

Pengaruh Variasi Beban Pengangkatan terhadap Konsumsi Energi

Pricilia Hardini Rahmawati¹, Rini Dharmastiti²

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
priciliahardini@mail.ugm.ac.id¹, rini@ugm.ac.id²

Abstrak— Pekerjaan yang biasa dilakukan oleh pekerja di suatu industri, salah satunya pengangkatan barang secara manual, yang berisiko menyebabkan terjadinya gangguan otot rangka maupun cedera. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi beban pengangkatan terhadap konsumsi energi sehingga dapat digunakan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya penyakit akibat kerja. Responden sebanyak 16 orang laki-laki berusia 20-30 tahun. Metode yang digunakan yaitu eksperimen. Pengambilan data dilakukan dalam 2 sesi pada hari yang berbeda. Sesi pertama bertujuan untuk mengetahui beban maksimal yang dapat diangkat, sedangkan sesi kedua dilakukan pengangkatan beban ke atas meja secara berulang selama 1 jam pada masing-masing frekuensi, dengan jeda antar frekuensi selama 30 menit. Pada frekuensi 1 kali pengangkatan per menit, variasi beban rendah sebesar 16 kg sampai 18 kg, sedangkan variasi beban tinggi sebesar 19 kg sampai 21 kg. Pada frekuensi 3 kali pengangkatan per menit, variasi beban rendah sebesar 14 kg sampai 16 kg, sedangkan variasi beban tinggi sebesar 17 kg sampai 19 kg. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa semakin besar beban dan frekuensi pengangkatan, semakin banyak konsumsi energi yang diperlukan. Pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit, variasi beban rendah dan tinggi mengalami peningkatan rata-rata konsumsi energi sebanyak 0,07 kkal/mnt (10,6%), sedangkan pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit meningkat sebanyak 0,03 kkal/mnt (2,6%). Rata-rata konsumsi energi masing-masing frekuensi pengangkatan per menit juga mengalami peningkatan sebanyak 0,49 kkal/mnt (71%). Beban yang diangkat dan konsumsi energi per menit pada masing-masing frekuensi pengangkatan memiliki hubungan positif, yang artinya konsumsi energi turut meningkat seiring peningkatan beban yang harus diangkat.

Kata kunci—*beban kerja fisik, konsumsi energi, manual material handling, pengangkatan*

I. PENDAHULUAN

Aspek manusia dalam lingkungan kerja merupakan salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan. Sumber daya manusia merupakan salah satu faktor penting dalam mendukung keberlangsungan produksi di perusahaan. Penurunan performa pekerja di perusahaan akan memengaruhi produktivitas perusahaan, yang juga berdampak pada jumlah produksi harian yang dihasilkan. Aspek manusia sering disebut dengan ergonomi. Aspek ergonomi dalam lingkungan kerja penting untuk diperhatikan dalam hal pembagian beban kerja, lingkungan kerja, keselamatan dan kesehatan kerja, efisiensi kerja, tata letak dalam lingkungan kerja, dan faktor lain yang melibatkan manusia atau pekerja. Ergonomi penting untuk diperhatikan dengan tujuan meningkatkan keselamatan kerja saat pekerja melakukan pekerjaannya, meningkatkan produktivitas pekerja, mengurangi kemungkinan terjadinya penyakit akibat kerja, menjaga kesehatan pekerja dalam jangka waktu panjang, serta meningkatkan kesejahteraan pekerja.

Pekerjaan yang biasa dilakukan oleh pekerja di suatu industri yaitu pengangkatan barang dengan berat tertentu secara manual. Di Indonesia, yang merupakan negara berkembang, masih banyak industri yang melakukan pekerjaan pengangkatan secara manual, atau biasa disebut dengan *manual material handling* (MMH). MMH dapat berisiko dalam menyebabkan terjadinya gangguan otot rangka, cedera, maupun menyebabkan kerugian ekonomi, baik bagi pekerja maupun perusahaan. Selain itu, terdapat perbedaan kemampuan MMH pada individu yang sudah berpengalaman dan yang belum berpengalaman. NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) telah mengembangkan suatu persamaan untuk menentukan batas berat yang dapat diangkat dengan aman oleh pekerja. Persamaan ini bertujuan untuk meminimalisir terjadinya gangguan otot rangka pada pekerja sehingga dapat digunakan sebagai panduan dalam penyesuaian pembagian beban kerja, dan diharapkan dapat meningkatkan kesehatan dan keselamatan pekerja, serta mengurangi risiko cedera yang berpotensi menyebabkan penurunan produktivitas dan peningkatan biaya perawatan medis akibat kecelakaan kerja. Dengan memperhatikan pembagian beban kerja yang optimal dapat meningkatkan efisiensi kerja dan kesehatan pekerja dalam jangka panjang.

Di Indonesia, 25% kecelakaan kerja terjadi akibat kesalahan dalam *material handling* [1]. Kesalahan tersebut dapat diakibatkan oleh teknik *material handling* yang kurang tepat, maupun beban kerja fisik yang melebihi kapasitas pekerja sehingga dapat mengakibatkan gangguan otot rangka maupun cedera akibat pekerjaan yang dilakukan. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui kapasitas beban yang mampu diangkat oleh pekerja dalam suatu proses produksi untuk menjaga kesehatan dan kenyamanan pekerja. Selain itu, dengan memperhatikan kapasitas beban yang mampu diangkat oleh pekerja, perusahaan dapat melakukan pembagian pekerjaan dengan lebih efektif dan efisien, mengurangi kemungkinan terjadi cedera, meningkatkan produktivitas kerja dan kenyamanan pekerja dalam bekerja, serta mengurangi risiko kecelakaan kerja.

Beban kerja dapat didefinisikan sebagai jenis pekerjaan yang dilakukan oleh pekerja yang meliputi tugas, tanggung jawab, serta hal lain dalam cakupan ruang kerja, dan biasanya setiap pekerja memiliki tanggung jawab atas beban kerjanya masing-masing [2]. Beban kerja terbagi menjadi beban kerja fisik, yang melibatkan kemampuan fisik pekerja, dan beban kerja mental, yang berkaitan dengan kognitif pekerja. Aktivitas *manual material handling* (MMH) termasuk dalam beban kerja fisik yang harus diselesaikan oleh pekerja. Aktivitas MMH mencakup berbagai kegiatan fisik, salah satunya kegiatan mengangkat barang secara manual. Pembagian beban kerja fisik yang tinggi dapat menyebabkan kelelahan, cedera, maupun gangguan otot rangka. Oleh karena itu, penting bagi perusahaan untuk mengelola beban kerja yang harus diselesaikan oleh pekerja sehari-hari dengan memperhatikan kapasitas pengangkatan yang dimiliki oleh pekerja.

Kapasitas beban maksimal yang dapat diangkat merupakan bobot beban maksimum yang dapat diangkat tanpa merasakan ketegangan, kelelahan, ketidaknyamanan, kelemahan, atau sesak napas [3]. Kapasitas beban maksimal yang dapat diangkat sangat penting untuk diperhatikan dalam pembagian beban kerja fisik, yang bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya penyakit

akibat kerja, serta meminimalisir ketidaksesuaian dalam pembagian beban kerja. Kapasitas beban maksimal yang mampu diangkat pekerja juga penting untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas kerja, karena pekerja yang tidak mengalami kelelahan berlebihan cenderung lebih fokus dan mampu bekerja lebih lama tanpa menurunkan kualitas kerja mereka. Prosedur kerja yang sesuai dengan kapasitas beban maksimal dapat mengurangi risiko kecelakaan kerja, yang tidak hanya bermanfaat bagi keselamatan dan kesehatan pekerja tetapi juga mengurangi biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan akibat cedera atau penyakit kerja. Oleh karena itu, pengukuran dan penyesuaian beban kerja sesuai dengan kapasitas beban maksimal merupakan bagian penting dalam manajemen keselamatan dan kesehatan kerja di suatu industri.

Ketidaksesuaian beban kerja dapat mengakibatkan terjadinya penyakit akibat kerja yang merugikan baik pihak perusahaan maupun pekerja. Hal tersebut diakibatkan karena pekerja berperan penting dalam produktivitas perusahaan. Secara umum, produktivitas merupakan perbandingan antara hasil dari pekerjaan yang dilakukan dan tenaga kerja yang dikeluarkan. Produktivitas juga dapat digunakan sebagai evaluasi dari produksi yang dilakukan di suatu perusahaan. Beberapa faktor yang memengaruhi produktivitas antara lain usia, kemampuan pekerja, motivasi, lingkungan kerja, dan jenis pekerjaan [4]. Pemnagian beban kerja yang sesuai dengan kapasitas beban maksimal yang dapat diangkat oleh pekerja juga berpengaruh pada efisiensi penyelesaian pekerjaan oleh masing-masing pekerja, yang berpengaruh penting dalam menjaga produksi perusahaan tetap berjalan dengan efektif. Beban kerja yang melebihi kemampuan pekerja akan berisiko menyebabkan cedera, gangguan otot rangka, kelelahan, yang dapat menurunkan kesehatan pekerja sehingga memengaruhi hasil pekerjaan yang harus diselesaikan. Hal tersebut penting untuk diminimalisir dengan tujuan menjaga kesehatan dan keselamatan kerja saat pekerja melakukan pekerjaannya di lingkungan perusahaan.

Denyut jantung dapat digunakan sebagai salah satu pendekatan untuk mengetahui berat ringannya aktivitas fisik yang dilakukan. Kinerja jantung dapat dilihat dari denyut nadi, yang merupakan rambatan dari denyut jantung. Pengukuran denyut jantung merupakan salah satu metode yang dapat diterapkan dalam pengukuran beban kerja fisik pekerja [5]. Denyut jantung juga dapat digunakan untuk mengetahui konsumsi energi yang diperlukan pekerja saat bekerja. Pengukuran denyut jantung menggunakan *heart rate monitor* dapat digunakan untuk mengetahui perubahan denyut jantung pekerja secara langsung saat melakukan pengangkatan. Hal tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi adanya kelelahan sehingga dapat dilakukan pencegahan. Selain itu, dapat juga dilakukan identifikasi tingkat beban kerja yang harus diselesaikan oleh pekerja sehingga dapat dilakukan penyesuaian dalam pembagian beban kerja.

Konsumsi energi dapat digunakan sebagai salah satu parameter dalam penentuan tingkat beban kerja fisik. Konsumsi energi dapat diukur dengan metode tidak langsung, yaitu menggunakan perhitungan denyut jantung saat kerja dan denyut jantung saat istirahat. Dengan mempertimbangkan konsumsi energi yang diperlukan, perusahaan dapat menilai beban kerja fisik yang sesuai untuk setiap pekerja secara lebih akurat. Hal tersebut dapat meningkatkan keselamatan kerja dan kesejahteraan pekerja, serta mengurangi risiko cedera, terjadinya penyakit akibat kerja, dan menghindari adanya kerugian ekonomi untuk biaya perawatan, baik bagi pekerja maupun perusahaan. Selain itu, perusahaan juga dapat mengoptimalkan produktivitas dan efisiensi kerja sehingga dapat berkontribusi pada keberhasilan jangka panjang perusahaan, dengan tetap memperhatikan kesejahteraan pekerja. Metode yang digunakan dalam pengukuran konsumsi energi, yaitu dengan melakukan konversi denyut jantung, dengan persamaan sebagai berikut [6].

$$Y = 1,80411 - 0,0229038X + 4,71733 \cdot 10^{-4} X^2 (1)$$

Dengan:

X = denyut jantung/menit

Y = konsumsi energi (kkal/mnt)

Pengeluaran energi untuk kerja dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$KE = Et - Ei (2)$$

Dengan:

KE = konsumsi energi (kkal/mnt)

Et = energi setelah kerja (kkal/mnt)

Ei = energi saat istirahat (kkal/mnt)

Dalam analisis data, digunakan uji hipotesis menggunakan metode *analysis of variance* (ANOVA). Uji ANOVA bertujuan untuk mengetahui pengaruh antara beban yang diangkat, dengan konsumsi energi yang diperlukan. Uji ANOVA memungkinkan kita untuk membandingkan rata-rata konsumsi energi pada masing-masing variasi beban yang diangkat untuk menentukan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik. Selain itu, uji ini membantu mengidentifikasi apakah variasi dalam konsumsi energi disebabkan oleh perubahan beban atau adanya faktor lain. ANOVA juga dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara beban yang diangkat dengan konsumsi energi sehingga memudahkan dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat terkait dengan pembagian beban kerja fisik di lingkungan kerja. Hasil analisis juga bertujuan untuk memastikan beban kerja yang diberikan pada pekerja aman dan tidak melebihi kapasitas fisik dari pekerja.

II. METODE

Responden yang terlibat dalam penelitian ini sebanyak 16 orang laki-laki berusia 20-30 tahun, sehat jasmani dan rohani, tidak sedang mengalami cedera, dan mampu melakukan kegiatan angkat beban. Penelitian dilakukan di Laboratorium Ergonomika Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada (UGM). Metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu metode eksperimen. Beberapa alat bantu yang digunakan, yaitu *heart rate monitor* yang digunakan untuk mengukur denyut jantung responden, tensimeter yang digunakan untuk mengukur tekanan darah responden, *oximeter* yang digunakan untuk mengukur kadar oksigen responden, kotak yang digunakan sebagai tempat beban yang harus diangkat, meja yang digunakan sebagai titik tujuan pengangkatan, serta beberapa kantong kerikil dengan berat masing-masing 1 kilogram yang digunakan sebagai beban yang harus diangkat oleh responden. Tensimeter dan *oximeter* digunakan untuk memastikan kondisi fisik responden dalam keadaan optimal sebelum dilakukan aktivitas pengangkatan. Setelah memastikan responden memiliki kondisi kesehatan yang baik, proses pengambilan data dapat dilaksanakan.

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data denyut jantung responden untuk perhitungan rata-rata konsumsi energi per menit, serta data beban maksimal yang dapat diangkat oleh responden. Aktivitas yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengangkatan kotak ke atas meja secara berulang, dengan frekuensi pengangkatan 1 kali per menit dan 3 kali per menit yang dilakukan dalam 2 sesi pada hari yang berbeda. Sesi pertama bertujuan untuk mengetahui kapasitas beban maksimal yang dapat diangkat oleh masing-masing responden. Responden diminta untuk melakukan pengangkatan kotak berisi beban ke atas meja, lalu beban ditambah 1 kg secara bertahap hingga mencapai beban maksimal yang dapat diangkat oleh responden tanpa merasakan kelelahan yang berlebih. Pada sesi kedua, responden diminta melakukan pengangkatan dengan beban maksimal yang dapat diangkat, sesuai dengan sesi pertama, dengan frekuensi pengangkatan 1 kali per menit dan 3 kali per menit. Pengangkatan dilakukan secara berulang selama 1 jam, dengan jeda 30 menit antar masing-masing frekuensi pengangkatan. Pengukuran denyut jantung dilakukan sebelum dan sesudah melakukan aktivitas pengangkatan, selama 5 menit, yang dikonversi untuk mengetahui rata-rata konsumsi energi yang diperlukan selama proses pengangkatan. Sebelum melakukan pengangkatan, dilakukan pengukuran tekanan darah dan kadar oksigen dari responden untuk memastikan kondisi fisik responden dalam keadaan yang baik sebelum melakukan pengangkatan.

Variasi beban yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada kapasitas maksimal angkat dari masing-masing responden. Beban tersebut kemudian dikelompokkan dan dibagi menjadi variasi beban rendah dan tinggi pada masing-masing frekuensi pengangkatan, baik pada frekuensi 1 kali pengangkatan per menit maupun 3 kali pengangkatan per menit. Pembagian variasi beban rendah pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit, yaitu 16 kilogram sampai 18 kilogram, sedangkan pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit adalah 14 kilogram sampai 16 kilogram. Jumlah data variasi beban rendah pada masing-masing frekuensi sebanyak 7 data. Selain itu, variasi beban tinggi pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit, yaitu 19 kilogram sampai 21 kilogram, sedangkan pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit adalah 17 kilogram sampai 19 kilogram. Jumlah data variasi beban tinggi pada masing-masing frekuensi juga sebanyak 9 data. Data yang dikumpulkan digunakan untuk menganalisis hubungan antara beban yang dapat diangkat, frekuensi pengangkatan, dan respons fisiologis pekerja dalam hal denyut jantung dan konsumsi energi sehingga dapat digunakan untuk rekomendasi dalam pengaturan beban kerja fisik, serta dapat meningkatkan keselamatan dan kesehatan pekerja, yang juga berdampak pada efisiensi kerja.

Asumsi yang digunakan dalam penelitian, yaitu responden memiliki kemampuan pengangkatan yang setara dan berada dalam kondisi kesehatan yang sehat baik secara jasmani maupun rohani. Ruang yang digunakan untuk pengambilan data juga diasumsikan berada pada kondisi yang normal baik dalam hal kebisingan, suhu, maupun pencahayaan. Batasan dalam penelitian, yaitu responden berdomisili di Yogyakarta, responden merupakan laki-laki berusia 20-30 tahun, responden mampu melakukan pengangkatan beban, serta responden tidak dalam kondisi cedera.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis dari grafik *scatterplot*, dapat diketahui bahwa model regresi linier yang didapat memiliki hubungan positif antara beban yang diangkat dengan konsumsi energi yang diperlukan, baik pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit maupun 3 kali per menit, yang menunjukkan adanya korelasi antara beban yang diangkat dengan konsumsi energi yang diperlukan. Hasil analisis berdasarkan grafik *scatterplot* pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit, garis regresi menunjukkan tren kemiringan yang positif, yang dapat diartikan bahwa konsumsi energi meningkat seiring dengan peningkatan beban yang diangkat. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar I. Data yang diperoleh menunjukkan ada banyak variasi dalam konsumsi energi untuk beban tertentu, atau dapat diartikan bahwa konsumsi energi tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh beban yang diangkat. Dilihat dari sebaran data yang luas, dapat diketahui bahwa data memiliki korelasi yang lemah. Hal tersebut juga menunjukkan adanya faktor lain yang memengaruhi konsumsi energi.

Berdasarkan grafik *scatterplot* pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit, garis regresi menunjukkan tren kemiringan yang positif, yang dapat diartikan bahwa konsumsi energi meningkat seiring dengan peningkatan beban yang diangkat. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar II. Data yang diperoleh menunjukkan adanya banyak variasi dalam konsumsi energi untuk beban tertentu, yang juga dapat diartikan bahwa konsumsi energi tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh beban yang diangkat. Dilihat dari sebaran data yang luas, dapat diketahui bahwa data memiliki korelasi yang lemah, yang menunjukkan bahwa beban yang diangkat tidak berpengaruh signifikan terhadap konsumsi energi. Hal tersebut juga menunjukkan perlunya faktor lain yang dipertimbangkan dalam melakukan analisis.

Berdasarkan uji normalitas pada variabel beban (kg) dan konsumsi energi (kkal/mnt), seperti pada Tabel I, dapat diketahui bahwa nilai *P-value* yang didapatkan lebih dari 0,05, baik pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit maupun 3 kali per menit. Nilai *P-value* yang lebih dari 0,05 dapat diartikan bahwa data terdistribusi normal. Hasil perhitungan uji normalitas masing-masing

variabel memiliki *P-value* lebih dari 0,05, yang artinya data terdistribusi normal, seperti pada Tabel I. Pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit, *P-value* yang diperoleh pada variabel beban yang diangkat (kg) sebesar 0,16 atau lebih dari 0,05 yang artinya data terdistribusi normal. Disisi lain, pada variabel konsumsi energi (kcal/mnt), *P-value* yang diperoleh sebesar 0,951 atau lebih dari 0,05 sehingga data terdistribusi normal. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit, data terdistribusi normal, baik pada variabel beban yang harus diangkat (kg) maupun konsumsi energi yang diperlukan (kcal/mnt) sehingga dapat dilakukan uji statistik parametrik. Pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit, hasil *P-value* dari uji normalitas yang diperoleh seperti pada Tabel I, diketahui bahwa pada variabel beban yang diangkat (kg) sebesar 0,1 atau lebih dari 0,05, yang artinya data terdistribusi normal. Selain itu, pada variabel konsumsi energi (kcal/mnt), *P-value* yang diperoleh sebesar 0,192 atau lebih dari 0,05, yang artinya data terdistribusi normal. Hal tersebut juga dapat diartikan bahwa pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit, data yang diperoleh terdistribusi normal, baik pada variabel beban yang harus diangkat (kg) maupun konsumsi energi (kcal/mnt) sehingga dapat dilakukan uji statistik parametrik.

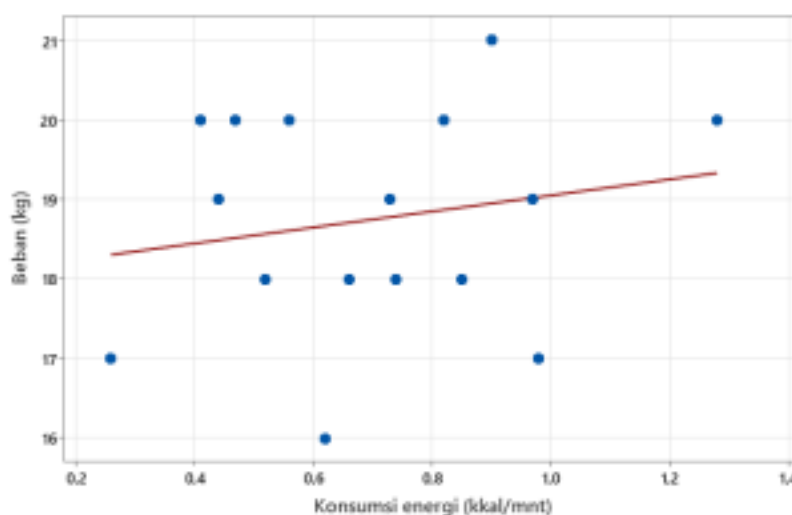
Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata konsumsi energi per menit, seperti pada Tabel II, dapat diketahui bahwa pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit, rata-rata konsumsi energi pada variasi beban rendah sebesar 0,66 kkal/mnt, sedangkan pada variasi beban tinggi sebesar 0,73 kkal/mnt dengan rata-rata konsumsi energi pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit sebesar 0,695 kkal/mnt. Pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit, hasil perhitungan rata-rata konsumsi energi per menit yang diperlukan pada variasi beban rendah sebesar 1,17 kkal/mnt, sedangkan pada variasi beban tinggi sebesar 1,2 kkal/mnt, dengan rata-rata konsumsi energi pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit sebesar 1,185 kkal/mnt.

Rata-rata hasil perhitungan konsumsi energi pada masing-masing variasi beban menunjukkan bahwa peningkatan berat beban yang diangkat dan peningkatan frekuensi pengangkatan mengakibatkan konsumsi energi turut meningkat, baik pada variasi beban rendah maupun tinggi, pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit maupun 3 kali per menit, seperti yang ditunjukkan pada Tabel II. Rata-rata konsumsi energi pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit yang didapat sebesar 0,695 kkal/mnt, sedangkan pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit sebesar 1,185 kkal/mnt, yang dapat diartikan bahwa rata-rata konsumsi energi meningkat sebanyak 0,49 kkal/mnt, atau sebesar 71%. Pada variasi beban rendah, antara frekuensi pengangkatan 1 kali per menit dan 3 kali per menit mengalami peningkatan rata-rata konsumsi energi sebanyak 77%, sedangkan pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit mengalami peningkatan rata-rata konsumsi energi sebanyak 61%. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan frekuensi pengangkatan lebih berpengaruh terhadap konsumsi energi pada variasi beban rendah dibandingkan pada variasi beban tinggi.

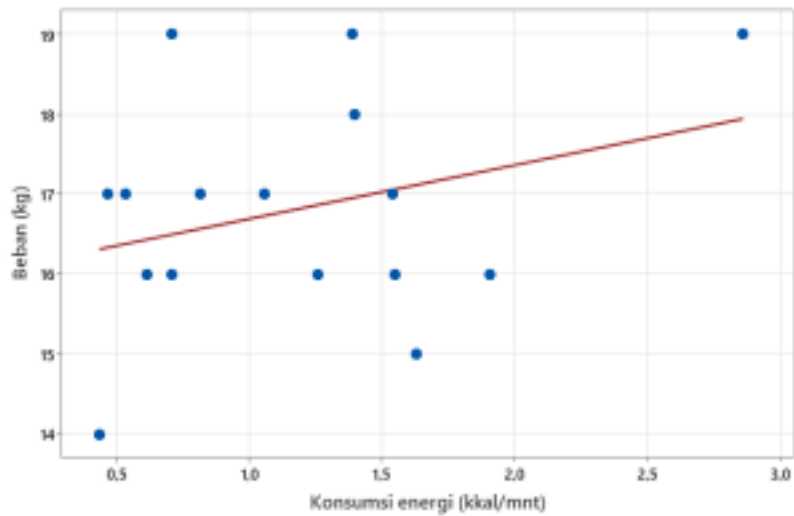
Selain itu, peningkatan frekuensi pengangkatan per menit juga berpotensi menyebabkan kelelahan pada pekerja. Hal tersebut dapat dilihat dari adanya peningkatan konsumsi energi yang diperlukan.

TABEL I. HASIL PERHITUNGAN UJI NORMALITAS

Frekuensi Pengangkatan	P-value Uji Normalitas Variabel	
	Beban (kg)	Konsumsi Energi (kcal/mnt)
1 kali per menit	0,160	0,951
3 kali per menit	0,100	0,192



GAMBAR I. HUBUNGAN BEBAN DAN KONSUMSI ENERGI DENGAN FREKUENSI PENGANGKATAN 1 KALI PER



MENIT

GAMBAR II. HUBUNGAN BEBAN DAN KONSUMSI ENERGI DENGAN FREKUENSI PENGANGKATAN 3 KALI PER MENIT

TABEL II. HASIL PERHITUNGAN RATA-RATA KONSUMSI ENERGI

Variasi Beban	Konsumsi Energi (kcal/menit)		
	1 kali per menit	3 kali per menit	Persentase
Rendah	0,66	1,17	77%
Tinggi	0,73	1,2	64%
Rata-rata	0,695	1,185	71%

TABEL III. HASIL UJI ANOVA MASING-MASING FREKUENSI PENGANGKATAN

Frekuensi Pengangkatan	P-value	R-square	Korelasi
1 kali per menit	0,614	1,86%	0,189
3 kali per menit	0,910	0,09%	0,306

Konsumsi energi pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit, untuk variasi beban rendah sebesar 0,66 kkal/menit, sedangkan untuk variasi beban tinggi sebesar 0,73 kkal/menit. Hal tersebut menunjukkan adanya peningkatan beban dari variasi rendah ke variasi tinggi, yang menyebabkan peningkatan rata-rata konsumsi energi sebesar 0,07 kkal/menit atau sebesar 10,6%. Pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit, konsumsi energi untuk variasi beban rendah sebesar 1,17 kkal/menit, sedangkan untuk variasi beban tinggi sebesar 1,2 kkal/menit. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan beban dari rendah ke tinggi mengakibatkan adanya peningkatan konsumsi energi sebesar 0,03 kkal/mnt atau sebesar 2,6%.

Berdasarkan hasil uji hipotesis menggunakan *analysis of variance* (ANOVA), seperti pada Tabel III, dapat diketahui bahwa P value yang diperoleh pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit sebesar 0,614, sedangkan pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit, P-value yang diperoleh sebesar 0,910. Nilai R-square yang diperoleh pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit sebesar 1,86%, sedangkan pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit sebesar 0,09%. Hasil uji korelasi yang diperoleh pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit sebesar 0,189, sedangkan pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit sebesar 0,306. Pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit, diketahui bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara peningkatan berat beban yang diangkat dengan konsumsi energi yang diperlukan. Hal tersebut ditunjukkan pada Tabel III, dimana nilai P-value lebih dari 0,05, atau sebesar 0,614, dengan nilai R-square 1,86%. Hasil tersebut juga dapat diartikan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan. Selain itu, dapat diketahui juga bahwa berat beban yang diangkat hanya dapat menjelaskan 1,86% dari konsumsi energi. Pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit, hasil uji hipotesis yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel III. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai P-value lebih dari 0,05, atau sebesar 0,910, dengan nilai R-square 0,09%. Hal tersebut juga dapat diartikan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara berat beban yang diangkat dengan konsumsi energi yang diperlukan.

Selain itu, dapat diketahui juga bahwa berat beban yang diangkat hanya dapat menjelaskan 0,09% dari konsumsi energi yang diperlukan.

Nilai *P-value* pada masing-masing frekuensi pengangkatan per menit lebih dari 0,05. Hal tersebut menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara perubahan berat beban yang diangkat dengan konsumsi energi yang diperlukan. Nilai *R-square* pada masing-masing frekuensi pengangkatan juga cenderung rendah, yang menunjukkan bahwa berat beban yang diangkat menjelaskan sebagian kecil dari konsumsi energi, atau dapat diartikan bahwa terdapat faktor lain yang memengaruhi konsumsi energi.

Korelasi antara beban yang diangkat dan konsumsi energi yang diperlukan juga dapat dilihat pada Tabel III, yang mana korelasi beban yang diangkat dengan konsumsi energi pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit memiliki korelasi positif lemah. Di sisi lain, pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit, korelasi antara beban yang diangkat dengan konsumsi energi memiliki korelasi positif yang tidak terlalu kuat. Akan tetapi, nilai korelasi pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit lebih kuat jika dibandingkan dengan frekuensi pengangkatan 1 kali per menit. Hasil tersebut termasuk dalam korelasi lemah dikarenakan nilai uji korelasi sebesar 0,306 masih mendekati nilai 0.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun ada korelasi positif antara beban yang diangkat dengan konsumsi energi, berat beban yang diangkat tidak berpengaruh kuat terhadap konsumsi energi. Adanya perbedaan rata-rata antara beban yang diangkat dengan konsumsi energi menunjukkan bahwa semakin berat beban yang diangkat, semakin besar konsumsi energi yang diperlukan. Selain itu, peningkatan frekuensi pengangkatan per menit lebih berdampak pada konsumsi energi dibandingkan dengan peningkatan berat beban. Hal tersebut dapat dilihat dari rata-rata konsumsi energi per menit yang diperlukan pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit dan 3 kali per menit, yang menunjukkan adanya peningkatan rata-rata konsumsi energi per menit lebih dari 50% pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit. Hal tersebut penting untuk diperhatikan dalam pengaturan beban kerja fisik di industri untuk memastikan kesehatan dan keselamatan kerja bagi pekerja.

Penelitian terdahulu juga menunjukkan adanya peningkatan konsumsi energi seiring dengan beban kerja yang meningkat [7]. Beban kerja yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko terjadinya kelelahan pada pekerja. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan konsumsi energi yang diperlukan dalam pembagian beban kerja sehingga produktivitas perusahaan tidak terganggu. Penelitian serupa juga menunjukkan adanya peningkatan konsumsi energi yang diperlukan berdasarkan frekuensi pengangkatan per menit [8]. Hasil tersebut ditinjau dari meningkatnya respon pernapasan saat frekuensi pengangkatan per menit bertambah. Penelitian serupa juga menunjukkan bahwa frekuensi pengangkatan per menit meningkatkan intensitas beban kerja dalam *manual material handling* (MMH) [9]. Kapasitas maksimal beban yang dapat diangkat juga dipengaruhi oleh frekuensi pengangkatan [10]. Hal tersebut juga dapat meningkatkan konsumsi energi yang diperlukan. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa peningkatan beban yang harus diangkat perlu adanya penurunan frekuensi pengangkatan [11]. Jika ditinjau dari penelitian terdahulu, penelitian ini juga menghasilkan adanya peningkatan rata-rata konsumsi energi per menit seiring dengan peningkatan beban yang harus diangkat.

Kapasitas beban maksimal yang dapat diangkat perlu diperhatikan dalam pembagian beban kerja, terutama yang berkaitan dengan beban kerja fisik. Hal tersebut dikarenakan kesesuaian beban kerja fisik dapat meningkatkan kenyamanan pekerja, meningkatkan kesejahteraan pekerja, mengurangi kemungkinan cedera dan gangguan otot rangka dalam melaksanakan pekerjaan, mengurangi risiko terjadi kecelakaan kerja, mengurangi risiko terjadinya penyakit akibat kerja, menjaga kesehatan pekerja dalam jangka waktu panjang, mengurangi kemungkinan terjadinya kerugian ekonomi akibat biaya perawatan maupun biaya perbaikan fasilitas di perusahaan. Dengan memperhatikan kapasitas pekerja dalam mengangkat juga turut menjaga produktivitas pekerja saat bekerja, karena kenyamanan pekerja akan berpengaruh terhadap performa pekerja dalam menyelesaikan pekerjaannya, serta memastikan jumlah produksi harian yang harus dihasilkan dapat terpenuhi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Konsumsi energi yang diperlukan meningkat seiring adanya peningkatan beban yang diangkat dan frekuensi pengangkatan per menit. Hubungan tersebut dapat dilihat berdasarkan garis regresi dengan tren kemiringan positif pada masing-masing frekuensi pengangkatan, baik pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit maupun 3 kali per menit. Hasil uji korelasi juga menunjukkan adanya korelasi positif antara beban yang harus diangkat dengan konsumsi energi. Peningkatan frekuensi pengangkatan juga memengaruhi jumlah konsumsi energi, yang mana semakin tinggi frekuensi pengangkatan, semakin tinggi konsumsi energi per menit yang diperlukan. Pada variasi beban rendah, peningkatan frekuensi pengangkatan menyebabkan peningkatan konsumsi energi per menit sebanyak 77%, sedangkan pada variasi beban tinggi mengalami peningkatan sebanyak 64%. Rata-rata konsumsi energi per menit dari frekuensi pengangkatan 1 kali per menit dan 3 kali per menit juga mengalami peningkatan sebanyak 71%. Pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit, antara variasi beban rendah dan tinggi mengalami peningkatan rata-rata konsumsi energi sebesar 0,07 kkal/menit atau sebesar 10,6%, sedangkan pada frekuensi pengangkatan 3 kali per menit, terdapat peningkatan konsumsi energi sebesar 0,03 kkal/mnt atau sebesar 2,6%. Berdasarkan hasil uji hipotesis menggunakan ANOVA, diketahui bahwa pada frekuensi pengangkatan 1 kali per menit maupun 3 kali per menit, tidak ada perbedaan yang signifikan antara berat beban yang diangkat dan konsumsi energi yang diperlukan. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai *P-value* yang lebih dari 0,05 pada masing-masing frekuensi, yang juga dapat diartikan bahwa peningkatan berat beban tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap konsumsi energi yang diperlukan. Penambahan beban yang diangkat dan penambahan frekuensi pengangkatan dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Silalahi, "Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja", Jakarta : PT. Pustaka Binaman Pressindo, 1991.
- [2] S. Thammarak dan M. Witthaya, "The Influence of Workload and Co-Worker Attitude on Job Satisfaction among Employees of Pharmaceutical Industry in

- Bangkok, Thailand: The Mediating Role of Training”, *Sys Rev Pharm*, vol. 11, pp. 603-611, April 2020.
- [3] D. Singh, “Obesity Effects on Maximum Acceptable Weights of Lift”, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomic Safety*, pp. 918-922, 2007. [4] A. D. Diamanditis dan P. Chatzoglou, “Factors Affecting Employee Performance: An Empirical Approach”, *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 68, pp. 171-193, July 2018.
- [5] Tarwaka, H. A. Solikhul, dan L. Sudiajeng, “Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas”, Surakarta : UNIBA Press, 2004. [6] K. T. Sanjaya, A. Kalista, dan M. A. Rizal, “Analisis Postur Kerja Dan Pengukuran Konsumsi Energi Pekerja Pengangkat Batu Untuk Mengurangi *Musculoskeletal Disorders*”, *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri Universitas Kadiri*, vol. 5, pp. 88-99, April 2022. [7] L. D. Fathimahhayati, T. Amelia, dan A. N. Syeha, “Analisis Beban Kerja Fisiologi pada Proses Pembuatan Tahu Berdasarkan Konsumsi Energi (Studi Kasus: UD. Lancar Abadi Samarinda)”, *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, vol. 5, pp. 100-106, Desember 2019. [8] F. F. Alferdaws dan M. Z. Ramadan, “Effects of Lifting Method, Safety Shoe Type, and Lifting Frequency on Maximum Acceptable Weight of Lift, Physiological Responses, and Safety Shoes Discomfort Rating”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, p. 3012, April 2020.
- [9] R. A. Al-Ashaik, M. Z. Ramadan, K. S. Al-Saleh, dan T. M. Khalaf, “Effect of Safety Shoes Type, Lifting Frequency, and Ambient Temperature on Subject's MAWL and Physiological Responses”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 50, pp. 43-51, 2015.
- [10] S. Wu, “Maximum Acceptable Weights for Asymmetric Lifting of Chinese Females”, *Applied Ergonomics*, vol. 34, pp. 215-224, 2003. [11] M. Widia, S. Z. Md. Dawal, N. Yusoff, “Maximum Acceptable Frequency of Lift for Combined Manual Material Handling Task in Malaysia”, *PLOS ONE*, vol. 14, p. 0216918, Mei 2019.