

---

# ANALISIS *MANUAL MATERIAL HANDLING* MENGUNAKAN *NIOSH EQUATION*

## **Etika Muslimah**

Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. Ahmad Yani Tromol Pos 1 Pabelan Surakarta  
email: etika\_muslimah@yahoo.com

## **Indah Pratiwi**

Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. Ahmad Yani Tromol Pos 1 Pabelan Surakarta  
email: indah\_prat@plasa.com

## **Fariza Rafsanjani**

Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. Ahmad Yani Tromol Pos 1 Pabelan Surakarta

## **ABSTRAKSI**

*Aktivitas penanganan material yang tidak tepat dapat mengakibatkan kerugian dan kecelakaan pada operator. Salah satunya adalah cedera pada sistem muskuloskeletal atau muskuloskeletal disorder (MSDs). Makalah ini mengkaji aktivitas penanganan material pada pekerja panggul beras pada gudang gudang BULOG Sub Depot Logistic Wil III Surakarta Pergudangan Beras 305 Grogol, Sukoharjo, dengan menggunakan NIOSH equation. Dari hasil pengukuran terhadap 4 pekerja yang melakukan kegiatan panggul beras, diperoleh bahwa kegiatan ini termasuk kegiatan yang ringan berdasarkan perhitungan konsumsi energi. Namun demikian, beban angkat aktual diatas beban yang direkomendasikan dengan tingkat Lifting Index (LI) > 1, dan berpotensi menyebabkan MSDs.*

**Kata kunci : manual material handling (MMH), muskuloskeletal disorder, panggul beras.**

## **Pendahuluan**

### **Latar Belakang Masalah**

Pekerjaan penanganan material secara manual (*Manual Material Handling*) yang terdiri dari mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik dan membawa merupakan sumber utama komplain karyawan di industri (Ayoub & Dempsey, 1999).

Aktivitas *manual material handling* (MMH) yang tidak tepat dapat menimbulkan kerugian bahkan kecelakaan pada karyawan. Akibat yang ditimbulkan dari aktivitas MMH yang tidak benar salah satunya adalah keluhan muskuloskeletal. Keluhan muskuloskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan yang sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam jangka waktu yang lama akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon.

Keluhan inilah yang biasanya disebut sebagai *muskuloskeletal disorder* (MSDs) atau cedera pada sistem muskuloskeletal (Grandjean, 1993).

Tingginya tingkat cidera atau kecelakaan kerja selain merugikan secara langsung yaitu sakit yang diderita oleh pekerja, kecelakaan tersebut juga akan berdampak buruk terhadap kinerja perusahaan yaitu berupa penurunan produktivitas perusahaan, baik melalui beban biaya pengobatan yang cukup tinggi dan juga ketidakhadiran pekerja serta penurunan dalam kualitas kerja.

### **Perumusan Masalah**

Dari latar belakang masalah diatas maka akan timbul masalah sebagai berikut:

1. Berapa besar konsumsi energi yang dikeluarkan oleh para pekerja, dan termasuk dalam kategori ringan, sedang atau berat?
2. Berapa besar beban yang direkomendasikan (*Recomended Weight Limit*) yang seharusnya diangkat oleh para pekerja ?
3. Bagaimana pengaruh beban-beban yang diangkat selama ini oleh para pekerja panggul terhadap kondisi keamanan dan keselamatan kerja, berdasarkan kriteria *Lifting Index* ?

## **Tinjauan Pustaka**

### **Pengertian Pindahkan Bahan**

Pengertian pemindahan beban secara manual, menurut *American Material Handling Society* bahwa *material handling* dinyatakan sebagai seni dan ilmu yang meliputi penanganan (*handling*), pemindahan (*moving*), Pengemasan (*packaging*), penyimpanan (*storing*) dan pengawasan (*controlling*) dari material dengan segala bentuknya.(Wignjosoebroto, 1996).

Biomekanika adalah disiplin sumber ilmu yang mengintegrasikan faktor-faktor yang mempengaruhi gerakan manusia, yang diambil dari pengetahuan dasar seperti fisika, matematika, kimia, fisiologi, anatomi dan konsep rekayasa untuk menganalisa gaya yang terjadi pada tubuh.

Kinerja faal dan kenyamanan dari pekerja sudah terbukti sangat menunjang tingkat produktivitas pekerja, dengan demikian para penanggung jawab keselamatan dan kenyamanan kerja harus memikirkan faktor bahaya-bahaya biomekanika. Sebaiknya aktifitas MMH tidak membahayakan pekerja dan tidak menimbulkan rasa sakit pada pekerja. Sebaiknya aktivitas MMH tidak membahayakan pekerja dan tidak menimbulkan sakit pinggang, sakit pundak atau pergelangan tangan yang membuat pekerja menderita.

### **Biomekanika Terapan**

NIOSH (*National For Occupational Safety and Health*) adalah suatu lembaga yang menangani masalah kesehatan dan keselamatan kerja di Amerika, telah melakukan analisis terhadap faktor-faktor yang berpengaruh terhadap biomekanika yaitu:

1. Berat dari benda yang dipindahkan, hal ini ditentukan oleh pembebanan langsung.
2. Posisi pembebanan dengan mengacu pada tubuh, dipengaruhi oleh:
  - a. Jarak horisontal beban yang dipindahkan dari titik berat tubuh.
  - b. Jarak vertikal beban yang dipindahkan dari lantai.

- 
- c. Sudut pemindahan beban dari posisi sagital (posisi pengangkatan tepat didepan tubuh).
  3. Frekuensi pemindahan dicatat sebagai rata-rata pemindahan/menit untuk pemindahan berfrekuensi tinggi.
  4. Periode (durasi) total waktu yang diberlakukan dalam pemindahan pada suatu pencatatan.

### **Beban Kerja Fisik Berdasarkan Jumlah Kebutuhan Kalori**

Salah satu kebutuhan umum dalam pergerakan otot adalah oksigen yang dibawa oleh darah ke otot untuk pembakaran zat dalam menghasilkan energi.

Menteri Tenaga Kerja melalui Kep. No. 51 tahun 1999, menetapkan kategori beban kerja menurut kebutuhan kalori sebagai berikut :

- Beban kerja ringan : 100 – 200 kilo kalori/jam
- Beban kerja sedang : > 200 – 350 kilo kalori/jam
- Beban kerja berat : > 350 – 500 kilo kalori/jam

Menurut Grandjean (1993) bahwa kebutuhan kalori seorang pekerja selama 24 jam ditentukan oleh tiga hal :

1. Kebutuhan kalori untuk metabolisme basal. Keterangan kebutuhan seorang laki-laki dewasa memerlukan kalori untuk metabolisme basal  $\pm$  100 kilo joule (23,87 kilo kalori) per 24 jam per kg BB. Sedangkan wanita dewasa memerlukan kalori untuk metabolisme basal  $\pm$  98 kilo joule (23,39 kilo kalori) per 24 jam per kg BB.
2. Kebutuhan kalori untuk kerja. Kebutuhan kalori untuk kerja sangat ditentukan oleh jenis aktivitas kerja yang dilakukan atau berat ringannya pekerjaan.
3. Kebutuhan kalori untuk aktivitas-aktivitas lain diluar jam kerja. Rata-rata kebutuhan kalori untuk aktivitas diluar kerja adalah  $\pm$  2400 kilo joule (573 kilo kalori) untuk laki-laki dewasa dan sebesar 2000 – 2400 kilo joule (425 – 477 kilo kalori) per hari untuk wanita dewasa.

### **Penilaian Beban Kerja Berdasarkan Denyut Nadi**

Pengukuran denyut jantung selama kerja merupakan suatu metode untuk menilai *cardiovascular strain*. Salah satu peralatan yang dapat digunakan untuk menghitung denyut nadi adalah dengan menggunakan rangsangan *Electro Cardio Graph* (ECG). Apabila peralatan tersebut tidak tersedia maka dapat dicatat secara manual menggunakan *stopwatch*.

Menggunakan nadi kerja untuk mengukur berat ringannya beban kerja mempunyai beberapa keuntungan. Selain mudah, cepat dan murah juga tidak diperlukan peralatan yang mahal serta hasilnya cukup reliabel disamping itu tidak mengganggu proses kerja dan menyakiti orang yang diperiksa. Kepekaan denyut nadi terhadap perubahan pembebanan yang diterima tubuh cukup tinggi. Denyut nadi akan segera berubah seiring dengan perubahan pembebanan baik yang berasal dari pembebanan mekanik, fisik maupun kimiawi.

Juga dijelaskan bahwa konsumsi sendiri tidak cukup untuk mengestimasi beban kerja fisik. Beban kerja fisik tidak hanya ditentukan oleh jumlah kalori yang dikonsumsi, tetapi juga ditentukan oleh jumlah otot yang terlibat dan beban statis yang diterima serta tekanan panas dari lingkungan kerjanya yang dapat meningkatkan denyut nadi. Berdasarkan hal tersebut maka denyut nadi lebih mudah dan dapat digunakan untuk menghitung indek beban kerja. Salah satu cara yang sederhana untuk

menghitung denyut nadi adalah dengan merasakan denyutan pada arteri radialis pada pergelangan tangan.

Perhitungan konsumsi energi dan denyut jantung/nadi dengan rumus :

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

Keterangan :  $Y$  = Energi (kkal/menit)

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

Setelah besaran kecepatan denyut jantung/nadi diseratakan dalam bentuk energi maka konsumsi energi diperoleh bentuk matematis sebagai berikut :

$$KE = E_t - E_i \quad \dots (2)$$

Keterangan :

$KE$  = Konsumsi energi (kkal/menit)

$E_t$  = Pengeluaran energi pada saat melakukan kerja (kkal/menit)

$E_i$  = Pengeluaran energi pada saat istirahat (kkal/menit)

### Konsumsi Energi untuk Aktivitas Individu

Pada fisiologi kerja meneliti konsumsi energi yang dibutuhkan untuk berbagai macam jenis pekerjaan untuk aktivitas individu adalah untuk pria 1,2 kkal/menit dan untuk wanita 1,0 kkal/menit.

#### *Recommended Weight Limit (RWL)*

*Recommended Weight Limit (RWL)* 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. RWL ini ditetapkan oleh NIOSH pada tahun 1991 di Amerika Serikat. Persamaan NIOSH berlaku pada keadaan : (Waters, et al; 1994)

1. Beban yang diberikan adalah beban statis, tidak ada penambahan ataupun pengurangan beban ditengah-tengah pekerjaan.
2. Beban diangkat dengan kedua tangan.
3. Pengangkatan atau penurunan benda dilakukan dalam waktu maksimal 8 jam.
4. Pengangkatan atau penurunan benda tidak boleh dilakukan saat duduk atau berlutut.
5. Tempat kerja tidak sempit.

Berdasarkan sikap dan kondisi sistem kerja pengangkatan beban dalam proses pemuatan barang yang dilakukan oleh pekerja dalam eksperimen, penulis melakukan pengukuran terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pengangkatan beban dengan acuan ketetapan NIOSH.

Persamaan untuk menentukan beban yang direkomendasikan untuk diangkat seorang pekerja dalam kondisi tertentu menurut NIOSH adalah sebagai berikut (Waters, et al, 1993):

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \quad \dots (3)$$

Keterangan :

$LC$  : (*Lifting Constanta*) konstanta pembebanan = 23 kg

$HM$  : (*Horizontal Multiplier*) faktor pengali horisontal = 25/H

$VM$  : (*Vertical Multiplier*) faktor pengali vertikal = 1 - 0,003 [V - 75]

$DM$  : (*Distance Multiplier*) faktor pengali perpindahan = 0,82 + 4,5/D

$AM$  : (*Asymetric Multiplier*) faktor pengali asimetrik = 1 - 0,0032 A(<sup>0</sup>)

$FM$  : (*Frequency Multiplier*) faktor pengali frekuensi

---

*CM* : (*Coupling Multiplier*) faktor pengali kopling (*handle*)

Catatan :

*H* = Jarak horizontal posisi tangan yang memegang beban dengan titik pusat tubuh.

*V* = Jarak vertikal posisi tangan yang memegang beban terhadap lantai

*D* = Jarak perpindahan beban secara vertikal antara tempat asal sampai tujuan

*A* = Sudut simetri putaran yang dibentuk antara tangan dan kaki.

Untuk *Frequency Multiplier* (FM) adalah :

1. Durasi pendek : 1 jam atau kurang.
2. Durasi sedang : antara 1 – 2 jam.
3. Durasi panjang : 2 – 8 jam.

Untuk *Coupling Multiplier* (CM) adalah :

1. Kriteria *Good*, adalah :
  - Kontainer atau Box merupakan design optimal, pegangan bahannya tidak licin.
  - Benda yang didalamnya tidak mudah tumpah.
  - Tangan dapat dengan nyaman meraih box tersebut.
2. Kriteria *Fair*, adalah :
  - Kontainer atau Box tidak mempunyai pegangan.
  - Tangan tidak dapat meraih dengan mudah.
3. Kriteria *Poor*, adalah :
  - Box tidak mempunyai *Handle*/pegangan.
  - Sulit dipegang (Licin, Tajam, dll).
  - Berisi barang yang tidak stabil, (Pecah, Jatuh, Tumpah, dll).
  - Memerlukan sarung tangan untuk mengangkatnya.

Setelah nilai *RWL* diketahui, selanjutnya perhitungan *Lifting Index*, untuk mengetahui *index* pengangkatan yang tidak mengandung resiko cedera tulang belakang, dengan persamaan :

$$LI = \frac{\text{BeratBeban}}{RWL} \quad \dots (4)$$

Jika  $LI > 1$ , berat beban yang diangkat melebihi batas pengangkatan yang direkomendasikan maka aktivitas tersebut mengandung resiko cedera tulang belakang.

Jika  $LI < 1$ , berat beban yang diangkat tidak melebihi batas pengangkatan yang direkomendasikan maka aktivitas tersebut tidak mengandung resiko cedera tulang belakang (Waters, et al; 1993).

## Metodologi Penelitian

### Obyek Penelitian

Pada penelitian ini obyek yang diteliti adalah para pekerja panggul yaitu pekerja yang mengangkat atau memanggul beras, sedangkan tempat penelitian adalah gudang BULOG Sub Depot Logistic Wil III Surakarta Pergudangan Beras 305 Grogol, Sukoharjo.

## Metode Pengolahan Data

Langkah-langkah serta metode pengolahan data yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan Konsumsi Energi dan Denyut Jantung
2. Perhitungan *Recommended Weight Limit* (RWL) dalam NIOSH
3. Perhitungan *Lifting Index* (LI)

## Pengolahan Data

### Data dan Hasil Pengolahan Data

Hasil pengamatan dan pengolahan data antara lain sebagai berikut :

1. Energy Expenditure

**Tabel 1. Data Denyut Jantung dan Energy Expenditure**

Nama	Denyut Jantung (Pulse/menit)		Energi Expenditure (kkal/menit)		Konsumsi Energi (kkal/menit)
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	
Marjoko	89	110	3,50226	4,99261	1,4904
Patmo	90	115	3,56381	5,40884	1,84503
Haryono	88	105	3,44168	4,60007	1,15839
Walyanto	95	120	3,88564	5,84861	1,96297

2. RWL dan LI

**Tabel 2. Hasil Perhitungan RWL dan LI, Origin dan Destination**

Nama	Variabel RWL							
	Origin							
	H (cm)	V (cm)	D (cm)	A ( <sup>0</sup> )	FM	CM	RWL (kg)	LI
Marjoko	30	0	110	0	0,88	0,95	10,70	3,78
Patmo	35	0	110	0	0,88	0,95	9,15	4,38
Haryono	30	0	110	0	0,88	0,95	10,70	3,78
Walyanto	33	0	110	0	0,88	0,95	9,80	4,08
Nama	Destination							
	H (cm)	V (cm)	D (cm)	A ( <sup>0</sup> )	FM	CM	RWL (kg)	LI
	Marjoko	43	0	110	0	0,88	1	9,18
Patmo	45	0	110	0	0,88	1	8,87	4,51
Haryono	40	0	110	0	0,88	1	9,98	4,01
Walyanto	45	0	110	0	0,88	1	8,87	4,51

---

## Analisis

### Analisis Energi *Expenditure* dan Konsumsi Energi

Perhitungan ini berdasarkan hasil penelitian dari selisih denyut jantung awal (sebelum mengangkat) dan denyut jantung akhir (setelah mengangkat) sehingga diperoleh nilai energi *expenditure* awal dan akhir serta konsumsi energi operator.

Dari hasil penelitian terlihat bahwa energi *expenditure* akhir lebih besar dari energi *expenditure* awal hal ini dikarenakan denyut jantung akhir setelah kerja lebih besar dibandingkan pada saat denyut jantung awal sebelum kerja. Sehingga sangat jelas bahwa konsumsi energi bekerja lebih besar dibandingkan dengan konsumsi energi sebelum kerja. Kebutuhan kalori pekerja marjoko adalah 1,4904 kkal/menit, Patmo sebesar 1,84503 kkal/menit, Haryano sebesar 1,15839 kkal/menit, Walyanto sebesar 1,96297 kkal/menit. Maka dapat disimpulkan bahwa konsumsi energi yang dikeluarkan oleh pekerja masih dalam kriteria beban kerja ringan.

Kriteria beban kerja ringan diperoleh kemungkinan karena, pekerjaan tersebut sudah biasa dilakukan oleh para pekerja, sehingga mereka tidak merasakan perubahan denyut jantung yang berarti ketika sebelum dan sesudah bekerja.

### Analisis RWL dan *Lifting Index*

Perhitungan RWL dilakukan didasarkan pada horizontal, vertikal, Asimetrik, Frekuensi dan *Coupling*. Sedangkan perhitungan LI dilakukan berdasarkan berat beban dan hasil RWL dengan kriteria  $LI < 1$  maka tidak beresiko cedera tapi apabila nilai  $LI > 1$  Maka pekerjaan tersebut beresiko mengakibatkan cedera tulang belakang.

Dari hasil perhitungan diatas pada *origin* dan *destination* berbeda, hal ini dipengaruhi oleh faktor horizontal dan vertikal sehingga nilai RWL dan LI pun berbeda. Nilai horizontal berbeda karena pada saat mengangkat antara operator satu dengan yang lain berbeda sehingga ukurannya pun berbeda-beda. Sedangkan vertikalnya sama karena ketinggian benda dengan lantai antara masing-masing operator sama. Asimetrik pada bagian *Origin* sama karena pekerjaannya *repetitive* sehingga sudut yang dibentuk antara operator semua sama tetapi pada *Destination* juga sama karena dipengaruhi oleh faktor vertikal pengangkatan dan tinggi badan pekerja.

Sehingga dari perhitungan *lifting index* diatas dapat disimpulkan bahwa proses pengangkatan beras pada gudang bulog Grogol yang dilakukan beresiko mengakibatkan cedera tulang belakang karena nilai  $LI > 1$ .

Perhitungan RWL dan LI merupakan perhitungan secara teoris memberikan hasil bahwa pekerjaan tersebut terlalu berat dan berbahaya karena melebihi rekomendasi yang ada. Meskipun secara perhitungan energi termasuk dalam beban kerja ringan, sehingga perlu adanya penelitian dan analisis lanjutan tentang hal tersebut.

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

1. Berdasarkan perhitungan konsumsi energi terlihat bahwa energi yang dikeluarkan termasuk dalam kondisi beban kerja ringan.
2. Berdasarkan perhitungan *Recommended Weight Limit (RWL)* diketahui bahwa beban angkat di Pergudangan Beras Bulog terlalu berat karena nilai perhitungan

---

RWL adalah antara 8,87 – 10,7 kg, jauh dibawah nilai beban angkat aktual sebesar 40 kg.

3. Berdasarkan perhitungan *Lifting Index* (LI) disimpulkan beban pengangkatan di Pergudangan Bulog Grogol yang diangkat menimbulkan dampak resiko cedera tulang belakang karena nilai LI > 1.

### **Saran**

1. Perusahaan perlu mempertimbangkan arti pentingnya kesehatan dan keselamatan bagi para karyawan melalui pemeriksaan kesehatan guna mengurangi resiko cedera bagi karyawan.
2. Karyawan harus memperhatikan cara pengangkatan yang lebih baik dan menggunakan terciptanya kesehatan dan keselamatan kerja.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai keterkaitan antara konsumsi energi berbeda.

### **Daftar Pustaka**

- Ayoub, M. M. and Dampsey, P. G. 1999. The Psychophysical Approach to Material Handling Task Design. *Ergonomic* Vol. 42. No. 1, pp: 17 – 31.
- Garndjean, E. 1993. *Fitting the Task to the Man*, 4<sup>th</sup> ed. Taylor and Francis Inc. London.
- Nurmianto, E. 1996. *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*. PT. Guna Widya Tarwaka; Bakri, S.H.A.; Sudiadjeng, L. 2004. *Ergonomi, untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. UNIBA Press, Surakarta
- Temple, R.; Adams, T. 2000. Ergonomic Analysis of Multi Task Industrial Lifting Station Using the NIOSH Method. *Journal of Industrial Technology*, vol. 16, no. 2.
- Waters, T. R.; Anderson, V. P.; Garg, A. 1994. *Application Manual For The Revised NIOSH Lifting Equation*. US Department of Health and Human Service, Cincinnati.
- Waters, T. R.; Anderson, V. P.; Garg, A., Fine, J. 1993. *Revised NIOSH Equation for the Design and Evaluation of Manual Lifting Task*. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati.
- Wignyoebroto, S. 1995. *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu, Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*. Guna Widya, Jakarta.