

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ergonomi

Ilmu ergonomi pada dasarnya sangat penting dipelajari dan diaplikasikan, karena memberi berbagai manfaat bagi manusia berkaitan dengan pekerjaannya. Ilmu yang membahas tentang keterkaitan atau hubungan manusia dengan fasilitas kerja dan batasan-batasan pada manusia terhadap pekerjaannya. Berbagai manfaat dapat diperoleh dari hasil pendalaman ilmu ergonomi tersebut, seperti meningkatkan kinerja bagi pekerja, menjaga kesehatan, keamanan, kenyamanan, dan menghilangkan dampak negatif dan rasa khawatir pada saat bekerja.

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 Nurmiyanto (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.

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.

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 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, pengukurandibagi 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 memengaruhi 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 (*intervertebaldiscs*). 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

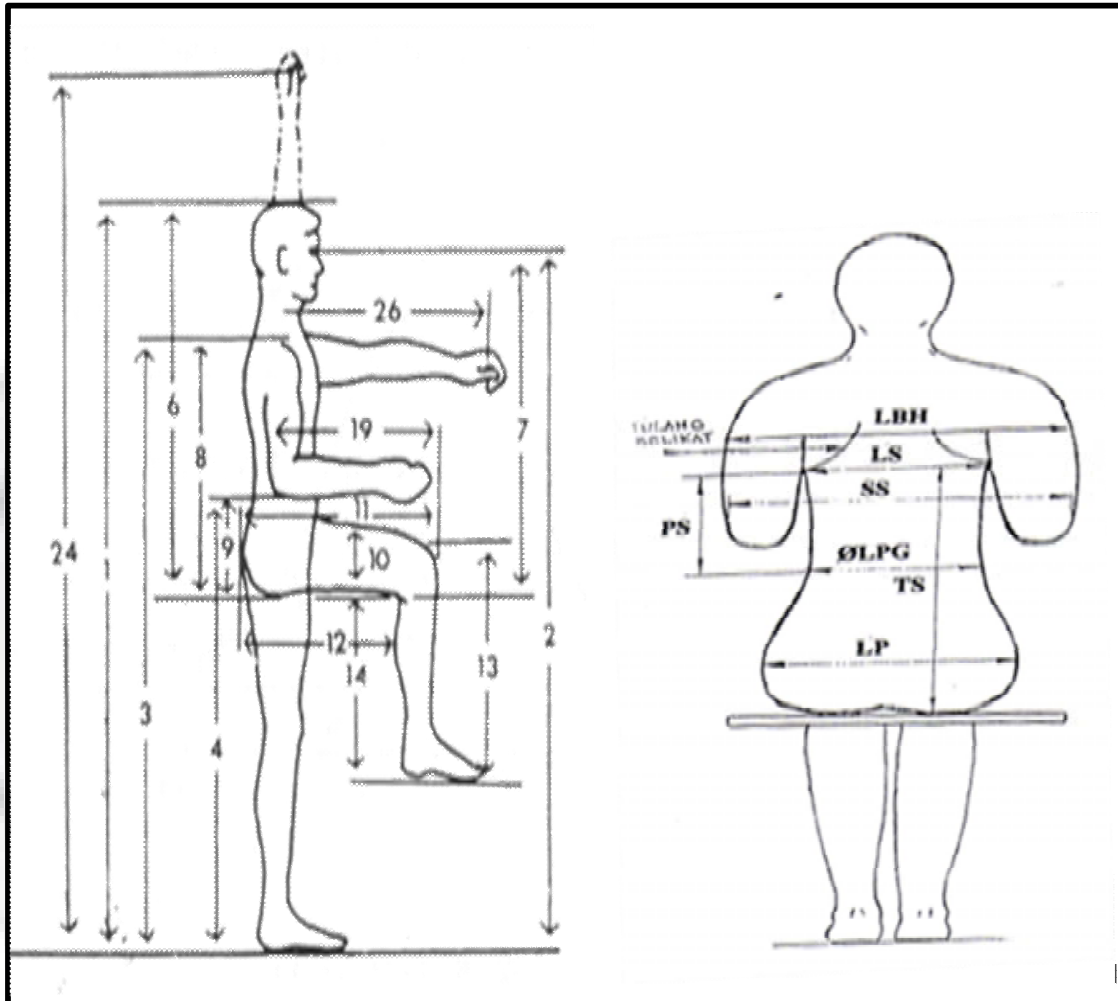
atau rekomendasi yang bisa diberikan sesuai dengan langkah-langkah seperti berikut :

- 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 *funksional 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



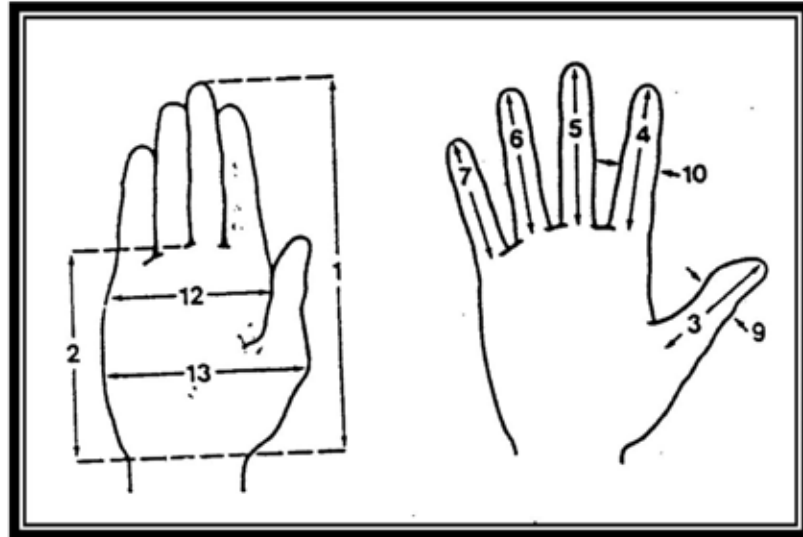
Gambar 2.1 Antropometri Tubuh Manusia yang Diukur Dimensinya

(Sumber: Nurmiyanto, 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 liput lutut (<i>Popliteal</i>) ke pantat
13	Tinggi Lutut
14	Tinggi Liput 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)



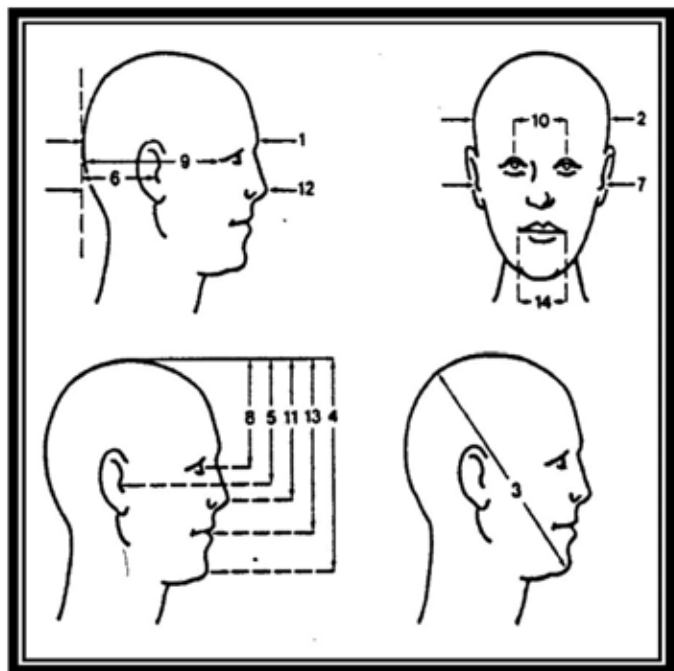
Gambar 2.2 Antropometri Tangan
(Sumber: Nurmianto, 1996)

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: Nurmianto, 1996)



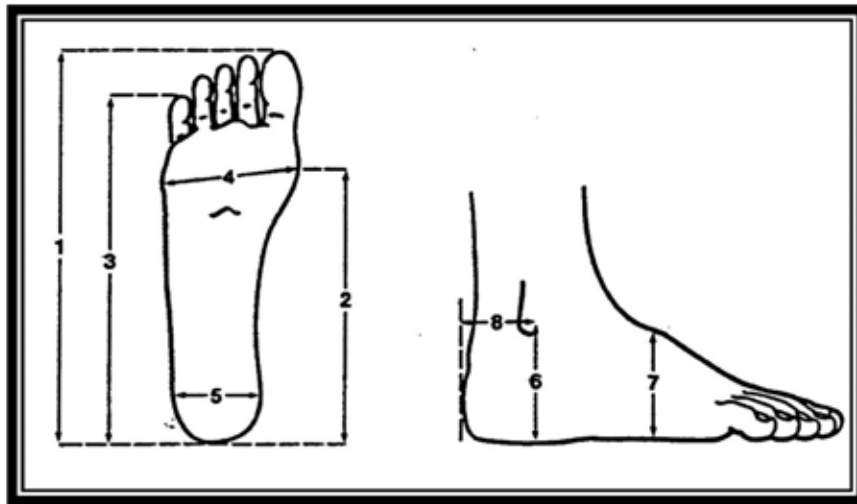
Gambar 2.3 Antropometri Kepala

(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 Dag	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 (*Antropometri Methods*)

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

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

$$\bar{X} = \frac{(\sum xi)}{N}; \dots\dots\dots (2-1)$$

Ket : Xi = Data antropometri \bar{X} = Nilai Rata-rata N=Banyaknya data

- Tentukan standar deviasi dengan rumus :

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

Ket : σ = standar deviasi Xi = data antropometri N= jumlah data
 \bar{X} = Nilai Rata-rata

- Hitung batas kontrol atas dan batas kontrol bawah dengan rumus :

$$BKA/BKB = \bar{X} \pm Z\sigma \dots\dots\dots (2-3)$$

Ket : BKA = Batas kontrol atas BKB = Batas kontrol bawah

2. Uji Kecukupan Data

- Untuk data yang belum normal

$$N' = \left[\frac{Z/\alpha \sqrt{N \times \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2 \dots\dots\dots (2-4)$$

Ket: N' = jumlah data yang dibutuhkan N= jumlah data yang ada

α = tingkat ketelitian Z = Tingkat kepercayaan Xi = data antropometri

- Untuk data dimensi tubuh yang sudah diasumsikan normal
- Kesalahan standar (*standard error*)

$$S_x = \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}} \dots\dots\dots (2-5)$$

Ket : S_x = Standar error σ = Standar deviasi N = jumlah data

3. Uji kenormalan data

- Tentukan jumlah kelas (k)

$$k = 1 + 3,3 \log n \dots\dots\dots (2-6)$$

- Tentukan Rentang Kelas (R)

$$R = \text{data maksimum} - \text{data minimum} \dots\dots\dots (2-7)$$

- Tentukan Panjang kelas interval (I)

$$I = R / k \dots\dots\dots (2-8)$$

- Menghitung Nilai Z_1 dan Z_2

$$Z_1 = \frac{\text{batas bawah kelas boundaris} - \bar{X}}{\text{standar deviasi}} \dots\dots\dots (2-9)$$

$$Z_2 = \frac{\text{batas atas kelas boundaris} - \bar{X}}{\text{standar deviasi}} \dots\dots\dots (2-10)$$

- Tentukan luas kurva

$$P(Z_1 < Z < Z_2)$$

- Tentukan Nilai ei

- Menghitung X^2_{hitung}

Hipotesis

1. H_0 : $X^2_{\text{tabel}} > X^2_{\text{hitung}}$ (Data berdistribusi normal)

2. H_1 : $X^2_{\text{tabel}} < X^2_{\text{hitung}}$ (Data tidak berdistribusi normal)

3. α : 0,05

- Daerah kritis : $X^2_{\text{tabel}} > X^2_{\text{hitung}}$

Dimana X^2_{tabel} dapat dilihat pada buku Walpole / Myers tabel L 5 (Nilai kritis distribusi chi-kuadrat).

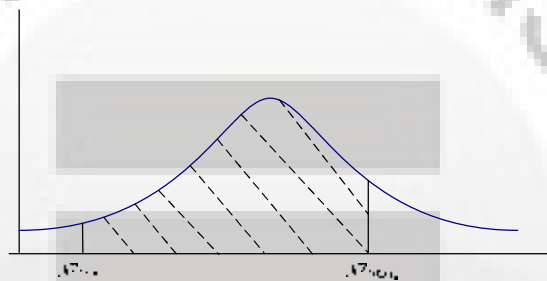
Derajat Kebebasan $V = k - 1$

$$X^2_{\text{tabel}} = X^2_{(\alpha)(k)}$$

- Perhitungan :

$$X^2_{\text{hitung}} = \sum \frac{(f_i \cdot e_i)}{e_i} \dots \dots \dots (2-11)$$

Kurva distribusi normal dapat dilihat pada Gambar 2.5 :



Gambar 2.5 kurva distribusi normal

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

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

- Rumus persentil untuk data normal

$$P_5 = \bar{X} - Z\sigma \dots \dots \dots (2-12)$$

$$P_{50} = \bar{X} \dots \dots \dots (2-13)$$

$$P_{95} = \bar{X} + Z\sigma \dots \dots \dots (2-14)$$

- Rumus persentil untuk data tidak normal

$$P_i = L_i + \left[\frac{\left(\frac{i \cdot n}{100} - \sum f_n \right)}{F} \right] \times k \dots \dots \dots (2-15)$$

Ket : P_i = persentil yang dicari i = nilai persentil n = jumlah data

F_n = jumlah frekuensi sebelum kelas terkait

F = Frekuensi keseluruhan

2.3 Analisis Postur Kerja

Dalam dunia industri, peranan manusia sebagai sumber tenaga kerja masih dominan dalam menjalankan proses produksi terutama kegiatan yang bersifat manual (mayoritas berupa manual *material handling*). Aktivitas manusia seperti ini dapat menyebabkan problem ergonomi yang sering dijumpai di tempat kerja khususnya yang berhubungan dengan kekuatan dan ketahanan manusia dalam melakukan pekerjaannya atau biomekanika yang disebut gangguan muskuloskeletal yang sering disebut *Muskuloskeletal Disorder* (MSD) atau penegangan otot bagi pekerja yang melakukan gerakan yang sama dan berulang secara terus-menerus.

Keluhan MSD yang sering timbul pada pekerja industri adalah nyeri punggung, nyeri leher, nyeri pada pergelangan tangan, siku dan kaki. Ada 4 faktor yang dapat meningkatkan timbulnya MSD yaitu postur yang tidak alamiah, tenaga yang berlebihan, pengulangan berkali-kali, dan lamanya waktu kerja (McAtamney And Corlett, 1993, h 90). Level MSD dari yang paling ringan hingga yang berat akan mengganggu konsentrasi dalam bekerja, menimbulkan kelelahan dan pada akhirnya akan menurunkan produktivitas. Untuk itu diperlukan suatu upaya pencegahan dan minimalisasi timbulnya MSD di lingkungan kerja. Upaya ini dapat diwujudkan melalui analisis postur kerja. Ada berbagai macam metode analisis postur kerja seperti RULA, REBA, OWAS, Strain Index, MANTRA, OCRA, dan QEC. Dari hasil analisis postur kerja ini selanjutnya akan diperoleh rekomendasi perbaikan yang perlu dilakukan. Dengan upaya pencegahan terhadap MSD melalui analisa postur kerja ini diharapkan diperoleh manfaat berupa penghematan biaya, peningkatan produktivitas dan kualitas kerja serta peningkatan kesehatan, kesejahteraan dan kepuasan kerja karyawan (McAtamney And Corlett, 1993, h 91).

2.4 **RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT (RULA)**

Menurut McAtamney And Corlett (1993, h.91) berpendapat bahwa:

RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) adalah suatu metode survey yang dikembangkan untuk penyelidikan ergonomi tentang tempat kerja dimana ada kaitannya dengan gangguan anggota tubuh bagian atas. Metode ini tidak membutuhkan suatu peralatan yang khusus untuk menentukan postur dari leher, punggung, dan anggota gerak bagian atas selama menggunakan fungsi dari otot, dan bebanan eksternal yang mempengaruhi tubuh.

Metode ini menggunakan diagram postur tubuh dan 3 tabel skor untuk menentukan evaluasi dari faktor-faktor resiko. Faktor-faktor resiko sebagai bebanan eksternal terdiri dari :

1. Urutan gerakan
2. Kerja otot statik
3. Gaya
4. Postur kerja yang ditentukan oleh peralatan dan furnitur
5. Waktu kerja tanpa istirahat

Perhitungan *Rapid Upper Limb Assessment* melalui 3 buah tahapan, yaitu pertama adalah merekam posisi kerja, kedua adalah penggunaan dari sistem skor, yang ketiga adalah penentuan level untuk mengetahui tingkat resiko yang ada bagi tubuh dan menentukan perbaikan apa yang disarankan (McAtamney And Corlett, 1993, h.92) :

1. Pengembangan untuk pencatatan postur tubuh

Untuk menghasilkan suatu metode yang mudah digunakan maka tubuh dibagi ke dalam 2 segmen yaitu group A dan group B. Group A terdiri dari lengan bagian atas dan bawah termasuk *wrist*. Sedangkan group B terdiri dari leher, punggung, dan kaki, semua bagian tubuh dari group B digunakan untuk memastikan bahwa ada kemungkinan bagian tubuh tersebut mempengaruhi postur tubuh saat bekerja.

Pemberian nilai untuk posisi tubuh dari masing-masing group adalah sebagai berikut :

- Grup A terdiri dari beberapa posisi yaitu sebagai berikut :

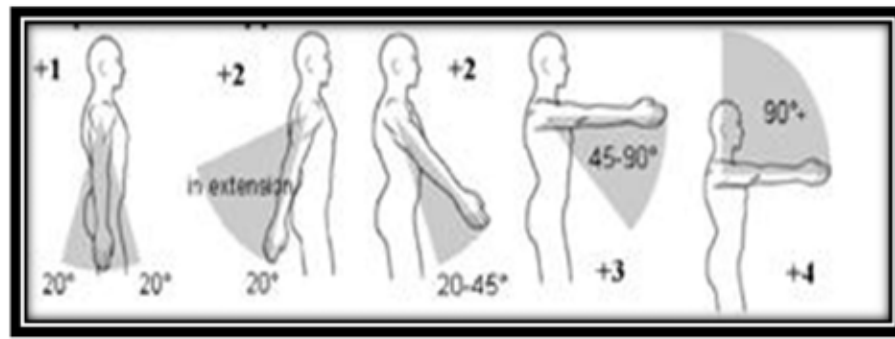
- Posisi lengan atas

Untuk skor setiap gerakan posisi lengan atas pada Tabel 2.5 dan Gambar 2.6. Jika bahu terangkat dan lengan bawah mendapat tekanan maka skor ditambah 1, dan bila posisi operator bersandar dan lengan ditopang maka skor dikurangi 1.

Tabel 2.5 Posisi Lengan Atas

Skor	Gerakan	Perubahan Skor
1	Lengan atas membentuk sudut 20^0	+ 1 jika bahu naik + 1 jika lengan berputar atau bengkok
2	Lengan atas membentuk sudut $20^0 - 45^0$	
3	Lengan atas membentuk sudut $45^0 - 90^0$	
4	Lengan atas membentuk sudut lebih dari 90^0	

(Sumber: McAtamney and Corlett,1993)



Gambar 2.6 Posisi Lengan Atas
(Sumber: McAtamney and Corlett,1993)

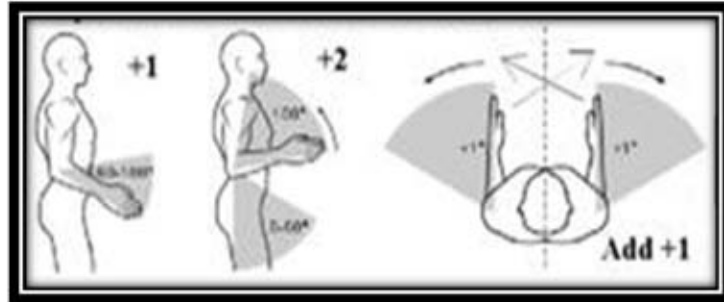
- Posisi lengan bawah

Untuk skor setiap gerakan posisi lengan bawah pada Tabel 2.6 dan Gambar 2.7. Jika lengan bawah bekerja menyilang di depan tubuh atau berada di samping tubuh maka skor ditambah 1.

Tabel 2.6 Posisi Lengan Bawah

Skor	Gerakan	Perubahan Skor
1	Lengan bawah membentuk sudut $60^0 - 100^0$	+ 1 jika lengan bawah melewati garis tengah atau keluar dari posisi tubuh
2	Lengan bawah membentuk sudut kurang dari 60^0 atau lebih dari 100^0	

(Sumber: McAtamney and Corlett,1993)



Gambar 2.7 Posisi Lengan Bawah
(Sumber: McAtamney and Corlett, 1993)

- Posisi tekukan telapak tangan dan Posisi Telapak Tangan yang Mengalami Tekukan dan Putaran

Penentuan posisi *wrist* atau tekukan telapak tangan berdasarkan isu kesehatan dan keselamatan dapat di lihat pada Tabel 2.7 s/d 2.8 dan Gambar 2.8. Jika telapak tangan mengalami tekukan pada deviasi ulnar dan radial maka skor ditambah 1 Posisi untuk telapak tangan yang mengalami tekukan dan perputaran.

Tabel 2.7 Posisi Tekukan Telapak Tangan (*wrist*)

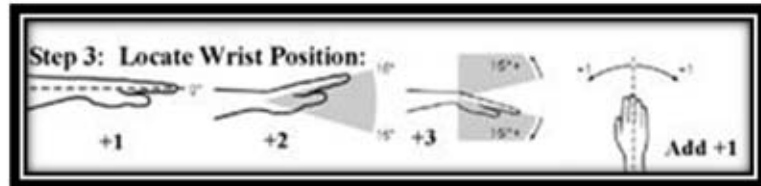
Skor	Gerakan	Perubahan Skor
1	Jika telapak tangan berada dalam posisi netral	+1 Jika pergelangan tangan menjahui garis tengah
2	Jika telapak tangan tertekuk dengan sudut $0^0 - 15^0$	
3	Jika telapak tangan tertekuk dengan sudut lebih dari 15^0	

(Sumber: McAtamney and Corlett,1993)

Tabel 2.8 Posisi Telapak Tangan yang Mengalami Tekukan dan Perputaran

Skor	Gerakan
1	Bila telapak tangan yang tertekuk berputar pada posisi ditengah
2	Bila telapak tangan tertekuk didekat atau diakhiri dari putaran

(Sumber: McAtamney and Corlett,1993)



Gambar 2.8 posisi telapak tangan

(Sumber: McAtamney and Corlett, 1993)

- Grup B terdiri dari beberapa posisi yaitu sebagai berikut :

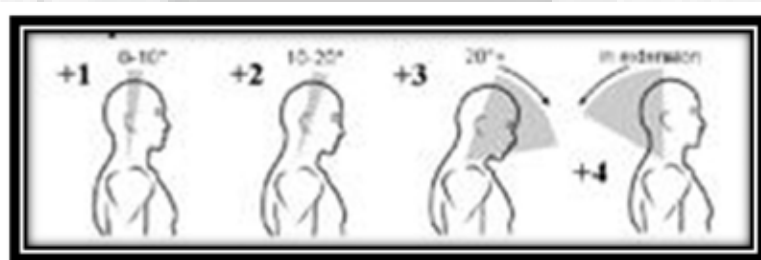
➤ Posisi dari leher

Untuk skor setiap gerakan posisi leher dapat di lihat pada Tabel 2.9 dan Gambar 2.9. Jika leher operator banyak menoleh kesamping kiri atau kanan dan tertekuk kesamping kiri dan kanan maka skor ditambah 1.

Tabel 2.9 Posisi Leher

Skor	Gerakan	Perubahan Skor
1	Jika leher membentuk sudut $0^0 - 10^0$	+1 jika leher berputar atau bengkok
2	Jika leher membentuk sudut $10^0 - 20^0$	
3	Jika leher membentuk sudut lebih dari 20^0	
4	Jika leher melakukan posisi mendongak keatas atau menunduk	

(Sumber: McAtamney and Corlett, 1993)



Gambar 2.9 posisi leher

(Sumber: McAtamney and Corlett, 1993)

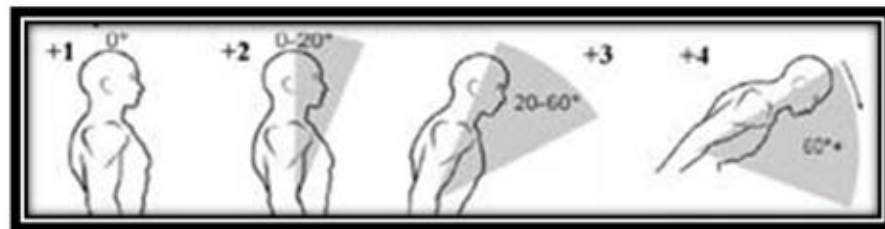
➤ Posisi punggung

Untuk skor setiap gerakan posisi punggung dapat di lihat pada Tabel 2.10 dan Gambar 2.10

Tabel 2.10 Posisi Punggung

Skor	Gerakan	Perubahan Skor
1	Jika operator duduk atau disangga dengan baik oleh pinggul	+1 jika barang tubuh berputar atau bengkok
2	Jika punggung membentuk sudut $0^0 - 20^0$	
3	Jika punggung membentuk sudut $20^0 - 60^0$	
4	Jika punggung membentuk sudut 60^0	

(Sumber: McAtamney and Corlett,1993)



Gambar 2.10 posisi punggung

(Sumber: McAtamney and Corlett, 1993)

➤ Posisi kaki

Untuk skor setiap gerakan posisi kaki dapat di lihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Posisi Kaki

Skor	Gerakan
1	Jika paha dan kaki disangga dengan baik pada saat duduk dan tubuh selalu dalam keadaan seimbang
2	Jika dalam posisi berdiri dimana berat tubuh didistribusikan merata ke kedua kaki
3	Jika paha dan kaki tidak disangga dan titik berat tubuh tidak seimbang

(Sumber: McAtamney and Corlett,1993)

2. Perhitungan sistem skor untuk penggolongan bagian tubuh

Sebuah nilai tunggal dibutuhkan dari grup A dan grup B yang mana mewakili tingkatan atau pembobotan postur dari sistem *musculoskeletal* yang terdapat dalam kombinasi postur bagian tubuh. Kemudian langkah selanjutnya adalah menetapkan skor penggunaan otot (*muscle use score*)

dan skor untuk gaya atau pembebanan (*force/load score*), dengan ketentuan sebagai berikut :

Untuk *muscle use score* ketentuan adalah bila postur tubuh tetap dalam jangka waktu yang lama (memegang dalam waktu lebih dari 1 menit) atau melakukan pengulangan gerakan kira-kira 4 kali dalam waktu 1 menit maka skor bertambah menjadi 1. Untuk *force/load score* pada Tabel 2.12. Untuk *force* atau *load score* selain menggunakan tabel di atas juga ditentukan dari lamanya bekerja. Untuk waktu kerja 4-6 jam maka skor menjadi 1, sedangkan untuk waktu kerja lebih dari 6 jam skor menjadi 2. setelah hal di atas dilakukan maka langkah selanjutnya adalah membuat tabel untuk postur tubuh baik dari grup A dan grup B yang nantinya bersama dengan *force/load score* dan *muscle use score* digunakan untuk menemukan skor akhir dan daftar aksi perbaikan. Untuk menentukan nilai grup A menggunakan Tabel 2.13.

Cara penggunaannya adalah setelah kita menemukan skor untuk *upper arm* dan lainnya kita masukkan ke dalam tabel sesuai dengan skor dari tabel sebelumnya sampai kita menemukan nilai akhir dari Tabel A ini. Untuk grup B menggunakan Tabel 2.14, cara memperoleh sama seperti yang dilakukan pada Tabel 2.13.

Tabel 2.12 *force/load score*

Skor	Gerakan
0	Bila beban kurang dari 2 kg (<i>intermittent</i>)
1	Bila beban antara 2kg – 10kg (<i>intermittent</i>)
2	Bila beban antara 2kg – 10kg (statis atau perulangan)
3	Bila beban lebih dari 10kg atau perulangan atau beban kejut

(Sumber: McAtamney and Corlett, 1993)

Tabel 2.13 Grup A (Postur anggota gerak atas)

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Score							
		1		2		3		4	
		Wrist Twist		Wrist Twist		Wrist Twist		Wrist Twist	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

(Sumber: McAtamney and Corlett, 1993)

Tabel 2.14 Grup B (Leher, punggung, kaki)

Trunk Posture Score												
Neck	1		2		3		4		5		6	
	Leg Score		Leg Score		Leg Score		Leg Score		Leg Score		Leg Score	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

(Sumber: McAtamney and Corlett, 1993)

3. Perhitungan skor akhir dan daftar langkah perbaikan

Setelah tadi melakukan pencarian nilai untuk grup A dan grup B maka langkah terakhir yang dilakukan adalah melakukan pencarian skor akhir untuk mengetahui apakah postur tubuh dari operator tersebut mengandung tingkat bahaya atau tidak, dengan penggabungan dari *muscle use score* dan *force/load score*. Dapat diformulasikan dengan rumus sebagai berikut :

$Score A + muscle\ use\ score\ dan\ force/load\ score\ grup\ A = Score\ C$

$Score B + muscle\ use\ score\ dan\ force/load\ score\ grup\ B = Score\ D$

Grand score diperoleh dari Tabel 2.15.

Setelah didapatkan nilai dari *score C* dan *score D* maka kemudian dimasukkan ke dalam Tabel 2.15 yaitu tabel *Grand Score* yang kemudian didapatkan skor yang ada di dalam tabel tersebut.

Tabel 2.15 Nilai Akhir (*Grand Score*)

<i>Grand Total Score</i>									
	<i>Score D = Score from Tabel B + Muscle Use Score + Force</i>								
<i>Score C*</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	3	4	5	5	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6	6	6
4	3	3	3	4	5	6	6	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7	7	7
9	5	5	6	7	7	7	7	7	7

(Sumber: McAtamney and Corlett, 1993)

Kemudian untuk menterjemahkan nilai dari table *grand score*, maka dibuatlah suatu daftar perbaikan yang bisa dilihat berikut ini :

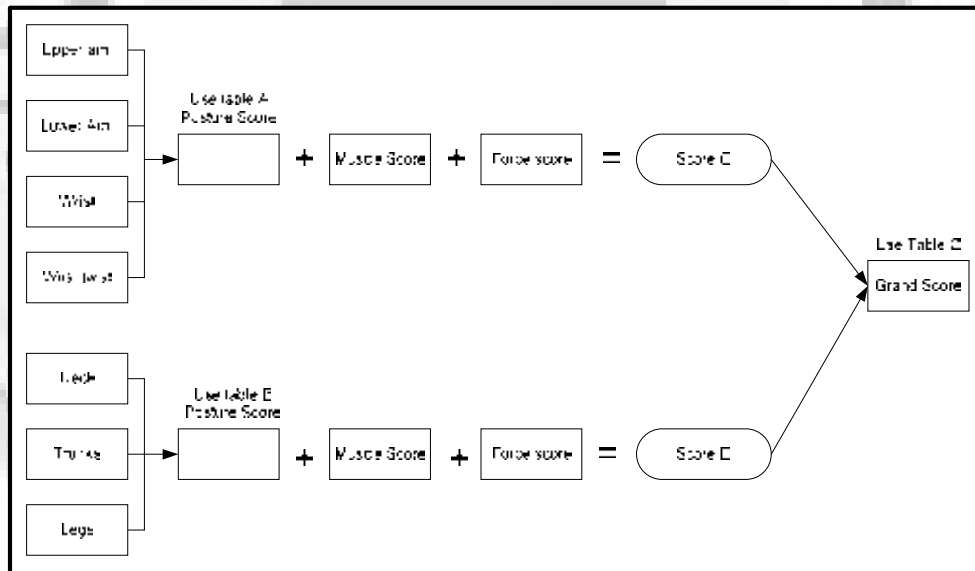
Level 1, skor akhir menunjukkan nilai 1-2 yang mengindikasikan bahwa postur tersebut dapat diterima dan tidak memerlukan perbaikan untuk jangka waktu yang lama.

Level 2, skor akhir menunjukkan nilai 3-4 mengindikasikan membutuhkan investigasi dan perubahan terhadap postur kerja mungkin dapat dilakukan.

Level 3, skor akhir menunjukkan nilai 5-6 yang berarti investigasi dan perubahan postur kerja harus dilakukan secepatnya.

Level 4, skor akhir menunjukkan nilai akhir 7 yang mengindikasikan perubahan harus dilakukan dengan segera.

Setelah langkah ini dilakukan kita baru bisa mengambil keputusan untuk melakukan perubahan dan perbaikan dari postur kerja operator baik itu dari fasilitas kerja maupun dari metode kerja yang ada, dan tergantung dari kebutuhan dari organisasi yang membutuhkan. Adapun uraian singkat langkah-langkah perhitungan RULA pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Lembar skor RULA (McAtamney And Corlett, 1993)

2.5 Studi Gerakan (*Motion Study*)

Studi gerakan adalah salah satu kajian dari bidang Ergonomi dalam hal untuk meningkatkan keefektifan dan efisiensi kerja. Adakalanya gerakan-gerakan yang dilakukan oleh seorang pekerja sudah tepat dan sesuai dengan apa yang dilakukan atau diperlukan, tetapi tidak jarang seorang pekerja melakukan gerakan yang tidak perlu, sehingga membuat keefektifan dan efisiensi kerja menurun. Dengan hal tersebut maka diperlukannya penerapan studi gerakan.

2.5.1 Definisi Studi Gerakan (*Motion Study*)

Studi Gerakan ada adalah analisis yang dilakukan terhadap beberapa gerakan bagaian tubuh pekerja dalam menyelesaikan pekerjaannya. Dengan demikian diharapkan agar gerakan-gerakan yang tidak perlu dapat dikurangi atau bahkan dihilangkan, sehingga akan diperoleh penghematan baik dalam tenaga, waktu kerja maupun dana (Sutalaksana, 2006, h.102).

Analisis diarahkan khususnya untuk dapat menghilangkan gerakan-gerakan yang tidak efektif, yang pada akhirnya dapat menghemat waktu kerja maupun pemakaian peralatan dan fasilitas kerja. Salah satu penguraian elemen gerakan yang sering digunakan adalah *Therblig* yang dikembangkan oleh Frank dan Lilian Gilbreth. Elemen gerakan ini terdiri dari 17 elemen gerakan

2.5.2 Manfaat Studi Gerakan (*Motion Study*)

Adapun beberapa manfaat yang dapat diterima dari penerapan Studi Gerakan adalah sebagai berikut :

1. Memperbaiki kemampuan pekerja karena menerapkan metode yang baik, penggunaan alat yang baik dan menghentikan kegiatan yang tidak perlu.
2. Kehidupan mesin dapat ditingkatkan.
3. Mengurangi kelelahan pekerja.
4. Mengurangi biaya tenaga kerja karena pemborosan kurang dalam pabrik.

2.5.3 Gerakan-Gerakan yang Diuraikan Oleh Gilbreth

Suatu pekerjaan yang utuh dapat diuraikan menjadi gerakan dasar, yang oleh Gilberth diuraikan kedalam 17 *Therblig* itu. Suatu pekerjaan mempunyai uraian yang berbeda-beda bila dibandingkan dengan pekerjaan lainnya. Hal ini tergantung dari jenis pekerjaannya. Suatu pekerjaan mungkin dapat diuraikan

kedalam enam (6) Therblig, sedangkan untuk pekerjaan yang lain mungkin hanya dapat diuraikan ke dalam empat (4) Therblig. Suatu Therblig bisa saja diperlukan lebih dari satu kali bagi suatu pekerjaan (Sutalaksana, 2006, h.102).

Adapun beberapa elemen Therblig sebagai berikut :

1. Mencari (*Search*)

Elemen gerakan mencari merupakan gerakan dasar dari pekerja untuk menemukan lokasi objek. Yang bekerja dalam hal ini adalah mata. Gerakan ini dimulai pada saat mata bergerak mencari objek dan berakhir bila objek sudah ditemukan. Dalam Therblig gerakan ini sedapat mungkin dihilangkan, karena mencari merupakan gerakan yang tidak efektif dan masih dapat dihindarkan misalnya dengan menyimpan peralatan atau bahan-bahan pada tempat yang tetap sehingga proses mencari dapat dihilangkan.

2. Memilih (*select*)

Memilih adalah gerakan untuk menemukan suatu objek yang tercampur. Tangan dan mata adalah dua (2) bagian badan yang digunakan untuk melakukan gerakan ini. Therblig ini dimulai pada saat tangan dan mata mulai memilih dan berakhir bila objek sudah ditemukan. Batas antara mulai memilih dan akhir dari mencari sedikit sulit untuk ditentukan karena ada pembaruan pekerjaan diantara dua gerakan tersebut. Gerakan ini tidak efektif sehingga sedapat mungkin elemen gerakan ini harus dihindarkan.

3. Memegang (*Grasp*)

Therblig ini adalah gerakan untuk memegang objek, biasanya didahului oleh gerakan menjangkau dan dilanjutkan dengan gerakan membawa. Therblig ini merupakan gerakan yang efektif dan meskipun sulit untuk dihilangkan dalam beberapa keadaan masih dapat diperbaiki.

4. Menjangkau (*Reach*)

Pengertian menjangkau dalam Therblig adalah gerakan tangan berpindah tanpa beban, baik gerakan mendekati maupun menjauhi objek. Gerakan ini biasanya didahului oleh gerakan melepas (*release*) dan diikuti oleh gerakan memegang (*Grasp*). Therblig ini dimulai

pada saat tangan berpindah dan berakhir bila tangan sudah berhenti. Waktu yang diperlukan untuk menjangkau ditentukan oleh jarak dari gerakan menjangkau ke objek.

5. Membawa (*Move*)

Elemen gerakan membawa juga merupakan gerak perpindahan tangan, hanya dalam gerak ini tangan dalam keadaan dibebani. Gerakan membawa biasanya didahului oleh gerakan memegang dan dilanjutkan dengan gerakan melepas atau pengarahannya.

6. Memegang untuk Memakai (*Hold*)

Pengertian *Hold* disini adalah memegang tanpa menggerakkan objek yang dipegang. Perbedaannya dengan memegang terdahulu adalah pada perlakuan terhadap objek. Pada memegang, pemegangan dilanjutkan dengan gerakan membawa, sedangkan memegang untuk memakai tidak demikian. Therblig ini merupakan gerak yang tidak efektif, dengan demikian sedapat mungkin harus dapat dihilangkan atau paling tidak dikurangi.

7. Melepas (*Release*)

Elemen gerakan melepas terjadi apabila seorang melepaskan objek yang dipegangnya. Bila dibandingkan dengan therblig yang lainnya, gerakan melepas merupakan gerakan yang relatif lebih singkat. Therblig ini mulai pada saat pekerja mulai melepaskan tangannya dari objek dan berakhir bila seluruh jarinya tidak menyentuh objek lagi.

8. Mengarahkan (*Position*)

Therblig ini merupakan gerakan mengarahkan suatu objek pada suatu lokasi tertentu. Mengarahkan biasanya didahului oleh gerakan mengangkat dan dilanjutkan dengan gerakan merakit. Gerakan ini mulai sejak tangan mengendalikan objek misalnya memutar, menggeser ke suatu tempat, dan berakhir pada gerakan merakit.

9. Mengarahkan Sementara (*Pre-Position*)

Elemen gerak mengarahkan awal adalah elemen kerja Therbligs yang mengarahkan objek pada suatu tempat sementara sehingga pada saat kerja mengarahkan objek benar-benar dilakukan maka objek tersebut

dengan mudah akan bisa dipegang dan dibawa kearah tujuan yang dikehendaki. Elemen Therbligs ini sering terjadi bersamaan dengan Therbligs yang lain diantaranya adalah membawa (*move*) dan melepaskan (*release*). Untuk mengurangi waktu kerja mengarahkan awal bisa dilakukan dengan merancang peralatan pembantu untuk memegang (*holding device*) perkakas kerja atau objek pada arah gerakan kerja yang semestinya.

10. Pemeriksaan (*Inspect*)

Elemen terbit ini termasuk langkah kerja untuk menjamin bahwa objek telah memenuhi persyaratan kualitas yang ditetapkan. Gerakan kerja dilaksanakan dengan pengecekan secara rutin oleh operator selama proses kerja berlangsung. Elemen dapat berupa gerakan melihat seperti memeriksa warna, meraba seperti memeriksa kahalusan permukaan benda kerja dan lain-lain aktivitas yang prinsipnya memeriksa objek kerja untuk dibandingkan dengan standar yang lain. Waktu yang diperlukan untuk kegiatan memeriksa ini akan bergantung kepada kecepatan operator menemukan perbedaan antara objek dengan performans standar yang dibandingkan. Elemen kerja ini termasuk dalam elemen Therbligs yang tidak efektif dan dapat dihindari.

11. Perakitan (*Assemble*)

Merakit adalah elemen gerakan Therblig untuk menghubungkan dua objek atau lebih menjadi satu kesatuan. Elemen kerja ini merupakan elemen Therbligs yang efektif yang tidak dapat dihilangkan sama sekali tapi dapat diperbaiki. Merakit biasanya akan didahului oleh gerakan Therbligs yang lain bisa berupa elemen gerakan pengarah (*position*) atau membawa (*move*) dan diikuti oleh gerakan melepas (*release*). Pekerjaan merakit dimulai disaat objek sudah siap dipasangkan dengan objek yang lain (biasanya setelah diarahkan terlebih dahulu) dan berakhir segera begitu objek-objek tersebut sudah bergabung sempurna.

12. Lepas Rakit (*Disassemble*)

Elemen gerak ini merupakan kebalikan dari elemen Therblig merakit (*assemble*). Di sini dilakukan gerakan memisahkan atau menguraikan dua objek yang tergabung satu menjadi objek-objek terpisah. Gerakan mengurai rakit biasanya diawali oleh elemen memegang (*grasp*) dan dilanjutkan dengan membawa (*move*) atau melepas (*release*). Gerakan ini dimulai pada saat pemegang atas objek telah selesai yang dilanjutkan dengan usaha memisahkan dan berakhir disaat objek telah terurai sempurna (biasanya terus diikuti dengan gerakan Therblig lainnya yaitu membawa atau melepas).

13. Memakai (*Use*)

Memakai adalah elemen gerakan Therblig dimana salah satu atau kedua tangan digunakan untuk memakai/mengontrol suatu alat/objek untuk tujuan-tujuan tertentu selama kerja berlangsung. Lama waktu yang dipergunakan untuk gerakan ini tergantung pada jenis pekerjaan atau kecakapan operator untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Seperli halnya dengan elemen-elemen merakit, dan lepas rakit maka elemen gerakan memakai dapat diperbaiki

14. Kelemahan Yang Tak Terhindarkan (*Unavoidable Delay*)

Kondisi kelambatan kerja disini adalah diakibatkan oleh hal-hal yang diluar kontrol dari operator dan merupakan interupsi terhadap proses kerja yang sedang berlangsung. Kondisi ini menimbulkan terjadinya waktu menganggur (*idle time*) selama siklus kerja berlangsung baik yang dialami oleh satu atau dua tangan operator. Sebagai contoh seorang operator karena kondisi kerja yang ada cukup melaksanakannya dengan satu tangan sedangkan tangan yang lain tidak melaksanakan kerja apa-apa. Demikian juga adanya gangguan-gangguan lain diluar kontrol operator, misalnya aliran listrik padam akan menyebabkan terjadinya kelambatan yang tidak bisa dihindarkan ini. Keadaan ini hanya dapat dielemisir atau dikurangi dengan cara melakukan perubahan/perbaikan terhadap proses kerja atau melakukan tindakan-tindakan preventif lain dengan sebaik-baiknya.

15. Kelambatan Yang Dapat Dihindarkan (*Avoidable Delay*)

Setiap waktu menganggur (*idle time*) yang terjadi pada siklus kerja yang berlangsung merupakan tanggung jawab operator baik secara sengaja maupun tidak sengaja akan diklasifikasikan sebagai kelambatan yang bisa dihindarkan. Kegiatan ini menunjukkan situasi yang tidak efektif yang dilakukan oleh operator (merokok, mengobrol, mondar-mandir tanpa tujuan jelas, dan lain sebagainya) sehingga perbaikan/penanggulangan yang perlu dilakukan lebih ditujukan kepada operatornya sendiri tanpa harus merubah proses operasi kerjanya.

16. Merencanakan (*Plan*)

Elemen Therblig merencana ini merupakan proses mental dimana operator berhenti sejenak bekerja dan memikir untuk menentukan tindakan-tindakan apa yang harus melakukan selanjutnya. Elemen kerja ini bisa terjadi pada saat siklus kerja berlangsung, akan tetapi umumnya sering bisa dijumpai pada pekerjaan-pekerjaan baru. Cara memperbaikinya adalah dengan memberi pelatihan (*training*) yang cukup.

17. Istirahat Untuk Menghilangkan Lelah (*Rest To Overcome Fatigue*)

Elemen ini tidak terjadi pada setiap siklus kerja akan tetapi berlangsung secara periodik. Waktu untuk memulihkan kondisi badan dari kelelahan fisik akibat kerja berbeda beda, tidak saja tergantung pada karakteristik pekerjaan yang ada tetapi juga tergantung individu pekerjaanya. Untuk memperbaiki elemen-elemen Therblig yang diklasifikasikan sebagai nilai bisa dilaksanakan dengan memperhatikan faktor-faktor ergonomi yang secara signifikan berpengaruh besar performans kerja manusia.

2.6 Beban Kerja

Menurut Meshkati dalam Tarwaka (2004, h.95) beban kerja didefinisikan sebagai suatu perbedaan antara kapasitas atau kemampuan pekerja dengan tuntutan pekerjaan yang harus dihadapi. Jadi dapat disimpulkan bahwa beban kerja adalah kemampuan tubuh manusia dalam menerima atau menanggung suatu pekerjaan dalam jumlah dan selang waktu tertentu dengan keadaan tubuh yang baik dalam mengerjakan tugas tersebut.

Beban kerja dapat digolongkan dalam dua komponen utama yaitu beban kerja fisik (menggunakan otot sebagai kegiatan sentral) dan beban kerja mental (menggunakan otak sebagai faktor utama). Kedua kegiatan ini tidak dapat dipisahkan secara sempurna mengingat terdapat hubungan yang erat antara satu dengan yang lainnya. Namun, jika dilihat dari energi yang dikeluarkan, maka kerja mental murni relatif lebih sedikit mengeluarkan energi dibandingkan dengan kerja fisik.

Beban kerja mental adalah selisih antara tuntutan beban kerja dari suatu tugas dengan kapasitas maksimum beban mental seseorang dalam kondisi termotivasi (Hancock & Meshkati, 1988, h.6). Terdapat dua (2) cara dalam mengukur beban kerja mental yang dialami oleh seseorang yaitu dengan cara pengukuran objektif dan pengukuran subyektif.

Menurut Hancock & Meshkati (1988, h.123) berpendapat bahwa:

Pengukuran beban mental secara objektif yaitu suatu pengukuran beban kerja dimana sumber data yang diolah bersifat data-data kuantitatif. Sedangkan pengukuran kerja mental secara subyektif yaitu pengukuran beban kerja dimana sumber data yang diolah adalah data-data yang bersifat kualitatif. Pengukuran beban kerja mental secara subyektif merupakan salah satu pendekatan psikologi dengan cara membuat skala psikometri untuk mengukur beban kerja mental. Terdapat beberapa metode untuk mengukur beban kerja mental secara subyektif yaitu NASA-TLX (*TASK LOAD INDEX*), *Harper Qoorper Rating* (QOR), *Task Difficulty Scale*, *Subjective Workload Assesment Technique* (SWAT).

2.7 NASA-TLX (*TASK LOAD INDEX*)

NASA-TLX (*TASK LOAD INDEX*) adalah alat penilaian subjektif multi dimensi yang mengukur beban kerja yang dirasakan, untuk menilai tugas, sistem, atau efektivitas tim atau aspek lain dari kinerja (Hancock & Meshkati, 1988, h.154). Metode NASA-TLX ‘dikembangkan oleh Sandra G. Hart dari NASA-Ames Research Center serta Lowell E. Staveland dari *San Jose State University* pada tahun 1981’ (Hancock dan Meshkati, 1988, h.154). Metode ini berupa kuesioner dikembangkan berdasarkan munculnya kebutuhan pengukuran subjektif yang lebih mudah tetapi lebih sensitif pada pengukuran beban kerja. Metode NASA-TLX merupakan prosedur rating multi dimensional, yang membagi *workload* atas dasar rata-rata pembebanan 6 dimensi, yaitu *Mental Demand*, *Physical Demand*, *Temporal Demand*, *Effort*, *Own Performance*, dan *Frustration*. NASA-TLX dibagi menjadi dua tahap, yaitu perbandingan tiap skala (*Paired Comparison*) dan pemberian nilai terhadap pekerjaan (*Event Scoring*).

Hancock dan Meshkati (1988, h.155-169) menjelaskan langkah-langkah dalam pengukuran beban kerja mental dengan menggunakan metode NASA-TLX sebagai berikut :

1. Penjelasan indikator beban mental yang akan diukur

Tabel 2.16 Indikator Beban Mental

SKALA	RATING	KETERANGAN
<i>Mental Demand (MD)</i>	Rendah, Tinggi	Seberapa besar aktivitas mental dan perseptual yang dibutuhkan untuk melihat, mengingat, dan mencari. Apakah pekerjaan tersebut mudah atau sulit, kompleks atau sederhana, longgar atau ketat.
<i>Physical Demand (PD)</i>	Rendah, Tinggi	Jumlah aktivitas fisik yang dibutuhkan (misalnya ; mendorong, menarik, mengontrol putaran)
<i>Temporal Demad (TD)</i>	Rendah, Tinggi	Jumlah tekanan yang berkaitan dengan waktu yang dirasakan selaam elemen pekerjaan berlangsung. Apakah perlahan, santai, atau cepat
<i>Performance (OP)</i>	Tidak tepat, Sempurna	Seberapa besar keberhasilan seseorang di dalam pekerjaannya dan seberapa puas dengan hasil kerjanya
<i>Frustration (FR)</i>	Rendah, Tinggi	Seberapa tidak aman, putus asa, tersinggung, terganggu, dibandingkan dengan perasaan aman, puas, nyaman, dan kepuasan diri yang dirasakan
<i>Effort (EF)</i>	Rendah, Tinggi	Seberapa keras kerja mental dan fisik yang dibutuhkan untuk mnyelesaikan pekerjaan

2. Pembobotan

Pada bagian ini responden diminta untuk melingkari salah satu dari dua indikator yang dirasakan lebih dominan menimbulkan beban kerja mental terhadap pekerjaan tersebut. Kuesioner NASA-TLX yang diberikan berupa perbandingan berpasangan. Dari kuesioner ini dihitung jumlah *tally* dari setiap indikator yang dirasakan paling berpengaruh. Jumlah *tally* menjadi bobot untuk tiap indikator beban mental.

3. Pemberian Rating

Pada bagian ini responden diminta memberi rating terhadap keenam indikator beban mental. Rating yang diberikan adalah subyektif tergantung pada beban mental yang dirasakan oleh responden tersebut. Untuk mendapatkan skor beban mental NASA-TLX, bobot dan rating untuk setiap indikator dikalikan kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan 15 (jumlah perbandingan berpasangan).

4. Menghitung nilai produk

Diperoleh dengan mengalikan *rating* dengan bobot faktor untuk masing-masing deskriptor. Dengan demikian dihasilkan 6 nilai produk untuk 6 indikator (MD, PD, TD, CE, FR, EF)

$$\text{Produk} = \text{rating} \times \text{bobot faktor} \dots\dots\dots (2-16)$$

5. Menghitung *Weighted Workload* (WWL)

Diperoleh dengan menjumlahkan keenam nilai produk

6. Menghitung rata-rata WWL

Diperoleh dengan membagi WWL dengan jumlah bobot total

7. Interpretasi Skor

Berdasarkan penjelasan Hart dan Staveland pada tahun 1981 (Hancock & Meshkati, 1988, h.169) dalam teori NASA-TLX, skor beban kerja yang diperoleh terbagi dalam tiga bagian yaitu pekerjaan menurut para responden tergolong agak berat jika nilai >80, nilai 50-80 menyatakan beban pekerjaan sedang, sedangkan nilai <50 menyatakan beban pekerjaan

agak ringan. Output yang dihasilkan dari pengukuran dengan NASA-TLX ini berupa tingkat beban kerja mental yang dialami oleh pekerja. Hasil pengukuran ini bisa menjadi pertimbangan manajemen untuk melakukan langkah lebih lanjut, misalnya dengan mengurangi beban kerja untuk pekerjaan yang memiliki skor di atas 80, kemudian mengalokasikannya pada pekerjaan yang memiliki beban kerja di bawah 50 atau langkah-langkah yang lainnya.

