

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa latin yaitu *Ergos* (kerja) dan *Nomos* (hukum alam) dan dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan perancangan dan desain (Nurmianto, 1996). Untuk menghindari sikap dan posisi kerja yang kurang baik ini pertimbangan-pertimbangan ergonomi antara lain menyarankan hal-hal seperti. :

1. Mengurangi keharusan operator untuk bekerja dengan sikap dan posisi membungkuk dengan frekuensi kegiatan yang sering atau jangka waktu lama.
2. Operator tidak seharusnya menggunakan jarak jangkauan maksimum yang bisa dilakukan.
3. Operator tidak seharusnya duduk atau berdiri pada saat bekerja untuk waktu yang lama dengan kepala, leher, dada atau kaki berada dalam sikap atau posisi miring.
4. Penetapan sikap dan posisi kerja sesuai dengan pertimbangan-pertimbangan tersebut diatas pada dasarnya bertujuan memberikan kenyamanan pada pekerja dengan memperhatikan sikap dan posisi kerja yang mereka senangi.

2.2. Posisi Postur Kerja Operator

Postur (posture) adalah posisi tubuh manusia secara keseluruhan. Pada saat bekerja posisi tubuh (postur) tiap bekerja berbeda, yaitu postur kerja yang merupakan posisi tubuh pada saat pekerja melakukan aktifitasnya. Tubuh adalah keseluruhan jasad manusia yang kelihatan dari ujung rambut sampai ujung kaki. Pertimbangan ergonomi yang berkaitan dengan postur kerja membantu mendapatkan postur yang nyaman bagi pekerja, baik itu postur kerja berdiri, duduk angkat maupun angkut. Beberapa jenis pekerjaan memerlukan postur tubuh kerja tertentu yang terkadang tidak menyenangkan. Kondisi pekerja ini memaksa pekerja berada pada postur kerja yang tidak alami. Hal ini mengakibatkan pekerja cepat lelah dan keluhan sakit pada bagian tubuh, cacat produk, bahkan cacat tubuh (Barnes 1980).

Menurut Barnes (1980), untuk menghindari postur kerja yang demikian dilakukan pertimbangan ergonomis yaitu :

1. Mengurangi keharusan bekerja dengan postur tubuh membungkuk dalam frekuensi kegiatan yang sering atau dalam jangka waktu yang lama.
2. Mengatasi hal ini, maka stasiun kerja dirancang dengan memperhatikan fasilitas kerja, seperti meja, kursi yang sesuai dengan antropometri agar pekerja menjaga postur kerjanya tetap tegak dan normal. Ketentuan ini ditekankan bila mana pekerjaan dilakukan dengan posisi postur berdiri.
3. Pekerja tidak seharusnya mengunakan jarak jangkauan maksimum,. Pengaturan postur kerja dalam hal ini dilakukan dalam jarak jangkauan normal (prinsip ekonomi gerakan).

4. Pekerja tidak seharusnya duduk atau berdiri pada saat bekerja dalam waktu yang cukup lama dengan posisi kepala, leher, dada dan kaki berada dalam postur kerja miring.
5. Operator tidak seharusnya dipaksa bekerja dalam frekuensi atau periode waktu yang lama dengan tangan atau lengan berada dalam posisi di atas level siku normal.

2.3. Aplikasi Antropometri dalam Desain

Aspek-aspek ergonomi dalam suatu proses rancang bangun fasilitas kerja adalah merupakan suatu faktor penting dalam menunjang peningkatan pelayanan jasa produksi. Hal tersebut tidak akan terlepas dari pembahasan mengenai ukuran antropometri tubuh manusia maupun penerapan data-data antropometri manusia.

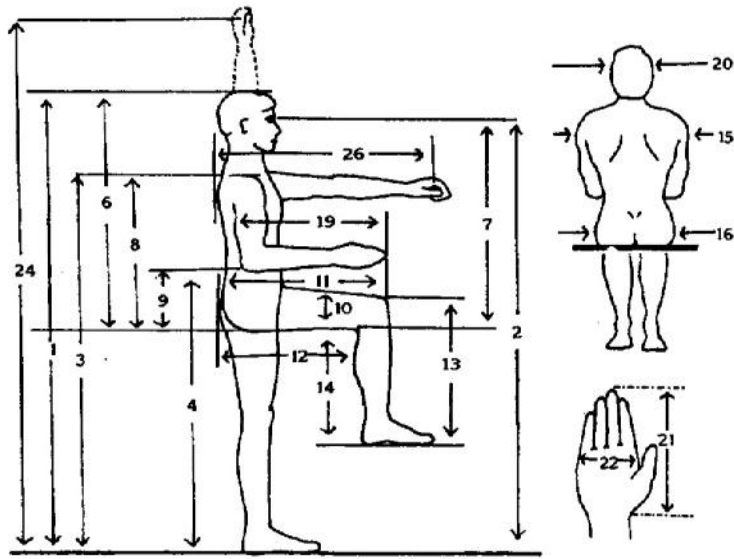
Istilah antropometri berasal dari kata *anthro* yang berarti “manusia” dan *metri* yang berarti “ukuran”. Antropometri adalah studi tentang dimensi tubuh manusia (Pulat, 1992). Antropometri merupakan suatu ilmu yang secara khusus mempelajari tentang pengukuran tubuh manusia guna merumuskan perbedaan-perbedaan ukuran pada tiap individu ataupun kelompok dan lain sebagainya. Setiap manusia berbeda dalam berbagai macam dimensi ukuran seperti kebutuhan, motivasi, intelegensia, imajinasi, usia, pendidikan, jenis kelamin, kekuatan, bentuk dan ukuran tubuh dan lain sebagainya. Antropometri digunakan sebagai bahan pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan/ alat kerja (stasiun kerja) dalam sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia.

Dengan memiliki data antropometri yang tepat maka seorang perancang fasilitas stasiun kerja akan mampu menyesuaikan bentuk dan geometris ukuran dari desain fasilitas stasiun kerjanya dengan bentuk maupun ukuran segmen –

segmen bagian tubuh yang nantinya akan mengoperasikan fasilitas stasiun kerja. Data anthropometri dapat diaplikasikan dalam beberapa hal, antara lain (Wignjosoebroto, 2003): a). Perancangan areal kerja, b). Perancangan peralatan kerja seperti mesin, perkakas dan sebagainya, c). Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer, dan lain-lain. d). Perancangan lingkungan kerja fisik. Data antropometri dapat dimanfaatkan untuk menetapkan dimensi ukuran produk yang akan dirancang dan disesuaikan dengan dimensi tubuh manusia yang akan menggunakannya. Dalam kaitan ini maka desain fasilitas stasiun kerja harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh dari populasi terbesar yang akan menggunakan fasilitas stasiun kerja hasil desainnya tersebut. Data antropometri yang menyajikan data ukuran dari berbagai macam anggota tubuh manusia dalam *percentile* tertentu akan sangat besar manfaatnya pada saat suatu desain fasilitas stasiun kerja akan dibuat.

2.4. Dimensi Anthropometri

Informasi tentang berbagai macam anggota tubuh yang perlu diukur dalam aplikasi antropometri untuk desain fasilitas stasiun kerja dapat dilihat pada gambar 2.1. di bawah ini (Wignjosoebroto, 2003):



Gambar 2.1. Data Antropometri Yang Diperlukan Untuk Perancangan Produk

Sumber : Wignjosoebroto, 2003

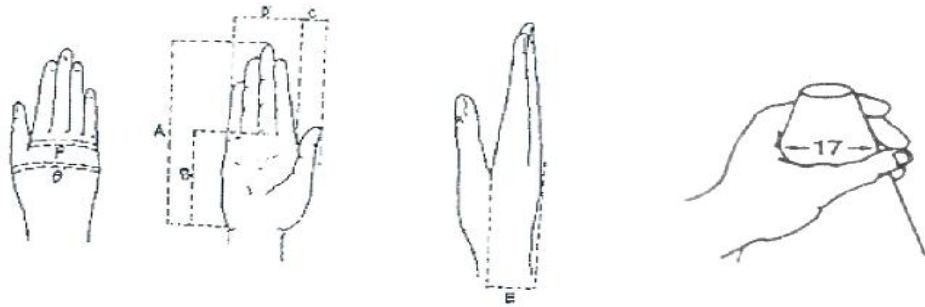
Keterangan gambar 2.1 di atas, yaitu:

- 1 : Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai hingga ujung kepala).
- 2 : Tinggi mata dalam posisi berdiri tegak.
- 3 : Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak.
- 4 : Tinggi siku dalam posisi berdiri tegak (siku tegak lurus).
- 5 : Tinggi kepalan tangan yang terjulur lepas dalam posisi berdiri tegak (dalam gambar tidak ditunjukkan).
- 6 : Tinggi tubuh dalam posisi duduk (di ukur dari alas tempat duduk pantat sampai dengan kepala).
- 7 : Tinggi mata dalam posisi duduk.
- 8 : Tinggi bahu dalam posisi duduk.
- 9 : Tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus).
- 10 : Tebal atau lebar paha.

- 11 : Panjang paha yang di ukur dari pantat sampai dengan. ujung lutut.
- 12 : Panjang paha yang di ukur dari pantat sampai dengan bagian belakang dari lutut betis.
- 13 : Tinggi lutut yang bisa di ukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk.
- 14 : Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang di ukur dari lantai sampai dengan paha.
- 15 : Lebar dari bahu (bisa di ukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk).
- 16 : Lebar pinggul ataupun pantat.
- 17 : Lebar dari dada dalam keadaan membusung (tidak tampak ditunjukkan dalam gambar).
- 18 : Lebar perut.
- 19 : Panjang siku yang di ukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalam posisi siku tegak lurus.
- 20 : Lebar kepala.
- 21 : Panjang tangan di ukur dari pergelangan sampai dengan ujung jari.
- 22 : Lebar telapak tangan.
- 23 : Lebar tangan dalam posisi tangan terbentang lebar kesamping kiri kanan (tidakditunjukkan dalam gambar).
- 24 : Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak.
- 25 : Tinggi jangkauan tangan dalam posisi duduk tegak.
- 26 :Jarak jangkauan tangan yang terjulur kedepan di ukur dari bahu sampai dengan ujung jari tangan.

2.5. Antropometri Telapak Tangan

Pengukuran dimensi struktur tangan yang biasa diambil dalam perancangan produk maupun fasilitas dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini: (Wignjosoebroto, 2003):



Gambar 2.2. Antropometri Telapak Tangan.

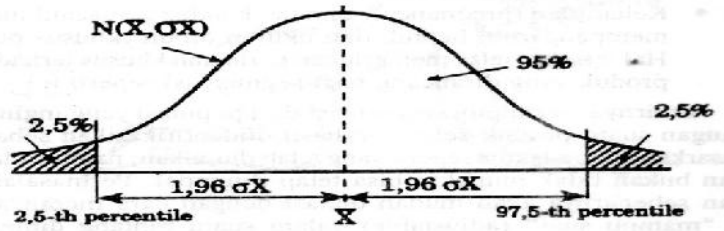
Sumber : Wignjosoebroto, 2003

Keterangan:

1. Panjang tangan (A)
2. Panjang telapak tangan (B)
3. Lebar tangan sampai ibu jari (C)
4. Lebar tangan sampai matakarpal (D)
5. Ketebalan tangan sampai matakarpal (E)
6. Lingkar tangan sampai telunjuk (F)
7. Lingkar tangan sampai ibu jari (G)
8. Diameter Genggaman (17)

secara statistik sudah diperlihatkan bahwa data hasil pengukuran tubuh manusia pada berbagai populasi akan terdistribusi dalam grafik sedemikian rupa sehingga data-data yang bernilai kurang lebih sama akan terkumpul di bagian tengah grafik. Sedangkan data-data dengan nilai penyimpangan yang ekstrim akan

terletak pada ujung-ujung grafik. Seperti pada Gambar 2.3 dibawah ini:
(Wignjosoebroto, 2003):



Gambar 2.3. Kurva Distribusi Normal Dengan Data Antropometri 95-th Percentile

Sumber : Wignjosoebroto, 2003

Kurva terdistribusi normal seperti gambar di atas menggambarkan batas kemaknaan pada tingkat kepercayaan 95% dengan nilai $a = 1,645$. Penetapan data antropometri memerlukan nilai rerata dan simpangan baku dari data pengamatan yang berdistribusi normal dan suatu nilai yang menyatakan persentase tertentu dari sekelompok data = nilai tersebut. Nilai itulah yang disebut percentile seperti pada Tabel 2.1 dibawah ini (Wignjosoebroto, 2003):

Tabel 2.1

Macam Percentile dan Cara Perhitungan dalam Distribusi Normal

Percentile	Perhitungan
1 – St	$X - 2.325 \sigma x$
2.5 – th	$X - 1.96 \sigma x$
5 – th	$X - 1.645 \sigma x$
10 – th	$X - 1.28 \sigma x$
50 – th	X
90 – th	$X + 1.28 \sigma x$

95 – th	$X + 1.28 \sigma x$
97.5 – th	$X + 1.96 \sigma x$
99 – th	$X + 2.325 \sigma x$

Sumber Wignjosoebroto, 2003

Persentil menunjukkan jumlah bagian per seratus orang dari suatu populasi yang memiliki ukuran tubuh tertentu. Tujuan penelitian, dimana sebuah populasi dibagi-bagi berdasarkan kategori-kategori dengan jumlah keseluruhan 100% dan diurutkan mulai dari populasi terkecil hingga terbesar berkaitan dengan beberapa pengukuran tubuh tertentu. Sebagai contoh bila dikatakan persentil ke-95 dari suatu pengukuran tinggi badan berarti bahwa hanya 5% data merupakan data tinggi badan yang bernilai lebih besar dari suatu populasi dan 95% populasi merupakan data tinggi badan yang bernilai sama atau lebih rendah pada populasi tersebut.

Menurut Panero dan Zelnik (2003), persentil ke-50 memberi gambaran yang mendekati nilai rata-rata dari suatu kelompok tertentu. Suatu kesalahan yang serius pada penerapan suatu data adalah dengan mengasumsikan bahwa setiap ukuran pada persentil ke-50 mewakili pengukuran manusia rata-rata pada umumnya, sehingga sering digunakan sebagai pedoman perancangan. Kesalah pahaman yang terjadi dengan asumsi tersebut mengaburkan pengertian atas makna 50% dari kelompok. Sebenarnya tidak ada yang dapat disebut “manusia rata-rata”.

Ada dua hal penting yang harus selalu diingat bila menggunakan persentil. Pertama, suatu persentil anthropometri dari tiap individu hanya berlaku untuk satu data dimensi tubuh saja. Kedua, tidak dapat dikatakan seseorang memiliki

persentil yang sama, ke-95, atau ke-90 atau ke-5, untuk keseluruhan dimensi. Tidak ada orang dengan keseluruhan dimensi tubuhnya mempunyai nilai persentil yang sama, karena seseorang dengan persentil ke-50 untuk data tinggi badannya, memiliki persentil 40 untuk data tinggi lututnya, atau persentil ke-60 untuk data panjang lengannya.

2.5.1. Aplikasi Data Antropometri dalam Perancangan Produk

Penggunaan data antropometri dalam penentuan ukuran produk harus mempertimbangkan prinsip-prinsip di bawah ini agar produk yang dirancang bisa sesuai dengan ukuran tubuh pengguna (Wignjosoebroto, 2003) yaitu :

- 1) Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran ekstrim. Rancangan produk dibuat agar bisa memenuhi 2 sasaran produk, yaitu :
 - a. Sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim.
 - b. Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada), Agar dapat memenuhi sasaran pokok tersebut maka ukuran diaplikasikan, yaitu:
 - a) Dimensi jarak ruangan (*clearance dimensions*), yaitu dimensi yang diperlukan untuk menentukan *minimum* ruang (space) yang diperlukan orang untuk dengan leluasa melaksanakan aktivitas dalam sebuah stasiun kerja baik pada saat mengoperasikan maupun harus melakukan perawatan dari fasilitas kerja (mesin dan peralatan) yang ada. Jarak ruangan (clearance) dalam hal ini dirancang dengan menetapkan dimensi ukuran tubuh yang terbesar dari populasi pemakai yang diharapkan. Dalam hal ini menggunakan persentil terbesar (95th atau 97.5th percentile) dari populasi.

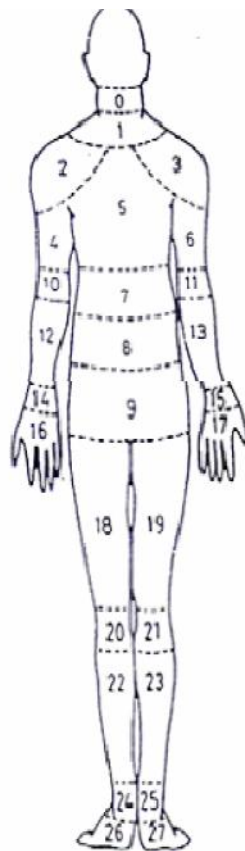
- b) Dimensi jarak jangkauan (*reach dimension*), yaitu dimensi yang diperlukan untuk menentukan *maksimum* ukuran yang harus ditetapkan agar mayoritas populasi akan mampu menjangkau dan mengoperasikan peralatan kerja (tombol kendali, keyboard, dan sebagainya) secara mudah dan tidak memerlukan usaha (*effort*) yang terlalu memaksa. Disini jarak jangkauan akan ditetapkan berdasarkan ukuran tubuh terkecil (*lower percentile*) dari populasi pemakai yang diharapkan dan biasanya memakai ukuran 2.5th atau 5th percentile.
- 2) Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan diantara rentang ukuran tertentu (*adjustable*). Produk dirancang dengan ukuran yang dapat diubah-ubah sehingga cukup fleksibel untuk dioperasikan oleh setiap orang. Mendapatkan rancangan yang fleksibel maka data antropometri yang umum diaplikasikan adalah dalam rentang nilai 5-th sampai dengan 95-th.
- 3) Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata Produk dirancang berdasarkan pada ukuran rata-rata tubuh manusia atau dalam rentang *50-th percentile*.

Dengan demikian jelaslah bahwa dalam melakukan desain atau redesain dalam proses perancangan produk dan stasiun kerja haruslah berpedoman pada aplikasi data antropometri pemakainya.

2.6. Nordic Body Map

Adanya kelihan otot skeletal yang terkait dengan ukuran tubuh manusia lebih disebabkan oleh tidak adanya kondisi keseimbangan struktur rangka didalam menerima beban , baik beban tubuh manusia maupun beban tambahan lainnya. Misalnya tubuh yang tinggi rentan terhadap beban tekan dan tekukan, oleh sebab

itu mempunyai resiko yang lebih tinggi terhadap terjadinya keluhan otot skelatel (Wignjosoebroto, 2000). Melalui nordic body map diketahui bagian-bagian otot yang mengalami tingkat keluhan mulai dari rasa tidak sakit sampai sangat sakit. Kuesioner nordic body map terhadap segmen-segmen tubuh ditampilkan pada gambar 2.5



0. Leher atas
1. Leher bawah
2. Bahu kiri
3. Bahu kanan
4. Lengan atas kiri
5. Punggung
6. Lengan atas kanan
7. Pinggang
8. Bawah pinggang
9. Bokong
10. Siku kiri
11. Siku kanan
12. Lengan bawah kiri
13. Lengan bawah kanan
14. Pergelangan tangan kiri
15. Pergelangan tangan kanan
16. Tangan kiri
17. Tangan kanan
18. Paha kiri
19. Paha kanan
20. Lutut kanan
21. Lutut kiri
22. Betis kiri
23. Betis kanan
24. Pergelangan kaki kiri
25. Pergelangan kaki kanan
26. Telapak kaki kiri
27. Telapak kaki kanan

Gambar 2.4. Nordic Body Map Questionere

Sumber : Wilson, J.R.& Corlett, 1995

2.7. Elemen Kerja

Elemen therblig adalah pergolongan elemen kerja ke dalam beberapa kelompok elemen. Menurut Barnes (1982), elemen gerakan terdiri dari 17 elemen gerakan yang dikelompokkan, yaitu:

1. Kelompok gerakan utama

Elemen gerakan yang bersifat memberi nilai tambah termasuk dalamnya, yaitu assembly, disassembly dan use. Kelompok gerakan utama di jelaskan, sebagai berikut:

a. Assembly (A).

Elemen yang menghubungkan dua elemen obyek atau lebih menjadi satu kesatuan.

b. Disassembly (DA).

Elemen gerakan yang memisahkan atau menguraikan dua objek yang tergabung menjadi menjadi satu obyek terpisah.

c. Use (U).

Gerakan dimana salah satu atau kedua tangan digunakan untuk memakai atau mengontrol suatu alat atau obyek untuk tujuan tertentu.

2. Kelompok gerakan penunjang.

Elemen gerakan yang kurang memberikan nilai tambah, namun diperlukan. Terdiri dari elemen gerakan reach, grasp, move dan released load. Elemen gerakan ini dijelaskan sebagai berikut:

a. Reach (RE)

Merupakan gerakan yang menggambarkan gerakan tangan berpindah tempat tanpa beban atau hambatan baik gerakan menuju atau menjauhi obyek.

b. Grasp (G).

Merupakan elemen gerakan yang dilakukan dengan menutup jari-jari tangan pada obyek yang kehendaki dalam suatu operasi kerja.

c. Move (M).

Merupakan gerakan perpindahan tangan, hanya disini tangan bergerak dalam kondisi membawa beban.

d. Released load (RL).

Elemen gerakan yang terjadi pada saat tangan operator melepaskan kembali terhadap obyek yang di pegang sebelumnya.

3. Kelompok gerakan pembantu.

Elemen-elemen yang tidak memberikan nilai tambah dan memungkinkan untuk dihilangkan. Elemen-elemen gerakan yang termasuk di dalamnya, yaitu search, select, position, hold, inspection dan preposition. Kelompok gerakan pembantu di jelaskan, sebagai berikut:

a. Search (S).

Merupakan elemen dasar pekerja untuk menentukan lokasi suatu obyek, dalam hal ini dilakukan oleh mata. Gerakan ini dimulai pada saat mata bergerak mencari mencari obyek dan berakhir bila obyek tersebut di temukan.

b. Select (SE).

Merupakan gerakankerja menemukan tau memilih obyek diantara dua atau lebih obyek yang sama lain

c. Position (P).

Elemen gerakan yang terdiri dari menempatkan obyek pada lokasi yang di tuju secara tepat.

d. Hold (H).

Elemen gerakan yang terjadi pada saat tangan memegang obyek tanpa menggerakkan obyek tersebut.

e. Inspection (I).

Langkah ketja menjamin bahwa obyek telah memenuhi persyaratan kualitas yang di tetapkan.

f. Pre-positions(PP).

Elemen gerakan mengarahkan obyek pada suatu tempat sementara, sehingga pada saat dilakukan, maka dengan mudah obyek akan bisa dipegang dan dibawa kearah tujuan yang di kehendaki.

4. Kelompok Gerakan Luar.

Elemen gerakan yang sama sekali tidak memberikan nilai tambah, sehingga sedapat mungkin di hilangkan. Terdiri dari elemen gerakan rest to overcome fatigue, plan,unavoidable delay dan avoidable delay. Elemen ini dijelaskan, sebagai berikut :

a. Rest to overcome fatigue (R).

Waktu untuk memulihkan kondisi badan dari kelelahan fisik.

b. Plan (P).

Merencanakan merupakan proses mental suatu operator berhenti sejenak bekerja dan menentukan tindakan selanjutnya.

c. Onavoidable delay (UD).

Kondisi kerja ini merupakan kondisi yang diakibatkan oleh hal-hal yang diluar control operator dan merupakan intruksi terhadap proses kerja yang berlanjung.

d. ovoidable delay (AD).

Waktu mengangur yang terjadi selama siklus kerja yang di hindarkan.

2.8. Analisis Pengukuran Mekanika Tubuh Manusia dengan Metode Biomekanika

Biomekanika merupakan salah satu dari empat bidang penelitian informasi hasil ergonomi. Yaitu penelitian tentang kekuatan fisik manusia yang mencakup kekuatan atau daya fisik manusia ketika bekerja dan mempelajari bagaimana cara kerja serta peralatan harus dirancang agar sesuai dengan kemampuan fisik manusia ketika melakukan aktivitas kerja tersebut.

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.

2.9. Konsep Biomenika

Biomekanika diklasifikasikan menjadi 2, yaitu :

1. General Biomechanic

General Biomechanic adalah bagian dari Biomekanika yang berbicara mengenai hukum – hukum dan konsep – konsep dasar yang mempengaruhi tubuh organic manusia baik dalam posisi diam maupun bergerak.

Dibagi menjadi 2, yaitu:

- a) Biostatics adalah bagian dari biomekanika umum yang hanya menganalisis tubuh pada posisi diam atau bergerak pada garis lurus dengan kecepatan seragam (uniform).
- b) Biodinamic adalah bagian dari biomekanik umum yang berkaitan dengan gambaran gerakan – gerakan tubuh tanpa mempertim-bangkan gaya yang terjadi (kinematik) dan gerakan yang disebabkan gaya yang bekerja dalam tubuh (kinetik) (Tayyari, 1997).

2.Occupational Biomechanic.

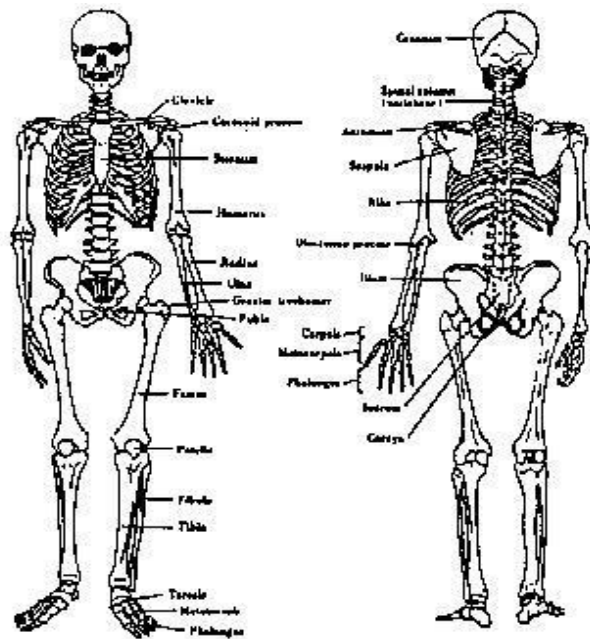
Didefinisikan sebagai bagian dari biomekanik terapan yang mempelajari interaksi fisik antara pekerja dengan mesin, material dan peralatan dengan tujuan untuk meminimumkan keluhan pada sistem kerangka otot agar produktifitas kerja dapat meningkat. Setelah melihat klasifikasi diatas maka dalam praktikum kita ini dapat kita kategorikan dalam Biomekanik Occupational Biomechanic. Untuk leebih jelasnya disini akan kita bahas tentang anatomi tubuh yang menjadi dasar perhitungan dan penganalisaan biomekanik.

Dalam biomekanik ini banyak melibatkan bagian bagian tubuh yang berkolaborasi untuk menghasilkan gerak yang akan dilakukan oleh

organ tubuh yakni kolaborasi antara Tulang, Jaringan penghubung (*Connective Tissue*) dan otot yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tulang

Tulang adalah alat untuk meredam dan mendistribusikan gaya/tegangan yang ada padanya. Tulang yang besar dan panjang berfungsi untuk memberikan perbandingan terhadap beban yang terjadi pada tulang tersebut. Mungkin dalam aplikasinya biomekanik selalu berhubungan dengan kerangka manusia, oleh sebab itu di bawah ini adalah gambar kerangka manusia (Eko Nurmiyanto, 1996).



Gambar 2.5. Kerangka Manusia

Sumber Nurmiyanto, 1988

Tulang juga selalu terikat dengan otot, dan jaringan penghubung (*connective Tissue*) yakni ligamen, cartilage dan Tendon. Fungsi otot disini untuk menjaga posisi tubuh agar tetap sikap sempurna.

2. Connective Tissue atau jaringan penghubung

a. Cartilagenous

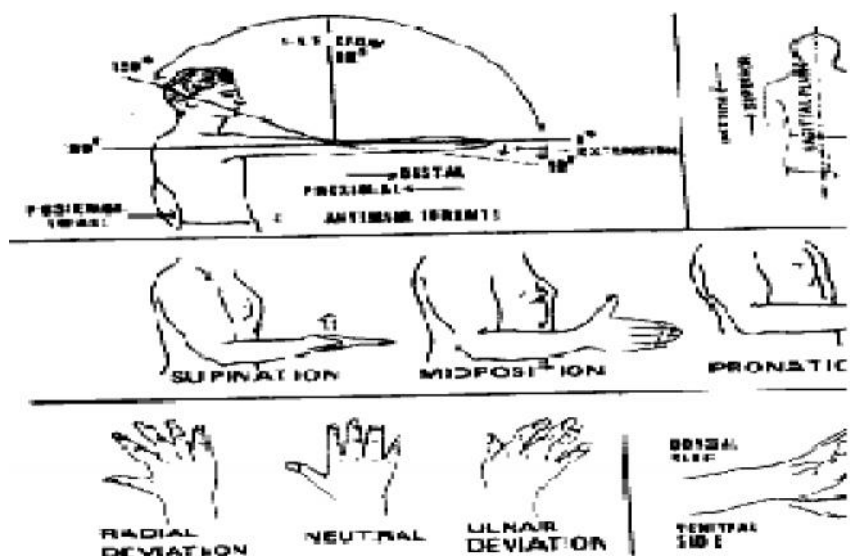
Fungsi dari sambungan Cartilagenous adalah untuk pergerakan yang relatif kecil.

Contoh: Sambungan tulang iga (ribs) dan pangkal tulang iga (sternum)

Sambungan cartilagenous khusus, antara vertebrata (ruas-ruas tulang belakang) yaitu dikenal sebagai intervertebratal disc, yang terdiri dari pembungkus, dan dikelilingi oleh inti (puply core). Verterbrae juga terdapat pada ligamen dan otot. Adanya gerakan yang relatif kecil pada setiap jointnya, dapat mengakibatkan adanya flaksibilitas badan manusia untuk membungkuk, menengadah, dan memutar. Sedangkan disc berfungsi sebagai peredam getaran pada saat manusia bergerak baik translasi dan rotasi (Nurmianto, 1996).

b. Ligamen

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



Gambar 2.6. Gerak Tangan

Sumber : Nurmianto, 1996

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

Lengan dan tungkai adalah sambungan yang kompleks, yang mampu untuk mengadakan gerakan 3 dimensi, Contoh: gerakan mengangkat tangan, sambungan siku juga dibantu oleh sambungan bahu, pergerakan rotasi seluruh tangan pada sumbu dan gerakan lengan tangan pada sambungan pergelangan tangannya. Tangan manusia mempunyai fleksibilitas yang tinggi dalam gerakannya (Nurmianto, 1996).

c. Tendon

Berfungsi sebagai penghubung antara tulang dan otot terdiri dari sekelompok serabut collagen yang letaknya paralel dengan panjang tendon. Tendon bergerak dalam sekelompok jaringan serabut dalam suatu area dimana adanya gaya gesekan harus diminimumkan. Bagian dalam dari jaringan ini mengeluarkan cairan *synovial* untuk pelumasan (Nurmianto, 1996).

3. Otot (Muscle)

Membahas masalah otot striatik yaitu otot sadar. Otot terbentuk atas visber (fibre), dengan ukuran panjang dari 10-40 mm dan berdiameter 0,01-0,1 mm dan sumber energi otot berasal dari pemecahan senyawa kaya energi melalui proses aerob maupun anaerob.

a. Anaerobic

Yaitu proses perubahan ATP menjadi ADP dan energi tanpa bantuan oksigen. Glikogen yang terdapat dalam otot terpecah menjadi energi, dan membentuk asam laktat. Dalam proses ini asam laktat akan memberikan indikasi adanya kelelahan otot secara local, karena kurangnya jumlah oksigen yang disebabkan oleh kurangnya jumlah suplai darah yang dipompa dari jantung. Misalnya jika ada gerakan yang sifatnya tiba-tiba (mendadak), lari jarak dekat (sprint), dan lain sebagainya. Sebab lain adalah karena pencegahan kebutuhan aliran darah yang mengandung oksigen dengan adanya beban otot statis. Ataupun karena aliran darah yang tidak cukup mensuplai oksigen dan glikogen akan melepaskan asam laktat.

b. Aerobic

Yaitu proses perubahan ATP menjadi ADP dan energi dengan bantuan oksigen yang cukup. Asam laktat yang dihasilkan oleh kontraksi otot dioksidasi dengan cepat menjadi dan dalam kondisi aerobik. Sehingga beban pekerjaan yang tidak terlalu melelahkan akan dapat berlangsung cukup lama. Di samping itu aliran darah yang cukup akan mensuplai lemak, karbohidrat dan oksigen ke dalam otot. Akibat dari kondisi kerja yang terlalu lama akan menyebabkan kadar glikogen dalam darah akan menurun drastis di bawah norma, dan sebaliknya kadar asam laktat akan meningkat, dan kalau sudah demikian maka cara terbaik adalah menghentikan pekerjaan, kemudian istirahat dan makan makanan yang bergizi untuk membentuk kadar gula dalam darah. 2 COO H 2 Hal tersebut di atas adalah merupakan proses kontraksi otot yang telah disederhanakan analisa pembangkit energinya, dan sekaligus menandakan arti pentingnya aliran darah untuk otot. Oleh karenanya para ergonom hendaknya memperhatikan hal-hal seperti berikut untuk sedapat mungkin dihindari (Nurmianto, 1996):

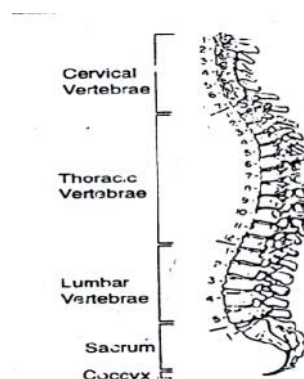
- a) Beban otot statis (*static muscle loads*).
- b) Oklusi (penyumbatan aliran darah) karena tekanan, misalnya tekanan segi kursi pada popliteal (lipat lutut).
- c) Bekerja dengan lengan berada di atas yang menyebabkan siku aliran darah bekerja berlawanan dengan arah gravitasi.

2.10. Analisa Mekanik

2.10.1. Maximum Permissible Limit (MPL)

Merupakan batas besarnya gaya tekan pada segmen L5/S1 dari kegiatan pengangkatan dalam satuan Newton yang distandarkan oleh NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) tahun 1981. Besar gaya tekannya adalah di bawah 6500 N pada L5/S1. Sedangkan batasan gaya angkatan normal (*the Action Limit*) sebesar 3500 pada L5/S1. Sehingga, apabila $F_c < AL$ (aman), $AL < F_c < MPL$ (perlu hati-hati) dan apabila $F_c > MPL$ (berbahaya). Batasan gaya angkat maksimum yang diijinkan, yang direkomendasikan NIOSH (1991) adalah berdasarkan gaya tekan sebesar 6500 N pd L5/S1, namun hanya 1% wanita dan 25% pria yang diperkirakan mampu melewati batasan angkat ini.

Perlu diperhatikan bahwa nilai dari analisa biomekanika adalah rentang postur atau posisi aktifitas kerja, ukuran beban, dan ukuran manusia yang dievaluasi. Sedangkan kriteria keselamatan adalah berdasar pada beban tekan (*compression load*) pada interbral disk antara Lumbar nomor lima dan sacrum nomor satu (L5/S1). Untuk mengetahui lebih jelas lagi L5/S1 dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini



Gambar 2.7. Klasifikasi Dan Kodifikasi Pada Vertebrae

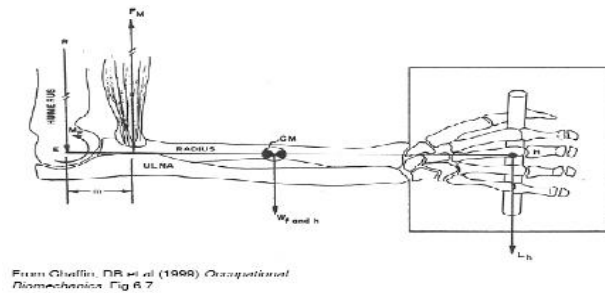
Sumber Nurmianto, 1996

Analisa dari berbagai macam pekerjaan yang menunjukkan rasa nyeri (ngilu) berhubungan erat dengan beban kompresi (tekan) yang terjadi pada (L5/S1), demikian kata Chaffin and Park (1973). Telah ditemukan pula bahwa 85-95% dari penyakit hernia pada disk terjadi dengan relative frekuensi pada L4/L5 dan L5/S1. Kebanyakan penyakit-penyakit tulang belakang adalah merupakan hernia pada intervertebral disk yaitu keluarnya inti *intervertebral (pulpy nucleus)* yang disebabkan oleh rusaknya lapisan pembungkus *intervertebral disk*.

Evan dan Lissner (1962) dan Sonoda (1962) melakukan penelitian dengan uji tekan pada *spine* (tulang belakang). Mereka menemukan bahwa tulang belakang yang sehat tidak mudah terkena hernia, akan tetapi lebih mudah rusak/retak jika disebabkan oleh beban yang ditanggung oleh segmen tulang belakang (*spinal*) dan yang terjadi dengan diawali oleh rusaknya bagian atas/bawah segmen tulang belakang (*the castilage end-plates in the vertebrae*). Retak kecil yang terjadi pada vertebral akan menyebabkan keluarnya cairan dari dalam *vertebrae* menuju kedalam intervetrebae disc dan selanjutnya mengakibatkan degenerasi (kerusakan) pada disk. Dari kejadian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa degenerasi adalah merupakan prasyarat untuk terjadinya hernia pada *intervertebral disc* yang pada gilirannya akan menjadi penyebab umum timbulnya rasa nyeri pada bagian punggung bawah (*low-back pain*).

Dalam gerakan pada sistem kerangka otot, otot bereaksi terhadap tulang untuk mengendalikan gerak rotasi di sekitar sambungan tulang, beberapa sistem pengungkit menjelaskan hal tersebut. Dalam sistem ini otot bertindak sebagai sistem mekanis yang berfungsi untuk suplai energi kinetik dan gerakan angular.

Pada Gambar 1.6 digambarkan sistem pengungkit yang terdapat pada anggota tubuh manusia yang melakukan aktivitas kerja.



Gambar 2.8 Sistem Pengungkit

Sumber : Evan dan Lissner 1962

(sistem pengungkit I) $F = \frac{R \cdot L}{r}$	(sistem Pengungkit II) $F = \frac{r + R}{r} \cdot L$
---	--

a. Sistem pengungkit I :

Contoh sistem pengungkit I :

- a. Otot Triceps menarik ulna untuk menggerakkan siku
- b. Otot Quadriceps menarik tibia melalui patella untuk menggerakkan lutut

b. Sistem pengungkit II :

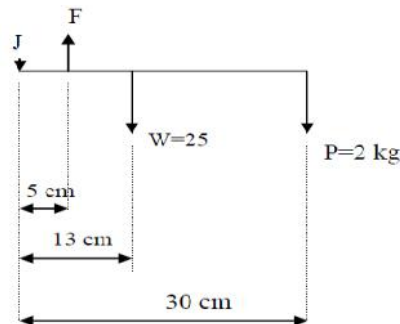
Contoh sistem pengungkit II :

- a. Otot Biceps menarik radius untuk mengangkat siku
- b. Otot Brachialis menarik ulna untuk mengangkat siku
- c. Otot Deltoid menarik humerus untuk mengangkat bahu

Untuk mendapatkan gambaran sederhana tentang mekanisme gaya (*force*) tersebut, dibawah ini terdapat contoh sbb:

Contoh soal:

Suatu benda kerja seberat 2 kg diangkat dengan satu lengan, berat lengan tersebut 25 N. Di ketahui jarak pusat beban lengan terhadap pusat beban benda sejauh 30 cm, $r = 5$ cm, $R = 13$ cm



Dari data diatas dapat kita tentukan gaya F yang dikenai benda terhadap lengan sbb:

$$F = \frac{13 \times 25 + (30 \times 20)}{5}$$

$$= 185 \text{ N}$$

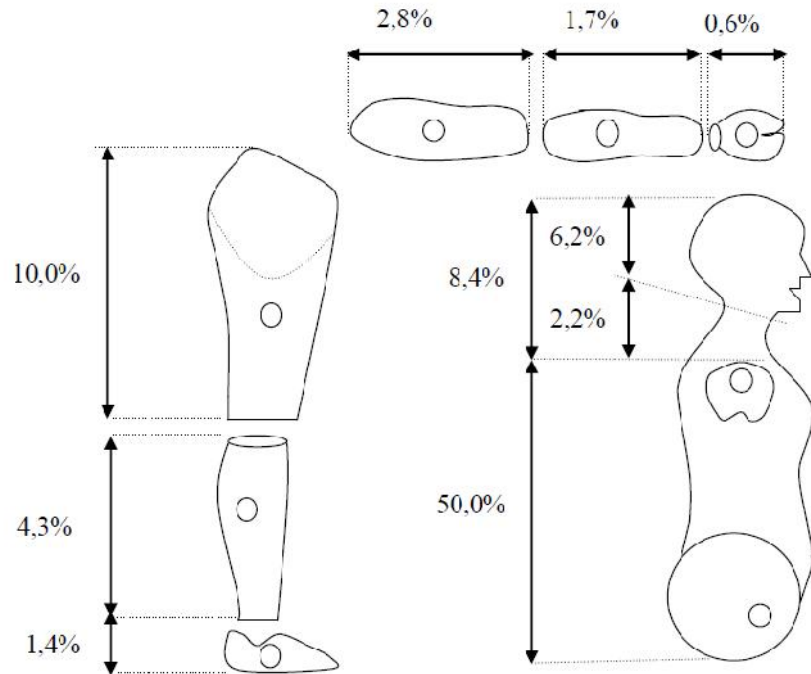
Dan gaya reaksinya adalah :

$$J = 185 - 25 - 20 = 140 \text{ N}$$

Perlu kita ketahui bahwa seorang operator bekerja tidak hanya lengan saja yang mengeluarkan tenaga, tetapi bagian tubuh yang lain seperti punggung, paha, betis dll.

Dalam biomekanik perhitungan guna mencari moment dan gaya dapat dilakukan dengan cara menghitung gaya dan mement secara parsial atau menghitung tiap segmen yang menyusun tubuh manusia. Berat dari masing –

masing segmen dibawah ini didapat dari besarnya prosentase dikali dengan gaya berat dari orang tersebut.

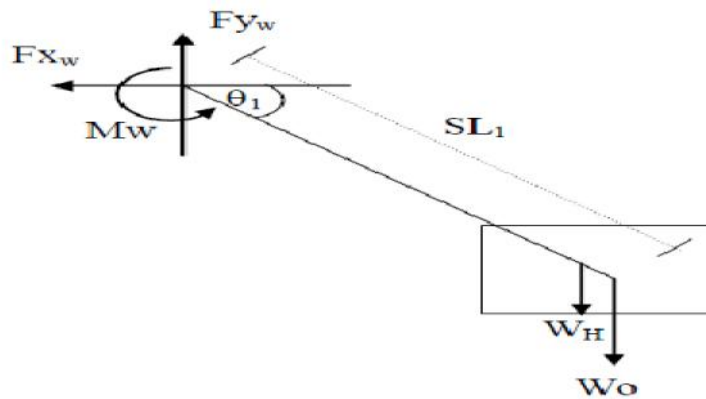


Gambar 2.9 Persentase Persegmen Tubuh

Sumber Tayyari, 1997

Oleh karena itu, di bawah ini merupakan perhitungan (secara manual). Perhitungan dilakukan di setiap segmen yang mempengaruhi tulang belakang dalam melakukan aktivitas pengangkatan, kecuali segmen kaki:

1. Telapak tangan



$$F_y = 0$$

$F_x = 0$ -- tidak ada gaya horisontal.

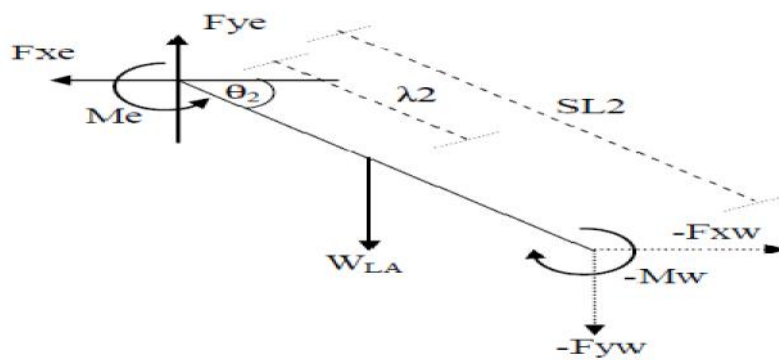
$$M = 0$$

$$W_H = 0,6\% \times W_{\text{badan}}$$

$$F_{yw} = W_o/2 + W_H$$

$$M_w = (W_o/2 + W_H) \times SL1 \times \cos \theta_1$$

2. Lengan Bawah



$$F_y = 0$$

$F_x = 0$ -- tidak ada gaya horisontal.

$$M = 0$$

$$\theta_2 = 43\%$$

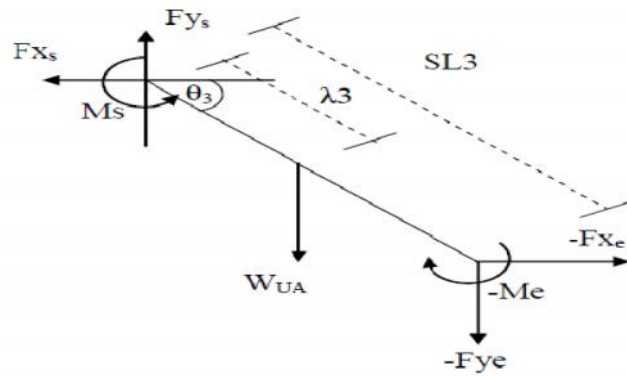
$$W_{LA} = 1,7\% \times W_{\text{badan}}$$

$$F_{ye} = F_{yw} + W_{LA}$$

$$M_e = M_w + (W_{LA} \times \frac{1}{2} \times SL2 \times \cos \theta_2)$$

$$+ (F_{yw} \times SL2 \times \cos \theta_2)$$

3. Lengan Atas



$$F_y = 0$$

$F_x = 0$ -- tidak ada gaya horisontal.

$$M = 0$$

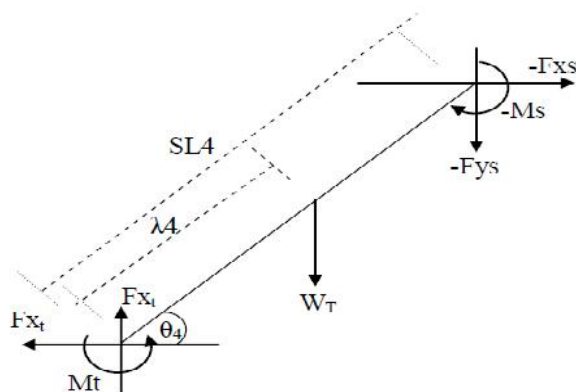
$$\lambda = 43,6\%$$

$$W_{UA} = 2,8\% \times W_{\text{badan}}$$

$$F_{ys} = F_{ye} + W_{UA}$$

$$M_s = M_e + (W_{UA} \times \lambda \times SL3 \times \cos \lambda) + (F_{ye} \times SL3 \times \cos \lambda)$$

4. Punggung



$$F_y = 0$$

$F_x = 0$ -- tidak ada gaya horisontal.

$$M = 0$$

$$4 = 67\%$$

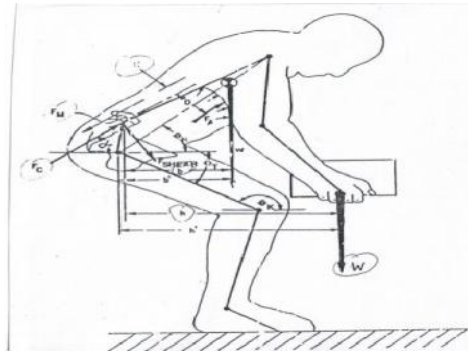
$$WT = 50\% \times W_{\text{badan}}$$

$$F_{yt} = 2F_{ys} + WT$$

$$M_t = 2M_s + (WT \times 4 \times SL_4 \times \cos 4)$$

$$+ (2F_{ys} \times SL_4 \times \cos 4)$$

Dengan menggunakan teknik perhitungan keseimbangan gaya pada tiap segmen tubuh manusia, maka didapat moment resultan pada L5/S1. Kemudian untuk mencapai keseimbangan tubuh pada aktivitas pengangkatan, moment pada L5/S1 tersebut diimbangi gaya otot pada spinal erector (FM) yang cukup besar dan juga gaya perut (FA) sebagai pengaruh tekanan perut (PA) atau Abdominal Pressure yang berfungsi untuk membantu kestabilan badan karena pengaruh momen dan gaya yang ada seperti model pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.10. Aktivitas Pengangkatan

Sumber : Tayyari 1997

2.10.2. Recommended Weight Limit (RWL)

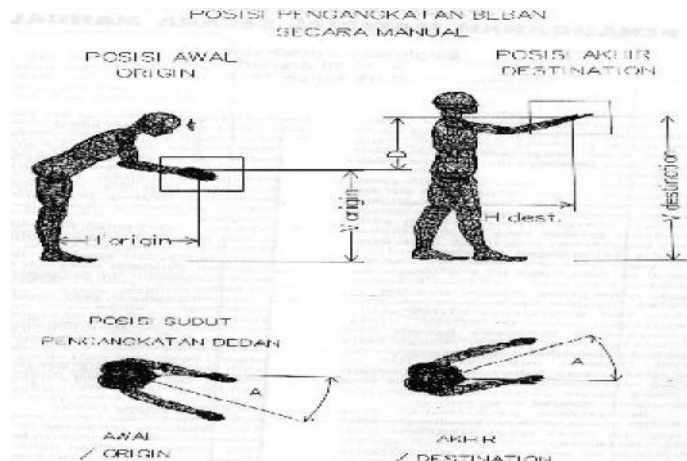
Recommended Weight Limit merupakan rekomendasi batas beban yang dapat diangkat oleh manusia tanpa menimbulkan cedera meskipun pekerjaan

tersebut dilakukan secara repetitive dan dalam jangka waktu yang cukup lama. RWL ini ditetapkan oleh NIOSH pada tahun 1991 di Amerika Serikat.

Persamaan NIOSH berlaku pada keadaan :

- a. Beban yang diberikan adalah beban statis, tidak ada penambahan ataupun pengurangan beban di tengah – tengah pekerjaan.
- b. Beban diangkat dengan kedua tangan.
- c. Pengangkatan atau penurunan benda dilakukan dalam waktu maksimal 8jam.
- d. Pengangkatan atau penurunan benda tidak boleh dilakukan saat duduk atau berlutut.
- e. Tempat kerja tidak sempit.

Berdasarkan sikap dan kondisi sistem kerja pengangkatan beban dalam proses pemuatan barang yang dilakukan oleh pekerja dalam eksperimen, penulis melakukan pengukuran terhadap faktor – faktor yang mempengaruhi dalam pengangkatan beban dengan acuan ketetapan.



Gambar 2.11. Recommended Weight Limit

Sumber :NIOSH,1991.

Persamaan untuk menentukan beban yang direkomendasikan untuk diangkat seorang pekerja dalam kondisi tertentu menurut adalah sebagai berikut (Shahu 2016):

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

Sumber Shahu (1991)

Keterangan:

LC = konstanta pembebanan = 23 kg

HM = faktor pengali horizontal = 25 / H

FM = faktor pengali frekuensi (*Frequency Multiplier*) ***lihat tabel 2.2**

CM = faktor pengali kopling (*handle*) * **lihat tabel 2.3**

VM = Faktor pengali vertikal

$$VM = 1 - 0.03 [V - 75]$$

DM = Faktor pengali perpindahan

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{D}$$

AM = Faktor pengali asimetrik

$$AM = 1 - 0,0032 \cdot A$$

Keterangan:

H = jarak beban terhadap titik pusat tubuh

V = jarak beban terhadap lantai

D = jarak perpindahan beban secara vertical

A = sudut simetri putaran yang dibentuk tubuh

Untuk Frekuensi Pengali ditentukan dengan menggunakan tabel FM dibawah ini dengan mengetahui frekuensi angkatan tiap menitnya dan juga nilai V dalam inchi.

Tabel 2.2 Tabel Frekuensi Pengali

Frekuensi Angkatan/menit (f)	Durasi kerja					
	≤1 jam		1 jam ≤ t ≤2 jam		2jam ≤ t ≤8 jam	
	V <30	V ≥ 30	V <30	V ≥ 30	V <30	V ≥ 30
≤ 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	0,15
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,13
12	0,37	0,37	0,00	0,21	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

Sumber : Chaffin,1999

Keterangan: untuk frekuensi pengangkatan kurang atau hanya 1 kali dalam 5 menit ditetapkan $F = 2 \text{ Lift/mnt}$

Untuk Faktor Pengali kopling (handle) dapat ditentukan pada tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.3. Tabel Coupling Multiplier

Coupling type	Coupling Multiplier	
	V < 30 inches	V > 30 inches
	(75 cm)	(75 cm)
Good	1.00	1.00
Fair	0.95	1.00
Poor	0.90	0.95

Sumber : Chaffin,1999

Dari persamaan yang ditetapkan NIOSH tersebut, terdapat perbedaan faktor pengali jarak vertikal untuk pekerja Indonesia, sehingga perlu penyesuaian terhadap nilai perkiraan berat beban yang direkomendasikan untuk diangkat. Adanya perbedaan ini karena faktor pengali vertikal sangat bergantung pada antropometri ketinggian knuckle (jarak vertikal dari lantai ke ujung jari tangan dengan posisi lurus ke bawah). Perumusan faktor pengali vertikal yang dihasilkan adalah (Shahu 2016):

$$VM = 1 - 0.03 [V - 75]$$

Setelah nilai *RWL* diketahui, selanjutnya perhitungan *Lifting Index*, untuk mengetahui index pengangkatan yang tidak mengandung resiko cedera tulang belakang, dengan persamaan :

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

Keterangan:

Jika $LI \leq 1$, maka aktivitas tersebut tidak mengandung resiko cedera tulang belakang. Jika $LI > 1$, maka aktivitas tersebut mengandung resiko cedera tulang belakang.

Dalam tubuh manusia terdapat tiga jenis gaya: Winter, 1979)

1. Gaya Gravitasi, yaitu gaya yang melalui pusat massa dari tiap segmen tubuh manusia dengan arah ke bawah. Besar gayanya adalah massa dikali percepatan gravitasi ($F = m \cdot g$)
2. Gaya Reaksi yaitu gaya yang terjadi akibat beban pada segmen tubuh atau berat segmen tubuh itu sendiri.

3. Gaya otot yaitu gaya yang terjadi pada bagian sendi, baik akibat gesekan sendi atau akibat gaya pada otot yang melekat pada sendi. Gaya ini menggambarkan besarnya momen otot.

Tubuh manusia terdiri dari 6 link Chaffin & Anderson (1984), yaitu:

1. **Link lengan bawah**, dibatasi joint telapak tangan dan siku.
2. **Link lengan atas**, dibatasi joint siku dan bahu.
3. **Link punggung**, dibatasi joint bahu dan pinggul.
4. **Link paha**, dibatasi joint pinggul dan lutut.
5. **Link betis**, dibatasi joint lutut dan mata kaki.
6. **Link kaki**, dibatasi joint mata kaki dan telapak kaki.

2.11. Penelitian Sebelumnya

1. Siti Rahayu, Yusuf Mauluddin, Nanan Priyatna penelitian ini berjudul “Perancangan Alat Bantu Perakitan Axle Counter Rack (ACR) di PT Len Industri Persero Bandung” penelitian ini membahas tentang Salah satu bagian proses pembuatan sistem persinyalan kereta api itu adalah merakit frame-frame mekanik yang disesuaikan dengan jumlah frame yang akan dirakit. Axle Counter Rack (ACR) ini, terbentuk seperti lemari baju dengan ukuran 65cm x 65cm x 217cm. Setiap frame dirakit ke dalam ACR menggunakan baut dan mur dengan alat bantu kunci pas, proses perakitan ini dilakukan oleh seorang operator dengan memasang 56 frame mekanik yang harus dirakit, yang nantinya frame-frame ini akan berfungsi untuk pemasangan modul-modul elektrik.

Pada saat melakukan perakitan rak ACR, operator harus berusaha menyesuaikan posisi tubuhnya supaya tetap tegak dan dapat menjangkau

bagian yang akan dirakit kedalam rak ACR. Lalu penyesuaian posisi dan sikap tubuh ini, dilakukan berulang-ulang dengan posisi tubuh membungkuk, posisi setengah duduk, posisi jongkok serta posisi tangan menjangkau di atas siku-siku.

Hasil dari penelitian ini adalah analisa perbaikan sikap kerja dengan merancang sebuah alat bantu tangga lipat yang ukurannya sudah disesuaikan dengan anthropometri pekerja.

2. Roberta Zulphi Surya, Rusdi Badruddin, M. Gasali penelitian ini berjudul “ Aplikasi Ergonomic Function Deployment (EFD) Pada Redesign Alat Parut Kelapa Untuk Ibu Rumah Tangga” penelitian ini membahas tentang Kemajuan teknologi saat ini banyak di kembangkan model alat parut kelapa di masyarakat. Sebagian besar produk tersebut dengan mengedepankan kepraktisan dan harga jual murah agar menjadi perhatian konsumen, terutama ibu rumah tangga yang bekerja untuk memasak di rumah setiap hari. Alat parut kelapa yang tergolong memiliki model dan fungsi bagus, harga relatif terjangkau dan tahan lama akan dibeli masyarakat.

Alat parut kelapa yang sudah beredar di pasaran salah satunya adalah produk pamarut kelapa dengan cara manual menggunakan sistem engkol. Produk alat parut kelapa yang ada memang cukup membantu para ibu rumah tangga dalam memarut kelapa. Hampir semua alat bantu kerja, mainan, serta kelontong di rancang dengan mengedepankan aspek estetika saja dan mengorbankan aspek ergonominya sehingga keluhan-

keluhan fisik seringkali terjadi seperti keluhan baca dan keluhan muskuloskeletal.

Hasil dari penelitian adalah perbaikan alat kerja untuk meningkatkan produktivitas, sejalan dengan itu waktu parut kelapa menggunakan alat baru dengan intervensi EFD memiliki keunggulan lebih cepat 5 menit dibanding alat yang dirancang tanpa mempertimbangkan faktor ergonomi. Selain itu, peningkatan kecepatan memarut dan menurunnya keluhan muskuloskeletal pada penelitian ini dapat dicapai karena menggunakan pendekatan partisipasi aktif dari *stakeholder*, yakni ibu rumah tangga yang dijumpai oleh akademisi. Pendekatan partisipasi tersebut terbukti lebih memberikan kontribusi pada penurunan keluhan muskuloskeletal dan peningkatan kecepatan proses produksi.

3. Sritomo Wignjosoebroto, Arief Rahman, dan Dwi Pramono penelitian ini berjudul “Perancangan Lingkungan Kerja Dan Alat Bantu Yang Ergonomis Untuk Mengurangi Masalah *Back Injury* dan Tingkat Kecelakaan Kerja pada Departemen Mesin Bubut (Studi Kasus PT Atak Indometal Ngingas Waru-Sidoarjo)” penelitian ini membahas tentang proses produksi yang menggunakan mesin Bubut sering terjadi kecelakaan kerja baik cedera ringan maupun berat dan operator mesin bubut sering mengeluh lelah dan nyeri. Hal ini akan menyebabkan kerugian pada perusahaan.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kondisi lingkungan kerja, data jenis dan kecelakaan kerja, data denyut jantung dan konsumsi

energi, data perhitungan biomekanika, data anthropometri dan data posisi kerja sebelum ada perbaikan.

Hasil dari penelitian ini adalah:

- a. pembuatan rancangan ulang alat bantu kerja berupa kursi yang ukurannya di sesuaikan dengan data anthropometri pekerja mesin bubut .
- b. pencahayaan sebesar 200-500 luks. Sedangkan penerangan sebelumnya yang berada di departemen mesin bubut dengan menggunakan 3 buah lampu neon 40 Watt sebesar 54-115 luks. Dengan diletakkannya lampu-lampu di titik-titik area seperti pada gambar 5.1, maka tiap titik area yang diterangi dengan lampu 40 watt sebanyak 8 buah lampu sudah memenuhi standar penerangan yang dikeluarkan oleh sebesar 200-500 luks.
- c. pengeluaran energi untuk operator mesin bubut sebesar 4,8192 Kcal/menit, hal ini dapat disimpulkan bahwa pengeluaran rata-rata operator mesin bubut melebihi standar yang telah ditetapkan oleh Lehman. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi alat kerja yang tidak ergonomis, seperti posisi duduk yang membungkuk yang menyebabkan beban pada punggung menjadi lebih besar, tempat bahan baku yang jauh sehingga dalam melakukan pengangkatan yang agak condong kesamping, dengan posisi yang tidak ergonomis dapat mempengaruhi denyut jantung operator dan berpengaruh terhadap pengeluaran energi.