

TEKINFO

JURNAL ILMIAH TEKNIK INDUSTRI DAN INFORMASI

Perbaikan Metode Kerja Dengan Pendekatan Metode *Rappid Upper Limb Assessment* Dan Biomekanika Operator Pemindah Peti Buah Di Pasar Tradisional

Taufiq Rochman, Zulmi Apriyadi dan Rahmaniayah Dwi Astuti

Penentuan Jumlah Tenaga Kerja Pada Proses Pembuatan Kawat Perak Menggunakan Metode Heuristik (Studi Kasus di PT. XYZ Yogyakarta)

Puji Asih

Pengambilan Keputusan Pemilihan Supplier Parfum *Laundry* Dengan Menggunakan ANP Dan TOPSIS

Dutho Suh Utomo

Perancangan Tempat Sampah Yang Ergonomis Sebagai Media Ajar Anak Usia Dini Dengan Menggunakan Metode Reba

Dwi Nurul Izzhati, Hanna Lestari dan Helmy Rahadian

Analisis Potensi Bahaya dengan Metode *Job Safety Analysis (JSA)* sebagai Upaya Penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Laboratorium X

Lina Dianati Fathimahhayati, Nurfaizah Rohmah,
Agusti Wulandari dan Argado Insani Hutabarat

Perancangan Ulang Stasiun Pencucian dan Pamarutan Ubi Kayu pada UKM Bahan Baku Mireng

Rosleini Ria Putri Zendrato dan Adhie Tri Wahyudi



UNIVERSITAS

SETIA BUDI

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK

VOL. 4

NO. 1

NOVEMBER 2015

ISSN VERSI
CETAK : 2303-1476

ISSN VERSI
ONLINE : 2303-1867

Universitas Setia Budi
Jln. Letjen. Sutoyo, Mojosongo, Surakarta
Telp. 0271. 852518, Fax. 0271. 853275
www.setiabudi.ac.id
<http://setiabudi.ac.id/tekinfo/>

TEKINFO

Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Informasi
Volume 4 No. 1 – November 2015

Dewan Redaksi TEKINFO Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Informasi

Mitra Bestari

Dr. Bambang Suhardi (UNS)

Penanggung Jawab

Ketua Program Studi Teknik Industri USB

Koordinator Pelaksana

Adhie Tri Wahyudi, ST., M.Cs.

Wakil Koordinator Pelaksana

Erni Suparti, ST., MT.

Editor

Anita Indrasari, ST., M.Sc.

Ir. Rosleini Ria PZ, MT.

Narimo, ST., MM.

Ida Giyanti, ST., MT.

Pemasaran dan Publikasi

Bagus Ismail Adhi Wicaksana, ST., MT.

Tata Usaha dan Administrasi

Agus Tri Santoso

Penerbit

Program Studi S1 Teknik Industri
Universitas Setia Budi Surakarta
Telp (0271) 852518 Fax (0271) 853275
email : tekinfo@setiabudi.ac.id

Alamat

Jl. Letjen Sutoyo, Mojosongo, Surakarta - 57127

Versi Online

<http://setiabudi.ac.id/tekinfo/>

=====

Tekinfo merupakan Jurnal Ilmiah yang memuat hasil-hasil penelitian,
studi lapangan atau kajian teori di bidang Teknik Industri dan
Teknologi Informasi. Terbit dua kali dalam setahun,
yaitu pada bulan Mei dan November.
Terbit pertama kali pada bulan November 2012.

Kata Pengantar

Alhamdulillah robbil ‘alamin, puji syukur kami sampaikan ke hadirat Allah SWT, karena Jurnal Tekinfo (Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Informasi) edisi bulan November 2015 telah selesai diproduksi dan dapat publikasi sesuai dengan jadwal.

Redaksi sangat gembira karena animo para peneliti dan penulis yang sangat besar untuk mempublikasikan artikel di jurnal Tekinfo. Hal ini sangat membantu tim redaksi untuk dapat memproduksi jurnal edisi bulan November 2015 sesuai jadwal dan tepat waktu. Untuk itu, tim redaksi menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para penulis yang memberikan kepercayaan kepada kami untuk mempublikasikan artikelnya.

Dari enam (6) artikel yang diterbitkan pada edisi kali ini, lima (5) naskah merupakan kontribusi peneliti/ dosen eksternal, yaitu dari Program Studi Teknik Industri Universitas Sebelas Maret Surakarta, Program Studi Teknik Industri Universitas Widya Mataram Yogyakarta, Program Studi Teknik Industri Universitas Mulawarman Samarinda, Program Studi Teknik Industri Universitas Dian Nuswantoro Semarang. Sementara satu naskah merupakan kontribusi dosen program studi Teknik Industri Universitas Setia Budi.

Akhir kata, tim redaksi memberikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penerbitan jurnal Tekinfo edisi kali ini, khususnya kepada Mitra Bestari yang telah memberikan bantuan koreksi dan arahan kepada tim redaksi. Kepada para pembaca dan pemerhati jurnal Tekinfo, kritik dan saran selalu kami harapkan demi kemajuan dan penyempurnaan jurnal tercinta ini. Semoga visi terakreditasinya jurnal Tekinfo ini dapat segera kami realisasikan. Aamiin. Mohon doa restu dan dukungan.

Salam publikasi,

Tim Redaksi

Daftar Isi

Kata Pengantar	1
Daftar Isi	2
Perbaikan Metode Kerja Dengan Pendekatan Metode <i>Rappid Upper Limb Assessment</i> Dan Biomekanika Operator Pemindah Peti Buah Di Pasar Tradisional...	3
Penentuan Jumlah Tenaga Kerja Pada Proses Pembuatan Kawat Perak Menggunakan Metode Heuristik	15
Pengambilan Keputusan Pemilihan <i>Supplier Parfume Laundry</i> Dengan Menggunakan ANP dan TOPSIS.....	27
Perancangan Tempat Sampah Yang Ergonomis Sebagai Media Ajar Anak Usia Dini Dengan Menggunakan Metode REBA	33
Analisis Potensi Bahaya dengan Metode <i>Job Safety Analysis (JSA)</i> sebagai Upaya Penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Laboratorium X.....	42
Perancangan Ulang Stasiun Pencucian Dan Pamarutan Ubi Kayu Pada UKM Bahan Baku Mireng	56

Perbaikan Metode Kerja Dengan Pendekatan Metode *Rappid Upper Limb Assessment* Dan Biomekanika Operator Pemindah Peti Buah Di Pasar Tradisional

Taufiq Rochman^{*1)}, Zulmi Apriyadi^{*2)} Rahmaniya Dwi Astuti^{*3)}

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Industri UNS, Surakarta, Email : tofiqrochman@yahoo.com

²⁾ Alumni Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

³⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Industri UNS, Surakarta, Jawa Tengah.

Abstrak

Pada aktivitas pengangkutan peti buah yang ada di Pasar Gede masih menggunakan tenaga manusia. Salah satu kegiatan MMH yang diduga beresiko tinggi terhadap tulang belakang adalah aktivitas pengangkutan yang terdapat di lokasi Pasar Gede. Aktivitas pengangkutan ini terdiri dari tiga fase gerakan yaitu mengangkat, membawa, dan meletakkan dilakukan secara manual. Aktivitas yang dilakukan ini dikenal dengan nama *Manual Material Handling* (MMH). Berdasarkan pengamatan terhadap kondisi aktivitas kerja yang dilakukan pekerja, tubuh pekerja beresiko terjadi keluhan *musculoskeletal*. Hasil kuesioner *Nordic Body Map* menunjukkan segmen punggung, pinggul, lengan atas, dan paha pekerja mengalami persentase keluhan yang tinggi.

Berdasarkan analisis biomekanika dengan mendasarkan ketentuan batas angkat NIOSH, pinggul pekerja rawan terjadi keluhan *musculoskeletal* karena mendapatkan gaya tekan lebih besar dari 3500 N. Berdasarkan *assessment* posisi postur kerja dengan menggunakan metode RULA didapatkan skor level resiko yang tinggi. Berdasarkan masalah keluhan *musculoskeletal* yang dialami pekerja, maka dilakukan rekomendasi perbaikan metode kerja. Menurut hasil analisis dengan biomekanik masih berada dalam kondisi tidak aman karena berat peti 50 kg merupakan berat yang berada ambang batas ijin untuk diangkat secara manual. Oleh karena itu perlu dilakukan penurunan berat peti dari 50 kg menjadi 30 kg, dimana resiko terjadinya gangguan *musculoskeletal* kerja menjadi lebih rendah. Hasil analisis dengan biomekanika dan metode RULA setelah dilakukan perbaikan metode kerja didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa segmen pinggul, dan punggung, berada dalam kondisi yang aman.

Kata kunci: *Manual Material Handling, biomekanika, metode RULA, Perbaikan Metode Kerja.*

PENDAHULUAN

Salah satu bentuk peranan manusia adalah aktivitas pemindahan material secara manual yang disebut *Manual Material Handling* (MMH). Menurut OSHA kegiatan MMH dibagi menjadi lima bagian yaitu mengangkat/menurunkan (*lifting/lowering*), mendorong/menarik (*pushing/pulling*), memutar (*twisting*), membawa (*carrying*) dan menahan (*holding*). Aktifitas MMH dalam pekerjaan industri banyak diidentifikasi beresiko besar sebagai penyebab penyakit tulang belakang akibat dari penanganan material secara manual yang berat dan posisi tubuh

yang salah dalam bekerja. Aktivitas tersebut meliputi aktivitas dengan beban kerja yang berat, postur kerja yang salah dan pengulangan pekerjaan yang tinggi, serta adanya getaran terhadap keseluruhan tubuh. Salah satu kegiatan MMH yang diduga beresiko tinggi terhadap tulang belakang adalah aktivitas pengangkatan yang terdapat di lokasi Pasar Gede. Variasi berat peti yang ada di lokasi Pasar Gede yaitu 70 kg, 50 kg, 30 kg, 20 kg, dan 10 kg. Diantara variasi berat peti tersebut, berat peti 50 kg (45 kg muatan dan 5 kg berat peti) merupakan berat yang berada di ambang batas ijin untuk diangkat secara manual sejalan dengan aturan dari NIOSH (*National Occupational Health and Safety Commission*) batas normal pengangkutan yang dianjurkan sebesar 34 - 50 kg dalam keadaan postur kerja yang normal tanpa menggunakan alat bantu, dan pengangkutan beban diatas 50 kg dianjurkan menggunakan alat bantu.

Kondisi diatas menunjukkan sistem kerja operator dapat menyebabkan kondisi kerja yang tidak sehat. Helander (2006) menyatakan kondisi sistem yang sehat dapat diukur dengan membandingkan kebutuhan performansi kerja dengan batasan kemampuan operator. Untuk memperkuat dugaan besarnya resiko terhadap MMH di Pasar Gede dilakukan observasi penyebaran kuisioner *Nordic Body Map*. Terdapat enam keluhan pada segmen tubuh pekerja, yaitu 68,75% pekerja merasakan keluhan pada bagian bahu kiri dan bahu kanan, 25% pekerja merasakan keluhan pada bagian betis kiri, 31,25% lengan bawah sebelah kiri, dan betis kanan, sedangkan 87,50% pekerja merasakan keluhan pada bagian pinggul. Hal ini menunjukkan bahwa diantara keluhan *musculoskeletal* pada bagian tubuh, bagian pinggul merupakan segmen yang paling banyak dialami pekerja. Hal ini sesuai dengan apa yang dinyatakan Waters dan Putz-Anderson (1996) bahwa di antara keluhan *musculoskeletal* yang paling sering dialami pekerja adalah pada bagian pinggul (*Low Back Pain; LBP*). LBP dapat terjadi karena segmen tulang belakang pada pinggul (L5/S1) menerima pembebanan yang berlebihan ketika melakukan aktivitas MMH. Cedera yang terjadi pada L5/S1 di sebabkan karena lempengan (disk) berupa tulang rawan yang terletak di antara ruas-ruas tulang belakang mengalami gaya tekan dan gaya geser yang melebihi daya tahan lempeng. Chaffin dan Anderson (1999) menyatakan bahwa batasan gaya angkat maksimal yang diizinkan oleh *National Institute For Occupational Safety And Health* (NIOSH) adalah sebesar 3500 Newton pada L5/S1. Untuk menentukan seberapa jauh efek dari MMH pengangkatan peti 50 kg di Pasar Gede terhadap L5/S1 perhitungan-perhitungan khusus secara biomekanik perlu dilakukan. Hasil pembebanan di L5/S1 tersebut tidak boleh melebihi batas kemampuan dari L5/S1 tersebut. Metode RULA merupakan metode untuk menginvestigasi lingkungan kerja yang tidak ergonomi menggunakan gangguan kerja pada bagian atas manusia (Corlett dan McAtamney, 1993). Penggunaan pendekatan biomekanika statis ini bertujuan untuk mengetahui nilai gaya dan momen yang diterima oleh L5/S1 pada metode RULA, sehingga dapat digunakan untuk menganalisis sikap kerja pada keadaan awal dan sesudah merancang metode kerja yang baru. Dari kedua metode diharapkan memberikan rekomendasi perancangan sikap kerja yang aman pada saat melakukan aktivitas MMH.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Penentuan Pola Aktivitas Manual Material Handling

Langkah ini dilakukan dengan menentukan elemen gerakan kerja operator pada saat melakukan pengangkatan peti buah melalui perekaman dengan kamera digital.

2. Pengukuran Sikap Kerja Operator dengan Metoda RULA

Dilakukan dengan merekam elemen gerakan kerja operator dengan kamera digital kemudian digambarkan sudut-sudut pada tiap elemen gerakan. Kemudian dilakukan penskoran melalui tabel RULA untuk menghasilkan nilai skor akhir yang menggambarkan adanya penyimpangan aktivitas kerja operator.

3. Pengukuran Gaya, Momen dan Tekanan Kompresi pada segmen L5/S1

Pengukuran dilakukan dengan merekam aktivitas kerja operator melalui elemen gerakan kerja sehingga dihasilkan gerakan-gerakan kritis yang dijadikan dasar penentuan nilai gaya tekan dan momen pada segmen L5/S1. Hasil pengukuran sudut anggota tubuh didapatkan hasil garis horisontal pada jarak L5/S1 ke pusat masa badan.

4. Usulan Perbaikan Sikap kerja Operator

Dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dengan standar yang dikeluarkan oleh NIOSH berkaitan dengan gaya kompresi pada L5/S1. Apabila tidak sesuai standar (penyimpangan) dilakukan perbaikan dengan perubahan pola angkut, penjadwalan pengangkatan dan perubahan sikap kerja operator.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penentuan Pola Aktivitas Manual Material Handling

Dokumentasi sikap kerja yang dilakukan oleh pekerja buruh angkut pada aktivitas *manual material handling* dengan pengambilan gambar pada saat pekerja memanggul beban pada bagian punggung tanpa menggunakan landasan tubuh yang memadai. Pola aktivitas *manual material handling* yang dilakukan oleh pekerja buruh angkut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Aktivitas *Manual Material Handling*

Pada tahap ini data yang diperoleh berupa gambar aktivitas kerja yang digunakan pekerja buruh angkut di Pasar Gede dilakukan identifikasi setiap elemen kerja dan fase gerakan yang kritis pada gambar aktivitas kerja.

Mengangkat Beban

Pada aktivitas mengangkat teridentifikasi elemen kerja yaitu pada saat melakukan pengangkatan beban. Sebab pada saat melakukan pengangkatan pekerja mendapatkan tekanan pada segmen L5/S1 dari beban yang akan diangkat, dan posisi tubuh membungkuk sejauh 46 derajat. Setelah identifikasi kerja dan fase gerakan kemudian menghitung gaya dan momen yang diterima oleh tulang belakang pada saat pekerja melakukan pengangkatan.

Membawa Beban

Aktivitas membawa teridentifikasi elemen kerja pada saat membawa beban dari truk mengalami perbedaan jarak antara tinggi truk dan tinggi tulang belakang. sebab pada aktivitas membawa pekerja mendapatkan tekanan pada segmen L5/S1, dan posisi tubuh membungkuk sejauh 56 derajat. Setelah identifikasi kerja dan fase gerakan kemudian menghitung gaya dan momen yang diterima oleh tulang belakang pada saat pekerja melakukan pengangkatan.

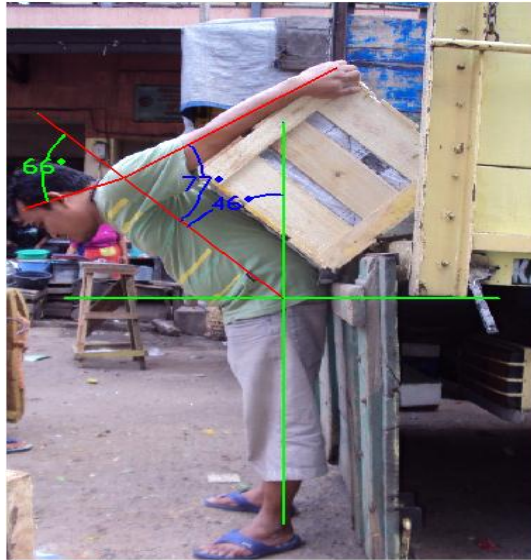
Meletakan Beban

Aktivitas meletakan teridentifikasi elemen kerja pada saat pekerja akan meletakan beban ke gudang karena saat meletakan beban posisi kaki ditekuk dengan sudut 122 derajat. Sebab pada aktivitas meletakan pekerja melakukan perubahan sudut tubuh dan menahan beban. Setelah identifikasi kerja dan fase gerakan kemudian menghitung gaya dan momen yang diterima oleh tulang belakang pada saat pekerja melakukan pengangkatan.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pekerja buruh angkut pasar diketahui bahwa waktu rata-rata yang diperlukan untuk melakukan satu kali aktivitas pengangkutan peti secara keseluruhan selama 1,5 s/d 2 jam, (tergantung besarnya muatan). Dari keseluruhan aktivitas yang dilakukan keluhan rasa sakit pada bagian tubuh muncul antara 10 s/d 15 menit menjelang berakhirnya aktivitas. Berdasarkan hasil dari wawancara juga dapat diketahui bahwa keluhan (ketidaknyamanan), kesulitan yang dialami pekerja dan keinginan pekerja terhadap alat bantu kerja yang dapat membantu aktivitas pengangkutan. Berdasarkan biodata pekerja diperoleh data umur pekerja dari usia minimal 20 tahun s/d 46 dengan masa kerja 1 s/d 10 tahun. Usia rata-rata pekerja buruh angkut adalah 30 tahun dengan rata-rata masa kerja 4 tahun.

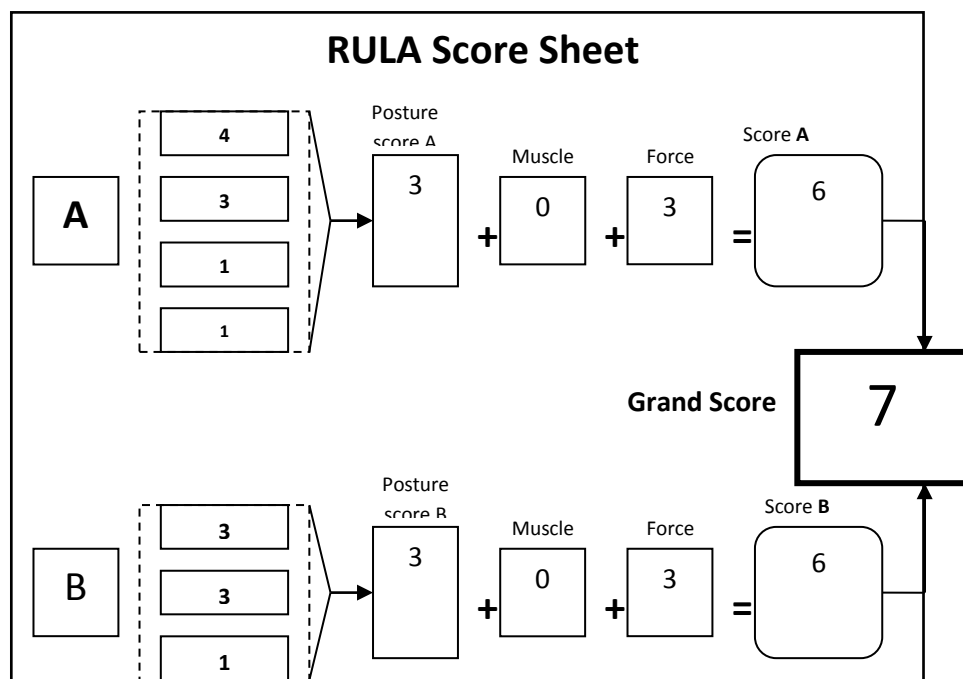
2. Pengukuran Sikap Kerja Operator dengan Metoda RULA

Pencatatan sikap kerja pada pekerja pengangkut peti buah di Pasar Gede dilakukan dengan merekam aktivitas pekerja menggunakan kamera digital. Sikap kerja dimulai dengan mengangkat peti yang berisi buah seberat 50 kg yang diletakkan di atas punggung dan membawanya menuju gudang. Pada proses mengangkat peti buah, pekerja tidak menggunakan alat yang mendukung seperti busa yang di letakan di punggung agar pekerja tidak merasakan sakit saat pengangkatan peti buah. Dilihat dari sikap kerja dengan, proses pengangkatan peti buah seberat 50 kg sudah sangat bahaya dengan posisi badan yang membungkuk dan beban di letakan di atas punggung. Kegiatan pengangkutan peti buah dari muatan *truck* sampai ke gudang ini terjadi berulang-ulang. Proses penilaian atau *coding postures* untuk metode RULA dilakukan dengan menggunakan *software RULA*. Pengukuran sudut tubuh dilakukan dengan menggunakan Goniometer. Berikut ini adalah proses *coding postures* untuk pekerja buruh angkut pada fase gerakan mengangkat.



Gambar 2. Sikap kerja buruh angkut pada fase gerakan mengangkat

Seorang pekerja buruh angkut yang memiliki sikap kerja seperti ditunjukkan pada gambar 2, maka besarnya sudut segmen tubuh pekerja buruh angkut diukur dan hasil pengukuran sudut dikonversi ke dalam tabel RULA dengan mekanisme penghitungan sebagai berikut:



Gambar 3. Tabel Perhitungan Skor RULA.

Tabel 1. Hubungan Nilai Skor, Level Resiko dan Tindakan Perbaikan

Kategori Tindakan	Level Resiko	Tindakan
1 - 2	Minimum	Aman
3 - 4	Kecil	Diperlukan beberapa waktu ke depan
5 - 6	Sedang	Tindakan dalam waktu dekat
7	Tinggi	Tindakan sekarang juga

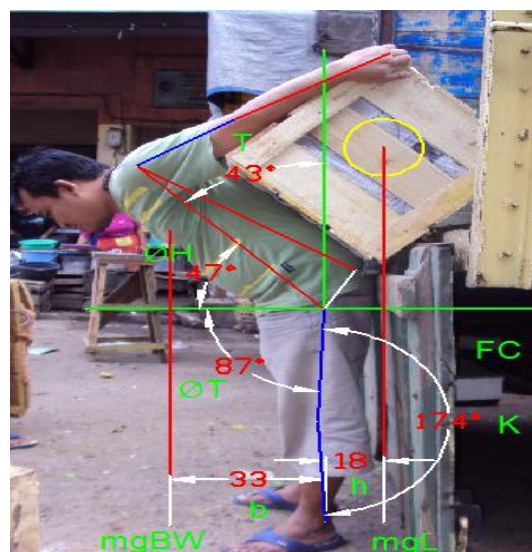
Skor akhir yang diperoleh dari postur tersebut adalah 7 dimana level resikonya tinggi. Untuk postur ini harus dilakukan tindakan perbaikan sekarang juga. Berikut hasil perhitungan dengan metode REBA untuk keseluruhan aktivitas pemindahan peti buah pada kondisi kerja awal.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Skor REBA Pada Kondisi Kerja Awal

No	Fase Gerakan	REBA score	Risk level	Action (including further assessment)
1	Aktivitas Pengangkatan Peti	7	tinggi	<i>Necessary soon</i>
2	Aktivitas Pengangkutan Peti	7	tinggi	<i>Necessary soon</i>
3	Aktivitas Penurunan Peti	7	tinggi	<i>Necessary now</i>

3. Pengukuran Gaya, Momen dan Tekanan Kompresi pada segmen L5/S1

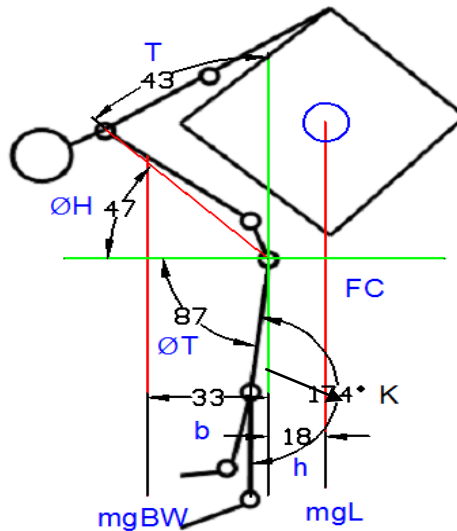
Tubuh yang diasumsikan terbagi menjadi beberapa segmen ini memperkirakan besarnya tekanan pada sambungan tulang belakang khususnya bagian yang menghubungkan antara pinggul dengan tulang belakang (L5/S1) dan bagian tangan. Perhitungan gaya dan momen pada segmen L5/S1 menggunakan model penampang statis Chaffin. Model tersebut melibatkan pengaruh dari tekanan perut yang berfungsi untuk membantu kestabilan badan dari pengaruh momen dan gaya yang ada. Gaya dan momen pada segmen tangan ini mempunyai tiga fase, yaitu mengangkat, membawa dan meletakkan peti buah. Mekanisme penentuan gaya tekan L5/S1 pada proses pengangkatan ditunjukkan pada gambar 4 berikut:

**Gambar 4.** Tubuh statis pada fase gerakan mengangkat

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan pada fase gerakan mendorong diperoleh data sebagai berikut:

1. Berat badan 65 kg, dan berat badan untuk segmen diatas L5/S1 (m) adalah 54% dari total berat tubuh (berasal dari penjumlahan berat *head, neck and both arm + thorax and abdomen* sesuai dengan proporsi pada tabel 2 atau sebanding dengan 35.1 kg.
2. Sudut gaya tekan pada segmen L5/S1 terhadap garis horisontal atau $\alpha = 54.596^\circ$
3. Sudut inklinasi kaki relatif terhadap horisontal, $\theta_T = 84^\circ$
4. Sudut inklinasi badan relatif terhadap horisontal, $\theta_H = 44^\circ$
5. Jarak antara L5/S1 ke pusat masa badan, $b = 18$ cm
6. Jarak sumbu pikul ke pusat masa beban, $h = 30$ cm
7. Luas diafragma perut diasumsikan 465 cm^2
8. Jarak gaya perut F_A ke L5/S1 diasumsikan $d = 11$ cm
9. Jarak otot *spinal erector* ke L5/S1 diasumsikan $E = 5$ cm

Gaya - gaya yang terjadi saat gerakan mengangkat ditunjukkan pada gambar 5 berikut:



Gambar 5. Gaya pada tubuh statis fase gerakan mengangkat

Pada gambar diatas, saat pekerja buruh angkut mengangkat peti, momen yang dihasilkan pada pinggul sebesar:

$$\begin{aligned} M_H &= b \cdot w + h \cdot W \\ &= ((0.33) \cdot (35.1) \cdot (9.8 \text{ m/s}^2)) + ((0.18) \cdot (50) \cdot (9.8 \text{ m/s}^2)) \\ &= 201.713 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh besar tekanan dalam perut:

$$\begin{aligned} P_A &= 10^{-4} [43 - 0.36(\theta_H + \theta_T)] (M_H)^{1.8} \text{ mm Hg} \\ &= 10^{-4} [43 - 0.36(47^\circ + 87^\circ)] (201.713)^{1.8} \text{ mm Hg} \\ &= -7.377 \text{ mm Hg} \end{aligned}$$

karena $1 \text{ N/cm}^2 = 75 \text{ mm Hg}$, maka nilai P_A adalah:

$$\begin{aligned} P_A &= (1/75) \times (-7.377) \text{ mm Hg} \\ &= -0.098 \text{ N/cm}^2 \end{aligned}$$

Besar gaya yang dihasilkan dari tekanan perut tersebut adalah:

$$\begin{aligned} F_A &= P_A \times \text{Luas diafragma perut} \\ &= -0.098 \text{ N/cm}^2 \times 465 \text{ cm}^2 \\ &= -45.735 \text{ N} \end{aligned}$$

Besarnya gaya otot tulang belakang pada daerah L5/S1 adalah:

$$\begin{aligned} F_M &= \frac{bw + hW - D.F_A}{E} \\ &= \frac{((0.33).(35.1).(9,8\text{m/s}^2)) + ((0.18).(50).(9,8\text{m/s}^2)) - (0.11).(-45.735)}{0.05} \\ &= \frac{201.713 - (0.11).(-45.753)}{0.05} \\ &= 4134.884 \text{ N} \end{aligned}$$

Perhitungan besarnya gaya tekan pada L5/S1, terlebih dahulu dihitung sudut *alfa* (α) dan sudut *beta* (β) dengan mengukur sudut *Torso* ($T=43^\circ$) dan *Knee* ($K=174^\circ$), sehingga besarnya sudut β , sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \beta &= -17.5 - 0.12T + 0.23K + 0.0012TK + 0.005T^2 - 0.00075K^2 \\ \beta &= -17.5 - (0.12 \times 43^\circ) + (0.23 \times 174^\circ) + (0.0012 \times 43^\circ \times 174^\circ) + \\ &\quad (0.005 \times (43^\circ)^2) - (0.00075 \times (174^\circ)^2) \\ \beta &= 14.596^\circ \end{aligned}$$

Besarnya sudut α , sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \alpha &= 40^\circ + \beta \\ \alpha &= 40^\circ + 14.596^\circ \\ \alpha &= 54.596^\circ \end{aligned}$$

Sehingga besarnya gaya tekan pada segmen L5/S1 adalah:

$$\begin{aligned} F_C &= (w + W) \sin \alpha - F_A + F_M \\ &= ((35.1 \times 9.8) + 50 \times 9.8) \sin 52.876^\circ - (-45.753) + 4134.884 \\ &= 4837.795 \text{ N} \end{aligned}$$

Nilai $F_C >$ nilai F_{angkat} (3500N) yang diijinkan maka fase gerakan mengangkat ini menyebabkan cedera punggung.

Untuk nilai F_c perhitungan pada fase membawa dan meletakkan didapat hasil pada fase membawa yaitu sebesar 5420.025 N dan fase meletakkan yaitu sebesar 5309.461 N.

Tabel 3. Hubungan Fase Gerakan Dengan besarnya gaya tekan L5/S1

No	Fase Gerakan	Gaya tekan L5/S1
1	Fase mengangkat	4.837,025 N
2	Fase membawa	5.420,025 N
3	Fase meletakkan	5.309,461 N

4. Usulan Perbaikan Sikap kerja Operator

Keluhan WMSDs diakibatkan oleh beberapa hal, salah satunya adalah postur kerja yang tidak alamiah. Postur kerja yang tidak alamiah merupakan pergerakan tubuh pekerja yang menjauhi postur alamiah misalnya pergerakan tangan terangkat, punggung terlalu membungkuk, kepala terangkat dan sebagainya. Semakin jauh posisi bagian tubuh jauh dari pusat gravitasi tubuh maka semakin tinggi pula resiko terjadinya keluhan otot *skeletal*. Kondisi ini muncul karena tuntutan pekerjaan, alat

kerja maupun stasiun kerja yang tidak sesuai. Berdasar penilaian yang dilakukan dengan kedua metode, maka akan dilakukan perancangan sikap kerja yang lebih baik untuk mengurangi terjadinya WMSDs.

Perbaikan Penilaian Metode RULA

Berikut ini adalah proses *coding postures* untuk pekerja angkut setelah kondisi perbaikan pada fase gerakan mengangkat.



Gambar 6. Sikap kerja buruh angkut pada fase gerakan mengangkat

Seorang pekerja buruh angkut yang memiliki sikap kerja seperti gambar di atas, maka besarnya sudut segmen tubuh pekerja butuh angkut dapat diukur dan kemudian dikonversi ke dalam tabel RULA. Penentuan nilai sikap dengan Tabel RULA untuk fase pengangkatan pada kondisi setelah perbaikan diperoleh nilai skor sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Perhitungan Skor REBA Pada Kondisi Kerja Awal

No	Fase Gerakan	REBA score	Risk level	Action (including further assessment)
1	Aktivitas Pengangkatan Peti	5	sedang	Necessary
2	Aktivitas Pengangkutan Peti	6	sedang	Necessary
3	Aktivitas Penurunan Peti	5	sedang	Necessary

Hasil penilaian dengan metode RULA menunjukkan bahwa sikap kerja MMH pekerja termasuk ke dalam level tindakan 4 (berbahaya bagi system *muskuloskeletal* dan perlu perbaikan sekarang juga). Berbeda dengan metode OWAS, metode RULA tidak dilengkapi dengan rekomendasi tindakan untuk perbaikan, oleh karena itu perbaikan akan dilakukan berdasarkan pada sikap kerja yang menyebabkan cedera pada sistem muskuloskeletal. Sikap kerja yang tidak alamiah merupakan sikap kerja yang menjauhi postur alamiah misalnya pergerakan tangan terangkat, punggung terlalu membungkuk, kepala terangkat dan sebagainya. Semakin jauh posisi bagian tubuh dari pusat gravitasi tubuh maka semakin tinggi pula resiko terjadinya keluhan otot *skeletal*.

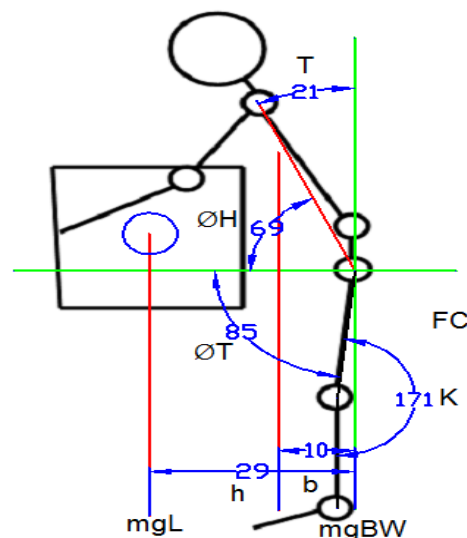
Pada pekerjaan MMH bagian pengangkut peti buah di Pasar Gede, dapat dilakukan perbaikan kecuali dari segi beban. Beban tidak mungkin dibuat kurang dari 10 kg, karena peti ditetapkan oleh penjual hanya dalam kemasan ± 55 kg. Dari sikap kerja awal dimana sikap tubuh terlalu membungkuk dan beban kerja di letakan di

punggung. Hal ini berarti untuk sikap kerja pada punggung sangat diperlukan perbaikan sikap kerja secepatnya dan sikap kerja pada kaki tidak terlalu diperlukan. Pada segmen tubuh lengan atas, lengan bawah, leher dan punggung yang menunjukkan sikap berbahaya bagi sistem *muskuloskeletal*. Dari data tersebut, perancangan akan difokuskan pada segmen tubuh lengan atas, lengan bawah, leher, dan punggung.

Gaya Tekan pada Segmen L5/S1

Untuk mengetahui pengaruh metode kerja dan beban yang dihadapi oleh tubuh maka ditampilkan analisa berdasarkan gaya dan momen pada beberapa titik tubuh yang rawan terkena cedera. Tubuh yang diasumsikan terbagi menjadi beberapa segmen ini memperkirakan besarnya tekanan pada sambungan tulang belakang khususnya bagian yang menghubungkan antara pinggul dengan tulang belakang (L5/S1) dan bagian tangan. Perhitungan gaya dan momen pada segmen L5/S1 menggunakan model penampang statis Chaffin. Model tersebut melibatkan pengaruh dari tekanan perut yang berfungsi untuk membantu kestabilan badan dari pengaruh momen dan gaya yang ada.

Gaya-gaya yang terjadi saat gerakan mengangkat ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 7. Gaya pada tubuh statis fase gerakan mengangkat

Pada gambar diatas, saat pekerja buruh angkut mengangkat peti, momen yang dihadapi pinggul sebesar:

$$\begin{aligned} M_H &= b.w + h.W \\ &= ((0.10).(35.1).(9,8\text{m/s}^2)) + ((0.29).(50).(9,8\text{m/s}^2)) \\ &= 176.498 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh besar tekanan dalam perut, $P_A = -13.771 \text{ mm Hg}$ karena $1\text{N/cm}^2 = 75 \text{ mm Hg}$, maka nilai P_A adalah -0.184 N/cm^2 , Tanda negatif menunjukkan bahwa arah tekanan P_A ke bawah. Besar gaya yang dihasilkan dari tekanan perut tersebut adalah, $F_A = -85.377 \text{ N}$, Besarnya gaya otot tulang belakang pada daerah L5/S1 adalah, $F_M = 3717.791 \text{ N}$. Perhitungan besarnya gaya tekan pada L5/S1, terlebih dahulu dihitung sudut *alfa* (α) dan sudut *beta* (β)

dengan mengukur sudut *Torso* ($T=21^\circ$) dan *Knee* ($K=171^\circ$), sehingga gaya tekan pada segmen L5/S1 adalah $F_C = 4381.116 \text{ N}$

Nilai $F_C <$ nilai F_{angkat} (3500N) yang diijinkan maka fase gerakan mengangkat ini tidak menyebabkan cedera punggung. Untuk nilai F_C perhitungan pada fase membawa dan meletakkan didapat hasil pada fase membawa yaitu sebesar 4081.526 N dan fase meletakkan yaitu sebesar 4273.412 N.

Perbaikan sikap kerja untuk pekerja MMH di pasar Gede berdasar metode Biomekanik dan RULA adalah sebagai berikut :

- a. Pengangkatan dilakukan oleh pekerja dalam posisi beban kerja berada didepan perut dimana lutut ditekuk dengan sudut senyaman mungkin.
- b. Pengangkatan dilakukan dengan punggung dalam sikap kerja lurus (0° - 20° flexion), lengan bawah dalam sikap 0° - 60° flexion, dan lengan atas dalam sikap 0° - 20° flexion.
- c. Beban diletakan tepat didepan perut. Selain itu beban harus berdekatan dengan pusat tubuh pekerja.
- d. Pekerja berjalan kedepan untuk memindahkan beban ke gudang. Dan peletakkan beban dapat dilakukan dengan kedua kaki ditekuk dengan sudut senyaman mungkin dan beban kemudian diletakan.
- e. Posisi kaki akan menghasilkan gaya tekan yang besar pada sudut sekitar 20° dari horizontal pinggul.

KESIMPULAN

Analisis terhadap permasalahan pada operator pemindah peti buah ketika melakukan aktivitas kerja dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis dengan biomekanika terhadap segmen tulang belakang, lengan, dan kaki, ketika melakukan aktivitas kerja dalam kondisi awal didapatkan besarnya gaya yang melebihi ambang batas angkat NIOSH, sedangkan setelah dilakukan perbaikan, masih melebihi ambang batas angkat NIOSH.
2. Berdasarkan hasil analisis dengan metode RULA terhadap posisi postur kerja pada kondisi awal, tubuh operator berada dalam keadaan beresiko tinggi (*high*) untuk mengalami keluhan *musculoskeletal*, sedangkan setelah dilakukan perbaikan terhadap metode kerja, potensi keluhan *musculoskeletal* berkurang.
3. Perbaikan sikap kerja dengan cara pengangkatan dengan baban di letakan didepan perut dengan berat beban 50 kg masih melebihi ambang batas. Karena itu perlu adanya penurunan berat beban sebesar 30 kg. semula pekerja melakukan pengangkatan dengan cara di panggul dan beban diletakan diatas punggung, maka dengan adanya perancangan ulang dan penurunan berat beban ketika melakukan aktivitas MMH dapat mengurangi tingkat resiko cedera pada tulang belakang (L5/S1).

DAFTAR PUSTAKA

- Bernard, B.P. and Fine, L.J. 1997. *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper extremity, and Low Back*. NIOSH US Department of Health and Human Services.
- Bridger, R.S., 2003, Introduction to Ergonomics, Taylor & Francis Inc., London.
- Chaffin, D.B. and Andersson, G.B. 1999. Occupational Biomechanics. Second Edition, John Willey & Sons, Inc., New York, USA.
- Helander, M., 2006, A Guide to Human Factors and Ergonomics, Second Edition, Taylor & Francis Inc., London.
- OSHA, 1999. Introduction to the Ergonomics of Manual Material Handling. Public Education Section, Department of Bussines and Consumer Bussines, Oregon OSHA.
- Sanders, M. S., and Cornic, E. J., 1993. Physical Works end Human Factor Engineering, McGraw – Hill Inc, USA.
- Waters, T. S., and Putz-Anderson, V., 1996. Manual Material Handling. Occupational Theory and Applications, Marcell Dekker Inc., New Yor, USA..
- Wignjosoebroto, S., 1991. *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu.*, Penerbit : PT Guna Widya, Jakarta.