

Rancangan Alat Bantu untuk Meminimasi Gaya Tekan (F_{comp}) pada Lempeng Tulang Belakang Bagian Bawah (L5/S1)

YANTI HELIANTY, CITRA MONA, CAECILIA S. WAHYUNING

Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung
Email: yanti@itenas.ac.id

ABSTRAK

Dalam pekerjaan sehari-hari banyak kegiatan penanganan material (material handling) yang dilakukan secara manual, terutama pada industri skala kecil. Penanganan material secara manual untuk jangka waktu yang lama dapat menyebabkan cedera pada leher, bahu, tangan maupun tulang belakang. Salah satu faktor penyebab cedera adalah posisi kerja yang salah atau ketidaknyaman selama bekerja. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan alat bantu pada proses mengangkat beban yang mampu meminimasi gaya tekan pada lempeng tulang belakang bagian bawah (L5/S1), dengan kriteria besarnya gaya yang ditimbulkan tidak melebihi batasan angka normal (Action Limit) yang direkomendasikan oleh NIOSH. Dari uji coba diperoleh bahwa alat bantu ini menghasilkan gaya tekan (F_{comp}) pada lempeng tulang belakang (L5/S1) yang berada dibawah batasan angka normal (Action Limit).

Kata kunci: Manual material handling (MMH), cedera otot, gaya, beban kerja

ABSTRACT

Many material handling activities (material handling) are conducted manually in daily work, especially on a small scale industry. Manual material handling (MMH) for extended period can cause musculoskeletal disorder, injury to the back neck, shoulders, hands and spine. One of the factors causing the injury was the wrong working position or uncomfortable position during work. This study involved in designing a device which is capable to minimize force exerted on undercarriage backbone plate, such that the force level does not exceed the normal number definition (Action Limit) recommended by NIOSH. Through experiments utilisation of the device, it is proven that the device is capable in minimizing the forces (F_{comp}) exerted to the backbone plate (L5/S1) well under the Action Limit.

Keywords: Manual material handling (MMH), musculoskeletal disorder, moment, workload

1. PENDAHULUAN

Proses *material handling* secara manual (tanpa menggunakan alat bantu) yang didasarkan pada kemampuan fisik pekerja masih banyak dilakukan pada pekerjaan sehari-hari. Jenis pekerjaan seperti ini memiliki resiko tinggi terhadap terjadinya cedera pada anggota tubuh. Salah satu pekerjaan yang termasuk beresiko tersebut adalah proses pekerjaan mengangkat barang, dimana pada proses pengangkatan barang terjadi kontak langsung antara beban dan tubuh manusia, sehingga dapat menimbulkan cedera pada anggota tubuh seperti leher, bahu, tangan, tulang belakang hingga kaki.

Tulang punggung bagian bawah merupakan bagian yang paling kritis terhadap gaya [1]. *Back pain* terjadi karena lempeng (*disk*) yang merupakan tulang rawan yang terletak diantara tulang belakang (terutama bagian bawah) mengalami gaya yang melebihi dari gaya tahan lempeng tersebut. Akibat dari kerusakan lempeng ini adalah rasa sakit pada tulang belakang yang bersifat permanen. Faktor penyebab cedera tersebut antara lain adalah postur atau posisi kerja yang tidak nyaman (tepat) selama bekerja, berat beban yang diangkat, dan frekuensi aktivitas pemindahan.

Untuk mengetahui beban pada tubuh perlu dihitung besarnya gaya tekan pada lempeng tulang belakang bagian bawah, tepatnya pada *Intervertebral disc* antara *Lumbar* nomor lima dengan *Sacrum* nomor satu (L5/S1) [1]. Analisis ini dilakukan melalui pendekatan dalam bentuk model biomekanika tulang belakang bagian bawah yang berkembang dari asumsi bahwa tekanan di L5/S1 diakibatkan oleh momen yang terjadi karena pengaruh gaya luar (*external force*), dan juga dipengaruhi dari tekanan perut (*abdominal pressure*). Tekanan perut berfungsi untuk membantu kestabilan badan dari pengaruh momen dan gaya yang ada [1].

PD. Rahmat adalah salah satu perusahaan yang dalam salah satu aktivitas pekerjaan pegawainya adalah pemindahan barang secara manual dari truk ke gudang. Barang yang dipindahkan memiliki berat 50 Kg, dan dalam satu hari harus memindahkan kurang lebih 320 unit barang yang dikerjakan oleh 2 orang pegawai. Para pegawai tersebut sering mengeluhkan adanya sakit seperti pada bagian leher, pundak, tangan, dan punggung. Cara kerja memindahkan barang tersebut dengan cara mengangkat dari atas truk lalu dengan cara dipanggul di atas pundak untuk dibawa ke gudang. Beban yang disimpan di atas pundak dari posisi yang lebih tinggi dapat mengakibatkan tulang belakang ditekan secara terus menerus, yang pada akhirnya dapat menimbulkan cedera pada tulang belakang bagian bawah (L5/S1). Untuk meminimasi kelelahan dan untuk menghindari terjadinya resiko cedera ini maka perlu dilakukan perbaikan terhadap cara atau sikap kerja pegawai dengan membuat rancangan alat bantu yang dapat meminimasi beban angkat sampai mencapai batasan angkat normal (*the action limit*) yang direkomendasikan oleh NIOSH, yang pada akhirnya dapat meminimasi kelelahan dan menghindarinya terjadinya cedera pada lempeng tulang belakang L5/S1.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian diuraikan sebagai berikut.

2.1. Identifikasi dan Analisis Cara Pengangkatan Barang pada Kondisi Awal

Pada bagian ini terlebih dahulu dilakukan analisis terhadap kegiatan pengangkatan beban yang dilakukan selama ini. Hal ini penting sekaligus untuk mengidentifikasi cara dan posisi pengangkatan yang memberikan beban berlebih pada tulang belakang. Tekanan-tekanan yang terjadi pada tulang belakang bagian bawah selama tugas *manual material handling*, disebabkan karena kombinasi antara berat beban yang diangkat dan teknik pengangkatan yang digunakan. Beban yang dipegang dan masa tubuh pekerja yang menciptakan otot-otot rangka berada dalam posisi memberikan gaya pada persendian tersebut sebagai upaya untuk meniadakan momen beban tubuh pekerja tersebut.

2.2. Perancangan Alat Bantu Pengangkatan Material

Tahap selanjutnya berdasarkan hasil analisis sebelumnya, maka dilakukan usulan perbaikan sistem kerja melalui perancangan alat bantu untuk penanganan material. Rancangan alat bantu ini bertujuan untuk mengurangi besarnya beban yang terjadi pada tulang belakang, sehingga dapat meminimasi terjadinya cedera pada tulang belakang bawah (L5/S1).

2.3. Analisis Hasil Rancangan

Pada bagian ini dilakukan analisis terhadap usulan rancangan alat bantu penanganan material agar dapat. Gaya yang dihasilkan dari pekerjaan mengangkat material dengan menggunakan alat bantu perlu dibandingkan lagi terhadap batasan angkat normal (*the action limit*) yang direkomendasikan oleh NIOSH. Apabila masih memberikan besaran gaya berada diatas batasan yang direkomendasikan, maka perlu dirancang kembali alat bantu yang dapat meminimasi gaya yang ditimbulkan. *The National Institut for Occupational Safety and Health* (NIOSH) merekomendasikan dua batasan untuk menghindari resiko cedera pada saat aktivitas pekerjaan manual dalam [3], yaitu:

1. *Maximum Permissible Limit* (MPL)

Batasan gaya angkat maksimum yang direkomendasikan adalah berdasarkan Gaya Tekan sebesar 6400 Newton pada L5/S1.

2. *Action Limit* (AL)

Batasan gaya angkat normal yang direkomendasikan adalah berdasarkan pada Gaya Tekan sebesar 3400 Newton pada L5/S1.

Dengan memperhatikan batasan gaya tekan pada L5/S1 maka didapat tiga kriteria untuk menganalisis pekerjaan pengangkatan, yaitu :

1. Untuk pekerjaan pengangkatan yang menghasilkan tekanan pada L5/S1 berada di atas *Maximum Permissible Limit* harus dipandang sebagai pekerjaan yang tidak bisa diterima atau dilakukan secara manual. Tugas pembebanan ini sangat berbahaya untuk kebanyakan pekerja dan diperlukan kontrol teknik agar dilakukan rancangan ulang terhadap sistem kerja tersebut.
2. Untuk pekerjaan pengangkatan yang menghasilkan tekanan pada L5/S1 berada diantara *Action Limit* dan *Maximum Permissible Limit* tidak bisa diterima tanpa adanya kontrol, pekerjaan tersebut memerlukan pemilihan, penempatan dan pelatihan pegawai untuk melakukan pekerjaan atau dapat dilakukan kembali perbaikan sistem kerja.
3. Untuk pekerjaan pengangkatan yang menghasilkan tekanan pada L5/S1 berada dibawah *Action Limit* dipercaya hanya menimbulkan kemungkinan cedera yang kecil pada kebanyakan pekerja.

3. PENGUMPULAN DATA DAN PERANCANGAN

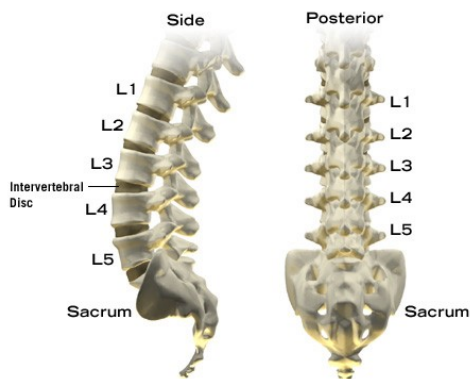
3.1. Analisis Kondisi Awal

Kegiatan pengangkatan barang yang dilakukan pada PD. Rahmat masih dilakukan secara manual. Barang yang berada pada bak Truk pada ketinggian diatas pundak pegawai dijatuhkan ke atas pundak pegawai untuk selanjutnya dibawa ke gudang penyimpanan. Kegiatan ini dilakukan dalam selang waktu 2 hari sekali dengan jumlah barang yang harus dipindahkan sebanyak kurang lebih 320 unit barang. Walaupun kegiatan ini tidak dilakukan setiap hari, namun para pekerja mengeluhkan adanya rasa sakit dan pegal pada bagian tulang belakang. Kondisi ini dalam jangka waktu tertentu dapat menimbulkan cedera pada otot bagian belakang bawah (L5/S1) akibat beban berlebih yang secara terus menerus terjadi pada tulang bagian belakang bawah tersebut. Pemulihan rasa sakit akibat pekerjaan yang dilakukan pada hari sebelumnya belum hilang sudah harus melakukan lagi pekerjaan pengangkatan.

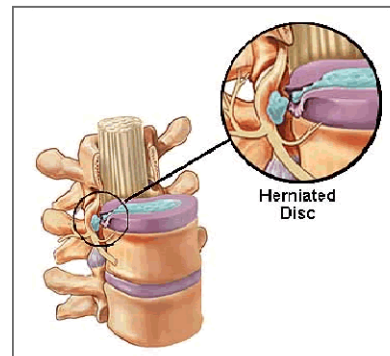
Struktur tulang belakang manusia dibagi menjadi empat bagian yaitu: *Cervical*, *Thoracic*, *Lumbar*, dan *Sacrum*. Tulang belakang terdiri dari 24 ruas tulang, *Cervical* terdiri dari 7 ruas *cervical Vertebrae*, *Thoracic* terdiri dari 12 ruas *Thoracic Vertebrae*, *Lumbar* terdiri dari 5 ruas *Lumbar Vertebrae*, sedangkan *Sacrum* bersama *Coccyx* hanya terdiri dari 1 ruas saja. Diantara tiap ruas tulang

tersebut terdapat lempeng (*disc*) tulang belakang. Dengan adanya ruas-ruas beserta lempeng tersebut, maka tulang belakang dapat menekuk. Gambar struktur tulang belakang dapat dilihat pada Gambar 1 [1].

Dari bagian-bagian tulang belakang tersebut, maka bagian lumbar adalah bagian yang terpenting. Lumbar ini terdiri dari 5 ruas tulang *Lumbar Vertebrae*. Pada proses pengangkatan beban, gaya-gaya ataupun torsi beban bertumpu pada *Lumbar Vertebrae* nomor 5 (disebut L5). Pada bagian *lumbar* ini juga terdapat lempeng-lempeng tulang belakang yang disebut *disk*. Gaya-gaya dan torsi beban pada proses pengangkatan akan tepat bertumpu pada *disc* antara *Lumbar Vertebrae* nomor 5 dan pada *Sacrum* nomor 1 atau disingkat L5/S1. Cidera yang ditimbulkan akibat beban yang berlebihan pada L5/S1 dapat berupa *disk* terjepit atau bahkan dapat merusak *disk* tersebut, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2 [2].



Gambar 1. Struktur Tulang Belakang



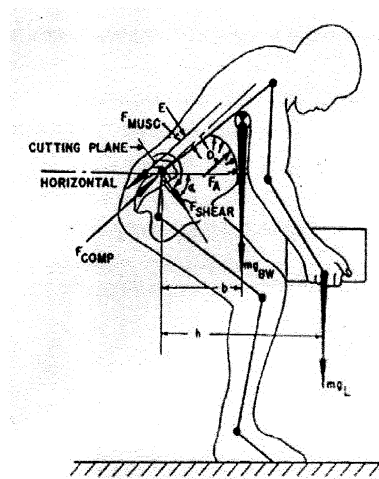
Gambar 2. Cidera yang terjadi pada tulang belakang

3.2. Perhitungan Besarnya Gaya Tekan Pada Lempeng Tulang Belakang

Tishauer menyatakan bahwa momen beban disekitar L5/S1 digunakan sebagai dasar untuk menentukan batas dalam pengangkatan maupun pemindahan beban untuk menghindari kelelahan yang berlebih disekitar ruas *Lumbar* [2]. Dilihat dari perspektif biomekanika, pengangkatan beban dalam jumlah besar akan menghasilkan gaya dan momen yang besar pula disekitar ruas *Lumbar*.

Model biomekanika tulang belakang dikembangkan oleh Don B Chaffin yang menjelaskan bahwa tekanan pada L5/S1 diakibatkan oleh momen yang terjadi karena berat badan diatas L5/S1, beban yang diangkat, tegangan otot tulang belakang (*back muscles*) dan tekanan pada diafragma [1]. Elemen dasar pada model biomekanika untuk aktivitas angkat diilustrasikan pada Gambar 3 [4].

Rancangan Alat Bantu untuk Meminimasi Gaya Tekan (F_{comp}) pada Lempeng Tulang Belakang Bagian Bawah (L5/S1)



Gambar 3. Model Biomekanika Tulang Balakang

Berat (*Weight*) beban sebesar W dan tubuh bagian atas (*Upper body*) mengakibatkan momen yang besar pada L5/S1 yang disebabkan karena lengan momen sebesar h dan b . Rumus perhitungan momen pada L5/S1 adalah sebagai berikut:

$$M_{L5/S1} = M_{\text{bodyweight}} + M_{\text{Load}}$$

$$M_{L5/S1} = b \cdot mg_{\text{bodyweight}} + h \cdot mg_{\text{Load}}$$

dimana

- $M_{L5/S1}$ = momen ruas L5/S1 (Nm)
- b = jarak horisontal antara ruas L5/S1 dengan pusat massa tubuh (m)
- h = jarak horisontal antara L5/S1 dengan pusat massa beban (m)
- $mg_{\text{bodyweight}}$ = berat segmen tubuh di atas ruas L5/S1 (N)
- mg_{Load} = berat beban yang diangkat (N)

Momen ini harus diseimbangkan dengan gaya otot yang sangat besar (*muscle force*) F_m karena gaya ini bereaksi dengan lengan momen sebesar E . Nilai gaya F_m yang besar ini menyebabkan besarnya harga Gaya Tekan (F_{comp}) pada L5/S1. untuk meminimumkan harga F_{comp} maka sangat perlu untuk memperkecil harga lengan momen h dan b .

Persamaan umum dari Chaffin yang memperlihatkan gaya yang bekerja pada tubuh akibat pengangkatan beban yaitu:

$$\Sigma M_{L5/S1} = 0$$

$$M_{\text{bodyweight}} + M_{\text{Load}} - D(F_A) - E(F_M) = 0$$

$$b(mg_{\text{bodyweight}}) + h(mg_{\text{Load}}) - D(F_A) - E(F_M) = 0$$

Dengan memprediksi tekanan terhadap perut (*Abdominal Pressure*/ P_A) dengan rumus:

$$P_A = 10^{-4} (43 - 0,36 \Phi_H) (M_{L5/S1})^{1,8} \text{ mmHg}$$

dan asumsi luas diafragma perut adalah 465 cm^2 [1], maka tekanan perut (*Abdominal Force*/ F_A) adalah:

$$F_A = P_A \times 465 \text{ (setelah mengkonversi } P_A \text{ menjadi } \text{N/cm}^2\text{)}$$

kemudian gaya pada otot (*Muscle Force*/ F_M), dapat dihitung dengan mempertimbangkan nilai momen pada L5/S1, yaitu:

$$F_M = \frac{b(mg_{\text{bodyweight}}) + h(mg_{\text{Load}}) - D(F_A)}{E}$$

Dari persamaan momen tersebut, maka dapat diketahui gaya yang tegak lurus pada S1 yang kemudian dinamakan sebagai Gaya Tekan (F_C) dan gaya yang sejajar dengan S1 adalah gaya geser (F_S), yaitu :

$$\Sigma F_{\text{comp}} = 0$$

$$\text{Cos } \alpha \text{ mg}_{\text{bw}} + \text{cos } \alpha \text{ mg}_{\text{load}} - F_A + F_M - F_{\text{comp}} = 0$$

$$\Sigma F_{\text{shear}} = 0$$

$$\text{Sin } \alpha \text{ mg}_{\text{bw}} + \text{sin } \alpha \text{ mg}_{\text{load}} - F_{\text{shear}} = 0$$

dimana :

D = jarak tegak lurus sumbu tubuh ke pusat gaya yang menekan perut (cm)

E = jarak tegak lurus otot tulang belakang ke pusat S1 (cm)

FA = gaya yang menyebabkan tekanan perut pada pusat diafragma (Newton)

FM = gaya pada otot tulang belakang (Newton)

PA = tekanan pada diafragma (N/cm^2)

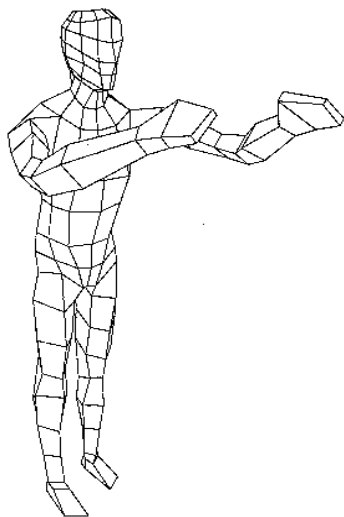
Φ_H = sudut pada pangkal paha

α = sudut yang dibentuk antara *horizontal plane* dan *sacral cutting plane* = $40^\circ + \beta$

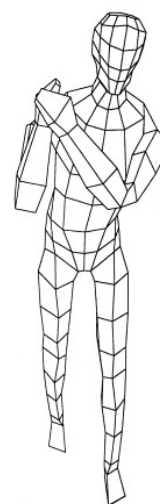
β = $-17,5 - 0,12T + 0,23K + 0,0012TK + 0,005T^2 - 0,00075K^2$

K = sudut yang dibentuk antara paha atas (*thigh*) dan paha bawah (*shank*)

Berdasarkan konsep perhitungan gaya seperti yang dijelaskan sebelumnya, maka untuk menghitung gaya yang terjadi pada saat pengangkatan beban diperlukan data terkait posisi postur tubuh pekerja yang dikumpulkan mencakup keadaan posisi postur tubuh pekerja pada kondisi statis pada awal melakukan pekerjaan mengangkat beban dari bak truk dan pada awal melakukan pekerjaan membawa material ke gudang dengan cara memanggul. Untuk posisi kerja yang dilakukan pada saat ini, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 diperoleh data pengukuran posisi tubuh. Data hasil pengukuran posisi postur tubuh pekerja tersebut secara rerata dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 4. Posisi tubuh pada saat mengangkat material



Gambar 5. Posisi tubuh pada saat membawa material

Tabel 1. Data posisi postur tubuh pada saat mengangkat dan membawa material

No.	Sudut Posisi	Mengangkat (°)	Membawa (°)
1	Sudut vertikal kaki kanan bagian bawah	90	76
2	Sudut vertikal kaki kiri bagian bawah	86	94
3	Sudut vertikal kaki kanan bagian atas	91	82
4	Sudut vertikal kaki kiri bagian atas	86	106
5	Sudut vertikal tangan kanan bagian atas	17	71
6	Sudut vertikal tangan kiri bagian atas	17	40
7	Sudut vertikal tangan kanan bagian bawah	25	75
8	Sudut vertikal tangan kiri bagian bawah	25	55
9	Sudut horisontal tangan kanan bagian atas	63	50
10	Sudut horisontal tangan kiri bagian atas	63	131
11	Sudut horisontal tangan kanan bagian bawah	116	170
12	Sudut horisontal tangan kiri bagian bawah	116	178
13	Sudut <i>Trunk Flexion</i> (batang tubuh)	84	78
14	Sudut <i>Lateral Bending</i>	-	9

Berdasarkan data-data tersebut dilakukan perhitungan besarnya gaya tekan pada lempeng tulang belakang. Perhitungan besarnya Gaya Tekan (F_{comp}) pada lempeng tulang belakang tepatnya L5/S1 dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak 3DSSPP (3D *Static Strength Prediction Program*). Algoritma yang digunakan pada perangkat lunak ini berdasarkan pada buku *Occupational Biomechanic* [1]. Dengan diketahui berat dari beban yang diangkat yaitu

$$W = m \times g$$

$$= 50 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 490 \text{ Newton.}$$

Dan diketahui data antropometri tinggi badan dan berat badan rerata sebesar 168 cm dan 61,1 Kg, maka dapat dihitung besarnya Gaya Tekan (F_{comp}) pada pekerjaan pengangkatan material yaitu sebesar **4744** Newton dan pada pekerjaan membawa material yaitu sebesar **2540** Newton.

Ketika pekerja melakukan pekerjaan membawa material (semen) menghasilkan Gaya Tekan (F_{comp}) pada tulang belakang L5/S1 sebesar 2540 Newton yang berada dibawah batasan *Action Limit* yang direkomendasikan oleh NIOSH. Sedangkan pada pekerjaan mengangkat material menghasilkan Gaya Tekan (F_{comp}) pada tulang belakang L5/S1 sebesar 4744 Newton yang berada diatas batasan *Action Limit* yang direkomendasikan oleh NIOSH. Meskipun masih berada dibawah batasan *Maximum Permissible Limit* namun pekerjaan ini tidak dapat diterima tanpa adanya kontrol. Pekerjaan ini memerlukan pemilihan dan pelatihan pekerjaan yang baik, atau bahkan perlu dilakukan perbaikan sistem kerja.

Besarnya Gaya Tekan (F_{comp}) pada lempeng tulang belakang L5/S1 ini dipengaruhi oleh berat beban, berat tubuh, panjang masing-masing segmen anggota tubuh dan sudut yang terbentuk dari masing-masing segmen anggota tubuh. Sudut yang terbentuk ini dipengaruhi oleh cara dan posisi pekerja saat mengangkat material. Cara kerja dan posisi pekerja pada saat mengangkat material yang dilakukan pada saat ini disebabkan oleh tingginya peletakan beban yang akan diangkat, sehingga menghasilkan momen yang besar pada bahu, tulang belakang tepatnya pada L5/S1, paha, lutut dan pergelangan kaki, mengingat bahwa beban yang diangkat memiliki berat yang cukup berat yaitu sebesar 50 Kg.

3.3. Perancangan Alat Bantu Pengangkatan Barang

Berdasarkan analisis kondisi saat ini, pekerjaan mengangkat material menghasilkan Gaya Tekan (F_{comp}) pada lempeng tulang belakang L5/S1 berada di atas *Action Limit* yang direkomendasikan oleh NIOSH. Seperti yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya bahwa salah satu penyebab besarnya Gaya Tekan ini adalah ketinggian dari posisi barang pada saat diangkat. Karena posisi ini dapat mempengaruhi besarnya sudut yang terbentuk untuk menghasilkan gaya tersebut. Untuk itu maka akan

dilakukan usulan perancangan alat bantu dimana pada perancangan alat ini lebih ditekankan pada penentuan tinggi alat bantu tersebut yang dapat menentukan posisi kerja yang membentuk sudut yang dapat memperkecil Gaya Tekan yang dihasilkan.

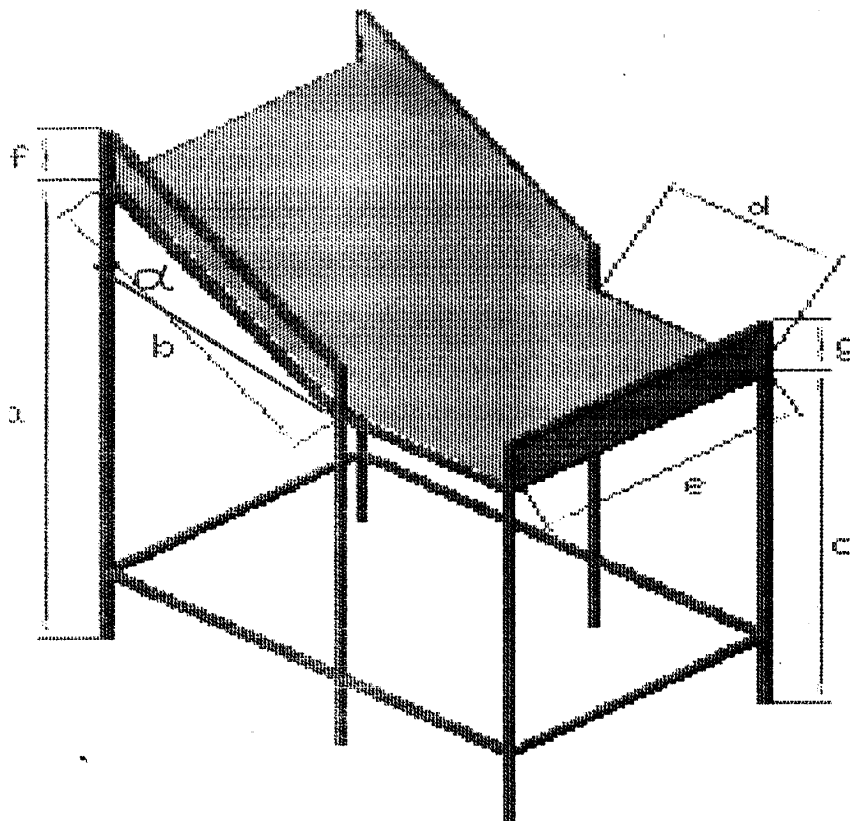
Kondisi tinggi badan dan berat badan yang berbeda-beda dapat menghasilkan nilai Gaya Tekan (F_{comp}) yang berbeda-beda pula. Untuk menentukan berapa ketinggian peletakan beban tersebut maka dilakukan uji coba dengan menggunakan ukuran ekstrim dari tinggi dan berat badan yaitu P95, P50, dan P5. Uji coba dilakukan bertujuan untuk mendapatkan ketinggian peletakan beban yang dapat menghasilkan nilai Gaya Tekan (F_{comp}) pada lempeng tulang belakang yang direkomendasikan oleh NIOSH yaitu sebesar 3400 Newton. Rekapitulasi hasil uji coba dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Uji Coba

Ketinggian Peletakan Beban (cm)	Tinggi Badan (cm)	Tekanan pada L5/S1 (Newton) Pada berat badan berikut :		
		67 kg	61 kg	55 kg
105	175	3423	3392	3361
	168	3463	3432	3401
	161	3729	3699	3669
104	175	3505	3474	3443
	168	3519	3489	3458
	161	3554	3523	3429
103	175	3411	3380	3349
	168	3316	3285	3253
	161	3278	3247	3215
102.5	175	3345	3314	3282
	168	3314	3283	3252
	161	3281	3249	3219
102	175	3339	3308	3277
	168	3310	3341	3372
	161	3224	3193	3162
101.5	175	3271	3302	3271
	168	3399	3368	3337
	161	3226	3195	3164
101	175	3449	3418	3387
	168	3454	3423	3392
	161	3315	3284	3252

Dari rekapitulasi hasil uji coba diperoleh bahwa ketinggian peletakan beban yang menghasilkan Gaya Tekan (F_{comp}) pada lempeng tulang belakang L5/S1 yang berada di bawah *Action Limit* adalah pada ketinggian 101,5 cm, 102 cm, dan 102,5 cm. Untuk itu dirancang suatu alat bantu dengan ketinggian dari peletakan beban yang akan diangkat oleh pekerja adalah **102** cm, karena pada ketinggian ini dari kombinasi tinggi badan dan berat badan lebih banyak memberikan nilai Gaya Tekan yang lebih kecil dibandingkan dengan ketinggian 101,5 cm dan 102,5 cm. Adapun ukuran-ukuran dimensi yang lainnya disesuaikan dengan truk yang digunakan perusahaan, pekerja, dan beban yang diangkat. Usulan perancangan alat bantu tersebut dapat dilihat pada Gambar 5 dan data dimensinya pada Tabel 3.

Rancangan Alat Bantu untuk Meminimasi Gaya Tekan (F_{comp}) pada Lempeng Tulang Belakang Bagian Bawah (L5/S1)



Gambar 5. Usulan Perancangan Alat Bantu

Tabel 3. Dimensi Usulan Perancangan Alat Bantu

No.	Dimensi	Keterangan huruf pada Gambar	Ukuran Dimensi
1	Tinggi Puncak	a	140 cm
2	Panjang Lintasan	b	76 cm
3	Tinggi Landasan	c	102 cm
4	Panjang Landasan	d	48 cm
5	Lebar Lintasan	e	70 cm
6	Tinggi Penahan Samping	f	15 cm
7	Tinggi Penahan Depan	g	15 cm
8	Sudut Kemiringan	α	$< 30^\circ$

4. ANALISIS HASIL RANCANGAN

Usulan perancangan alat bantu dalam penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki posisi kerja pekerja agar dapat meminimasi besarnya Gaya Tekan (F_{comp}) pada lempeng tulang belakang bagian bawah tepatnya pada L5/S1. Posisi tangan pekerja saat melakukan aktivitas mengangkat material (semen)

dengan menggunakan rancangan alat bantu, menghasilkan momen pada bahu, tulang belakang tepatnya L5/S1, paha, lutut, dan pergelangan kaki yang lebih kecil jika dibandingkan dengan tidak menggunakan alat bantu.

Ketika pekerja melakukan pekerjaan aktivitas mengangkat material tanpa menggunakan alat menghasilkan Gaya Tekan (F_{comp}) sebesar 4744 Newton yang berarti berada di atas batasan *Action Limit* yang direkomendasikan oleh NIOSH, sedangkan dengan menggunakan rancangan alat bantu dimana ketinggian peletakan beban (tinggi landasan) yaitu 102 cm, menghasilkan Gaya Tekan (F_{comp}) berada dibawah batasan *Action Limit* yaitu sebesar 3400 Newton. Sehingga dengan adanya rancangan alat bantu ini dapat meminimasi besarnya Gaya Tekan (F_{comp}) pada lempeng tulang belakang bagian bawah tepatnya pada L5/S1.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Ketika pekerja melakukan pekerjaan mengangkat material (semen) menghasilkan Gaya Tekan (F_{comp}) pada lempeng tulang belakang L5/S1 sebesar 4744 Newton. Ini berarti gaya tekan yang dihasilkan berada diatas batasan *Action Limit* yang direkomendasikan oleh NIOSH, meskipun masih berada dibawah batasan *Maximum Permissible Limit*, namun perlu kontrol atau bahkan perancangan ulang sistem kerja tersebut.
2. Usulan perancangan sistem tersebut adalah dengan adanya rancangan alat bantu yang menitikberatkan pada penentuan ketinggian peletakan beban, sehingga dapat memperbaiki posisi kerja dan dapat mengurangi Gaya Tekan (F_{comp}) pada lempeng tulang belakang L5/S1.
3. Seperti yang dapat dilihat pada gambar usulan maka ketinggian yang diusulkan adalah pada ketinggian 102 cm, karena berdasarkan hasil uji coba perhitungan pada ketinggian ini menghasilkan Gaya Tekan (F_{comp}) yang lebih kecil dari batasan *Action Limit* yang direkomendasikan oleh NIOSH.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chaffin, Don B, and Gunnar B.J. Anderson (1991), *Occupational Biomechanics, 2nd edition*, Jhon Willey & Sons.Inc, New York.
- [2] Gemina, Tino, (2002), *Minimasi Tekanan pada Tulang Belakang Bawah (L5/S1) berdasarkan Analisis Biomekanika Statis pada Aktivitas Manual Material Handling*, TA Sarjana Jurusan TI Itenas Bandung.
- [3] National Institut for OCCUPATIONAL Safety and Health, (1981), *Work Practices Guide for Manual Lifting*, Dept. of Health and Human Services (NIOSH), Cincinnati, Ohio.
- [4] Niebel, Benjamin dan Freivalds, Andris, *Methods Standards & Work Design*, McGraw-Hill International Editions, 10th edition, Singapore, 1999.