

ANALISIS RISIKO ERGONOMI PADA PEKERJAAN MENGANGKAT DI BAGIAN GUDANG BAHAN BAKU PT.XYZ DENGAN METODE *NIOSH LIFTING EQUATION*

Dita Putri Mayangsari ¹⁾, Sunardi ²⁾, Tranggono ³⁾

^{1, 2)} Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik

³⁾ Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Jl. Rungkut Madya Surabaya 60294

e-mail : dputrimayangsari@gmail.com¹⁾, gitannar@yahoo.co.id²⁾, tranggono.ti@upnjatim.ac.id³⁾

ABSTRAK

Pekerjaan mengangkat merupakan pekerjaan yang memiliki resiko yang tinggi untuk terkena penyakit akibat kerja. Proses pengangkatan menir beras di PT. XYZ masih mengandalkan tenaga manusia. Oleh sebab itu dengan banyaknya aktivitas manual handling seperti mengangkat dan membawa menir yang dilakukan pekerja setiap harinya, maka kemungkinan besar para pekerja angkat memiliki risiko yang cukup besar pula untuk terkena penyakit akibat kerja dari pekerjaan yang dilakukannya. Tujuan dari penelitian ini antara lain untuk mengetahui apakah aktivitas kerja yang dilakukan di PT. XYZ masih aman dilakukan berdasarkan analisa NIOSH Lifting Equation. Hasil perhitungan LI (Lifting Index) menunjukkan bahwa pekerjaan yang dilakukan pekerja memiliki risiko cedera karena nilai LI > 1. Nilai LI yang dihasilkan sebesar 2,35, 2,26, 2,18, 2,11, 2,03. Hasil pengukuran tingkat konsumsi energi pada pekerja adalah 2,2 kkal/menit, 2,2 kkal/menit, 2,7 kkal/menit, 2,8 kkal/menit, 2,5 kkal/menit, berdasarkan hasil tersebut pekerja akan mengalami kelelahan karena hasilnya melebihi 1,2 kkal/menit. Kemudian hasil perhitungan gaya tekan ML5/S1 adalah sebesar 7957,07 N, 9857,81 N, 12408,23 N, 12420,13 N dan 12499,31 N, Berdasarkan hasil yang didapatkan gaya tekan ML5/S1 pada pekerja melebihi batas maksimum gaya tekan ML5/S1 normal sebesar 6500 N. Dapat disimpulkan bahwa pekerjaan mengangkut menir beras yang dilakukan pekerja memiliki risiko cedera, maka perlu adanya perbaikan sistem kerja pada pekerja agar tidak menimbulkan risiko cedera baik jangka pendek maupun jangka panjang, serta kesehatan para pekerja akan terjamin.

Kata Kunci : *Manual Handling, NIOSH Lifting Equation, Gaya Tekan ML5/S1, LI (Lifting Index)*

ABSTRACT

Lifting work is work that has a high risk of contracting occupational diseases. The process of lifting the rice groats at PT. XYZ still relies on human labor. Therefore, with the number of manual handling activities such as lifting and carrying groats of workers carried out every day, it is likely that foster workers have a significant risk to be affected by the disease as a result of the work they do. The purpose of this research is to find out whether work activities carried out at PT XYZ are still safe to do based on NIOSH Lifting Equation analysis. The calculation result of LI (Lifting Index) shows that the work done by workers has a risk of injury because the value of LI > 1. The resulting LI value of 2.35, 2.26, 2.18, 2.11, 2.03. The results of the measurement of the level of energy consumption in workers are 2.2 kcal / minute, 2.2 kcal / minute, 2.7 kcal / minute, 2.8 kcal / minute, 2.5 kcal / minute, based on these results the worker will experiencing fatigue because the results exceed 1.2 kcal / minute. Then the ML5 / S1 compressive force calculation results are 7957.07 N, 9857.81 N, 12408.23 N, 12420.13 N and 12499.31 N, Based on the results obtained the ML5 / S1 compressive force on workers exceeds the maximum force limit press ML5 / S1 normal at 6500 N. It can be concluded that the work of carrying rice groats carried out by workers has the risk of injury, it is necessary to improve the work system of workers so as not to balance the risk of injury both short term and long term, and the health of workers will guaranteed.

KeyWords : *Manual Handling, NIOSH Lifting Equation, ML5 / S1 Pressure Lights, LI (Lifting Index)*

I. PENDAHULUAN

Kesehatan kerja adalah upaya mempertahankan dan meningkatkan derajat kesehatan yang setinggi-tingginya, baik fisik, mental maupun sosial, dengan usaha-usaha preventif dan kuratif. Pencegahan gangguan kesehatan yang disebabkan oleh kondisi pekerjaan, melindungi pekerja dari risiko, penempatan dan pemeliharaan lingkungan kerja yang disesuaikan dengan kapabilitas fisiologi dan psikologi harus terus ditingkatkan melalui penerapan ergonomi (Rubiwanto, 2016). Ergonomi merupakan suatu pendekatan yang melihat interaksi antara manusia dan pekerjaannya yang kemudian digunakan untuk melakukan tindakan pencegahan terjadinya gangguan kesehatan.

PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi tepung beras Rose Brand. Bahan Baku yang digunakan untuk pembuatan tepung beras adalah menir beras. Dalam proses produksinya PT. XYZ menggunakan bahan baku import, dari Thailand, India, dan Vietnam. Dengan pengangkutan karung menir seberat 50kg/karung. Aktivitas angkat ini melibatkan 20 orang pekerja. Proses pengangkatan menir beras di PT. XYZ tidak sepenuhnya dilakukan oleh mesin, tetapi masih mengandalkan tenaga manusia, seperti proses pengangkatan menir beras dari truk ke dalam gudang bahan baku.

Berdasarkan kenyataan tersebut, maka proses kegiatan pada gudang bahan baku perusahaan masih menggunakan aktivitas manual handling dengan skala yang cukup besar. Aktivitas manual handling apabila tidak dilakukan dengan prosedur yang sesuai maka akan berakibat risiko pekerja. Oleh sebab itu dengan banyaknya aktivitas *manual handling* seperti mengangkat dan membawa menir yang dilakukan pekerja setiap harinya, maka kemungkinan besar para pekerja angkat memiliki risiko yang cukup besar pula untuk terkena penyakit akibat kerja dari pekerjaan yang dilakukannya. Penyakit tersebut seperti *Muskolous Skeletal Disorder (MSDs)*, *Low Back Paint (LBP)*, atau mungkin dapat terjadi kecelakaan kerja seperti, terjatuh, tertimpa dll.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Ergonomi

Ergonomi berasal dari dua kata dalam Bahasa Yunani yaitu Ergo yang berarti kerja dan Nomos yang berarti hukum. Dalam maknanya yang lebih luas arti kata ergonomi itu sendiri adalah suatu ilmu tentang penyesuaian aspek manusia seperti anatomi, fisiologi, psikologi, dan lain-lain dengan segala keterbatasan dengan faktor pekerjaan (Imron, 2019).

Ergonomi didefinisikan sebagai ilmu, teknologi dan seni untuk menserasikan alat, cara kerja dan lingkungan pada kemampuan, kebolehan dan batasan manusia sehingga diperoleh kondisi kerja dan lingkungan yang sehat, aman, nyaman, dan efisien sehingga tercapai produktivitas setinggi-tingginya. Ditinjau dari aspek pendekatan keilmuan ergonomi dan *human factor engineering*, terdapat beberapa pendapat yang memandang sama, dengan alasan kajian memiliki informasi yang mendeskripsikan interaksi antara pribadi karyawan dengan tuntutan tugas yang bertujuan mengurangi atau menghilangkan hambatan yang dapat mengganggu karyawanan baik bersifat fisik maupun mental (Abdurrahman, 2019).

Tujuan dari ergonomi adalah untuk merancang suatu sistem di mana letak lokasi kerja, metoda kerja, peralatan dan mesin-mesin, dan lingkungan kerja (seperti bunyi dan pencahayaan) sesuai dengan keterbatasan fisik dan sifat-sifat pekerja. Semakin sesuai, semakin tinggi tingkat keamanan dan efisiensi kerjanya. Setiap pekerja membawa ke tempat kerjanya antropometri tertentu, atau sifat-sifat fisik seperti tinggi, berat, jangkauan, kekuatan, dan sebagainya. Seorang pekerja juga membawa cara dan gaya bekerja sendiri ke tempat kerja, seperti cara mengangkat, dan kadangkala dengan cara yang unik dalam melakukan pekerjaannya. Apabila yang dapat dilakukan oleh pekerja baik secara fisik atau mental tidak sesuai dengan syarat pekerjaan, maka terjadilah kondisi tidak sebanding (Abdurrahman, 2019).

B. *Manual Handling*

Definisi *Manual Handling* merupakan suatu kegiatan transportasi yang dilakukan oleh pekerja dengan melakukan kegiatan mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik dan membawa benda dengan tangan. Kegiatan manual handling memiliki kegiatan lifting dan lowering yang melihat aspek kekuatan vertical sedangkan kegiatan pushing dan pulling termasuk kekuatan horizontal. Tugas ini memiliki kesamaan yang berpotensi menghasilkan beberapa efek yang merugikan kesehatan, dari luka sederhana, memar, nyeri otot dan kondisi serius yang berkaitan dengan nyeri pinggang (Angrayni, 2018).

C. *NIOSH Lifting Equation*

Distorsi NIOSH (National for Occupational Safety and Health) adalah suatu institusi yang menangani hal-hal yang terkait permasalahan keselamatan dan kesehatan kerja di Amerika Serikat (Danar dan Leksonowati, 2018). NIOSH lifting equation adalah metode untuk mengevaluasi risiko dari cedera punggung dengan pekerjaan aktivitas lifting dengan dua tangan dan merekomendasikan solusi untuk bahaya yang teridentifikasi (Cahyawati, 2018). NIOSH Lifting Index pertama kali diperkenalkan oleh NIOSH untuk aktivitas pekerjaan lifting/mengangkat. NIOSH merekomendasikan metode sederhana untuk mengukur kemungkinan terjadinya pembebanan otot yang berlebihan atas dasar karakteristik pekerjaan (Tarwaka, 2004 dalam Sanjaya et.al, 2017) NIOSH telah melakukan analisis terhadap faktor-faktor yang berpengaruh terhadap biomekanika yaitu:

1. Berat dari beban benda yang dipindahkan.
2. Posisi pembebanan dengan mengacu pada tubuh, dipengaruhi oleh:
 - a. Jarak horisontal beban yang dipindahkan dari titik origin sampai destinasi
 - b. Jarak vertikal beban yang dipindahkan
 - c. Sudut pemindahan beban
3. Frekuensi pemindahan dicatat sebagai rata-rata pemindahan per menit untuk pemindahan berfrekuensi tinggi.
4. Lamanya waktu atau durasi dalam melakukan aktivitas pemindahan atau pengangkatan beban.

D. *Recommended Weight Limit (RWL) dan Lifting Index (LI)*

Terdapat NIOSH adalah lembaga yang mengeluarkan Recommended Weight Limit (RWL) yaitu merupakan rekomendasi batas beban yang dapat diangkat oleh manusia tanpa menimbulkan cedera meskipun pekerjaan tersebut dilakukan secara repetitive dan dalam jangka waktu yang cukup lama (Zeki et.al, 2019). Recommended Weight Limit (RWL) merupakan nilai rekomendasi batas angkat beban yang dapat diangkat oleh manusia tanpa alat bantu tanpa menimbulkan gangguan pada system kerangka otot manusia. RWL ini ditetapkan oleh NIOSH pada tahun 1991 di Amerika Serikat. Batas beban yang dapat diangkat oleh manusia tanpa menimbulkan cedera meskipun pekerjaan tersebut dilakukan secara berulang-ulang dalam durasi kerja tertentu (misal 8 jam sehari) dan dalam jangka waktu yang cukup lama. Rumus untuk menghitung beban yang disarankan menurut NIOSH untuk diangkat seorang pekerja adalah :

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- RWL = Batas beban yang direkomendasikan
- LC = Konstanta pembebanan (Lifting Constant) = 23 kg
- HM = Faktor pengali horizontal (Horizontal Multiplier)
- DM = Faktor pengali perpindahan (Distance Multiplier)
- AM = Faktor pengali asimetrik (Asymmetric Multiplier)
- FM = Faktor pengali frekuensi (Frequency Multiplier)
- CM = Faktor pengali kopling (Coupling Multiplier)
- VM = Faktor pengali vertikal (Vertical Multiplier)

Setelah nilai RWL diketahui, berikutnya menghitung nilai Lifting Index, untuk mengetahui index pengangkatan yang tidak mengandung resiko cedera tulang belakang, rumus :

$$LI = \frac{\text{Load Weight}}{\text{Recommended Weight Limit}} = \frac{L}{RWL} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

L = Berat beban yang akan dipindahkan

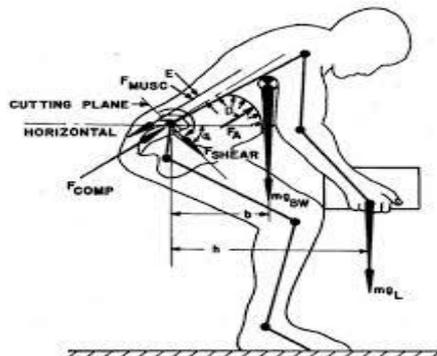
Keterangan :

Jika $LI \leq 1$, maka aktivitas tersebut tidak mengandung resiko cedera tulang belakang. Jika $LI > 1$, maka aktivitas tersebut mengandung resiko cedera tulang belakang (Waters et al, 1993 dalam Sanjaya et.al, 2017).

E. Biomekanika

Model Biomekanika merupakan ilmu yang mempelajari tentang kekuatan, ketahanan dan ketelitian dalam melakukan kerja. Dilihat dari definisi tersebut biomekanika adalah aktivitas multidisipliner. Biomekanika memadukan pengetahuan ilmu fisik dan Teknik dengan pengetahuan dari biologi dan ilmu mengenai perilaku. Biomekanika merupakan kombinasi antara disiplin ilmu mekanika terapan dan ilmu-ilmu biologi dan fisiologi.

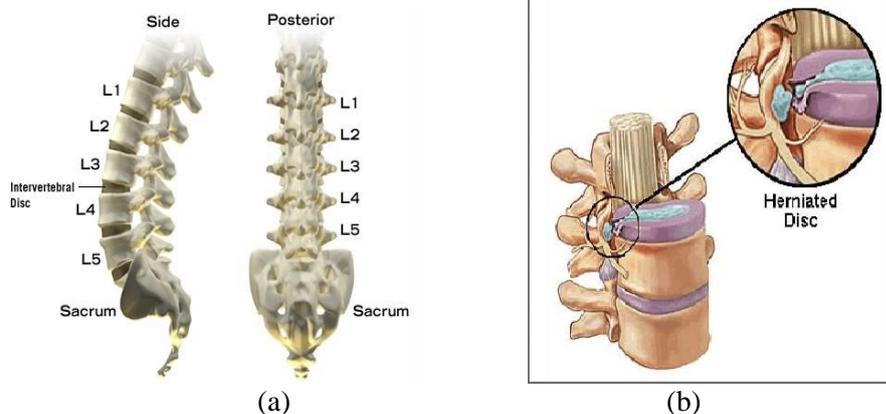
Biomekanika menyangkut tubuh manusia dan hampir semua tubuh makhluk hidup. Pendekatan biomekanika menitik- beratkan pada struktur tulang dan posisi pengangkatan, dimana struktur tulang terutama tulang belakang akan mengalami tekanan yang berlebihan ketika melakukan pengangkatan meskipun frekuensi jarang. Pendekatan biomekanika memandang tubuh manusia sebagai suatu system yang terdiri dari elemen-elemen yang saling berkait dan terhubung satu sama lain, melalui sendisendi dan jaringan otot yang ada (Wisudawati dan Djana, 2018).



Gambar 1. Model Biomekanika Tulang Belakang

F. Gaya Tekan L5/S1

Chaffin dan Andersson (1991) dalam penelitian Sanjaya et al (2017) menggambarkan tentang biomekanika statis pada tubuh ketika bekerja. Gambaran tersebut adalah perkiraan besarnya gaya tekan pada L5/S1 untuk suatu kegiatan Angkatan yang spesifik. Model ini dapat juga untuk memprediksi proporsi populasi yang akan mempunyai kekuatan pada masing-masing sambungan badan (Joint) untuk aktifitas angkat. (Sanjaya et al, 2017).



Gambar 2. (a) Struktur Tulang Belakang dan (b) Cidera yang terjadi pada tulang belakang

Dari bagian-bagian tulang belakang tersebut, maka bagian lumbar adalah bagian yang terpenting. Kemudian untuk mencapai keseimbangan tubuh pada aktivitas pengangkatan, momen pada L5/S1 tersebut diimbangkan gaya otot pada spinal erector (FM) yang cukup besar. Gaya otot pada pada spinal erector telah dirumuskan sebagai berikut :

$$FM = (ML5/S1 - D(FA))/E \text{ (Newton)} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

FM = Gaya otot pada spinal erector (newton)

E = Panjang lengan momen otot spinal erector dari L5/S1 (estimasi 0.05 m , Nurmi-anto,1996 dalam Prasetyawan 2015)

ML5/S1 = Momen resultan pada L5/S1

FA = Gaya perut (newton)

D = Jarak dari gaya perut ke L5/S1

Untuk mencari gaya perut (FA) maka perlu dicari tekanan perut (PA) dengan persamaan sebagai berikut.

$$PA = (10-4 (43 - 0,36 (\theta H))(ML5/S1)1,8) / 75 \dots\dots\dots(4)$$

$$FA = PA \times AA \text{ (newton)} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

PA = Tekanan perut

AA = Luas diafragma 465 cm²

θH = Sudut inklinasi perut

(Prasetyawan, 2015)

Sedangkan persamaan untuk mencari sudut α dan β adalah sebagai berikut.

$$\beta = -17,5 - 0,12 T + 0,23 K + 0,0012 TK + 0,005 T^2 - 0,00075 K^2 \dots\dots\dots(6)$$

$$\alpha = 40 \alpha + \beta \dots\dots\dots(7)$$

Model biomekanika statis dipengaruhi oleh tiga faktor yang tidak begitu dikenal (dia-baikan). Faktor-faktor tersebut adalah

- a. Kekuatan otot
- b. Puncak tekanan
- c. Gaya yang digunakan dalam angkat-angkut.

Jika dituliskan, menjadi persamaan berikut:

$$\sum M_{L5/S1} = 0 \dots\dots\dots(8)$$

$$ML5/S1 = \text{Momen badan} + \text{Momen benda} \dots\dots\dots(9)$$

$$= b m g bw + h m g load \dots\dots\dots(10)$$

$$\sum F_{COMP} = 0 \dots\dots\dots(11)$$

$$\cos \alpha mgbw + \cos \alpha mgload - FA + FM - FC = 0 \dots\dots\dots(12)$$

Semua nilai yang dihasilkan akan memperlihatkan besarnya gaya tekanan yang ditim-bulkam (FC). Persamaan dapat disesuaikan dengan kondisi yang demikian.

G. Fisiologi

Strategi Faal atau fisiologi adalah bidang kajian dalam ergonomi yang berhubungan dengan pengukuran energi yang terlibat dalam suatu pekerjaan. Dalam penentuan konsumsi energi biasanya digunakan suatu bentuk hubungan energi dengan kecepatan denyut jantung yaitu sebuah persamaan regresi kuadratis (Novariyanto, 2016). Dalam penentuan konsumsi energi biasanya digunakan suatu bentuk hubungan energi dengan kecepatan denyut jantung yaitu sebuah persamaan regresi kuadratis sebagai berikut: (Mas'idah, et al., 2009 dalam Novariyanto dan Suparti, 2016)

$$Y = 1,80411 - 0,0229038 X + 4,71733 \times 10^{-4} X^2 \dots\dots\dots(18)$$

Dimana

Y = Energi Expenditure (Kkal/menit)

X = Kecepatan denyut jantung/nadi (denyut/menit)

Setelah itu besaran denyut jantung disetarakan dalam bentuk matematis:

$$KE = Et - Ei \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

KE : Konsumsi Energi untuk suatu kegiatan tertentu (Kkal/min)

Et : Pengeluaran energi pada saat waktu kerja tertentu (Kkal/min)

Ei : Pengeluaran energi pada saat istirahat (Kkal/min)

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *NIOSH Lifting Equation*. Adapun langkah-langkah pemecahan masalah yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2 Langkah-Langkah dan Pemecahan Masalah

Gambar diatas merupakan langkah-langkah pemecahan masalah sesuai dengan metode *NIOSH Lifting Equation* menghitung Recommended Weight Limit, Lifting Index dan metode Biomekanika dengan menghitung Momen gaya otot spinal, dan tingkat konsumsi energi. Kemudian didapatkan hasil apakah pekerjaan menimbulkan risiko cedera yang signifikan. Apabila terdapat risiko cedera selanjutnya dilakukan perbaikan postur kerja dan sistem kerja sesuai rekomendasi dari masing-masing metode untuk mengurangi tingkat risiko cedera yang terjadi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

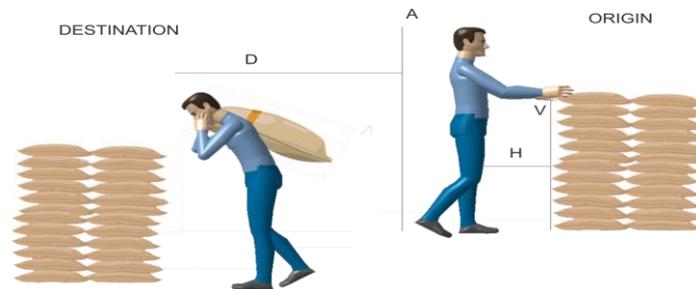
A. Pengumpulan Data

Tahap dalam pengolahan data nordic body map yaitu dengan membagikan dan pengisian kuesioner nordic body map kepada 20 orang. Setelah mendapatkan skor akhir dari keluhan sakit dari bagian tubuh pekerja, terlihat bahwa keluhan yang paling banyak dirasakan oleh para pekerja pada bagian punggung, dimana skor rasa sakit pada bagian punggung ini sebesar 74. Kemudian skor rasa sakit yang dialami oleh pekerja pada bagian pinggang dengan skor 72.

B. Pengolahan Data

1. Pengukuran Indeks Risiko Pengangkatan Menir ke Truk

Pekerjaan ini merupakan pekerjaan yang multitasking dimana jarak beban yang diangkat berbeda-beda dalam satu periode pengangkatan sehingga untuk menentukan risikonya harus memakai indeks pengangkatan gabungan yang sample nya diambil dari beberapa jarak beban yang berbeda.



Gambar 3. Pengangkatan Menir dari Truk

Hasil pengukuran ini meliputi jarak beban dengan tubuh (H), jarak beban dengan lantai (V), selisih jarak beban pada titik awal dan titik akhir (D), sudut pengangkatan antara pekerja dengan posisi beban (A), bentuk kemasan (C), frekuensi (F). Dapat dilihat hasil rekapitulasi pengukuran pada pekerja dalam tabel sebagai berikut:

Tabel I Rekapitulasi Data Pengukuran Pada Pekerja

Nama	Horizontal (H)		Vertikal (V)		Asymmetric Multiplier (AM)		Distance (D)	Coupling Multiplier (CM)	Frequency Multiplier (FM)
	Origin	Destination	Origin	Destination	Origin	Destination			
	Suparman	30	10	110	0	0			
Tresno	35	10	110	10	0	45	700	0,9	0,75
Subagio	40	10	110	20	0	45	700	0,9	0,75
Purnomo	32	10	110	30	0	45	700	0,9	0,75
Abdullah	38	10	110	40	0	45	700	0,9	0,75

Setiap tahap pengangkatan menir akan menghasilkan dua nilai yaitu pada titik awal pengangkatan (origin) dan titik akhir (destination). Hal tersebut berlaku pada pengukuran Horizontal (H), Vertical (V), dan Asymmetric Multiplier (AM). Untuk pengukuran Distance (D), setiap tahap pengangkatan menir akan menghasilkan diukur selisih jarak vertical antara titik awal pengangkatan dengan titik akhir.

2. Perhitungan Konversi Indeks Risiko Pengangkatan Menir dari Truk

Setelah melakukan pengukuran masing-masing indeks risiko dari pekerjaan pengangkatan menir beras pada pekerja, dilakukan perhitungan konversi indeks risiko pengangkatan berdasarkan NIOSH.

Tabel II Rekapitulasi Data Konversi Pengukuran Pada Pekerja

Nama	Horizontal Multiplier (HM)		Vertical Multiplier (VM)		Asymmetric Multiplier (AM)		Distance Multiplier (DM)	Coupling Multiplier (CM)	Frequency Multiplier (FM)
	Origin	Destination	Origin	Destination	Origin	Destination			
	Suparman	0,83	2,5	0,90	0,78	1			
Tresno	0,71	2,5	0,90	0,81	1	0,86	0,83	0,9	0,75
Subagio	0,63	2,5	0,90	0,84	1	0,86	0,83	0,9	0,75
Purnomo	0,78	2,5	0,90	0,87	1	0,86	0,83	0,9	0,75
Abdullah	0,66	2,5	0,90	0,90	1	0,86	0,83	0,9	0,75

Hasil pengukuran ini meliputi jarak beban dengan tubuh (H), jarak beban dengan lantai (V), selisih jarak beban pada titik awal dan titik akhir (D), sudut pengangkatan antara pekerja dengan posisi beban (A), bentuk kemasan (C), frekuensi (F). Berikut merupakan perhitungan nilai konversi indeks risiko pengangkatan berdasarkan NIOSH pada suparman (origin):

a. Horizontal Multiplier (HM)

$$\begin{aligned} HM &= 25/H \\ &= 25/30 \\ &= 0,83 \end{aligned}$$

b. Vertikal Multiplier (VM)

$$\begin{aligned} VM &= (1-0,003(V-75)) \\ &= (1-0,003(130-75)) \\ &= 0,84 \end{aligned}$$

c. Asymetric Multiplier (AM)

$$\begin{aligned} AM &= (1 - (0.0032 A)) \\ &= (1 - (0.0032 0)) \\ &= 1 \end{aligned}$$

d. Distance Multiplier (DM)

$$\begin{aligned} DM &= (0.82 + (45/D)) \\ &= (0.82 + (45/700)) \\ &= 0,83 \end{aligned}$$

3. Pengolahan data RWL/LI

Pada perhitungan pengangkatan ini digunakan metode RWL (*Recommended Wight Limit*) adalah nilai beban angkat yang disarankan untuk pekerjaan mengangkat beban. Tujuan untuk mencegah terjadinya cedera tulang belakang bagian bawah bagian pekerja dalam melakukan pengangkatan beban manual. *Lifting Index* (LI) Menyatakan nilai estimasi dari tingkat tegangan fisik tersebut, dinyatakan sebagai hasil bagi antara nilai beban angkatan (*load weight*) dengan nilai RWL.

$$\begin{aligned} \text{RWL Awal} &= LC \times HM \times VM \times AM \times DM \times FM \times CM \\ &= 23 \times 0.83 \times 0.90 \times 1 \times 0.83 \times 0.75 \times 0.9 \\ &= 9,57 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RWL Akhir} &= LC \times HM \times VM \times AM \times DM \times FM \times CM \\ &= 23 \times 2,5 \times 0.78 \times 0,86 \times 0.83 \times 0.75 \times 0.9 \\ &= 21,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lifting Index} &= L/\text{RWL} \\ &= 50/21,37 \\ &= 2,35 \end{aligned}$$

Karena $LI > 1$, maka dapat disimpulkan bahwa pada nomor pengangkatan 1 berisiko terjadinya cedera pada tubuh. Maka perlu dilakukan perbaikan postur kerja agar dapat mengurangi tingkat risiko terjadinya cedera pada pekerja. Berikut rekapitulasi hasil perhitungan RWL dan LI pada semua pekerja:

Tabel III Rekapitulasi Hasil Perhitungan RWL dan LI

Nama	RWL awal	RWL akhir	LI
Suparman	9,57	21,3	2,35
Tresno	8,20	22,1	2,26
Subagio	7,18	22,9	2,18
Purnomo	8,97	23,8	2,11
Abdullah	7,55	24,6	2,03

Dari tabel 5 diatas dapat diketahui bahwa nilai LI yang dihasilkan melebihi batas standar yang ditetapkan yakni $LI < 1$. Dengan hasil tersebut, maka pekerjaan mengangkat menir beras yang dilakukan pekerja memiliki risiko cidera.

4. Fisiologi (Pengukuran Denyut Jantung dan Konsumsi Energi)

Dalam perhitungan ini berdasarkan pada hasil pengukuran denyut jantung pada pekerja, saat sebelum melakukan kerja dan sesudah melakukan kerja. Sedangkan hasil perhitungan konsumsi energi diperoleh berdasarkan pada masing-masing hasil pengukuran denyut jantung pada masing-masing pekerja. Berikut merupakan hasil pengukuran denyut jantung pada pekerja, saat sebelum dan sesudah melaksanakan pekerjaan.

Tabel IV Perhitungan Denyut Jantung

Nama	Denyut jantung awal	Denyut Jantung Akhir
Suparman	108	133
tresno	107	132
Subagio	101	133
Purnomo	103	135
Abdulloh	109	136

Dalam hasil terlihat bahwa denyut jantung akhir lebih besar dibandingkan denyut jantung awal, ini disebabkan karena denyut jantung akhir dihitung setelah pekerja melakukan aktivitasnya kembali sehingga kondisi fisik dalam keadaan bekerja secara maksimal. Berdasarkan data pengukuran denyut jantung tersebut dapat dihitung Energi Expenditure awal oleh pekerja Suparman dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y1 = 1,80411 - 0,0229038 (X) + 4,7173 \cdot 10^{-4} \cdot (X)^2$$

$$Y1 = 1,80411 - 0,0229038 (108) + 4,7173 \cdot 10^{-4} \cdot (108)^2$$

$$Y1 = 4,833$$

Energi Expenditure akhir pada pekerja Suparman

$$Y2 = 1,80411 - 0,0229038 (X) + 4,7173 \cdot 10^{-4} \cdot (X)^2$$

$$Y2 = 1,80411 - 0,0229038 (133) + 4,7173 \cdot 10^{-4} \cdot (133)^2$$

$$Y2 = 7,102$$

Konsumsi Energi pada pekerja Suparman

$$KE = Y2 - Y1$$

$$KE = 7,102 - 4,833$$

$$KE = 2,270$$

Perhitungan energi Expenditure dan konsumsi energi pada pekerja yang lainnya dapat dilihat pada lampiran. Hasil perhitungan energi Expenditure dan konsumsi energi dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel V Energi Expenditure dan Konsumsi Energi

Nama	Energi Expenditure Awal	Energi Expenditure Akhir	Konsumsi Energi
Suparman	4,833	7,102	2,270
tresno	4,754	7,000	2,246
Subagio	4,303	7,102	2,799
Purnomo	2,668	5,528	2,860
Abdulloh	3,108	5,610	2,502

Berdasarkan tabel diatas hasil konsumsi energi oleh pekerja melebihi batas standar konsumsi energi normal. Sebagai dasar, bahwa batas standar energi seorang pria adalah 1,2 kkal/mnt. Sehingga jika melebihi batas konsumsi energi tersebut, maka pekerja akan mengalami kelelahan.

5. Biomekanika

Dalam pengukuran momen gaya yang dihasilkan oleh pekerja ini berdasarkan beberapa hal diantaranya adalah seperti pada tabel 8. pengukuran momen gaya ini bertujuan untuk mengetahui apakah momen gaya yang dihasilkan pekerja pada pekerjaan mengangkut menir beras melebihi batas yang ditetapkan atau tidak. Berikut merupakan pengumpulan data untuk perhitungan momen gaya pada pekerja:

Tabel VI Data Pengamatan Momen Gaya Pada

Nama	D (cm)	w (N)	h (cm)	b (cm)	E (cm)	W (N)	Oh (°)
Suparman	10	570	30	15	5	500	45
tresno	12	650	35	17	5	500	45
Subagio	11	550	40	16	5	500	45
Purnomo	13	550	35	17	5	500	45
Abdulloh	12	740	30	16	5	500	45

Keterangan:

b = L5 / S1 ke pusat massa

w = berat badan x gravitasi (57kg x 10)

h = jarak sumbu pusat ke massa beban

E = jarak dari otot spinal erector ke L5/S1 (0,05 m)

W= berat beban x gravitasi (50kg x 10)

D = jarak dari gaya perut FA ke L5/S1

θh = sudut tubuh pengangkatan beban

Berdasarkan data-data tersebut, untuk menentukan besaran gaya tekan (Fc) L5/S1 maka terdapat beberapa tahapan perhitungan diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Menghitung ML5/S1

ML5/S1 = Momen badan + Momen benda

$$= b m g bw + h m g load$$

$$= (0,15 \times 57 \times 10) + (0,30 \times 50 \times 10)$$

$$= 235,5 \text{ N}$$

b. Menghitung nilai β dan α

$$\beta = -17,5 - 0,12 T + 0,23 K + 0,0012 TK + 0,005 T^2 - 0,00075 K^2$$

$$= -17,5 - 0,12 T + 0,23 (102) + 0,0012 (102)(167) + 0,005 (102)^2 - 0,00075 (167)^2$$

$$= 60,21^\circ$$

$$\alpha = 40^\circ + \beta$$

$$= 40^\circ + 60,21^\circ$$

$$= 100,21$$

c. Menghitung Tekanan Perut (PA)

$$PA = (10^{-4} (43 - 0,36 (\theta H))(ML5/S1)1,8) / 75$$

$$= (10^{-4} (43 - 0,36 (45))(235,5)1,8) / 75$$

$$= 0,66 \text{ N/cm}^2$$

d. Menghitung Gaya Perut (FA)

$$FA = PA \times AA$$

$$= 0,66 \text{ N/cm}^2 \times 465 \text{ cm}^2$$

$$= 309,11 \text{ N}$$

e. Menghitung gaya spinal erektor (Fm)

$$\begin{aligned} FM &= (b \ m \ g \ bw + h \ m \ g \ load - D(FA)) / E \\ &= (15 \times 57 \times 10 + 30 \times 50 \times 10 - 10(309,11)) / 5 \\ &= 4091,78 \text{ N} \end{aligned}$$

f. Menghitung gaya tekan ML5/S1 (Fc)

$$\begin{aligned} FC &= (\text{Cos } \alpha \ m \ g \ bw) + (\text{Cos } \alpha \ m \ g \ load) - FA + FM \\ &= (\text{Cos } 100,21 \times 57 \times 10) + (\text{Cos } 100,21 \times 50 \times 10) - 309,11 + 4091,78 \\ &= 7957,07 \text{ N} \end{aligned}$$

Perhitungan diatas dilakukan pada pekerja Suparman, dan untuk perhitungan pekerja yang lainnya dapat dilihat pada lampiran. Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan hasil momen gaya tekan ML5/S1 sebesar 7957,07, dimana hasil tersebut melebihi batas maksimum gaya tekan ML5/S1 normal sebesar 6500 N. Dengan hasil tersebut, maka pekerjaan yang dilakukan pekerja Suparman memiliki risiko cidera. Rekapitulasi hasil perhitungan pekerja lainnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel VII Rekapitulasi Hasil Perhitungan Momen Gaya

PA	FA	FM	FC
0,66	309,11	4091,78	7957,07
0,94	437,14	3660,87	9857,81
0,95	444,05	3733,09	12408,23
0,84	391,40	3692,35	12420,13
0,84	391,14	3771,26	12499,31

Berdasarkan tabel diatas didapatkan hasil momen gaya tekan ML5/S1 melebihi batas maksimum gaya tekan ML5/S1 normal sebesar 6500 N. Dengan hasil tersebut, maka pekerjaan yang dilakukan pekerja Suparman memiliki risiko cidera.

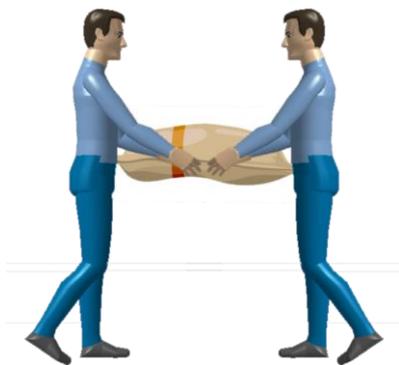
6. Usulan Perbaikan Postur Kerja

Rata-rata berat beban beras menir yang diangkat para pekerja adalah sebesar 50 kg setiap kali pengangkatan dengan berat maksimal juga sebesar 50 kg karena paket beras yang dikemas dalam setiap karungnya adalah 50 kg. berat beban 50 kg tentu saja sudah melebihi konstanta NIOSH. sehingga berat beban yang melebihi dua kali lipat standart Niosh ini menjadi salah satu faktor tingginya indeks risiko pengangkatan.

Upaya perbaikan atau modifikasi ergonomi pada beban yang diterima oleh pekerja akan menjadi salah satu faktor kunci untuk membuat indeks resiko pengangkatan pada pengangkatan beras menir kurang dari satu. Oleh sebab itu, salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi beban pekerja dalam masalah berat ini adalah dengan melakukan team handling yaitu dengan mengangkat beban berdua sehingga beban yang diangkat dapat berkurang karena berat beban akan terbagi.

$$LI = L/RWL > LI = (L/2)/RWL$$

Dengan melakukan team handling yaitu dengan mengangkat beban berdua sehingga beban yang diangkat dapat berkurang karena berat beban akan terbagi.



Gambar 4. Perbaikan Postur Kerja dengan *Team Handling*

Perbaikan Jarak Beban Dengan Tubuh (Horizontal multiplier) dengan mendekatkan tubuh dengan beban, pengendalian ini juga tidak akan mengganggu produktivitas dan tidak berhubungan dengan faktor lain. Dengan menjadikan jarak beban dengan tubuh $H < 25\text{cm}$ maka nilai perhitungan NIOSH menjadi $HM = 1.00$, akan tetapi masih dibutuhkan intervensi pada faktor lain supaya indeks risiko pengangkatan menjadi kurang dari 1.

Perbaikan Sudut Pengangkatan Antara Pekerja Dengan Posisi Beban (Asymmetric Multiplier) yang dapat dilakukan untuk menghindari terjadinya sudut pengangkatan adalah pekerja harus melakukan pemindahan benda secara benar yaitu tidak hanya menggerakkan tulang belakang tetapi seluruh tubuh dalam pengangkatan. Sehingga diharapkan pekerja sebisa mungkin melakukan manual lifting dengan $A = 0^\circ$.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis nilai Lifting Indeks pada pekerja dengan beban yang diangkat seberat 50 kg pada kondisi awal nilai masing-masing Lifting Indeks pada pekerja adalah 2,35; 2,26; 2,18; 2,11; 2,03. Nilai tersebut sangat berisiko menyebabkan cedera tulang belakang. Sedangkan setelah perbaikan sistem kerja pada masing-masing pekerja adalah 0,99; 0,95; 0,92; 0,88; 0,85. Penurunan nilai lifting indeks yang terjadi dapat mengurangi risiko cedera tulang belakang. Memodifikasi beban yang diterima oleh pekerja menjadi salah satu faktor kunci untuk membuat indeks risiko pengangkatan kurang dari satu. Oleh sebab itu, cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi beban pekerja dalam masalah berat ini adalah dengan mendesain ulang kemasan dengan mengikuti standard yang direkomendasikan NIOSH atau melakukan team handling yaitu mengangkat beban berdua sehingga beban yang diangkat dapat berkurang karena berat beban akan terbagi.

DAFTAR PUSTAKA

- A Abdurrahman, (2019). "Studi Tentang Aspek Ergonomi pada Pengetesan Dispersi Divisi Quality Control di PT.XY", Jurnal Sains, Teknologi dan Industri Universitas Brawijaya.
- Angrayni, Ayu., (2018). "Analisis Postur Kerja Manual Handling pada Aktivitas Pemindahan Pallet Menggunakan Rappid Upper Limb Activity (RULA) di PT. Alam Permata Riau", Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, Vol. 15, No. 2, Juni 2018, pp.77-86.
- Ariani, Rahmadiana., (2016). "Hazard Identification And Risk Assessment (HIRA) Sebagai Upaya Mengurangi Risiko Kecelakaan Kerja Dan Risiko Penyakit Akibat Kerja Di Bagian Produksi PT. Iskandar Indah Printing Textile Surakarta", Skripsi Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Cahyawati, Amanda., (2018). "Analisis Manual Handling pada Pengangkatan Batu Bata Dengan Lifting Index ", Jurnal Teknologi dan Rekayasa, Universitas Brawijaya.
- Basuki, Kurniawan., (2015). "Faktor Risiko Kejadian Carpal Tunnel Syndrome (CTS) pada pekerja pemetik melati di Desa Karangcengis, Purbalingga", Jurnal Promosi Kesehatan Indonesia, Vol.3, No.1.
- Devi Tiara, Purba Imelda G, dan Lestari Mona ., (2017). "Faktor Risiko Keluhan Musculoskeletal Disorders (Msds) Pada Aktivitas Pengangkutan Beras Di PT Buyung Poetra Pangan Pegayut Ogan Ilir", Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat, 8(2):125-134.
- Daniar Eva dan Leksonowati., (2018), "Analisis Efektifitas Kerja Pengangkatan Beban Pada Bagian Pengantongan Di PT. Pupuk Krueng Geukuh", Jurnal Teknik Industri, Vol 6, No. 2.
- Evadarianto Nurdian dan Dwiyantri Endang., (2017). "Postur Kerja Dengan Keluhan Musculoskeletal Disorders Pada Pekerja Manual Handling Bagian Rolling Mill", Journal Of Occupational Safety and Health. Vol. 6. No. 1:97-106.
- Fajriany Nur dan Dahlan Maarifah., (2018). "Faktor yang Berhubungan dengan Keluhan Otot dan Tulang pada Pekerja Pemintalan Tali di Dusun Lambe Desa Karama Kecamatan Tinambung Kabupaten Polewali Mandar", Jurnal Kesehatan, Vol. 4, No. 2.
- Hawarian, Sunni., (2016), "Hubungan Karakteristik Individu Dan Frekuensi Angkut Dengan Terjadinya Nyeri Pinggang Pada Pekerja Bagian Gudang Hasil Produksi Pabrik Gula Kwala Madu Ptpn Ii", Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara Medan.

- Imron, Mochamad., (2019). “Analisis Tingkat Ergonomi Postur Kerja Karyawan di Laboratorium KCP PT. Stelindo Wahana Perkasa dengan Metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA)”, Jurnal Teknik Industri, Vol. 2, No. 2.
- Joanda Alfian dan Suhardi Bambang., (2017). “Analisis Postur Kerja dengan Metode REBA untuk Mengurangi Risiko Cidera Pada Operator Mesin Binding di PT. Solo Murni Boyolali”, Seminar dan Konferensi Nasional IDEC.
- Lumunon Steicy, Sengkey Lidwina, dan Angliadi Engeline ., (2015). “Hubungan Gerakan Berulang Lengan Dengan Terjadinya Nyeri Bahu Pada Penata Rambut Di Salon”, Jurnal e-Clinic (eCI), Vol.3, No.3.
- Novariyanto, Frisma., (2016), “Analisis Pengangkatan Beban Air Galon dengan Pendekatan Fiologi dan Biomekanika”, Jurnal Teknik Industri.
- Ramdhani, Dani., (2017), “Analisis Postur Kerja Pengrajin Handycraft menggunakan Nordic Body Map dan Metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA)”, Jurnal Teknik Industri.
- Rubiwanto (2016), “Penilaian Tingkat Resiko Ergonomi Pada Pekerjaan Mengangkat Dengan Niosh Lifting Equation Di Pasar Induk Cipinang Tahun 2016”, Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Sanjaya, Wahyu., (2017), “ Rancangan Alat Bantu untuk Meminimasi Gaya Tekan pada Lempeng Tulang Belakang Bagian Bawah (L5/S1), Jurnal Teknik Industri.
- Samara, Diana., (2017), “Nyeri musculoskeletal pada leher pekerja dengan posisi pekerjaan yang statis”, Jurnal Kedokteran, Vol.26, No.3.
- Wisudawati Eli dan Djana., (2018), “Hubungan Postur Kerja dengan Keluhan Muskuloskeletal pada Pekerja di PT. Maruki Internasional Indonesia Makassar”, Skripsi. Fakultas Kedokteran Masyarakat Universitas Hasanudin Makassar.
- Zeki Muhammad, Iskandar Iskandar, dan Iqbal Mohd., (2019). “Analisis Efektifitas Kerja Pengangkutan Beban pada bagian Pengantongan di PT. Pupuk Krueng Geukeh”, Jurnal Teknik Industri, Vol. 8, No. 2.