

ANALISA BERAT BEBAN ANGKAT OPIMAL UNTUK MENGURANGI RESIKO *MUSCULOSCELETAL DISORDERS*

Eva Suryani

Jurusan Teknik Industri Universitas Bung Hatta

Jl. Gajah Mada No. 19 Padang

Email: eva_ergo@yahoo.com

ABSTRAK

Aktifitas *manual handling* yang dilakukan secara *repetitive* jika dilakukan dengan postur tubuh yang salah berpotensi menimbulkan cedera otot pada pekerja terutama pada daerah tulang belakang bagian bawah atau daerah lumbar. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan kondisi kerja yang meliputi perbaikan postur kerja dan berat beban yang diangkat oleh pekerja, sehingga potensi cedera tadi dapat diminimasi. Pengujian biomekanika dilakukan dengan cara melihat besarnya beban momen yang ditahan oleh tubuh. Persamaan NIOSH digunakan untuk mengetahui berat beban angkat optimum dengan $CLI \leq 1$. Kondisi awal didapatkan nilai $CLI = 4.46$ dengan beban angkat optimum 11,50 kg dan posisi membungkuk 65° saat operator bekerja didapatkan nilai momen terutama pada punggung = 172.077 Nm. Usulan perbaikan menggunakan alat bantu *hidrolik* yang dapat dinaikan, diturunkan dan berputar 360° . Sehingga didapatkan nilai $CLI = 0.95$ dengan beban angkat optimum 19.19 kg dan posisi tubuh berdiri dan tulang belakang tegak didapatkan momen pada punggung 10.039 Nm, hal ini menunjukkan bahwa postur kerja operator lebih baik dari sebelumnya.

Kata kunci: *Manual Handling*, Biomekanik, *Muskuloskeletal Disorders*

ABSTRACT

Repetitive Manual Handling can increase the risk low back pain especially at the lumbar area. For this reason a repair of working condition should be done, including better work posture and optimal weight load lifted, should be known to minimize the potencial injury. A biomechanical testing is applied to see the extent of momen load resisted to the body. NIOSH equation using to get the optimal weight load lifted if $CLI \leq 1$. In the origin condition of research, the value of CLI is 4.46 with optimum weight load lifted of 11.50 kg and bending position of 65° as an operator is working the momen value is found especially on back of 172.077 Nm. From this research a repair should be proposed by applying hydraulic auxiliary device. This hydraulic device can be raised and lowered and rotated to 360° . With this repair the value of CLI is 0.95 with optimum weght load lifted of 19.19 kg and in standing/upright-back body position the momen of back is 10.039 Nm, indicating that the operator's work posture is better than before hand.

Keywords: *Manual Handling*, *Musculoskeletal Disorders*, Berat Beban Angkat Optimal

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri sekarang ini dalam menangani perpindahan material atau produk telah banyak menerapkan sistem mekanisasi dan otomasi, namun demikian kegiatan penanganan material secara manual tetap ada. Hal ini disebabkan karena lebih fleksibel dalam gerakan pemindahan barang di ruang kerja yang terbatas, lebih efektif dan lebih rendah biaya operasionalnya. Namun dibalik keuntungan tersebut terdapat kerugian yang akan mengancam keselamatan dan kesehatan pekerja. Disamping itu juga dapat menyebabkan penurunan produktifitas perusahaan, baik melalui beban biaya pengobatan yang tinggi, meningkatkan ketidakhadiran pekerja, maupun dengan terjadinya penurunan dalam kualitas pelayanan.

PT. Agrimitra Utama Persada memproduksi air mineral kemasan yang dikenal dengan merk dagang Sumber Minuman Sehat (SMS). Proses produksi pempaletan dus menggunakan mesin box siler, dus diangkat oleh pekerja setelah pempaletan dari atas meja mesin box siler ke atas pallet secara manual. Berat dus yang diangkat oleh pekerja dari atas meja ke pallet adalah 12 kg, pekerjaan ini dilakukan secara berulang. Postur pekerja pada saat mengangkat dan pemindahan dus dari meja ke atas pallet membungkuk membentuk sudut 25° sampai 100° terhadap bidang horizontal dan tubuh operator berputar baik ke arah kanan maupun ke arah kiri membentuk sudut dari 55° sampai 90° , sehingga menyebabkan adanya tekanan, gaya dan momen pada segmen tubuh operator yang dapat membahayakan kesehatan dan keselamatan operator.

Pada pekerjaan penanganan material, aktivitas otot sangat dominan. Ada dua kriteria yang diperhatikan dalam pekerjaan ini yaitu kriteria biomekanika dan kriteria fisiologi kerja. Kajian biomekanika berguna untuk meneliti kekuatan dan ketahanan otot dengan mengkaji pengaruh sikap kerja terhadap pembebanan pada bagian-bagian tubuh pekerja, akibat gaya berat yang ditanggung pekerja. Berdasarkan hal tersebut tujuan dari penelitian ini yang akan dicapai adalah mengukur dan menganalisis berat beban angkat untuk mendapatkan posisi kerja yang ergonomis, mengukur momen pada segmen tubuh dan melakukan perbaikan postur kerja untuk mendapatkan berat beban angkat yang optimal. Penelitian ini dibatasi pada kondisi pengangkatan dus dari meja mesin bok siler ke pallet pada poses packing.

2. TINJAUAN LITERATUR

2.1. Biomekanika

Biomekanika adalah suatu ilmu yang memanfaatkan ilmu-ilmu fisika, rekayasa dan biologi untuk meneliti kekuatan dan ketahanan otot manusia. Tujuan dari biomekanika adalah :

1. Untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan tubuh manusia
2. Untuk mengetahui beban kerja yang tepat

Dapat merancang sikap atau posisi kerja yang akan meminimumkan cedera dengan ketahanan fisik yang minimum.

Faktor-faktor biomekanika tersebut dipengaruhi oleh :

1. Faktor diri seperti umur, jenis kelamin, suku bangsa
2. Sikap kerja
3. Jenis pekerjaan

2.1.1 Pendekatan Biomekanika

Pendekatan biomekanika menitik beratkan pada struktur tulang dan posisi pengangkatan, dimana struktur tulang terutama pada tulang belakang akan mengalami tekanan yang berlebihan ketika melakukan pengangkatan meskipun frekuensinya jarang. Pendekatan biomekanika memandang tubuh manusia sebagai suatu sistem yang terdiri dari elemen-elemen yang saling berkait dan terhubung satu sama lain, melalui sendi-sendi dan jaringan otot yang ada.

Simpul ikatan otot berada dekat dengan sendi dimana otot itu beraksi, namun gaya-gaya yang harus mengimbangi biasanya tidak tepat pada sendi tersebut. Sebagai contoh memegang beban ditangan dengan siku tangan membentuk sudut 90° . Berat pergelangan tangan dan beban yang dipegang harus diimbangi dengan otot bisep disekitar siku tangan. Jadi gaya otot yang cukup besar harus dikeluarkan untuk mengimbangi beban luar yang sebenarnya relatif kecil.

2.1.2 Ketetapan NIOSH untuk Perancangan Kriteria Biomekanika

Hipotesis biomekanika menetapkan bahwa kemampuan mengangkat merupakan kombinasi fungsi dari kekuatan otot dan kekuatan struktur tubuh seseorang, terutama pada lumbar tulang belakang. Komite NIOSH 1991 mengumpulkan data dari berbagai studi dan hasil penelitian beberapa ahli untuk menentukan besarnya gaya tekan pada lumbar L5/S1.

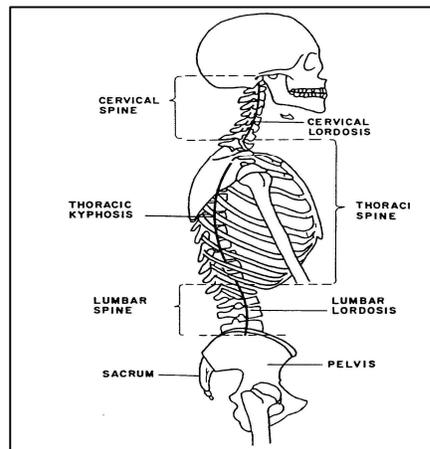
Penentuan gaya tekan pada L5/S1 adalah dengan menggunakan model biomekanika yaitu model *static sagittal-plane* (SSP). Model ini terdiri dari dua sumber gaya internal yang berguna untuk menahan momen beban eksternal dari pengangkatan yaitu aksi dari otot ekstensor tulang belakang dan gaya oleh tekanan rongga abdominal. Penentuan gaya tekan berdasarkan pada berat beban dari tulang punggung.

2.2. Struktur Tubuh Manusia

Tulang belakang manusia terdiri dari 24 ruas tulang, diantara tiap ruas tulang tersebut terdapat lempeng (disk) tulang belakang, sehingga dengan adanya ruas-ruas tersebut beserta lempeng, maka tulang belakang dapat menekuk.

Struktur tulang belakang manusia dibagi menjadi 4 bagian yaitu :

1. *Cervical*
2. *Thoraic*
3. *Lumbar*
4. *Sacro-iliac*



Gambar 1 Tulang Rangka Disekitar tulang Axial

Tulang belakang manusia tidaklah tegak lurus, namun membentuk kurva. Kurva tulang belakang yang mencembung disebut *kyphosis* dan yang mencekung disebut *lordosis*. Dari bagian-bagian belakang tadi, maka bagian lumbar adalah yang terpenting dimana bagian lumbar ini terdiri dari 5 ruas tulang lumbar vertebrata. Pada proses pengangkatan beban, gaya ataupun torsi beban tertumpu pada lumbar vertebrata nomor 5 (disebut L5). Pada bagian ini juga terdapat lempeng-lempeng tulang belakang yang disebut slipped disc (disebut S). Pada L5 terdapat slipped disc nomor 1 (S1). Gaya-gaya dan torsi beban pada proses pengangkatan akan tepat tertumpu pada lumbar vertebrata nomor 5 dan slipped disc nomor 1 (L5/S1). Menurut *Chaffin and Park* (1973) yang dikutip Eko (1996), Analisa dari berbagai macam pekerjaan yang menunjukkan rasa nyeri (ngilu) berhubungan erat dengan beban kompresi (tekan) yang terjadi pada (L5/S1). Telah ditemukan pula bahwa 85 – 95 % dari penyakit hernia pada disk terjadi dengan relatif frekuensi pada L4/L5 dan L5/S1. Menurut Even dan Lissner (1962) dan Sonoda (1962) yang dikutip oleh Eko (1996), mereka menemukan bahwa tulang belakang yang sehat tidak mudah terkena hernia, akan tetapi mudah rusak/retak jika disebabkan oleh beban yang ditanggung oleh segmen tulang belakang (*spinal*) dan yang terjadi dengan diawali oleh rusaknya bagian atas/bawah segmen tubuh belakang (*the castilage end-plates in the vertebra*).

2.3. PEMINDAHAN MATERIAL SECARA MANUAL

Pemindahan bahan secara manual apabila tidak dilakukan secara ergonomis akan menimbulkan kecelakaan dalam industri. Kecelakaan dalam industri yang disebut sebagai “*Over exertion-lifting and carrying*” yaitu kerusakan jaringan tubuh yang diakibatkan oleh beban angkat yang berlebihan. Kecelakaan ini diantaranya diakibatkan oleh *strain* (rasa nyeri yang berlebihan) diantaranya berada pada bagian punggung dan hernia. Rasa nyeri yang kronis (*injury*) ini membutuhkan penyembuhan yang cukup lama. Disamping itu biaya yang dikeluarkan merupakan bagian yang dominan dari keseluruhan kecelakaan kerja.

2.4 PERSAMAAN PEMBEBANAN NIOSH

Persamaan yang dikeluarkan *NIOSH* memberikan suatu nilai beban angkat teoritis yang disarankan untuk pekerjaan mengangkat benda yang disebut *Recommended Weight Limit (RWL)*. Tujuan dari persamaan pembebanan ini adalah untuk mencegah atau mengurangi terjadinya cedera tulang punggung belakang bagian bawah (*low back pain*) bagi pekerja yang melakukan aktivitas pengangkatan beban secara manual. Formulasi persamaan yang direkomendasikan oleh *NIOSH* adalah sebagai berikut :

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM.$$

Lifting Index (LI) menyatakan nilai estimasi relatif dari tingkat tegangan fisik dalam suatu kegiatan pengangkatan manual. Nilai estimasi tingkat tegangan fisik tersebut dinyatakan sebagai hasil bagi antara nilai beban angkatan dengan nilai *RWL* hasil perhitungan.

$$LI = \frac{\text{Load Weight}}{\text{Recommended Weight Limit}} = \frac{L}{RWL}$$

Dimana $L = \text{Load Weight} = \text{Berat Beban}$

Aktivitas pengangkatan secara manual yang dilakukan secara berulang merupakan pekerjaan mengangkat, dimana ada perbedaan penting dari variabel-variabel antar tugas tersebut, sehingga tugas-tugas tersebut harus dianalisa secara terpisah. Oleh karena itu, diperlukan suatu prosedur khusus yang digunakan untuk meneliti aktivitas pengangkatan secara manual yang dilakukan secara berulang tersebut. Prosedur untuk menghitung tugas multi adalah sebagai berikut :

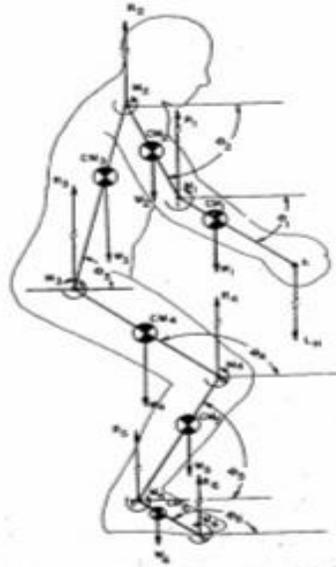
1. Menghitung FIRWL untuk masing – masing tugas
2. Menghitung STRWL untuk masing – masing tugas
3. Menghitung FILI Untuk Masing – Masing Tugas
4. Menghitung STILI Untuk Masing – Masing Tugas
5. Menghitung CLI

$$CLI = STILI + \sum \Delta LI$$

$$\sum \Delta LI = \left[FILI_2 X \left(\frac{1}{FM_{1,2}} - \frac{1}{FM_1} \right) \right] + \left[FILI_3 X \left(\frac{1}{FM_{1,2,3}} - \frac{1}{FM_{1,2}} \right) \right] + \dots + \left[FILI_n X \left(\frac{1}{FM_{1,2,3,\dots,n}} - \frac{1}{FM_{1,2,3,\dots,(n-1)}} \right) \right]$$

2.5 Permodelan Tubuh Manusia Yang Disederhanakan

Tubuh manusia dapat dibuat model dan dibagi menjadi beberapa sambungan sendi (*Links*), seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. Ukuran tubuh dan posisi pusat massanya amat bervariasi dari berbagai populasi dapat diperkirakan dari data antropometri.



Gambar 2 Sistem Gaya Statis Paralel Yang Terdiri dari Enam Sambungan Untuk Gaya Angkat.
(Sumber : Chaffin And Anderson, 1991)

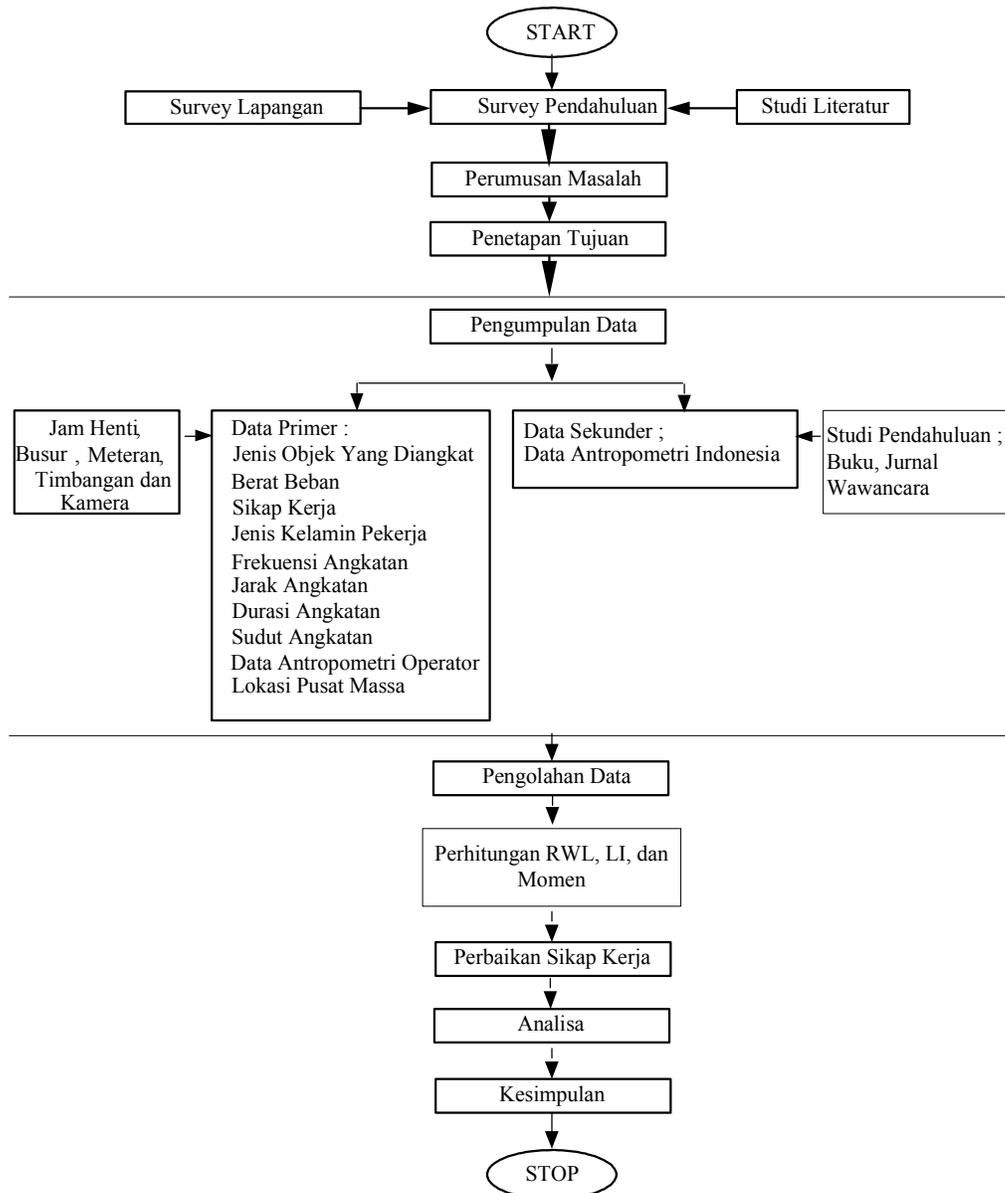
Analisa diawali dari beban luar yang ditempatkan pada kedua tangan. Dengan mempertimbangkan faktor berat dari tangan, momen dan reaksi pada sendi siku, kemudian dapatlah dihitung persamaan keseimbangan (*equilibrium equation-nya*). Selanjutnya persamaan kesetimbangan dari lengan atas (*upper arm*) diperhitungkan kemudian dengan analisa momen pada sendi bahu dan seterusnya sampai sistem keseimbangan didapatkan seluruhnya.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

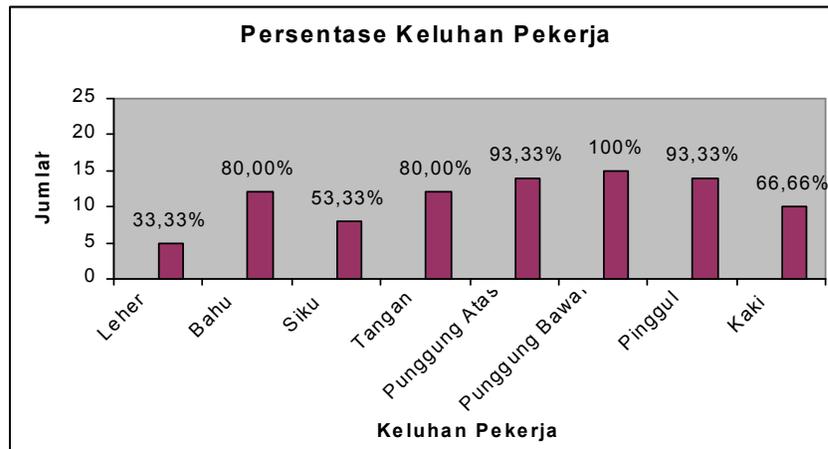
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Objek yang diangkat oleh pekerja adalah dus yang telah berisi air mineral gelas 240 ml dengan berat beban 1 dus 12 kg. Dus ini disusun diatas palet dengan kapasitas 1 palet 60 dus setinggi 6 tumpukan, dengan tiap – tiap tingkat berjumlah 10 dus. Dengan waktu kerja dalam 1 hari diberlakukan untuk 2 shift dimana untuk masing-masing shift terdiri dari 7 jam kerja atau 420 menit, dengan waktu istirahat selama 1 jam dan 6 hari kerja dalam 1 minggu. Berdasarkan kuesioner yang disebarkan kepada 15 pekerja / operator sewaktu melakukan proses pengepakan dan pempaletan dus, diperoleh beberapa keluhan yang dirasakan oleh operator sewaktu melakukan pekerjaan tersebut.



Gambar 3. Metodologi Penelitian

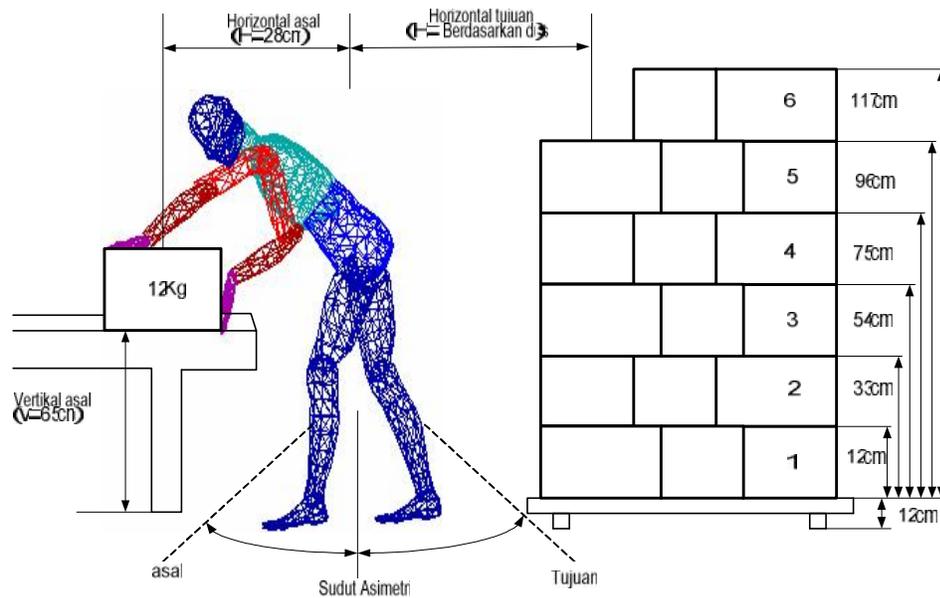
Objek yang diangkat oleh pekerja adalah dus yang telah berisi air mineral gelas 240 ml dengan berat beban 1 dus 12 kg. Dus ini disusun diatas palet dengan kapasitas 1 palet 60 dus setinggi 6 tumpukan, dengan tiap – tiap tingkat berjumlah 10 dus. Dengan waktu kerja dalam 1 hari diberlakukan untuk 2 shift dimana untuk masing-masing shift terdiri dari 7 jam kerja atau 420 menit, dengan waktu istirahat selama 1 jam dan 6 hari kerja dalam 1 minggu. Berdasarkan kuesioner yang disebarakan kepada 15 pekerja / operator sewaktu melakukan proses pengepakan dan pempaletan dus, diperoleh beberapa keluhan yang dirasakan oleh operator sewaktu melakukan pekerjaan tersebut.



Gambar 4. Grafik Persentase Keluhan Pekerja

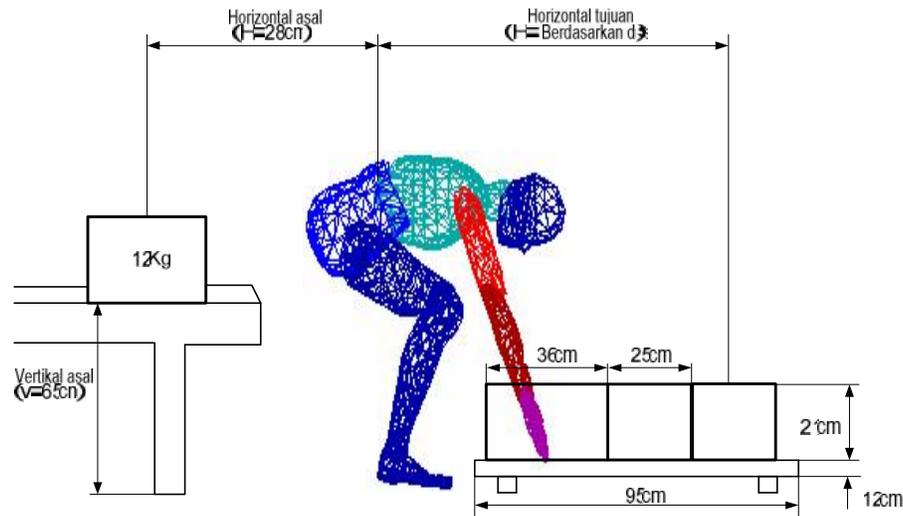
Gambar di atas menunjukkan bahwa keluhan terbesar dari operator dirasakan pada bagian punggung bawah (100 %), punggung atas dan pinggul (93.33).

4.1 Perhitungan STRWL dan CLI



Gambar 5. Cara Kerja Awal di daerah Asal

Gambar di atas memperlihatkan aktivitas mengangkat beban yang dilakukan oleh operator pada daerah asal. Terlihat bahwa beban diambil dari meja dengan ketinggian 65 cm dari lantai. Tinggi daerah asal tersebut ternyata masih belum memadai bagi operator, sehingga mengakibatkan punggung operator masih tidak bisa tegak pada saat bekerja.



Gambar 6. Cara Kerja Awal di daerah Tujuan

Pada daerah tujuan beban yang diangkat kemudian diletakkan di atas palet yang berjarak hanya 12 cm dari lantai. Kondisi ini mengakibatkan operator harus membungkukkan punggungnya hingga mencapai sudut lebih dari 90° . Kondisi ini tentunya tidak baik bagi kesehatan operator, terutama jika pekerjaan tersebut harus dilakukan secara berulang dalam jangka waktu yang lama.

Perhitungan batas berat beban angkatan untuk dus pertama adalah sebagai berikut :

1. Menghitung Variabel – Variabel *RWL* :

a. *Origin* (Asal)

- HM = 0.89 (lihat tabel)
- VM = $1 - (0.003 | V - 69 |)$ = 0.99
- DM = $0.82 + (4.5 / D)$ = 0.91
- AM = $1 - (0.0032 \times A)$ = 0.76
- FM = 0.85 (lihat tabel)
- CM = 1.00 (lihat tabel)

b. *Destination* (Tujuan)

- HM = 0.26 (lihat tabel)
- VM = $1 - (0.003 | V - 69 |)$ = 0.83
- DM = $0.82 + (4.5 / D)$ = 0.91
- AM = $1 - (0.0032 \times A)$ = 0.76
- FM = 0.85 (lihat tabel)
- CM = 0.95 (lihat tabel)

2. Menghitung *FIRWL*, *STRWL*, *FILI*, *STILI* dan *CLI* :

a. *Origin* (Asal)

- *FIRWL* = $LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM$
 $= 23 \times 0.89 \times 0.99 \times 0.91 \times 0.76 \times 1.00$
 $= 14.02$
- *STRWL* = *FIRWL* \times FM
 $= 14.02 \times 0.85$
 $= 11.91$
- *FILI* = L / FIRWL
 $= 12 / 14.02$
 $= 0.86$
- *STILI* = L / STRWL
 $= 12 / 11.91 = 1.01$

- b. *Destination* (Tujuan)
- FIRWL = $LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM$
 $= 23 \times 0.26 \times 0.83 \times 0.91 \times 0.76 \times 0.95$
 $= 3.26$
 - STRWL = $FIRWL \times FM$
 $= 3.26 \times 0.85$
 $= 2.77$
 - FILI = $L / FIRWL$
 $= 12 / 3.26$
 $= 3.68$
 - STILI = $L / STRWL$
 $= 12 / 2.77$
 $= 4.33$

FIRWL (*Frequency Independent Recommended Weighy Limit*)

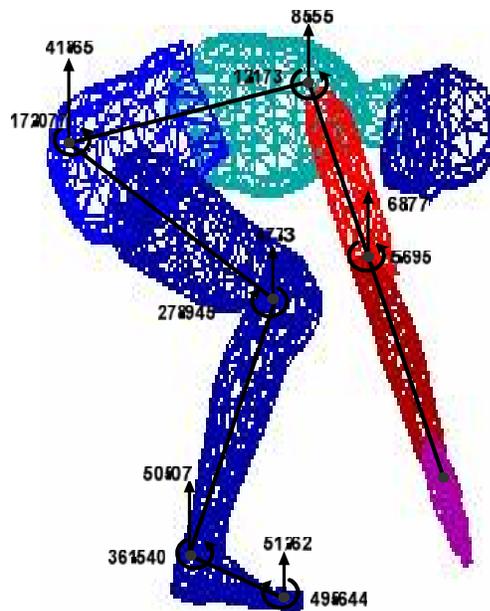
STRWL (*Single Task Recommended weight Limit*)

FILI (*Frequency Independent Lifting Indeks*)

STILI (*Composite Lifting Indeks*)

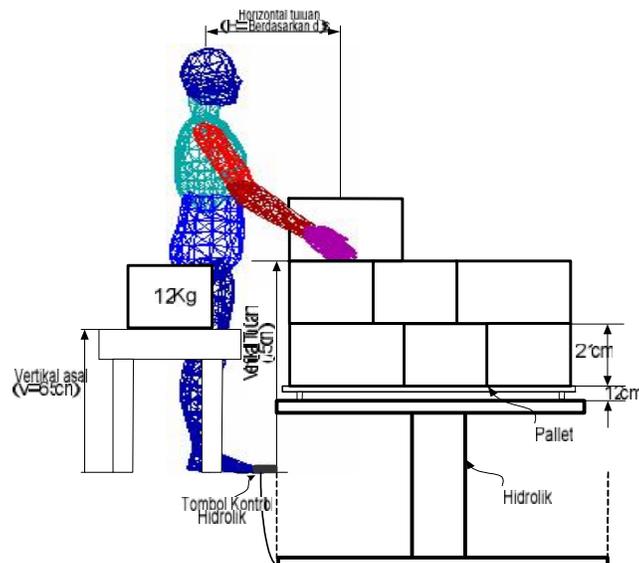
4.2 Perhitungan Momen dan Gaya pada Segmen Tubuh Operator

Berdasarkan postur operator tersebut dapat diuraikan gaya – gaya yang bekerja pada posisi tersebut dan selanjutnya dapat dihitung besar gaya dan momennya. Perhitungan momen dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pekerjaan operator mempengaruhi kondisi fisik operator tersebut jika dilihat dari postur tubuhnya. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan dengan menggunakan persamaan *NIOSH* terhadap postur tubuh operator selama melakukan pengangkatan dan pemindahan dus dapat diketahui bahwa stress fisik yang berlebihan dapat mengakibatkan cedera tulang punggung yang paling besar terlihat pada dus ke-4 di tujuan pada tumpukan pertama dengan nilai *STILI* 4.46. Maka dapat diuraikan gaya–gaya yang terjadi pada postur operator tersebut seperti gaya pada lengan bawah, lengan atas, punggung, paha, betis dan kaki dan lokasi pusat massanya. Sehingga dapat dihitung momen dan gaya yang bekerja pada operator selama melakukan pengangkatan dus tersebut.

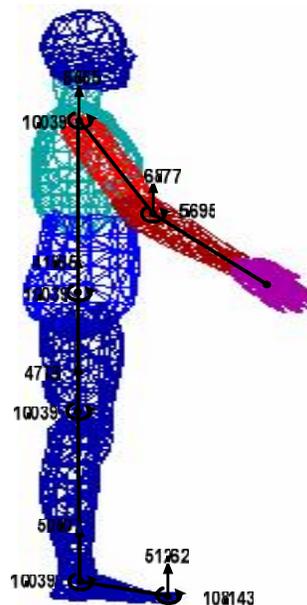


Gambar 7. Momen pada masing-masing Segmen Tubuh

Setelah dilakukan pengolahan data dengan menggunakan persamaan *NIOSH* dan penguraian gaya dan momen terhadap postur kerja operator maka didapatkan nilai $CLI = 4.46$ dan momen yang terjadi dalam segmen tubuh belum seimbang, yang berarti bahwa beban kerja yang diangkat oleh operator tidak layak dengan posisi yang ada karena berdampak buruk bagi kesehatan pekerja dan beresiko besar terhadap terjadinya stress fisik terutama pada tulang punggung bagian bawah serta keluhan terhadap sistem *muskuloskeletal*. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan terhadap postur kerja untuk menurunkan beban kerja dan keluhan terhadap sistem *muskuloskeletal*., sehingga didapatkan postur kerja yang lebih baik yang dapat diketahui jika nilai $CLI \leq 1$ dan momen yang ada pada segmen tubuh dalam keadaan seimbang.



Gambar 8. Usulan Perbaikan Sistem Kerja



Gambar 9. Momen Pada Segmen Tubuh

Setelah dilakukan perbaikan terhadap sistem kerja yang ada maka didapatkan nilai *CLI* sebesar 0.95, artinya beban kerja tersebut dianggap layak untuk diangkat oleh pekerja dan momen pada segmen tubuh seperti pada lengan atas, punggung, paha dan betis telah seimbang yaitu 10.039 Nm, sedangkan titik tumpunya berada pada lengan bawah dan kaki dan nilainya juga lebih kecil jika dibandingkan dengan sebelum dilakukan perbaikan yaitu 5.695 Nm dan 108.143 Nm.

5. KESIMPULAN

1. Hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan NIOSH di dapatkan nilai STRWL dan CLI untuk kondisi awal dan usulan adalah sebagai berikut :

- a. STRWL : - Kondisi awal = 11,50 kg
- Kondisi usulan = 19,19 kg
- b. CLI : - Kondisi awal = 4.46
- Kondisi usulan = 0.95

Berdasarkan hasil diatas beban angkat optimum yang memenuhi persamaan NIOSH adalah STRWL = 19,19 kg dengan $CLI \leq 1$ yang berarti sistem kerja sudah baik, yang mana akan menimbulkan rasa nyaman dibandingkan dengan sistem kerja pada kondisi awal.

c. Hasil perhitungan momen pada segmen tubuh pekerja saat melakukan pengangkatan dus dari meja ke pallet adalah sebagai berikut :

- a. Momen lengan bawah (Nm) : 5.695
- b. Momen lengan atas (Nm) : 12.173
- c. Momen punggung (Nm) : 172.077
- d. Momen paha (Nm) : 278.945
- e. Momen betis (Nm) : 361.540
- f. Momen kaki (Nm) : 495.644

Postur kerja awal operator pada saat memindahkan dan menyusun beban ke palet punggungnya dalam keadaan membungkuk dengan membentuk sudut $> 80^\circ$ sehingga akan mengakibatkan keluhan berupa rasa sakit, nyeri, pegal-pegal pada beberapa segmen tubuh yang disebabkan oleh besarnya beban momen pada tubuh operator. Momen yang terjadi mencapai 172.077 Nm dan momen pada kaki sebesar 495.644 Nm. Sedangkan pada kondisi usulan operator dalam keadaan berdiri sehingga tulang punggung berada dalam posisi tegak yang akan menurunkan beban momen dan keseimbangan momen pada segmen tubuh sehingga didapatkan momen pada lengan atas, punggung, paha dan betis sebesar 10.039 Nm.

2. Perbaikan dilakukan dengan merancang sebuah meja yang *adjustable*, dimana alat ini mempunyai spesifikasi fungsi yakni dapat dinaik turunkan serta dapat diputar sejauh 360° . Tujuannya adalah untuk mengurangi jarak dari variabel – variabel pembentuk *RWL* sehingga postur tubuh yang membungkuk hingga $> 90^\circ$ dapat dihindari. Operator dapat bekerja dengan lebih aman dan nyaman dengan postur tubuh yang tetap tegak pada saat mengambil dan menyusun beban di palet. Kondisi tersebut memungkinkan tercapainya nilai $CLI \leq 1$ yang artinya potensi cedera pada tulang punggung bagian bawah dapat dihindari.

6. DAFTAR PUSTAKA

Chaffin, Don B and Andersson J., Gunnar B., 1991, *Occupational Biomechanics 2nd*, John Willey & Sons, Inc. Canada.

Waters, Thomas R., Ph.D., Anderson, Vern Puzt, Ph.D. and Garg Arun, Ph.D., 1994, *Application Manual For The Revised NIOSH Lifting Equation*, U.S. Department of Health And Human Services, Ohio.

Eko Nurmianto, 2003, *Ergonomi, Konsep Dasar Dan Aplikasinya*, Guna Widya, Surabaya.