

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 Fakultas 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 <i>Lifting Index</i>	61
4.5 Data Keluhan Muskuloskeletal.....	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 <i>Lifting Index</i>	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 $V = 50$ cm.....	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 $V = 70$ cm.....	69
Tabel 4.11	Data Kuisisioner untuk Ketinggian Angkat Beban 30 cm.....	71
Tabel 4.12	Data Kuisisioner 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	<i>Graphic Representation of Hand Location</i>	45
Gambar 2.6	<i>Graphic Representation of Angle of Asymmetry</i>	45
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	55
Gambar 5.1	Batas Nilai Tinggi Angkat Beban.....	77
Gambar 5.2	Kurva Pengambilan Keputusan.....	80

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 performansi 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.

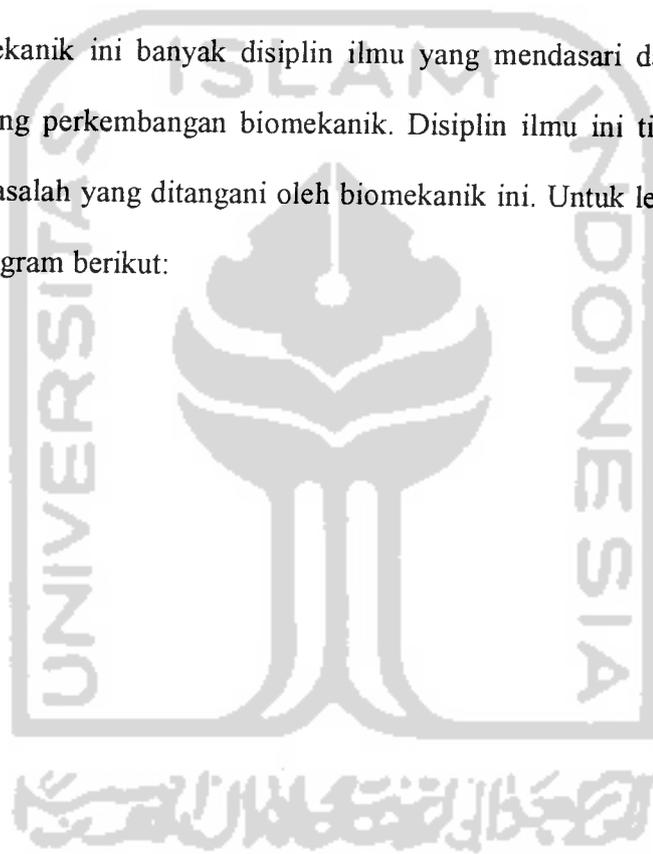
Pengangkatan material secara manual dipengaruhi oleh kerja dan tekanan mekanik. Hartomo et. al. (2003) dalam penelitiannya menyatakan sikap membungkuk mempunyai kerja mekanik yang lebih besar dibanding sikap jongkok. Tetapi dalam segi waktu pergerakan sikap membungkuk mempunyai waktu pergerakan yang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

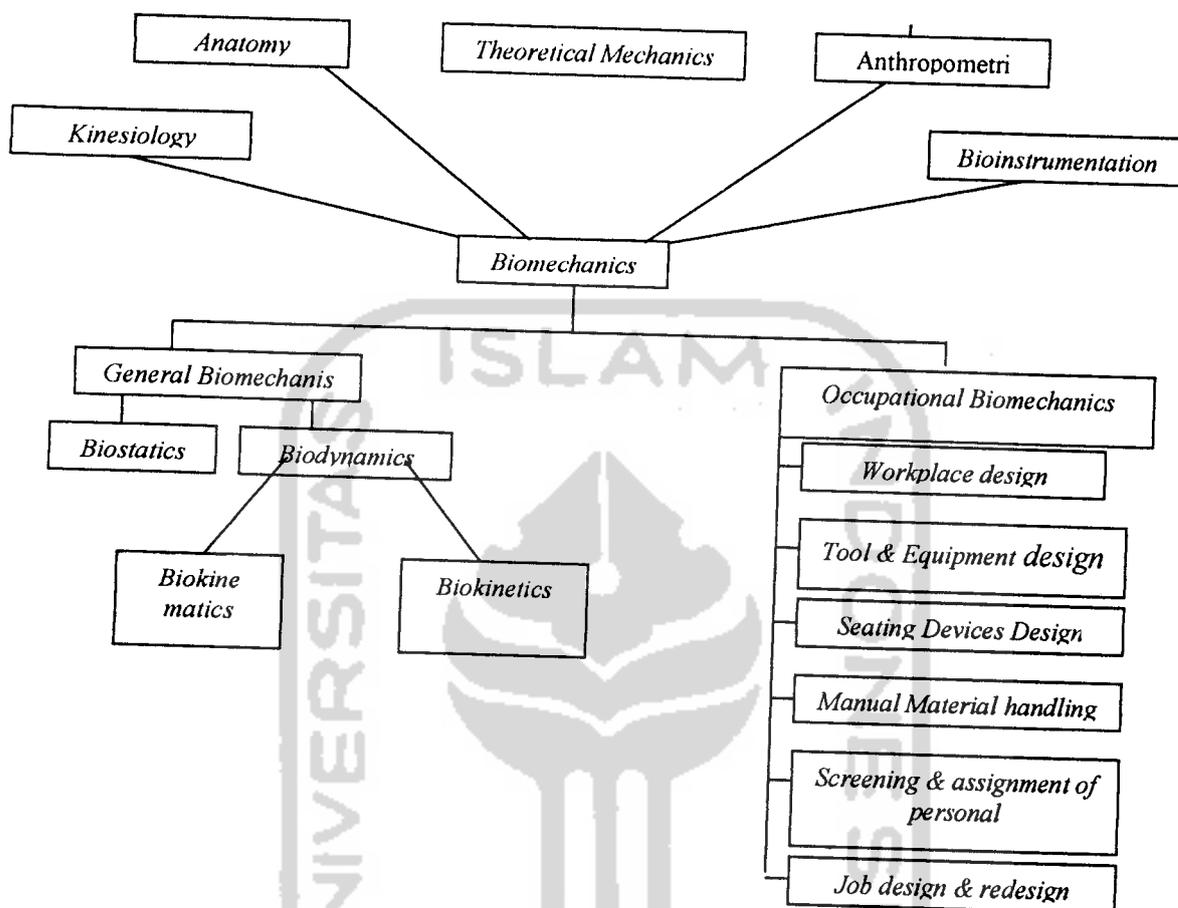
Sikap kerja yang baik sangat ditentukan oleh pergerakan organ tubuh saat bekerja. Pergerakan yang dilakukan saat bekerja meliputi : *flexion, extention, abduction, adduction, rotation, pronation, dan supination.*

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 :

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

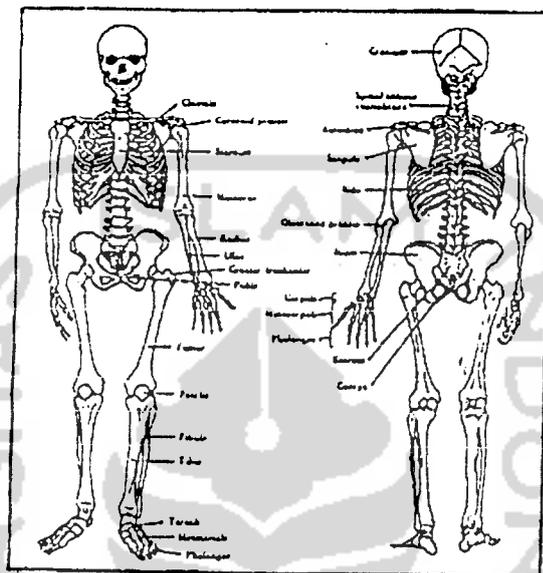
Tulang adalah organ untuk meredam dan mendistribusikan gaya/tegangan yang ada. Tulang yang besar dan panjang berfungsi untuk memberikan perbandingan terhadap beban yang terjadi pada tulang tersebut. Tulang juga selalu terikat dengan otot, dan jaringan penghubung yakni ligamen, *cartilage* dan tendon.

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 *vertebral disc* yang dikelilingi oleh inti *vertebral disc*. Sambungan ini juga memiliki pergerakan yang relatif kecil, sehingga mengakibatkan adanya fleksibilitas badan manusia untuk membungkuk, menengadah dan memutar. Disk tersebut juga berfungsi untuk meredam getaran pada saat manusia bergerak baik translasi maupun rotasi.

sambungan tulang. Contoh sambungan tulang yang sederhana ada pada siku dan 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 merupakan 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.

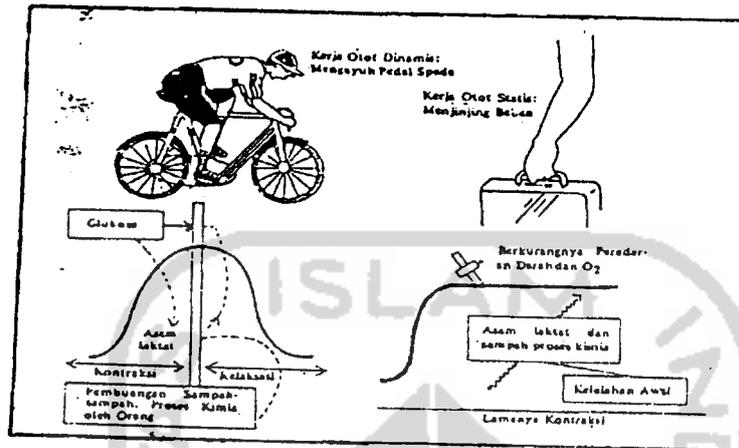
Otot memiliki kemampuan berkontraksi dan relaksasi. Otot sebagai penggerak utama bergerak dengan arah berlawanan terhadap otot lain, yang dikenal sebagai gerakan antagonis yang berfungsi untuk mengendalikan dan mengembalikan posisi tangan dan kaki pada tempat asalnya.

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.

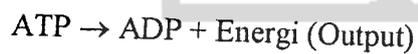
Seperti dapat dilihat dari gambar, pada kerja otot dinamis kerutan dan pengenduran suatu otot terjadi silih berganti, sedangkan pada kerja otot statis suatu otot menetap berkontraksi untuk suatu periode waktu secara kontinu. Untuk kerja otot dinamis, energi kerja adalah hasil perkalian di antara selisih 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 elektromagnet 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 kontraksi statis. Oleh karena kerja otot statis inilah, bagian-bagian tubuh dapat dipertahankan 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.

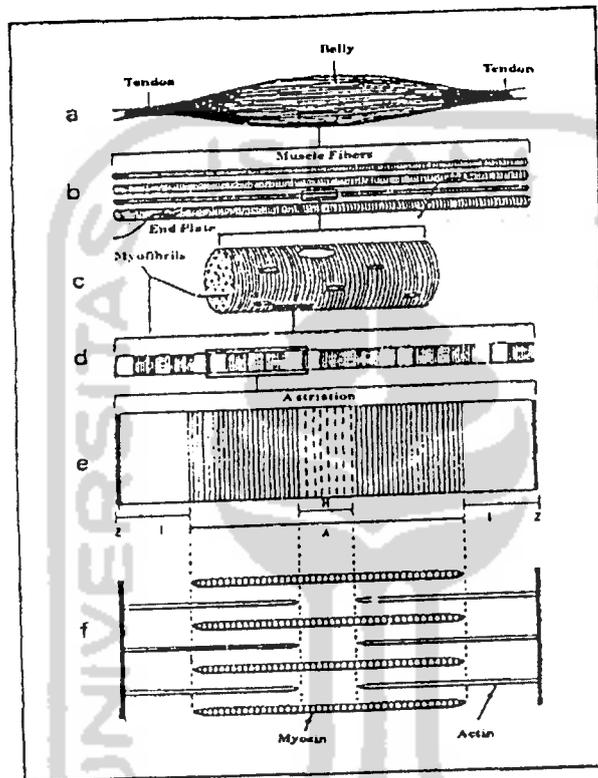


ADP = *Adenosin diphosphat*

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

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), menunjukkan bahwa sebagian besar operator pada pekerjaan bongkar muat pelabuha mengalami gangguan sistem muskuloskeletal. 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 menunjukkan 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, detak 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.
34 – 55	Operator menggunakan sistem pemindahan material secara terlatih dan harus dibawah pengawasan supervisor. 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
2	16 – 25	7. Tidak diperlukan alat dalam mengangkat. 8. Ditekankan pada metode angkat.
3	25 – 34	9. Tidak diperlukan alat dalam mengangkat. 10. Dipilih <i>job redesign</i> (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.

(*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 menyusup 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

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 dikonsumsi 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 cedera 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 menanggulangi 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 :

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

Dalam satuan metrik :

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

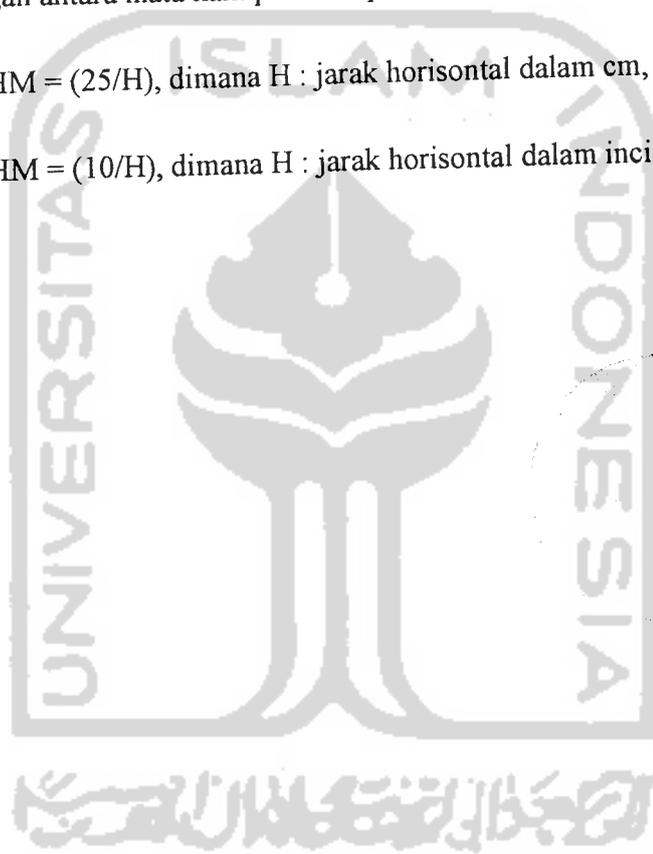
Dalam satuan US :

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

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.

$M = (1 - 0,0075 | V - 30 |)$, dimana V : tinggi dalam inci

$M = (1 - 0,0030 | V - 75 |)$, 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)