ANALISIS *LIFTING INDEX* DAN KELUHAN SUBJEKTIF UNTUK AKTIFITAS *MANUAL MATERIAL HANDLING*

(Studi Kasus di Laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Industri

Disusun oleh :

POPPY SARI PATROUS KAULA

02 522 005

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2007

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

ANALISIS *LIFTING INDEX* DAN KELUHAN SUBJEKTIF UNTUK AKTIFITAS *MANUAL MATERIAL HANDLING*

(Studi Kasus di Laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi)

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Poppy Sari Patrous Kaula
No. Mhs : 02 522 005

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai
Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 22 Maret 2007

Tim Penguji,

Ir. Hari Purnomo, MT
Ketua

R. Chairul Saleh, Ir, M.Sc, P.hD
Anggota 1

Agus Mansur, ST, M.Eng.Sc
Anggota 2

Mengetahui,
Ketua Jurusan Falkutas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

R. Chairul Saleh, Ir, M.Sc, P.hD

Halaman Persembahan

Kuserahkan pada Allah SWT, pemilik alam semesta ini
serta 22 tahun keberadaanku
karena perjuangan pertamaku telah berujung
dan harus terus melangkah 'tuk hari esok.

3.7 Kesimpulan dan Saran 54

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data 56
4.2 Kondisi Awal 57
4.3 Kondisi Perbaikan 58
4.4 Proses Perhitungan *Lifting Index* 61
4.5 Data Keluhan Muskuloskletal 70
4.5.1 Uji Normalitas 74
4.5.2 Uji Homogenitas 74
4.5.2 Uji Anova 75
4.5.2 Uji Tukey 75

BAB V ANALISA DATA

5.1 Analisis *Lifting Index* 76
5.2 Analisis Keluhan Subjektif 77

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan..... 83

6.2 Saran..... 84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standart untuk penentuan batas maksimum 27

Tabel 2.2 Batas Angkat Ideal 28

Tabel 2.3 Faktor Pengali Horisontal (HM) 38

Tabel 2.4 Faktor Pengali Vertikal (VM) 39

Tabel 2.5 Faktor Pengali Jarak (DM) 40

Tabel 2.6 Faktor Pengali Kopling (CM) 42

Tabel 2.7 Faktor Pengali Frekuensi (FM) 44

Tabel 4.1 Nilai Kondisi Kerja 57

Tabel 4.2 Pengumpulan Data RWL untuk V = 30 cm 59

Tabel 4.3 Pengumpulan Data RWL untuk V = 50 cm 60

Tabel 4.4 Pengumpulan Data RWL untuk V = 70 cm 61

Tabel 4.5 Perhitungan RWL Kondisi Awal untuk V = 30 cm 63

Tabel 4.6 Perhitungan RWL Kondisi Awal untuk V = 50cm 64

Tabel 4.7 Perhitungan RWL Kondisi Awal untuk V = 70 cm 65

Tabel 4.8 Perhitungan Lifting Index Kondisi Awal untuk V = 30 cm 67

Tabel 4.9 Perhitungan Lifting Index Kondisi Awal untuk V = 50 cm 68

Tabel 4.10 Perhitungan Lifting Index Kondisi Awal untuk V = 70cm 69

Tabel 4.11 Data Kuisioner untuk Ketinggian Angkat Beban 30 cm 71

Tabel 4.12 Data Kuisioner untuk Ketinggian Angkat Beban 50 cm 72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Ilmu Biomekanika..... 14

Gambar 2.2 Pandangan Depan dan Belakang dari Sistem Tulang Manusia..... 18

Gambar 2.3 Perbandingan Otot Dinamis dan Statis..... 21

Gambar 2.4 Struktur Otot Manusia..... 22

Gambar 2.5 *Graphic Representation of Hand Location*..... 45

Gambar 2.6 *Graphic Representation of Angle of Asymmetry*..... 45

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian..... 55

Gambar 5.1 Batas Nilai Tinggi Angkat Beban..... 77

Gambar 5.2 Kurva Pengambilan Keputusan..... 80

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS *LIFTING INDEX* DAN KELUHAN SUBJEKTIF UNTUK AKTIFITAS *MANUAL MATERIAL HANDLING*

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Poppy Sari Patrous Kaula

No. Mahasiswa : 02 522 005

Yogyakarta, Maret 2007

Dosen Pembimbing,

Ir. Hari Purnomo, MT

Motto

Sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila engkau telah selesai dengan pekerjaan yang satu, kerjakanlah pekerjaan yang lain dengan sesungguh-sungguhnya dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.

(Q.S. Al-Insyirah:6-8)

Dan seandainya pohon-pohon di bumi menjadi pena dan laut (menjadi tinta), ditambahkan kepadanya tujuh laut (lagi) sesudah (kering)nya, niscaya tidak akan habis-habisnya (dituliskan) kalimat Allah. Sesungguhnya Allah Maha Perkasa lagi Maha Bijaksana.

(Q.S. Luqman : 27)

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, dan syukur Alhamdulillah atas segala rahmat dan anugerah-Nya yang telah memberi ilmu, kekuatan dan kesempatan sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Analisis *Lifting Index* dan Keluhan Subjektif Untuk Aktifitas *Manual Material Handling*", dan tak lupa shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW dan para pengikutnya hingga akhir hayat. Amin.

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1 program studi Teknik Industri pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia .

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan dukungan dan semangat dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Hari Purnomo, Ir, MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan tugas akhir ini.
3. Kalab laboratorium APK Jurusan Teknik Industri,Universitas Islam Indonesia

4. Kedua orang tua, Papa Taufik Bay dan Mama Yetty Gustia atas do'a dan kasih sayang yang tulus serta tiada hentinya. Kakanda Putri Trima Taufik serta adinda Putra Bayhaki, Vicky Brama Kumbara dan Ilham Billy Andita atas semangat dan pengertian yang diberikan.
5. Sahabat-sahabatku terima kasih atas persahabatan, nasehat, dan doa kalian.
6. Semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya di dunia ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Dan semoga Allah SWT memberikan ridha dan membalas segala budi baik yang telah diberikan kepada penulis.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, Maret 2007

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING ii

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI iii

HALAMAN PERSEMBAHAN iv

HALAMAN MOTTO v

KATA PENGANTAR vi

DAFTAR ISI viii

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR GAMBAR xiv

ABSTRAK xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah 1

1.2 Rumusan Masalah 4

1.3 Batasan Masalah 4

1.4 Tujuan Penelitian 5

1.5 Manfaat Penelitian 5

1.6 Sistematika Penulisan 7

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Ergonomi 9

2.2 Sikap dan Pergerakan Kerja 12

2.3 Biomekanika 13

2.4 Kerangka dan Otot Manusia 15

2.5 Keluhan Sistem Muskuloskletal 23

2.6 Pengangkatan dan Pemindahan Material secara Manual 25

2.7 *Cumulative Trauma Disorder* (CTD) 31

2.8 *Back Injury* 32

2.9 Persamaan NIOSH 34

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 47

3.2 Pengumpulan Data 47

3.3 Metode Pengumpulan Data 48

3.4 Fasilitas Pengumpulan Data 49

3.5 Pengumpulan Data 49

3.5.1 *Recommended weight limit* 50

3.5.2 *Lifting index* 50

3.5.3 Keluhan muskuloskletal 51

3.6 Analisis Data 53

Tabel 4.13 Data Kuisioner untuk Ketinggian Angkat Beban 70 cm
Keluhan Muskuloskletal..... 73
Tabel 4.14 Hasil Pengolahan Data dengan Uji Normalitas untuk Jumlah Keluhan
Muskuloskletal..... 74
Tabel 4.15 Hasil Pengolahan Data dengan Uji Homogenitas untuk Jumlah Keluhan
Muskuloskletal..... 74
Tabel 4.16 Hasil Pengolahan Data dengan Uji Anova untuk Jumlah Keluhan
Keluhan Muskuloskletal..... 75
Tabel 4.17 Hasil Pengolahan Data dengan Uji Tukey untuk Jumlah Keluhan
Keluhan Muskuloskletal..... 75

ABSTRAK

Manual material handling masih sering ditemui di dunia industri. Kelebihan MMH ini adalah dapat melakukan gerakan yang lebih fleksibel untuk beban-beban yang ringan dibandingkan dengan pengangkatan yang menggunakan alat bantu. Kegiatan ini merupakan pekerjaan dengan resiko tinggi. Karena disadari atau tidak selama proses dilakukan akan terjadi *over exertion* (beban lebih). Apabila selama proses ini terjadi kesalahan dalam penanganan material tersebut maka timbul kecendrungan terjadinya cidera tulang belakang.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui batas tinggi angkat beban pada *manual material handling* yang dapat dikategorikan aman dengan analisis lifting index. Untuk itu dilakukan eksperimen, dimana pekerja mengangkat beban pada tiga kondisi meja kerja yang berbeda yaitu 30cm, 50 cm, 70cm. Uji statistik anova digunakan untuk membuktikan perbedaaan jumlah keluhan pada masing-masing kondisi.

Hasil penelitian pada pengangkatan beban dengan berat beban =15 kg, F = 30 detik, CM = 1 dan sudut asimetri 40° didapat batas tinggi angkat beban lebih dari 65,3555 cm dari permukaan lantai. Dari perubahan tinggi vertikal yang mempengaruhi jumlah keluhan muskuloskletal pada pekerja ternyata mempunyai perbedaan yang signifikan antar masing-masing perlakuan.

Kata kunci : *Manual Material Handling*, *Lifting Index*, Keluhan Muskuloskletal

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ergonomi adalah ilmu tentang manuasia dalam usahanya untuk meningkatkan kenyamanan di lingkungan kerjanya. Manfaat dan tujuan dari penerapan ilmu ini adalah untuk mengurangi ketidaknyamanan manusia saat bekerja. Dengan demikian ergonomi berguna sebagai media pencegah atau paling tidak mengurangi kelelahan dan kecelakaan kerja terhadap tubuh manusia, baik itu dalam masa bekerja maupun efeknya pada tubuh setelah bertahun-tahun melakukan pekerjaanya.

Salah satu cabang ilmu ergonomi yang berhubungan dengan fungsi dari sistem kerangka otot adalah ilmu biomekanika. Biomekanika merupakan aplikasi ilmu mekanika teknik untuk menganalisa sistem kerangka otot yang akan memberikan modal dasar untuk mengatasi masalah postur dan pergerakan tubuh manusia di tempat kerjanya. Ilmu ergonomi juga menyangkut beban kerja yang dihadapi sistem tubuh manusia yang melakukan pekerjaannya karena beban kerja berlebihan yang akan berbahaya bagi manusia.

Pada beberapa aktifitas dilantai produksi, penggunaan tenaga manusia masih dominan, terutama dalam aktifitas penanganan material secara manual (*manual material handling*). Kegiatan pemindahan material secara manual sering dijumpai mulai dari industri kecil sampai industri tingkat menengah. Pemindahan material secara manual apabila tidak dilakukan dengan sikap alamiah maka akan

menimbulkan kecelakaan kerja . Kecelakaan kerja pada aktifitas tersebut sering disebut *over exertion lifting and carrying*, yaitu kerusakan pada jaringan tubuh yang disebabkan kelebihan berat beban yang diangkat.

Kelebihan aktivitas penanganan material secara manual bila dibandingkan dengan penanganan material menggunakan alat bantu adalah pada fleksibelitas gerakan yang dapat dilakukan untuk beban ringan. Aktivitas penanganan material secara manual yang dilakukan berulang dengan frekuensi gerakan yang tinggi, tenaga besar, postur kerja yang tidak alamiah dan waktu istirahat yang kurang serta faktor tambahan lainnya (seperti faktor getaran dan presisi), dapat mengakibatkan gangguan pada sistem muskuloskeletal pada tubuh bagian atas (Ochipinti and Colombini, 1998).

Pada pengangkatan beban kerja terjadi kontak langsung antara beban dan tubuh manusia yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja bila beban tidak sesuai dengan kemampuan manusia. Tubuh dapat mengalami kerusakan melalui tiga cara ketika sebuah beban diangkat , yaitu :

1. Rusaknya otot-otot dan sendi tulang belakang akibat tekanan yang berlebihan
2. Turunnya sendi pada tulang belakang karena nucleus mengalami pergeseran akibat tekanan yang berlebihan
3. Isi perut mengalami pergeseran letak pada rongga perut karena tekanan yang berlebihan pada perut bagian dalam (Grieve, 1982)

Dalam sistem kerangka manusia terdapat beberapa titik rawan, yaitu pada ruas tulang leher, ruas punggung (L5/S1) dan pada pangkal paha. Dari titik rawan tersebut, titik pada ruas punggung (L5/S1) merupakan titik paling rawan terhadap kecelakaan kerja. Karena pada titik tersebut terdapat cakram (selaput yang berisi cairan) titik yang berfungsi untuk meredam pergerakan antar ruas *lumbar* ke-5 dan *sacrum* ke-1 (L5/S1).

Analisis dari berbagai macam pekerjaan yang dapat menyebabkan rasa nyeri, berhubungan erat dengan beban kompresi (tekan) yang terjadi pada tulang belakang (L5/S1) (Chaffin and Park, 1973). Telah ditemukan 85%-95% penyakit pada tulang belakang terutama pada bagian L4/L5 dan L5/S1. Kebanyakan penyakit-penyakit pada tulang belakang adalah keluarnya inti *intervertebratal* (*pulpy nucleus*) yang disebabkan oleh rusaknya lapisan pembungkus *intervertebratal disc*.sehingga berakibat menekan dan mengitari akar syaraf dan menyebabkan rasa sakit yang kronis.

Aktivitas penanganan material secara manual diidentifikasi sebagai penyebab utama WMSDs. Pada tahun 1996, di Amerika Serikat biaya klaim untuk kasus WMSDs mencapai 15-20 milyar dollar Amerika (Findley, 1999). Pada tahun 1992, 24% waktu kerja yang hilang di Ontario, Canada, disebabkan oleh *cumulative trauma disorder* atau yang dikenal juga dengan istilah RSIs (*Repetitive Strain Injuries*). RSIs ini merupakan WMSDs pada tubuh bagian atas seperti bahu, siku, lengan, dan pergelangan tangan (Polanyi, 1997). Di Indonesia sendiri, PT Jamsostek mencatat jumlah kasus kecelakaan kerja pada tahun 1999-2001 mengalami peningkatan. Pada

tahun 1999 terdapat 82.456 kasus, di tahun 2000 bertambah menjadi 98.902 kasus, lalu berkembang menjadi 104.774 pada tahun 2001. Sehingga setiap hari kerja terjadi lebih 414 kasus kecelakaan kerja di perusahaan yang tercatat sebagai anggota Jamsostek dan sedikitnya 9,5% dari kasus tersebut menyebabkan kecacatan (Gatra.com, 2002).

Karena tinggi angkat beban pada kondisi awal merupakan salah satu variabel yang mempengaruhi lifting index, maka penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi awal pengangkatan pada aktifitas penanganan material secara manual yang ideal. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Totoh hardianto dengan memperhatikan asymetri pada aktifitas penanganan material secara manual. Penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah perbaikan postur pengangkatan dengan analisis *lifting index* untuk meminimasi keluhan muskuloskletal dengan mempertimbangkan jumlah keluhan subjektif pada operator.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang tersebut, postur kerja yang digunakan dalam aktivitas pengangkatan material secara manual menjadi faktor pertimbangan yang penting, dapat disimpulkan bahwa yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa jarak angkat beban terhadap lantai, yang tidak mengandung resiko cidera tulang belakang berdasarkan perhitungan *lifting index* ?

2. Apakah terdapat perbedaan yang signifikan jumlah keluhan *musculoskletal*, karena melakukan aktivitas penanganan material secara manual oleh pekerja dengan perbedaan jarak angkat beban terhadap lantai ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menyelesaikan masalah yang dibahas pada bab-bab seterusnya dan untuk menghindari adanya permasalahan yang terlalu meluas serta terjadinya penyimpangan yang tidak diinginkan maka perlu adanya pembatas masalah, sehingga hasil analisis berikutnya dapat lebih terarah sesuai dengan tujuannya.

Adapun batasan yang digunakan adalah :

1. Penelitian dilakukan di Lab. Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Penelitian difokuskan pada postur pengangkatan awal dengan berat beban 15 kg.

Dalam penelitian ini juga menggunakan asumsi-asumsi yaitu :

1. Kondisi iklim lingkungan kerja dan kondisi subjek diasumsikan dalam keadaan normal.
2. Beban kerja berada dalam posisi diam / tetap.
3. Variabel pengali vertikal, asimetri, *coupling*, dan frekuensi pengangkatan, ditetapkan.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang ada maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui jarak angkat beban terhadap lantai yang tidak mengandung resiko cidera tulang belakang berdasarkan perhitungan *lifting index*
2. Untuk mengetahui adakah terdapat perbedaan yang signifikan jumlah keluhan *musculoskletal*, karena melakukan aktivitas penanganan material secara manual oleh pekerja dengan dengan perbedaan jarak angkat beban terhadap lantai

1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan Penelitian ini dapat bermanfaat:

1. Pengembangan khasanah ilmu pengetahuan khususnya pada ruang lingkup ergonomi.
2. Dapat memberikan usulan tinggi angkat beban pada aktifitas penanganan material secara manual.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk lebih terstrukturnya penulisan tugas akhir ini maka selanjutnya sistematika penulisan ini disusun sebagai berikut :

BAB II LANDASAN TEORI

Merupakan penjelasan secara terperinci mengenai teori-teori yang digunakan sebagai landasan untuk pemecahan permasalahan, garis besar metode yang digunakan oleh peneliti sebagai kerangka masalah.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang bahan atau materi penelitian, alat dan tata cara penelitian, variabel, data yang akan diteliti dan langkah-langkah analisis yang dipakai serta *flow chart* penelitian

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Berisi data-data yang diperoleh dari hasil observasi langsung dari lapangan, maupun data historis yang diperoleh dari pihak yang bersangkutan dan selanjutnya dilakukan pengolahan data.

BAB V PEMBAHASAN

Membahas hasil penelitian yang diperoleh dari hasil pengolahan data yang dilakukan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan yang diperoleh melalui pembahasan hasil penelitian dan saran-saran atas permasalahan yang dibahas untuk pengembangan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa Latin yang terdiri dari kata *ergon* dan *nomos*. *Ergon* berarti kerja dan *nomos* berarti hukum alam. Pada dasarnya ergonomi adalah studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, dan desain atau perancangan ergonomi berkenaan juga dengan optimasi efisiensi, kesehatan dan kenyamanan manusia ditempat kerja, dirumah dan di tempat rekreasi. (Eko Nurmianto, 1996). Ergonomi adalah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja. Dengan demikian manusia dapat hidup dan bekerja pada sistem tersebut dengan lebih baik, sehingga tercapai tujuan yang diinginkan dengan lebih efektif, efisien, aman dan nyaman. (Sutalaksana, 1979). Ergonomi adalah komponen kegiatan dalam ruang lingkup Hiperkes (Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja) yang antara lain meliputi penyerasian pekerjaan terhadap tenaga kerja secara timbal balik untuk efisiensi dan kenyamanan kerja (Suma'mur, 1986).

Dalam penerapannya ergonomi berusaha untuk menyerasikan pekerjaan dan lingkungan terhadap orang atau sebaliknya, dengan tujuan tercapainya produktivitas dan efisiensi yang tinggi melalui pemanfaatan faktor manusia yang optimal. Tujuan

yang ingin dicapai ergonomi adalah untuk meningkatkan efektifitas kerja yang dihasilkan oleh sistem manusia mesin, sambil tetap mempertahankan unsur kenyamanan dan kesehatan kerja sebaik mungkin. Pendekatan dilakukan dengan memakai data yang tersedia pada rancangan sistem yang ada. Data–data ini dapat berupa kemampuan dan keterbatasan yang dimiliki oleh manusia.

Ada hal penting yang selalu diingat dan digunakan yaitu, *fitting task to the man*. Hal ini dapat diartikan bahwa dalam melakukan pekerjaan haruslah disesuaikan, agar selalu berada dalam jangkauan kemampuan dan keterbatasan manusia. Dalam hal ini akan banyak memberikan keuntungan dalam proses pemilihan pekerjaan tertentu oleh pekerja.Ergonomi dikelompokkan dalam empat bidang penyelidikan, yaitu (Grandjean,1986) :

1. Penyelidikan tentang tampilan (*display*)

   Tampilan *(display)* adalah suatu perangkat antara *(inyterface)* yang dapat menyajikan informasi tentang keadaan lingkungan, dapat mengkomunikasikannya kepada manusia dalam bentuk tanda-tanda, angka, lambang, dan sebagainya.

2. Penyelidikan tentang kekuatan fisik manusia.

   Penyelidikan ini untuk mengatur kekuatan serta kelemahan fisik manusia pada saat melakukan pekerjaan. Dalam bidang ini juga dipelajari tentang perancangan objek serta peralatan yang sesuai dengan kemampuan fisik manusia pada saat melakukan kegiatan.

3. Penyelidikan tentang ukuran tempat kerja.

   Penyelidikan ini untuk mendapatkan rancangan tempat kerja yang sesuai dengan ukuran tubuh manusia.

4. Penyelidikan tentang lingkungan kerja.

   Penyelidikan ini meliputi penelitian terhadap kondisi lingkungan fisik tempat kerja dan fasilitas kerja. Misalnya berupa pengaturan cahaya, kebisingan suara, temperatur dan lain-lain.

Dari penjelasan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa disiplin ilmu ergonomi menyangkut hal-hal sebagai berikut :

1. Fokus perhatian dari ergonomi adalah berkaitan dengan aspek-aspek manusia dalam perancangan fasilitas, cara, posisi dan lingkungan kerja.
2. Tujuan dari disiplin ilmu ergonomi adalah :
   a. Memperbaiki performans*i* kerja manusia, misalnya : menambah kecepatan akurasi, mengurangi energi kerja yang berlebihan dan mengurangi kelelahan serta menjaga keselamatan kerja.
   b. Memperbaiki pendayagunaan ketrampilan yang diperlukan.
   c. Mengurangi waktu pelatihan dan biaya.
   d. Mengurangi waktu yang terbuang sia-sia dan meminimumkan kerusakan bahan dan peralatan yang disebabkan oleh *human error factor* (faktor kesalahan manusia).

Dengan demikian jelaslah bahwa ergonomi bertujuan meningkatkan efektifitas fungsional, keamanan dan kenyamanan pemakaian peralatan, fasilitas maupun lingkungan kerja dan posisi kerja yang tepat.

3. Pendekatan khusus dalam disiplin ilmu ergonomi adalah aplikasi yang sistematis dari segala informasi relevan serta berkaitan dengan karakteristik dan perilaku manusia.

2.2 Sikap dan Pergerakan Kerja

Sikap kerja merupakan sikap tubuh pada saat melakukan aktivitas. Sikap kerja yang berbeda akan menghasilkan kegiatan yang berbeda pula. Pada saat bekerja sebaiknya sikap kerja dilakukan secara alamiah sehingga dapat meminimalisi timbulnya cedera muskuloskeletal. Kenyamanan tercipta bila pekerja telah melakukan sikap kerja yang baik dan aman.

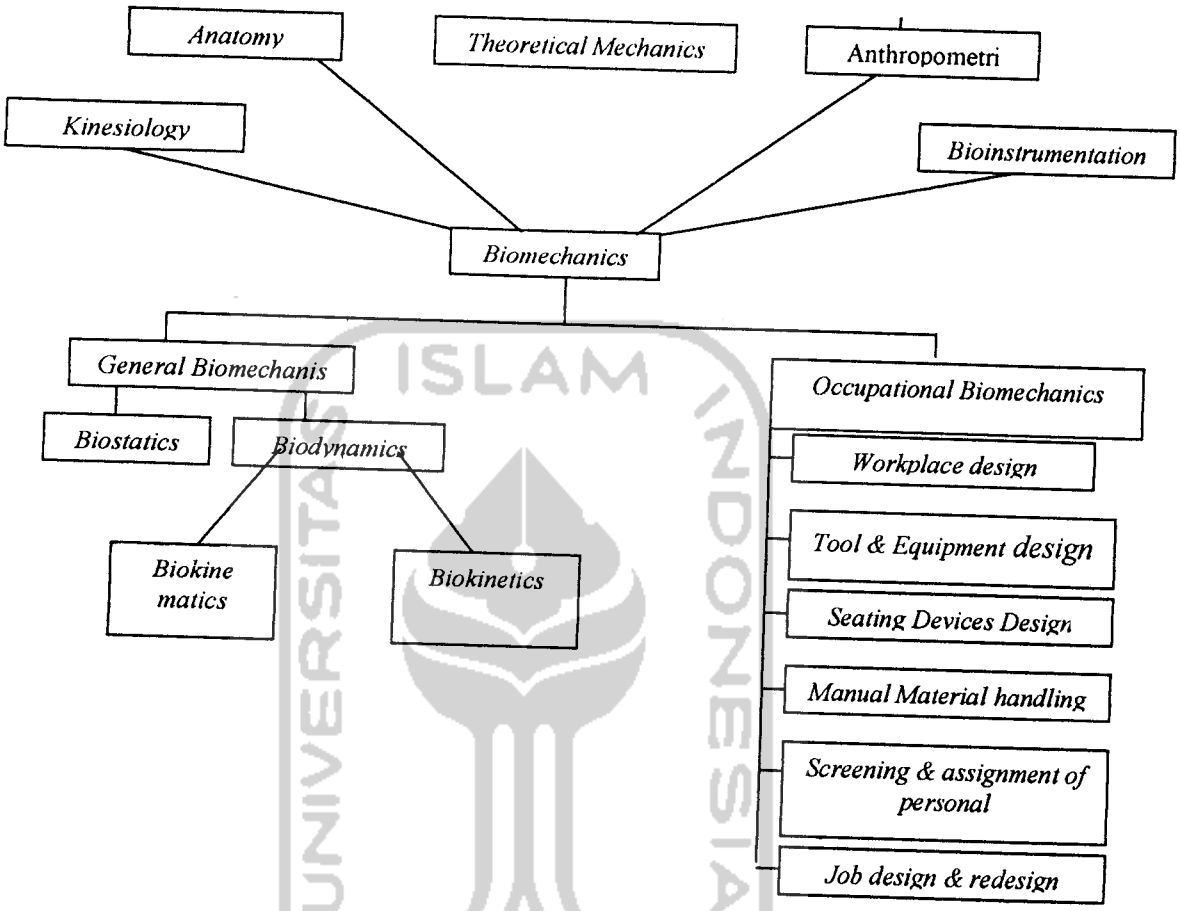
Pengangkatan material secara manual dipengaruhi oleh kerja dan tekanan mekanik. Hartomo et. al. (2003) dalam penelitiannya menyatakan sikap membungkuk mempunyai kerja mekanik yang lebih besar dibanding sikap jongkok. Tetapi dalam segi waktu pergerakan sikap membungkuk mempunyai waktu pergerakan yang lebih kecil dibandingkan sikap jongkok

Sikap kerja yang baik sangat ditentukan oleh pergerakan organ tubuh saat bekerja. Pergerakan yang dilakukan saat bekerja meliputi : *flexion, extention, abduction, adduction, rotation, pronation,* dan *supination.*

2.3 Biomekanika

Biomekanika merupakan ilmu yang membahas aspek–aspek dari gerakan-gerakan tubuh. Ergonomi dan ilmu biomekanika mencoba memberikan solusi guna meminimumkan beban yang akan dibebankan pada pekerja, supaya tidak terjadi kecelakaan kerja yang akan mengakibatkan perusahaan merugi.

Dalam biomekanik ini banyak disiplin ilmu yang mendasari dan berkaitan untuk dapat menopang perkembangan biomekanik. Disiplin ilmu ini tidak terlepas dari kompleksnya masalah yang ditangani oleh biomekanik ini. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram berikut:



Gambar 2.1 Diagram ilmu Biomekanika
(Sumber : Contini dan Drill, 1966)

Biomekanika diklasifikasikan menjadi 2, yaitu :

1. *General Biomechanic*

   Adalah bagian dari biomekanika tentang hukum-hukum dan konsep-konsep dasar yang mempengaruhi tubuh organik manusia baik dalam posisi diam maupun bergerak. *General biomechanic* dibagi menjadi 2, yaitu :

a. *Biostatic*

Adalah bagian dari *general biomechanic* yang hanya menganalisis tubuh pada posisi diam atau bergerak dengan kecepatan seragam dan lambat

b. *Biodinamic*

Adalah bagian dari *general biomechanic* yang berkaitan dengan gambaran gerakan-gerakan tubuh tanpa mempertimbangkan gaya yang terjadi (kinematik) dan gerakan yang disebabkan gaya yang bekerja dalam tubuh (kinetik)

2. *Occupational Biomechanic*

Didefenisikan sebagai bagian dari biomekanik terapan yang mempelajari interaksi fisik antara pekerja dengan mesin, material dan peralatan. Tujuannya untuk meminimumkan keluhan pada sistem kerangka otot agar produktifitas kerja dapat meningkat.

2.4 Kerangka dan Otot Manusia

Biomekanik merupakan aplikasi dari kondisi statis dan dinamis tubuh manusia. Oleh karena itu, dalam rangka memenuhi tujuan, agar pekerjaan dan peralatan yang sesuai dengan kebutuhan manusia, maka diperlukan beberapa

pengetahuan dasar tentang otot dan kerangka manusia terutama dimensi dan kapasitasnya. *(Biomechanic Corporation of America, 1993)*

Kerangka dan sambungan kerangka dapat dirinci sebagai berikut :

1. Tulang

   Tulang adalah organ untuk meredam dan mendistribusikan gaya/tegangan yang ada. Tulang yang besar dan panjang berfungsi untuk memberikan perbandingan terhadap beban yang yang terjadi pada tulang tersebut. Tulang juga selalu terikat dengan otot, dan jaringan penghubung yakni ligamen, *cartilage* dan tendon.

2. Jaringan penghubung

   a. Sambungan *Cartilagenous*

      Merupakan sambungan yang berfungsi untuk pergerakan yang relatif kecil, misalnya sambungan antara tulang iga dan pangkal tulang iga. Sambungan *cartilagenous* juga terdapat diantara ruas-ruas tulang belakang yang terdiri dari pembungkus *invertebral disc* yang dikelilingi oleh inti *vertebral disc*. Sambungan ini juga memiliki pergerakan yang relatif kecil, sehingga mengakibatkan adanya fleksibelitas badan manusia untuk membungkuk, menengadah dan memutar. Disk tersebut juga berfungsi untuk meredam getaran pada saat manusia bergerak baik translasi maupun rotasi.

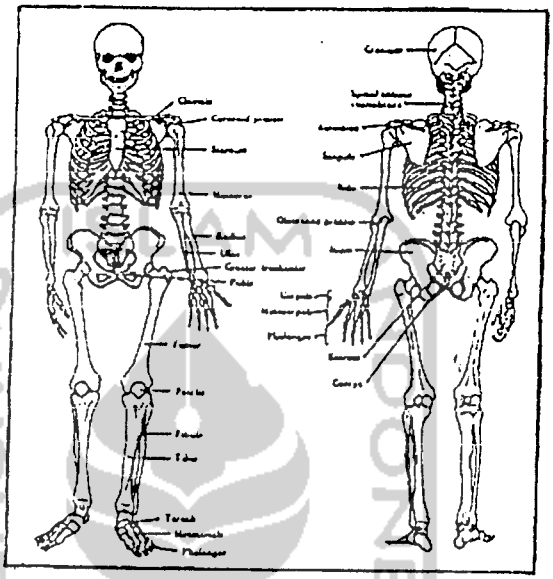
b. Ligamen

Ligamen berfungsi sebagai penghubung antara tulang dengan tulang untuk stabilitas sendi (*joint stability*) atau untuk membentuk bagian sambungan dan menempel pada tulang. Ligamen tersusun atas serabut yang letaknya tidak paralel. Oleh karenanya tendon dan ligamen yang bersifat *inelastic* dan berfungsi pula untuk menahan deformasi. Adanya tegangan yang konstan akan dapat memperpanjang ligamen dan menjadikannya kurang efektif dalam menstabilkan sendi.

Ligamen tersebut uintuk membatasi rentang gerakan. Batasan jangkauan dapat menentukan ruang gerakan atau aktivitas yang digambarkan oleh sistem sendi tulang. Sambungan tulang yang sederhana ada pada siku dan lutut. Dengan adanya alasan bahwa kedua adalah sambungan yang membatasi gerakan fleksi. Sambungan siku memberikan kebebasan gerak pada tulang tangan.

Lengan dan tungkai adalah sambungan yang komplek, yang mampu untuk mengadakan gerakan tiga dimensi. Contoh : gerakan mengangkat tangan, sambungan siku juga dibantu oleh sambungan bahu. Pergerakan rotasi pada seluruh tangan pada sumbunya dan gerakan lengan tangan pada sambungan pergelangan tangan merupakan sambungan yang menempel pada tulang. Ligamen berfungsi untuk membatasi rentang gerakan digbentuk oleh sistem

sambungan tulang. Contoh sambungan tulang yang sederhana ada pada siku dạn lutut



Gambar 2.2 Pandangan depan dan belakang dari sistem tulang manusia

(sumber : Tayyari, 1997)

3. Otot

a. Sistem kerja otot

Aktifitas fisik memerlukan kerja otot striatik, yaitu otot sadar. Kerja fisik sering pula disebut kerja otot. Otot-ototla merupan penyebab gerakan tubuh. Otot menduduki sekitar 45% dari berat tubuh. Sistem otot terdiri dari beberapa bagian yang satu sama lain terpisah. Sebagian besar otot tersebut melekat pada kerangka.

Otot bekerja dengan jalan mengerut. Otot dapat mengerut secara aktif. Pengerutan otot kadang-kadang dapat membuat panjang otot menjadi setengahnya dari keadaan semula. Dalam hubungan ini, kemampuan kerja suatu otot tergantung pada panjangnya. Maka, pada saat olahraga kadang-kadang otot diregangkan agar lebih panjang. Oleh karena itu otot dapat menggerakkan bagian-bagian kerangka agar selalu pada posisi tertentu.

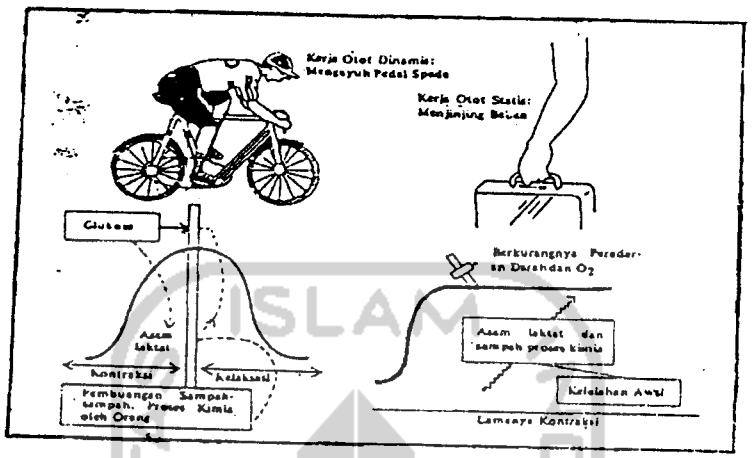
Otot memiliki kemampuan berkontraksi dan relaksasi. Otot sebagai penggerak utama bergerak dangan arah berlawanan terhadap otot lain, yang dikenal sebagai gerakan antagonis yang berfungsi untuk mengendalikan dan mengembalikan posisi tangan dan kaki pada tempat asalnya.

Jika terjadi gerakan yang pelan dan terkendali baik otot penggerak utama maupun yang antagonis berada pada posisi tegang (*tension*) selama terjadi gerakan. Sebaliknya dalam pergerakan yang cepat otot antagonis secara otomatis akan relaks. Sebagai contoh adalah otot *triceps* berposisi antagonis relatif terhadap *biceps*, saat terjadi gerakan fleksi siku waktu mengangkat beban.

Kerja otot dapat statis dan dinamis. Misalnya mengayuh sepeda untuk kerja otot dinamis, sedangkan untuk kerja statis dipilih suatu sikap tangan vertikal yang sedang menjinjing suatu beban.

Seperti dapat dilihat dari gambar, pada kerja otot dinamis kerutan dan pengenduran suatu otot terjadi silih berganti, sedangkan pada kerja otot statis suatu otot menetap berkontraksi untuk suatu periode waktu secara kontinu. Untuk kerja otot dinamis, energi kerja adalah hasil perkalian di antara selisih panjang otot sebelum dan pada keadaan maksimum kontraksi dengan besarnya kekuatan. Energi kerja ini pada mengangkat barang sama dengan hasil perkalian kenaikan tinggi terhadap beban. Pada pekerjaan statis, panjang otot tetap dan seolah-olah tidak kelihatan kerja luar, sehingga energi tidak dapat diperhitungkan dari besarnya kekuatan. Kerja statis lebih menyerupai bekerjanya suatu elektromagnit yang bebannya tetap sekalipun harus mempertahankan tingkat energi yang tetap (Suma'mur, 1986).

Dalam kehidupan sehari-hari, selalu terjadi aneka ragam kegiatan otot statis. Pada keadaan berdiri, sejumlah otot kaki, paha, punggung dan leher berada dalam konstraksi statis. Oleh karena kerja otot statis inilah, bagian-bagian tubuh dapat dipertahankan berada berada dalam posisi yang tetap. Jika duduk, kerja otot statis pada tungkai bawah tidak diperlukan dan beban kerja bagi otot relatif kurang. Dalam keadaan berbaring, sangat sedikit kontraksi otot terjadi. Jadi, tiduran merupakan posisi terbaik untuk beristirahat



Gambar 2.3
Perbandingan otot dinamis dan statis
(Sumber: Suma'mur, 1986)

Otot memerlukan energi selama bekerja. Sumber utamanya adalah senyawa *phosphate* yang kaya energi, dari kondisi energi tinggi ke energi rendah.

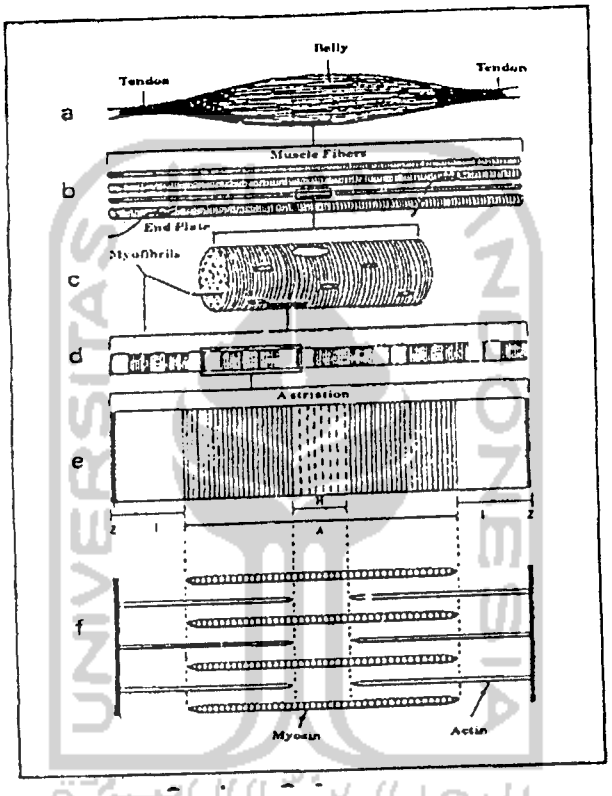
ATP → ADP + Energi (Output)

ADP = *Adenosin diphosphat*

ATP = *Adenosin triphosphate*

Glikogen yang terdapat dalam otot terpecah menjadi energi dan membentuk asam laktat. Proses perubahan ATP menjadi ADP dan energi dengan bantuan oksigen yang cukup disebut proses *aerobic*. Asam laktat

yang dihasilkan oleh kontraksi otot dioksidasi dengan cepat menjadi CO_2 dan H_2O. Sehingga beban pekerja yang tidak telalu melelahkan dapat berlangsung cukup lama. Disamping itu aliran darah yang cukup akan mensuplai lemak, karbohidrat dan oksigen ke dalam otot.



Gambar 2.4 Struktur otot manusia

(sumber : Tayyari, 1997)

b. Aktifitas otot

Otot hanya mempunyai kemampuan berkontraksi dan relaks. Analogi mekanisnya adalah seperti silinder *pneumatic* aktifitas tunggal

dengan sistem pegas. Otot bergerak dengan sistem berlawanan terhadap otot yang lain sebagai gerakan antagonis yang berfungsi mengembalikan dan mengendalikan posisi tangan dan kaki pada tempat asalnya.

2.5 Keluhan Sistem Muskuloskeletal

Keluhan muskuloskletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot skletal yang dirasakan oleh seseorang selama dan sesudah menerima beban secara berulang dan dalam waktu yang cukup lama.Sistem muskuloskeletal tersusun dari jaringan yeng lembut dan tulang di dalam tubuh. Berbagai sistem dan keluhan pada organ muskuloskeletal dapat diketahui dari bagian-bagian sistem muskuloskeletal itu sendiri, antara lain :

1. Sakit pada persendian.
2. Sakit pada pergelangan tangan, bahu, lengan bawah, lutut, dan lain-lain.
3. Sakit pada tangan dan kaki.
4. Sakit pada jari tangan dan jari kaki.
5. Sakit pada punggung dan leher.

Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya pembebanan pada sistem muskuloskeletal antara lain : kurangnya pengetahuan tentang permukaan tempat kerja dan *task* serta pengorganisasian pekerjaan, posisi kerja yang tidak alamiah dan kurangnya variasi terhadap pekerjaan. Peningkatan tekanan pada tulang belakang

dapat dengan jelas dirasakan pada saat melakukan pekerjaan mengangkat, membungkuk, dan mempertahankan posisi tubuh pada keadaan tertentu. Faktor utama terjadinya keluhan muskuloskletal antara lain, peregangan otot yang berlebihan (over exertion), aktivitas berulang (repetitif) dan sikap kerja tidak alamiah. Peregangan otot yang berlebihan terjadi karena pengerahan tenaga kerja yang diperlukan melampaui kekuatan optimum otot. Bila sering dilakukan dapat meningkatkan resiko terjadinya MSDs. Pada pekerjaan aktifitas berulang pada otot akan menerima tekanan akibat beban kerja secacra terus menerus tanpa memperoleh kesempatan untuk relaksasi, sehingga akan menimbulkan keluhan muskuloskletal. Sedangkan sikap kerja tidak alamiah dapat terjadi karena karakteristik tuntutan tugas, alat kerja dan stasiun kerja tidak sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan pekerja (Manuaba, 2000).

Keluhan yang dirasakan mulai dari yang sangat ringan sampai sangat sakit bahkan mencapai cacat permanen yang sering diistilahkan dengan keluhan *musculoskletal disorder* atau MSDs (Grandjean, 1986). Pengukuran tingkat keluhan muskuloskletal dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain dengan *cheklist* yang berupa daftar pertanyaan untuk mengidentifikasi sumber keluhan, model biomekanik yaitu denga menerapkan konsep mekanika teknik pada tubuh terutama otot, tabel psikofisik yang akan menguji hubungan antara persepsi dari sensasi tubuh terhadap rangsangan fisik, model fisik yaitu dengan mengukur tingkat beban kerja, metode analitik yaitu menghitung *Recommended Weight Limit* (RWL/ beban yang

masih aman) dan *Lifting Index* (LI), serta dapat dengan menggunakan cara yang paling sederhana yaitu *Nordic Body Map*.

Penelitian Chaffin Park menemukan adanya peningkatan keluhan punggung yang tajam pada pekerja yang melakukan tugas yang menuntut kekuatan melebihi batas kekuatan otot pekerja (Waters & Puts-Anderson, 1996). Sudiajeng, et al. (2001), menunjukan bahwa sebagian besar operator pada pekerjaan bongkar muat pelabuha mengalami gangguan sistem muskuloskletal. Kenyerian atau keluhan pada otot skeletal yang dominan adalah pada bagian punggung dan pinggang, bahu kiri dan kanan, lengan atas kiri, betis kanan dan jari kaki kiri. Dari berbagai hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukan bahwa aktivitas kerja mengangkat beban di punggung bila dilakukan dengan metode kerja, peralatan kerja, pembebanan yang melebihi batas dan durasi waktu yang cukup lama mempunyai pengaruh terhadap respon fisiologi. Metode kerja yang kurang tepat berpengaruh terhadap konsumsi oksigen, dentut nadi, dan tingkat penggunaan energi. Peralatan kerja dengan bentuk dan bahan yang tidak sesuai akan berpengaruh terhadap fungsi paru-paru. Berat beban melebihi batas maksimal secara fisiologi dapat menimbulkan kelelahan, ketegangan bahkan terjadi cedera atau kecelakaan kerja.

2.6 Pengangkatan dan Pemindahan Material Secara Manual.

Pengangkatan dan pemindahan material secara manual, dapat didefinisikan sebagai suatu kegiatan yang dilakukan dengan cara memutar, membengkokkan,

meraih, menurunkan, mendorong, membalik dan sebagainya. Pemindahan material secara manual apabila tidak dilakukan dengan sikap alamiah akan menimbulkan kecelakaan kerja.

Prinsip-prinsip pengangkatan beban secara manual :

1. Sesuaikan berat dengan kemampuan bekerja dengan mempertimbangkan frekuensi pemindahan.
2. Usahakan memegang dengan seluruh bagian dari tangan.
3. Punggung dan lengan diusahakan dalam posisi lurus.
4. Jika beban harus diangkat dari lantai sebaiknya memakai alat bantu.
5. Ketinggian maksimal dengan memegang beban ± 40 cm diatas lantai.
6. Posisi kaki dibuat sedemikian rupa untuk menahan beban pada saat diangkat.
7. Beban diusahakan sedekat mungkin dengan garis vertikal yang melalui pusat gravitasi tubuh.
8. Memperpendek jarak horisontal gerakan antara tempat memulai dengan tujuan pemindahan bahan.
9. Berlaku rotasi kerja terhadap pekerjaan yang sedikit membutuhkan tenaga kerja dan waktu istirahat yang cukup.
10. Benda yang berat ditempatkan setinggi lutut, agar dalam pemindahan tidak menimbulkan cedera.

Dalam proses pengangkatan beban, batasan-batasan angkat dapat membantu untuk mengurangi rasa nyeri, ngilu pada tulang belakang, terutama untuk yang bekerja berat seperti mengangkat beban. (Nurmianto, 1996). Adapun variabel batasan angkat adalah sebagai berikut :

1. Pria dibawah usia 16 tahun, maksimum angkat adalah 14 kg.
2. Pria usia antara 16 th dan 18 th, maksimum angkat adalah 18 kg.
3. Pria diatas usia 18 tahun, tidak ada batasan angkat.
4. Wanita usia antara 16 th dan 18 th, maksimum angkat 11 kg.
5. Wanita diatas usia 18 tahun, maksimum angkat 16 kg

Tabel 2.1 Standart untuk penentuan batas maksimum

Batasan Angkat (Kg)	Tindakan
Di bawah 16	Tidak ada tindakan khusus yang perlu diadakan.
16 – 34	Pengidentifikasian ketidakmampuan seseorang dalam mengangkat beban tanpa menanggung resiko berbahaya.
	Operator menggunakan sistem pemindahan material secara terlatih dan harus dibawah pengawasan supervisor.
34 – 55	Harus memakai peralatan mekanis, operator yang terpilih harus sudah pernah mengikuti pelatihan kesehatan dan keselamatan kerja dalam industri, dan harus dibawah pengawasan ketat.
Diatas 55	

(Sumber: Nurmianto, 1996)

Tabel 2.2 Batasan Angkat Ideal

Level	Batasan Angkat (Kg)	Tindakan
1	= 16	6. Tidak diperlukan tindakan khusus 7. Tidak diperlukan alat dalam mengangkat.
2	16 – 25	8. Ditekankan pada metode angkat. 9. Tidak diperlukan alat dalam mengangkat.
3	25 – 34	10. Dipilih *job redesain* (rancang ulang terhadap tipe pekerjaan) 11. Haruslah dibantu dengan peralatan mekanis.
4	34	

(Sumber: Nurmianto, 1996)

Kemudian pada bulan Agustus 1988, departemen buruh di negara bagian Victoria (Australia) mengeluarkan peraturan dan lembar kerja untuk metodologi pemindahan material. Didalamnya terdapat tiga bagian antara lain :

1. Identifikasi resiko.
2. Metodologi evaluasi resiko.
3. Pengendalian resiko.

Adapun pada bagian evaluasi resiko berisikan beberapa petunjuk antara lain :

1. Aktifitas kerja dengan posisi duduk, tidak direkomendasi untuk mengangkat atau membawa suatu objek yang lebih dari 45 kg.

2. Jika objek yang diangkat lebih dari 16 – 20 kg, harus berhati-hati. Dalam evaluasi resikonya dibutuhkan sistem pengendalian dan pengukuran yang sesuai.
3. Pekerja yang sudah agak lanjut tidak boleh mengangkat, menurunkan, atau menaikkan beban yang lebih dari 55 kg tanpa bantuan peralatan apapun.
4. Resiko beratnya beban yang dipindahkan juga dipengaruhi faktor lain, seperti: jarak aktifitas angkat (vertikal), jarak antara beban dengan operator, frekuensi angkat (jumlah aktifitas angkat). Hal-hal tersebut dapat dievaluasi dengan menggunakan prosedur perhitungan yang telah ditetapkan. (Eko Nurmianto, 1996).

Pemindahan material secara manual merupakan suatu aktivitas pemindahan benda tanpa menggunakan alat bantu. Pada aktivitas pengangkatan ini sering jumpai kombinasi antara perputaran dan postur pengangkatan yang menjadi penyebab terjadinya cedera (*Zurich*, 2000).

Pekerjaan mengangkat beban sebaiknya tidak hanya memperhatikan masalah efesiensi kerja saja, tetapi juga harus memperhatikan dampak kerusakan atau cidera pada punggung. Seperti diketahui punggung itu bentuknya melengkung sehingga bisa menyerap kejutan-kejutan bila sedang berlari atau meloncat. Punggung juga bisa bekerja luwes karena diantara tulang-tulang punggung tersebut terdapat cakram (*disc*) yang berisi cairan kental dan berserat keras di pinggir luarnya. Cakram punggung

(*vertebral disc*) itu bekerja sebagai peredam kejutan. Hal-hal yang menyebabkan kerusakan pada pinggir luar cakram belum banyak diketahui. Namun apabila pinggiran luar cakram itu rusak, jaringan dari serat yang keras tadi akan berubah dan mengakibatkan hilangnya air. Akibatnya adalah lapisan serat itu menjadi lemah dan rapuh. Jika mendadak menerima beban yang berat maka cakram akan retak dan cairan kental yang ada di dalamnya akan nyusupi retakan itu serta menekan tali sum-sum atau syarafnya. Kejadian ini dikenal dengan kemelesetan cakram (*slipped disc*). Tekanan dari cairan yang menyusup tersebut memperbesar ruang punggung, serta memperbesar tekanan pada jaringan disekitarnya, biasanya menimbulkan rasa sakit dan bisa mengakibatkan lumpuh. Penyakit ini sering terjadi pada mereka yang melakukan pekerjaan fisik berat (Sastrowinoto, 1985).

Pemindahan material secara manual apabila tidak dilakukan dengan sikap yang alamiah akan menyebabkan kecelakaan kerja. Kecelakaan kerja pada aktifitas ini disebut *over exertion-lifting and carrying* yaitu kerusakan pada jaringan tubuh yang diakibatkan oleh kelebihan beban angkat. Data mengenai insiden ini mencapai 18% dari keseluruhan kecelakaan selama tahun 1982-1985, menurut data statistik tentang kompensasi para pekerja di negara bagian New South Wales, Australia. Kecelakaan ini 93% diantaranya diakibatkan rasa nyeri yang berlebihan sedangkan . Dari data tentang strain 61% diantaranya berada pada bagian punggung.

Rasa kronis ini membutuhkan penyembuhan yang cukup lama. Disamping itu biaya yang dikeluarkan merupakan bagian yang dominan dari keseluruhan biaya kecelakaan. Biaya total yang dikeluarkan untuk ganti rugi kompensasi pekerja untuk

kecelakaan *over exertion-lifting and carrying* di negara bagian New South Wales pada tahun 1982-1983 mencapai nilai $79,353,000 (atau sekitar Rp 120 milyar). Sedangkan di negara bagian Victoria biaya equivalennya pada tahun 1983-1984 adalah $56,479,000 (atau sekitar Rp 75 milyar). Biaya tersebut diharapkan dapat untuk lebih diminimumkan dengan berkurangnya *injury* (Nurmianto, 1996).

Sementara itu faktor yang berpengaruh terhadap timbulnya nyeri punggung (*back injury*), adalah arah beban yang akan diangkat dan frekuensi aktivitas pemindahan. Resiko-resiko nyeri tersebut dijumpai pada beberapa industri berikut ini:

1. industri berat
2. pemindahan material
3. konstruksi bangunan
4. pertanian
5. dan lain-lain.

2.7 *Cumulative Trauma Disorder* (CTD)

Cumulative Trauma Disorder (dapat disebut sebagai *Repetitive Motion Injuries* atau *Musculoskeletal Disorder*) adalah cidera pada sistem kerangka otot. Cidera ini akan semakin bertambah secara bertahap sebagai akibat dari trauma kecil yang terus menerus. Ini disebabkan oleh perancangan yang buruk yaitu perancangan alat/sistem kerja yang membutuhkan gerakan tubuh dalam posisi yang tidak normal serta penggunaan perkakas (*handtools*) atau alat lainnya yang terlalu sering. Empat faktor penyebab timbulnya CTD:

1. Penggunaan gaya yang berlebihan selama gerakan normal.
2. Gerakan sendi yang kaku yaitu tidak berada pada posisi normal. Misalnya bahu yang terlalu diangkat, lutut yang terlalu naik, punggung terlalu membungkuk dan lain-lain.
3. Perulangan gerakan secara terus-menerus.
4. Kurangnya istirahat yang cukup untuk memulihkan trauma sendi.

Gejala yang berhubungan dengan CTD antara lain adalah terasa sakit atau nyeri pada otot, gerakan sendi yang terbatas dan terjadi pembengkakan. Jika gejala ini dibiarkan maka akan menimbulkan kerusakan permanen (Niebel dan Frelvads, 1999).

CTD merusak sistem saraf musculoskeletal yaitu urat saraf (*nerves*), otot, tendon, ligamen, tulang dan tulang sendi (*joint*). CTD timbul karena pergerakan ekstrim dari bagian tubuh atas (bahu, tangan, siku, pergelangan tangan), tubuh bagian bawah (pinggul, lutut, kaki) dan bagian belakang (leher punggung/beban). Punggung, leher dan bahu merupakan bagian yang rentan terkena CTD, penyakit yang diakibatkan adalah nyeri pada tengkuk/bahu (*cervical syndrome*) nyeri pada tulang belakang disebut *chronic low back pain*. Pada tangan dan pergelangan tangan terjadi penyakit tangan bergetar (*trigger finger*), *Raynaud's Syndrome* (*vibration white finger*), dan *carpal tunnel syndrome* (Tayyari,1997).

2.8 *Back Injury*

Kelelahan kerja terjadi akibat dari aktivitas yang berulang-ulang (*repetitive lifting*), akan meningkatkan resiko rasa nyeri pada tulang belakang (*back injury*).

Repetitive lifting dapat menyebabkan *cumulative trauma injuries* atau *repetitive strain injuries* (Stevenson, 1987).

Back injury yang diakibatkan dari pengaruh pemindahan beban banyak terdapat pada aktivitas rumah tangga dan aktivitas rekreasi atau santai. Usaha-usaha untuk mengurangi hal tersebut adalah dengan cara mengadakan pelatihan, pendidikan dan penyuluhan tentang pengaruh negatifnya serta perhatian khusus pada perancangan produk yang nantinya akan dikonsumsikan untuk masyarakat. Beberapa aktivitas yang dapat menimbulkan efek sampingan negatif, (*hazard*) tersebut antara lain :

1. mengangkat berat di perusahaan
2. mengangkat pasien di rumah sakit
3. menyebar benih tanaman di kebun
4. mengoperasikan peralatan/fasilitas kerja di industri manufaktur atau jasa.

Pada semua kasus diatas, masyarakat harus sadar bahwa usia menengah (yaitu di atas 40 tahun) merupakan usia yang berpeluang besar untuk mendapatkan resiko ini. Namun demikian, kaum muda diharapkan juga untuk berhati-hati dalam mengangkat beban secara berulang .

Pada tahun 1981, NIOSH (*The National Institute for Occupational Safety and Health*) mempublikasikan WPG (*The Work Practices Guide for Manual Lifting*) WPG ini memberikan persamaan matematika dari AL (*Action Limit*) dan MPL (*Maximum Permissible Limit*). AL merupakan batas angkat normal dalam aktivitas

pengangkatan secara manual dengan nilai gaya kompresi sebesar 3430 N, sedangkan MPL merupakan batas maximum yang direkomendasikan dalam pengangkatan yang mempunyai nilai gaya kompresi sebesar 6370 N.

Apabila nilai gaya kompresi berada di bawah *action limit*, maka kondisi dari aktivitas pengangkatan yang dilakukan adalah aman. Namun apabila kondisi pengangkatan berada diantara nilai AL dan MPL, maka aktivitas itu dianggap kurang aman, masih berpeluang terjadinya cidera pada punggung/tulang belakang pada aktivitas pengangkatan dan perlu penanganan lebih lanjut Untuk kondisi diatas nilai MPL maka aktivitas tersebut dianggap tidak aman, dan perlu dilakukan *engineering control* untuk menanggulani keadaan tersebut.

2.9 Persamaan NIOSH

The National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) adalah institut nasional untuk keselamatan dan kesehatan kerja yang berada di Amerika Serikat. Institut ini telah membuat persamaan yang dapat membantu praktisi untuk mengevaluasi suatu pekerjaan pengangkatan benda secara manual,dengan memberikan fokus perhatian pada segi keselamatan dan kesehatan bagi para pekerja (Arun Garg, 1994).

Persamaan yang dikeluarkan NIOSH memberikan suatu beban angkat teoritis yang disarankan untuk pekerjaan pengangkatan benda yang disebut *Recommended Weight Limit* (RWL). Pada tahun 1991, NIOSH melakukan revisi dengan maksud

agar persamaan pengangkatan (*lifting equation*) ini diterapkan dalam lingkup yang lebih luas khususnya pengangkatan beban secara manual yang relatif berat.Persamaan tahun 1991 memberikan faktor pengali tambahan dalam metode evaluasi. Faktor pengali tambahan ini berupa perhitungan pergerakan asimetri dan faktor pegangan tangan (*handle*) sebagai fungsi kopling dalam pekerjaan pengangkatan beban. Persamaan ini juga memberikan prosedur baru untuk mengevaluasi pekerjaan, dengan rentang waktu lebih lama dan frekuensi lebih tinggi dengan hasil yang lebih baik.

Batasan gaya angkat normal (*the action limit*) yang diberikan oleh NIOSH (1991) berdasarkan gaya tekan sebesar 3400 Newton pada L5/S1. Ada 90% pria dan 75% wanita yang mampu mengangkat beban hingga batas ini.

Persamaan NIOSH 1991 :

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Dalam satuan metrik :

$$RWL\ (lb) = 51\ (10/H)\ [1 - (0{,}0075)\ |V-30|\ ][(0{,}82 + 1{,}8/D]\ [1-(0{,}0032A)] \times FM \times CM \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Dalam satuan US :

$$RWL\ (kg) = 23\ (25/H)\ [1 - (0{,}0030)\ |V-75|\ ][0{,}82 + (4{,}5/D)]\ [1-(0{,}0032A)] \times FM \times CM \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Dimana :

H : Posisi horisontal (cm atau inci), arah titik tengah antara mata kaki pada tempat asal sebelum beban diangkat.

V : Posisi vertikal pada tempat asal sebelum beban diangkat.

D : Jarak angkat vertikal antara tempat asal dan tujuan dari aktivitas angkat tersebut.

F_{max} : Frekuensi maksimum yang dapat dilaksanakan

Komponen pembentuk persamaan :

1. Konstanta Beban (LC)

Konstanta beban ditentukan berdasarkan pada maksimum beban yang diperbolehkan untuk diangkat pada lokasi standar dibawah kondisi optimum. Pengangkatan dilakukan pada posisi sagital dengan frekuensi normal atau tidak terlalu sering, kopling yang baik, dan lokasi perpindahan horisontal ≤ 25 cm.

Dalam persamaan yang telah direvisi tahun 1991, konstanta beban direduksi dari 40 kg (90 lb) menjadi 23 kg (51 lb). Reduksi ini dilakukan karena bertambahnya jarak minimum horisontal dari 15 cm menjadi 25 cm pada posisi standar pengangkatan.

2. Faktor Pengali Horisontal (HM)

Studi tentang biomekanika menunjukkan bahwa semakin besar jarak horisontal beban terhadap tulang belakang, maka semakin besar pula gaya tekan terhadap lempeng dan menurunkan batas maksimum beban yang diperbolehkan untuk diangkat. Posisi horisontal adalah arah titik tengah antara mata kaki pada tempat asal sebelum beban diangkat.

HM = (25/H), dimana H : jarak horisontal dalam cm, atau

HM = (10/H), dimana H : jarak horisontal dalam inci (inci)

Tabel 2.3 Faktor pengali horisontal (HM)

H (inch)	HM	H (cm)	Hm
< = 10	1,00	< = 25	1,00
11	0,91	28	0,89
12	0,83	30	0,83
13	0,77	32	0,78
14	0,71	34	0,74
15	0,67	36	0,69
16	0,63	38	0,66
17	0,59	40	0,63
18	0,56	42	0,60
19	0,53	44	0,57
20	0,50	46	0,54
21	0,48	48	0,52
22	0,46	50	0,50
23	0,44	52	0,48
24	0,42	54	0,46
25	0,40	56	0,45
> 25	0,00	58	0,43
		60	0,42
		63	0,40
		> 63	0,00

(Sumber: Arun Garg, 1994)

3. Faktor Pengali Vertikal (VM)

Posisi vertikal dari landasan tempat asal sebelum beban tersebut diangkat. Pengangkatan dengan cara membungkuk dilakukan dimana beban berada diatas lantai (dasar) sehingga V = 0 cm.

$M = (1 - 0{,}0075 \mid V - 30 \mid)$, dimana V : tinggi dalam inci

$M = (1 - 0{,}0030 \mid V - 75 \mid)$, dimana V : tinggi dalam cm.

Tabel 2.4 Faktor pengali vertikal (VM)

V (inch)	VM	V (cm)	Vm
0	0,78	0	0,78
5	0,81	10	0,81
10	0,85	20	0,84
15	0,89	30	0,87
20	0,93	40	0,90
25	0,96	50	0,93
30	1,00	60	0,96
35	0,96	70	0,99
40	0,93	80	0,99
45	0,89	90	0,96
50	0,85	100	0,93
55	0,81	110	0,90
60	0,78	120	0,87
65	0,74	130	0,84
70	0,70	140	0,81
> 75	0,00	150	0,78
		160	0,75
		170	0,72
		175	0,70
		>175	0,00

(Sumber: Arun Garg, 1994)

4. Faktor Pengali Jarak (DM)

Jarak angkat vertikal adalah jarak antara tempat asal dan tujuan dari aktivitas angkat tersebut.

DM = 0,82 + (1,8/D), dimana D : jarak perpindahan dalam inci

DM = 0,82 + (4,5/D), dimana D : jarak perpindahan dalam cm.

D diasumsikan antara 25 cm / 10 inci hingga (200 – V) cm atau (80 – V) inci.

Tabel 2.5 Faktor pengali jarak (DM)

D (inch)	DM	D (cm)	DM
< = 10	1,00	< = 25	1,00
15	0,94	40	0,93
20	0,91	55	0,90
25	0,89	70	0,88
30	0,88	85	0,87
35	0,87	100	0,87
40	0,87	115	0,86
45	0,86	130	0,86
50	0,86	145	0,85
55	0,85	160	0,85
60	0,85	175	0,85
70	0,85	>175	0,00
>70	0,00		

(Sumber: Arun Garg, 1994)

5. Faktor Pengali Asimetri (AM)

Sudut Asimetris adalah sudut yang menunjukkan sejauh mana benda/objek dipindahkan dari depan tubuh pekerja sampai ke titik tujuan. Sudut asimetris terbentuk antara garis sagital yang diproyeksikan pada bidang atas.

Pada tahun 1991, pengali asimetris ditentukan sebagai faktor pengali yang mengurangi sekitar 30% dari beban yang boleh diangkat pada pengangkatan dengan sudut pergerakan. Faktor pengali asimetris yang ditetapkan oleh komite adalah : AM = 1(0,0032 A), dimana A : sudut asimetris yang terbentuk.

6. Faktor Pengali Kopling (CM)

Beban yang harus diangkat pada umumnya dilengkapi dengan suatu komponen yang dimaksudkan sebagai alat pemegang pada saat pekerja hendak mengangkat beban tersebut. Kegunaan dari komponen pelengkap ini adalah agar pekerja dapat mengangkat beban dengan baik. Selanjutnya komponen ini kita sebut sebagai pegangan tangan (*handle*). Perpaduan kerja antara fungsi tangan pekerja dengan *handle* inilah disebut dengan kopling.

Kesimpulan yang didapat dari komite adalah beban yang diangkat tanpa *handle* harus dilakukan reduksi antara 7% - 11%. Komite juga membuat konsensus bahwa untuk kopling yang kurang baik, maka faktor

pengurangnya tidak kurang dari 10%. Jadi faktor pengali kopling (CM) adalah sebagai berikut :

CM = 1,00 atau 0,95 atau 0,90

Kategori kapasitas kopling tergantung pada ketinggian vertikal dan kualitas kopling, adalah : baik, cukup, dan kurang.

Kategori ketinggian adalah < 75 cm atau ≥ 75 cm.

Tabel 2.6 Faktor pengali kopling (CM)

Kualitas Kopling	Faktor Pengali	
	V < 75 cm	V ≥ 75 cm
Baik	1,00	1,00
Cukup	0,95	1,00
Kurang	0,90	0,90

(Sumber: Arun Garg, 1994)

Keterangan :

Kriteria kualitas kopling yang baik :

1. Terdapat tempat pegangan yang memiliki desain baik.
2. Memiliki pegangan yang nyaman dan mudah dioperasikan.

Kriteria kualitas kopling yang cukup :

1. Memiliki sarana pegangan.
2. Apabila tidak memiliki pegangan (*handle)*, maka sedikitnya terdapat grip pada tempat mengangkat yang bersudut 90°.

Kriteria kualitas kopling yang kurang/buruk :

Obyek tanpa *handle* atau memiliki pegangan yang tidak ergonomi, misalnya terlalu besar, licin karena tidak memiliki grip.

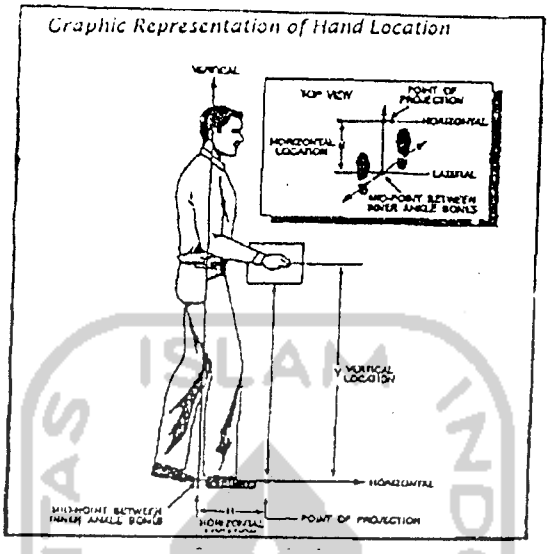
7. Faktor Pengali Frekuensi (FM)

Untuk persamaan yang dibuat tahun 1991, telah dilakukan pendekatan terhadap penetapan faktor pengali frekuensi dalam tabel tersebut sebagai berikut :

Tabel 2.7 Faktor pengali frekuensi (FM)

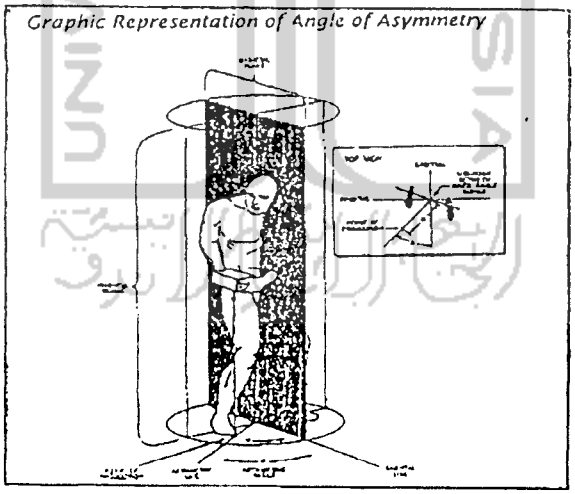
Frekuensi Angkatan per menit	Lama Waktu Bekerja					
	≤ 1 jam		≤ 2 jam		≤ 8 jam	
	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75
< = 0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,21	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
> 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Catatan : Nilai V dalam cm (75cm = 10 inci)



Gambar 2.5 *Graphic Representation of Hand Location*

(Sumber: Arun Garg, *1994)*



Gambar 2.6 *Graphic Representation of Angle of Asymmetry*

(Sumber: Arun Garg, *1994)*

Setelah nilai RWL diketahui, selanjutnya perhitungan *lifting index*, untuk mengetahui indeks pengangkatan yang tidak mengandung resiko cidera tulang belakang, dengan persamaan :

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

Jika LI ≤ 1, maka aktivitas tersebut tidak mengandung resiko cidera tulang belakang

Jika LI > 1, maka aktivitas tersebut mengandung resiko cidera tulang belakang.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta. Waktu penelitian bulan Desember 2006 hingga Januari 2007.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data atau informasi yang berhubungan dengan masalah yang akan diteliti. Jenis data yang akan dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari 2 macam, yaitu data primer dan sekunder.

1. Data primer

   Yaitu data yang diperlukan langsung dari sumber objek yang diteliti, diamati, dan dicatat pada saat penelitian. Data yang diperlukan adalah jarak horisontal antara beban dengan kaki dan data jumlah keluhan muskuloskletal dengan menyebarkan kuesioner *nordic body map*

2. Data sekunder

   Yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung dari sumber yang berhubungan dengan penelitian, dengan mengumpulkan data yang sebelumnya telah dikumpulkan oleh pihak lain.

3.3 Metode Pengumpulan Data

1. Studi lapangan

   Yaitu metode untuk memperoleh data dengan cara pendekatan dan pengamatan secara langsung pada objek. Pada studi lapangan ini teknik pengambilan data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

   a. Metode pengamatan langsung (observasi)

      Peneliti mengadakan pengamatan secara langsung objek yang akan diteliti.

   b. Metode pengambilan sampel

      Metode yang digunakan untuk mendapatkan sampel yang representatif (sampel yang mewakili populasi) adalah random sampling, yaitu suatu teknik mengambil individu untuk sampel dari populasi secara random. Suatu cara disebut random jika tidak memilih-milih individu yang ditugaskan untuk mengisi sampel random atau random sampel. Suatu sampel adalah sampel random jika tiap-tiap individu dalam populasi diberi kesempatan yang sama untuk ditugaskan menjadi anggota sampel.

2. Studi literatur atau kepustakaan

   Suatu metode pengumpulan data yang bersumber dari buku-buku tertentu yang terkait dengan permasalahan yang diteliti. Melalui studi literatur ini maka dapat diperoleh :

a. Teori-teori yang tepat untuk digunakan sebagai dasar dalam melakukan penelitian, dimana dalam hal ini teori mengenai *lifting index*, keluhan muskuloskletal dan teknik analisis variansi yang akan digunakan dalam penelitian tersebut.

b. Cara-cara penulisan karya ilmiah secara sistematis.

3.4 Fasilitas Pengumpulan Data

Untuk menunjang proses penelitian ini maka fasilitas peralatan yang digunakan adalah :

1. Peralatan tulis
2. Beban 15 kg
3. Keranjang persegi
4. Meteran
5. Meja
6. Kuesioner *Nordic Body Map*

3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data sangat diperlukan untuk melakukan perhitungan beban kerja pada tubuh operator yang digunakan sebagai dasar untuk menganalisa posisi

kerja. Data-data yang dibutuhkan antara lain adalah beberapa ukuran bagian tubuh operator pada saat melakukan pengangkatan beban. Dengan perhitungan NIOSH dapat ditentukan masing-masing nilai RWL pada ketinggian posisi vertikal yang berbeda.

3.5.1 *Recommended weight limit*

Pada kondisi awal ini didapatkan data-data pengukuran antara lain :

1. *Horizontal Location* (H), adalah jarak horisontal dari titik tengah kaki ke benda.
2. *Vertical Location* (V), adalah jarak vertikal dari tangan ke lantai.
3. *Asymmetry Angle* (A), adalah sudut yang tidak simetris.
4. *Lifting Frequency* (F), adalah frekuensi pengangkatan benda.
5. *Lifting Duration*, adalah waktu pengangkatan .

Setelah data terkumpul, maka dapat langsung dihitung batas angkat denggan menggunakan persamaan RWL.

3.5.2 *Lifting index*

Setelah didapat data-data pengukuran pada kondisi awal pengangkatan pada masing-masing tinggi vertikal menghasilkan nilai RWL. Setelah nilai RWL diketahui, selanjutnya perhitungan *lifting index*, untuk mengetahui index

pengangkatan yang tidak mengandung resiko cidera tulang belakang dengan menggunakan persamaan *lifting index*.

Jika LI ≤ 1, maka aktivitas tersebut tidak mengandung resiko cidera tulang belakang

Jika LI > 1, maka aktivitas tersebut mengandung resiko cidera tulang belakang.

3.5.3 Keluhan muskuloskletal

Setelah melakukan pengumpulan data, kemudian mengolahnya menjadi data yang berguna sebagai pijakan untuk melakukan proses selanjutnya yaitu menganalisis jumlah keluhan musculoskeletal dengan analisis variansi .

a. Uji normalitas

Uji kenormalan digunakan untuk menguji apaka suatu sampel data mengikuti distribusi normal atau tidak. Uji kenormalan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov.

Dengan demikian tujuan dari uji Kolmogorov-Smirnov adalah untuk menentukan apakah distribusi perkiraan berdasarkan sampel lama atau mendekati distribusi teoritis sehingga dapat menyimpulkan bahwa populasi dari sampel itu berdistribusi normal. Langkah- langkah pengujian Kolmogorov-Smirnov adalah sebagai berikut :

1. Membuat Hipotesis yaitu :

   Ho : Distribusi frekuensi hasil observasi sesuai dengan distribusi normal.

Hi : Distribusi frekuensi hasil observasi tidak sesuai dengan distribusi normal.

2. Menentukan besarnya level signifikansi (α) dengan nilai $\alpha = 0.05$.

3. Membuat keputusan apakah Ho diterima atau ditolak

Ho diterima apabila Sig > 0.05

Ho ditolak apabila Sig < 0.05

b. Uji homogenitas variansi (Uji Barlett's)

Pengujian ini untuk mengetahui apakah 2 sampel atau lebih bersifat homogen atau tidak. Pengujian ini dikenal dengan nama pengujian homogenitas. Untuk menguji hipotesanya digunakan uji Barlett's.

Langkah- langkah untuk uji homogenitas variansi adalah :

1. Membuat Hipotesis yaitu :

Hipotesis untuk uji homogenitas variansi adalah sebagai berikut :

Ho : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \ldots = \sigma_k^2$ (variansinya homogen)

Hi : Paling sedikit satu sama tanda sama dengan tidak berlaku.

2. Menentukan besarnya level signifikansi (α) dengan $\alpha = 0.05$.

3. Membuat keputusan, apakah Ho diterima atau ditolak.

c. ANOVA (*Analisis of Variance*)

Pengujian hipotesis tentang k mean (k > 2) yang juga dinamakan ANOVA (*analisis of variance*) akan menguji mean populasi normal.

Langkah- langkah pengujian ANOVA :

1. Membuat Hipotesis yaitu :

   Ho : $\mu_1 = \mu_2 = ... = \mu_n$

   Hi : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq ... \neq \mu_n$

2. Menentukan besarnya level signifikansi (α) dengan $\alpha = 0.05$.

3. Membuat keputusan, apakah Ho diterima atau ditolak. Jika Ho ditolak maka terdapat hubungan yang signifikan antara setiap jenis populasi yang diuji.

d. Uji tukey

Uji hipotesis ini dilakukan berdasarkan pengujian sampel ukuran besar ($n \geq 30$) untuk menguji masing- masing mean (μ) dengan uji 2 arah.

Langkah- langkah pengujian hipotesanya adalah sebagai berikut :

1. Membuat Hipotesis yaitu :

   Ho : $\mu_1 = \mu_2$

   Hi : $\mu_1 \neq \mu_2$

2. Menentukan besarnya level signifikansi (α) dengan $\alpha = 0.05$.

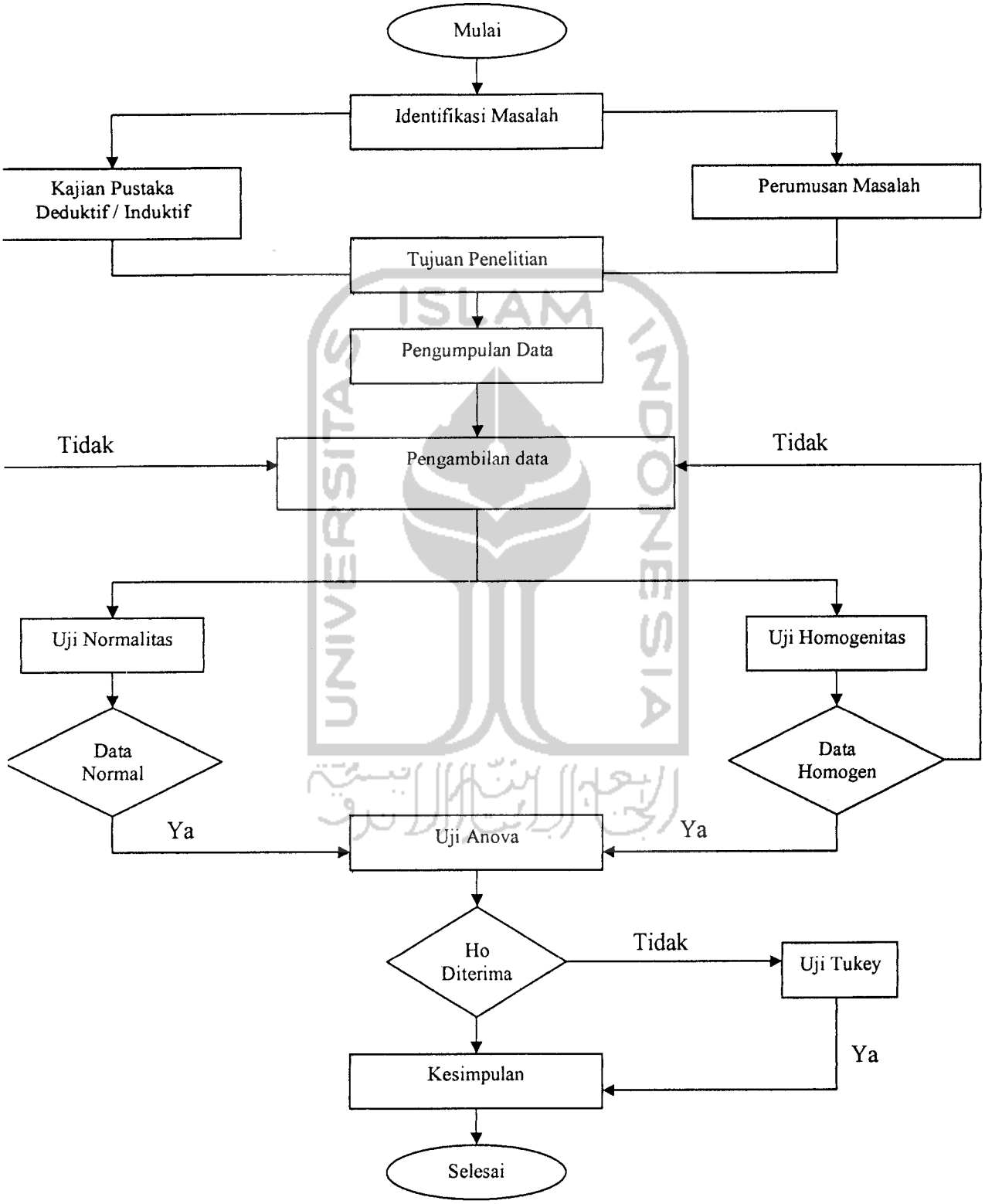
3. Membuat keputusan, apakah Ho diterima atau ditolak.

3.6 Analisis Data

Analisis dibuat dari data kuantitatif dari hasil perhitungan total keluhan muskuloskletal yang dikumpulkan dari operator dengan tiga perlakuan yang berbeda.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan memuat pernyataan singkat dan tepat yang dijabarkan dari hasil penelitian dan pembahasan untuk membuktikan dan menjawab permasalahan berdasarkan hasil analisis kuantitatif. Saran dibuat berdasarkan pengalaman dan pertimbangan penulis, ditujukan kepada para peneliti dalam bidang yang sejenis, yang ingin melanjutkan, mengembangkan, atau menerapkan penelitian yang sudah diselesaikan dalam dunia nyata.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data berasal dari hasil simulasi di Laboratorium Aplikasi Perancangan Kerja dan Ergonomi dengan subyek penelitian adalah mahasiswa Fakultas teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Data yang telah terkumpul digunakan untuk pengolahan merupakan data kuantitatif. Data kuantitatif terdiri dari data jarak beban terhadap titik pusat tubuh, jarak beban terhadap lantai, jarak perpindahan beban secara vertikal dan besar sudut simetri putaran yang dibentuk oleh tubuh.

Setiap kondisi dilakukan sebanyak 30 kali percobaan. Data-data dari 30 sampel yang berhasil dikumpulkan terhadap 3 faktor dengan 2 perlakuan tiap faktornya adalah sebagai berikut :

Faktor A (tinggi vertikal) :

Tinggi 30 cm : 1

Tinggi 50 cm : 2

Tinggi 70 cm : 3

Faktor B (*lifting index*) :

LI < 1 : 1

LI > 1 : 2

Tabel 4.1 Tabel nilai kondisi kerja

FAKTOR B	FAKTOR A		
	1	2	3
1	11	21	31

Pada persamaan RWL terdapat enam koefisien yang digunakan untuk memperkirakan beban yang boleh diangkat. enam koefisien itu adalah :

1. LC :konstanta beban, 23 kg
2. H : jarak horisontal antara mata kaki dan material yang akan diangkat
3. V : jarak vertikal antara posisi angkat beban dengan posisi beban yang diangkat, terdapat 4 kondisi, yaitu Vo = 40cm, V = 30 cm, V= 50 cm, dan V = 70 cm
4. D :jarak yang ditempuh saat melakukan aktifitas pemindahan material, jarak dirumuskan dengan $\frac{40^\circ}{360^\circ} 2\pi H$
5. A :sudut puntir, tiap pemindahan beban sudut puntirnya sebesar 40°
6. F :frekuensi pengangkatan beban, pengangkatan dilakukan sebanyak 2 kali pengangkatan dalam waktu 1 menit

4.2 Kondisi awal

Pada kondisi awal pengangkatan yang dilakukan oleh pekerja didapat data RWL sebagai berikut :

H = 36 cm

Vo = 40 cm

D = 25,12 cm

A = 40°

F = 1/20 sec

Karena pada pengangkatan beban kondisi awal dilakukan tanpa menggunakan *handle*, maka untuk kualitas koplingnya adalah kurang. Dari data yang dikumpulkan untuk kondisi awal, perhitungan RWLnya adalah :

LC = 23

HM = 0,657895

VM = 0,892

DM = 0,989712

AM = 0,872

FM = 0,91

CM = 0,9

RWL = 10,60024

Untuk perhitungan terhadap *lifting index* untuk kondisi awal pengangkatan didapatkan nilai lifting index sebesar 1,366871. Karena *lifting index* nilainya > 1, maka untuk kondisi pengangkatan awal ini dikategorikan tidak aman. Sehingga aktivitas ini mengandung resiko cidera tulang belakang bagi para pekerja.

4.3 Kondisi Perbaikan

Untuk kondisi perbaikan dilakukan dengan tiga macam perlakuan perlakuan. Berikut ini ditampilkan data-data dalam bentuk tabel hasil dari pengumpulan data RWL untuk kondisi perbaikan pengangkatan.

Tabel 4.2

Pengumpulan data RWL untuk V = 30 cm

no	nama	H	V	D	A	F
1	A	37	0,3	25,81778	40	1/20 sec
2	B	31	0,3	21,63111	40	1/20 sec
3	C	37	0,3	25,81778	40	1/20 sec
4	D	38	0,3	26,51556	40	1/20 sec
5	E	36	0,3	25,12	40	1/20 sec
6	F	39	0,3	27,21333	40	1/20 sec
7	G	40	0,3	27,91111	40	1/20 sec
8	H	39	0,3	27,21333	40	1/20 sec
9	I	31	0,3	21,63111	40	1/20 sec
10	J	37	0,3	25,81778	40	1/20 sec
11	K	36	0,3	25,12	40	1/20 sec
12	L	37	0,3	25,81778	40	1/20 sec
13	M	38	0,3	26,51556	40	1/20 sec
14	N	35	0,3	24,42222	40	1/20 sec
15	O	38	0,3	26,51556	40	1/20 sec
16	P	38	0,3	26,51556	40	1/20 sec
17	Q	38	0,3	26,51556	40	1/20 sec
18	R	37	0,3	25,81778	40	1/20 sec
19	S	40	0,3	27,91111	40	1/20 sec
20	T	35	0,3	24,42222	40	1/20 sec
21	U	40	0,3	27,91111	40	1/20 sec
22	V	36	0,3	25,12	40	1/20 sec
23	W	37	0,3	25,81778	40	1/20 sec
24	X	40	0,3	27,91111	40	1/20 sec
25	Y	41	0,3	28,60889	40	1/20 sec
26	Z	36	0,3	25,12	40	1/20 sec
27	AA	39	0,3	27,21333	40	1/20 sec
28	BB	31	0,3	21,63111	40	1/20 sec
29	CC	38	0,3	26,51556	40	1/20 sec
30	DD	37	0,3	25,81778	40	1/20 sec

Tabel 4.3

Pengumpulan data RWL untuk V = 50 cm

no	nama	H	V	D	A	F
1	A	25	0,5	17,44444	40	1/20 sec
2	B	22	0,5	15,35111	40	1/20 sec
3	C	24	0,5	16,74667	40	1/20 sec
4	D	20	0,5	13,95556	40	1/20 sec
5	E	26	0,5	18,14222	40	1/20 sec
6	F	27	0,5	18,84	40	1/20 sec
7	G	24	0,5	16,74667	40	1/20 sec
8	H	26	0,5	18,14222	40	1/20 sec
9	I	27	0,5	18,84	40	1/20 sec
10	J	29	0,5	20,23556	40	1/20 sec
11	K	37	0,5	25,81778	40	1/20 sec
12	L	34	0,5	23,72444	40	1/20 sec
13	M	39	0,5	27,21333	40	1/20 sec
14	N	42	0,5	29,30667	40	1/20 sec
15	O	37	0,5	25,81778	40	1/20 sec
16	P	27	0,5	18,84	40	1/20 sec
17	Q	28	0,5	19,53778	40	1/20 sec
18	R	37	0,5	25,81778	40	1/20 sec
19	S	22	0,5	15,35111	40	1/20 sec
20	T	36	0,5	25,12	40	1/20 sec
21	U	36	0,5	25,12	40	1/20 sec
22	V	38	0,5	26,51556	40	1/20 sec
23	W	32	0,5	22,32889	40	1/20 sec
24	X	28	0,5	19,53778	40	1/20 sec
25	Y	27	0,5	18,84	40	1/20 sec
26	Z	28	0,5	19,53778	40	1/20 sec
27	AA	29	0,5	20,23556	40	1/20 sec
28	BB	38	0,5	26,51556	40	1/20 sec
29	CC	37	0,5	25,81778	40	1/20 sec
30	DD	28	0,5	19,53778	40	1/20 sec

Tabel 4.4

Pengumpulan data RWL untuk V = 70 cm

no	nama	H	V	D	A	F
1	A	29	0,7	20,23556	40	1/20 sec
2	B	27	0,7	18,84	40	1/20 sec
3	C	28	0,7	19,53778	40	1/20 sec
4	D	23	0,7	16,04889	40	1/20 sec
5	E	26	0,7	18,14222	40	1/20 sec
6	F	26	0,7	18,14222	40	1/20 sec
7	G	33	0,7	23,02667	40	1/20 sec
8	H	30	0,7	20,93333	40	1/20 sec
9	I	29	0,7	20,23556	40	1/20 sec
10	J	24	0,7	16,74667	40	1/20 sec
11	K	29	0,7	20,23556	40	1/20 sec
12	L	25	0,7	17,44444	40	1/20 sec
13	M	38	0,7	26,51556	40	1/20 sec
14	N	34	0,7	23,72444	40	1/20 sec
15	O	34	0,7	23,72444	40	1/20 sec
16	P	32	0,7	22,32889	40	1/20 sec
17	Q	32	0,7	22,32889	40	1/20 sec
18	R	30	0,7	20,93333	40	1/20 sec
19	S	28	0,7	19,53778	40	1/20 sec
20	T	28	0,7	19,53778	40	1/20 sec
21	U	27	0,7	18,84	40	1/20 sec
22	V	28	0,7	19,53778	40	1/20 sec
23	W	33	0,7	23,02667	40	1/20 sec
24	X	32	0,7	22,32889	40	1/20 sec
25	Y	26	0,7	18,14222	40	1/20 sec
26	Z	30	0,7	20,93333	40	1/20 sec
27	AA	33	0,7	23,02667	40	1/20 sec
28	BB	30	0,7	20,93333	40	1/20 sec
29	CC	28	0,7	19,53778	40	1/20 sec
30	DD	26	0,7	18,14222	40	1/20 sec

4.4 Proses Perhitungan *Lifting Index*

Recommended Weight Limit (RWL) adalah persamaan yang memberikan suatu nilai beban angkatan teoritis yang disarankan untuk pekerjaan mengangkat beban. Formulasi dari persamaan RWL adalah sebagai berikut :

RWL = LC x HM x VM x DM x AM x FM x CM

dimana:

LC : konstanta pembebanan = 23 kg

HM : faktor pengali horizontal = 25 / H

VM : faktor pengali vertikal = 1- 0.003 |V-69|

DM : faktor pengali perpindahan = 0,82 + 4,5 / D

AM : faktor pengali asimetrik = 1 – 0,0032 A

FM : faktor pengali frekuensi

Faktor ini dilihat berdasarkan lama kerja dan frekuensi angkatan permenit, dengan melihat kedua faktor tersebut kemudian besar nilainya dilihat pada tabel nilai faktor pengali frekuensi

CM : faktor pengali kopling (*handle*)

Faktor ini berisi tentang kemampuan genggam dan faktor *grip*nya, dimana besar nilainya bisa dilihat pada tabel nilai faktor pengali kopling

Dengan melihat kondisi-kondisi manual material handling awal yang diamati, maka hasil perhitungan terhadap nilai RWLnya dapat dilihat pada tabel dibawah,

Tabel 4.5

Perhitungan RWL kondisi perbaikan untuk V = 30 cm

no	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL
1	23	0,675676	0,895	0,994299	0,872	0,91	1	10,97397
2	23	0,806452	0,901	1,028034	0,872	0,91	1	13,63315
3	23	0,675676	0,889	0,994299	0,872	0,91	1	10,9004
4	23	0,657895	0,892	0,989712	0,872	0,91	1	10,60024
5	23	0,694444	0,889	0,99914	0,872	0,91	1	11,25774
6	23	0,641026	0,895	0,98536	0,872	0,91	1	10,31761
7	23	0,625	0,886	0,981226	0,872	0,91	1	9,916731
8	23	0,641026	0,889	0,98536	0,872	0,91	1	10,24844
9	23	0,806452	0,889	1,028034	0,872	0,91	1	13,45158
10	23	0,675676	0,895	0,994299	0,872	0,91	1	10,97397
11	23	0,694444	0,892	0,99914	0,872	0,91	1	11,29573
12	23	0,675676	0,883	0,994299	0,872	0,91	1	10,82683
13	23	0,657895	0,892	0,989712	0,872	0,91	1	10,60024
14	23	0,714286	0,892	1,004258	0,872	0,91	1	11,67799
15	23	0,657895	0,889	0,989712	0,872	0,91	1	10,56459
16	23	0,657895	0,892	0,989712	0,872	0,91	1	10,60024
17	23	0,657895	0,895	0,989712	0,872	0,91	1	10,63589
18	23	0,675676	0,889	0,994299	0,872	0,91	1	10,9004
19	23	0,625	0,901	0,981226	0,872	0,91	1	10,08462
20	23	0,714286	0,901	1,004258	0,872	0,91	1	11,79581
21	23	0,625	0,892	0,981226	0,872	0,91	1	9,983888
22	23	0,694444	0,889	0,99914	0,872	0,91	1	11,25774
23	23	0,675676	0,892	0,994299	0,872	0,91	1	10,93719
24	23	0,625	0,895	0,981226	0,872	0,91	1	10,01747
25	23	0,609756	0,886	0,977294	0,872	0,91	1	9,636087
26	23	0,694444	0,883	0,99914	0,872	0,91	1	11,18176
27	23	0,641026	0,895	0,98536	0,872	0,91	1	10,31761
28	23	0,806452	0,901	1,028034	0,872	0,91	1	13,63315
29	23	0,657895	0,898	0,989712	0,872	0,91	1	10,67154
30	23	0,675676	0,898	0,994299	0,872	0,91	1	11,01076

Tabel 4.6

Perhitungan RWL kondisi perbaikan untuk V = 50 cm

no	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL
1	23	1	0,7945	1,077962	0,872	0,91	1	15,63086
2	23	1,136364	0,7945	1,113138	0,872	0,91	1	18,34198
3	23	1,041667	0,7945	1,08871	0,872	0,91	1	16,4445
4	23	1,25	0,7945	1,142452	0,872	0,91	1	20,7075
5	23	0,961538	0,7945	1,06804	0,872	0,91	1	14,89134
6	23	0,925926	0,7945	1,058854	0,872	0,91	1	14,21647
7	23	1,041667	0,7945	1,08871	0,872	0,91	1	16,4445
8	23	0,961538	0,7945	1,06804	0,872	0,91	1	14,89134
9	23	0,925926	0,7945	1,058854	0,872	0,91	1	14,21647
10	23	0,862069	0,7945	1,042381	0,872	0,91	1	13,03011
11	23	0,675676	0,7945	0,994299	0,872	0,91	1	9,741699
12	23	0,735294	0,7945	1,009678	0,872	0,91	1	10,76523
13	23	0,641026	0,7945	0,98536	0,872	0,91	1	9,159041
14	23	0,595238	0,7945	0,973549	0,872	0,91	1	8,402877
15	23	0,675676	0,7945	0,994299	0,872	0,91	1	9,741699
16	23	0,925926	0,7945	1,058854	0,872	0,91	1	14,21647
17	23	0,892857	0,7945	1,050323	0,872	0,91	1	13,5983
18	23	0,675676	0,7945	0,994299	0,872	0,91	1	9,741699
19	23	1,136364	0,7945	1,113138	0,872	0,91	1	18,34198
20	23	0,694444	0,7945	0,99914	0,872	0,91	1	10,06106
21	23	0,694444	0,7945	0,99914	0,872	0,91	1	10,06106
22	23	0,657895	0,7945	0,989712	0,872	0,91	1	9,441581
23	23	0,78125	0,7945	1,021533	0,872	0,91	1	11,57236
24	23	0,892857	0,7945	1,050323	0,872	0,91	1	13,5983
25	23	0,925926	0,7945	1,058854	0,872	0,91	1	14,21647
26	23	0,892857	0,7945	1,050323	0,872	0,91	1	13,5983
27	23	0,862069	0,7945	1,042381	0,872	0,91	1	13,03011
28	23	0,657895	0,7945	0,989712	0,872	0,91	1	9,441581
29	23	0,675676	0,7945	0,994299	0,872	0,91	1	9,741699
30	23	0,892857	0,7945	1,050323	0,872	0,91	1	13,5983

Tabel 4.7

Perhitungan RWL kondisi perbaikan untuk V = 70 cm

no	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL
1	23	0,862069	0,997	1,042381	0,872	0,91	1	16,35119
2	23	0,925926	0,997	1,058854	0,872	0,91	1	17,83992
3	23	0,892857	1	1,050323	0,872	0,91	1	17,11554
4	23	1,086957	0,997	1,100393	0,872	0,91	1	21,76411
5	23	0,961538	0,994	1,06804	0,872	0,91	1	18,63058
6	23	0,961538	0,994	1,06804	0,872	0,91	1	18,63058
7	23	0,757576	0,991	1,015426	0,872	0,91	1	13,91341
8	23	0,833333	0,988	1,034968	0,872	0,91	1	15,55208
9	23	0,862069	0,988	1,042381	0,872	0,91	1	16,20358
10	23	1,041667	0,976	1,08871	0,872	0,91	1	20,20117
11	23	0,862069	0,979	1,042381	0,872	0,91	1	16,05598
12	23	1	0,976	1,077962	0,872	0,91	1	19,20167
13	23	0,657895	0,997	0,989712	0,872	0,91	1	11,84803
14	23	0,735294	0,985	1,009678	0,872	0,91	1	13,34645
15	23	0,735294	0,985	1,009678	0,872	0,91	1	13,34645
16	23	0,78125	0,985	1,021533	0,872	0,91	1	14,3471
17	23	0,78125	0,991	1,021533	0,872	0,91	1	14,4345
18	23	0,833333	0,988	1,034968	0,872	0,91	1	15,55208
19	23	0,892857	1	1,050323	0,872	0,91	1	17,11554
20	23	0,892857	0,997	1,050323	0,872	0,91	1	17,06419
21	23	0,925926	0,997	1,058854	0,872	0,91	1	17,83992
22	23	0,892857	0,997	1,050323	0,872	0,91	1	17,06419
23	23	0,757576	0,991	1,015426	0,872	0,91	1	13,91341
24	23	0,78125	1	1,021533	0,872	0,91	1	14,56559
25	23	0,961538	0,976	1,06804	0,872	0,91	1	18,2932
26	23	0,833333	0,979	1,034968	0,872	0,91	1	15,41041
27	23	0,757576	0,991	1,015426	0,872	0,91	1	13,91341
28	23	0,833333	0,988	1,034968	0,872	0,91	1	15,55208
29	23	0,892857	0,997	1,050323	0,872	0,91	1	17,06419
30	23	0,961538	0,994	1,06804	0,872	0,91	1	18,63058

Contoh perhitungan :

Operator A

LC (konstanta pembebanan) = 23 kg

H (jarak beban terhadap titik pusat tubuh) = 37 cm

V (jarak beban terhadap lantai) = 30 cm

D (jarak perpindahan beban) = 25,81778 cm

A (sudut simetri putaran yang dibentuk oleh tubuh) = 40 derajat

FM (faktor pengali frekuensi) = 30 sec/angkatan

CM (faktor pengali kopling) = good = 1

RWL = LC x HM x VM x DM x AM x FM x CM

HM = 25/ H = 25/37 = 0,675676

VM = (1-0.0032|V-69|) = (1-0.0032|30-69|) = 0,895

DM = 0.82 + 4.5/D = 0.82 + 4.5/25,81778 = 0,994299

FM = 0.91

AM = 1- 0.0032A = 1-0.0032 x 40 = 0.872

CM = 1

maka didapat,

RWL = 0,675676 x 0,895 x 0,994299 x 0.91 x 0.872 x 1 = 9,741699

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

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

Jika LI $\leq$ 1, maka aktivitas tersebut tidak mengandung resiko cidera tulang belakang

Jika LI > 1, maka aktivitas tersebut mengandung resiko cidera tulang belakang.

Untuk perhitungan terhadap *lifting index* untuk masing-masing tinggi vertikal dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 4.8

Perhitungan *Lifting Index* kondisi perbaikan untuk V = 30 cm

no	RWL	L	LI	KET
1	10,97397	15	1,366871	tidak aman
2	13,63315	15	1,100259	tidak aman
3	10,9004	15	1,376096	tidak aman
4	10,60024	15	1,415062	tidak aman
5	11,25774	15	1,332416	tidak aman
6	10,31761	15	1,453825	tidak aman
7	9,916731	15	1,512595	tidak aman
8	10,24844	15	1,463637	tidak aman
9	13,45158	15	1,115111	tidak aman
10	10,97397	15	1,366871	tidak aman
11	11,29573	15	1,327935	tidak aman
12	10,82683	15	1,385447	tidak aman
13	10,60024	15	1,415062	tidak aman
14	11,67799	15	1,284468	tidak aman
15	10,56459	15	1,419838	tidak aman
16	10,60024	15	1,415062	tidak aman
17	10,63589	15	1,410319	tidak aman
18	10,9004	15	1,376096	tidak aman
19	10,08462	15	1,487413	tidak aman
20	11,79581	15	1,271637	tidak aman
21	9,983888	15	1,502421	tidak aman
22	11,25774	15	1,332416	tidak aman
23	10,93719	15	1,371468	tidak aman
24	10,01747	15	1,497385	tidak aman
25	9,636087	15	1,556648	tidak aman
26	11,18176	15	1,34147	tidak aman
27	10,31761	15	1,453825	tidak aman
28	13,63315	15	1,100259	tidak aman
29	10,67154	15	1,405608	tidak aman
30	11,01076	15	1,362304	tidak aman

Tabel 4.9

Perhitungan *Lifting Index* kondisi perbaikan untuk V = 50 cm

no	RWL	L	LI	KET
1	15,63086	15	0,95964	aman
2	18,34198	15	0,817796	aman
3	16,4445	15	0,912159	aman
4	20,7075	15	0,724375	aman
5	14,89134	15	1,007297	tidak aman
6	14,21647	15	1,055114	tidak aman
7	16,4445	15	0,912159	aman
8	14,89134	15	1,007297	tidak aman
9	14,21647	15	1,055114	tidak aman
10	13,03011	15	1,15118	tidak aman
11	9,741699	15	1,539773	tidak aman
12	10,76523	15	1,393374	tidak aman
13	9,159041	15	1,637726	tidak aman
14	8,402877	15	1,785103	tidak aman
15	9,741699	15	1,539773	tidak aman
16	14,21647	15	1,055114	tidak aman
17	13,5983	15	1,103079	tidak aman
18	9,741699	15	1,539773	tidak aman
19	18,34198	15	0,817796	aman
20	10,06106	15	1,490897	tidak aman
21	10,06106	15	1,490897	tidak aman
22	9,441581	15	1,588717	tidak aman
23	11,57236	15	1,296192	tidak aman
24	13,5983	15	1,103079	tidak aman
25	14,21647	15	1,055114	tidak aman
26	13,5983	15	1,103079	tidak aman
27	13,03011	15	1,15118	tidak aman
28	9,441581	15	1,588717	tidak aman
29	9,741699	15	1,539773	tidak aman
30	13,5983	15	1,103079	tidak aman

Tabel 4.10

Perhitungan *Lifting Index* kondisi perbaikan untuk V = 70 cm

no	RWL	L	LI	KET
1	16,35119	15	0,917365	aman
2	17,83992	15	0,840811	aman
3	17,11554	15	0,876397	aman
4	21,76411	15	0,689208	aman
5	18,63058	15	0,805128	aman
6	18,63058	15	0,805128	aman
7	13,91341	15	1,078097	tidak aman
8	15,55208	15	0,964501	aman
9	16,20358	15	0,925721	aman
10	20,20117	15	0,742531	aman
11	16,05598	15	0,934231	aman
12	19,20167	15	0,781182	aman
13	11,84803	15	1,266034	tidak aman
14	13,34645	15	1,123894	tidak aman
15	13,34645	15	1,123894	tidak aman
16	14,3471	15	1,045507	tidak aman
17	14,4345	15	1,039177	tidak aman
18	15,55208	15	0,964501	aman
19	17,11554	15	0,876397	aman
20	17,06419	15	0,879034	aman
21	17,83992	15	0,840811	aman
22	17,06419	15	0,879034	aman
23	13,91341	15	1,078097	tidak aman
24	14,56559	15	1,029825	tidak aman
25	18,2932	15	0,819977	aman
26	15,41041	15	0,973368	aman
27	13,91341	15	1,078097	tidak aman
28	15,55208	15	0,964501	aman
29	17,06419	15	0,879034	aman
30	18,63058	15	0,805128	aman

Contoh perhitungan :

Operator A pada kondisi vertikal 30 cm

$$LI = \frac{\text{Load Weight}}{\text{Recommended Weight Limit}} = \frac{L}{RWL} = \frac{15}{12.45043} = 1.204778$$

Karena LI > 1 maka pekerjaan tersebut mengandung resiko pada tulang belakang.

Untuk operator lainnya dapat dicari dengan cara yang sama.

4.5 Data Keluhan Muskuloskletal

Untuk mengetahui jumlah keluhan musculoskleletal, maka disebarkan kuisioner *nordic body map* kepada operator yang melakukan pengangkatan pada penelitian ini. Kuisioner disebar tiga kali, sesuai dengan jumlah perbedaan tinggi angkat beban. Setiap operator akan memberi bobot tertentu pada bagian badan yang mengalami sakit setelah melakukan proses pengangkatan. Pada kuisioner ini, badan dibagi menjadi 18 segmen tubuh.

Dari kuisioner didapat data sebagai berikut,

Tabel 4.11

Data kuisioner untuk ketinggian angkat beban 30 cm

no	letak keluhan																		total
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	1	2	2	3	3	3	3	3	47
2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	59
3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	53
4	3	1	2	2	3	5	2	2	3	5	4	3	3	4	4	3	4	3	56
5	2	2	3	3	3	4	3	3	3	4	2	2	3	4	4	2	4	2	53
6	1	2	2	2	3	2	2	2	3	2	3	3	2	4	4	4	4	4	49
7	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2	1	2	2	4	4	4	4	4	49
8	1	1	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	44
9	2	1	2	2	3	3	2	2	3	3	2	3	3	3	4	4	4	4	50
10	1	1	2	2	2	3	2	2	2	3	1	2	2	3	3	4	3	4	42
11	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	3	3	3	3	3	39
12	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	3	3	3	3	3	39
13	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	4	4	3	4	3	52
14	2	1	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	4	4	3	4	3	51
15	3	2	2	3	4	4	2	3	4	4	2	3	3	4	4	4	4	4	59
16	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	61
17	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	56
18	2	2	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	58
19	2	2	4	4	4	3	4	4	4	3	3	3	3	2	3	4	3	4	59
20	3	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	64
21	3	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	3	62
22	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	4	4	4	3	4	3	62
23	1	1	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	4	4	4	3	4	3	56
24	1	2	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	45
25	2	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	67
26	2	2	4	3	3	2	4	3	3	2	3	3	3	4	3	3	3	3	53
27	2	2	4	3	3	2	4	3	3	2	3	3	3	4	3	3	3	3	53
28	1	1	4	4	4	2	4	4	4	2	3	3	3	3	3	3	3	3	54
29	2	2	3	3	3	2	3	3	3	2	4	4	4	4	4	4	4	4	58
30	2	2	3	4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	64

Tabel 4.12

Data kuisioner untuk ketinggian angkat beban 50 cm

no	letak keluhan																		total
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	2	2	3	3	3	2	3	3	3	2	1	2	2	3	2	3	2	3	44
2	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2	1	2	2	1	3	3	3	3	42
3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2	4	4	4	4	51
4	2	2	3	3	3	2	3	3	3	2	1	2	2	1	3	4	3	4	46
5	2	2	4	4	4	2	4	4	4	2	1	2	2	1	4	4	4	4	54
6	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	56
7	3	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3	3	2	3	4	4	4	4	50
8	3	2	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	56
9	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	2	2	3	4	3	3	3	3	55
10	2	2	1	2	2	3	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	44
11	1	2	2	2	3	3	2	2	3	3	1	2	1	2	3	3	3	3	41
12	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	3	2	3	44
13	3	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	46
14	3	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	46
15	3	2	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	56
16	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	1	1	2	2	2	2	2	2	41
17	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	3	3	3	3	3	3	40
18	1	1	3	3	2	2	3	3	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	35
19	1	1	3	3	3	2	3	3	3	2	1	1	2	2	2	2	2	2	38
20	1	2	3	3	3	2	3	3	3	2	1	1	2	2	2	2	2	2	39
21	1	1	3	3	3	1	3	3	3	1	1	1	2	2	2	2	2	2	36
22	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	2	3	3	3	3	34
23	1	2	3	3	3	1	3	3	3	1	2	2	2	2	3	3	3	3	43
24	2	2	3	3	3	2	3	3	3	2	1	2	2	2	3	2	3	2	43
25	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	3	2	3	44
26	3	2	2	2	3	1	2	2	3	1	2	2	3	3	2	2	2	2	39
27	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2	45
28	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	1	1	2	2	2	2	2	2	41
29	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	30
30	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	4	4	2	2	2	2	47

Tabel 4.13

Data kuisioner untuk ketinggian angkat beban 70 cm

no	letak keluhan																		total
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	35
2	1	1	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	4	3	4	49
3	1	2	3	1	2	2	3	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	31
4	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	2	2	1	3	2	2	2	2	30
5	1	1	3	2	2	2	3	2	2	2	1	1	1	3	1	2	1	2	32
6	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	3	3	2	2	1	2	1	29	
7	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	1	26
8	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	3	2	2	2	2	31
9	1	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	27
10	1	2	3	1	2	2	3	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	31
11	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	25
12	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	24
13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	3	3	1	1	1	1	32
14	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	3	2	2	2	2	34
15	1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	29
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	20
17	1	1	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	37
18	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	28
19	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	1	2	1	26
20	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	1	26
21	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1	24
22	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	25
23	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	3	2	2	2	2	34
24	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	21
25	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	21
26	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	3	2	1	2	1	29
27	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	2	2	1	3	2	2	2	2	30
28	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	3	3	2	2	2	2	29
29	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	1	1	1	1	34
30	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	1	1	1	3	1	1	1	1	32

4.5.1 Uji Normalitas

Tabel 4.14

Hasil pengolahan data dengan uji normalitas variansi untuk jumlah keluhan muskuloskletal

Uji Normalitas	Sig	Kriteria pengujian	Ho diterima / ditolak	Kesimpulan
Untuk V = 30 cm	0,968	0,968 ≥ 0,05	Ho diterima	Normal
Untuk V = 50 cm	0,703	0,703 ≥ 0,05	Ho diterima	Normal
Untuk V = 70 cm	0,768	0,768 ≥ 0,05	Ho diterima	Normal

Berdasarkan tabel 4.4 dapat dijelaskan bahwa nilai probabilitas untuk semua perlakuan mempunyai nilai lebih besar dari 0.05. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa Ho diterima maka disimpulkan semua perlakuan berdistribusi normal.

4.5.2 Uji Homogenitas

Tabel 4.15

Hasil pengolahan data dengan uji homogenitas variansi untuk jumlah keluhan muskuloskletal

F	df1	df2	Sig.
1.473	2	87	0,243

Berdasarkan tabel 4.15 dapat dijelaskan bahwa nilai probabilitas dari uji homogenitas untuk semua perlakuan mempunyai nilai lebih besar dari 0,05. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa Ho diterima yang artinya data bersifat homogen.

4.5.3 Uji Anova

Tabel 4.16

Hasil pengolahan data dengan uji Anova untuk jumlah keluhan muskuloskletal

Uji Anova	Sig	Kriteria pengujian	Ho diterima / ditolak
Jumlah keluhan	0,00	0,00 ≤ 0,05	Ho ditolak

Karena signifikan < 0,05 maka Ho ditolak, atau rata-rata jumlah keluhan muskuloskletal ketiga perlakuan memang berbeda.

4.5.4 Uji Tukey

Tabel 4.17

Hasil pengolahan data dengan uji Tukey untuk jumlah keluhan muskuloskletal

Uji Tukey (untuk perlakuan)	Sig	Kriteria pengujian	Ho diterima / ditolak	Kesimpulan
1 dan 2	0,00	0,00 ≤ 0,05	Ho ditolak	Terdapat perbedaan signifikan
1 dan 3	0,00	0,00 ≤ 0,05	Ho ditolak	Terdapat perbedaan signifikan
2 dan 3	0,00	0,00 ≤ 0,05	Ho ditolak	Terdapat perbedaan signifikan

BAB V

ANALISA DATA

5.1 Analisis *Lifting Index*

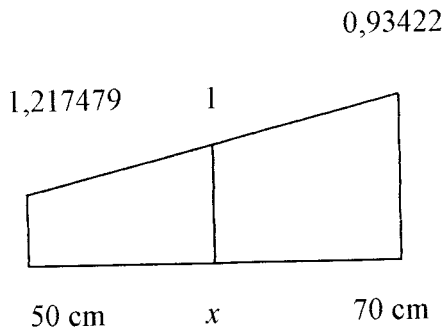
Pengukuran posisi kerja dengan menggunakan NIOSH *Lifting Equation* akan menghasilkan nilai RWL. Pada posisi angkat beban yang jarak vertikal terhadap lantainya 30 cm; 50 cm; dan 70 cm dengan masing-masing nilai RWL-nya dapat dilanjutkan dengan menentukan *lifting index*nya. Setelah dirata-rata maka masing-masing keadaan memiliki *lifting index* seperti pada tabel.

Tabel 5.1

Tabel rata-rata *lifting index*

No.	Tinggi angkat beban	Rata-rata *lifting index*
1	30 cm	1,373994
2	50 cm	1,217479
3	70 cm	0,93422

Index pengangkatan yang tidak mengandung risiko cedera tulang belakang adalah yang harga *lifting index*nya kecil dari 1. Untuk mengetahui batas nilai tinggi angkat beban maka dapat dihitung dengan interpolasi nilai rata-rata *lifting index* 50 cm dan 70 cm.



Gambar 5.1 Batas nilai tinggi angkat beban

Gambar 5.1 menunjukan *x* adalah batas tinggi angkat beban yang akan menghasilkan index yang aman untuk kegiatan pengangkatan pada penelitian ini. Maka harga *x* dapat ditentukan;

$$\frac{x - 50cm}{70cm - 50cm} = \frac{1 - 1,217479}{0,93422 - 1,217479}$$

$x - 50\ cm = 20\ cm\ (0,767775)$

$x = 65,3555\ cm$

Sehingga, agar index pengangkatan dapat dikatakan aman maka posisi vertikal angkat beban untuk kasus penelitian ini harus lebih besar dari 65,3555 cm.

5.2 Analisis Keluhan Subjektif

Uji ANOVA digunakan untuk melihat apakah rata-rata total keluhan musculoskletal dari tiga perlakuan berasal dari populasi yang sama, dengan asumsi variansi dari ketiga ampel adalah sama.

Pada bagian pertama terlihat ringkasan statistik dari ketiga perlakuan. Untuk perlakuan dengan tinggi angkat beban 30 cm dari permukaan lantai adalah rata-rata bobot keluhannya sebesar 53,8; bobot keluhan minimum 39 dan maksimum 67; dengan tingkat kepercayaan 95% atau signifikansi 5% rata-rata jumlah keluhan ada pada range 51,0518 sampai 56,5482. Untuk perlakuan dengan tinggi angkat beban 50 cm dari permukaan lantai adalah rata-rata bobot keluhannya sebesar 44,2; bobot keluhan minimum 30 dan maksimum 56; dengan tingkat kepercayaan 95% atau signifikansi 5% rata-rata jumlah keluhan ada pada range 41,6667 sampai 46,7333. Untuk perlakuan dengan tinggi angkat beban 70 cm dari permukaan lantai adalah rata-rata bobot keluhannya sebesar 29,3667; bobot keluhan minimum 20 dan maksimum 49; dengan tingkat kepercayaan 95% atau signifikansi 5% rata-rata jumlah keluhan ada pada range 27,2464 sampai 31,4869.

Output bagian kedua adalah unutk *Test of Homogeneity of Variances*. Analisis ini bertujuan untuk menguji berlaku tidaknya asumsi untuk ANOVA, yaitu apakah ketiga sampel memiliki variansi yang sama.

Hipotesis:

Ho = ketiga varians populasi adalah identik

H_1 = ketiga varians populasi adalah tidak identik

Pengambilan keputusan:

Dasar pengambilan keputusannya adalah,

1. Jika probabilitas > 0,05, maka Ho diterima

2. Jika probabilitas < 0,05, maka Ho ditolak

Terlihat bahwa *Levene Test* hitung adalah 1,438 dengan nilai probabilitas 0,243. Oleh karena probabilitas > 0,05, maka Ho diterima, atau ketiga variansi adalah sama. Dengan demikian, asumsi kesamaan variansi untuk uji ANOVA sudah terpenuhi. Setelah ketiga varians terbukti sama, baru dilakukan uji ANOVA (*Analysis of Variance*) untuk menguji apakah ketiga sampel mempunyai rata-rata yang sama.

Analisis dengan memakai ANOVA

Hipotesis:

Hipotesis untuk kasus ini

Ho = ketiga rata-rata populasi adalah identik

H_1 = ketiga rata-rata populasi adalah tidak identik

Pengambilan Keputusan:

Dasar pengambilan keputusan, berdasarkan perbandingan F hitung dengan F tabel :

1. Jika statistik hitung (angka F output) > statistik tabel (tabel F), maka Ho ditolak
2. jika statistik hitung (angka F output) < statistik tabel (tabel F), maka Ho diterima

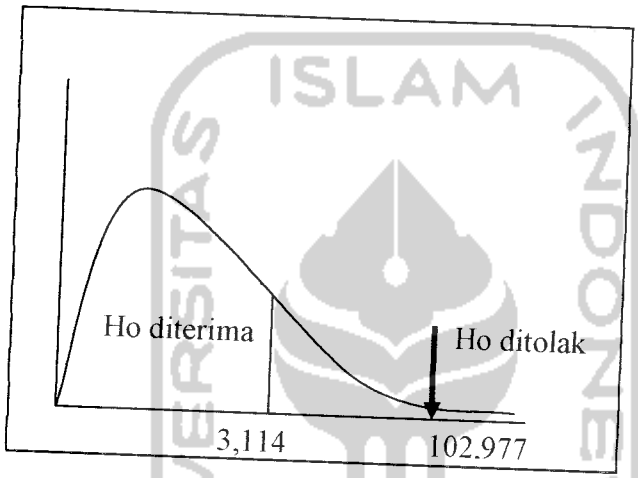
F hitung dari output adalah 102,977.

Statistik tabel bisa dihitung pada tabel F:

1. tingkat signifikansi (α) adalah 5%

2. numerator adalah (jumlah variabel perlakuan -1) atau 3-1 = 2
3. denumerator adalah (jumlah kasus – jumlah variabel perlakukan) atau 90 – 3 = 87

Dari tabel F didapat angka, 3.114.



Gambar 5.2 Kurva pengambilan keputusan

Karena F hitung terletak pada daerah Ho ditolak, maka bisa disimpulkan rata-rata jumlah keluhan musculoskletal ketiga perlakuan tersebut memang berbeda. Besarnya nilai probabilitas :

1. jika probabilitas > 0.05, maka Ho diterima
2. jika probabilitas <, 0.05 maka Ho ditolak

Keputusannya terlihat bahwa F hitung adalah 102,977 dengan probabilitas 0,00. Oleh karena probabilitas < 0,05, maka Ho ditolak, atau rata-rata jumlah keluhan muskuloskletal ketiga perlakuan memang berbeda.

Output bagian keempat adalah untuk *Post Hoc Test*. Setelah diketahui bahwa ada perbedaan yang signifikan diantara ketiga perlakuan, maka akan dibahas perlakuan mana yng berbeda dan mana yang tidak. Masalah ini akan dibahas pada analisis *Bonferroni* dan *Tukey* dalam *Post hoc test* berikut.

Tukey test dan *Bonferroni test*

Pada baris pertama pada hasil uji *tukey*-HSD yang menguji perbedaan antara perlakuan 1 dan perlakuan 2. Pada kolom *mean difference* atau perbedaan rata-rata diperoleh angka 9,6000. Angka ini berasal dari *mean* perlakuan 1- *mean* perlakuan 2 atau 53,800 – 43,200 (lihat *output descriptive statistics*).

Pada kolom 95% *condifence interval*, terlihat *range* perbedaan *mean* tersebut berkisar antara 5,5094 sampai 13,6906. Uji signifikansi perbedaan *mean* antara perlakuan 1 dan 2, berdasarkan nilai probabilitasnya :

1. jika probabilitas > 0,05, maka Ho diterima
2. jika probabilitas < 0,05, maka Ho ditolak

Terlihat bahwa nilai probabilitas adalah 0,00. Oleh karena probabilitas < 0,05, maka Ho ditolak, atau perbedaan rata-rata jumlah keluhan musculoskletal antara perlakuan 1 dengan perlakuan 2 benar-benar nyata.

Pada baris kedua pada hasil uji *tukey*-HSD yang menguji perbedaan antara perlakuan 1 dan perlakuan 3. Pada kolom *mean difference* atau perbedaan rata-rata diperoleh angka 24,4333. Angka ini berasal dari *mean* perlakuan 1- *mean* perlakuan 3 atau 53,800 – 29,3667 (lihat *output descriptive statistics*).

Pada kolom 95% *condifence interval*, terlihat *range* perbedaan *mean* tersebut berkisar antara 20,3427 sampai 28,5239. Uji signifikansi perbedaan *mean* antara perlakuan 1 dan 3, berdasarkan nilai probabilitasnya :

3. jika probabilitas > 0,05, maka Ho diterima
4. jika probabilitas < 0,05, maka Ho ditolak

Terlihat bahwa nilai probabilitas adalah 0,00. Oleh karena probabilitas < 0,05, maka Ho ditolak, atau perbedaan rata-rata jumlah keluhan musculoskletal antara perlakuan 1 dengan perlakuan 3 benar-benar nyata.

Pada baris keempat pada hasil uji tukey-HSD yang menguji perbedaan antara perlakuan 2 dan perlakuan 3. Pada kolom *mean difference* atau perbedaan rata-rata diperoleh angka 14,8333. Angka ini berasal dari *mean* perlakuan 2 - *mean* perlakuan 3 atau 44,200 – 29,3667 (lihat *output descriptive statistics*).

Pada kolom 95% *condifence interval*, terlihat *range* perbedaan *mean* tersebut berkisar antara 10,7427 sampai 18,9239. Uji signifikansi perbedaan *mean* antara perlakuan 2 dan 3, berdasarkan nilai probabilitasnya :

5. jika probabilitas > 0,05, maka Ho diterima
6. jika probabilitas < 0,05, maka Ho ditolak

Terlihat bahwa nilai probabilitas adalah 0,00. Oleh karena probabilitas < 0,05, maka Ho ditolak, atau perbedaan rata-rata jumlah keluhan musculoskletal antara perlakuan 2 dengan perlakuan 3 benar-benar nyata.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan dan pembahasan yang dibuat dapat disimpulkan bahwa :

1. Setelah dilakukan analisis posisi jarak vertikal angkat beban terhadap lantainya dengan menggunakan NIOSH *Lifting Equation Index* pengangkatan yang tidak mengandung risiko cedera tulang belakang adalah yang harga *lifting index*nya kecil dari 1. Agar indeks pengangkatan dapat dikatakan aman maka posisi vertikal angkat beban untuk kasus penelitian ini harus lebih besar dari 65,3555 cm.
2. Terdapat perbedaan rata-rata jumlah keluhan muskuloskletal pada operator yang signifikan antara pengangkatan beban pada ketinggian angkat beban 30cm, 50 cm, dan 70 cm. Jumlah keluhan pada pengangkatan dengan ketinggian angkat beban 30 cm dengan 50 cm rata-rata perbedaan jumlah keluhannya sebesar 9,6. Untuk tinggi 30 cm dengan 70 cm rata-rata perbedaan jumlah keluhannya sebesar 24,4333. Dan untuk tinggi 50 cm dengan 70 cm rata-rata perbedaan jumlah keluhannya sebesar 14,8333

6.2. Saran

Untuk aktifitas *manual material handling* pada penelitian ini sebaiknya ketinggian beban angkat vertikalnya lebih besar dari 65,3555 cm agar dapat mengurangi jumlah keluhan yang dialami oleh para pekerja atau operator yang melakukannya. untuk solusi dapat juga menggunakan meja gunting sebagai meja kerja agar mendapatkan tinggi yang sesuai pada proses pengangkatan beban.

DAFTAR PUSTAKA

Arun Garg, (1993), *Application Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation Devision of Biomedical and Behavioral Science*, The National Institute For Occupational Safety And Health, Milwaukee.

Biomechanics Corporation of America, (1993), *Principles Of Ergonomics For Engineering Professionals*, BCA.

Eko Nurmianto, (1996), *Ergonomi Konsep Dasar Dan Aplikasinya*, Guna Widya, Jakarta.

Granjean, E., 1993. *Fitting the Task to the Man*, 4th ed, Taylor & Francis Ltd, London.

Hartomo, Aazmi Hassan, Che Hassan Che Haron, Baba M Deros dan M. Iqbal, 2003, *A Biomechanical Analysis of Lifting Technique: A Comparative Study Of Back Lift and Leg Lift in The Manufacturing Industry*, TEKNOIN, Vol. 8 (4); 311-320

Sritomo Wignjosoebroto, (1995), *Ergonomi, Studi Gerak Dan Waktu*, Guna Widya, Jakarta.

Suma'mur P.K., (1989), *Ergonomi Untuk Produktivitas Kerja*, PT. Temrin, Jakarta.

Sutalaksana, Anggawisastra dan Tjakraatmaja, (1979), *Teknik Tata Cara Kerja*, Edisi Pertama, ITB, Bandung.

Tayyarri, F and Smith, J. L., 1997. *Occupational Ergonomics, Principles and Applications*, CChapman & Hall, London.

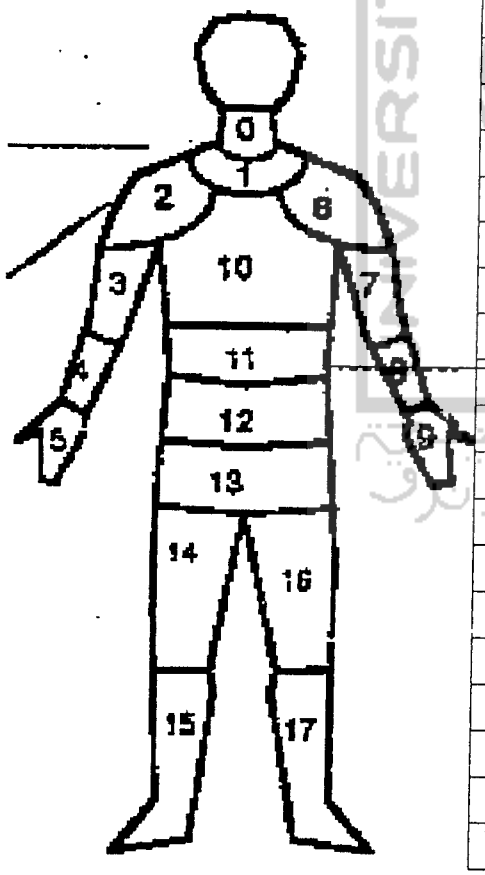
Waters, T. S. & Putz-Anderson, V., 1996. *Manual Material Handling*, Edited by Bharatta Charya, A & Mcglothlin, J. D., 1996. Occupational Theory and Applications, Marcel Dekker Inc, New York.

LAMPIRAN

KUISIONER NORDIC BODY MAP

erilah penilaian anda terhadap keluhan yang anda rasakan setelah melakukan pengangkatan beban engan ketinggian awal beban 30 cm, dengan memberi tanda (√) pada kolom jawaban yang dipilih suai dengan penjelasan di bawah ini :

1. **A** : Tidak Sakit
2. **B** : Agak Sakit
3. **C** : Sakit
4. **D** : Sangat Sakit

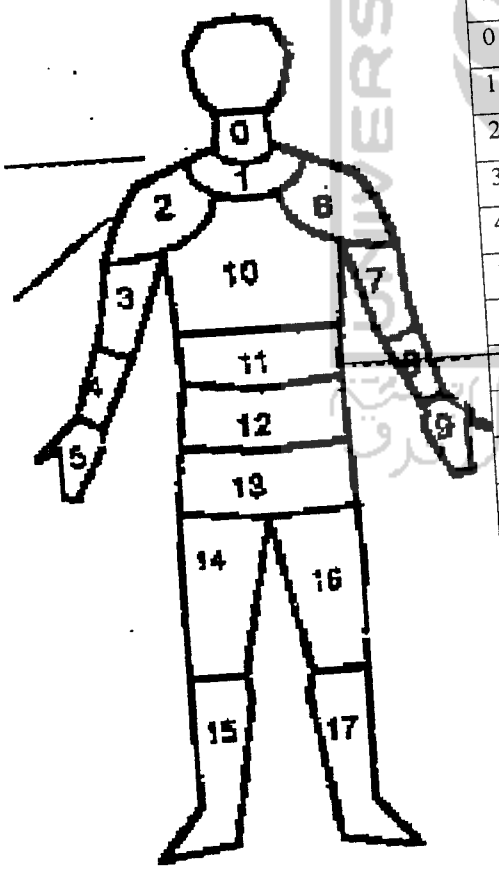


No	Keterangan	A	B	C	D
0	Leher atas				
1	Leher bagian bawah				
2	Bahu kanan				
3	Tangan kanan bagian atas				
4	Tangan kanan bagian bawah				
5	Telapak tangan kanan				
6	Bahu kiri				
7	Tangan kiri bagian atas				
8	Tangan kiri bagian bawah				
9	Telapak tangan kiri				
10	Dada bagian atas				
11	Dada bagian bagian bawah				
12	Perut bagian atas				
13	Perut bagian bawah				
14	Paha kanan				
15	Betis kanan				
16	Paha kiri				
17	Paha kiri				

KUISIONER NORDIC BODY MAP

erilah penilaian anda terhadap keluhan yang anda rasakan setelah melakukan pengangkatan beban engan ketinggian awal beban 70 cm, dengan memberi tanda (√) pada kolom jawaban yang dipilih esuai dengan penjelasan di bawah ini :

1. **A** : Tidak Sakit
2. **B** : Agak Sakit
3. **C** : Sakit
4. **D** : Sangat Sakit

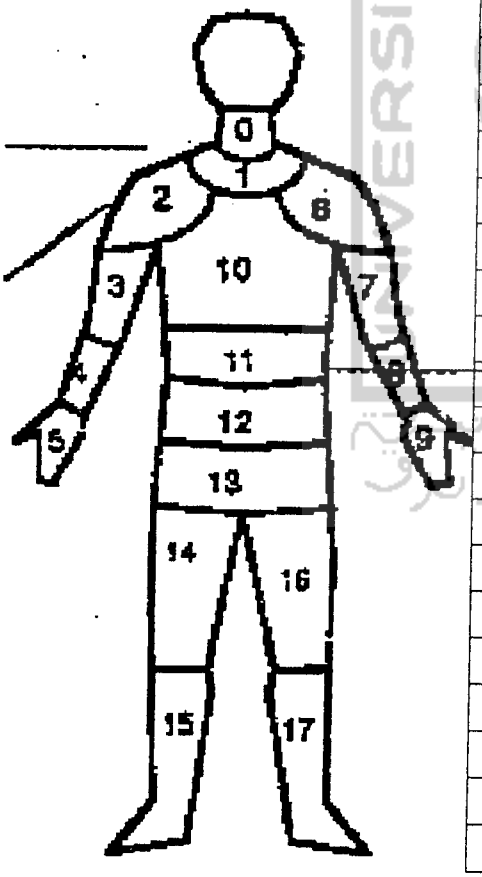


No	Keterangan	A	B	C	D
0	Leher atas				
1	Leher bagian bawah				
2	Bahu kanan				
3	Tangan kanan bagian atas				
4	Tangan kanan bagian bawah				
5	Telapak tangan kanan				
6	Bahu kiri				
7	Tangan kiri bagian atas				
8	Tangan kiri bagian bawah				
9	Telapak tangan kiri				
10	Dada bagian atas				
11	Dada bagian bagian bawah				
12	Perut bagian atas				
13	Perut bagian bawah				
14	Paha kanan				
15	Betis kanan				
16	Paha kiri				
17	Paha kiri				

KUISIONER NORDIC BODY MAP

Berilah penilaian anda terhadap keluhan yang anda rasakan setelah melakukan pengangkatan beban dengan ketinggian awal beban 50 cm, dengan memberi tanda (√) pada kolom jawaban yang dipilih sesuai dengan penjelasan di bawah ini :

1. **A** : Tidak Sakit
2. **B** : Agak Sakit
3. **C** : Sakit
4. **D** : Sangat Sakit



No	Keterangan	A	B	C	D
0	Leher atas				
1	Leher bagian bawah				
2	Bahu kanan				
3	Tangan kanan bagian atas				
4	Tangan kanan bagian bawah				
5	Telapak tangan kanan				
6	Bahu kiri				
7	Tangan kiri bagian atas				
8	Tangan kiri bagian bawah				
9	Telapak tangan kiri				
10	Dada bagian atas				
11	Dada bagian bagian bawah				
12	Perut bagian atas				
13	Perut bagian bawah				
14	Paha kanan				
15	Betis kanan				
16	Paha kiri				
17	Paha kiri				

Descriptives

	Minimum	Maximum
harga v = 30 cm	39,00	67,00
harga v = 50 cm	30,00	56,00
harga v = 70 cm	20,00	49,00
Total	20,00	67,00

Test of Homogeneity of Variances

D

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,438	2	87	,243

ANOVA

D

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9091,756	2	4545,878	102,977	,000
Within Groups	3840,567	87	44,144		
Total	12932,322	89			

'ost Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: D
Tukey HSD

(I) E	(J) E	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
harga v = 30 cm	harga v = 50 cm	9,6000*	1,71551	,000	5,5094	13,6906
	harga v = 70 cm	24,4333*	1,71551	,000	20,3427	28,5239
harga v = 50 cm	harga v = 30 cm	-9,6000*	1,71551	,000	-13,6906	-5,5094
	harga v = 70 cm	14,8333*	1,71551	,000	10,7427	18,9239
harga v = 70 cm	harga v = 30 cm	-24,4333*	1,71551	,000	-28,5239	-20,3427
	harga v = 50 cm	-14,8333*	1,71551	,000	-18,9239	-10,7427

*. The mean difference is significant at the .05 level.

lomogeneous Subsets

Par Tests

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
total keluhan nordic untuk v = 30 cm	30	53,8000	7,35972	39,00	67,00
total keluhan nordic untuk v = 50 cm	30	44,2000	6,78436	30,00	56,00
total keluhan nordic untuk v = 70 cm	30	29,3667	5,67805	20,00	49,00

Descriptive Statistics

	Percentiles		
	25th	50th (Median)	75th
total keluhan nordic untuk v = 30 cm	49,0000	53,5000	59,0000
total keluhan nordic untuk v = 50 cm	39,7500	44,0000	47,7500
total keluhan nordic untuk v = 70 cm	25,7500	29,0000	32,0000

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		total keluhan nordic untuk v = 30 cm	total keluhan nordic untuk v = 50 cm	total keluhan nordic untuk v = 70 cm
N		30	30	30
Normal Parameters[a,b]	Mean	53,8000	44,2000	29,3667
	Std. Deviation	7,35972	6,78436	5,67805
Most Extreme Differences	Absolute	,090	,129	,121
	Positive	,051	,129	,121
	Negative	-,090	-,092	-,074
Kolmogorov-Smirnov Z		,493	,705	,665
Asymp. Sig. (2-tailed)		,968	,703	,768

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

eway

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
arga v = 30 cm	30	53,8000	7,35972	1,34370	51,0518	56,5482
arga v = 50 cm	30	44,2000	6,78436	1,23865	41,6667	46,7333
arga v = 70 cm	30	29,3667	5,67805	1,03667	27,2464	31,4869
otal	90	42,4556	12,05433	1,27064	39,9308	44,9803

D

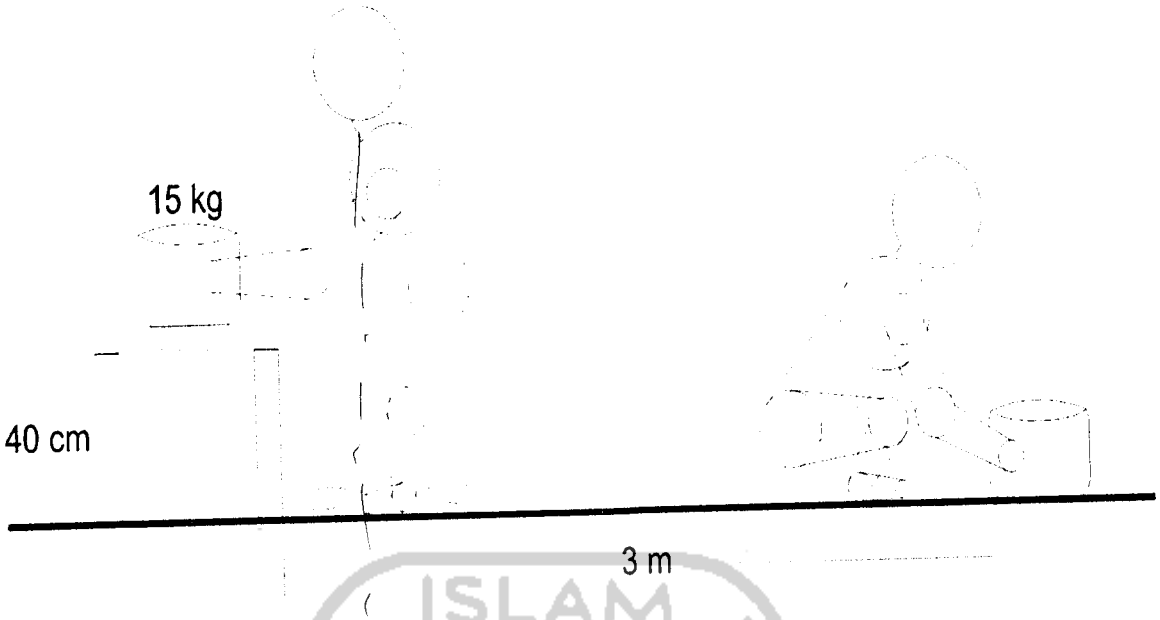
HSD[a]

	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
v = 70 cm	30	29,3667		
v = 50 cm	30		44,2000	
v = 30 cm	30			53,8000
		1,000	1,000	1,000

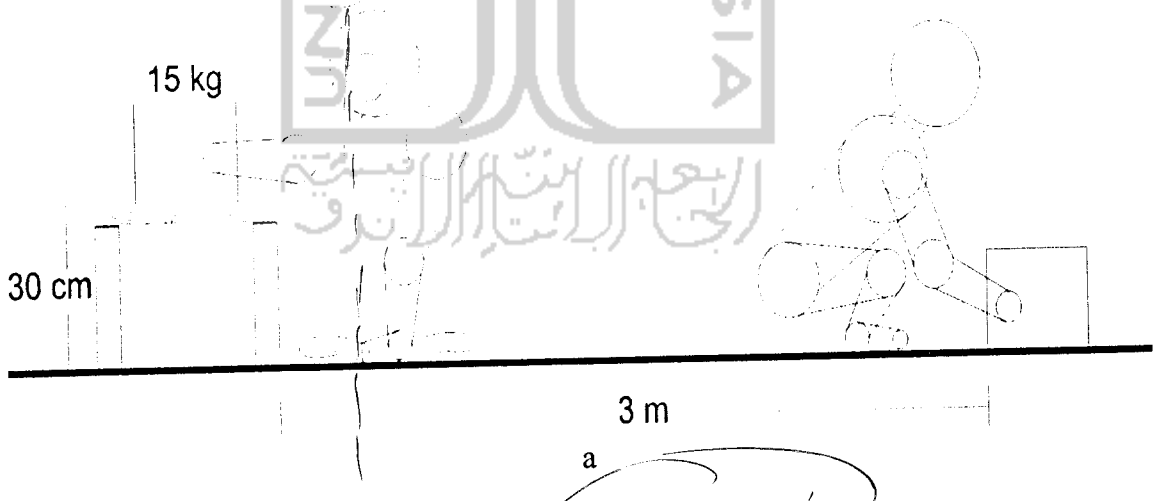
for groups in homogeneous subsets are displayed.

Uses Harmonic Mean Sample Size = 30,000.

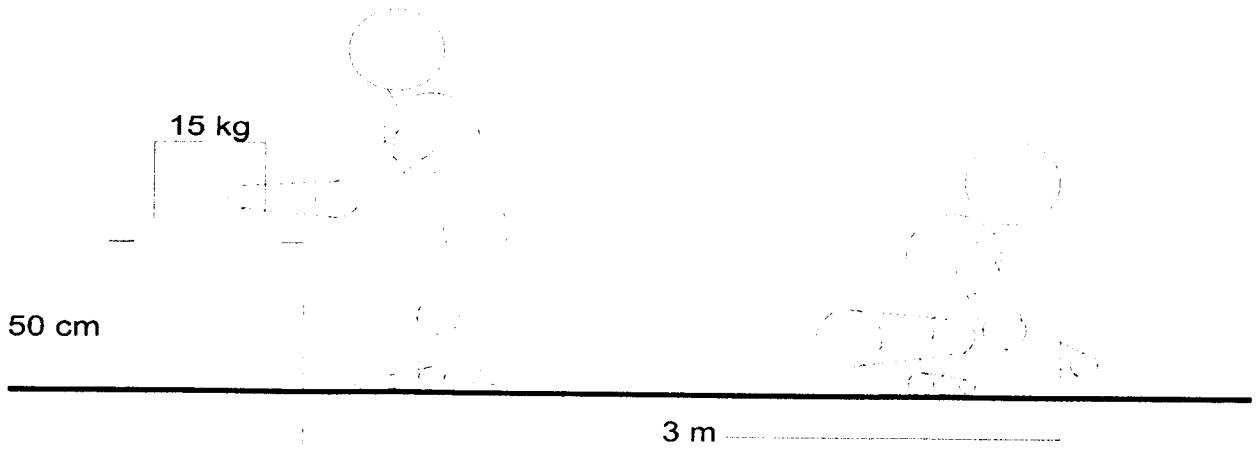
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



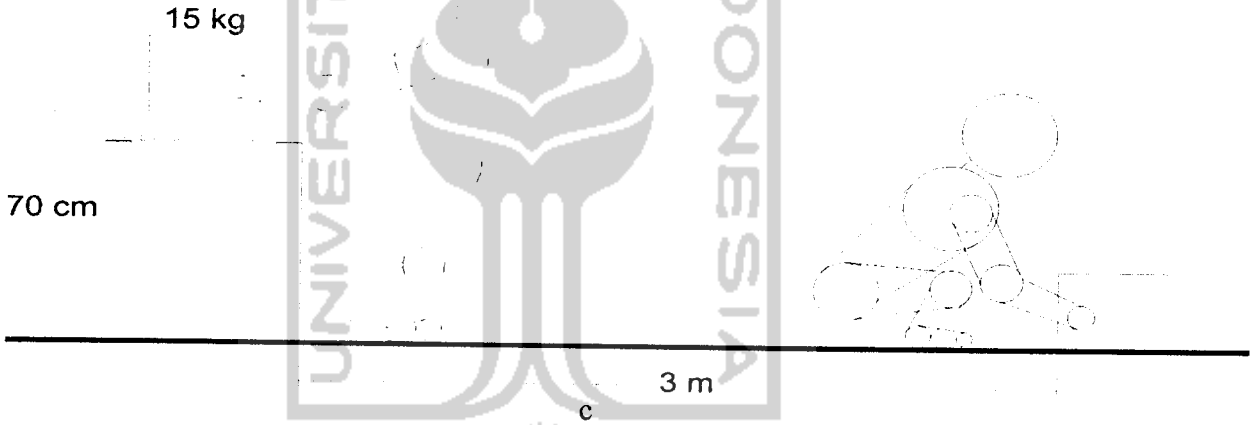
Kondisi awal manual material handling yang dilakukan pekerja. Gambar di atas menunjukan posisi V = 40cm. Karena pada pengangkatan beban kondisi awal dilakukan tanpa menggunakan *handle*, maka untuk kualitas koplingnya termasuk kategori kurang.



a



b



c

Gambar a, b, dan c masing-masing menunjukan posisi angkat beban pada tinggi 30 cm, 50 cm, dan 70cm.