

ANALISIS MANUAL MATERIAL HANDLING DALAM MENGGANGKAT BAHAN BAKU DENGAN MENGGUNAKAN METODE PENDEKATAN BIOMEKANIKA KERJA (ERGONOMI) DI PT. XYZ

Ade Andika Saputra¹⁾, Wahyudin Wahyudin²⁾, Billy Nugraha³⁾

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

email: adeandika0405@gmail.com

Abstrak

Abstrak: Permasalahan yang sedang terjadi mengenai manual *material handling*, sebagai berikut: penanganan, pemindahan, pengepakan, penyimpanan dan pengawasan terhadap suatu objek. Hal ini dapat memengaruhi proses produksi perusahaan. Tujuan dari penelitian ini untuk melakukan pemberian usulan sistem kerja saat aktivitas manual *material handling*. Berupa pengangkatan dan pemindahan *thiner* di *departement warehouse* PT. XYZ. Metode dalam penelitian ini biomekanika kerja dengan menggunakan formulasi NIOSH untuk mengetahui nilai RWL serta Li. Selain itu dapat dijadikan sebagai indikator aktivitas yang memiliki resiko. Hal ini dilanjutkan dengan penambahan alat bantu seperti *hand pallet* dan melakukan analisis pada kondisi fisik pekerja. Hal tersebut berdasarkan konsumsi energi saat aktivitas manual *material handling*. Hasil evaluasi dapat diketahui bahwa nilai *lifting index* masing-masing pekerja adalah: Responden 1 (0,913), Responden 2 (0,958), Responden 3 (0,913), Responden 4 (0,913) dan Responden 5 (0,958). Masing-masing mengalami penurunan jika dibandingkan nilai *lifting index* sebelumnya. Kemudian nilai yang dikeluarkan setelah adanya perbaikan mengalami penurunan. Sehingga nilai KE adalah: Responden 1 (0,182511 kkal), Responden 2 (0,808563 kkal), Responden 3 (0,642091 kkal), Responden 4 (0,855948 kkal) dan Responden 5 (0,931425 kkal).

Kata kunci: Biomekanika, NIOSH, RWL, *Lifting index*

Abstract: Current problems regarding manual material handling are as follows: handling, moving, packing, storing and controlling on object. This can affect the company's production process. The purpose of this study is to provide a work system suggestion during manual material handling activities. In the form of appointment and transfer of thinners in the warehouse department of PT. XYZ. The method in this research is work biomechanics using the NIOSH formulation to determine the RWL and Li values. Besides that, it can be used as an indicator of activities that have risks. This is followed by the addition of tools such as hand pallets and analyzing the physical condition of the workers. This is based on energy consumption during manual material handling activities. The results of the evaluation show that the lifting index value for each worker is: Respondent 1 (0.913), Respondent 2 (0.958), Respondent 3 (0.913), Respondent 4 (0.913) and Respondent 5 (0.958). Each of them has decreased when compared to the value of the previous lifting index. Then the value issued after the improvement has decreased. So the value of KE is: Respondent 1 (0.182511 kcal), Respondent 2 (0.808563 kcal), Respondent 3 (0.642091 kcal), Respondent 4 (0.855948 kcal) and Respondent 5 (0.931425 kcal).

Keywords: Biomechanics, NIOSH, RWL, *Lifting index*

PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang produksi interior yang berkualitas untuk perumahan, instansi lembaga pemerintahan dan perusahaan.

PT. XYZ terdiri dari beberapa departemen yang saling terintegrasi dan secara terpadu berusaha untuk mewujudkan tujuan perusahaan. Dalam menjalankan rantai produksinya, PT. XYZ membuat perencanaan dan pengendalian barang

logistik pada bagian *warehouse* dengan baik dan benar. Sehingga pergerakan barang dan waktu penyimpanan dapat efektif dan efisien. Namun sangat disayangkan ketika manajemen *warehouse* sudah baik namun belum ditunjang oleh fasilitas *material handling* yang dapat memadai. Banyak pekerja disana yang mengeluh akan kesehatannya. Hal ini dikarenakan banyaknya aktivitas pengangkatan dan pemindahan barang secara manual, contoh: *Thiner* (20 kg/lit).

Menurut *American Material Handling Society* bahwa *material handling* dinyatakan sebagai seni dan ilmu yang meliputi penanganan (*handling*), pemindahan (*moving*), pengepakan (*packaging*), penyimpanan (*storing*) dan pengawasan (*controlling*) dari *material* dengan segala bentuknya (Corllet, 1987).

Biomekanika adalah disiplin ilmu yang mengintegrasikan faktor-faktor yang memengaruhi gerakan manusia. Hal ini diambil dari pengetahuan dasar seperti: fisika, matematika, kimia, fisiologi, anatomi dan konsep rekayasa untuk menganalisis gaya yang terjadi pada tubuh (Nurmianto, 2004). Biomekanika merupakan ilmu yang membahas aspek-aspek mekanika gerakan-gerakan tubuh manusia (Waters, 1996). Biomekanika adalah kombinasi antara keilmuan mekanika, antropometri dan dasar ilmu kedokteran (biologi dan fisiologi). Dalam dunia kerja yang menjadi perhatian adalah kekuatan kerja otot yang tergantung pada posisi anggota tubuh yang bekerja. Arah gerakan kerja dan perbedaan kekuatan antar bagian tubuh. Selain itu juga kecepatan dan ketelitian serta daya tahan jaringan tubuh terhadap beban (Wignjono, 1996).

Dari beberapa pengertian di atas maka dapat disimpulkan, bahwa biomekanika mencoba memberikan pemahaman atau gambaran terhadap aktivitas yang dilakukan oleh pekerja. Hal ini digunakan untuk memberikan solusi guna meminimumkan gaya dan momen yang

diberikan pada pekerja, agar tidak terjadi kecelakaan kerja (Chaffin, 1973).

Penelitian yang dilakukan oleh Imelia Rizki Lestari, Rino Andias Nugraha dan Muhammad Iqbal: Perumusan rekomendasi disusun berdasarkan pengolahan data, analisis data, dan diskusi dengan pihak perusahaan yang bertujuan untuk memaksimalkan proses oksidasi enzimatis. Rekomendasi yang diberikan adalah desain perancangan *material handling equipment* dengan jenis *industrial truck* khususnya *four-wheel hand truck* yang disesuaikan dengan ketentuan dalam proses oksidasi enzimatis (Lestari, Nugraha, & Iqbal, 2016).

Penelitian yang dilakukan oleh Mochamad Nuri Affa dan Boy Isma Putra: Dari proses manual *material handling* yang menimbulkan gejala *musculoskeletal disorder* harus dilakukan penyelesaian secara teknis untuk meminimalkan dampak yang timbul tidak ada pekerja (Affa & Putra, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh Merry Siska dan Septi Ayu Angrayni: Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data terhadap 10 postur tubuh operator didapatkan hasil sebagai berikut: Postur tubuh pertama, ke tiga, ke lima, ke enam, ke tujuh, dan ke sembilan dengan skor akhirnya yaitu 4 dan nilai *action level* 2, artinya yaitu kondisi ini berbahaya sehingga pemeriksaan dan perubahan diperlukan dengan segera saat itu juga. Postur tubuh ke dua, ke delapan, dan ke sepuluh dengan skor akhir 4 dan *action level* 2, artinya yaitu aktivitas ini memerlukan pemeriksaan lanjutan dan juga memerlukan perubahan-perubahan terhadap postur tubuh tersebut. Postur tubuh ke empat dengan skor akhir 2 dan *action level* 1, artinya postur ini bisa diterima jika tidak dipertahankan atau tidak berulang dalam periode yang lama (Siska & Angrayni, 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Eli Mas'idah, Wiwiek Fatmawati dan Lazib Ajibta: pada hasil penelitian nilai *lifting index* (LI) dengan massa beban 75 kg pada

kondisi awal nilai LI rata-rata adalah 5,52, nilai tersebut sangat ekstrim dan sangat beresiko menyebabkan cedera tulang belakang. Setelah dilakukan perbaikan sistem kerja pada nilai LI rata-rata diperoleh 2,8, nilai LI setelah perbaikan masih dalam batas toleransi. Nilai konsumsi energi kondisi awal rata-rata adalah 2,31. Hal ini menunjukkan konsumsi energi oleh para pekerja termasuk kategori beban kerja yang sangat berat. Setelah perbaikan sistem kerja konsumsi energi oleh pekerja angkat tersebut menjadi menurun yaitu 1,16, hal ini menunjukkan pekerjaan tersebut dalam kategori beban kerja sedang dan pekerja tersebut tidak cepat mengalami kelelahan (Mas'idah, Fatmawati, & Ajibta, 2009).

Penelitian yang dilakukan oleh Dede Muslim dan Anita Ilmaniati: hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jarak lintasan material pada lantai produksi dengan *layout* yang baru berubah menjadi 71,7 meter, dengan ongkos *material handling*/meter berkurang dari Rp.1,105,954 menjadi Rp.712,402 atau berkurang sebesar 35% (Muslim & Ilmaniati, 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Baried Yuliar, Hendro Prasetyo dan Rispianda: aspek-aspek yang diperhatikan dalam perancangan ini adalah aspek kekuatan *material*. Agar dapat menahan beban yang diangkat dan perbaikan postur tubuh agar beban tubuh yang diterima operator menjadi berkurang (Yuliar, Prasetyo, & Rispianda, 2013).

Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Nur dan Ario Dariatma: setelah dilakukan perancangan ulang troli dorong diperoleh indeks beban postur pekerja kegiatan mengangkat sebesar 4, membawa sebesar 5 dan meletakkan sebesar 4. Postur dengan lebih dari 10 menit dan indeks beban postur 5 atau kurang. Kategori postur ini dapat diterima dan tidak ada tindakan perbaikan yang dibutuhkan (Nur & Dariatma, 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Bintari, Evi Nopiyanti dan Agus Joko Susanto:

hasil penelitian, diketahui bahwa tingkat risiko dari 4 jenis pekerjaan *erection pumping*, 2 pekerjaan termasuk kategori risiko sedang skor (3-4) dan 2 pekerjaan lainnya termasuk kategori tinggi skor (5-6). Oleh karena itu, untuk mengurangi risiko ergonomi pada pekerja, sebaiknya melakukan perbaikan desain tempat kerja dan melakukan peregangan otot sebelum dan sesudah bekerja (Bintari, Nopiyanti, & Susanto, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh Amanda Nur Cahyawati: dari hasil pengamatan didapatkan nilai *lifting index* sebesar 2,029 untuk *origin* dan 1,530 untuk *destination* dimana nilai *lifting index* > 1. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pekerjaan tersebut dapat menyebabkan risiko cidera. Karena berat beban melebihi batas pengangkatan (Cahyawati, 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Mushtofa As'Adi, Anita Dewi Prahastuti Sujoso dan Irma Prasetyowati: hasil analisis data menunjukkan ada hubungan antara umur ($p = 0,00001$), dan status gizi (IMT) ($p = 0,041$), dengan keluhan muskuloskeletal akibat kerja. Sedangkan kebiasaan merokok ($p = 0,249$ dan masa kerja ($p = 0,170$) menunjukkan tidak ada hubungan dengan keluhan muskuloskeletal karena pekerjaan, dan untuk bahan panduan penanganan (MMH) ($p = 0,018$) dengan menggunakan metode RWL dan Li pengukuran ditunjukkan ada hubungan antara manual *material handling* dengan keluhan muskuloskeletal akibat kerja (As'Adi, Sujoso, & Prasetyowati, 2014).

Tujuan dari penelitian ini untuk melakukan pemberian usulan sistem kerja saat aktivitas manual *material handling*. Berupa pengangkatan dan pemindahan *thiner* di *departement warehouse* PT. XYZ. Berdasarkan penelitian yang dilakukan terdapat bahwa limit pengangkatan beban yang dapat diproses oleh pekerja. Khususnya dalam melakukan kegiatan manual *material handling* yang kemudian akan dilakukan pengujian lebih lanjut menggunakan *lifting index* (Li). Jika

terdapat pekerja yang menyatakan bahwa nilai $Li < 1$ maka pekerjaan tersebut dikatakan aman. Jika didapatkan nilai $Li > 1$ maka pekerjaan tersebut membahayakan dan beresiko mengalami cedera tulang belakang (*musculoskeletal disorder*). Maka permasalahan yang sedang terjadi mengenai manual *material handling*, sebagai berikut: penanganan, pemindahan, pengepakan, penyimpanan dan pengawasan terhadap suatu objek. Hal ini dapat memengaruhi proses produksi perusahaan.

METODE PENELITIAN

Pengamatan dilakukan pada pekerja di PT. XYZ pada bagian *departement warehousing*, yang melakukan pengangkatan dan pemindahan *thiner* dengan berat beban 20 kg/drum. Alat yang digunakan untuk pengujian denyut nadi masih menggunakan teknik manual, yaitu dengan menekan bagian nadi di pergelangan tangan. Selain itu ditunjang dengan *stopwatch* dan alat ukur meteran.

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui beban maksimal yang diangkat oleh pekerja di bagian *departement warehousing*. Momen gaya, konsumsi energi dan denyut nadi yang digunakan sebagai penentuan batas maksimal yang dapat diangkat oleh pekerja. Berikut beberapa dokumentasi pekerja yang melakukan pengangkatan dan pemindahan secara manual. Seperti pada Gambar 1., Gambar 2. dan Gambar 3. di bawah ini:



Gambar 1. Aktivitas Pengangkatan (1)

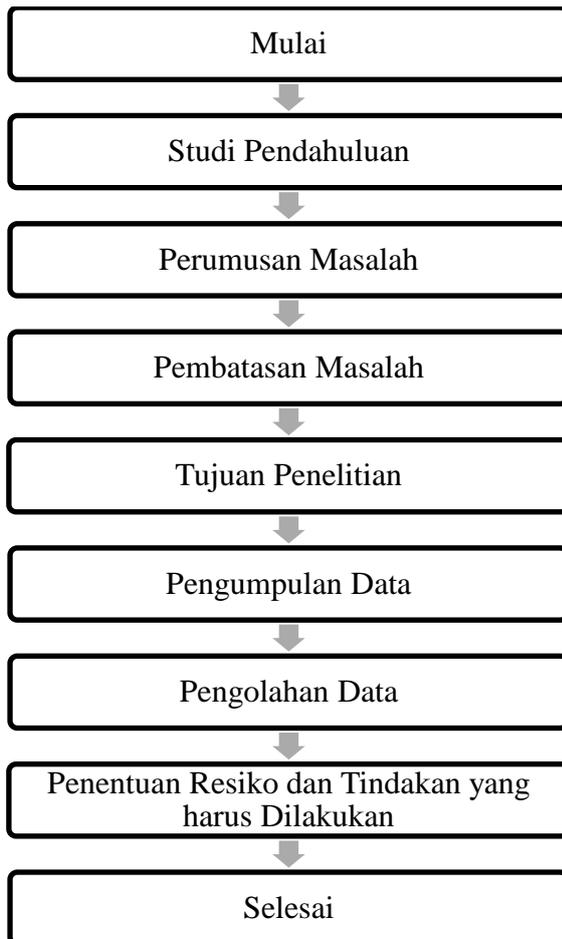


Gambar 2. Aktivitas Pengangkatan (2)



Gambar 3. Aktivitas Pengangkatan (3)

Kerangka pemecahan masalah pada penelitian ini dalam bentuk *flowchart*. Dengan tujuan agar terlihatnya aktivitas atau tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini Seperti pada Gambar 4. di bawah ini:



Gambar 4. Kerangka Pemecahan Masalah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini data pengamatan yang didapatkan oleh pekerja di PT. XYZ pada bagian *departement warehousing*, dengan kegiatan pengangkatan dan pemindahan *thiner*:

1. Data ciri-ciri fisik pada pekerja, berikut pada Tabel 1. di bawah ini:

Tabel 1. Data Ciri-Ciri Fisik pada Pekerja

Nama	Usia	Tinggi	Berat
Responden 1	31	165 cm	48 kg
Responden 2	32	170 cm	73 kg
Responden 3	34	168 cm	54 kg
Responden 4	25	167 cm	85 kg
Responden 5	40	155 cm	57 kg

2. Data pengamatan proses pengangkatan *thiner* yang dilakukan oleh pekerja, berikut pada Tabel 2. di bawah ini:

Tabel 2. Data Ciri-Ciri Fisik pada Pekerja

Nama	H	V	D	A	Fm	Cm
Responden 1	60	40	60	45	0,9	1
Responden 2	50	40	60	45	0,9	1
Responden 3	50	40	60	45	0,9	1
Responden 4	40	40	60	45	0,9	1
Responden 5	60	40	60	45	0,9	1

Keterangan:

H : Jarak horisontal, dihitung dari beban sampai tulang lengan yang berlawanan arah dengan posisi badan.

V : Jarak vertikal, dihitung dari dasar lantai sampai dengan permukaan atas bak truk yang bersentuhan langsung dengan beban.

D : Jarak $A_0 - A_1$, Dihitung dari permukaan atas meja sampai dengan penurunan beban.

A : Sudut assimetrik, sudut tubuh pada saat pengangkatan beban.

Fm : Frekuensi 4 pengangkatan/menit, dari tabel pengaluan frekuensi.

Cm : Tabel *coupling multiplier* $V > 75$ cm kategori *poor*.

3. Data denyut nadi setiap pekerja, berikut pada Tabel 3. di bawah ini:

Tabel 3. Data Denyut Nadi setiap Pekerja

Nama	Denyut Nadi Awal (pulse/menit)	Denyut Nadi Akhir (pulse/menit)
Responden 1	110	130
Responden 2	115	135
Responden 3	105	136
Responden 4	110	132
Responden 5	117	138

4. Data pengamatan momen gaya pekerja, berikut pada Tabel 4. di bawah ini:

Tabel 4. Data Ciri-Ciri Fisik pada Pekerja

Nama	D	w	h	b	E	W	OH
Responden 1	9	480	8	4	5	200	45
Responden 2	9	730	8	4	5	200	45
Responden 3	9	540	8	4	5	200	45
Responden 4	9	850	8	4	5	200	45
Responden 5	9	570	8	4	5	200	45

Keterangan:

D : Jarak dari gaya perut.

w : Berat badan x gravitasi.

h : Jarak sumbu pusat ke massa beban.

b : L5/S1 ke pusat massa beban.

E : Jarak otot *spical erector* ke L5/S1.

W : Berat beban x gravitasi.

OH : Sudut tubuh pengangkatan beban.

5. Data perhitungan hasil *recommend weight limit* (RWL) sebelum dan sesudah perbaikan, berikut pada Tabel 5. dan 6. di bawah ini:

Tabel 5. Hasil *Recommend Weight Limit* (RWL) Sebelum Perbaikan

Nama	H	V	D	A	Fm	Cm	HM	VM	AM	DM	FM	CM	LC	RWL
Responden 1	60	40	60	45	0,9	1	0,4	1,07	0,85	0,89	0,9	1	23	7,103369
Responden 2	50	40	60	45	0,9	1	0,5	1,07	0,85	0,89	0,9	1	23	8,524043
Responden 3	50	40	60	45	0,9	1	0,5	1,07	0,85	0,89	0,9	1	23	8,524043
Responden 4	40	40	60	45	0,9	1	0,6	1,07	0,85	0,89	0,9	1	23	10,65505
Responden 5	60	40	60	45	0,9	1	0,4	1,07	0,85	0,89	0,9	1	23	7,103369

Dari perhitungan tersebut didapat bahwa pekerjaan pemindahan dan pengangkatan *thiner* yang dilakukan oleh pekerja PT. XYZ memiliki rekomendasi batas pengangkatan beban

sebesar: Responden 1 (7,103 kg), Responden 2 (8,524 kg), Responden 3 (8,524 kg), Responden 4 (10,655 kg) dan Responden 5 (7,103 kg).

Tabel 6. Hasil *Recommend Weight Limit* (RWL) Sesudah Perbaikan

Nama	H	V	D	A	Fm	Cm	HM	VM	AM	DM	FM	CM	LC	RWL
Responden 1	20	40	60	45	0,9	1	1,25	1,10	0,85	0,89	0,9	1	23	21,90481
Responden 2	21	40	60	45	0,9	1	1,19	1,10	0,85	0,89	0,9	1	23	20,86172
Responden 3	20	40	60	45	0,9	1	1,25	1,10	0,85	0,89	0,9	1	23	21,90481
Responden 4	20	40	60	45	0,9	1	1,25	1,10	0,85	0,89	0,9	1	23	21,90481
Responden 5	21	40	60	45	0,9	1	1,19	1,01	0,85	0,89	0,9	1	23	20,86172

Dari perhitungan tersebut didapat bahwa pekerjaan pemindahan dan pengangkatan *thiner* yang dilakukan oleh pekerja PT. XYZ dengan menggunakan alat bantu seperti kereta tarik, memiliki rekomendasi batas pengangkatan beban sebesar: Responden 1 (21,904 kg), Responden 2 (20,861 kg), Responden 3 (21,904 kg), Responden 4 (21,904 kg) dan Responden 5 (20,861).

6. Data hasil perhitungan *lifting index* (Li) sebelum dan sesudah perbaikan, berikut pada Tabel 7. dan 8. di bawah ini:

Tabel 7. Hasil *Lifting Index* (Li) Sebelum Perbaikan

Nama	W	RWL	Li
Responden 1	20	7,10336	2,81556
Responden 2	20	8,52404	2,34630
Responden 3	20	8,52404	2,34630
Responden 4	20	10,65505	1,87704
Responden 5	20	7,10336	2,81556

Dari hasil perhitungan *lifting index* (Li) yang didapat dari perhitungan biomekanika. Didapatkan bahwa nilai $Li > 1$, maka aktivitas tersebut mengandung resiko cedera tulang belakang. Sehingga perlu dilakukan perbaikan dengan menggunakan alat bantu manual atau perbaikan tata letak gudang agar lebih efektif dan efisien.

Tabel 8. Hasil *Lifting Index* (Li) Sesudah Perbaikan

Nama	W	RWL	Li
Responden 1	20	21,90481	0,913042
Responden 2	20	20,86172	0,958694
Responden 3	20	21,90481	0,913042
Responden 4	20	21,90481	0,913042
Responden 5	20	20,86172	0,958694

Dari hasil perhitungan *lifting index* (Li) yang didapat dari perhitungan biomekanika. Didapatkan bahwa nilai $Li < 1$, maka aktivitas tersebut maka aktivitas tersebut aman untuk dilakukan secara berulang-ulang. Hal ini dapat terjadi karena dilakukannya perbaikan dengan menambahkan alat bantu kereta tarik untuk pemindahan dan pengangkatan.

7. Data hasil perhitungan KE, Ei dan Et sebelum perbaikan pada Tabel 9., saat kerja sebelum perbaikan pada Tabel 10., sesudah perbaikan pada Tabel 11., saat kerja sesudah perbaikan pada Tabel 12., konsumsi energi sebelum perbaikan pada Tabel 13. dan konsumsi energi sesudah perbaikan pada Tabel 14. di bawah ini:

Tabel 9. Hasil Pengeluaran Energi Sebelum Kerja (Ei) Sebelum Perbaikan

Nama	Denyut Nadi Awal (DNI) (<i>pulse/menit</i>)	Ei
Responden 1	110	4,99266
Responden 2	115	5,40884
Responden 3	105	4,60006
Responden 4	110	4,99266
Responden 5	117	5,58191

Berdasarkan hasil perhitungan konsumsi energi pada pekerja PT. XYZ sebelum melakukan pekerjaan didapat bahwa Responden 1 (4,992 kkal), Responden 2 (5,408 kkal), Responden 3 (4,600 kkal), Responden 4 (4,992 kkal) dan Responden (5,581 kkal).

Tabel 10. Hasil Pengeluaran Energi Saat Kerja (Et) Sebelum Perbaikan

Nama	Denyut Nadi Awal (DNI) (<i>pulse/menit</i>)	Ei
Responden 1	130	6,79890
Responden 2	135	7,30943
Responden 3	136	7,41436
Responden 4	132	7,00028
Responden 5	138	7,62706

Berdasarkan hasil perhitungan konsumsi energi pada pekerja PT. XYZ saat melakukan pekerjaan didapat bahwa Responden 1 (6,798 kkal), Responden 2 (7,309 kkal), Responden 3 (7,414 kkal), Responden 4 (7,000 kkal) dan Responden (7,627 kkal).

Tabel 13. Hasil Nilai Konsumsi Energi (KE) Sebelum Perbaikan

Nama	Denyut Nadi Awal (DNI) (<i>pulse/menit</i>)	Denyut Nadi Awal (DNK) (<i>pulse/menit</i>)	Berat Badan (Kg)	Ei	Et	KE
Responden 1	110	130	48	4,99266	6,79890	1,80624
Responden 2	115	135	73	5,40884	7,30943	1,90058
Responden 3	105	136	54	4,60006	7,41436	2,81429
Responden 4	110	132	85	4,99266	7,00028	2,00762
Responden 5	117	138	57	5,58191	7,62706	2,04515

Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa pekerja yang melakukan pemindahan dan pengangkatan *thiner* mengeluarkan energi sebesar berikut: Responden 1 (1,806 kkal), Responden 2 (1,900 kkal), Responden 3 (2,814 kkal), Responden 4

Tabel 11. Hasil Pengeluaran Energi Sebelum Kerja (Ei) Setelah Perbaikan

Nama	Denyut Nadi Awal (DNI) (<i>pulse/menit</i>)	Ei
Responden 1	110	5,84860
Responden 2	115	5,40884
Responden 3	118	5,66987
Responden 4	110	4,99266
Responden 5	118	5,66987

Berdasarkan hasil perhitungan konsumsi energi pada pekerja PT. XYZ sebelum melakukan pekerjaan didapat bahwa Responden 1 (5,848 kkal), Responden 2 (5,408 kkal), Responden 3 (5,669 kkal), Responden 4 (4,992 kkal) dan Responden (5,659 kkal).

Tabel 12. Hasil Pengeluaran Energi Saat Kerja (Et) Setelah Perbaikan

Nama	Denyut Nadi Awal (DNI) (<i>pulse/menit</i>)	Ei
Responden 1	122	6,03112
Responden 2	124	6,21740
Responden 3	125	6,31196
Responden 4	120	5,84860
Responden 5	128	6,60129

Berdasarkan hasil perhitungan konsumsi energi pada pekerja PT. XYZ saat melakukan pekerjaan didapat bahwa Responden 1 (6,031 kkal), Responden 2 (6,217 kkal), Responden 3 (6,311 kkal), Responden 4 (5,848 kkal) dan Responden (6,601 kkal).

(2,007 kkal) dan Responden 5 (2,045 kkal). Hasil tersebut jika mengacu pada kriteria pekerjaan termasuk dalam pekerjaan yang *light-moderate work*. Dikarenakan terdapat pekerjaan yang membutuhkan konsumsi < 2,5 kkal, dan > 2,5 kkal.

Tabel 14. Hasil Nilai Konsumsi Energi (KE) Sesudah Perbaikan

Nama	Denyut Nadi Awal (DNI) (pulse/menit)	Denyut Nadi Awal (DNK) (pulse/menit)	Berat Badan (Kg)	Ei	Et	KE
Responden 1	120	122	48	5,84860	6,03112	0,18251
Responden 2	115	124	73	5,40884	6,21740	0,80856
Responden 3	118	125	54	5,66987	6,31196	0,64209
Responden 4	110	120	85	4,99266	5,84860	0,85594
Responden 5	118	128	57	5,66987	6,60129	0,93142

Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa pekerja yang melakukan pemindahan dan pengangkatan *thiner* mengeluarkan energi sebesar berikut: Responden 1 (0,182 kkal), Responden 2 (0,808 kkal), Responden 3 (0,642 kkal), Responden 4 (0,855 kkal) dan Responden 5 (0,931 kkal). Hasil tersebut jika mengacu pada kriteria pekerjaan termasuk dalam pekerjaan yang *light work*. Dikarenakan terdapat pekerjaan yang membutuhkan konsumsi < 2,5 kkal.

8. Data hasil perhitungan momen gaya, terilustrasi pada Gambar 5. di bawah ini:



Gambar 5. Ilustrasi Perhitungan Momen Gaya

9. Berikut hasil perhitungan momen gaya sebelum dan sesudah perbaikan, pada Tabel 15. dan 16. di bawah ini:

Tabel 15. Hasil Nilai Momen Gaya Sebelum Perbaikan

Nama	D	w	h	B	E	W	ML5/S1	PA	AA	FA	Momen Gaya
Responden 1	9	480	8	10	5	200	680	0,56876	465	264,4762	5924
Responden 2	9	730	8	10	5	200	930	0,99927	465	464,6649	8064
Responden 3	9	540	8	10	5	200	740	0,66226	465	307,9553	6446
Responden 4	9	850	8	10	5	200	1050	1,24325	465	578,1111	9059
Responden 5	9	570	8	10	5	200	770	0,71137	465	330,7912	6705

Berdasarkan perhitungan momen gaya pada kondisi awal masing-masing pekerja sebagai berikut: Responden 1 (5924 N), Responden 2 (8054 N), Responden 3 (6446 N), Responden 4 (9059 N) dan Responden 5 (6705 N).

Berdasarkan data di atas dapat disimpulkan bahwa masih terdapat beberapa pekerja yang menghasilkan momen gaya melebihi batas rekomendasi NIOSH, yaitu 6500 Newton.

Tabel 16. Hasil Nilai Momen Gaya Sesudah Perbaikan

Nama	D	w	h	B	E	W	ML5/S1	PA	AA	FA	Momen Gaya
Responden 1	9	480	10	4	5	200	680	0,56876	465	264,4762	3444
Responden 2	9	730	10	4	5	200	930	0,99927	465	464,6649	4084
Responden 3	9	540	10	4	5	200	740	0,66226	465	307,9553	3606
Responden 4	9	850	10	4	5	200	1050	1,24325	465	578,1111	4359
Responden 5	9	570	10	4	5	200	770	0,71137	465	330,7912	3685

Berdasarkan perhitungan momen gaya setelah dilakukan perbaikan sistem, dengan menambahkan alat bantu seperti kereta tarik pada kondisi tersebut. Didapatkan nilai momen gaya pada masing-masing pekerja sebagai berikut:

Responden 1 (3444 N), Responden 2 (4048 N), Responden 3 (3606 N), Responden 4 (4359 N) dan Responden 5 (3685 N). Berdasarkan data di atas dapat disimpulkan bahwa pekerjaan dikatakan aman. Sehingga dapat

meminimumkan cedera tulang belakang (*musculoskeletal disorder*), karena berada di bawah batas rekomendasi NIOSH yaitu 6500 Newton.

KESIMPULAN

Berdasarkan nilai *lifting index* (Li) dengan massa beban 20 kg pada kondisi awal. Nilai masing-masing *lifting index* pada pekerja adalah: Responden 1 (2,815), Responden 2 (2,346), Responden 3 (2,34), Responden 4 (1,877) dan Responden 6 (2,815). Nilai tersebut menyatakan bahwa pekerjaan pengangkatan berpotensi menimbulkan cedera tulang belakang (*muculoskeletal disorder*). Sedangkan setelah perbaikan sistem kerja dengan menambahkan alat bantu kereta tarik. Maka nilai *lifting index* masing-masing pekerja adalah: Responden 1 (0,913), Responden 2 (0,958), Responden 3 (0,913), Responden 4 (0,913) dan Responden 5 (0,958). Berdasarkan nilai konsumsi energi yang dikeluarkan setelah adanya perbaikan mengalami penurunan. Sehingga nilai KE adalah: Responden 1 (0,182511 kkal), Responden 2 (0,808563 kkal), Responden 3 (0,642091 kkal), Responden 4 (0,855948 kkal) dan Responden 5 (0,931425 kkal). Maka penelitian ini untuk melakukan pemberian rekomendasi sistem kerja yang sesuai ilmu ergonomi. Penerapan dilakukan saat terjadinya aktivitas manual *material handling*.

Perlu adanya fasilitas penunjang pekerjaan yang lebih baik untuk penunjang aktivitas pekerjaan yang dilakukan di bagian *departement warehousing* PT. XYZ. Perlu adanya penataan inventori yang lebih baik agar memudahkan pekerja untuk menjangkau serta menyimpan *material* di bagian *departement warehousing* PT. XYZ. Selain itu perlu adanya pemberian pemahaman pengetahuan terkait K3 di PT. XYZ, agar pekerja lebih memahami serta mengetahui dampak dan resiko apa saja

yang terjadi ketika melaksanakan suatu pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Affa, M. N., & Putra, B. I. (2017). Analisis Manual Material Handling pada Pekerja Borongan di PT. JC dengan Metode NBM dan RWL. *Journal Productivity, Optimization, and Manufacturing System*, 22-32.
- As'Adi, A. M., Sujoso, A. D., & Prasetyowati, I. (2014). Hubungan Antara Karakteristik Individu dan Manual Material Handling dengan Keluhan Muskuloskeletal Akibat Kerja (The Relationship Between Individual Characteristics and Manual Material Handling with Musculoskeletal Complaints Due To Work). *e-Jurnal Pustaka Kesehatan*, 271-276.
- Bintari, Nopiyanti, E., & Susanto, A. J. (2017). Risiko Ergonomi pada Pekerja Erection Pumping dengan Metode Ergonomic Assessment Survey (EASY) di Workshop Gear Reducer PT. X, Cileungsi, Bogor Tahun 2015. *Jurnal Bidang Ilmu Kesehatan*, 581-590.
- Cahyawati, A. N. (2018). Analisis Manuall Material Handling pada Pengangkatan Batu Bata dengan Metode Lifting Index. *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2018* (pp. 125-130). Malang: SENTRA.
- Chaffin, D. K. (1973). A Longitudinal with Occupational Lifting Factors. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 34-43.
- Corllet, E. R. (1987). *Assesment of Workload from Measurement of*

- Statue, Applied Ergonomics*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Lestari, I. R., Nugraha, R. A., & Iqbal, M. (2016). Perancangan Material Handling Equipment pada Proses Penggilingan ke Oksida Enzimatis Bubuk Teh Menggunakan Metode Perancangan Produk Rasional pada PT. Perkebunan Nusantara VIII Rancabali. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri*, 18-25.
- Mas'idah, E., Fatmawati, W., & Ajibta, L. (2009). Analisa Manual Material Handling (MMH) dengan Menggunakan Metode Biomekanika untuk Mengidentifikasi Resiko Cidera Tulang Belakang (Musculoskeletal Disorder) (Studi Kasus pada Buruh Pengangkat Beras di Pasar Jebor Demak). *Jurnal Sultan Agung*, 37-56.
- Muslim, D., & Ilmaniati, A. (2018). Usulan Perbaikan Tata Letak Fasilitas terhadap Optimalisasi Jarak dan Ongkos Material Handling dengan Pendekatan Systematic Layout Planning (SLP) di PT. Transplant Indonesia. *Jurnal Media Teknik dan Sistem Industri*, 45-52.
- Nur, M., & Dariatma, A. (2019). Usulan Perbaikan Postur Kerja Aktivitas Pemuatan Barang Menggunakan Metode Loading On The Upper Body Assessment (LUBA). *Industrial Engineering Journal*, 1-10.
- Nurmianto, E. (2004). *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya: PT. Guna Widya.
- Siska, M., & Angrayni, S. A. (2018). Analisis Postur Kerja Manual Material Handling pada Aktivitas Pindahan Pallet Menggunakan Rappid Upper Limb Activity (RULA) di PT. Alam Permata Riau. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 77-86.
- Sulistiyani. (2003). *Analisa Manual Material Handling dengan Konsep NIOSH*. Surakarta: Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Waters, T. A. (1996). *Manual Material Handling*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Wignjono, S. (1996). *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Yuliar, M. B., Prasetiyo, H., & Rispianda. (2013). Usulan Rancangan Handtruck Menggunakan Metode Verein Deutsche Ingenieur 2222 (Studi Kasus di Pasar Induk Caringin Bandung). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 74-84.