

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ergonomi

Ergonomi sebagai salah satu cabang ilmu yang beracuan untuk menciptakan sistem kerja yang baik dan sangat membantu dalam perancangan sistem kerja. Lebih jauh lagi ergonomi secara sistematis memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk dapat merancang suatu sistem kerja yang baik. Seperti yang diketahui bahwa beban yang dialami oleh seorang pekerja dapat berupa beban fisik, beban mental (psikologis) ataupun beban sosial/moral yang timbul dari lingkungan kerja. Oleh karena itu sistem kerja khususnya peralatan kerja dan lingkungan kerja sebaiknya dirancang sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan fisik dan mental pekerja.

2.1.1 Definisi Ergonomi

Ilmu Ergonomi banyak dipakai oleh para ahli disetiap bidang untuk memberikan hasil kerja yang lebih baik. Banyak peneliti mengartikan ergonomi sesuai dengan pemikirannya masing-masing.

Menurut Ma'arif (2004) :

Ergonomi dapat pula diartikan studi tentang bagaimana manusia secara fisik berinteraksi dengan alat-alat yang digunakannya. Tujuannya adalah bagaimana suatu pekerjaan tersebut menjadi mudah untuk dilakukan. Misalnya bagi seorang sekretaris yang setiap hari berhadapan dengan komputer, maka ergonomi yang dimaksud adalah membuat suasana kerja menjadi mudah dan menyenangkan dengan cara mengatur posisi tempat duduk dengan cara membuat rancangan tempat duduk yang membuat tubuh tidak cepat lelah.

Sutalaksana (2006, h.72) berpendapat bahwa ergonomi adalah:

suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi – informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia dalam merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, aman, sehat, nyaman, dan efisien.

Menurut Nurmianto (1996, h.1) :

“ergonomi” berasal dari bahasa Latin yaitu *ERGON* (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 desain/ perancangan.

Ergonomi berkenaan pula dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan manusia di tempat kerja dan lingkungannya saling berinteraksi dengan tujuan utama yaitu menyesuaikan suasana kerja dengan manusianya. Ergonomi disebut sebagai “*Human Factors*”. Ergonomi juga digunakan oleh para ahli/professional pada bidangnya misalnya: ahli anatomi, arsitektur, perancangan produk industri, fisika, fisioterapi, terapi pekerjaan, psikologi dan teknik industri. Penerapan ergonomi umumnya meliputi aktivitas rancang bangun (*design*) maupun rancang ulang (*re-design*). Ergonomi dapat berperan pula sebagai desain pekerjaan pada suatu organisasi, desain perangkat lunak, meningkatkan faktor keselamatan dan kesehatan kerja, serta desain dan evaluasi produk (Nurmianto, 1996, h.2).

2.1.2 Ruang Lingkup Ergonomi

Ergonomi adalah ilmu dari pembelajaran ilmu-ilmu lain (multidisiplin), serta merangkum informasi, temuan, dan prinsip dari masing-masing keilmuan tersebut. Keilmuan yang dimaksud antara lain ilmu faal, anatomi, psikologi faal, fisika, dan teknik. Ilmu faal dan anatomi memberikan gambaran bentuk tubuh manusia, kemampuan tubuh atau anggota gerak untuk mengangkat atau ketahanan terhadap suatu gaya yang diterimanya. Ilmu psikologi faal memberikan gambaran terhadap fungsi otak dan sistem persyarafan dalam kaitannya dengan tingkah laku, sementara eksperimental mencoba memahami suatu cara bagaimana mengambil sikap, memahami, mempelajari, mengingat, serta mengendalikan proses motorik, sedangkan ilmu fisika dan teknik memberikan informasi yang sama untuk desain lingkungan kerja dimana pekerja terlibat.

Kesatuan data dari beberapa bidang keilmuan tersebut, dalam ergonomi dipergunakan untuk menyesuaikan suasana kerja dengan manusianya

(Nurmianto,1996, h.1). Dengan begitu konsep dari ilmu ergonomi tersebut dapat diterapkan dengan sebaik-baiknya demi kebaikan manusia yang bersangkutan.

2.1.3 Tujuan Ergonomi

Terdapat beberapa tujuan yang ingin dicapai dari penerapan ilmu ergonomi. Tujuan-tujuan dari penerapan ergonomi adalah sebagai berikut (Tarwaka, 2004, h.7):

- a. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
- b. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial dan mengkoordinasi kerja secara tepat, guna meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
- c. Menciptakan keseimbangan rasional antara aspek teknis, ekonomis, dan antropologis dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

Memahami prinsip ergonomi akan mempermudah evaluasi setiap tugas atau pekerjaan meskipun ilmu pengetahuan dalam ergonomi terus mengalami kemajuan dan teknologi yang digunakan dalam pekerjaan tersebut terus berubah.

2.1.4 Bidang Kajian Ergonomi

Pengelompokkan bidang kajian ergonomi yang secara lengkap dikelompokkan sebagai berikut (Sutalaksana, 2006, h.74-76) :

- a. Faal Kerja, yaitu bidang kajian ergonomi yang meneliti energi manusia yang dikeluarkan dalam suatu pekerjaan. Tujuan dan bidang kajian ini adalah untuk perancangan sistem kerja yang dapat meminimasi konsumsi energi yang dikeluarkan saat bekerja.
- b. Antropometri, yaitu bidang kajian ergonomi yang berhubungan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia untuk digunakan dalam perancangan peralatan dan fasilitas sehingga sesuai dengan pemakainya.

- c. Biomekanika yaitu bidang kajian ergonomi yang berhubungan dengan mekanisme tubuh dalam melakukan suatu pekerjaan, misalnya keterlibatan otot manusia dalam bekerja dan sebagainya
- d. Lingkungan fisik yaitu bidang yang pembahasannya meliputi ruangan dan fasilitas-fasilitas yang biasa digunakan oleh manusia, serta lingkungan kerja seperti kebisingan dan pencahayaan. Semua itu banyak mempengaruhi pekerjaan manusia

Pada prakteknya, dalam mengevaluasi suatu sistem kerja secara ergonomi, keempat bidang kajian tersebut digunakan secara sinergis sehingga didapatkan suatu solusi yang optimal, sehingga seluruh bidang kajian ergonomi adalah suatu sistem terintegrasi yang ditujukan untuk perbaikan kondisi manusia dalam bekerja.

2.2 *Discomfort Questionner*

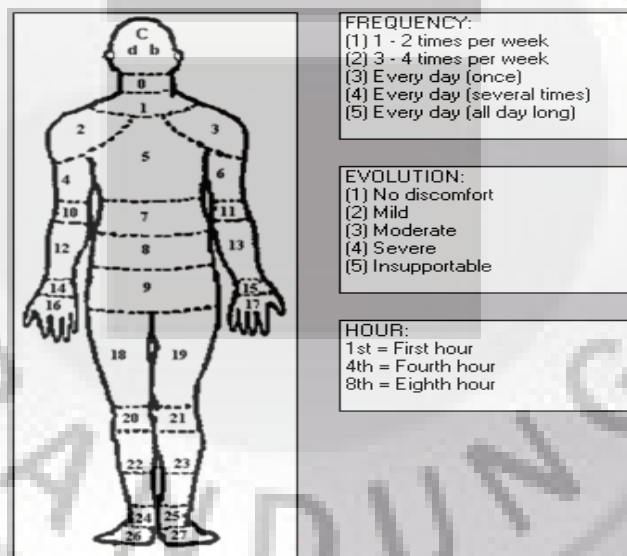
Musculoskeletal Disorders (MSD) dan gejalanya dalam sebuah stasiun kerja adalah umum, muncul terutama pada leher (Troup dan Edwards, 1985). Untuk membantu mendefinisikan masalah dan kaitannya dengan faktor resiko, peningkatan minat telah diarahkan di berbagai negara untuk mengembangkan metode pengumpulan data primer gejala masalah muskuloskeletal atau MSD. Standardisasi diperlukan untuk menganalisis dan merekam gejala masalah muskuloskeletal. Karena jika tidak, maka akan sulit untuk dapat membandingkan hasil dari berbagai studi berbeda. Pertimbangan ini yang menjadi motif utama kelompok Nordic untuk mengembangkan kuesioner standar untuk menganalisis gejala masalah muskuloskeletal. Akan tetapi, bagaimanapun juga penggunaan kuesioner identik bukanlah satu-satunya prasyarat untuk perbandingan data dari berbagai studi berbeda.

2.2.1 Struktur Kuesioner

Kuesioner terdiri dari varian-varian yang terstruktur, biner maupun pilihan berganda dan dapat digunakan sebagai *self-administered questionnaire* (kuesioner yang diisi secara mandiri oleh responden) ataupun dalam wawancara. Ada dua tipe kuesioner: kuesioner umum dan kuesioner khusus yang lebih fokus pada

tulang belakang dan leher/bahu. Tujuan dari kuesioner umum adalah survei sederhana sedangkan kuesioner khusus dapat digunakan untuk tujuan analisis yang lebih dalam.

Dua tujuan utama dari kuesioner adalah sebagai piranti untuk: (1) *screening* (mengumpulkan data-data) MSD dalam konteks ergonomi, (2) pelayanan kesehatan kerja. Kuesioner dapat digunakan untuk maksud untuk studi epidemiologi pada MSD. Akan tetapi kuesioner tidak dimaksudkan untuk menyediakan dasar untuk diagnosa klinis. *Screening* terhadap MSD dapat digunakan sebagai piranti diagnostik untuk menganalisis lingkungan kerja, stasiun kerja dan rancangan alat. Sedangkan pelayanan kesehatan kerja dapat menggunakan kuesioner untuk banyak tujuan. Contohnya, diagnosis dari tegangan kerja (*work strain*), untuk menindaklanjuti dampak dari perbaikan lingkungan kerja dan lain-lain. Untuk gambar struktur *Discomfort Questionnaire* dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Struktur *Discomfort Questionnaire*

Sumber: Crawford, J. O. (2007)

2.2 Antropometri

Ilmu antropometri berperan penting dalam pembuatan fasilitas kerja untuk manusia dalam pekerjaannya. Fasilitas kerja yang dibuat berdasarkan dimensi-dimensi tubuh manusia yang terkait akan sangat bermanfaat dalam memperoleh fasilitas yang baik dan memberikan dampak yang positif bagi pekerjaannya. Hal tersebut yang membuat ilmu antropometri menjadi kajian yang penting bagi

perusahaan dalam mendesain suatu rancangan fasilitas kerja yang baik untuk pekerjaannya.

2.2.1 Definisi Antropometri

Menurut Nurmiyanto (1996, h.50) Antropometri adalah:

satu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia berdasarkan ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk perancangan masalah desain".Jadi dapat disimpulkan bahwa antropometri adalah studi yang mengkaji tentang ukuran, bentuk, massa dan semua dimensi tubuh manusia yang bersangkutan dengan maksud membuat, merancang atau mendesain fasilitas yang akan digunakan oleh manusia agar fasilitas tersebut aman dan nyaman.

2.2.2 Pembagian Antropometri

Untuk memudahkan dalam melakukan pengukuran antropometri, pengukuran dibagi menjadi dua bagian yaitu:

1. Antropometri Statis

Antropometri statis lebih berhubungan dengan pengukuran ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan statis (diam) yang distandarkan. Dimensi yang diukur pada antropometri statis diambil secara linier (lurus) dan dilakukan pada permukaan tubuh pada saat diam.

2. Antropometri Dinamis

Antropometri dinamis lebih berhubungan dengan pengukuran ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan dinamis, dimana dimensi tubuh yang diukur dilakukan dalam berbagai posisi tubuh ketika sedang bergerak sehingga lebih kompleks dan sulit dilakukan. Terdapat tiga kelas pengukuran dinamis, yaitu:

- a. Pengukuran tingkat keterampilan sebagai pendekatan untuk mengerti keadaan mekanis dari suatu aktivitas. Contoh : dalam mempelajari performansi atlet.
- b. Pengukuran jangkauan ruang yang dibutuhkan saat bekerja. Contoh : jangkauan dari gerakan tangan dan kaki efektif pada saat bekerja, yang dilakukan pada saat berdiri atau duduk.

- c. Pengukuran variabilitas kerja. Contoh : analisis kemampuan jari-jari tangan dari seorang juru ketik atau operator komputer.

Data antropometri akan menentukan bentuk, ukuran, dan dimensi yang tepat berkaitan dengan produk yang dirancang dan manusia yang akan memakai produk tersebut. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan antara satu populasi dengan populasi yang lain yaitu (Nurmianto, 1996, h.48-50) :

1. Keacakan/ Random

Dalam butir pertama ini walaupun terdapat dalam satu kelompok populasi yang sudah jelas sama jenis kelamin, suku/ bangsa, kelompok usia dan pekerjaannya, namun masih akan ada perbedaan yang signifikan antara berbagai macam masyarakat. Distribusi frekuensi secara statistik dari dimensi kelompok anggota masyarakat jelas dapat diproklamasikan dengan menggunakan Distribusi Normal, yaitu dengan menggunakan data persentil yang telah diduga, jika mean (rata-rata) dan Standar Deviasinya telah dapat diestimasi.

2. Jenis Kelamin

Secara distribusi statistik ada perbedaan yang signifikan antara dimensi tubuh pria dan wanita. Untuk kebanyakan dimensi pria dan wanita ada perbedaan yang signifikan diantara mean (rata-rata) dan nilai perbedaan ini tidak dapat diabaikan. Pria dianggap lebih panjang dimensi segmen badannya daripada wanita. Oleh karena itu data antropometri untuk kedua jenis kelamin tersebut disajikan secara terpisah.

3. Suku Bangsa (*Ethnic Variability*)

Variasi diantara beberapa kelompok suku bangsa telah menjadi hal yang tidak kalah pentingnya terutama karena meningkatnya jumlah angka migrasi dari satu negara ke negara lain. Suatu contoh sederhana bahwa yaitu dengan meningkatnya jumlah penduduk yang migrasi dari Negara Vietnam ke Australia, untuk mengisi jumlah satuan angkatan kerja (*industrial workforce*), maka akan mempengaruhi antropometri secara nasional.

4. Usia

Digolongkan atas beberapa kelompok usia yaitu balita, anak-anak, remaja, dewasa dan lanjut usia. Hal ini jelas berpengaruh terutama jika desain diaplikasikan untuk antropometri anak-anak. Antropometrinya akan cenderung terus meningkat sampai batas usia dewasa. Namun setelah menginjak dewasa, tinggi badan manusia mempunyai kecenderungan untuk menurun yang antara lain disebabkan oleh berkurangnya elastilitas tulang belakang (*intervertebraldiscs*). Selain itu juga berkurangnya dinamika gerakan tangan dan kaki.

5. Jenis Pekerjaan

Beberapa jenis pekerjaan tertentu menuntut adanya persyaratan dalam seleksi karyawan/stafnya. Seperti misalnya buruh dermaga/pelabuhan harus mempunyai postur tubuh yang relatif lebih besar dibandingkan dengan karyawan perkantoran pada umumnya. Apalagi jika dibandingkan dengan jenis pekerjaan militer.

6. Pakaian

Hal ini juga merupakan sumber variabilitas yang disebabkan oleh bervariasinya iklim/musim yang berbeda dari suatu tempat dengan tempat yang lainnya terutama untuk daerah dengan empat musim. Misalnya pada waktu musim dingin manusia akan memakai pakaian yang relatif lebih tebal dan ukuran yang relatif lebih besar. Ataupun untuk para pekerja dipertambangan, pengeboran lepas pantai, pengecoran logam, bahkan para penerbang dan astronotpun harus mempunyai pakaian khusus.

7. Faktor Kehamilan pada Wanita

Faktor ini sudah jelas akan mempunyai pengaruh perbedaan yang berarti kalau dibandingkan dengan wanita yang tidak hamil, terutama yang berkaitan dengan analisis perancangan produk (APP) dan analisis perancangan kerja (APK).

8. Cacat Tubuh Secara Fisik

Suatu perkembangan yang menggembirakan pada dekade terakhir yaitu dengan diberikannya skala prioritas pada rancang bangun fasilitas

akomodasi untuk para penderita cacat tubuh secara fisik sehingga mereka dapat ikut serta merasakan “kesamaan” dalam penggunaan jasa dari hasil ilmu ergonomi di dalam pelayanan untuk masyarakat. Masalah yang sering timbul misalnya keterbatasan jarak jangkauan, dibutuhkan ruang kaki (*knee space*) untuk desain meja kerja, lorong/jalur khusus untuk kursi roda, ruang khusus di dalam lavatory, jalur khusus untuk keluar masuk perkantoran, kampus, hotel, restoran, supermarket dan lain-lain.

2.2.3 Aplikasi Data Antropometri dalam Perancangan Produk/Fasilitas Kerja

Data antropometri yang menyajikan data ukuran dari berbagai macam anggota tubuh manusia dalam persentil tertentu akan sangat besar manfaatnya pada saat suatu rancangan produk ataupun fasilitas kerja akan dibuat. Agar rancangan produk nantinya bisa sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang akan mengoperasikannya, maka prinsip-prinsip apa yang harus diambil dalam aplikasi data antropometri tersebut harus ditetapkan terlebih dahulu seperti diuraikan berikut ini (Sutalaksana, 2006; Wignjosoebroto, 1995):

1. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran yang ekstrim

Perancangan produk dibuat agar memenuhi dua sasaran produk, yaitu :

- a. Sesuai untuk ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim dalam arti terlalu besar atau kecil bila dibandingkan rata-ratanya.
- b. Bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada).

Agar memenuhi sasaran pokok tersebut maka ukuran yang diaplikasikan ditetapkan dengan cara:

- a. Untuk dimensi minimum harus ditetapkan dari suatu rancangan produk umumnya didasarkan pada nilai persentil terbesar, seperti 90, 95, 99. Contoh pada kasus ini bisa dilihat pada penetapan ukuran minimal dari lebar dan tinggi dari pintu darurat.

- b. Untuk dimensi maksimum yang harus ditetapkan diambil berdasarkan nilai persentil yang paling rendah (persentil 1, 5, 10) dari distribusi data antropometri yang ada. Hal ini diterapkan sebagai contoh dalam penetapan jarak jangkauan dari suatu mekanisme control yang harus dioperasikan oleh seorang pekerja.

Secara umum aplikasi data antropometri untuk perancangan produk ataupun fasilitas kerja akan menetapkan nilai persentil 5 untuk dimensi minimum dan 95 untuk dimensi maksimumnya.

2. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan diantara rentang ukuran tertentu.

Rancangan bisa dirubah-rubah ukurannya sehingga cukup fleksibel dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki berbagai macam ukuran tubuh. Dalam kaitannya untuk mendapatkan rancangan yang fleksibel semacam ini, maka data antropometri yang umum diaplikasikan adalah dalam rentang nilai persentil 5-95.

3. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata.

Dalam hal ini rancangan produk didasarkan terhadap rata-rata ukuran manusia (persentil 50). Tentu saja prinsip ini memiliki banyak kekurangan karena hanya bisa digunakan oleh 50 persen populasi walaupun dapat menghemat bahan baku. Problem pokok yang dihadapi dalam hal ini justru sedikit sekali mereka yang berada dalam ukuran rata-rata. Disini produk dirancang dan dibuat untuk mereka yang berukuran rata-rata, sedangkan bagi mereka yang memiliki ukuran ekstrim akan dibuatkan rancangan tersendiri.

Berkaitan dengan aplikasi data antropometri yang akan diperlukan dalam proses perancangan produk ataupun fasilitas kerja, maka ada beberapa saran atau rekomendasi yang bisa diberikan sesuai dengan langkah-langkah seperti berikut :

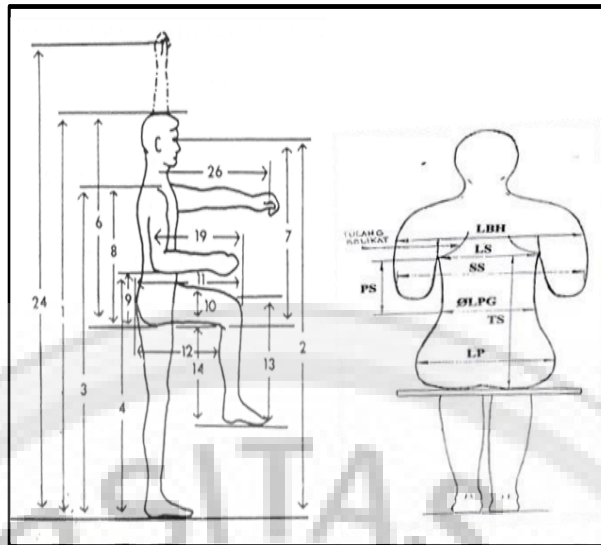
- a) Pertama kali terlebih dahulu menetapkan anggota tubuh yang nantinya akan difungsikan untuk mengoperasikan rancangan tersebut.
- b) Tentukan dimensi tubuh yang penting dalam proses perancangan tersebut, dalam hal ini juga perlu diperhatikan apakah harus menggunakan data *structural body dimension* atau *functional body dimension*.

- c) Tentukan populasi terbesar yang harus diantisipasi, diakomodasikan dan menjadi target utama pemakai rancangan produk tersebut. Hal ini lazim dikenal sebagai *market segmentation*, seperti produk mainan untuk anak-anak, peralatan rumah tangga untuk wanita dll.
- d) Tetapkan prinsip ukuran yang harus diikuti, apakah rancangan tersebut untuk ukuran individual yang ekstrim, rentang ukuran yang fleksibel atau ukuran rata-rata.
- e) Pilih prosentasi populasi yang harus diikuti 90, 95, 99 ataukah nilai persentil lain yang dikehendaki.
- f) Untuk setiap dimensi tubuh yang telah diidentifikasi selanjutnya pilih atau tetapkan nilai ukurannya dari tabel data antropometri yang sesuai. Aplikasikan data tersebut dan tambahkan faktor kelonggaran (*allowness*) bila diperlukan seperti halnya tambahan ukuran akibat faktor tebalnya pakaian yang harus dikenakan oleh operator, pemakaian sarung tangan dan lain-lain.

2.2.4 Dimensi Tubuh Antropometri

Antropometri tidak lepas dari kegiatan yang berhubungan dengan struktur tubuh manusia karena kegiatan inti dari kajian antropometri adalah tentang pengukuran dimensi tubuh manusia yang terkait dengan fasilitas yang nantinya akan dibuat untuk kegiatan manusia tersebut. Karena itu perlu diketahui dimensi-dimensi tubuh manusia yang umumnya sering digunakan dalam hal perancangan.

Data antropometri tubuh manusia disajikan pada Gambar 2.1 sampai 2.4. Selain itu, keterangan dari gambar tersebut yaitu berupa nama dimensi dan lambangnya disajikan dalam Tabel 2.1 sampai 2.4

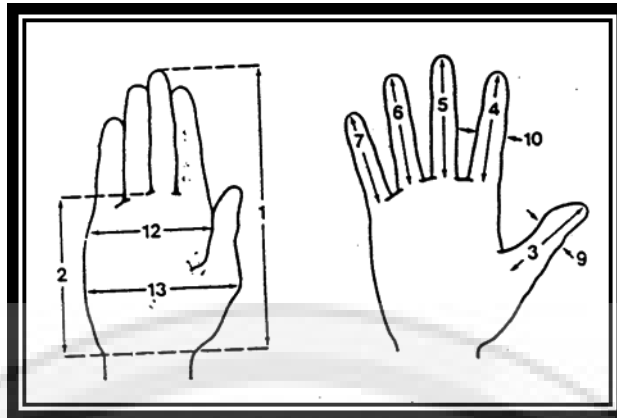


Gambar 2. 1 Antropometri Tubuh Manusia yang Diukur Dimensinya
(Sumber: Nurmianto, 1996)

Tabel 2. 1 Antropometri Tubuh Manusia yang Diukur Dimensinya

No	Dimensi Tubuh
1	Tinggi Tubuh Posisi Berdiri Tegak
2	Tinggi Mata Berdiri
3	Tinggi Bahu Berdiri
4	Tinggi Siku Berdiri
5	Tinggi Genggaman Tangan Pada Posisi Relaks Kebawah
6	Tinggi Duduk Normal
7	Tinggi Mata Duduk
8	Tinggi Bahu Duduk
9	Tinggi Siku Duduk
10	Tebal Paha
11	Jarak dari Pantat ke Lutut
12	Jarak dari lipatan lutut (<i>Popliteal</i>) ke pantat
13	Tinggi Lutut
14	Tinggi Lipat Lutut (<i>Popliteal</i>)
15	Lebar Bahu
16	Lebar Panggul
17	Tebal Dada
18	Tebal Perut
19	Jarak Dari Siku Ke Ujung Jari
20	Lebar Kepala
23	Jarak bentang dari ujung jari tangan kanan ke kiri
24	Tinggi Jangkauan Tangan ke atas pada posisi berdiri tegak
25	Jangkauan Tangan ke atas pada posisi duduk
26	Jarak jangkauan tangan ke depan

Sumber: Nurmianto, 1996

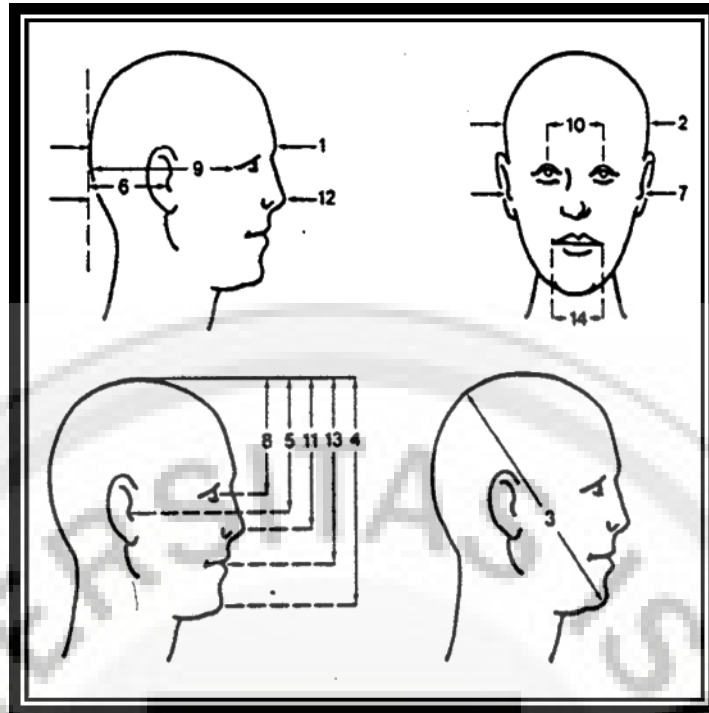


Gambar 2. 2 Antropometri Tangan
(Sumber: Nurmiyanto, 1996)

Tabel 2. 2 Antropometri Tangan

No	Dimensi Tubuh
1	Panjang Tangan
2	Panjang Telapak Tangan
3	Panjang Ibu Jari (Jempol)
4	Panjang Jari Telunjuk
5	Panjang Jari Tengah
6	Panjang Jari Manis
7	Panjang Jari Kelingking
8	Lebar Telapak Tangan
9	Lebar Jari 2345
10	Lingkar Pergelangan Tangan

Sumber: Nurmiyanto, 1996



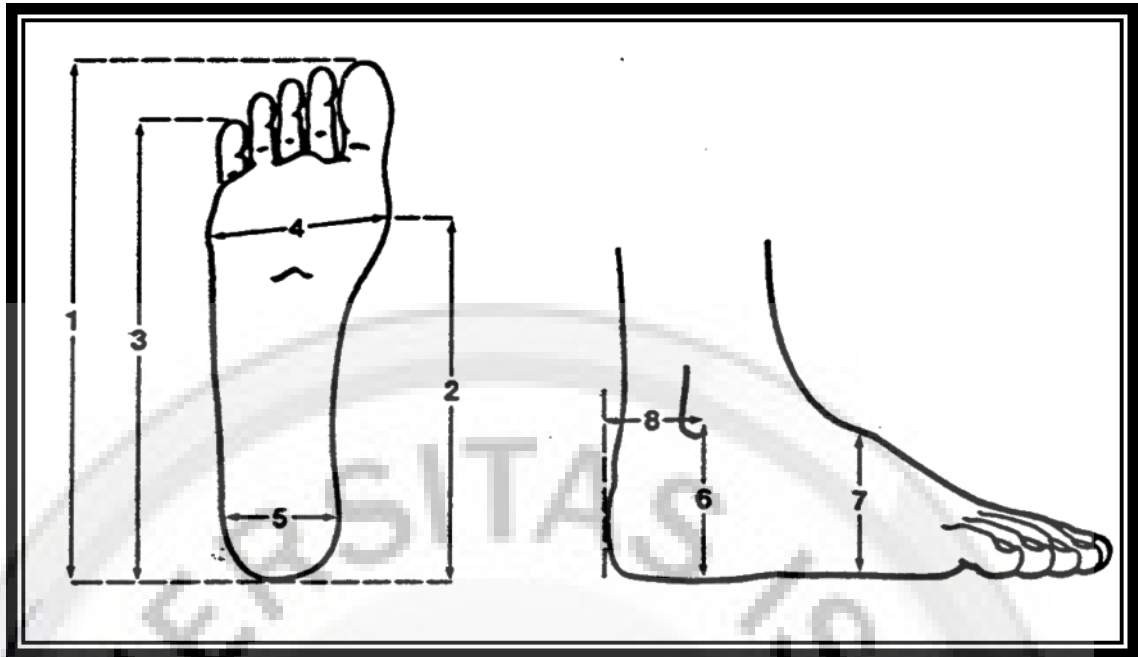
Gambar 2. 3 Antropometri Kepala

Sumber: Nurmianto, 1996

Tabel 2. 3 Antropometri Kepala

No	Dimensi Tubuh	No	Dimensi Tubuh
1	Lebar Kepala	8	Mata ke Belakang Kepala
2	Diameter Maximum dari Daggu	9	Antara Dua Pupil Mata
3	Dagu ke Puncak Kepala	10	Hidung ke Puncak Kepala
4	Telinga ke Belakang Kepala	11	Hidung ke Belakang Kepala
5	Telinga ke Belakang Kepala	12	Mulut ke Puncak Kepala
6	Antara Dua Telinga	13	Lebar Mulut
7	Mata ke Puncak Kepala	14	Lingkar Kepala

Sumber: Nurmianto, 1996



Gambar 2. 4 Antropometri Kaki

Sumber: Nurmianto, 1996

Tabel 2. 4 Antropometri Kaki

No	Dimensi Tubuh
1	Panjang Telapak Kaki
2	Panjang telapak Lengan Kaki
3	Panjang Kaki Sampai Jari Kelingking
4	Lebar Kaki
5	Lebar Tangkai Kaki
6	Mata Kaki ke Lantai
7	Tinggi Bagian Tengah Telapak Kaki
8	Jarak Horizontal Tangkai Kaki

Sumber: Nurmianto, 1996

2.2.5 Metode Perancangan dengan Antropometri

Tahapan perancangan sistem kerja menyangkut *work space design* dengan memperhatikan *factor antropometri* secara umum adalah sebagai berikut (Roebuck, 1995) :

1. Menentukan kebutuhan perancangan dan kebutuhannya (*establish requirement*)
2. Mendefinisikan dan mendeskripsikan populasi pemakai

3. Pemilihan sampel yang akan diambil datanya
4. Penentuan kebutuhan data (dimensi tubuh yang akan diambil)
5. Penentuan sumber data (dimensi tubuh yang akan diambil) dan pemilihan persentil yang akan dipakai
6. Penyiapan alat ukur yang akan dipakai
7. Pengambilan data
8. Pengolahan data
9. Visualisasi rancangan dengan memperhatikan posisi tubuh secara normal, kelonggaran (pakaian dan ruang), variasi gerak
10. Analisis Hasil Rancangan

Beberapa tahapan yang perlu dilakukan pada pengolahan data antropometri adalah sebagai berikut (Nurmianto,1996; Tayyari, 1997) :

1. Uji keseragaman data

1. Uji keseragaman data

- Tentukan jumlah seluruh data ($\sum x$)
- Tentukan rata-rata sebenarnya dengan rumus :

$$\bar{X} = \frac{(\sum X_i)}{N} \dots\dots\dots (2.1)$$

- Tentukan standar deviasi dengan rumus :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \dots\dots\dots (2.2)$$

- Hitung Batas Kontrol Atas dan Batas Kontrol Bawah dengan rumus :

$$BKB / BKA = \bar{X} \pm Z\sigma \dots\dots\dots (2.3)$$

2. Uji kecukupan data

- Untuk data yang belum normal

$$N' = \left[\frac{Z/\alpha \sqrt{N \times \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

3. Uji kenormalan data

- Tentukan jumlah kelas (k)

$$K = 1 + 3,3 \log N \dots\dots\dots (2.8)$$

- Tentukan rentang kelas (R)

$$R = \text{data maksimum} - \text{data minimum} \dots\dots\dots (2.9)$$

- Tentukan panjang kelas interval (l)

$$l = R / k \dots\dots\dots (2.10)$$

- Tentukan kelas interval dan kelas boundaris serta frekuensinya kedalam tabel

- Menghitung nilai Z_1 dan Z_2

$$Z_1 = \frac{\text{Batas bawah kelas boundaris} - \bar{X}}{\text{Standar deviasi}} \dots\dots\dots (2.11)$$

- Tentukan luas kurva

$$P (Z_1 < Z < Z_2) \dots\dots\dots (2.12)$$

- Tentukan nilai e_i

$$e_i = P \times N \dots\dots\dots (2.13)$$

- Menghitung χ^2_{hitung}

Hipotesis :

1. $H_0 : \chi^2_{tabel} < \chi^2_{hitung}$ (Data berdistribusi normal)

$H_1 : \chi^2_{tabel} > \chi^2_{hitung}$ (Data tidak berdistribusi normal)

2. Daerah kritis : $\chi^2_{tabel} > \chi^2_{hitung}$

Dimana χ^2_{tabel} dapat dilihat pada tabel *Chi-kuadrat* di buku Walpole/Myers tabel L. 5 (Nilai kritis distribusi *Chi-kuadrat*) halaman 1158.

Derajat kebebasan (V) = k - 3

$$\chi^2_{tabel} = \chi^2_{(1-\alpha)(V)} \dots\dots\dots (2.14)$$

3. Perhitungan :

$$\chi^2_{hitung} = \sum \frac{(f_i - e_i)^2}{e_i} \dots\dots\dots (2.15)$$

4. Apabila $\chi^2_{\text{tabel}} < \chi^2_{\text{hitung}}$ maka data dapat dikatakan tidak berdistribusi normal, sedangkan jika $\chi^2_{\text{tabel}} > \chi^2_{\text{hitung}}$ maka data dapat dikatakan berdistribusi normal.

4. Perhitungan persentil data (persentil kecil, rata-rata dan besar)

- Rumus persentil untuk data normal

$$P_5 = \bar{X} - Z\sigma \dots\dots\dots (2.16)$$

$$P_{50} = \bar{X} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$P_{95} = \bar{X} + Z\sigma \dots\dots\dots (2.18)$$

- Rumus persentil untuk data tidak normal

$$P_i = L_i + \left[\frac{\left(\frac{(i.n)}{100} - \sum f_n \right)}{F} \right] \times k \dots\dots\dots (2.19)$$

5. Visualisasi rancangan dengan memperhatikan :

- Posisi tubuh secara normal
- Kelonggaran (pakaian dan ruang)
- Variasi gerak

2.4 Aplikasi Ergonomi Untuk Perancangan Tempat Kerja

Perancangan tempat kerja pada dasarnya merupakan suatu aplikasi data antropometri, tetapi masih memerlukan dimensi fungsional yang tidak terdapat pada data statis. Dimensi-dimensi tersebut lebih baik diperoleh dengan cara pengukuran langsung dari pada data statis. Misalnya, gerakan menjangkau, mengambil sesuatu, mengoperasikan suatu alat adalah suatu hal yang sukar untuk didefinisikan.

Ada dua aspek penting dari perancangan tempat kerja (Nurmianto, 1996), yaitu :

1. Daerah kerja horizontal pada sebuah bangku, dan
2. Ketinggiannya dari atas lantai.

2.4.1 Daerah Kerja Horisontal

Diperlukan untuk mendefinisikan batasan-batasan dari suatu daerah kerja horisontal untuk memastikan bahwa material atau alat kontrol tidak dapat

ditempatkan begitu saja diluar jangkauan tangan. Batasan-batasan jangkauan secara vertikal harus diterapkan untuk kasus seperti misalnya papan-papan kontrol, namun hampir seluruh bangku kerja material (benda kerja) dan peralatan lainnya disusun pada sebuah permukaan yang horisontal (Nurmianto, 1996).

Batasan untuk jarak menjangkau semakin meningkat jika operator mengendalikan beberapa macam gerakan tubuh. Sebagai contoh, operator duduk yang menghindari gangguan keseimbangan pada saat menjangkau. Bahkan jika berdiri, jangkauan kedepan dibatasi oleh pinggiran bangku, hal ini akan dapat mengganggu keadaan badan dan menimbulkan tekanan pada punggung (Nurmianto, 1996).

Dalam bukunya R.M. Barnes "*Motion and Time Study*" mendefinisikan daerah kerja "Normal" dan "Maksimum", dengan batasan yang ditentukan oleh ruas tengah jari (*mid points of fingers*), sebagai berikut :

Daerah Normal :

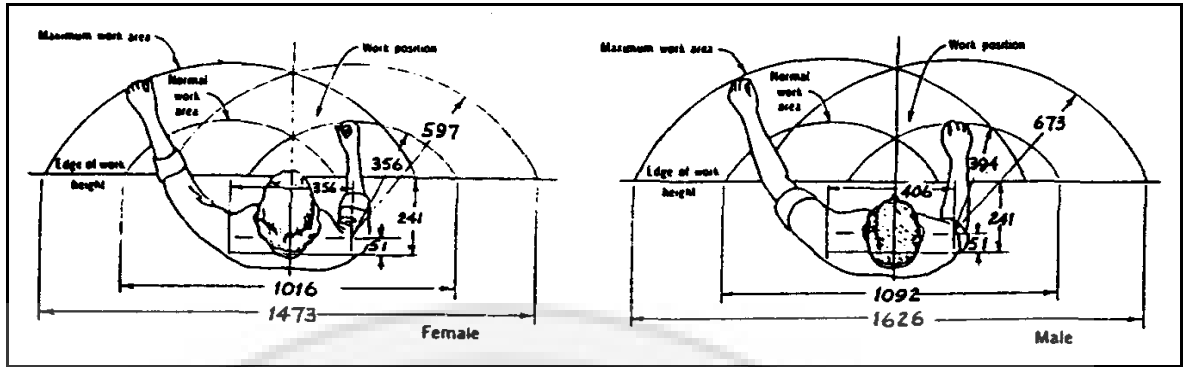
Lengan bawah yang berputar pada bidang horisontal dengan siku tetap.

Daerah Maksimum :

Lengan direntangkan keluar dan diputar sekitar bahu.

R.R. Farley pada tahun 1955 di dalam buku Nurmianto, 1996 memberikan dimensi untuk daerah kerja pada Gambar 2.6 yang telah dikutip dan dikembangkan secara meluas.

Para pengarang berikutnya menyadari bahwa tidaklah realistis jika kedudukan siku diasumsikan supaya tetap, sehingga batas-batas tersebut tidak berupa lengkungan-lengkungan. Mereka juga percaya bahwa para pekerja cenderung duduk atau berdiri tidak dekat dengan pinggiran bangku. Mereka menjelaskan batasan dengan sebuah persamaan yang meliputi pengukuran statis dari panjang lengan dan posisi bahu.

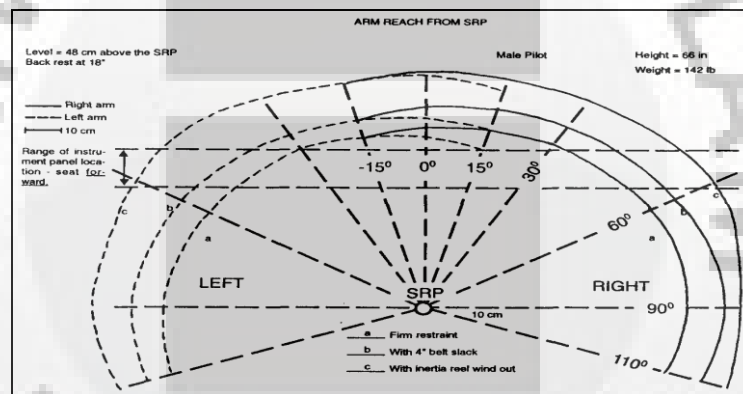


Gambar 2. 5 Batasan-Batasan Daerah Kerja yang Dikembangkan Oleh R.R.

Farley Pada General Motors Pada Tahun 1955

Sumber: Nurmianto (1996)

Efek dari pembatasan daerah tempat duduk tersebut ditunjukkan dengan baik pada Gambar 2.9



Gambar 2. 6 Batasan-Batasan Jangkauan Fungsional Dalam Suatu Area Kerja yang Horisontal Untuk 1 Individu, Menunjukkan Pengaruh Dari Sebuah Tempat Duduk (SRP = Seat Reference Point).

Sumber: Nurmianto (1996)

Beberapa data yang diukur oleh M.I. Bulloch menggunakan salah satu datanya untuk menunjukkan pusat dari interaksi tempat duduk dan sandarannya. Pengukuran-pengukuran sejenis dilakukan oleh E. Nowak (1978). "Determinasion of the Spatial Reach Area of the Arms for workplate design puposes", *Ergonomis*, 1978, V21, P.493 menggunakan pusat dan belakang tempat duduk pada permukaan bahu sebagai referensinya. Data sejenis diterapkan untuk

perancangan tempat duduk kendaraan pada daerah kerja horisontalnya. Perhatikan juga kumpulan data dari Dreyfuss dan N. Diffrient (Nurmianto, 1996).

Jelasnya, kerja seharusnya dibatasi sampai dengan wilayah kerja normal jika mungkin hindarkan kebutuhan untuk menaikkan lengan sebisa mungkin.

2.6.4 Ringkasan Sikap Duduk

Perancangan kursi kerja harus dikaitkan dengan jenis pekerjaan, postur yang diakibatkan, gaya yang dibutuhkan, arah visual (pandangan mata), dan kebutuhan akan perlunya merubah posisi (postur). Kursi tersebut haruslah terintegrasi dengan bangku atau meja yang sering dipakai seperti ditunjukkan pada Gambar 2.19.

Menurut Nurmianto (1996) Kursi untuk kerja dengan posisi duduk adalah :

dirancang dengan metoda "*floor-up*" yaitu dengan berawal pada permukaan lantai, untuk menghindari adanya tekanan dibawah paha. Adalah diinginkan untuk tidak memasang sandaran kaki (*foot-rest*) yang juga akan mengganggu ruang kerja kaki dan mengurangi fleksibilitas postur/posisi. Setelah ketinggian kursi didapat kemudian barulah menentukan ketinggian meja kerja yang sesuai dan konsisten dengan ruang yang diperlukan untuk paha dan lutut. Jika meja dirancang untuk tetap (tidak dapat dinaik-turunkan), maka perancangan kursi hendaklah dapat dinaikturunkan sesuai dengan ketinggian meja, sehingga perlu adanya sandaran kaki (*foot-rest*). Bangku ataupun mesin hendaklah dilengkapi dengan sandaran kaki.

Dalam sistem pengembangan produk kombinasi antara kursi tempat kerja, hal yang sangat vital adalah uji coba pada sejumlah populasi dengan antropometri yang sesuai sebelum produksi massal dilaksanakan ataupun instalasi produknya.

Adapun kriteria kursi kerja yang ideal adalah sebagai berikut (Nurmianto, 1996) :

1 Stabilitas Produk.

Diharapkan suatu kursi mempunyai empat atau lima kaki untuk menghindari ketidakstabilan produk. Kursi lingkar yang berkaki lima

hendaklah dirancang dengan posisi kaki kursi berada pada bagian luar proyeksi tubuh. Adapun kursi dengan kaki gelinding (*roller-feet*) sebaiknya dirancang untuk permukaan yang berkarpet, karena akan terlalu bebas (mudah) menggelinding pada lantai-vynil.

2 Kekuatan Produk.

Kursi kerja haruslah dirancang sedemikian rupa sehingga kuat dengan konsentrasi perhatian pada bagian-bagian yang mudah retak dilengkapi dengan sistem mur-baut ataupun keling pasak pada bagian sandaran tangan (*arm-rest*) dan sandaran punggung (*back-rest*). Kursi kerja tidak boleh dirancang pada populasi dengan persentil kecil dan seharusnya cukup kuat untuk menahan beban pria yang berpersentil 99th.

3 Mudah Dinaik-turunkan (*Adjustable*).

Ketinggian kursi kerja hendaklah mudah diatur pada saat kita duduk, tanpa harus turun dari kursi.

4 Sandaran Punggung.

Sandaran punggung adalah penting untuk menahan beban punggung kearah belakang (*lumbar spinae*). Hal itu haruslah dirancang agar dapat digerakkan naik turun maupun maju mundur. Selain itu harus pula dapat diatur fleksibilitasnya hingga sesuai dengan bentuk punggung.

5 Fungsional.

Untuk tempat duduk tidak boleh menghambat berbagai macam alternatif perubahan postur (posisi).

6 Bahan Material.

Tempat duduk dan sandaran punggung harus dilapisi dengan material yang cukup lunak.

7 Kedalaman Kursi.

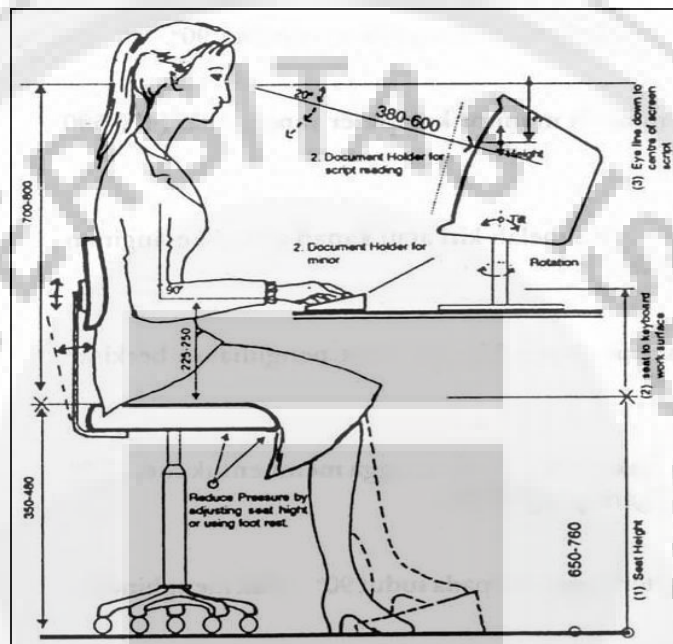
Kedalaman kursi (depan-belakang) haruslah sesuai dengan dimensi panjang antara lipat lutut (*popliteal*) dan pantat (*buttock*). Wanita dengan antropometri 5 persentil haruslah dapat menggunakan dan merasakan manfaat adanya sandaran punggung (*back-rest*).

8 Lebar kursi.

Lebar kursi minimal sama dengan lebar pinggul wanita 5 persentil populasi.

9 Lebar Sandaran Punggung.

Lebar sandaran punggung seharusnya sama dengan lebar punggung wanita 5 persentil populasi. Jika terlalu lebar akan mempengaruhi kebebasan gerak siku.



Gambar 2. 7 Stasiun Kerja Komputer

Sumber: Nurmianto (1996)

10 Bangku Tinggi.

Kursi untuk bangku tinggi harus diberi sandaran kaki yang dapat digerakkan naik-turun.

Prosedur pengaturan untuk Stasiun Kerja Komputer sebagai berikut (Nurmianto, 1996) :

- Prosedur 1

Ketinggian kursi diatur sehingga kaki membentuk sudut 90° dan tekanan pada bawah paha merata.

- Prosedur 2

Naik turunkan sandaran punggung sehingga menopang daerah lumbar.

- Prosedur 3

Maju mundurkan sandaran punggung senyaman mungkin.

- Prosedur 4

Atur ketinggian meja kerja sehingga siku bersudut 90° .

- Prosedur 5

Pilih jarak permukaan monitor komputer yang sesuai (450-500 mm).

- Prosedur 6

Letakkan monitor di sebelah kiri atau kanan sesuai keinginan operator komputer.

- Prosedur 7

Atur ketinggian monitor sehingga sudut penglihatan berkisar antara 10° - 20° .

- Prosedur 8

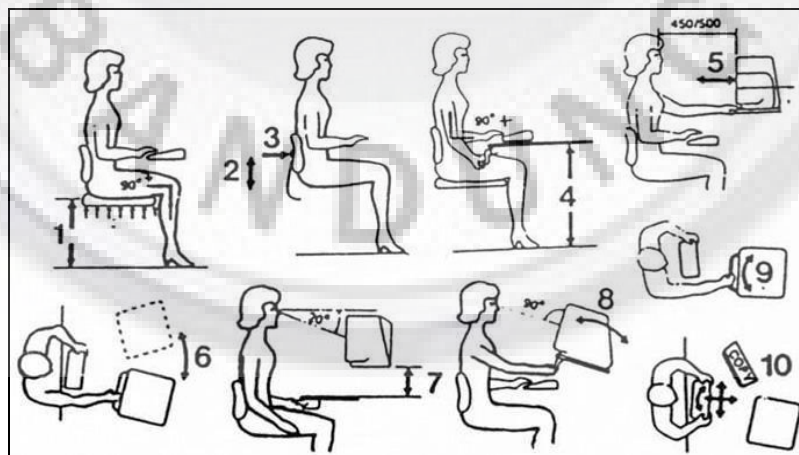
Pilih posisi permukaan monitor sehingga membentuk sudut 90° relatif terhadap garis penglihatan.

- Prosedur 9

Atur posisi monitor komputer pada sudut 90° untuk menghindari refleksi.

- Prosedur 10

Letakkan berbagai sarana dalam stasiun kerja sesuai keinginan operator agar didapat produktivitas yang tinggi. Gambar 2.20 menunjukkan prosedur pengaturan stasiun kerja berkomputer.



Gambar 2. 8 Prosedur Pengaturan Stasiun Kerja Berkomputer

Sumber: Nurmiyanto (1996)

2.7 REBA (Rapid Entire Body Assessment)

Menurut Hignet and McAtamney berpendapat bahwa:

REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) adalah desain spesial yang sensitif untuk tipe postur kerja yang tidak dapat diprediksikan. REBA digunakan untuk pemeriksaan postur tubuh, terutama batang tubuh, leher, kaki, lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan tubuh.

REBA adalah alat penganalisa postur tubuh yang bisa memeriksa aktivitas kerja. Tujuan dari pengembangan REBA adalah sebagai berikut :

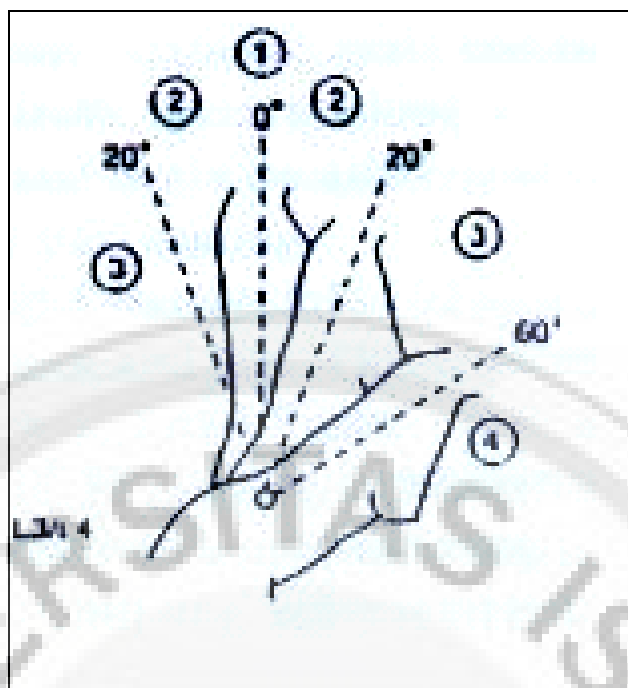
1. Mengembangkan sistem sensitif penganalisa postur tubuh terhadap resiko otot dalam berbagai variasi kerja.
2. Membagi tubuh kedalam beberapa segmen, dan diberi kode tersendiri.
3. Menyediakan sistem skor untuk aktivitas otot yang disebabkan oleh postur tubuh yang tidak stabil, seringkali berubah, diam atau dinamis.
4. Memberikan kenyataan jika *coupling* penting untuk digunakan dalam pekerjaan mengangkat beban, tidak harus selalu menggunakan tangan saja.
5. Memberikan level aksi dengan memberikan indikasi tingkat kepentingan.

Pengembangan dari *Rapid Entire Body Assessment* adalah melalui 3 buah tahapan, yaitu pertama adalah merekam posisi kerja, kedua adalah penggunaan dari sistem skor, yang ketiga adalah penentuan level untuk mengetahui tingkat risiko yang ada bagi tubuh dan menentukan perbaikan apa yang disarankan. Penjelasan untuk masing-masing langkah disajikan pada Tabel 2.5 sampai Tabel 2.17 dan Gambar 2.9 sampai Gambar 2.14.

Tabel 2. 5 Posisi Batang Tubuh

Movement	Score	Change score:
Upright	1	+1 if twisting or side flexed
0° - 20° flexion 0° - 20° extension	2	
20° - 60° flexion >20° extension	3	
>60° extension	4	

Sumber : Chengalur (2003)



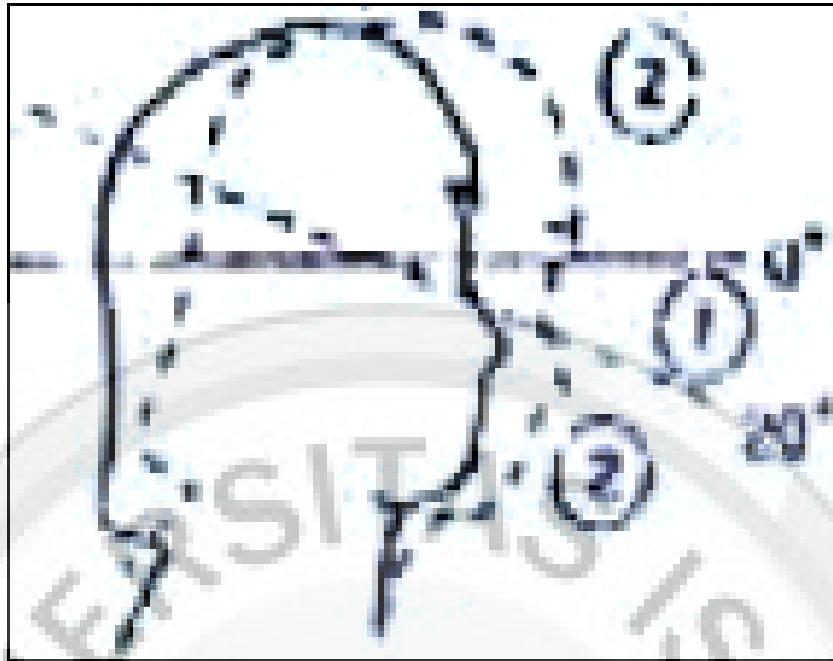
Gambar 2. 9 Posisi Batang Tubuh

Sumber : Chengalur (2003)

Tabel 2. 6 Posisi Leher

Movement	Score	Chane score:
0° - 20° flexion	1	+1 if twisting or side flexed
>20° flexion or in extension	2	

Sumber : Chengalur (2003)

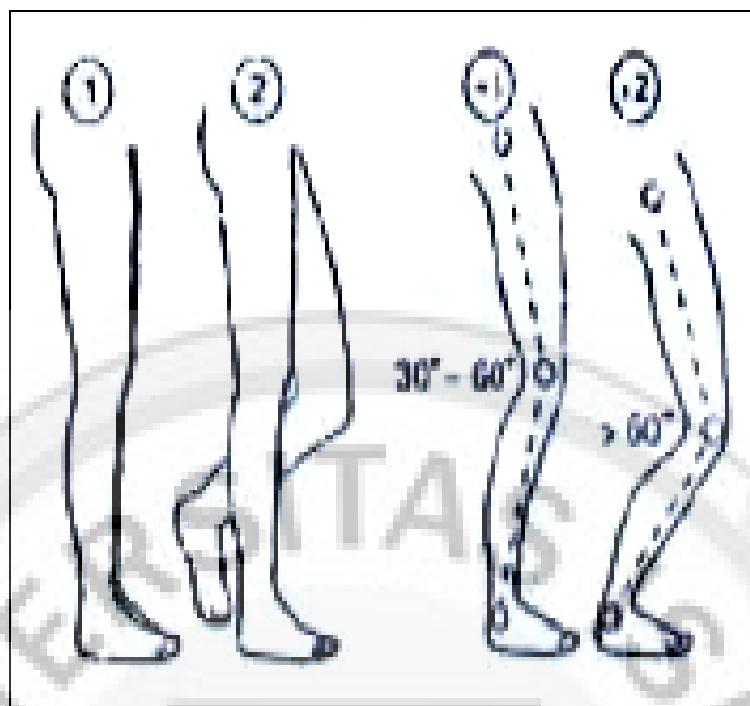


Gambar 2. 10 Posisi Leher
 Sumber : Chengalur (2003)

Tabel 2. 7 Posisi Kaki

Position	Score	Chane score:
Bilateral weight bearing, walking or sitting	1	+1 if knee(s) between 30° and 60° flexion
Unilateral weight bearing Feather weight bearing or an unstable posture	2	+2 if knee(s) are >60° flexion (n.b. Not for sitting)

Sumber : Chengalur (2003)



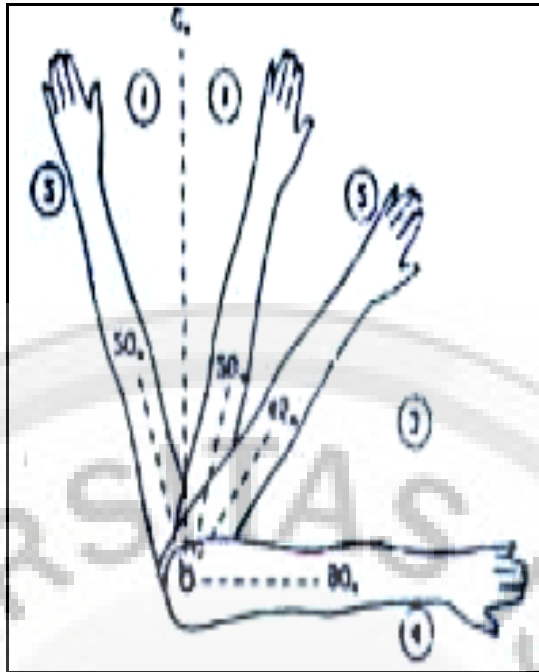
Gambar 2. 11 Posisi Kaki

Sumber : Chengalur (2003)

Tabel 2. 8 Posisi Lengan Atas

Position	Score	Chane score:
20° extension to 20° flexion	1	+1 if arm is: - abducted - rotated
>20° extension 20° - 45° flexion	2	+1 if shoulder is raised
45° - 90° flexion	3	-1 if leaning supporting weight of arm or if posture is gravity assisted
>90° flexion	4	

Sumber : Chengalur (2003)



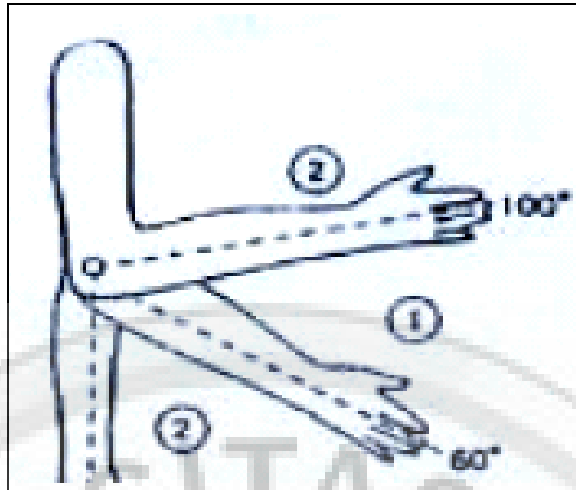
Gambar 2. 12 Posisi Lengan Atas

Sumber : Chengalur (2003)

Tabel 2. 9 Posisi Lengan Bawah

Movement	Score
60° - 100° flexion	1
<60° flexion or >100° flexion	2

Sumber : Chengalur (2003)



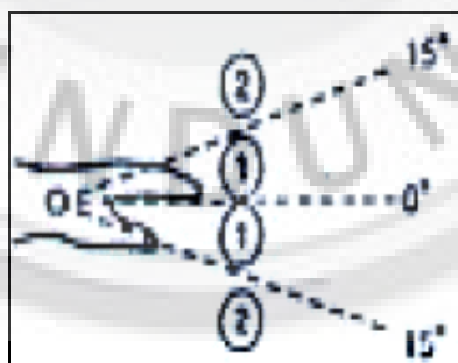
Gambar 2. 13 Posisi Lengan Bawah

Sumber : Chengalur (2003)

Tabel 2. 10 Posisi Pergelangan Tangan

Movement	Score	Chane score:
0° - 15° flexion/ extension	1	+1 if wrist is deviated or twisted
>15° flexion/ extension	2	

Sumber : Chengalur (2003)



Gambar 2. 14 Posisi Pergelangan Tangan

Sumber : Chengalur (2003)

Pengembangan sistem skor untuk penggolongan bagian tubuh. Sebuah nilai tunggal dibutuhkan dari grup A dan Grup B yang mana mewakili tingkatan

Untuk mendapatkan skor B, hasil dari tabel B ditambahkan dengan table *Coupling* ditunjukkan pada Tabel 2.14.

Tabel 2. 14 Jenis *Coupling*

0	1	2	3
Good	Fair	Poor	Unacceptable

Hasil skor A dan skor B digunakan untuk mendapatkan skor C, menggunakan tabel C yang ditunjukkan pada Tabel 2.15.

Tabel 2. 15 Tabel B REBA

Tabel C													
Nilai B													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7	
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8	
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8	
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9	
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10	
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11	
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11	
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12	
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12	
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	

Untuk mendapatkan skor REBA, skor C ditambahkan dengan skor aktivitas yang disajikan pada Tabel 2.16.

Tabel 2. 16 Skor Aktivitas Perhitungan REBA

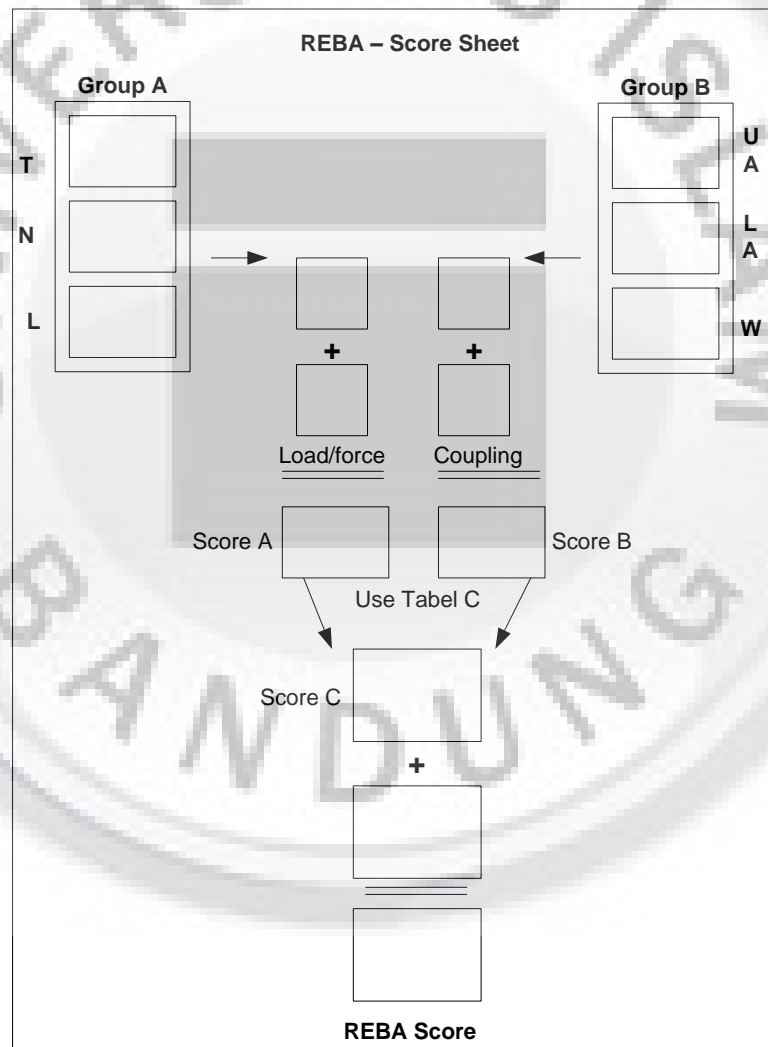
Aktivitas	Skor
Satu atau lebih bagian tubuh yang statis. Misalnya memegang alat dalam jangka waktu lebih dari 1 menit)	+1
Gerakan yang sering dilakuakn berulang-ulang tidak termasuk kegiatan berjalan. Misalnya gerakan yang dilakukan 4 kali dalam 1 menit	+1
Kegiatan yang menyebabkan perubahan yang besar dan cepat pada postur dan dasar yang tidak stabil	+1

Nilai dari REBA dapat dikelompokkan seperti pada Tabel 2.17.

Tabel 2. 17 Hasil Perhitungan REBA

Level Aksi	Skor REBA	Level Resiko	Aksi
0	1	Negligible	None necessary
1	2-3	Low	May be necessary
2	4-7	Medium	Necessary
3	8-10	High	Necessary soon
4	11-15	Very High	Necessary now

Sedangkan perhitungan manual metoda REBA ini dapat dilihat pada *Worksheet* REBA pada Gambar 2.18.



Gambar 2. 15 REBA Score Sheet

2.8 Desain Industri

Desainer teknik percaya bahwa desain hanya berkaitan dengan pencapaian solusi teknik yang optimum yang secara otomatis memenuhi aspek estetika dan ergonomi. Akan tetapi, desain menjadi semakin kompleks jika mengikuti keunggulan kompetitif maka seluruh sifat produk harus diperhatikan. Pengembangan produk dan pengenalan produk dilakukan oleh tim ahli dengan tujuan yang sama, tujuannya adalah untuk meningkatkan pemahaman akan peran penting suatu desain industri. Secara garis besar ada tiga area yang mencakup aktifitas desain yang lengkap: segi teknik, ergonomi, dan estetika. Perbedaan yang sangat umum antara desain teknik dan desain industri adalah (Hurst, 2001).

- Desainer teknik untuk menghasilkan barang-barang yang memiliki kegunaan
- Desainer industri untuk memastikan bahwa produk-produk yang berguna, memuaskan dan menarik bagi para pemakainya.

Tujuan dasar desain industri adalah

- Produk-produk yang memuaskan masyarakat dari segi ekonomi
- Produk-produk harus memenuhi kebutuhan alami manusia akan keindahan, gaya dan status.