

**ANALISA MANUAL MATERIAL HANDLING (MMH)  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE BIOMEKANIKA UNTUK  
MENGIDENTIFIKASI RESIKO CIDERA TULANG BELAKANG  
(MUSCULOSKELETAL DISORDER)  
(Studi Kasus pada Buruh Pengangkat Beras di Pasar Jebor Demak)**

---

oleh :

**Eli Mas'idah, Wiwiek Fatmawati, Lazib Ajibta**

*Fakultas Teknologi Industri UNISSULA*

**Abstrak**

*Kerja atau aktivitas merupakan salah satu kegiatan manusia yang tidak dapat dihindarkan lagi. Salah satu aktivitas tersebut adalah pemindahan barang, proses pemindahan barang terjadi baik di perusahaan maupun pekerja yang berada diluar perusahaan sebagaimana yang terjadi dipasar – pasar tradisional. Aktivitas pemindahan yang terjadi dipasar – pasar tradisional biasanya terjadi secara manual.*

*Aktifitas pengangkatan secara membungkuk yang disebabkan adanya pembebanan yang terlalu berat menyebabkan cedera tulang belakang (musculoskeletal disorder) dan gangguan otot lainnya. Selain itu aktifitas pemindahan barang juga perlu diperhatikan guna meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja.*

*Pada hasil penelitian nilai lifting indeks (LI) dengan massa beban 75 kg pada kondisi awal nilai LI rata-rata adalah 5,52, nilai tersebut sangat ekstrim dan sangat beresiko menyebabkan cedera tulang belakang. Setelah dilakukan perbaikan sistem kerja pada nilai LI rata-rata diperoleh 2,8, nilai LI setelah perbaikan masih dalam batas toleransi. Nilai konsumsi energi kondisi awal rata-rata adalah 2,31. Hal ini menunjukkan konsumsi energi oleh para pekerja termasuk kategori beban kerja yang sangat berat. Setelah perbaikan sistem kerja konsumsi energi oleh pekerja angkat tersebut menjadi menurun yaitu 1,16, hal ini menunjukkan pekerjaan tersebut dalam kategori beban kerja sedang dan pekerja tersebut tidak cepat mengalami kelelahan. Berdasarkan perhitungan momen gaya pada kondisi awal rata-rata adalah 12.139,35. Hal ini akan membuat sakit pada tulang belakang sehingga dalam waktu tertentu tubuh akan berubah menjadi membungkuk, Setelah dilakukan perbaikan sistem kerja momen*

gaya rata-rata 9.183, hal ini menunjukkan resiko cedera tulang belakang (*musculoskeletal disorder*) dapat diminimumkan, namun nilai tersebut masih melebihi batas rekomendasi dari NIOSH yaitu sebesar 6500 Newton.

**Kata kunci :** LI (Lifting Index), Manual Material Handling (MMH), Musculoskeletal disorder, RWL (Recommended Weight Limit).

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang Masalah**

Indonesia adalah negara berkembang yang banyak sekali dijumpai industri-industri yang masih menggunakan tenaga manusia dalam pemindahan material, walaupun beberapa industri yang relatif modern telah banyak menggunakan mesin sebagai alat bantu dalam pemindahan material, namun aktivitas pemindahan bahan secara manual (MMH) masih sangat diperlukan karena memiliki kelebihan dibandingkan dengan menggunakan alat yaitu bahwa pemindahan material secara manual bisa dilakukan dalam ruang terbatas dan dimana dalam melakukan aktivitas pekerja sangat mengandalkan fisik manusia untuk mengangkat barang, tetapi pemindahan bahan secara manual (MMH) apabila tidak dilakukan secara ergonomis akan menimbulkan kecelakaan dalam industri, yang disebut juga "Over Exertion–Lifting and Carrying", yaitu kerusakan jaringan tubuh yang disebabkan oleh beban angkat yang berlebihan (Nurmianto, 1996 : 147).

Tanpa disadari aktivitas pengangkatan barang yang dilakukan pekerja dapat menyebabkan penyakit ataupun cedera pada tulang belakang terlebih jika pekerjaan tersebut tidak dilakukan dengan benar. Manuaba (2000) dalam Tarwaka (1985) mengatakan bahwa jikalau resiko tuntutan kerja lebih besar dari kemampuan seseorang maka akan terjadi penampilan kerja yang bisa dimulai oleh adanya ketidaknyamanan, *overstress*, kecelakaan kerja, cedera, rasa sakit dan tidak produktif.

### **Perumusan Masalah**

Dari latar belakang masalah diatas, maka yang menjadi pokok masalah untuk dirumuskan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penggunaan alat bantu terhadap nilai konsumsi energi, lifting indeks, dan momen gaya pada pekerja pengangkat beras untuk mengurangi atau menghindari resiko cedera tulang belakang (*musculoskeletal disorder*) ?

## **Pembatasan Masalah**

Agar ruang lingkup penelitian tidak terlalu luas, maka diberi batasan-batasan tertentu yang sesuai dengan permasalahan. Batasan-batasan tersebut sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada pekerja laki - laki pengangkat beras dipasar Jebor Demak.
2. Sampel penelitian adalah pekerja laki – laki dengan usia 30 – 45 tahun dan tidak dalam keadaan cacat fisik.
3. Pengambilan data dilakukan pada bagian penurunan beras yaitu dari truk kemudian menuju tempat tujuan yang sudah ditetapkan.
4. Beras yang diturunkan dari truk mempunyai berat 75 kg / karung.
5. Pemandahan material berupa beras dilakukan langsung dari bak truk kemudian diletakkan dipunggung pekerja pengangkat beras tersebut.
6. Pada penelitian ini tidak membahas tentang produktifitas kerja.
7. Batasan nilai standart lifting indeks, konsumsi energi, dan momen gaya menggunakan batasan dari NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*).

## **Tujuan Penelitian**

Dalam penelitian ini tujuan yang ingin dicapai yaitu untuk mengetahui nilai RWL (*Recommended Weight Limit*), lifting indeks, momen gaya dan konsumsi energi yang nantinya digunakan untuk mengidentifikasi resiko cidera tulang belakang (*musculoskeletal disorder*).

## **LANDASAN TEORI**

### **Definisi Pemandahan Bahan**

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

Kenyamanan dari pekerja sudah terbukti sangat menunjang tingkat produktivitas pekerja, dengan demikian para penanggung jawab keselamatan dan kesehatan kerja harus memikirkan faktor-faktor bahaya biomekanika, sebaiknya aktivitas *manual material handling* tidak membahayakan pekerja dan tidak menimbulkan rasa sakit pada pekerja.

## **Pemindahan Material Secara Teknis**

Beberapa pemindahan material secara teknis dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Memindahkan beban yang berat dari mesin ke mesin yang telah dirancang dengan menggunakan *roller* (ban berjalan).
- b. Menggunakan meja yang dapat digerakkan naik-turun untuk menjaga agar bagian permukaan dari meja kerja dapat langsung dipakai untuk memasukkan lembaran logam ataupun benda kerja lainnya kedalam mesin.
- c. Menempatkan benda kerja yang besar pada permukaan yang lebih tinggi dan menurunkan dengan bantuan gaya grafitasi.
- d. Menggunakan peralatan yang mengangkat, misalnya, pada ujung belakang truk untuk memudahkan pengangkatan material, dengan demikian tidak diperlukan lagi alat angkat (*crane*).
- e. Merancang *Overhead Monorail* dan *Hoist* diutamakan yang menggunakan *power* (tenaga) baik untuk gerakan vertikal maupun horisontal.
- f. Mendesain kotak (tempat benda kerja) dengan disertai *handle* yang ergonomis sehingga mudah pada waktu mengangkat.
- g. Mengatur peletakan fasilitas sehingga semakin memudahkan metodologi angkat benda pada ketinggian permukaan pinggang.

## **Pengertian Biomekanika**

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

Dari pengertian diatas maka ilmu biomekanika mencoba memberikan gambaran ataupun solusi guna meminimumkan gaya dan momen yang dibebankan pada pekerja supaya tidak terjadi kecelakaan kerja. Jika seseorang melakukan pekerjaan maka sangat banyak faktor-faktor yang terlibat dan mempengaruhi pekerjaan tersebut. Secara garis besar faktor-faktor yang mempengaruhi manusia tersebut adalah faktor individual dan faktor situasional. (Madyana, 1996).

Biomekanika merupakan ilmu yang membahas aspek-aspek mekanika gerakan-gerakan tubuh manusia. Biomekanika adalah kombinasi antara keilmuan mekanika, antropometri dan dasar ilmu kedokteran (biologi dan fisiologi). Dalam dunia kerja yang menjadi perhatian adalah kekuatan kerja

otot yang tergantung pada posisi anggota tubuh yang bekerja, arah gerakan kerja dan perbedaan kekuatan antar bagian tubuh. Selain itu juga kecepatan dan ketelitian serta daya tahan jaringan tubuh terhadap beban.

### **Batasan angkat secara legal (*Legal Limitation*)**

Batasan angkat ini dipakai sebagai batasan angkat secara internasional. Adapun variabelnya adalah sebagai berikut Pria dibawah usia 16 tahun, maksimum angkat adalah 14 kg.

- Pria usia diantara 16 tahun dan 18 tahun, maksimum angkat adalah 18 kg.
- Pria usia lebih dari 18 tahun, tidak ada batasan angkat.
- Wanita usia diantara 16 tahun dan 18 tahun, maksimum angkat adalah 11 kg.
- Wanita usia lebih dari 18 tahun, maksimum angkat adalah 16 kg.

Batasan-batasan angkat ini dapat membantu untuk mengurangi rasa nyeri, ngilu, pada tulang belakang bagi para wanita (*back injuries incidence to women*). Batasan angkat ini akan mengurangi ketidaknyamanan kerja pada tulang belakang, terutama bagi operator pekerjaan berat.

### **Metode Pengangkatan Beban**

Metode pendekatan ini dengan mempertimbangkan rata-rata beban metabolisme dari aktifitas angkat yang berulang (*repetitive lifting*), sebagaimana dapat juga ditentukan dari jumlah konsumsi oksigen. Hal ini haruslah benar-benar diperhatikan terutama dalam rangka untuk menentukan batasan angkat. Kelelahan kerja yang terjadi akibat dari aktifitas yang berulang-ulang (*repetitive lifting*) akan meningkatkan resiko rasa nyeri pada tulang belakang (*back injuries*), *repetitive lifting* dapat menyebabkan *Cumulative Trauma Injuries* atau *Repetitive Strain Injuries*. (Wignjo Soebroto, 1995).

Ada beberapa bukti bahwa semakin banyak jumlah material yang diangkat dan dipindahkan dalam sehari oleh seseorang, maka akan lebih cepat mengurangi ketebalan dari *intervertebral disc* atau elemen yang berada diantara segmen tulang belakang. Fenomena ini menggambarkan bahwa pengukuran yang akurat terhadap tinggi tenaga kerja dapat digunakan sebagai alat untuk mengevaluasi beban kerja. (Corlett, 1987).

Ada beberapa cara mengangkat beban yang benar, yaitu :

1. Memegang dan mengangkat beban
  - a. Dengan posisi tubuh setegak mungkin
  - b. Dengan posisi punggung lurus
  - c. Dengan posisi lutut cenderung kuat

2. Taruhlah tubuh anda sedekat mungkin pada beban
3. Memegang beban dengan cara yang aman sehingga anda dapat melakukan pemindahan dengan sekuat mungkin.
4. Perlu didesain alat bantu agar mengurangi aktifitas membungkuk untuk mengambil dan memindahkan barang.

### ***Musculoskeletal disorder (MSD)***

Keluhan *musculoskeletal* adalah keluhan sakit, nyeri, pegal-pegal dan lainnya pada sistem otot (*musculoskeletal*) seperti tendon, pembuluh darah, sendi, tulang, syaraf dan lainnya yang disebabkan oleh aktivitas kerja. Keluhan *musculoskeletal* sering juga dinamakan MSD (*Musculoskeletal disorder*), RSI (*Repetitive Strain Injuries*), CTD (*Cumulative Trauma Disorders*) dan RMI (*Repetitive Motion Injury*).

Secara garis besar keluhan otot dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu :

1. Keluhan sementara (*reversible*) yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, namun demikian keluhan tersebut akan segera hilang apabila pembebanan dihentikan.
2. Keluhan menetap (*persistent*) yaitu keluhan otot yang bersifat menetap, walaupun pembebanan kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot terus berlanjut.

### ***Pengukuran Musculoskeletal disorder (MSD)***

Pengukuran terhadap tekanan fisik dengan resiko keluhan otot *skeletal* sangat sulit karena mengakibatkan berbagai faktor subjektif seperti kinerja, motivasi, harapan dan toleransi kelelahan. Waters Anderson (1996) dalam Tarwaka 1985 melakukan pengukuran dengan metode analitik dan metode lain adalah menggunakan *nordic body map*.

#### **a. Metode Analitik**

Metode analitik dilakukan berdasarkan rekomendasi NIOSH tentang estimasi kemungkinan terjadinya peregangan otot yang berlebihan (*over exertion*) atas dasar karakteristik pekerjaan. Hal ini dilakukan dengan melakukan perhitungan *Recommended Weight Limit* (RWL) dan *Lifting Index* (LI). [Waters Anderson (1996) dalam Tarwaka 1984].

RWL merupakan rekomendasi batas beban yang dapat diangkat oleh manusia tanpa menimbulkan cedera meskipun pekerjaan tersebut dilakukan secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama. RWL ini ditetapkan oleh NIOSH pada tahun 1991 oleh Amerika Serikat. Sedangkan NIOSH mempunyai standart pada pengangkatan beban untuk

meminimasi cedera pada saat melakukan pekerjaan, persamaan NIOSH yang dipakai adalah :

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

*Lifting Index* adalah estimasi sederhana terhadap resiko cedera tulang belakang yang diakibatkan oleh *over exertion*. Berdasarkan berat beban dan nilai *recommended weight limit* (RWL), dapat ditentukan besarnya

*lifting index* dengan rumus :  $LI = \frac{\text{Berat Badan}}{RWL}$

b. *Nordic Body Map*

*Nordic body map* merupakan metode yang dilakukan dengan menganalisa peta tubuh yang ditunjukkan pada tiap bagian tubuh seperti pada gambar 2.3. Melalui *nordic body map* dapat diketahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa tidak nyaman (agak sakit) sampai tingkat yang sangat sakit. (Tarwaka, 1985).

Dengan melihat dan menganalisa peta tubuh (*nordic body map*) akan dapat diestimasi jenis dan tingkat keluhan otot *skeletal* yang dirasakan oleh pekerja. Metode ini dilakukan dengan memberikan penilaian subjektif pada pekerja.

### **Momen Gaya**

Dengan mendefinisikan jenis pekerjaan dan postur tubuh didalam melakukan pekerjaan tersebut, dapat dihitung besarnya gaya dan momen yang terjadi setiap link dan sendi melalui analisa mekanik. Baik pada saat tubuh dalam posisi diam maupun pada saat bergerak.

Hukum keseimbangan momen menyatakan bahwa penjumlahan aljabar momen-momen dari semua gaya yang bekerja pada suatu benda dalam keadaan kesetimbangan status adalah sama dengan nol. Modul sederhana garis punggung bawah (*low-back*) yang diteliti oleh Chaffin (1973) untuk analisis terhadap angkat koplanar statis ditunjukkan oleh gambar model sederhana dari punggung bawah (*low-back*) yang diteliti oleh Chaffin.

Selanjutnya dengan mengaplikasikan prinsip-prinsip dasar mekanika diatas dapat dilakukan analisa biomekanika pada berbagai segmen tubuh manusia dengan memandang tubuh sebagai sistem multilink, maka hasil perhitungan gaya dan momen suatu link akan dipengaruhi link sebelumnya dan akan mempengaruhi link selanjutnya. Oleh sebab itu link terakhir (link

kaki) akan menahan beban yang berasal dari berat seluruh link. Sebelumnya baik beban eksternal maupun beban link itu sendiri. 
$$F_M = \frac{bw + hW - DFA}{E}$$

### **Beban Kerja**

Tubuh manusia dirancang untuk dapat melakukan aktifitas pekerjaan sehari-hari. Adanya massa otot yang beratnya hampir lebih dari separuh beban tubuh, memungkinkan kita untuk dapat menggerakkan dan melakukan pekerjaan, disatu pihak mempunyai arti penting bagi kemajuan dan peningkatan prestasi, sehingga mencapai kehidupan yang produktif sebagai tujuan hidup. Dipihak lain bekerja berarti tubuh akan menerima beban dari luar tubuhnya. Dengan kata lain bahwa setiap pekerjaan merupakan beban bagi yang bersangkutan. Beban tersebut dapat berupa beban fisik maupun beban mental.

Dari sudut pandang ergonomi, setiap beban kerja yang diterima oleh seseorang harus sesuai atau seimbang baik dalam kemampuan fisik, kognitif, maupun keterbatasan manusia yang menerima beban tersebut. Kemampuan kerja seorang tenaga kerja berbeda dari satu dengan yang lainnya dan sangat tergantung dari tingkat ketrampilan, kesegaran jasmani, usia dan ukuran tubuh dari pekerja itu sendiri.

### **Fisik dan Mental**

Secara garis besar kegiatan-kegiatan kerja manusia digolongkan menjadi kerja fisik (otot) dan kerja mental (otak). Pemisahan ini tidak dapat dilakukan secara sempurna, karena terdapatnya hubungan yang erat antara satu dengan yang lainnya. Apabila dilihat dari energi yang dikeluarkan, kerja mental murni relatif lebih sedikit mengeluarkan energi, kerja fisik akan mengakibatkan perubahan fungsi alat-alat tubuh. Secara umum yang disebut kerja fisik adalah kerja yang memerlukan energi fisik otot manusia sebagai sumber tenaganya, kerja fisik sering dikonotasikan sebagai kerja berat atau kasar, dalam kerja fisik ini, maka konsumsi energi merupakan faktor utama atau tolok ukur yang dipakai sebagai penentuan berat atau ringannya kerja fisik (Wignjosoebroto, 1996).

Dalam hal penentuan konsumsi energi biasanya digunakan parameter indeks ini merupakan perbedaan antar kecepatan denyut jantung pada waktu kerja tertentu dengan kecepatan denyut jantung pada saat istirahat. Hubungan energi dengan kecepatan denyut jantung dari konsumsi energi adalah  $Y = 1,80411 - 0,0229038 X + 4,7173 \cdot 10^{-4} \cdot X^2$ .

Setelah besaran denyut jantung disetarakan didapatkan dengan bentuk matematis sebagai  $KE = Et - Ei$ .

## PERANCANGAN DAN PENGOLAHAN DATA

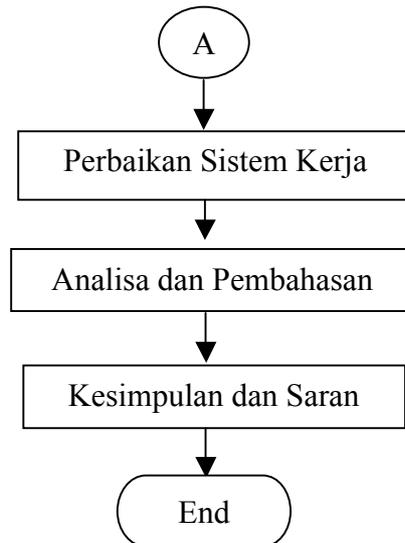
### Objek Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di pasar Jebor Demak yang terletak di jalan raya Demak – Semarang. Pasar Jebor adalah tempat sarana aktifitas jual beli makanan pokok masyarakat Demak, salah satu yang diperjual belikan adalah beras yang dalam pengangkatannya masih menggunakan cara manual yaitu dengan diangkat. Objek yang diteliti adalah para pekerja pengangkat beras dengan massa beban 75 kg/karung.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui beban maksimal yang diangkat oleh pekerja pengangkat beras, mengetahui momen gaya, konsumsi energi dan denyut nadi yang nantinya digunakan sebagai penentuan batas maksimal yang dapat diangkat oleh pekerja pengangkat beras.

### Kerangka Pemecahan Masalah

Kerangka pemecahan masalah pada penelitian ini dapat dilihat pada flowchart berikut :



Gambar 1. Flowchart Kerangka Pemecahan Masalah

Masing-masing tahap dari bagan alir metodologi tersebut adalah :

### **Penentuan Topik Tugas Akhir**

Topik yang diambil dalam tugas akhir ini adalah aliran pemindahan material secara manual dengan konsep biomekanika untuk meminimasi resiko kecelakaan kerja.

### **Studi Pendahuluan**

Studi pendahuluan dibagi menjadi dua, yaitu studi pustaka dan studi lapangan. Studi pustaka bertujuan untuk memberikan landasan berpikir yang logis bagi penelitian dan agar memperoleh acuan dalam melaksanakan penelitian yang dapat dijadikan sebagai pembanding terhadap hasil penelitian yang dilakukan. Sedangkan studi lapangan dilakukan untuk mendapatkan data berupa informasi mengenai kriteria-kriteria apa saja yang diperlukan untuk dapat mengetahui beban maksimum yang dapat diangkat oleh pengangkat beras, mengetahui momen gaya, konsumsi energi yang dibutuhkan oleh pengangkat beras.

### **Pengumpulan Data**

Perolehan data berdasarkan jenisnya, data yang diambil dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

- a. Data kuantitatif, yaitu data yang dihasilkan langsung dari penelitian, penulisan, penulis yang datang langsung dari instansi-instansi yang terkait.
- b. Data kualitatif, yaitu data yang tidak dapat dihitung diukur atau dihitung dengan angka.

Perolehan data berdasarkan sumber, informasi yang diperoleh dapat dibagi menjadi dua, yaitu;

#### 1. Data Primer

- a. Observasi, Pengumpulan data yang dilakukan dengan melihat dan mengadakan pengamatan secara langsung terhadap objek yang bersangkutan, observasi dilakukan secara rinci pada lingkungan pekerja dan sosialisasi terhadap pekerja.
- b. Wawancara atau kuisisioner, Mengadakan tanya jawab secara langsung kepada subjek yang bersangkutan, wawancara dilakukan dengan memberikan pertanyaan terhadap gangguan *musculoskeletal* yang dialami oleh pekerja. Untuk mempermudah pekerja dalam menjawab peneliti menunjukkan gambar dengan lembar *nordic body*

map sehingga pekerja dapat menjawab dengan mudah anggota tubuh mana yang dirasa sakit.

## 2. Data Sekunder

- a. Dokumentasi, dilakukan untuk mengambil gambar posisi kerja yang dialami pekerja pada saat melakukan aktifitas.
- b. Studi Pustaka, merupakan salah satu metode yang dilakukan dengan cara mengambil bahan-bahan dari kajian literatur untuk mendapatkan informasi yang mendukung dengan permasalahan yang dibahas.

### **Pengolahan Data**

Pengolahan data dilakukan dengan mencari nilai *Recommended Weight Limit* pada masing – masing pekerja, *lifting index* didapatkan dari berat beban dibagi nilai RWL pada masing - masing pekerja. Konsumsi energi didapatkan dengan pengeluaran energi pada saat bekerja dikurangkan pengeluaran energi pada saat istirahat. Momen gaya didapatkan dengan jarak L5/S1 kepusat massa benda dikali berat segmen tubuh diatas L5/S1 ditambah jarak sumbu pusat ke massa benda dikali massa benda ditambah jarak dari gaya perut FA ke L5/S1 dikali jarak dari gaya tekanan perut L5/S1 kemudian dibagi dengan jarak dari otot spinal erektor ke L5/S1 dan dengan melakukan pengukuran terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pengangkatan beban dengan acuan ketetapan NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*)

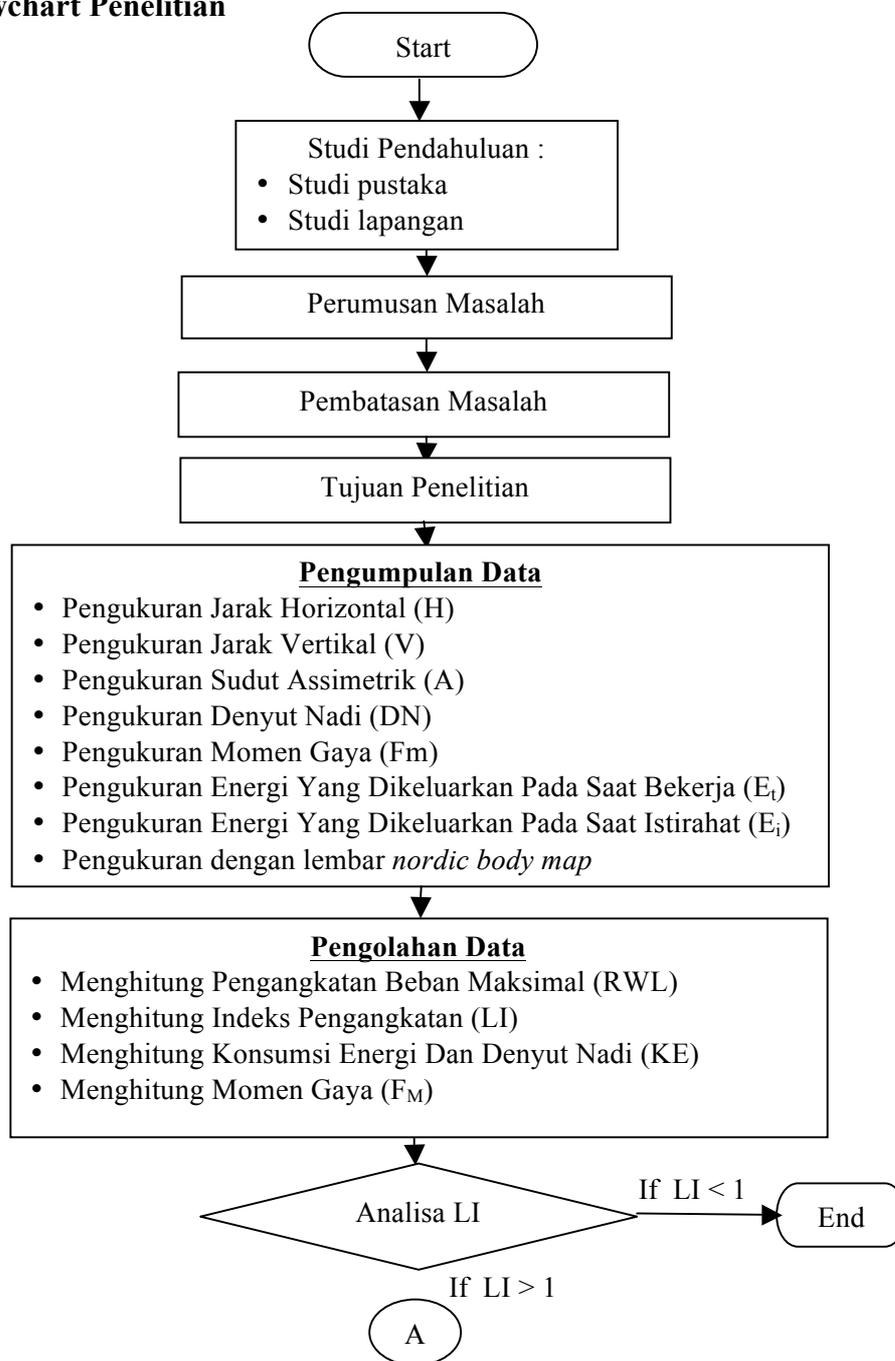
### **Analisa Data**

Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap pengolahan data yang telah selesai dilakukan. Analisa *lifting index* pada kondisi awal ditetapkan untuk mengetahui apakah sistem kerja tersebut mengandung resiko cedera tulang belakang, dengan melihat nilai  $LI > 1$  maka harus dilakukan perbaikan sistem kerja, pada  $LI > 3$  adalah mengidentifikasi bahwa pekerjaan tersebut termasuk kategori *over exertion*, batasan gaya angkat maksimum atau momen gaya yang diijinkan (*the Maximum Permissible Limit*) yang direkomendasikan oleh NIOSH adalah berdasarkan gaya tekan sebesar 6500 Newton pada L5/S1.

### **Kesimpulan**

Pada kesimpulan didapatkan keseluruhan hasil dari analisa data yang mengidentifikasi pengangkatan beban pada pekerja pengangkat beras pada pasar Jebor.

## Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart Penelitian

## DATA DAN ANALISA

### Identifikasi Data

Pengamatan difokuskan pada pekerja pengangkat beras dipasar Jebor Demak, yaitu pada bagian yang memindahkan beras langsung dari bak truk ketempat atau lokasi tujuan yang telah ditentukan dengan berat beras 75kg/karung. Alat yang digunakan untuk pengujian denyut nadi menggunakan *puls meter*, untuk pengujian tekanan darah menggunakan alat *digital blood pressure meter*, serta *stopwatch* dan alat ukur meteran.

### Pengumpulan Data Awal

Berikut ini data pengamatan yang didapatkan oleh pekerja pengangkat beras di pasar Jebor Demak.

- a. Data ciri – ciri fisik pada pekerja

Tabel 1. **Data Fisik Pekerja Pengangkat Beras**

Nama	Umur (th)	Tinggi Badan (cm)	Berat Badan (kg)
Ngatono	40	163	57
Sukarmin	36	165	70
Suparman	45	168	72
Purnomo	35	166	55
Supri	30	162	50
Abdulloh	35	165	74

- b. Data pengamatan proses pengangkatan beras yang dilakukan oleh pekerja

Tabel 2. **Data Proses Pengangkatan Beras Oleh Pekerja**

Nama	H (cm)	V (cm)	D (cm)	A (°)	Fm	Cm
Ngatono	20	94	500	45	0,84	0,90
Sukarmin	22	94	500	45	0,84	0,90
Suparman	23	94	500	45	0,84	0,90
Purnomo	20	94	500	45	0,84	0,90
Supri	21	94	500	45	0,84	0,90
Abdulloh	20	94	500	45	0,84	0,90

Ket :

H : Jarak horisontal, dihitung dari beban sampai tulang lengan yang berlawanan arah dengan posisi badan.

- V : Jarak vertikal, dihitung dari dasar lantai sampai dengan permukaan atas bak truk yang bersentuhan langsung dengan beban.
- D : Jarak  $A_0 - A_1$ , dihitung dari permukaan atas bak truk sampai dengan tempat penurunan beban.
- A : Sudut assimetrik, sudut tubuh pada saat pengangkatan beban.
- Fm : frekuensi 4 pengangkatan/menit, dari tabel pengali frekuensi
- Cm : tabel *coupling multiplier*  $V > 75$  cm kategori *poor*

c. Data denyut nadi tiap pekerja

Tabel 3. **Data Denyut Nadi Tiap Pekerja**

Nama	Denyut nadi awal (DNI) (Pulse/menit)	Denyut nadi akhir (DNK) (Pulse/menit)
Ngatono	108	130
Sukarmin	107	135
Suparman	101	132
Purnomo	103	133
Supri	109	136
Abdulloh	104	125

d. Data pengamatan momen gaya pada saat pengangkatan beras

Tabel 4. **Data Momen Gaya Pada Saat Pengangkatan**

Nama	D (cm)	w (N)	h (cm)	b (cm)	E (cm)	W (N)	$\theta_H (^{\circ})$
Ngatono	9	570	8	13	5	750	45
Sukarmin	9	700	8	13	5	750	45
Suparman	9	720	8	13	5	750	45
Purnomo	9	550	8	13	5	750	45
Supri	9	500	8	13	5	750	45
Abdulloh	9	740	8	13	5	750	45

Ket :

- b : L5 / S1 ke pusat massa badan
- w : berat badan x gravitasi
- h : jarak sumbu pusat ke massa beban
- E : jarak dari otot spinal erector ke L5/S1
- W : berat beban x gravitasi
- D : jarak dari gaya perut  $F_A$  ke L5/S1
- $\theta_H$  : sudut tubuh pengangkatan beban

## Pengolahan Data

Berikut ini data setelah adanya perbaikan system kerja dengan menggunakan kereta dorong

### a. Data Ciri–Ciri Fisik Pada Pekerja

Tabel 5. Data Fisik Pekerja Pengangkat Beras

Nama	Umur (th)	Tinggi Badan (cm)	Berat Badan (kg)
Ngatono	40	163	57
Sukarmin	36	165	70
Suparman	45	168	72
Purnomo	35	166	55
Supri	30	162	50
Abdulloh	35	165	74

### b. Data Pengamatan Proses Pengangkatan Beras Setelah Perbaikan Sistem Kerja

Tabel 6. Data Proses Pengangkatan Beras Oleh Pekerja

Nama	H (cm)	V (cm)	D (cm)	A (°)	Fm	Cm
Ngatono	10	94	500	90	0,88	1,00
Sukarmin	11	94	500	90	0,88	1,00
Suparman	11	94	500	90	0,88	1,00
Purnomo	11	94	500	90	0,88	1,00
Supri	10	94	500	90	0,88	1,00
Abdulloh	10	94	500	90	0,88	1,00

Ket :

H : Jarak horisontal, dihitung dari beban sampai tulang lengan yang searah dengan posisi badan (tangan kondisi mendekati beban)

V : Jarak vertikal, dihitung dari dasar lantai sampai dengan permukaan atas bak truk yang bersentuhan langsung dengan beban.

D : Jarak  $A_0 - A_1$ , dihitung dari permukaan atas bak truk sampai dengan tempat penurunan beban.

A : Sudut assimetrik, sudut tubuh pada saat pengangkatan beban.

Fm : frekuensi 3 pengangkatan/menit, dari tabel pengali frekuensi

Cm : tabel *coupling multiplier*  $V > 75$  cm kategori *good*

c. **Data Denyut Nadi Tiap Pekerja**

Tabel 7. Data Denyut Nadi Tiap Pekerja

Nama	Denyut nadi awal (DNI) (Pulse/menit)	Denyut nadi akhir (DNK) (Pulse/menit)
Ngatono	106	122
Sukarmin	115	120
Suparman	103	121
Purnomo	108	124
Supri	110	127
Abdulloh	107	123

d. **Data Pengamatan Momen Gaya Pada Saat Pengangkatan Beras**

Tabel 8. Data Momen Gaya Pada Saat Pengangkatan

Nama	D (cm)	w (N)	h (cm)	b (cm)	E (cm)	W (N)	$\theta_H$ ( $^{\circ}$ )
Ngatono	9	570	10	4	5	750	90
Sukarmin	9	700	10	4	5	750	90
Suparman	9	720	10	4	5	750	90
Purnomo	9	550	10	4	5	750	90
Supri	9	500	10	4	5	750	90
Abdulloh	9	740	10	4	5	750	90

Ket :

b : L5 / S1 ke pusat massa badan

w : berat badan x gravitasi

h : jarak sumbu pusat ke massa beban

E : jarak dari otot *spinal erector* ke L5/S1

W : berat beban x gravitasi

D : jarak dari gaya perut  $F_A$  ke L5/S1

$\theta_H$  : sudut tubuh pengangkatan beban

## HASIL REKAPITULASI

Tabel 9. Rekapitulasi RWL dan LI

Nama	RWL		Lifting Indeks	
	RWL awal (kg)	RWL akhir (kg)	LI awal	LI akhir
Ngatono	14,268	27,626	5,25	2,71
Sukarmin	12,898	25,335	5,81	2,96
Suparman	12,324	25,335	6,08	2,96
Purnomo	14,266	25,335	5,25	2,96
Supri	13,585	27,626	5,52	2,71
Abdulloh	14,264	27,626	5,25	2,71

Tabel 10. Rekapitulasi KE dan Momen Gaya

Nama	KE		Momen Gaya	
	KE awal (Kkal/menit)	KE akhir (Kkal/menit)	Momen Gaya awal (N)	Momen Gaya akhir (N)
Ngatono	1,96	1,36	11359,35	8943
Sukarmin	2,46	1,24	13049,35	9463
Suparman	2,51	1,48	13309,35	9543
Purnomo	2,65	1,38	11099,35	8863
Supri	2,50	1,51	10449,35	8663
Abdulloh	1,78	1,37	13569,35	9623

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. Berdasarkan nilai lifting indeks (LI) dengan massa beban 75 kg pada kondisi awal nilai masing – masing lifting indeks pada pekerja adalah 5,25; 5,81; 6,08; 5,25; 5,52; 5,25 nilai tersebut sangat ekstrim dan sangat beresiko menyebabkan cedera tulang belakang. Sedangkan setelah perbaikan sistem kerja pada masing – masing pekerja adalah 2,71; 2,96; 2,96; 2,96; 2,71; 2,71. Penurunan nilai lifting indeks yang terjadi menandakan bahwa alat bantu tersebut dapat mengurangi beban dan mengurangi resiko cedera tulang belakang (*musculoskeletal disorder*), nilai LI setelah perbaikan masih dalam batas toleransi.

2. Berdasarkan nilai konsumsi energi kondisi awal pada masing – masing pekerja adalah 1,96; 2,46; 2,51; 2,65; 2,5; 1,78, hal ini menunjukkan konsumsi energi oleh para pekerja termasuk kategori beban kerja yang sangat berat. Setelah perbaikan sistem kerja konsumsi energi oleh pekerja angkat tersebut menjadi menurun yaitu 1,36; 1,24; 1,48; 1,38; 1,51; 1,37. Hal ini menunjukkan pekerjaan tersebut dalam kategori beban kerja sedang dan pekerja tersebut tidak cepat mengalami kelelahan.
3. Berdasarkan perhitungan momen gaya pada kondisi awal masing – masing pekerja adalah 11.359,35; 13.049,35; 13.309,35; 11.099,35; 10.449,35; 13.569,35. Hal ini akan membuat sakit pada tulang belakang sehingga dalam waktu tertentu tubuh akan berubah menjadi membungkuk. Setelah dilakukan perbaikan sistem kerja pada masing – masing pekerja 8.943; 9463; 9543; 8863; 8663; 9623, hal ini menunjukkan resiko cedera tulang belakang (*musculoskeletal disorder*) dapat diminimumkan, namun nilai tersebut masih melebihi batas rekomendasi dari NIOSH yaitu sebesar 6500 Newton.
4. Massa beban sebaiknya tidak melebihi 75 kg, karena bila hal ini terjadi dengan terus menerus maka resiko cedera tulang belakang dalam waktu dekat tidak dapat dihindari lagi. Namun hal tersebut dapat dihindari dengan menggunakan alat bantu mekanis berupa kereta dorong yang dapat membuat pekerja lebih efektif, efisien dan aman sehingga cedera tulang belakang dapat diminimumkan. Asupan makanan yang bergizi dan istirahat yang cukup juga perlu diperhatikan sebagai solusi supaya kesehatan dapat terjaga.

#### **Saran**

1. Perlu mempertimbangkan pengadaan alat mekanis misalnya kereta dorong untuk meminimumkan resiko cedera tulang belakang (*musculoskeletal disorder*).
2. Perlu adanya cek kesehatan dan pembekalan pengetahuan tentang kesehatan tubuh para pekerja secara teratur.
3. Perlu memikirkan kesehatan tubuh para pekerja, mengkonsumsi makanan yang bergizi, istirahat yang cukup, mengurangi rutinitas kerja yang terlalu berat dan memeriksakan kesehatannya secara teratur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chaffin, D.B. and Park, K.S., *A lonitudinal Study of low back pain as associated with Occupational lifting factors*, American Industrial Hygiene Association Journal, 1973, v 34, p.513.
- Corlett, E.N., Eklund, J.A.E., Reilly T. and Troup, J.D.G. (1987). *Assesment of workload from measurement of stature*, *Applied Ergonomics*, v18, pp. 65-71.
- Health and Safety Commision (1982) (U.K), *Proposal for Health and Safety (Manual Handling of Loads)*. Regulation and guidance, HMSO, London.
- M. Apple, James; 1986. *Tata Letak pabrik dan Pemandahan Bahan*, Edisi ketiga, Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Madyana; 1996. *Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi*, Jilid I, Fakultas Teknologi Industri Universitas Atmajaya Yogyakarta.
- Nurmianto, Eko; 2004. *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Edisi Kedua, PT. Guna Widya, Surabaya.
- Sulistiyani; 2003. *Analisa Manual Material Handling Dengan Konsep NIOSH*, Fakultas Teknik, UMS: Surakarta.
- Sutalaksana Z. Iftikar, Anggawisastra R, John H. Tjakraatmaja; 1979. *Teknik Tata Cara Kerja*, Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Tarwaka; Hadi; Solichul dan Sudiajeng, Lilik; 1985. *Ergonomi Untuk Kesehatan dan Keselamatan Kerja dan Produktivitas*, UNIBA Press, Surakarta.
- Wignjo Soebroto, Sritomo; 1993. *Pengantar Teknik Industri*, PT. Guna Widya, Jakarta.
- Wignjo Soebroto, Sritomo; 1995. *Studi Gerak dan Waktu*, Edisi pertama, PT. Guna Widya, Jakarta.
- Wignjo Soebroto, Sritomo; 1996. *Tata Letak Pabrik dan Pemandahan Bahan*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [www.B4D3.upayamengurangimusculoskeletaldisorder.htm](http://www.B4D3.upayamengurangimusculoskeletaldisorder.htm)

