

NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR

**ANALISIS RESIKO BEBAN KERJA
BERDASARKAN BIOMEKANIKA DAN FISIOLOGI
(Studi kasus Angkat Beban Karung Beras di Gudang Bulog Kartasura)**



**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
program studi S-1 Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Disusun Oleh:
DINAR PRASETYAWAN
D.600.080.017**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2014**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS RESIKO BEBAN KERJA
BERDASARKAN BIOMEKANIKA DAN FISIOLOGI
(Studi kasus Angkat Beban Karung Beras di Gudang Bulog Kartasura)**

Naskah Publikasi Tugas Akhir ini telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi S-1 untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Hari : KAMIS

Tanggal : 18 DESEMBER 2014

Disusun Oleh:

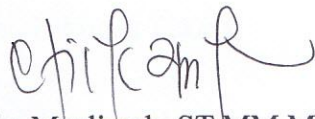
Nama : Dinar Prasetyawan

NIM : D.600.080.017

Jur / Fak : Teknik Industri / Teknik

Mengesahkan:

Pembimbing I



(Etika Muslimah, ST.MM.MT)

Pembimbing II



(Dr. Suranto, MM)

HALAMAN PERSETUJUAN

Naskah Publikasi Tugas Akhir dengan judul ANALISIS RESIKO BEBAN KERJA BERDASARKAN BIOMEKANIKA DAN FISIOLOGI (Studi kasus Angkat Beban Karung Beras di Gudang Bulog Kartasura) telah diuji dan dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Tugas Akhir sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Hari : KAMIS

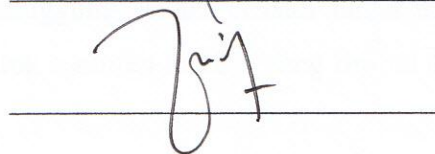
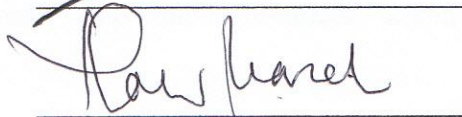
Tanggal : 18 DESEMBER 2014

Menyetujui,

Tim Penguji

1. Etika Muslimah, ST.MM.MT
2. Dr. Suranto, MM
3. Hari Prasetyo, ST, MT, Ph.D
4. Muchamad Djunaedi, ST. MT

Tanda Tangan



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik




Ir. Sri Sunarjono, MT, Ph.D

Ketua Jurusan Teknik Industri




Hafidh Munawir, ST, M.Eng

**ANALISIS RESIKO ANGKAT BEBAN BERDASARKAN BIOMEKANIKA DAN FISIOLOGI
(Studi kasus: Angkat Beban Karung Beras di Gudang Bulog Kartasura)**¹Dinar Prasetyawan²Etika Muslimah, ³Suranto^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri UMS

Jl. Ahmad Yani Tromol Pos 1 Pabelan Surakarta

Telp. (0271) 717417 ext 237

ABSTRAKSI

Tujuan dari penelitian ini antara lain untuk mengetahui apakah aktivitas kerja yang dilakukan di gudang bulog masih aman untuk dilakukan berdasarkan analisa biomekanika dan fisiologi. Data-data yang digunakan didapat dengan pengambilan gambar posisi kerja pada saat pekerja mengangkat beban. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai resiko terutama cedera pada tulang belakang yang mungkin dapat di derita oleh para pekerja akibat aktivitas kerja dan dapat digunakan sebagai bahan masukan guna perbaikan kerja diperusahaan, terutama pada saat melakukan aktivitas atau kerja secara manual.

Metode yang digunakan untuk menghitung gaya kompresi yang diterima oleh punggung (L5/S1) dan besarnya *energy expenditure* yaitu biomekanika statis dan fisiologi. Data yang digunakan didapat dari pengukuran langsung dari pekerja. Hasil dari analisa yang dilakukan kepada sepuluh pekerja berdasarkan biomekanika dari 1559,88 Newton adalah gaya kompresi terbesar yang diterima pekerja dan 859,369 Newton gaya paling kecil yang diterima oleh pekerja. Dari analisa fisiologi 2,786 Kkal/min merupakan energi terbesar dan 1,737 Kkal/min adalah energi terkecil yang dilakukan pekerja.

Kata kunci: angkat beban, energi, biomekanika, fisiologi.

PENDAHULUAN**1. Latar Belakang**

Pada dasarnya manusia hidup itu adalah untuk bekerja. Pekerjaan manusia itu bermacam-macam jenisnya ada yang ringan, sedang bahkan berat. Berat atau ringannya suatu pekerjaan itu diukur dari kemampuan fisik manusia dalam melakukan suatu pekerjaan tertentu. Penelitian yang dilakukan di gudang bulog ini mereka para pekerja masih melakukan pekerjaannya dengan manual tanpa bantuan alat apapun. Sehingga disini para pekerja sering mempunyai keluhan-keluhan pada tubuh mereka. dan yang paling sering dikeluhkan pekerja yaitu bagian pinggang. FC (*Force Compression*) gaya tekan yang diakibatkan dari pekerjaan ini paling besar berada pada *Lumbar 5 Sacrum 1* (L5/S1) yaitu ruas tulang belakang. Hal ini dikarenakan aktivitas pekerja dilakukan dengan posisi membungkuk dan pada saat membungkuk itu pekerja harus mengangkat beban.

Pada sistem kerangka manusia terdapat beberapa titik rawan, yaitu pada ruas tulang leher, ruas tulang belakang (L5/S1), dan pada pangkal paha. Titik ruas tulang belakang (L5/S1) merupakan titik yang paling rawan terhadap kecelakaan kerja. Karena pada titik tersebut terdapat disk (selaput yang berisi cairan) yang berfungsi untuk meredam pergerakan antar ruas *lumbar* ke 5 dan *sacrum* ke 1. Jika tekanan yang diakibatkan pengangkatan beban kerja melebihi MPL (*Maximum Permissible Limit*) sebagai batasan maksimum, maka akan mengakibatkan pecahnya *disk* sehingga pekerja akan mengalami kelumpuhan (Nurmianto, 1998).

2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk menentukan besarnya nilai gaya kompresi yang diterima tulang belakang (L5/S1) *Lumbar 5 Sacrum 1* dan besarnya konsumsi energi dari pekerja.
- b. Untuk mengetahui apakah aktivitas yang dilakukan oleh pekerja menimbulkan resiko atau berada dalam batasan aman dilihat dari aspek biomekanika dan fisiologi.

LANDASAN TEORI

1. *Manual Material Handling* (MMH)

Manual Material Handling (MMH) adalah aktivitas penanganan material secara manual atau tanpa bantuan alat. *Material Handling* memerlukan energi atau kekuatan untuk mengangkat, mendorong, menarik, dan membawa. Jika manusia harus bekerja dalam aktivitas MMH secara berulang-ulang dalam waktu yang lama, maka harus diperhatikan batasan kemampuan tubuh termasuk didalamnya energi (Kroemer *et al.* 1994).

Pemindahan secara manual apabila tidak dilakukan secara ergonomi akan menimbulkan kecelakaan dalam industri. Kecelakaan industri (*industrial accident*) yang disebut sebagai “*Over exertion-lifting and carrying*” yaitu kerusakan jaringan tubuh akibat kelebihan beban angkat. Data mengenai insiden tersebut telah mencapai nilai rata-rata 18% dari seluruh kecelakaan selama tahun 1982-1985 menurut data statistik tentang kompensasi para pekerja di negara bagian New South Wales, Australia. Dari data kecelakaan ini 93% diantaranya diakibatkan oleh *Strain* (rasa nyeri yang berlebihan) sedangkan 5% lainnya pada *hernia*. Dari data tentang *strain* 61% diantaranya berada pada bagian punggung (Nurmianto, 1998).

Aktivitas MMH meliputi mengangkat, menurunkan, menarik, mendorong, dan membawa merupakan sumber komplain bagi para pekerja, karena terjadi banyak keluhan akibat pekerjaan tersebut. Cara paling efektif untuk mengurangi dan mencegah resiko kerja tersebut adalah dengan *engineering control* selain mengubah pekerjaan menjadi otomatis atau menguranginya dengan desain ergonomis. Parameter yang menjadi pertimbangan dalam pekerjaan MMH adalah frekuensi pekerjaan, jarak angkat dan berat beban (Muslimah, 2008).

2. Ergonomi

Ergonomi adalah ilmu, teknologi, dan seni untuk menyetarakan alat, cara kerja dilakukan pada kemampuan, kebolehan dan keterbatasan manusia sehingga diperoleh kondisi kerja dan lingkungan yang sehat, aman, nyaman dan efisien sehingga tercapai produktivitas yang setinggi-tingginya (Tarwaka, 2004).

Salah satu masalah ergonomi yang sering terjadi pada pekerja sektor informal adalah keluhan muskuloskeletal. Keluhan muskuloskeletal adalah keluhan pada bagian otot-otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, akan menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligament dan tendon. Keluhan hingga kerusakan inilah yang biasanya disebut dengan muskuloskeletal disorders (MSDs) atau cedera pada sistem muskuloskeletal. (Tarwaka, 2011). Bagian otot yang sering dikeluhkan meliputi otot leher, bahu, lengan, tangan, punggung dan pinggang dan otot-otot bagian bawah. Faktor risiko timbulnya

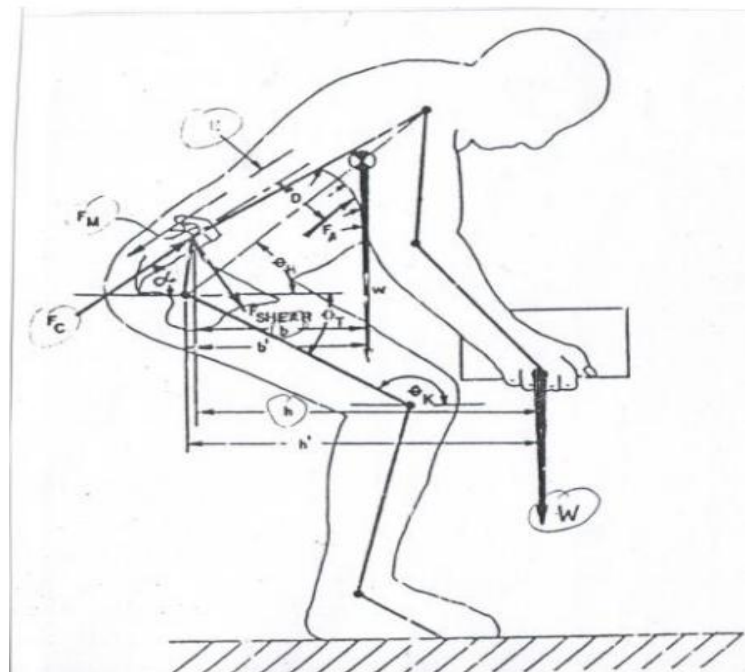
keluhan muskuloskeletal antara lain adalah beban kerja yang tinggi, repetitive work (pekerjaan berulang), sikap kerja yang salah serta stress. (Attwood, 2004).

3. Perhitungan Gaya Tekan di L5/S1

Chaffin dan Andersson (1991) menggambarkan tentang biomekanika statis pada tubuh ketika bekerja. Gambaran tersebut adalah perkiraan besarnya gaya tekan pada L5/S1 untuk suatu kegiatan angkat yang spesifik. Model ini dapat juga untuk memprediksi proporsi populasi yang akan mempunyai kekuatan pada masing-masing sambungan badan (*joint*) untuk aktivitas angkat (Chaffin dan Anderson; 1991).

Mengacu pada Chaffin bahwa badan operator terbagi menjadi beberapa bagian. Untuk keseimbangan statis dengan adanya pengaruh gaya luar (*external force*) maka momen dan gaya pada masing-masing pusat sambungan (*link centers*) dapat ditentukan besarnya. Kalau diperhatikan bahwa model tersebut meliputi system penyambungan antara sambungan pinggul dan segmen tulang belakang (*disc L5/S1*). Model tersebut juga meliputi pengaruh dari tekanan perut (*abdominal pressure*) yang berfungsi untuk membantu kestabilan badan dari pengaruh momen dan gaya yang ada. Dengan menggunakan teknik perhitungan keseimbangan gaya pada setiap segmen tubuh manusia, maka didapat momen resultan pada L5/S1, (Tayyari, 1997).

Kemudian untuk mencapai keseimbangan tubuh pada aktivitas pengangkatan, momen pada L5/S1 tersebut diimbangi gaya otot pada sepinal erector (FM) yang cukup besar dan juga gaya perut (FA) sebagai pengaruh tekanan perut (PA) atau *abdominal pressure* yang berfungsi untuk membantu kestabilan badan karena pengaruh momen dan gaya yang ada seperti model pada gambar 1.



Gambar 1. Model sederhana dari punggung bawah (*Low back*) yang diteliti oleh Chaffin (1984).

Gaya otot pada spinal erector dirumuskan sebagai berikut.

$$F_M \cdot E = M_{(L5/S1)} - F_A \cdot D \text{ (Newton)(1)}$$

Keterangan:

FM = Gaya otot pada spinal erector (newton)

E = Panjang lengan momen otot spinal erector dari L5/S1 (estimasi 0.05 m ,
Nurmianto:1996)

M_(L5/S1) = MT = Momen resultan pada L5/S1

F = Gaya perut (newton)

D = Jarak dari gaya perut ke L5/S1 (0.11 m, Nurmianto:1996)

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

$$PA = \frac{10^{-4} [43 - 0,36(\theta_H + \theta_T)] [M_{L5/S1}]^{1,8}}{75} \text{(2)}$$

FA = PA x AA (newton)

Keterangan:

PA = Tekanan perut

AA = Luas diafragma 465 cm²

θ_H = Sudut inklinasi perut

θ_T = Sudut inklinasi kaki

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

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

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

Model biomekanika statis dipengaruhi oleh tiga faktor yang tidak begitu dikenal (diabaikan).

Faktor-faktor tersebut adalah

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

Jika dituliskan, menjadi persamaan berikut:

$$\sum \bar{M}_{L5/S1} = 0$$

$$B(mg_{bw}) + h(mg_{load}) - D(F_A) - (E(F_m)) = 0 \text{(3)}$$

Jika diasumsikan sebuah gunting yang memiliki pusat putaran, maka persamaan diatas dapat disesuaikan dengan kondisi otot manusia, yaitu sebagai berikut.

$$F_M = \frac{b(mg_{bw}) + (h(mg_{load}) - D(F_A))}{E} \text{(4)}$$

Kekuatan otot dalam kondisi pararel sebagaimana dalam gambar 1. diatas dapat dinyatakan.

$$\sum \bar{F}_{COMP} = 0$$

$$\cos \alpha mg_{bw} + \cos \alpha mg_{load} - F_A + F_M - F_C = 0 \text{(5)}$$

Semua nilai yang dihasilkan akan memperlihatkan besarnya gaya tekanan yang ditimbulkan (F_C). Persamaan dapat disesuaikan dengan kondisi yang demikian.

PENGOLAHAN DATA

1. Biomekanika



Gambar 2. pengukuran dimensi pekerja

Tabel 1. Data pengukuran Biomekanika

Pekerja	BB (Kg)	T	b (cm)	h (cm)	k	θ_H
xxx	83	102	37	56	167	60

Sumber: Pengukuran langsung pada pekerja

Keterangan:

BB = Berat badan (Kg)

T = Sudut torso axis terhadap garis vertikal L5/S1

b = Jarak antara titik pusat masa dengan L5/S1

h = Jarak antara pusat benda dengan L5/S1

k = Sudut paha terhadap betis

θ_H = Sudut garis torso axis terhadap paha

a. Perhitungan nilai β dan α

$$\begin{aligned} \beta &= -17,5 - 0,12 T + 0,23 K + 0,0012 TK + 0,005 T^2 - 0,00075 K^2 \\ &= -17,5 - 0,12 (102) + 0,23 (167) + 0,0012 (102) (167) + 0,005 (102)^2 - \\ &\quad 0,00075 (167)^2 \\ &= 60,21^0 \\ \alpha &= 40^0 + \beta \\ &= 40^0 + 60,21^0 \\ &= 100,21^0 \end{aligned}$$

b. Menghitung $M_{L5/S1}$

$$\begin{aligned} M_{L5/S1} &= \text{Momen badan} + \text{Momen benda} \\ &= b m g_{bw} + h m g_{load} \\ &= (0,37 \times 83 \times 9,8) + (0,56 \times 45 \times 9,8) \\ &= 547,918 \text{ Nm} \end{aligned}$$

c. Menghitung PA

$$\begin{aligned} &= (10^{-4} (43 - 0,36 (\theta_H + \theta_T))(M_{L5/S1})^{1,8}) / 75 \\ &= (10^{-4} (43 - 0,36 (60 + 50))(547,918)^{1,8}) / 75 \\ &= 0,386 \text{ N/cm}^2 \end{aligned}$$

d. Menghitung FA

$$FA = PA \times AA$$

$$= 0,386 \text{ N/cm}^2 \times 465 \text{ cm}^2$$

$$= 179,3 \text{ N}$$

e. Menghitung FM

$$FM = (b m g_{bw} + h m g_{load} - D(FA)) / E$$

$$= ((0,37 \times 83 \times 9,8) + (0,56 \times 45 \times 9,8) - 11(179,3)) / 5$$

$$= 284,857 \text{ N}$$

f. Menghitung FC

$$FC = \text{Cos } \alpha m g_{bw} + \text{Cos } \alpha m g_{load} - FA + FM$$

$$= (\text{Cos } 100,21 \times 83 \times 9,8) + (\text{Cos } 100,21 \times 45 \times 9,8) - 179,3 + 284,857$$

$$= 1294,737 \text{ N}$$

Dari perhitungan biomekanika diatas didapatkan hasil 1294,737 N, yang berarti aktivitas yang dilakukan masih dalam batas aman dan tidak menimbulkan resiko.

2. Fisiologi



Gambar 3. Penghitungan denyut nadi pekerja

Tabel 2. Data Fisiologi Pekerja

Pekerja	Denyut jantung sebelum aktivitas(denyut/mnt)	Denyut jantung setelah aktivitas(denyut/mnt)
xxxx	65	106

Sumber: Pengukuran langsung pada pekerja

a. Pengeluaran energi sebelum beraktivitas

$$Y_0 = 1,80411 - 0,0229038 (X) + 4,71733 (X^2) (10^{-4})$$

$$= 1,80411 - 0,0229038 (65) + 4,71733 (65^2) (10^{-4})$$

$$= 2,308435 \text{ Kkal/mnt}$$

b. Pengeluaran energi setelah beraktivitas

$$Y_1 = 1,80411 - 0,0229038 (X) + 4,71733 (X^2) (10^{-4})$$

$$= 1,80411 - 0,0229038 (106) + 4,71733 (106^2) (10^{-4})$$

$$= 4,676699 \text{ Kkal/mnt}$$

c. Besarnya nilai konsumsi energi

$$KE = E_t - E_i$$

$$= 4,676699 - 2,308435$$

$$= 2,368264 \text{ Kkal/mnt}$$

Dari perhitungan fisiologi diatas didapatkan hasil 2,368264Kkal/mnt, yang berarti aktivitas yang dilakukan masih dalam batas aman dan tidak menimbulkan kelelahan.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian dan hasil pengolahan data serta hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil meliputi:

- a. Gaya kompresi paling besar yang diterima pekerja yaitu 1559,88 Newton dan yang paling kecil 859,369 Newton. Untuk pengolahan data fisiologi yang dilakukan hasilnya adalah energi terbesar yang dikeluarkan oleh pekerja yaitu 2,78653 Kkal/min dan yang terkecil yaitu 1,73727 Kkal/min.
- b. Dari data yang dianalisa hasilnya menunjukkan bahwa aktivitas pekerja di gudang bulog tidak melebihi batas beban (3400 N) dari aspek biomekanika dan berdasarkan perhitungan konsumsi energi, pekerjaan yang dilakukan juga masih dalam batasan aman. Karena dilihat dari hasilnya tidak ada yang melebihi batas (2,2 – 4,7 Kkal/menit).

2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian tentang analisis beban kerja berdasarkan aspek biomekanika dan fisiologi pada aktivitas angkat beban karung beras ini, peneliti bermaksud memberikan beberapa saran yang kiranya dapat berguna bagi perusahaan. Saran-saran tersebut meliputi:

- a. Pekerja sebaiknya diberi pelatihan tentang cara-cara mengangkat dengan posisi yang baik dan benar untuk mengurangi resiko kecelakaan kerja.
- b. Gunakan tumpuan untuk meletakkan karung beras di atasnya untuk memudahkan pada saat pengangkatan karung beras.
- c. Pekerja sebaiknya memakai sepatu pada saat bekerja untuk menghindari kecelakaan kerja seperti menginjak paku atau terjepit kayu karena lokasi kerja yang terbuat dari papan kayu (palet).
- d. Dari beberapa cara pengangkatan, sebaiknya pekerja melakukan aktifitas angkat dengan cara menjinjing. Karena dengan cara menjinjing pekerja lebih mudah dalam pengangkatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Attwood. 2004. *Ergonomic Solution For Process Industries*. Elsevier Inc.
- Chaffin D.B and Anderson G.B.J. 1991. *Occupational Biomechanic*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Gudang Bulog GBB 303 Kartosuro Sub Divre Surakarta.
- Kroemer and Elbert. 1994. *Ergonomics, How to Design For Ease and Efficiency*. London: Taylor and Francis.
- Muslimah, etika. 2008. Analisis Terhadap *Load Constant (LC)* Dalam *Revised Niosh Lifting Equation*. Tesis. Universtas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Nurmianto, Eko. 1998. Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya. Edisi II. Surabaya: Guna Widya.
- Tarwaka, Solichul H.B, Lilik S. 2004. Ergonomi untuk Keselamatan Kerja dan Produktivitas. Surakarta: Uniba Press.
- Tarwaka. 2011. Ergonomi Industri, Dasar-Dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi Di Tempat Kerja. Surakarta: Harapan Press.
- Tayyari, F. 1997. *Occupational Ergonomics*. London: Chapman and Hall.