576 unit/hari beban biaya tenaga kerja/unit mencapai Rp.1.546,- per unit dan setelah dilakukannya perbaikan dengan output yang dihasilkan sebesar 780 unit/hari beban biaya kerja/unit mencapai Rp.1.142,- per unit. Sehingga dari kondisi tersebut perusaan mampu menekan biaya tenaga kerja per unitnya sebesar Rp.404,- atau sekitar 26,13%.

REFERENCES

[1] Ekoanindiyo, F. A., & Helmy, L. (2017). Meningkatkan Efisiensi Lintasan Kerja Menggunakan Metode RPW dan Killbridge-Western. Dinamika Teknik, Vol. X, No.1, 16-26.

[2] Murnawan, H., & Widiasih, W. (2017). Perancangan Bisnis, Aplikasi dan Implementasi di Dunia Industri. Sidoarjo: Zifatama Publisher.\

[3] Saiful, Mulyadi, & Rahman, T. M. (2014). Penyeimbangan Lintasan Poduksi dengan Metode Heuristik (Studi Kasus PT. XYZ Makassar). Jurnal Teknik Industri Vol.15, No.2, 183-190.

[4] Santoso, & Heryanto, R. M. (2017). Perancangan dan Pengendalian Produksi 1. Bandung: Alfabeta.

[5] Sarvia, E., & Eliyani. (2013). Analisa Perbaikan Sistem Kerja Untuk Peningkatan Kapasitas Produksi Dilihat dari Aspek Ergonomi. Jurnal Integra, Vol. 3, No. 1, 25-42.

[6] Sutalaksana, I. Z., Anggawisastra, R., & Tjakraatmadja, j. H. (2006). Teknik Perancangan Sistem Kerja. Bandung: ITB.

[7] Wibisono, O. (2016). Peningkatan Kapasitas Produksi pada UD. X. Jurnal Titra, Vol. 4, No. 1, 17-24.

[8] Wignjosoebroto, S. (2006). Ergonomi Studi Gerak dan Waktu. Surabaya: Guna Widya.

[9] Yanto, & Ngaliman, B. (2017). Ergonomi Dasar - Dasar Studi Waktu & Gerakan untuk Analisis & Perbaikan Sistem Kerja. Yogyakarta: ANDI.Alec.: Twice as many 3D printers shipped over 2016, Gartner predicts. (2016)

ISBN 978-623-92050-0-3

Perancangan Tata Letak Fasilitas Produksi *(Relayout)* Guna Perluasan Area Produksi Pengecoran Logam

1st Sumara Hartik
Program Studi Teknik Industri
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Surabaya, Indonesia
Sumarahartik2@gmail.com

2nd Hery Murnawan
Program Studi Teknik Industri
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Surabaya, Indonesia
herymurnawan@untag-sby.co.id

Abstract*—UD. Logam Abadi is a metal casting company, currently the industry is experiencing problems, that is Plant 2, which has a status of rent and different locations, is about 4 kilometers from Plant 1 of the UD Logam Abadi. Layout of production facilities in the UD. Logam Abadi is currently unsuitable which results in an inefficient production process. At present the UD Logam Abadi decided to expand the industry to become Plant 1 only, due to consideration of the increasing demand for products, based on the results of the data processing and analysis that has been done, it is found that the current production facility is in the form of an expansion with a fixed capacity of 348 kg per day requiring an area of 146m^2. from the first condition there are 2 Plants, namely Plant 1 covering an area of 110 m^2 and Plant 2 covering an area of 36 m^2 from the first layout the income obtained is Rp. 6,492,197,309 per year, while income from Relayout is Rp. 6,503,206,371 / year which can save labor, material handling costs and building rental fees of Rp. 11,009,062 per year. Plans to increase production capacity from 348 kg per day to 705 kg per day by making Relayout required an area of 180 m^2 which provides a net income of Rp. 12,955,484,563 per year

Keywords—Designing the layout of production facilities, conventional techniques, material handling.Introduction

Abstract*—UD. Logam Abadi merupakan perusahaan pengecoran logam, saai ini industri tersebut mengalami kendala, yaitu Plant 2 yang berstatus sewa dan berbeda lokasi berjarak sekitar 4 kilometer dari Plant 1 industri UD. Logam Abadi, Layout fasilitas produksi pada industri UD. Logam Abadi saat ini kurang sesuai yang menyebabkan proses produksi berjalan tidak efisien. Saat ini industri UD. Logam Abadi memutuskan akan memperluas industri untuk dijadikan Plant 1 saja karena mempertimbangkan permintaan produk yang terus meningkat, berdasarkan hal tersebut hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan didapatkan fasilitas produksi saat ini di bentuk perluasan dengan kapasitas tetap sebesar 348 kg per hari membutuhkan area seluas 146m^2 dari kondisi awal terdapat 2 Plant, yaitu Plant 1 seluas 110 m^2 dan Plant 2 seluas 36 m^2 dari layout awal pendapatan yang diperoleh sebesar Rp. 6.492.197.309 per tahun, sedangkan pendapatan yang dihasilkan dari Relayout sebesar Rp. 6.503.206.371/ per tahun yang dapat menghemat tenaga kerja, biaya material handling dan biaya sewa gedung sebesar Rp. 11.009.062 per tahun. Rencana dari meningkatkan kapasitas produksi dari 348 kg per hari menjadi 705 kg per hari dibuatkan Relayout dan dibutuhkan area seluas 180 m^2 yang memberikan pendapatan bersih sebesar Rp. 12.955.484.563/th

***Kata Kunci:* Perancangan tata letak fasilitas produksi, teknik konvensional, *material handling*.**

I. PENDAHULUAN

UD. Logam Abadi merupakan perusahaan manufaktur pengolahan logam yang saat ini memiliki dua Plant. Plant 1 berlokasi di Jl. Joyoboyo No. 51 C Gg. Asy-Syakur Kec. Waru yang dalam proses produksinya menghasilkan produk strengklem, suspension kupu-kupu, cakar sus icon, lidah besar, lidah sedang, briket, cakar suspension, C, pancing bulat, pancing suspension, tahu-tahuan, dan penjepit suspension. Sedangkan Plant ke 2 berlokasi di Ngingas Kec. Waru Kab. Sidoarjo yang memiliki jarak 4 kilometer dari plant 1. Aktivitas yang dilakukan pada plant 2 adalah klem dan juga pengepresan karet dan plastik,

Studi lapangan yang telah dilakukan pada industri UD. Logam Abadi menunjukkan bahwa pada industri UD. Logam Abadi mengalami beberapa kendala, yaitu area untuk aktivitas produksi komponen pelengkap atau *Plant* 2 terletak di lokasi berbeda dari *Plant* 1 industri UD. Logam Abadi, hal ini menyebabkan besarnya ongkos material handling dan biaya sewa gedung untuk *Plant* 2. Kendala lain yang terjadi pada industri UD Logam Abadi adalah tidak tersedianya area perakitan dan bercampurnya material *work in process* 1 (material belum di bor) dengan material *work in process* 2 (material sudah di bor) yang menyebabkan proses pemindahan material tidak efisien. Pada industri UD. Logam Abadi kendala juga terjadi pada alur proses produksi yang kurang sesuai sehingga terdapat pola aliran material yang mengalami backtracking. Industri UD. Logam Abadi saat ini memperhatikan besarnya pengeluaran untuk *material handling* dan sewa gedung, perusahaan

ISBN 978-623-92050-0-3

dapat melakukan perluasan tempat produksi pertama, karena perusahaan saat ini memiliki lahan kosong yang belum dimanfaatkan disekitar *Plant* kesatu yang dapat digunakan untuk perluasan lokasi pabrik sehingga hanya menjadi satu *Plant* saja.

Dalam melakukan perancangan tataletak fasilitas produksi pola aliran material penting untuk dirancang, hal ini bertujuan agar proses produksi berjalan dengan lancar tanpa ada aliran balik atau *backtracking* sehingga dapat meminimalkan momen perpindahan material dan ongkos material *handling* (James Apple, 1990 [1]) . Seperti penelitian tentang perancagan tata letak fasilitas produksi yang dilakukan oleh Qoriyana,2014.[2]. yang bertujuan untuk meminimumkan total ongkos material handling menggunakan metode konvensional dan metode ALDEP. Begitupula dengan penelitian yang dilakukan oleh Danang Triagus setiyawan 2017 [3] yang menggunakan metode BLOCPLAN dan CORELAP untuk memperpendek aliran material sehingga diperoleh ongkos material *handling* yang minimal. Beberapa penelitian perencanaan tata letak fasilitas juga memfokuskan pada peningkatan produktivitas kerja seperti penelitian yang dilakukan oleh Siska, 2012 [4] yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas kerja dengan menggunakan metode *Sistematic Layout Planning* (SLP) dan 5S. Penelitian yang dilakukan oleh Safitri, 2017 [5] yang melakukan perancangan tata letak fasilitas produksi menggunakan metode ARC yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas produksi.

Berdasarkan penelitian terdahulu tentang perencanaan tata letak pabrik dan beberapa kendala yang terjadi pada industri UD. Logam Abadi, penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan ulang tata letak pabrik pada perluasan area produksi.

II. MATERI DAN METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan peneliti dalam menyelesaikan permasalahan pada industri UD. Logam Abadi dalam hal relayout pabrik adalah metode konvesional. Langkah-langkah yang digunakan adalah sebagai berikut:

A. Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan adalah: Luas tempat produksi awal, jarak antar departemen, luas tanah yang tersedia, mesin yang digunakan, dimensi mesin dan luas departemen, kapasitas produksi dan alur proses atau *Operation Process Chart*.

B. Pembuatan Layout Awal

C. Menghitung Jarak Antara Lokasi Produksi 1 Dan Produksi 2 Dan Jarak Antar Mesin / Departemen

D. Perhitungan Kebutuhan Bahan Baku dan Kebutuhan Jumlah Mesin Pada Tiap Operasi.

Perhitungan dilakukan untuk mengetahui kebutuhan akan raw material yang diperlukan untuk memenuhi target output produksi industri UD. Logam Abadi.

Perhitungan kebutuhan bahan baku menggunakan persamaan:

$$= \frac{P_g}{(1-p)} \quad (1)$$

Dimana:

P = Jumlah produk yang dikehendaki (*Demand Rate*)

Pg = Jumlah produk berkualitas baik (*Good Parts*)

P = Prosentase produk yang rusak

Sedangkan untuk perhitungan kebutuhan Mesin menggunakan persamaan:

$$N = \frac{T}{60}\frac{P}{D.E} \quad (2)$$

Dimana:

P = Jumlah produk yang harus dibuat oleh setiap mesin yang digunakan pada proses operasi per periode waktu kerja (unit produk/tahun)

T = Total waktu pengerjaan yang dibutuhkan pada proses operasi yang didapatkan melalui perhitungan secara teoritis (menit/unit produk)

D = Jam operasi kerja mesin yang tersedia, semisal satu sift kerja D=8jam/hari, dua sift kerja D=16 jam/hari dan tiga sift kerja D= 24 jam/hari.

E. Analisa Multiple Part Process Chart (MPPC)

Menurut Wignjosoebroto,2009 [6] MPPC dibuat dengan tujuan untuk memperoleh gambaran mengenai layout fasilitas produksi yang seharusnya dirancang. MPPC memberikan bantuan untuk mengetahui adanya alur proses produksi yang tidak sesuai (adanya *backtracking*).

F. Analisa From To Chart

Analisa from to chart dilakukan untuk menganalisa aliran material secara kuantitatif untuk mengatur keterdekatan antar fasilitas produksi dalam sebuah pabrik. Prosedur-prosedur dalam pembuatan *from to chart:*

ISBN 978-623-92050-0-3

1. Data *volume of handling*
2. Mengumpulkan data luasan area masing-masing departemen
3. Pembuatan tabel matriks *from to chart*
4. Perhitungan volume produk
5. Analisa momen

G. *Menghitung Ongkos Material Handling*

Perhitungan ongkos *material handling* dilakukan untuk mengetahui total biaya yang dikeluarkan oleh industri dalam proses pemindahan material untuk kepentingan produksi. Langkah-langkah perhitungan ongkos material yaitu:

1. Menentukan frekuensi perpindahan material dengan persamaan

$$frek.Perp. = \frac{satuan\ yg\ dipindahkan}{kapasitas\ alat\ angkut} \quad (3)$$

2. Menentukan biaya pemindahan material total dengan persamaan

$$OMH = Biaya\ alat\ angkut\ x\ jarak\ tempuh\ x\ frekuensi\ pengangkutan \quad (4)$$

H. *Analisis Finansial*

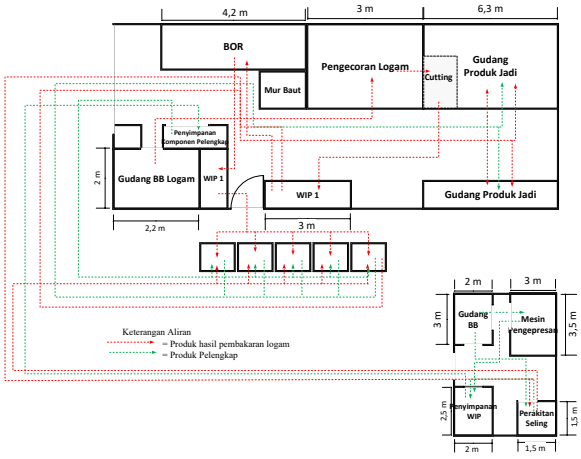
Perhitungan HPP menggunakan persamaan :

$$HPP = B.Bhn\ Baku + B.Permesinan + B.TK + B.Overhead \quad (5)$$

Analisa finansial dilakukan untuk mengetahui perbandingan cost dan pendapatan sebelum dilakukan perluasan dan setelah dilakukan perluasan area produksi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Layout Awal*



Gambar 1. Layout Awal

Keterangan Aliran :
= Produk hasil pembakaran logam
= Produk Pelengkap

Pada *layout* awal terjadi aliran yang kurang efektif, hal ini ditandai dengan plant 2 yang berbeda lokasi dengan *plant* 1 yang berjarak sekitar 4 km menyebabkan aktivitas *material handling* semakin besar dan tidak adanya area perakitan. Layout awal luas tanah yang digunakan pada layout plant 1 adalah 110 m^2, dengan luas total tiap departemen adalah 60 m^2 sedangkan pada plant 2 memiliki luas 39 m^2. Dari analisa pada layout awal terdapat *backward* momen senilai 1243,23 dan momen *forward* memiliki nilai besar pada diagonal ke 5 yaitu pada perpindahan *raw material* dari gudang bahan baku menuju ruang *casting* sehingga dilakukan *trial* untuk mencari *backward* yang minimal.

B. *Perhitungan Biaya Material Handling Layout Awal*

TABEL I MATERIAL HANDLING PLANT 1 KE PLANT 2

No	Produk	Berat (Kg)	Kapasitas Alat Angkut (100 kg)	Frekuensi (PP)/hari
1	49,73	49,73	$\frac{98{,}08\ kg}{100\ kg} = 0.98 = 1$	2
2	18,82	18,82		
3	6,70	6,70		
4	14,53	14,54		
5	8,71	8,71		
Total		98,08		

TABEL II MATERIAL HANDLING PLANT 2 KE PLANT 1

No	Produk	Berat (Kg)	Kapasitas Alat Angkut (100 kg)	Frekuensi (PP)/hari
1	Suspension Kupu-kupu	49,73	$\frac{146.34\ kg}{100\ kg} = 1.46$	4
2	Cakar Sus Icon	18,82		
3	C	6,70		
4	Pancing Bulat	14,54		
5	Penjepit Suspension	8,71		
6	Karet Tipe 1	3,84		
7	Karet Tipe 2	3,01		
8	Plastik	19,71		
9	Seling	21,71		
Total		146,83		

ISBN 978-623-92050-0-3

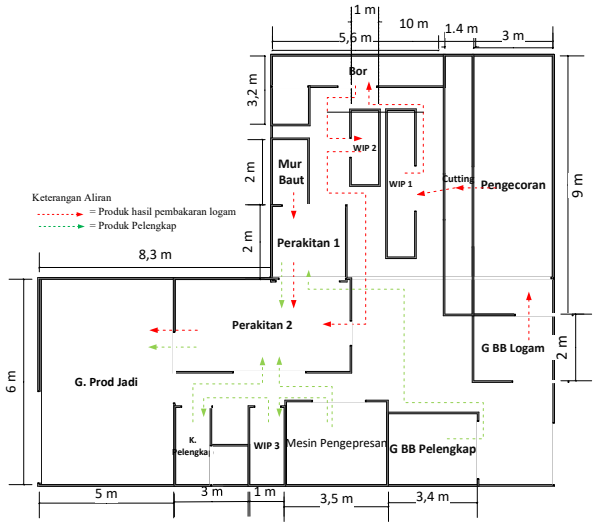
Total frekuensi pengangkutan sebanyak 6 kali sehari

1. Biaya Bahan Bakar
   Jarak tempuh sekali jalan 4000 km, Jarak tempuh dalam satu hari 24 km, Kebutuhan bahan bakar per sekali jalan (4 km) = 0.25 liter, sehingga 1 hari membutuhkan 1,5 liter = Rp. 7.650 x 1,5 = Rp. 11.475/hari
2. Biaya tenaga kerja sehari untuk pengankutan diberikan tambahan dari gaji pokok, sebesar Rp. 20.000/hari
3. Total Biaya Operasi *Material Handling* per hari
   $= Biaya\ B.bkr + biaya\ depresiasi + biaya\ TK$
   $= Rp\ 11.475 + Rp.6.943 + Rp.20.000 = Rp.38.418/hari$
4. Total Biaya Operasi *Material Handling* per minggu
   $= OMH\ per\ hari\ x\ 6 = Rp.38.418\ x\ 6$
   $= Rp.230.508/minggu$
5. Total Biaya Operasi *Material Handling* per tahun
   $= OMH\ per\ minggui\ x\ 48$
   $= Rp.230.508\ x\ 48$
   $= Rp.11.064.384/tahun$

TABEL III OMH PER TAHUN

Material Handling	OMH/Hari (Rp)	OMH/Tahun (Rp)
Plant 1 ke *Plant* 2 dan dari *plant 2* ke *Plant* 1	38.418	11.064.384
Total OMH/Tahun		Rp. 11.064.384

C. *Layout Awal*



Pada Trial 2 didapatkan momen backward sebesar 127,3 dan momen forward sebesar 1087,57.Pada *layou*t usulan terjadi penurunan momen *backward* menjadi 127,3. Masih adanya momen *backward* ini terjadi karena pemisahan dari mateial WIP 1 (belum di bor) dan WIP 2 (sudah di bor) yang sebelumnya dijadikan satu, pemisahan ini dilakukan agar memudahkan proses berikutnya. Selain hal tersebut kelebihan pada *layout* usulan adalah lebih tersusunnya tata letak fasilitas produksi dengan memperhatikan aliran material atau aliran proses produksi yang terjadi, sehingga akan lebih meminimkan *material handling* dan agar aktivitas produksi dapat berjalan secara efisien dan efektif.

D. *Perhitungan HPP*

TABEL IV HPP AWAL DAN HPP RELAYOUT

Produk	Hpp Awal	Hpp Relayout
Strengklem	7013.21	6813.21
Suspension Kupu-kupu	8624.55	8551.55
Cakar Sus Icon	3542.2	3449.05
Lidah Besar	6285.24	6235.24
Lidah Sedang	3846.42	3796.42
Briket	2622.86	2622.86
Cakar Suspension	3915.18	3865.18
C	859.54	786.54
Pancing Bulat	2555.8	2532.8
Pancing Suspension	3185.4	3185.4
Tahu-tahuan	572.46	549.46
Penjepit Suspension	1218.5	1145.5

Pada perhitungan HPP relayout terjadi penurunan HPP dari kondisi awal, hal ini terjadi karena ada pengurangan jumlah tenaga kerja dan pemerataan jam kerja bagi karyawan yang ada pada UD. Logam Abadi.

ISBN 978-623-92050-0-3

Gambar 2 Layout Usulan

TABEL V ANALISIS FINANSIAL

No	Perbandingan	*Layout Lama*	*Layout Baru (Kapasitas Tetap)*	*Layout Baru (kapasitas Ditingkatkan)*
1	*Plant*	*2 Plant*	1 *Plant*	1 *Plant*
2	Kapasitas Produksi/hari	348 kg	384 kg	705 kg
3	Tenaga Kerja	11 Orang	11 Orang	16 Orang
4	Biaya Tenaga Kerja	Rp. 364.800.000/th	Rp. 364.800.000/th	Rp.559.680.000/th
5	Biaya Material *Handling*	Rp. 11.064.384/th	-	-
6	Biaya Listrik	Rp. 8.400.000/th	Rp. 8.400.000/th	Rp. 12.000.000/th
7	Biaya Konsumsi	Rp. 20.592.000/th	Rp. 20.592.000/th	Rp.33.696.000/th
8	Biaya Bahan Baku	Rp.2.505.100.000/th	Rp.2.505.100.000/th	Rp. 890.906.000/th
9	Sewa Gedung	Rp. 20.000.000/th	-	-
10	Bahan Bakar	Rp. 28.800.00/th	Rp. 28.800.00/th	Rp. 57.600.000/th
11	Biaya Perawatan Mesin	Rp. 435.000/th	Rp. 435.000/th	Rp.645.000/th
12	Bahan Baku tambahan	Rp. 201.427.200/th	Rp. 201.427.200/th	Rp. 403.387.200/th
13	Biaya (Paku Keling dan Mur,bau,ring)	Rp. 898.560.000/th	Rp. 898.560.000/th	Rp. 1.812.506.000/th
14	Depresiasi (Peralatan Baru)	-	Rp. 20.000.000/th	Rp. 42.415.500/th
14	Pendapatan/th	Rp. 10.584.000.000/th	Rp. 10.584.000.000/th	Rp. 21.024.000.000/th
11	Pengeluaran	Rp. 4.059.178.584/th	Rp. 4.048.114.200/th	Rp. 8.003.412.500/th
15	Pajak Penghasilan (0.5%)	Rp. 32.624.107/th	Rp. 32.679.429/th	Rp. 65.102.937/th
16	Pendapatan Bersih	Rp. 6.492.197.309/th	Rp. 6.503.206.371/th	Rp. 12.955.484.563/th

IV. KESIMPULAN

Hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan didapatkan fasilitas produksi saat ini di bentuk perluasan dengan kapasitas tetap sebesar 348 kg per hari membutuhkan area seluas 146m^2 dari kondisi awal terdapat 2 *Plant,* yaitu *Plant* 1 seluas 110 m^2 dan *Plant* 2 seluas 39 m^2 dari layout awal pendapatan yang diperoleh sebesar Rp. 6.492.197.309 per tahun, sedangkan pendapatan yang dihasilkan dari *Relayout* sebesar Rp. 6.503.206.371/ per tahun yang dapat menghemat tenaga kerja, biaya *material handling* dan biaya sewa gedung sebesar Rp. 11.009.062 per tahun. Rencana dari meningkatkan kapasitas produksi dari 348 kg per hari menjadi 705 kg per hari dibuatkan *Relayout* dan dibutuhkan area seluas 180 m^2 yang akan memberikan pendapatan bersih sebesar Rp. 12.906.404.695/th, Dan untuk perhitungan HPP yang telah dilakukan pada *Layout* Awal dan juga perhitungan HPP pada *Relayout* didapatkan penurunan HPP yaitu untuk produk strengklem Rp. 6.813,21, Suspension kupu-kupu Rp. 8.551,55, Cakar Sus Icon Rp. 3.449,05, Lidah Besar Rp. 6.235,24, Lidah Sedang Rp. 3.796,42, Briket Rp. 2.622,86, Cakar Suspension Rp. 3.865,18, Produk C, Rp. 786,54, Produk Pancing Bulat Rp. 2.532,8, Pancing Suspension Rp. 3.185,4, Tahu-tahuan Rp. 549,46, Penjepit Suspension Rp. 1.145,5

REFERENCE

[1] Apple, J. M. (1990). Tata letak Pabrik dan Pemindahan Bahan. In J. M. Apple, Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan. Bandung: Penerbit ITB.

[2] Qoriyana, F., Herni, F., & Susanty, S. (2014). Rancangan Tata Letak Fasilitas Bagian Produksi pada CV Visa Insani Madani. Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, 1-13.

[3] Danang Triagus setiyawan, D. H. (2017). Usulan Perbaikan Tata Letak Fasilitas Produksi Kedelai Goreng dengan Metode BLOCPLAN dan CORELAP (Studi Kasus pada UKM MMM di Gading Kulon, Malang). Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri, 51-60.

[4] Siska, M. (2012). Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Pabrik Tahu dan Penerapan metode 5S. Jurnal ilmiah Teknik Industri, 144-153.

[5] Safitri, N. D. (2017). Analisa Perancangan Tataletak Fasilitas Produksi Menggunakan Metode Activity Relationship Chart (ARC). Jurnal Manajemen, 38-47.

[6] Wignjosoebroto, S. (2009). Tata Letak Pabrik Dan Pemindahan Bahan. In S. Wignjosoebroto, Tata Letak Pabrik Dan Pemindahan Bahan (p. 67). Surabaya: Guna Widya.

[7] Pujawan, I. N. (1995). Ekonomi Teknik. Jakarta: Guna Widya Jakarta

[8] Murnawan, H., & Windiasih, W. (2017). Buku Ajar Perancangan Bisnis Aplikasi dan Implementasi di Dunia Industri. Sidoarjo: Zifatama.

ISBN 978-623-92050-0-3

Identifikasi Hubungan Keterkaitan Faktor-Faktor Pendukung Penerapan *Lean Manufacturing* di *Indonesian Aerospace (IAe)*

1st Wiwin Widiasih
Program Studi Teknik Industri
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Surabaya, Indonesia
wiwin_w@untag-sby.ac.id

2nd Niza Nurmalasari
Program Studi Magister Manajemen
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Surabaya, Indonesia
niza.nurmala@gmail.com

3rd Lucky Handayani
PT. Dirgantara Indonesia
Bandung, Indonesia
lucky@indonesian-aerospace.com

***Abstract*—Dalam implementasi konsep *lean manufacturing* di perusahaan manufaktur perlu beberapa asumsi agar proyek dapat berjalan lancer dengan baik dikarenakan perusahaan pertama kali yang menerapkan konsep tersebut adalah *Toyota Manufacturing* yang notabene perusahaan otomotif. Pada penelitian ini akan mengambil studi kasus terkait penerapan konsep *lean manufacturing* di *Indonesian Aerospace (IAe)*. Faktor-faktor pendukung penerapan konsep *lean manufacturing* di *Indonesian Aerospace (IAe)* telah diidentifikasi. Selanjutnya akan dilakukan identifikasi hubungan keterkaitan antar faktor-faktor pendukung penerapan konsep *lean manufacturing* tersebut dengan metode DEMATEL. Faktor pendukung kebehasilan implementasi konsep *lean manufacturing* di *Indonesian Aerospace (IAe)* yang memiliki pengaruh besar adalah F1 yaitu komitmen, partisipasi, dan dukungan manajemen senior.**

Keywords*—faktor pendukung, *lean manufacturing, DEMATEL, Indonesian Aerospace (IAe).

I. PENDAHULUAN

Setelah era krisis ekonomi di Tahun 1998, pertumbuhan sektor industri manufaktur hampir selalu lebih rendah daripada pertumbuhan Produk Domestik Bruto (PDB) [1]. Permasalahan mendasar adanya fenomena pertumbuhan ekonomi yang relatif tinggi dan tidak berkelanjutan bahkan cenderung melemah menyebabkan meredupnya industrialisasi di Indonesia. Dengan kata lain, di satu sisi industri manufaktur harus mampu meningkatkan performansi dan produktivitas untuk meningkatkan pendapatan dan keuntungan.

Indonesian Aerospace (IAe) merupakan perusahaan manufaktur di Indonesia yang memiliki visi untuk menjadi pemimpin pasar pesawat terbang kelas menengah dan ringan serta menjadi acuan dari perusahaan dirgantara di wilayah Asia Pasifik dengan mengoptimalkan kompetensi industri dan komersial terbaik. Untuk mencapai visi tersebut, beberapa upaya yang dilakukan telah terumuskan dalam misi antara lain sebagai pusat kompetensi dalam industri kedirgantaraan dan misi militer serta untuk aplikasi *non-aerospace* yang relevan, sebagai pemain kunci di industri global yang memiliki aliansi strategis dengan industri kedirgantaraan kelas dunia lainnya, serta memberikan produk dan jasa yang kompetitif dalam hal kualitas dan biaya [2].

Untuk mencapai visi misi yang dirumuskan tersebut, maka perusahaan ini meningkatkan proses produksinya. Dari waktu ke waktu produksi pesawat terbang telah mengalami peningkatan secara jumlah dan memiliki prestasi. Proses produksi yang dilakukan telah menerapkan konsep *lean manufacturing* sejak Tahun 2013. Menurut Sundar, Balaji and Satheeshkumar dalam [3], konsep *lean manufacturing* dikembangkan untuk melakukan utilisasi sumber daya yang maksimal dengan meminimasi *waste*.

Menurut Crute et al. dalam [4], Toyota manufacturing adalah industri otomotif yang menerapkan konsep *lean manufacturing* pertama kali. Konsep *lean manufacturing* juga dapat dilakukan dan diterapkan dalam industri lainnya termasuk *aerospace*. Dalam melakukan implementasi konsep *lean manufacturing* di sebuah industri tidak mudah, maka perlu beberapa asumsi dalam pelaksanaannya.

Faktor-faktor pendukung berhasilnya penerapan konsep *lean manufacturing* di *Indonesian Aerospace (IAe)* telah diidentifikasi pada penelitian sebelumnya [3]. Selanjutnya faktor-faktor tersebut akan diidentifikasi apakah memiliki hubungan keterkaitan antar faktor-faktor pendukung implementasi konsep *lean manufacturing*. Metode yang digunakan untuk melihat hubungan keterkaitan antara faktor-faktor tersebut adalah DEMATEL. DEMATEL telah terbukti dapat menentukan keterkaitan antar kriteria, dapat menangkap pola keterkaitan antar kriteria, serta mampu menganalisis kriteria yang dominan [5][6][7].

ISBN 978-623-92050-0-3

II. MATERI DAN METODE

A. Faktor Pendukung Konsep Lean manufacturing

B. Faktor Pendukung Konsep Lean manufacturing

Menurut Womack dalam [8], konsep *lean manufacturing* mengacu pada prinsip untuk melakukan eliminasi segala bentuk *waste*. Terdapat lima prinsip umum dalam implementasi konsep *lean manufacturing* yaitu definisi *value* (nilai) dari perspektif *customer*, *value stream mapping* proses untuk meraih definisi *value* awal, membuat alur *value chain* (rantai nilai), *establish system pull*, dan mengejar kesempurnaan. Dalam [9] menyatakan klasifikasinya ke dalam dua jenis yaitu Sumber Daya Manusia dan Organisasi.

Penelitian sebelumnya [3], telah melakukan identifikasi terhadap faktor pedukung dengan hasil Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 IDENTIFIKASI FAKTOR PENDUKUNG IMPLEMENTASI KONSEP *LEAN MANUFACTURING* DI *INDONESIAN AEROSPACE (IAE)*

Klasifikasi	Kode	Faktor Pendukung
Sumber Daya Manusia	F1	Komitmen, partisipasi, dan dukungan manajemen senior
	F2	Budaya organisasi mendukung perubahan
	F3	Rencana komunikasi yang efektif
	F4	Alokasi sumber daya yang memadai dan jelas (keuangan, manusia, dan sistem)
Organisasi	F5	Visi yang jelas dan rencana jangka panjang untuk penerapan SQCDP yang menghubungkan dengna strategi bisnis
	F6	Pemilihan dan prioritas penerapan SQCDP
	F7	Melacak dan meninjau kinerja SQCDP
	F8	Penerapan SQCDP tertanam dan terintegrasi dengan budaya perbaikan berkelanjutan
	F9	Kesadaran,Pelatihan, dan Pendidikan SQCDP
	F10	Menghubungkan penerapan SQCDP dengan penghargaan dan pengakuan Human Resources

Sumber: [3]

C. Metode DEMATEL

Menurut Tzeng et al dalam [10], DEMATEL merupakan suatu metode MCDM yang dapat digunakan untuk menentukan keterkaitan antar kriteria. Selain dapat menangkap pola keterkaitan antar kriteria, DEMATEL juga dapat menangkap dan menganalisis kriteria yang dominan pada suatu sistem. Dengan mengetahui keterkaitan antar faktor, proses pengambilan keputusan dalam investasi diharapkan dapat lebih efektif dan efisien. Pada penelitian ini, penggunaan metode DEMATEL adalah untuk menginvestigasi hubungan keterkaitan antar faktor-faktor pendukung keberhasilan imlementasi konsep *lean manufacturing* di *Indonesian Aerospace (IAe)*.

Pada awalnya, DEMATEL digunakan untuk mencari solusi terintegrasi atas fenomena masyarakat dunia yang terfragmentasi. DEMATEL sangat popular di Jepang karena merupakan metode yang komprehensif untuk membangun dan menganalisis model struktural yang melibatkan hubungan sebab akibat antara faktor-faktor kompleks. DEMATEL juga digambarkan dengan digraph yang mana lebih bermanfaat dibandingkan dengan grafik biasa tanpa arah. Dengan digraph juga dapat menunjukkan hubungan sub-sistem yang diarahkan. Selain itu, digraph menggambarkan konsep dasar hubungan kontekstual di antara elemen-elemen sistem, dimana angka-angka yang tersedia/terhitung mewakili kekuatan pengaruh [5].

Adapun langkah-langkah dalam menerapkan metode DEMATEL antara lain:

1. Menentukan intensitas hubungan relasi antar faktor (skala evaluasi). Setiap responden diminta untuk mengevaluasi pengaruh secara langsung antara dua faktor dengan dua faktor dengan integer skor mulai dari 0, 1, 2, 3 dan 4, yang mewakili '*no influence','low infuence','medium influence','high influence','* dan *very high influence.* Notasi x_{ij} menunjukkan sejauh mana responden percaya bahwa faktor *i* mempengaruhi faktor *j*.
2. Melakukan perhitungan *direct impact matrix*. Sebelumnya perlu dilakukan perhitungan jumlah masing-masing kolom dan baris dari matriks A yang kemudian mencari nilai maksimum untuk masuk dalam perhitungan rumus:

$$Z = k\,X \tag{1}$$

$$k = \min\left[\frac{1}{\max i \sum_{j=1}^{n}|X_{ij}|}, \frac{1}{\max j \sum_{i=1}^{n}|X_{ij}|}\right], j = 1,2,\dots.,n \tag{2}$$

3. Perhitungan *Total Impact Matrix* (T). Matriks total-pengaruh T diperoleh dengan menggunakan persamaan (3), di mana, I adalah matriks identitas *n* x *n*. Elemen t_{ij} mewakili efek tidak langsung yang dimiliki faktor *i* pada faktor *j* dan kemudian matriks T mencerminkan hubungan total antara setiap pasang sistem faktor.

ISBN 978-623-92050-0-3

$$T = Z(I - X)^{-1}, I = \text{matrik identitas} \quad (3)$$

Yang mana,

$$Di = \left[\sum_{j=1}^{n} T_{ij}\right](1 = 1,2, \dots, n)$$

$$Rj = \left[\sum_{i=1}^{n} Tij\right](j = 1,2, \dots, n)$$

Kemudian dilanjutkan dengan menjumlah seluruh elemen matriks T untuk masing-masing kolom (D) dan baris (R). Setelah mengurutkan masing-masing jumlah D dan R pada tabel yang baru kemudian dilakukan perhitungan (D+R) dan (D-R) untuk tiap elemen kriteria yang ada. Hasil (D+R) dan (D-R) akan dijadikan sebagai acuan titik koordinat untuk membuat *structural correlations impact diagram*. Nilai (D+R) akan berfungsi sebagai titik koordinat pada sumbu *horizontal*, sedangkan nilai (D-R) berfungsi sebagai titik koordinat pada sumber *vertical*.

4. Mengatur *threshold value* untuk mendapatkan *digraph. Threshold value* (α) dihitung oleh rata-rata elemen pada matriks T, sebagaimana dihitung pada persamaan berikut:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=t}^{n}[t_{ij}]}{N} \quad (4)$$

Perhitungan ini bertujuan untuk menghilangkan beberapa elemen efek kecil dalam matriks T [11]. *N* adalah jumlah total elemen dalam matriks T. Karena matriks T memberikan informasi tentang bagaimana satu faktor mempengaruhi faktor lain, maka perlu bagi pembuat keputusan untuk menetapkan nilai *threshold value* untuk menyaring beberapa efek yang dapat diabaikan. Dengan demikian, hanya efek yang lebih besar dari *threshold value*, yang akan dipilih dan ditunjukkan dalam *digraph*. Dalam penelitian ini, *threshold value* diatur dengan menghitung rata-rata elemen dalam matriks T. *Digraph* dapat diperoleh dengan memetakan set data (D+R, D-R).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor-faktor pendukung akan keberhasilan implementasi konsep *lean manufacturing* telah diidentifikasi. Kemudian dilanjutkan dengan identifikasi hubungan keterkaitan antar faktor-faktor pendukung dengan metode DEMATEL. Faktor-faktor pendukung keberhasilan implementasi konsep *lean manufacturing* dilakukan dengan membuat kuisioner DEMATEL dan diberikan kepada expert terkait penerapan *lean manufacturing* di *Indonesian Aerospace (IAe)* dan dievaluasi. Kemudian matriks D dan T telah dihitung. Dilanjutkan *threshold value* dan diagram sebab dan akibat dibangun. Faktor pendukung ditentukan oleh nilai (D+R).

TABEL II. MATRIKS SIGNIFIKANSI

	F1	*F2*	*F3*	*F4*	*F5*	*F6*	*F7*	*F8*	*F9*	*F10*
F1	0.368	0.112	0.107	0.016	0.007			0.025		
F2		0.311	0.085			0.031	0.021			
F3		0.033	0.282	0.004		-0.059				
F4		-0.004		0.267	0.034		0.004			
F5					0.335	0.050	0.000			0.108
F6					0.039	0.244				0.089
F7			0.002			0.038	0.248	-0.001		0.032
F8								0.181		0.114
F9									0.265	
F10									0.005	0.385

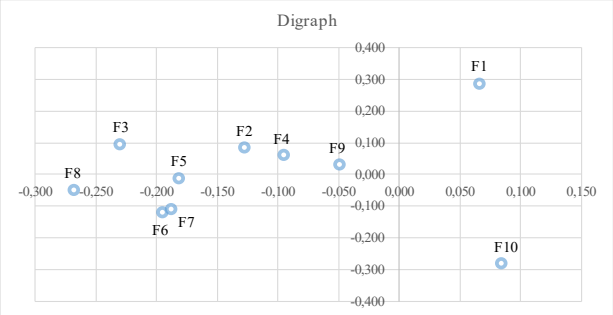
Pada kasus ini didapatkan *threshold value* -0.006. Nilai yang lebih rendah dari *threshold value* pada matriks T diperlakukan seperti tidak terdapat hubungan sehingga data dapat dihapus. Matriks yang berisi nilai hubungan langsung yang telah dieliminasi disebut matriks signifikansi. Tabel II adalah hasil rekap *direct indirect* pada masing-masing faktor. Berdasarkan Tabel II, (F10) faktor menghubungkan penerapan SQCDP dengan penghargaan dan pengakuan *Human Resources* dengan nilai terbesar (0.084), sedangkan (F8) faktor penerapan SQCDP tertanam dan terintegrasi dengan budaya perbaikan berkelanjutan adalah faktor yang memiliki angka terkecil dengan nilai (-0.268).

TABEL III. *DIRECT INDIRECT EFFECT* PADA MASING - MASING FAKTOR

	D	***R***	***D+R***	***D-R***
F1	0.177	-0.111	0.066	0.288
F2	-0.021	-0.107	-0.128	0.086
F3	-0.068	-0.163	-0.231	0.095
F4	-0.015	-0.080	-0.095	0.064
F5	-0.157	-0.038	-0.195	-0.119
F6	-0.148	-0.040	-0.188	-0.109
F7	-0.097	-0.085	-0.182	-0.012
F8	-0.158	-0.110	-0.268	-0.048
F9	-0.008	-0.041	-0.049	0.033
F10	-0.098	0.182	0.084	-0.280

Mengenai nilai (D+R) prioritas dari pentingnya sepuluh faktor adalah F10 > F1 > F9 > F4 > F2 > F7 > F6 > F5 > F3 > F8. Hasil empiris ini menunjukkan bahwa para ahli lebih menaruh perhatian pada menghubungkan penerapan SQCDP dengan penghargaan dan pengakuan *Human Resources* (F10), komitmen, partisipasi, dan dukungan manajemen senior (F1).

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar I. *Digraph*

Pada Gambar 1 hasil *digraph* DEMATEL menunjukkan persebaran keseluruhan dari faktor-faktor pendukung implementasi konsep *lean manufacturing* di *Indonesian Aerospace* (IAe) berdasarkan nilai kepentingan hubungan. Pada hasil perhitungan jumlah setiap baris dan kolom (D+R) didapatkan dua faktor yang memiliki nilai positif yaitu F1 dan F10. Dua faktor yang bernilai positif tersebut dapat dikatakan memiliki kepentingan. Pada matriks kausal tersebut yang memiliki hubungan paling besar dan menjadi prioritas adalah F1 dengan tingkat pengaruh yang sangat besar karena diimbangi dengan tingkat hubungan yang kuat dan bernilai positif. F1 dapat dikatakan sebagai faktor *dispatcher* dan merupakan faktor dengan tingkat pengaruh interaksi tinggi dan pendorong bagi terjadinya faktor yang lain. Sedangkan F10 merupakan *receiver* karena memiliki tingkat pengaruh negatif namun tingkat hubungan masih tergolong kuat (positif). Faktor yang lain yaitu F2, F3, F4, dan F9 memiliki hubungan kurang kuat dibanding F1 dan F10 namun masih dapat dipengaruhi dan berpengaruh. Sedangkan F5, F6, F7, dan F8 memiliki hubungan dan tingkat pengaruh yang lemah dibanding faktor yang lain.

IV. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini telah dilakukan identifikasi hubungan keterkaitan antar faktor pendukung keberhasilan implementasi konsep *lean manufacturing* di *Indonesian Aerospace (IAe)* dengan metode dan prosedur DEMATEL. Faktor pendukung kebehasilan implementasi konsep *lean manufacturing* di *Indonesian Aerospace (IAe)* yang memiliki pengaruh besar adalah F1 yaitu komitmen, partisipasi, dan dukungan manajemen senior. Penelitian selanjutnya terdapat peluang yaitu setelah diketahui hubungan keterkaitan antar faktor pendukung, dapat dilakukan komparasi hasil analisis bobot kepentingan antar faktor-faktor tersebut dengan menggunakan integrasi metode DEMATEL dan ANP.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu terutama PT. Dirgantara Indonesia sebagai objek penelitian. Berbagai pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan atas kelancaran dan selesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Basri F. Memacu Industrialisasi untuk Menopang Pertumbuhan Berkualitas [Internet]. 2015 [cited 2019 Aug 7]. Available from: https://faisalbasri.com/2015/08/30/memacu-industrialisasi-untuk-menopang-pertumbuhan-berkualitas/

[2]. Indonesia D, PT. Visi Misi PT. Dirgantara Indonesia [Internet]. Available from: https://www.indonesian-aerospace.com/tentang/visi

[3]. Widiasih W, Nurmalasari N. Penentuan Tingkat Kepentingan Faktor Pendukung pada Penerapan Konsep Lean Manufacuring. 2019;14(1):71–8.

[4]. Widiasih W, Karningsih PD, Ciptomulyono U. Identifikasi RIsiko pada Saat Implementasi Lean Manufacturing dengan Metodo Delphi. 2015;(2003):1–8.

[5]. Wu W. Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL approach. 2008;35:828–35.

[6]. Shieh J, Wu H, Huang K. Knowledge-Based Systems A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality. Knowledge-Based Syst [Internet]. 2010;23(3):277–82. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.knosys.2010.01.013

[7]. Hsu C, Kuo T, Chen S, Hu AH. Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management. J Clean Prod [Internet]. 2013;56:164–72. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.09.012

[8]. Mostafa S, Dumrak J, Soltan H. A framework for lean manufacturing implementation. Prod Manuf Res [Internet]. 2013;1(1):44–64. Available from: http://dx.doi.org/10.1080/21693277.2013.862159

[9]. Čiarnienė R, Vienažindienė M. Lean Manufacturing Implementation: The Main Chalenges and Barriers. 2013;35(1):43–9.

[10]. Yoserizal Y, Singgih ML. Integrasi Metode DEMATEL dan ANP dalam EvaluasiKinerj Supplier di PT. XYZ. 2012;1–8.

[11]. Yang, Y.P.O., Shieh, H.M., Leu, J.D. and Tzeng GH. A novel hybrid MCDM model combined with DEMATEL and ANP with applications. Int J Oper Res. 2008;5(3):160–8.

ISBN 978-623-92050-0-3

Peningkatan Kualitas Alat Bantu Pemotong Tempe pada UKM Keripik Tempe Menggunakan HOQ

1st Yayan Adi Prastyo
Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
yayan.srk@gmail.com

2nd Sulchi Tauzinal Maghlidah
Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
sulchi.srk@gmail.com

3rd Adam Khano
Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
adamkh.srk@gmail.com

4th Debrina Puspita Andriani
Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya
Malang, Indonesia
debrina@ub.ac.id

Abstrak*—Kota Malang merupakan salah satu kota penghasil produk makanan keripik tempe serta menjadi makanan dan oleh-oleh khas Kota Malang. Keripik tempe pada Kota Malang diproduksi oleh UKM (Usaha Kecil dan Menengah). Dalam mengembangkan bisnisnya, UKM Keripik Tempe harus melakukan inovasi yang dapat meningkatkan produktivitas usahanya. Untuk melakukan inovasi tersebut dapat dilakukan dengan melakukan perbaikan pada proses produksi keripik tempe. Perbaikan dan pengembangan proses produksi pengolahan keripik tempe dapat dilakukan dengan melakukan pengembangan pada alat bantu yang digunakan dalam proses pengolahan tempe. Salah satu yang dapat dikembangkan adalah alat pemotong tempe. Pengembangan alat pemotong tempe mempertimbangkan beberapa faktor termasuk faktor ergonomi dan kemudahan pengoperasiannya serta permintaan konsumen. Perbaikan dan pengembangan alat pemotong tempe dilakukan dengan beberapa tahap di antaranya adalah segmentasi pasar, spesifikasi produk yang menggunakan House Of Quality (HOQ) serta pengembangan konsep.

Kata Kunci*—alat pemotong tempe, HOQ, pemilihan konsep, segmentasi pasar, spesifikasi produk.

I. PENDAHULUAN

Salah satu penopang perekonomian bangsa Indonesia ialah Usaha Kecil dan Menengah (UKM). Industri pertanian, peternakan, kehutanan, dan perikanan merupakan industri dengan komposisi UKM terbesar dibandingkan dengan skala industri lainnya [1]. UKM merupakan usaha milik perorangan atau badan usaha perorangan yang sangat penting dalam struktur perekonomian negara [2]. UKM memiliki peran dalam menunjang aktivitas ekonomi warga negara, penyerapan tenaga kerja serta pendistribusian produk yang dihasilkan oleh UKM. Selain itu, dibandingkan dengan usaha dengan skala besar, UKM tidak terlalu berpengaruh terhadap krisis ekonomi sehingga perhatian dalam usaha menjaga tumbuh dan berkembangnya UKM dapat membantu menjaga stabilitas pertumbuhan ekonomi. Dikarenakan UKM merupakan usaha dengan skala kecil, banyak permasalahan yang masih menjadi penghambat masuknya produk UKM di gerai ritel modern, di antaranya masalah standar, *continuity supply*, *packaging*, dan desain [3]. Oleh karena itu, UKM memerlukan perhatian pemerintah yang diharapkan dapat berkembang dan bersaing serta memberikan dampak positif yang dapat menyerap tenaga kerja. Tabel I menunjukkan data UKM yang ada di Kota Malang. Pada tabel tersebut juga menunjukkan UKM penghasil keripik tempe memiliki jumlah unit usaha yang tertinggi yaitu 473 dan dapat menyerap banyak tenaga kerja.

TABEL I. DATA UKM YANG ADA DI KOTA MALANG

No	Nama Komoditi	Kecamatan	Jumlah Unit Usaha	Tenaga Kerja (Orang)		
				Laki-Laki	Perem-puan	Jum lah
1	Tempe Kedelai dan Keripik Tempe	Blimbing	473	832	467	1299
2	Marning Jagung	Blimbing	26	56	18	74
3	Lolipop	Kedungkandang	21	28	114	142
4	Alas Kaki	Sukun	11	23	1	24
5	Raket	Sukun	41	180	25	205
6	Mebel	Blimbing	27	246	23	269
7	Mebel	Blimbing	52	233	4	237
8	Rotan	Blimbing	22	68	9	77
9	Kue Basah	Klojen	103	163	372	535
10	Kue Basah	Blimbing	152	203	384	587
11	Pelat Nomor Stempel	Blimbing	14	24	1	25
12	Stempel Papan Nama	Klojen	20	31	1	32
13	Keramik	Lowokwaru	31	77	33	110
14	Gerabah	Klojen	14	20	8	28
15	Sanitair	Sukun	12	49	1	50

Sumber: A. S. Supriono (2018)

ISBN 978-623-92050-0-3

Produk keripik tempe yang diproduksi salah satu UKM di Kota Malang juga menjadi oleh-oleh khas Kota Malang. Untuk mengembangkan usaha bisnisnya, UKM Keripik Tempe harus melakukan inovasi yang dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi usahanya. Banyak hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi suatu proses produksi, salah satunya dilihat dari penggunaan sarana dan prasarana dalam proses produksi [4].

Terdapat beberapa cara yang digunakan untuk melakukan perbaikan dan pengembangan proses produksi keripik tempe. salah satunya adalah dengan memperbaiki dan mengembangkan alat bantu yang digunakan pada proses produksi keripik tempe. pengembangan tersebut diperlukan karena beberapa faktor termasuk alat bantu yang tidak efisien dan digunakan sehingga produktivitas kurang optimal. Untuk mengembangkan alat bantu tersebut diperlukan suara konsumen dalam hal ini adalah pengguna dari alat bantu tersebut. Pengembangan yang dilakukan mempertimbangkan beberapa aspek salah satunya adalah aspek ergonomi sehingga aman dan nyaman saat digunakan ataupun dengan menambahkan fungsi tertentu untuk membantu mengoptimalkan proses produksi termasuk di dalamnya adalah proses pemotongan tempe yang akan diolah menjadi keripik dengan menggunakan alat pemotong tempe. tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan perancangan dan pengembangan alat bantu pemotong tempe yang dapat mengoptimalkan proses pemotongan tempe menjadi keripik. Banyak metode pendekatan untuk kegiatan *redesign*, misalnya seperti *value engineering*, metode Taguchi, *concurrent engineering*, model kano, *quality function deployment* (QFD), dan lainnya [5]. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan perancangan dan pengembangan alat bantu pemotong tempe yang sesuai dengan kebutuhan pengguna alat bantu pemotong tempe pada UKM keripik tempe di kota Malang. Pada penelitian ini akan menggunakan pengembangan alat bantu pemotong tempe dengan menggunakan metode QFD. Perancangan dan pengembangan tersebut dilakukan dengan beberapa tahap di antaranya adalah dengan menentukan segmentasi dari alat pemotong tempe, menentukan spesifikasi alat pemotong tempe berdasarkan suara konsumen dengan menggunakan *Quality Fuction Deployment* (QFD) serta melakukan pengembangan konsep alat pemotong tempe.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian merupakan tahap yang harus ditetapkan terlebih dahulu untuk menentukan metode atau teknik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian. Penelitian ini dilakukan di salah satu UKM keripik tempe di Kota Malang. Dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu segmentasi pasar, spesifikasi produk serta pengembangan konsep.

A. Segmentasi Pasar

Segmentasi pasar adalah proses pengelompokan pasar ke dalam segmen yang berbeda-beda [6]. Tujuannya untuk membagi pasar yang berbeda-beda (heterogen) menjadi kelompok-kelompok pasar yang homogen, di mana setiap kelompoknya bisa ditargetkan untuk memasarkan suatu produk sesuai dengan kebutuhan, keinginan, dan karakteristik pembelinya.

B. Studi Pasar dan Pelanggan

Pada studi pasar dan pelanggan dibutuhkan hal-hal untuk pengembangan produk salah satunya dengan mengidentifikasi kebutuhan pelanggan. Untuk mengidentifikasi kebutuhan pelanggan dapat menggunakan metode *interview*. Wawancara adalah proses pembekalan verbal, di mana dua orang atau lebih untuk menangani secara fisik, orang dapat melihat muka yang orang lain mendengarkan suara telinganya sendiri, ternyata informasi langsung alat pengumpulan pada beberapa jenis data sosial, baik tersembunyi (laten) atau *manifest* [7].

C. Pembuatan QFD

Tujuan dari prinsip QFD adalah untuk memastikan bahwa kebutuhan dan keinginan pelanggan dapat terpenuhi dalam proses penurunan suatu produk. Karena itulah dikatakan mengapa QFD bermula dari suara pelanggan (VOC = *Voice of Customer*) dan sering dalam bahasa Inggris QFD disebut sebagai *customer-driven product development* atau *customer-fucosed design*. Sasaran pertama dari QFD adalah selalu menghindari *marketing misses* produk jatuh dipasarkan akibat kalah bersaing. Sasaran kedua QFD adalah untuk meningkatkan laju dan efisiensi dan proses pengembangan produk [8].

Pada tahap penetapan spesifikasi produk dibuat *House of Quality* (HOQ) untuk mengonversikan *Voice of Customer* menjadi spesifikasi teknis, sehingga dapat menjelaskan detail yang terukur dan tepat tentang apa yang seharusnya dilakukan untuk mendesain suatu produk [9].

House of Quality (HOQ) adalah suatu kerangka kerja atas pendekatan dalam mendesain manajemen yang dikenal sebagai *House of Quality* (HOQ) [10]. *House of Quality* (HOQ) adalah sebuah *tools* yang berbentuk rumah yang menghubungkan keinginan dari pelanggan (*what*) dan bagaimana suatu produk akan didesain dan diproduksi agar memenuhi keinginan pelanggan [11]. Pembuatan HOQ terdiri dari 8 *room* utama yaitu:

- *Room* 1: *room* 1 berisi pernyataan pelanggan (*Voice of Customer*) yang didapat dari hasil wawancara responden untuk perancangan produk alat pemotong tempe.

ISBN 978-623-92050-0-3

- *Room* 2: *room* 2 berisi *Voice of Team Design* atau respons teknis yaitu jawaban dari tim desain terkait pernyataan kebutuhan pelanggan.
- Room 3: berisi hubungan antara *Voice of Customer* dan *Voice of Team Design*, hubungan yang kuat ditunjukkan dengan angka 9, hubungan sedang dengan angka 3, dan hubungan lemah dengan angka 1.
- *Room* 4: *room* 4 adalah *Benchmarking*, yaitu membandingkan produk yang akan dirancang oleh tim desain dengan produk kompetitor.
- *Room* 5: *Technical Benchmarking* berisi perbandingan kemampuan teknis produk yang akan dirancang dengan ketiga produk kompetitor.
- *Room* 6: *Correlations* berisi korelasi antar metrik pada *Voice of Team Design*. Korelasi terdiri dari korelasi kuat positif, korelasi positif, korelasi negatif, dan korelasi kuat negatif.
- *Room* 7: *Importance of Technical* menunjukkan seberapa penting respons teknis pada *room* 2 untuk diwujudkan.
- *Room* 8: menunjukkan mengenai standar informasi produk atas tiap-tiap respons teknis.

D. Pembuatan FAST Diagram

Function Analysis System Technique (FAST) adalah *tools* yang digunakan untuk menganalisis fungsi produk dalam *value analysis*. Dengan FAST Diagram, semua fungsi produk tersusun secara skematis mulai dari fungsi utama dan fungsi turunan.

E. Pengembangan Konsep

Tahap awal pemilihan konsep adalah menentukan alternatif konsep. Setelah itu akan dilakukan penyaringan konsep dan penilaian konsep yang terpilih menggunakan matriks PUGH.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan mengenai perancangan dan pengembangan alat pemotong tempe memiliki beberapa tahap sebagai berikut.

A. Segmentasi Pasar

Alat pemotong tempe merupakan inovasi alat yang tujuannya untuk mempermudah dalam pemotongan tempe baik skala kecil ataupun besar. Alat ini biasanya ditujukan kepada ibu rumah tangga sampai para pelaku produsen tempe rumahan. Seiring perkembangan zaman, sudah banyak inovasi dari alat ini mulai dari perubahan bentuk, bahan hingga kepraktisannya. Perkembangan ini dilakukan dengan maksud untuk mencari target pemasaran di taraf mana alat ini dapat diterima masyarakat.

Segmentasi pasar yang digunakan pada produk alat pemotong tempe ini yaitu berdasarkan geografi dan demografi. Segmentasi pasar berdasarkan geografi, alat pemotong tempe ini ini ditujukan untuk wilayah desa (industri tempe). Untuk segmentasi pasar berdasarkan demografi, alat pemotong tempe ini ditujukan untuk masyarakat tingkat ekonomi bawah dan menengah.

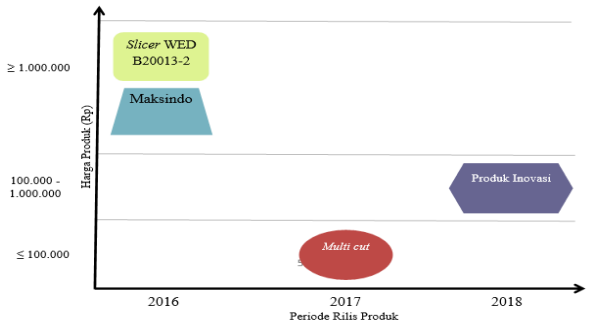
Setelah melakukan segmentasi pasar, kemudian dilakukan *benchmarking. Benchmarking* adalah proses pengukuran produk, jasa dan pelatihan secara berkelanjutan terhadap perusahaan kompetitor atau terhadap perusahaan yang terkenal sebagai pemimpin pada industri yang bergerak pada bidang yang sejenisnya [12]. *Benchmarking* juga digunakan untuk menganalisis produk pesaing. Produk kompetitor alat pemotong tempe ditunjukkan pada Tabel II.

TABEL II. PRODUK KOMPETITOR ALAT PEMOTONG TEMPE

Nama Kompetitor	Gambar	Deskripsi
Pengiris tempe *Multi Cut*		• Material kayu • Mata pisau dapat diganti • Berat 2,2 kg – 3 kg sesuai ukuran • Panjang: 45cm – 48cm • Ukuran alat bervariasi • Harga berkisar dari Rp 65.000 – Rp. 95.000 tergantung volume
Slicer WED B20013-2		• Pisau otomatis • Material *stainless steel* • Berat: 14kg • Panjang mata pisau: 22cm • Watt: 210 • Bisa memotong benda yang keras • Harga: Rp. 4.300.000
Alat rajang manual MSL-200B Maksindo		• Material *stainless steel* • Ketebalan dapat diatur • Panjang pisau: 200mm • Berat: 3,8 kg • Dimensi: 500x200x160 mm • Rp. 1.850.000

Tahap selanjutnya adalah membuat peta segmentasi alat pemotong tempe. Peta segmentasi pada penelitian ini didasarkan pada harga produk yang ditunjukkan pada Gambar 1.

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 1. Peta segmentasi alat pemotong tempe

Pada peta segmentasi di atas menjelaskan bahwa pada tahun 2016 muncul kompetitor pertama yaitu alat rajang manual Maksindo dan *slicer* WEB B20013-2, di tahun berikutnya, muncul kembali kompetitor kedua yaitu pengiris tempe *Multi Cut*. Masing-masing kompetitor memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

B. Studi Pasar dan Pelanggan

Studi pasar dan pelanggan pada penelitian ini dilakukan dengan metode *interview* kepada 5 orang operator dan pengguna alat bantu pemotong tempe pada UKM keripik tempe di Kota Malang. Berikut merupakan daftar pertanyaan yang akan digunakan saat *interview*.

- Apakah Anda sering memotong tempe menggunakan alat bantu?
- Apa keluhan Anda memakai alat tersebut?
- Ceritakan pengalaman Anda dalam menggunakan alat tersebut!
- Inovasi apa yang Anda harapkan untuk membantu pemotongan tempe?

Berdasarkan hasil *interview* yang telah dilakukan, diperoleh beberapa pernyataan kebutuhan terkait produk alat bantu pemotong tempe yang akan dikembangkan. Hasil *interview* responden yang merupakan operator dan pengguna alat bantu pemotongan tempe pada UKM keripik tempe ditunjukkan pada Tabel III.

TABEL III. HASIL WAWANCARA RESPONDEN

Pertanyaan	**Jawaban**	**Jumlah Responden**
Apakah Anda sering memotong tempe menggunakan alat bantu?	Sering	5
Apa keluhan Anda memakai alat tersebut?	Tangan tergores alat	2
	Lengan terkilir	4
	Punggung terkilir	3
Ceritakan pengalaman Anda dalam menggunakan alat tersebut?	Pada saat awal bekerja, tangan sering teriris oleh pisau	3
	Biaya pemotongan mahal, Jika kondisi tempe tidak bagus, akan merusak tekstur tempe	2
	Biaya alat lebih mahal apabila mengunakan mesin pemotong listrik.	1
	Penggunaan alat yang sulit perlu pembelajaran	3
	Alat yang digunakan menggunakan pisau	5
Inovasi apa yang Anda harapkan untuk membantu pemotongan tempe?	Alat dapat digunakan untuk memotong tempe berjenis kotak dan bundar dan mudah digunakan	2
	Alat yang dibuat tidak terlalu mahal	3

Gambar 2 dan 3 yang merupakan dokumentasi hasil *interview* kepada operator UKM keripik tempe di Kota Malang.



Gambar 2. Dokumentasi Pemotong 1

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 3. Dokumentasi Pemotong 2

Setelah itu jawaban dari responden akan disaring menjadi *exceptional opportunities* yang bertujuan untuk memahami maksud dari jawaban responden yang ditunjukkan pada Tabel IV.

Setelah disaring jawaban dari responden akan ditransformasikan ke dalam kebutuhan pelanggan dengan menggunakan kalimat aktif. Kebutuhan pelanggan ini juga akan menjadi *input* pada *room* 1 HOQ. Jawaban responden dan transformasinya menjadi kebutuhan pelanggan ditunjukkan pada Tabel V.

TABEL IV. PENGELOMPOKKAN HASIL WAWANCARA

Raw Opportunities	**Filter I (*Exceptional Opportunities*)**
Tangan tergores alat	Aman digunakan
Lengan terkilir	
Punggung terkilir	
tangan sering teriris oleh pisau	
Penggunaan alat yang sulit	Mudah digunakan
berjenis kotak dan bundar dan mudah digunakan	

TABEL IV. PENGELOMPOKKAN HASIL WAWANCARA(LANJUTAN)

Raw Opportunities	**Filter I (*Exceptional Opportunities*)**
Alat yang dibuat tidak terlalu mahal	Harga terjangkau di kelas menengah
Biaya alat lebih mahal apabila menggunakan mesin pemotong listrik.	
Biaya pemotongan mahal, Jika kondisi tempe tidak bagus, akan merusak tekstur tempe	Biaya operasional pemotong besar
Alat yang digunakan pisau	Alat yang digunakan bersifat manual

TABEL V. PERNYATAAN PELANGGAN DAN KEBUTUHAN PELANGGAN

No	**Pernyataan Pelanggan**	**Kebutuhan Pelanggan**
1	Aman digunakan	Alat pemotong tempe aman digunakan
2	Mudah digunakan	Alat pemotong tempe simpel dan mudah digunakan
3	Harga terjangkau di kelas menengah	Harga pemotong tempe terjangkau
4	Biaya operasional pemotong otomatis besar	Biaya operasional pemotong tempe terjangkau
5	Alat yang digunakan bersifat manual	Alat pemotong tempe manual

C. Pembuatan HOQ

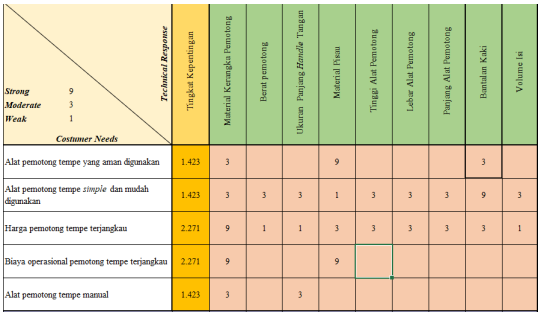
Langkah pertama yaitu membuat *room* 1, 2, 3. *room* 1 berisi tentang pernyataan kebutuhan yang diperoleh dari jawaban responden saat *interview*. *Room* 2 berisi tentang respons teknis Daftar respons teknis ditentukan dengan cara menentukan spesifikasi produk yang hendak dirancang dengan pembatasan satuan, di mana setiap respons teknis harus mengandung *metrics*, *value*, dan *unit* seperti yang terlihat pada Tabel VI.

TABEL VI. DAFTAR RESPONS TEKNIS

No	**Kebutuhan**	***Metrics***	**Satuan (units)**
1	1,2,3,4,5	Material Kerangka Pemotong	Subj.
2	2,3	Berat Pemotong	Kg
3	2,3,5	Ukuran Panjang Handle Tangan	Cm
4	1,2,3,4	Material Pisau	Subj.
5	2,3	Tinggi Alat Pemotong	Cm
6	2,3	Lebar Alat Pemotong	Cm
7	2,3	Volume isi	Cm3
8	2,3	Panjang alat pemotong	Cm3
9	1,2,3	Bantalan kaki	Subj.

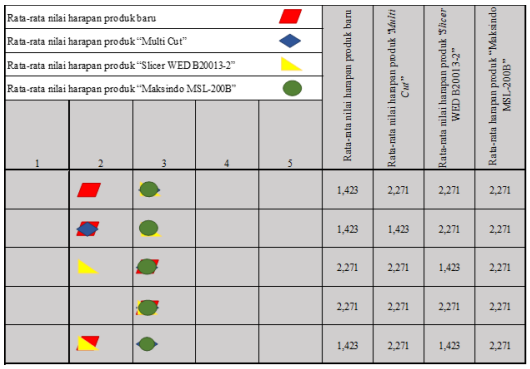
Room 3 berisi *relationship matrix* merupakan bagian dari HOQ yang menampilkan hubungan antara masing-masing daftar respons teknis dengan kebutuhan pelanggan dengan menggunakan skala pengukuran yaitu berupa angka. Hubungan yang digambarkan berupa hubungan yang bernilai *strong* atau 9 apabila antara dua variabel tersebut mempunyai hubungan erat, *moderate* atau 3 apabila hubungannya sedang, *weak* atau 1 apabila lemah, dan *none* apabila tidak ada hubungan. Gambar 4 merupakan *room* 1, 2, dan 3 pada HOQ.

ISBN 978-623-92050-0-3



Gambar 4. Room 1, 2, dan 3 pada HOQ

Langkah berikutnya yaitu *room* 4. *Room* 4 berisi *benchmarking* alat pemotong tempe yang akan dikembangkan dengan produk kompetitor. Kompetitor yang dibandingkan adalah produk pengiris tempe *Multi Cut*, *slicer* WED B20013-2, dan alat rajang manual MSL-200B Maksindo. Nilai harapan didapatkan dari rata-rata nilai yang diberikan pelanggan. Gambar 5 merupakan *room* 4 HOQ.

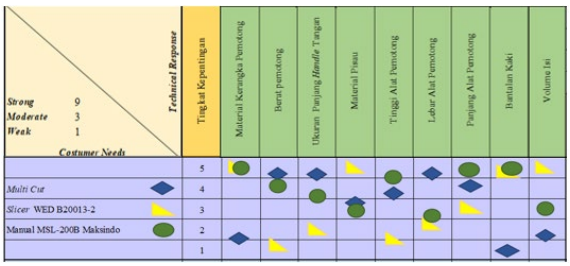


Gambar 5. Room 4 pada HOQ

Langkah selanjutnya yaitu *room* 5. *Room* 5 berisi teknis yang digunakan untuk menentukan nilai ideal dan nilai marginal dari spesifikasi produk kompetitor. Nilai ideal dan nilai marginal ditentukan oleh tim desain berdasarkan *benchmark* produk kompetitor dan keinginan konsumen.

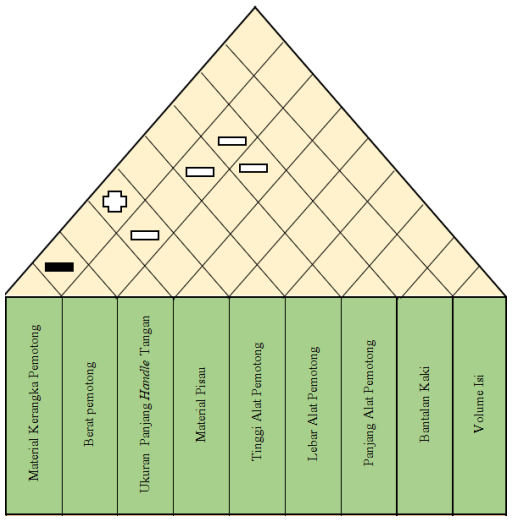
TABEL VII. TECHNICAL BENCHMARKING

Matrix	***Ideal Value***	***Marginal Value***	***Multi Cut***	***Slicer* WED B20013-2**	**Maksindo MSL-200B**
Material Kerangka	*Stainless steel*	Kayu	Kayu	*Stainless steel*	*Stainless steel*
Berat	1,8	2-14	2,2-3	14	3,8
Ukuran *Handle* (Panjang)	15	10-20	12-18	10	15
Material Pisau	*High Carbon Stainless Steel*	*Stainless steel*	*Stainless steel*	*High Carbon Stainless Steel*	*Stainless steel*
Ukuran (Tinggi)					
Ukuran (Lebar)	12	10-30	8-12	28	20
Kapasitas maksimum	2500	750-2500	768-1728	2500	1760
Panjang Alat Pemotong	50	45 - 65	45 - 48	65	50
Bantalan Kaki	Ada	Ada	Tidak	Ada	Ada



Gambar 6. Room 5 pada HOQ

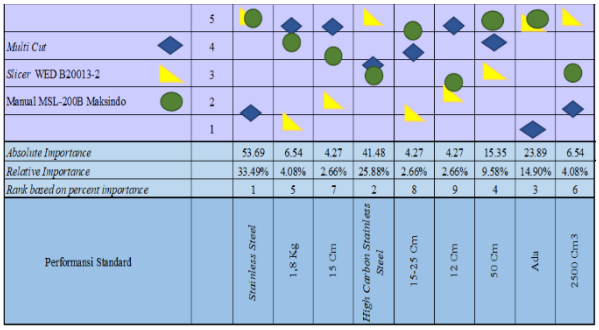
Langkah berikutnya yaitu *room* 6. *Room* 6 berisi hubungan antar respons teknis. Hubungan tersebut terdiri dari kuat positif, positif, kuat negatif dan negatif. positif (+) menunjukkan hubungan antar respons teknik berbanding lurus, sedangkan tanda negatif (-) menunjukkan hubungan antar respons teknik berbanding terbalik. Gambar 7 merupakan *room* 6 HOQ.



Gambar 7. Room 6 pada HOQ

Langkah berikutnya yaitu *room* 7 dan 8. *Room* tersebut berisi perhitungan untuk mengetahui respons teknis yang dijadikan prioritas dalam pengembangan konsep alat pemotong tempe. Perhitungan meliputi variabel nilai pelanggan dan nilai interaksi antara pernyataan kebutuhan dengan respons teknis Gambar 8 merupakan *room* 7 dan 8 HOQ.

ISBN 978-623-92050-0-3



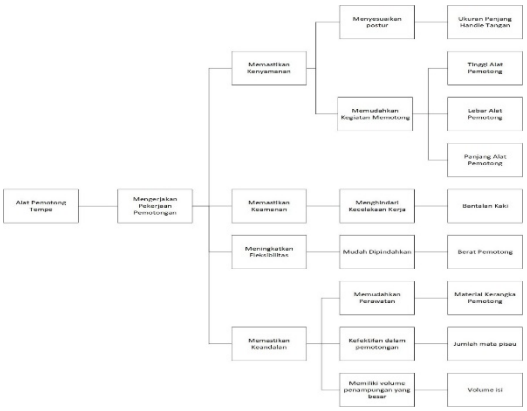
Gambar 8. Room 7 dan 8 pada HOQ

Pada Gambar 8. ditunjukkan nilai kepentingan untuk setiap metrik dan juga nilai rangking yang menunjukkan nilai prioritas dalam dilakukan pengembangan terhadap produk. Prioritas yang utama adalah metrik Material Kerangka Pemotong dengan nilai *relative importance* sebesar 44,35%.

Setelah dilakukan seluruh tahapan dalam membuat HOQ, maka antar *room* digabungkan sesuai dengan matriks HOQ yang tersusun dari 8 *room* yang berisi *voice of customer, voice of team design/technical respons, relationship matrix, benchmarking, technical benchmarking,* dan *percent importance.*

D. Pembuatan FAST Diagram

Dalam melakukan pengembangan konsep, perlu dilakukan penggambaran ulang terhadap mekanisme alat pemotong tempe, misalnya dengan FAST Diagram yang digunakan untuk menggambarkan susunan skematis mulai dari fungsi utama dan fungsi turunan. Gambar 9 merupakan FAST diagram alat pemotong tempe



Gambar 9. FAST Diagram alat pemotong tempe

Alat pemotong tempe memiliki beberapa fungsi, yaitu untuk memudahkan dalam pemotongan, khususnya pemotongan yang memerlukan ketebalan tertentu sehingga semua hasil merata dan sama. Dari fungsi tersebut diperlukannya beberapa aspek pendukung untuk menunjang pekerjaan.

E. Pengembangan Konsep

Pemilihan konsep atau seleksi konsep merupakan proses menilai konsep dengan memperhatikan kebutuhan pelanggan. Tahap awal pemilihan konsep yaitu menentukan alternatif alat pemotong tempe. Dalam alternatif konsep menggunakan tabel kombinasi konsep yang menyediakan sebuah cara untuk mempertimbangkan kombinasi solusi secara sistematis yaitu dengan *Morphological Chart*.

TABEL VIII. MORPHOLOGICAL CHART

Kriteria Fungsi	**Kriteria**	**Alternatif Desain**			
Memastikan kenyamanan	Ukuran panjang *handle* tangan	18 cm (A1)	15 cm (A2)	13 cm (A3)	
	Panjang alat pemotong	50 cm (B1)	45 cm (B2)	40 cm (B3)	

TABEL VIII. MORPHOLOGICAL CHART(LANJUTAN)

Kriteria Fungsi	**Kriteria**	**Alternatif Desain**			
	Tinggi alat pemotong	18 cm (C1)	15cm (C2)	14cm (C3)	
	Lebar alat pemotong	15 cm (D1)	12 cm (D2)	10 cm (D3)	
Menghindari kecelakaan kerja	Bantalan kaki	Ada bantalan (E1)	Ada bantalan (E2)		
Meningkatkan fleksibilitas	Berat pemotong	1,8 kg (G1)	1,5 kg (G2)	2 kg (G3)	
Memastikan keandalan	Material kerangka pemotong	*Stainless steel* (F1)	Kayu dan *Stainless steel* (F2)		
	Banyak mata pisau	Satu Mata Pisau (H1)	Dua Mata Pisau (H2)		
	Bentuk wadah tempe	Silinder (J1)	Balok (J2)		
	Ukuran wadah tempe	Silinder 10 cm (K1)	Silinder15 cm (K2)	Balok 22.5 x 8 x 10 cm (K3)	Balok 25 x 8 x 10 cm (K4)

TABEL IX. ALTERNATIF KONSEP ALAT PEMOTONG TEMPE

Konsep	**Spesifikasi dan Kelebihan**
A	panjang *handle* yang lebih lebar dari pergelangan tangan pada umumnya yaitu 18 cm, dengan ukuran panjang 50 cm, tinggi 18 cm, dan lebar 15 cm.

ISBN 978-623-92050-0-3

	Bantalan kaki yang digunakan berbentuk kotak menyesuaikan bentuk kaki yang akan dibuat dengan warna yang menyatu dengan material. Material kerangka menggunakan perpaduan antara material kayu dengan *stainless steel.* Berat keseluruhan alat sebesar 2 kg estimasi terberat produk. Banyak mata pisau yang digunakan sebanyak satu buah. Dari volume tersebut dapat dipilih bentuk wadah pemotong balok yang dapat di khususkan dalam pemotongan tempe bentuk balok dengan ukuran balok 25 x 8 x 10 cm.
B	memiliki panjang *handle* yang pas dengan pergelangan tangan pada umumnya yaitu 13 cm, dengan ukuran panjang 40 cm, tinggi 14 cm, dan lebar 10 cm. Bantalan kaki yang digunakan berbentuk bundar menyesuaikan bentuk kaki yang akan dibuat dengan warna transparan yang terlihat lebih elegan. Material kerangka menggunakan yaitu material *stainless steel* yang tahan karat. Berat keseluruhan alat sebesar 1,5 kg estimasi terkecil produk. Banyak mata pisau yang digunakan sebanyak dua buah. Dari volume tersebut dapat dipilih bentuk wadah pemotong bulat yang dapat di khususkan dalam pemotongan tempe bentuk bulat dengan ukuran silinder 10 cm.
C	panjang *handle* yang sedikit lebih lebar dari pergelangan tangan pada umumnya yaitu 15 cm, dengan ukuran panjang 45 cm, tinggi 15 cm, dan lebar 12 cm. Bantalan kaki yang digunakan berbentuk bundar menyesuaikan bentuk kaki yang akan dibuat dengan warna yang menyatu dengan material. Material kerangka menggunakan yaitu material *stainless steel.* Berat keseluruhan alat sebesar 1,8 kg. Banyak mata pisau yang digunakan sebanyak dua buah. Dari volume tersebut dapat dipilih bentuk wadah pemotong kotak yang dapat di khususkan dalam pemotongan tempe bentuk kotak dengan ukuran 22.5 x 8 x 10 cm.

Tabel IX. Alternatif Konsep Alat Pemotong Tempe (Lanjutan)

D	panjang *handle* yang sedikit lebih lebar dari pergelangan tangan pada umumnya yaitu 15 cm, dengan ukuran panjang 45 cm, tinggi 15 cm, dan lebar 12 cm. Bantalan kaki yang digunakan berbentuk bundar menyesuaikan bentuk kaki yang akan dibuat dengan warna transparan yang terlihat lebih elegan. Material kerangka menggunakan material *stainless steel.* Berat keseluruhan alat sebesar 1,8 kg. Banyak mata pisau yang digunakan sebanyak dua buah. Dari volume tersebut dapat dipilih bentuk wadah pemotong bulat yang dapat di khususkan dalam pemotongan tempe bentuk bulat dengan ukuran silinder 15 cm.
E	panjang *handle* yang sedikit lebih lebar dari pergelangan tangan pada umumnya yaitu 15 cm, dengan ukuran panjang 50 cm, tinggi 15 cm, dan lebar 12 cm. Bantalan kaki yang digunakan berbentuk kotak menyesuaikan bentuk kaki yang akan dibuat dengan warna yang menyatu dengan material. Material kerangka menggunakan yaitu *stainless steel.* Berat keseluruhan alat sebesar 1,8 kg. Banyak mata pisau yang digunakan sebanyak satu buah. Dari volume tersebut dapat dipilih bentuk wadah pemotong kotak yang dapat di khususkan dalam pemotongan tempe bentuk kotak dengan ukuran 22.5 x 8 x 10 cm.

Setelah menentukan alternatif konsep alat potong tempe beserta kelebihannya kemudian akan dilakukan pemilihan konsep. Pemilihan konsep dilakukan dengan 2 langkah, yang pertama adalah melakukan penyaringan konsep. Tabel X merupakan matriks PUGH penyaringan konsep alat pemotong tempe. Pemilihan konsep didasarkan pada metode yang dikembangkan oleh Stuart Pugh yang disebut seleksi konsep PUGH. Terdapat 2 tahap pemilihan konsep, yaitu tahapan pertama disebut penyaringan konsep dan tahapan kedua disebut penilaian konsep [13].

F. Penyaringan Konsep

Penyaringan adalah proses yang evaluasinya masih perkiraan yang ditujukan untuk mempersempit alternatif. Penyaringan konsep didasarkan pada metode seleksi konsep PUGH yang bertujuan untuk mempersempit jumlah konsep secara cepat dan untuk memperbaiki konsep

TABEL X. PUGH MATRIKS PENILAIAN KONSEP TERPILIH

Kriteria	**Konsep-Konsep**					
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**REEF**
Memastikan kenyamanan	0	-	+	+	0	0
Memastikan keamanan	0	0	+	+	+	0
Meningkatkan fleksibilitas	+	0	0	0	0	0
Memastikan keandalan	-	+	0	0	0	0
Jumlah +	1	1	2	2	1	
Jumlah 0 (sama)	2	2	2	2	3	
Jumlah -	1	1	0	0	0	
Nilai Akhir	0	0	2	2	1	
Ranking	4	5	1	2	3	
Lanjutkan?	Tidak	Tidak	Ya	Gabungkan	Gabungkan	

Dari matriks PUGH di atas didapatkan bahwa konsep yang tersaring yaitu konsep C dan konsep D yang digabungkan dengan konsep E.

G. Penilaian Konsep

Berdasarkan tahap penyaringan terdapat 2 konsep yang dapat dilanjutkan yaitu konsep C dan gabungan konsep D dan E.

TABEL XI. PUGH MATRIKS PENILAIAN KONSEP TERPILIH

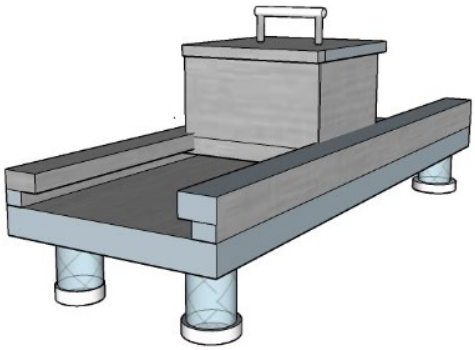
		Konsep			
Kriteria Seleksi	**Beban**	**C**		**DE**	
Memastikan Kenyamanan	17,56%	4	0,7024	4	0,7024
Memastikan keamanan	14,90%	3	0,447	3	0,447
Meningkatkan fleksibilitas	4,08%	4	0,1632	3	0,1224
Memastikan keandalan	63,45%	4	2,538	4	2,538

ISBN 978-623-92050-0-3

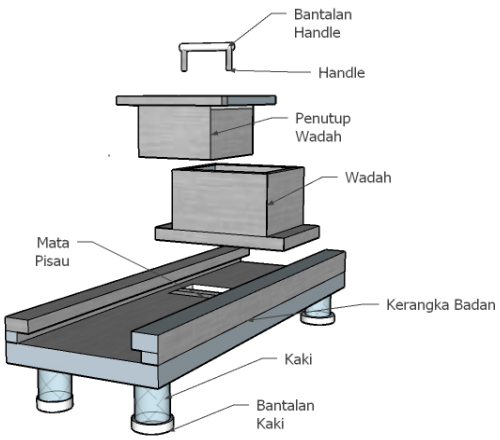
Total nilai peringkat	3,8506	3,8098
Lanjutkan?	Lanjutkan	Tidak

Berdasarkan analisis menggunakan PUGH Matrix didapatkan konsep yang terpilih, yaitu konsep C. Sebelumnya, pada tahap penyaringan terdapat 2 konsep yang dilanjutkan, yaitu konsep C dan konsep DE. Kemudian dilanjutkan dengan tahap penilaian sehingga didapatkan satu konsep yang akan dikembangkan pada tahap selanjutnya, yaitu konsep C. Jenis material dari konsep C menggunakan material *stainless steel* dan untuk ukuran alat pemotong sebesar 45 x 12 x 15 cm, untuk material dalam alat pemotong tempe menggunakan dua buah mata pisau, dengan ukuran wadah pisau sebesar 22,5 cm x 8 cm x 10 cm yang berdasarkan konsep C karena ukuran tersebut memiliki volume yang sesuai dengan mempertimbangkan fleksibilitas alat pemotong tempe. Untuk *handle* berdasarkan konsep C menggunakan *handle* sepanjang 15 cm untuk memudahkan penggunaan alat pemotong tempe.

.



Gambar 10. Sketsa Pengembangan Alat Pemotong Tempe



Gambar 11. Bagian-Bagian Alat Pemotong Tempe

Gambar 10 dan 11 merupakan sketsa pengembangan alat pemotong tempe dengan konsep yang terpilih

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil dari pengembangan alat pemotong tempe yaitu memiliki spesifikasi: panjang *handle* yang sedikit lebih lebar dari pergelangan tangan pada umumnya yaitu 15 cm, dengan ukuran panjang 45 cm, tinggi 15 cm, dan lebar 12 cm. Bantalan kaki yang digunakan berbentuk bundar menyesuaikan bentuk kaki yang akan dibuat dengan warna yang menyatu dengan material. Material kerangka menggunakan yaitu material *stainless steel*. Berat keseluruhan alat sebesar 1,8 kg. Banyak mata pisau yang digunakan sebanyak dua buah. Dari volume tersebut dapat dipilih bentuk wadah pemotong kotak yang dapat di khususkan dalam pemotongan tempe bentuk kotak dengan ukuran 22.5 x 8 x 10 cm. Konsep yang terpilih memiliki kelebihan daripada konsep yang lain yaitu menggunakan 2 mata pisau, Warna bantalan sama dengan warna material dan Volume tampung sedang. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa alat pemotong tempe yang telah dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pelanggan dan dapat meningkatkan produktivitas UKM keripik tempe Kota Malang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Laboratorium Statistik dan Rekayasa Kualitas, serta Jurusan Teknik Industri dan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas segala bentuk dukungan dalam keikutsertaan pada kegiatan Seminar Nasional Teknik Industri (SENTI) 2019 yang diadakan oleh Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada.

REFERENSI

[1] R. Yuniarti, A. Rahman, M. Choiri, "Strategi Pemasaran pada UKM Keripik Tempe Sanan Malang," Jurnal Teknik Industri, vol. 14, pp. 173-183, Agustus 2013.

[2] A. Sutanto, A. Indra, B. Yuliandra, "Pengembangan Desain Produk dengan Metoda QFD: Studi Kasus Desain Peralatan Pembuat Adonan Roti untuk Usaha Skala Kecil," Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV), Oktober 2015.

[3] Y. F. C. P. Meilani, S. Simanjuntak, "Faktor yang Mempengaruhi Minat Beli Produk Makanan dan Minuman Usaha Kecil Menengah Kabupaten Tangerang," Jurnal Manajemen dan Kewirausahaan, vol. 14, pp. 164-172, September 2012.

[4] M. D. Putra, I. P. Tama, D. P. Andriani, "Analisis Perancangan Alat Bantu Material Handling Produksi Genteng Menggunakan Metode Axiomatic House of Quality (AHOQ)," Journal of Engineering and Management in Industrial System, vol. 4, pp. 19-30, 2016.

[5] D. P. Andriani, M. Choiri, D. Priharseno, "Aplikasi Quality Function Deployment untuk Redesign Kontainer Penyimpanan pada Industri Kemasan Kaleng," Jurnal Teknik Industri, vol. 18, pp. 176-190, Agustus 2017.

[6] B. Simamora, Memenangkan Pasar dengan Pemasaran Efektif dan Profitabel. Jakarta, Indonesia: Gramedia Pustaka Utama, 2001.

[7] H. Sutrisno, Analisa Butir untuk Instrumen. Yogyakarta, Indonesia: Andi Offset, 1991.

ISBN 978-623-92050-0-3

[8] D. L. Trenggonowati, "Metode Pengembangan Produk QFD untuk Meningkatkan Daya Saing Perusahaan," Spektrum Industri, vol. 15, pp. 1-18, 2017.

[9] D. P. Andriani, R. Adnandy, S. T. Maghlidah, A. A. Anwar, "Peningkatan Kualitas Produk IKM Rotan Melalui Perancangan Produk Unggulan dengan Pendekatan Quality Function Deployment," Seminar dan Konferensi Nasional IDEC, Mei 2019.

[10] L. Cohen, Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You. Boston, Massachussets: Addison Wesley, 1995.

[11] M. Noviana, S. Hastanto, "Penerapan Metode Quality Function Deployment (QFD) untuk Pengembangan Desain Motif Batik Khas Kalimantan Timur," J@TI Undip, vol. 9, pp. 87-92, Mei 2014.

[12] R. C. Camp, Benchmarking: The Search for Industry Best Practices That Lead to Superior Performance. Milwaukee, Wilconsin: ASQ Quality Press, 1989.

[13] K. T. Ulrich, S. D. Eppinger, Product Design and Development. New York, United States: McGraw-Hill, 2011.

ISBN 978-623-92050-0-3

Tentang SeNTI 2019

SeNTI (Seminar Nasional Teknik Industri) 2019 dihadirkan untuk mewadahi peneliti, praktisi, dan mahasiswa untuk saling bertukar pikiran mengenai isu-isu terkini dalam ranah keilmuan Teknik Industri serta menjadi media untuk saling berbagi mengenai kebutuhan dan kompetensi terkini yang masih bisa ditingkatkan demi tercapainya kontribusi yang lebih optimal.

SeNTI merupakan seminar nasional yang dilaksanakan oleh Program Studi Magister Teknik Industri, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Pada tahun 2019 ini, SeNTI dilaksanakan di Yogyakarta pada tanggal 9 Oktober 2019 dan terkumpul 56 judul paper yang dihadirkan melalui buku proceeding ini.

Diharapkan dengan terselenggaranya SeNTI 2019 ini, dapat terjalin tukar pikiran mengenai isu-isu yang berkembang saat ini dan yang akan datang pada ranah keilmuan Teknik Industri, serta juga dapat memacu para peneliti, praktisi, maupun mahasiswa untuk selalu melakukan terobosan-terobosan pada keilmuan Teknik Industri sehingga membuat kehidupan manusia menjadi lebih baik.

PANITIA SEMINAR NASIONAL TEKNIK INDUSTRI 2019
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA
Ruang Administrasi S2 DTMI FT UGM
Gedung A, Lantai 2, Jl. Grafika 2
Yogyakarta, 55281.
Telp/Fax : +62 274 521 673

Contact Person :
Fitri Trapsilawati : +62 822 1309 0681
Salsabila Amnes KT : +62 877 3119 0021
Email : senti.ft@ugm.ac.id

ISBN 978-623-92050-0-3