

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ergonomi

Ergonomi adalah suatu cabang ilmu yang secara sistematis memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik secara EASNE (Efektif, Aman, Sehat, Nyaman, dan Efisien). Secara etimologi, istilah ergonomi berasal dari bahasa Yunani kuno yang terdiri dari dua suku kata yaitu *ergo* (yang berarti kerja) dan *nomos* (yang berarti hukum). Berdasarkan etimologi tersebut, ergonomi juga dapat diartikan sebagai suatu disiplin ilmu yang mempelajari manusia beserta perilakunya di dalam suatu sistem kerja.

Dilihat dari sisi *engineering*, informasi hasil-hasil penelitian ergonomi mengenai kemampuan dan keterbatasan manusia dikelompokkan menjadi 4 bidang penyelidikan yaitu :

a. Penyelidikan tentang display

Display adalah alat yang menyajikan informasi tentang lingkungan yang ingin dikomunikasikan kepada manusia dan disajikan dalam bentuk atau tanda-tanda atau lambang-lambang.

b. Penyelidikan tentang kekuatan fisik manusia

Penyelidikan yang mengarah pada pengukuran kekuatan dan daya tahan fisik manusia ketika bekerja dan mempelajari bagaimana cara kerja serta peralatan

harus dirancang agar sesuai dengan kemampuan fisik manusia ketika melakukan aktivitas tersebut. Penyelidikan ini berhubungan erat dengan biomekanik.

c. Penyelidikan tentang ukuran / dimensi dari tempat kerja

Penyelidikan yang dilakukan untuk mendapatkan ukuran tempat kerja yang baik, yaitu sesuai dengan ukuran tubuh manusia. Hal yang berhubungan dengan tubuh manusia dipelajari dalam *antropometri*.

d. Penyelidikan tentang lingkungan fisik

Penyelidikan yang meliputi kondisi lingkungan fisik dari ruangan dan fasilitas-fasilitas dimana manusia bekerja. Hal ini berkaitan dengan perancangan intensitas cahaya, suara, warna temperatur, kelembapan, bau-bauan, getaran dan lain sebagainya.

2.1.1. Tujuan dan Prinsip Dasar Ergonomi

Terdapat beberapa tujuan yang ingin dicapai dari penerapan ilmu ergonomi. Tujuan-tujuan dari penerapan ergonomi adalah sebagai berikut :

- 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. Prinsip ergonomi adalah pedoman dalam menerapkan ergonomi di tempat kerja dan terdapat 12 prinsip ergonomi, yaitu sebagai berikut :

- a. Bekerja dalam posisi atau postur normal.
- b. Mengurangi beban berlebihan.
- c. Menempatkan peralatan agar selalu berada dalam jangkauan.
- d. Bekerja sesuai dengan ketinggian dimensi tubuh.
- e. Mengurangi gerakan berulang dan berlebihan.
- f. Minimalisasi gerakan statis.
- g. Minimalisasikan titik beban.
- h. Mencakup jarak ruang.
- i. Menciptakan lingkungan kerja yang nyaman.
- j. Melakukan gerakan, olah raga, dan peregangan saat bekerja.
- k. Membuat agar *display* dan contoh mudah dimengerti.
- l. Mengurangi stres



2.1.2. Penerapan Ergonomi

Ergonomi dapat diterapkan pada beberapa aspek dalam bekerja. Penerapan ergonomi antara lain dapat dilakukan pada posisi kerja, proses kerja, tata letak tempat kerja, dan cara mengangkat beban. Penjelasan tentang penerapan ergonomi tersebut pada aspek dalam bekerja adalah sebagai berikut :

a. Posisi Kerja

Terdiri dari posisi duduk dan posisi berdiri, posisi duduk dimana kaki tidak terbebani dengan berat tubuh dan posisi stabil selama bekerja. Sedangkan posisi berdiri dimana posisi tulang belakang vertikal dan berat badan tertumpu secara seimbang pada dua kaki.

b. Proses Kerja

Para pekerja dapat menjangkau peralatan kerja sesuai dengan posisi waktu bekerja dan sesuai dengan ukuran anthropometrinya. Harus dibedakan ukuran anthropometri barat dan timur.

c. Tata Letak Tempat Kerja

Display harus jelas terlihat pada waktu melakukan aktivitas kerja. Sedangkan simbol yang berlaku secara internasional lebih banyak digunakan daripada kata-kata.

d. Mengangkat Beban

Beragam-macam cara dalam mengangkat beban yaitu dengan kepala, bahu, tangan, punggung, dan sebagainya. Beban yang terlalu berat dapat menimbulkan cedera tulang punggung, jaringan otot dan persendian akibat gerakan yang berlebihan

2.1.3. Tipe Masalah Ergonomi

Masalah-masalah ergonomi dapat dikategorikan ke dalam bermacam-macam grup yang berbeda, bergantung kepada wilayah spesifik dari efek tubuh seperti :

1. *Anthropometric*

Antropometri berhubungan dengan konflik dimensional antara ruang geometri fungsional dengan tubuh manusia. Antropometri ini merupakan pengukuran dari dimensi tubuh secara linear, termasuk berat dan volume. Jarak jangkauan, tinggi mata saat duduk, dan lainnya. Masalah-masalah antropometri merupakan manifestasi dari kekurang cocokannya antara dimensi ini dan desain dari ruang kerja. Pemecahannya adalah memodifikasi desain dan menyesuaikan kenyamanan.

2. *Cognitive*

Masalah kognitif muncul ketika informasi beban kerja yang berlebihan dan informasi beban kerja di bawah kebutuhan proses. Keduanya dalam jangka waktu yang panjang maupun dalam jangka waktu pendek dapat menyebabkan ketegangan. Pada sisi lain, fungsi ini tidak sepenuhnya berguna untuk pemeliharaan tingkat *optimum*. Pemecahannya adalah untuk melengkapkan fungsi manusia dengan fungsi mesin untuk meningkatkan performansi sebaik pengembangan pekerjaan.

3. *Musculoskeletal*

Ketegangan otot dan sistem kerangka termasuk dalam kategori ini. Hal tersebut dapat menyebabkan insiden kecil atau trauma efek kumulatif. Pemecahan masalah ini terletak pada penyediaan bantuan performansi kerja atau mendesain kembali pekerjaan untuk menjaga agar kebutuhannya sesuai dengan batas kemampuan manusia.

4. *Cardiovaskular*

Masalah ini terletak pada ketegangan pada sistem sirkulasi, termasuk jantung. Akibatnya adalah jantung memompakan lebih banyak darah ke otot untuk memenuhi tingginya permintaan oksigen. Pemecahannya yaitu mendesain kembali pekerjaan untuk melindungi pekerja dan melakukan rotasi pekerjaan.

5. *Psychomotor*

Masalah ini terletak pada ketegangan pada sistem *psychomotor* yang menegaskan kebutuhan pekerjaan untuk disesuaikan dengan kemampuan manusia dan menyediakan bantuan performansi pekerjaan.

2.1.4. Lingkup Kajian Ergonomi

Beberapa bidang studi yang dipelajari dalam ergonomi merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan kerja. Penjelasan dari bidang studi ergonomi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Ergonomi fisik

Berkaitan dengan aktifitas fisik manusia kerja. Topik-topik yang relevan dalam ergonomi fisik antara lain: anatomi tubuh manusia, antropometri, karakteristik fisiologi dan biomekanika, kekuatan fisik manusia kerja, postur kerja, beban fisik kerja, pemindahan material, studi gerakan dan waktu kerja, MSD, tata letak tempat kerja, keselamatan kerja, kesehatan kerja, ukuran dimensi tempat atau alat kerja, fungsi indra dalam kerja, control & display dsb.

2. Ergonomi kognitif

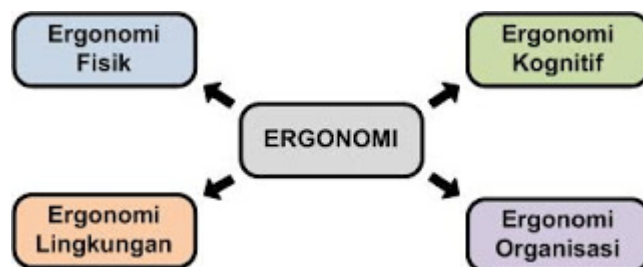
Berkaitan dengan proses mental manusia kerja. Topik-topik yang relevan dalam ergonomi kognitif antara lain: persepsi dalam kerja, ingatan dalam kerja, reaksi dalam kerja, beban kerja, pengambilan keputusan, performa kerja, human-computer interaction, kehandalan manusia, motivasi kerja, stres kerja dsb.

3. Ergonomi organisasi

Berkaitan dengan sosioleknik dalam sistem kerja. Topik-topik yang relevan dalam ergonomi organisasi antara lain: struktur organisasi kerja, kebijakan dan proses, komunikasi kerja, manajemen SDM, alokasi fungsi kerja, *task analysis*, perancangan waktu kerja, *teamwork*, *participatory approach*, komunitas kerja, kultur organisasi, organisasi virtual, produktivitas kerja tim / individu dsb.

4. Ergonomi lingkungan

Berkaitan dengan hal-hal di sekitar orang berkerja, biasanya berupa lingkungan fisik. Topik yang relevan dalam ergonomi organisasi antara lain: pencahayaan di tempat kerja, temperatur di tempat kerja, kebisingan di tempat kerja, getaran di tempat kerja, desain interior tempat kerja termasuk bentuk dan warna dsb.



Gambar 2.1. Lingkup Kajian Ergonomi

Pengelompokkan bidang kajian ergonomi dan penjelasan dari bidang-bidang kajian tersebut yang secara lengkap dikelompokkan sebagai berikut :

- 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. Penginderaan, yaitu bidang kajian ergonomi yang erat kaitannya dengan masalah penginderaan manusia, baik indera penglihatan, penciuman, perasa dan sebagainya.
- e. Psikologi kerja, yaitu bidang kajian ergonomi yang berkaitan dengan efek psikologis dari suatu pekerjaan terhadap pekerjaanya, misalnya terjadinya stres dan lain sebagainya.

2.2. Antropometri

Antropometri adalah pengetahuan yang menyangkut pengukuran dimensi tubuh manusia dan karakteristik khusus lain dari tubuh yang relevan dengan perancangan alat-alat dan benda-benda yang digunakan manusia.

Data antropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal :

1. Perancangan area kerja (*work station, interior mobile*, dan lain-lain).
2. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, *equipment*, perkakas (*tools*) dan sebagainya.
3. Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer dan lain-lain.
4. Perancangan lingkungan kerja fisik.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data antropometri akan menemukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang dan manusia yang akan mengoperasikan produk tersebut. Dalam kaitan ini, maka perancang produk harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh dari populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangannya tersebut.

Antropometri terbagi atas dua bagian yaitu :

1. Antropometri statis

Dalam antropometri statis, pengukuran dilakukan pada tubuh manusia yang berada dalam berbagai posisi standar dan tidak bergerak. Dimensi-dimensi yang diukur pada antropometri statis diambil secara linear dan dilakukan pada permukaan tubuh. Agar dapat direproduksi dan diperbandingkan, pengukuran haruslah dilakukan dengan cara yang sama untuk berbagai individu dan tubuh harus dalam keadaan statis selama pengukuran dilakukan.

2. Antropometri dinamis

Dalam antropometri dinamis, dimensi tubuh yang diukur dilakukan dalam posisi tubuh sedang bergerak sehingga lebih kompleks dan lebih sulit diukur. Pengukuran yang dilakukan meliputi sudut, kecepatan, akselerasi, pola gerakan dan gaya

2.2.1. Faktor yang Mempengaruhi Antropometri

Manusia pada umumnya akan berbeda-beda dalam hal bentuk dan dimensi ukuran tubuhnya. Di sini ada beberapa faktor yang akan mempengaruhi ukuran tubuh manusia, sehingga sudah semestinya seorang perancang produk harus memperhatikan faktor-faktor tersebut yang antara lain adalah :

1. Umur

Secara umum dimensi tubuh manusia akan tumbuh dan bertambah besar, seiring dengan bertambahnya waktu. Ukuran tubuh manusia akan berkembang dari saat lahir sampai sekitar 20 tahun untuk pria dan 17 tahun untuk wanita. Ada kecenderungan berkurang setelah 60 tahun.

2. Jenis kelamin

Dimensi ukuran tubuh laki-laki umumnya akan lebih besar dibandingkan dengan wanita, terkecuali untuk beberapa bagian tubuh tertentu seperti dada, pinggul, dan sebagainya.

3. Rumpun dan Suku Bangsa

Setiap suku, bangsa ataupun kelompok etnik akan memiliki karakteristik fisik yang akan berbeda satu dengan yang lainnya.

4. Posisi Tubuh

Sikap ataupun posisi tubuh akan berpengaruh terhadap ukuran tubuh oleh karena itu, posisi tubuh standar harus diterapkan untuk *survey* pengukuran.

5. Cacat Tubuh

Data antropometri disini akan akan diperlukan untuk rancangan produk bagi orang-orang cacat (kursi roda, kaki/tangan palsu, dan lain-lain). Masalah yang sering timbul misalnya: keterbatasan jarak jangkauan, dibutuhkan ruang kaki untuk desain meja kerja, lorong/jalur khusus untuk kursi roda, ruang khusus di dalam *lavatory*, jalur khusus untuk keluar masuk perkantoran, kampus, hotel, restoran, super market, dan lain- lain.

6. Jenis Pekerjaan

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

7. Faktor Kehamilan pada Wanita

Kondisi ini jelas akan mempengaruhi bentuk dan ukuran tubuh wanita. Hal tersebut jelas memerlukan perhatian khusus terhadap produk-produk yang dirancang bagi segmentasi seperti itu.

8. Tebal atau tipisnya pakaian yang harus dikenakan

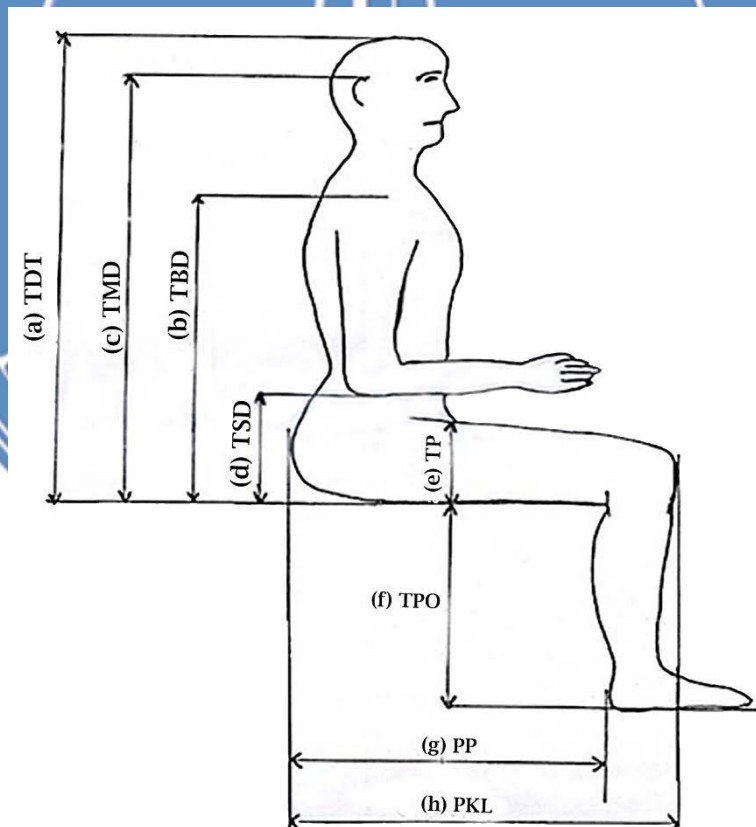
Faktor iklim yang berbeda akan memberikan variasi yang berbeda-beda pula dalam bentuk rancangan dan spesifikasi pakaian, dengan demikian dimensi tubuh orangpun akan berbeda dari satu tempat dengan tempat yang lain.

2.2.2. Dimensi Antropometri

Dimensi antropometri merupakan ukuran tubuh pada posisi tertentu. Data ini dapat dimanfaatkan guna menetapkan dimensi tubuh manusia yang akan dirancang dan disesuaikan dengan dimensi tubuh manusia yang akan mengoperasikan atau menggunakannya. Dimensi - dimensi antropometri tersebut adalah sebagai berikut :

1. Posisi duduk

Tubuh manusia dengan posisi duduk terdiri dari beberapa dimensi antropometri dan pengukuran dimensi tubuh manusia pada posisi duduk dapat terlihat pada gambar 2.2. di bawah ini.



Gambar 2.2. Pengukuran Dimensi Tubuh Posisi Duduk

Adapun penjelasan dari gambar 2.2 di atas tentang dimensi tubuh dengan posisi duduk adalah sebagai berikut :

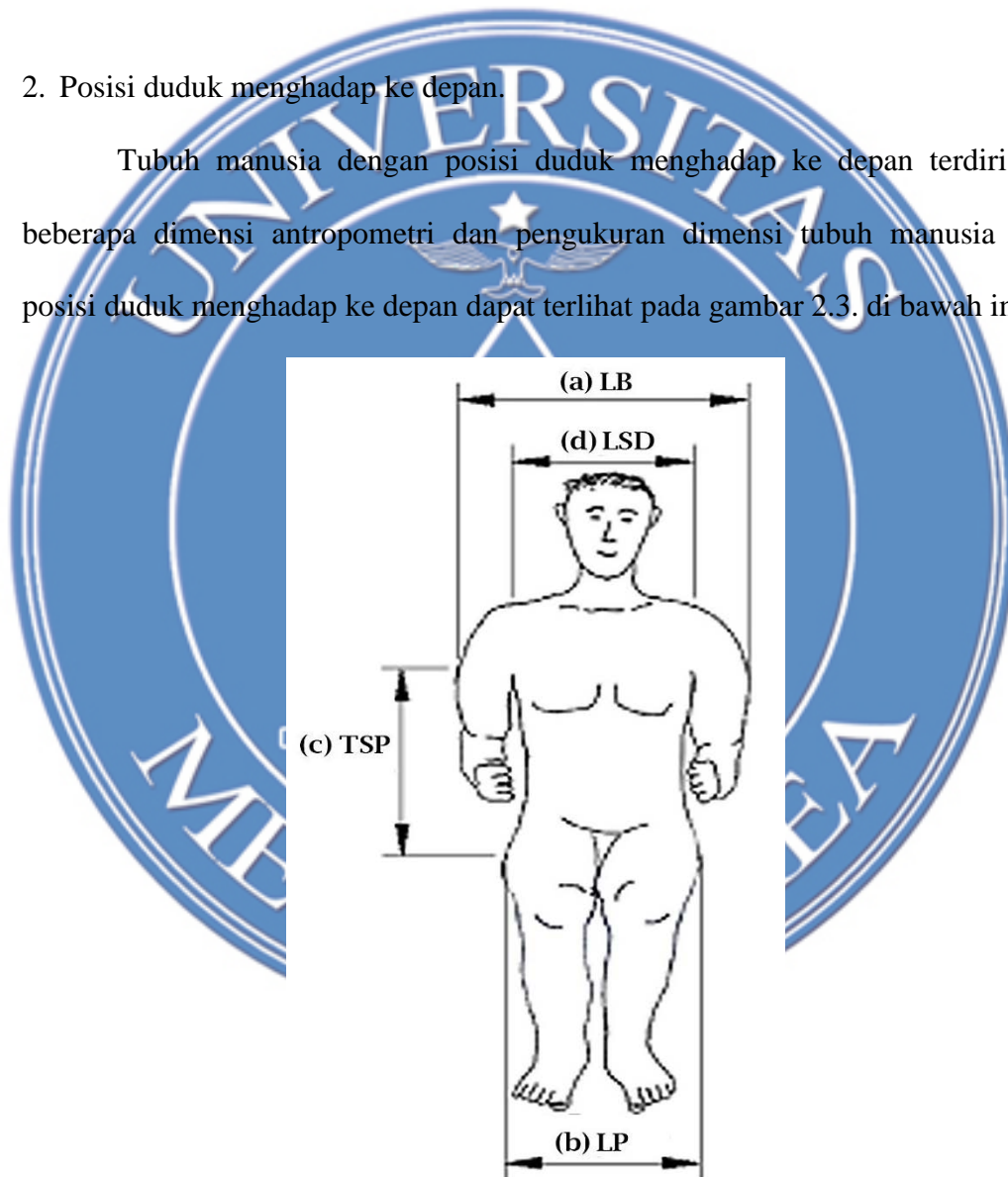
- a. Tinggi Duduk Tegak (TDT), cara pengukuran yaitu dengan mengukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung atas kepala. Subjek duduk tegak dengan memandang lurus kedepan dan lutut membentuk sudut siku-siku.
- b. Tinggi Bahu Duduk (TBD), cara pengukuran yaitu dengan mengukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung tulang bahu yang menonjol pada saat subjek duduk tegak.
- c. Tinggi Mata Duduk (TMD), cara pengukuran yaitu dengan mengukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung mata bagian dalam. Subjek duduk tegak dan memandang lurus kedepan.
- d. Tinggi Siku Duduk (TSD), cara pengukuran yaitu dengan mengukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung bawah siku kanan. Subjek duduk tegak dengan lengan atas vertikal disisi badan dan lengan bawah membentuk sudut siku-siku.
- e. Tebal Paha (TP), cara pengukuran yaitu dengan mengukur subjek duduk tegak dan ukur jarak dari permukaan alas duduk sampai ke permukaan alas pangkal paha.
- f. Tinggi Popliteal (TPO), cara pengukuran yaitu dengan mengukur jarak vertikal dari lantai sampai bagian bawah paha (alas duduk).
- g. Pantat Popliteal (PP), cara pengukuran yaitu dengan mengukur subjek duduk tegak dan ukur jarak horizontal dari bagian terluar pantat sampai

lekukan lutut sebelah dalam (popliteal). Paha dan kaki bagian bawah membentuk sudut siku-siku.

- h. Pantat ke Lutut (PKL), cara pengukuran yaitu dengan mengukur subjek duduk tegak dan ukur jarak horizontal dari bagian terluar pantat sampai ke lutut. Paha dan kaki bagian bawah membentuk sudut siku-siku.

2. Posisi duduk menghadap ke depan.

Tubuh manusia dengan posisi duduk menghadap ke depan terdiri dari beberapa dimensi antropometri dan pengukuran dimensi tubuh manusia pada posisi duduk menghadap ke depan dapat terlihat pada gambar 2.3. di bawah ini:



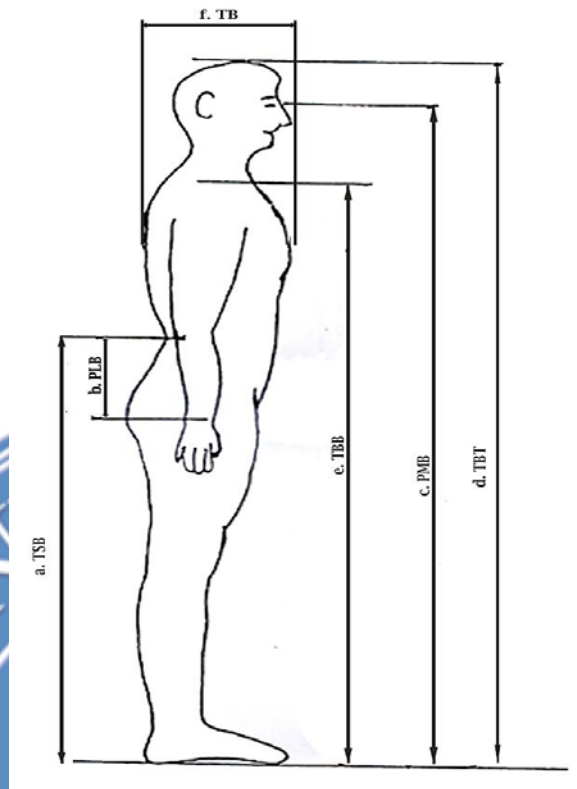
Gambar 2.3. Pengukuran Dimensi Tubuh Posisi Duduk Menghadap ke Depan

Adapun penjelasan dari gambar 2.3. di atas tentang dimensi tubuh dengan posisi duduk menghadap ke depan adalah sebagai berikut :

- a. Lebar Bahu (LB), cara pengukuran yaitu dengan mengukur jarak horizontal antara kedua lengan atas. Subjek duduk tegak dengan lengan atas merapat ke badan dan lengan bawah direntangkan ke depan.
- b. Lebar Pinggul (LP), cara pengukuran yaitu dengan mengukur subjek duduk tegak, ukur jarak horizontal dari bagian terluar pinggul sisi kiri sampai bagian terluar pinggul sisi kanan.
- c. Tinggi Sandaran Punggung (TSP), cara pengukuran yaitu dengan mengukur subjek duduk tegak dan ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai pucuk belikat bawah.
- d. Lebar Sandaran Duduk (LSD), cara pengukuran yaitu dengan mengukur jarak horizontal antara kedua tulang belikat. Subjek duduk tegak dengan lengan atas merapat ke badan dan lengan bawah direntangkan ke depan.

3. Posisi Berdiri

Tubuh manusia dengan posisi berdiri terdiri dari beberapa dimensi antropometri dan pengukuran dimensi tubuh manusia pada posisi berdiri dapat terlihat pada gambar 2.4. di bawah ini :



Gambar 2.4. Pengukuran Dimensi Tubuh Posisi Berdiri

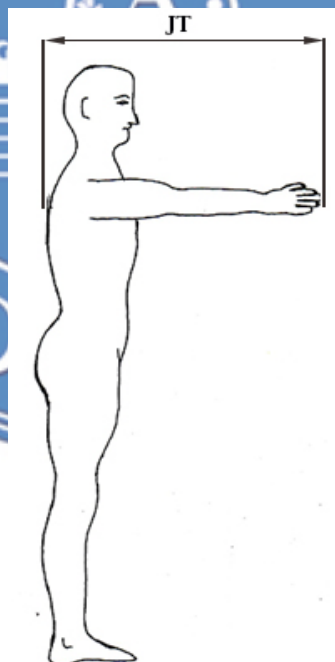
Adapun penjelasan dari gambar 2.4. di atas tentang dimensi tubuh dengan posisi berdiri adalah sebagai berikut :

- a. Tinggi Siku Berdiri (TSB), yaitu dengan mengukur jarak vertikal dari lantai ke titik permukaan antara lengan atas dan lengan bawah. Subjek berdiri tegak dengan kedua tangan tergantung secara wajar.
- b. Panjang Lengan Bawah (PLB), yaitu dengan mengukur subjek berdiri tegak dan tangan di samping, ukur jarak dari siku sampai pergelangan tangan.
- c. Tinggi Mata Berdiri (TMB), yaitu dengan mengukur jarak vertikal dari lantai sampai ujung mata bagian dalam (dekat pangkal hidung). Subjek berdiri tegak dengan memandang lurus ke depan.

- d. Tinggi Badan Tegak (TBT), yaitu dengan mengukur jarak vertikal telapak kaki sampai ujung kepala yang paling atas, sementara subjek berdiri tegak dengan mata memandang lurus ke depan.
- e. Tinggi Bahu Berdiri (TBB), yaitu dengan mengukur jarak vertikal dari lantai sampai bahu yang menonjol pada saat subjek berdiri tegak.
- f. Tebal Badan (TB), yaitu dengan mengukur berdiri tegak dan ukur jarak dari dada (bagian ulu hati) sampai punggung secara horizontal.

4. Posisi berdiri dengan tangan ke depan

Tubuh manusia dengan posisi berdiri dengan tangan ke depan terdiri dari dimensi antropometri jangkauan tangan dan pengukuran dimensi tubuh manusia pada posisi berdiri dengan tangan ke depan dapat terlihat pada gambar 2.5. di bawah ini :



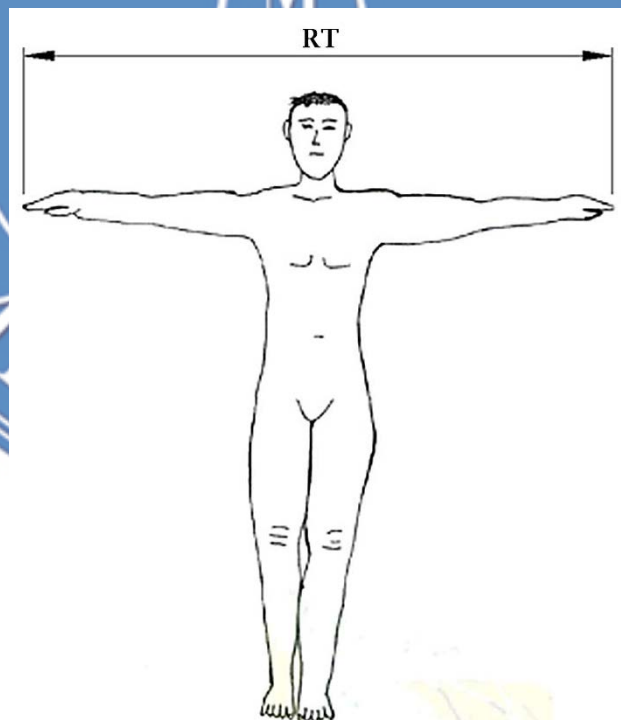
Gambar 2.5. Pengukuran Dimensi Tubuh Posisi Berdiri dengan Tangan ke Depan

Adapun penjelasan dari gambar 2.5. di atas tentang dimensi tubuh posisi berdiri dengan tangan ke depan adalah sebagai berikut :

- a. Jangkauan Tangan (JT), cara pengukuran yaitu dengan mengukur jarak horizontal dari punggung sampai ujung jari tengah dan subjek berdiri tegak dengan betis, pantat dan punggung merapat kedinding, tangan direntangkan secara horizontal ke depan.

5. Posisi Berdiri dengan kedua tangan direntangkan

Tubuh manusia dengan posisi berdiri dengan kedua tangan direntangkan terdiri dari dimensi antropometri rentangan tangan dan pengukuran dimensi tubuh manusia pada posisi berdiri dengan kedua tangan direntangkan dapat terlihat pada gambar 2.6. di bawah ini :



Gambar 2.6. Pengukuran Dimensi Tubuh Posisi Berdiri dengan Kedua Tangan Direntangkan

Adapun penjelasan dari gambar 2.6. di atas tentang dimensi tubuh posisi berdiri dengan kedua tangan direntangkan adalah sebagai berikut :

- a. Rentangan Tangan (RT), cara pengukuran yaitu dengan mengukur jarak horizontal dari ujung jari terpanjang tangan kiri sampai ujung jari terpanjang tangan kanan. Subjek berdiri tegak dan kedua tangan direntangkan horizontal ke samping sejauh mungkin.

2.2.3. Pengolahan Data Antropometri

Dalam pengolahan data hasil pengukuran, maka akan digunakan formula statistik untuk melakukan pengukuran dan pengujian serta perhitungan data, antara lain :

1. Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data digunakan untuk mengetahui apakah data-data yang diperoleh telah berada dalam keadaan terkendali atau belum.. Pada penelitian ini peneliti menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 5%. Persamaan yang digunakan untuk menguji keseragaman data adalah:

$$BKA = \bar{X} + 2\sigma \qquad BKB = \bar{X} - 2\sigma$$

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum X_n}{n}$$

$$\text{Standard Deviasi } (\sigma) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Dimana :

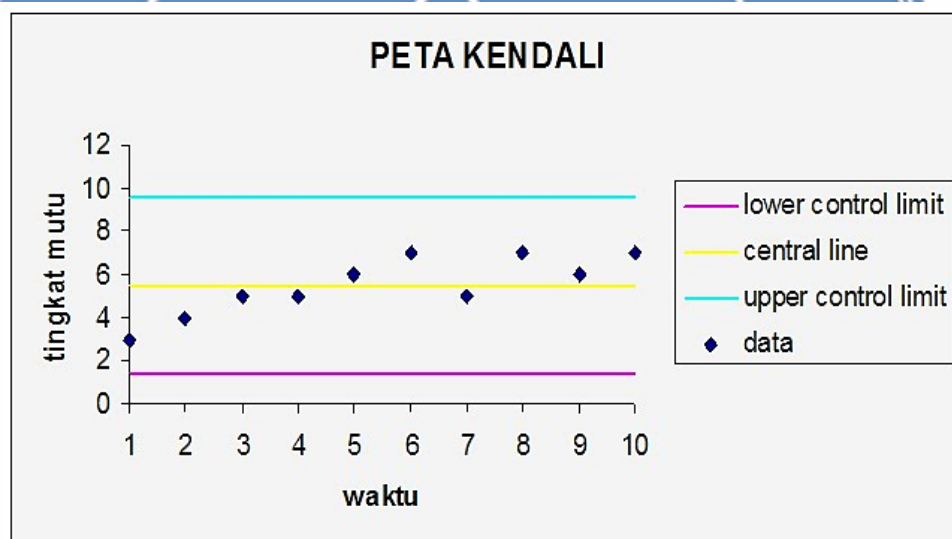
n = Banyaknya Pengamatan

ΣX_n = Jumlah pengamatan ke n dari $i = 1$ hingga $j = 30$

X_i = Hasil pengukuran

\bar{x} = Nilai rata-rata

Hasil pengujian keseragaman data dengan rumus atau persamaan di atas, selanjutnya akan dimasukkan ke dalam peta kontrol (*control chart*) untuk memastikan data sudah dalam batas kendali atau tidak. Bentuk peta kontrol dapat dilihat pada gambar 2.7. di bawah ini.



Gambar 2.7. Peta Kontrol

- Suatu data dapat dikatakan seragam jika data berada dalam batas kendali yang telah ditetapkan yaitu berada diantara BKA = Batas Kendali Atas (*Upper Control Limit*) dan BKB = Batas Kendali Bawah (*Lower Control Limit*)
- Sebaliknya jika data berada di luar BKA dan BKB, maka data tersebut berada dalam keadaan tidak terkendali atau belum seragam. Data yang berada dalam

keadaan tidak terkendali harus dibuang untuk kemudian dilakukan uji keseragaman kembali sehingga tidak ada lagi data yang berada di luar BKA dan BKB

2. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data untuk dimensi tubuh operator dilakukan dengan tingkat ketelitian 5% dan tingkat kepercayaan 95% . Dalam uji kecukupan data ini digunakan rumus sebagai berikut :

$$N' = \left[\frac{40\sqrt{N \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right]^2$$

Keterangan :

N' = Jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan (dari hasil perhitungan)

N = Pengamatan pendahuluan

Jika $N' < N$, maka data pengamatan cukup

Jika $N' > N$, maka data pengamatan kurang dan perlu tambahan data.

3. Uji Kenormalan Data dengan *Chi-Square*

Uji kenormalan data berguna untuk menentukan data yang telah dikumpulkan berdistribusi normal atau diambil dari populasi normal. Pengujian kenormalan data dengan metode *Chi-Square* menggunakan pendekatan penjumlahan penyimpangan data observasi tiap kelas dengan nilai yang diharapkan dimana datanya disajikan secara berkelompok. Metode *Chi-Square* digunakan karena data antropometri yang digunakan adalah data parametrik yang

dapat diketahui nilai parameter / statistik data (rata-rata, standar deviasi, dan sebagainya). Data antropometri yang digunakan merupakan data kontiniu (hasil pengukuran) dan ukuran sampel memenuhi sehingga metode *Chi-Square* dapat digunakan untuk melakukan uji kenormalan data. Rumus umum yang digunakan dalam uji kenormalan data dengan metode Chi-Square adalah sebagai berikut :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Keterangan :

O_i = Frekuensi hasil pengamatan pada klasifikasi ke- i

E_i = Frekuensi yang diharapkan pada klasifikasi ke- i

Hasil seluruh pengujian dinyatakan normal jika chi kuadrat (χ^2) hitung < chi kuadrat (χ^2) tabel.

2.3. Keluhan *Musculoskeletal*

Pekerja yang melakukan kegiatan berulang-ulang dalam satu siklus sangat rentan mengalami gangguan *musculoskeletal*. Keluhan *musculoskeletal* adalah keluhan pada bagian-bagian otot rangka yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Keluhan hingga kerusakan inilah yang biasanya diistilahkan dengan keluhan *musculoskeletal disorders* (MSDs) atau cedera pada sistem *musculoskeletal*. Apabila pekerjaan berulang tersebut dilakukan dengan cara yang nyaman, sehat dan sesuai dengan standar yang ergonomis, maka tidak akan menyebabkan gangguan

musculoskeletal dan semua pekerjaan akan berlangsung dengan efektif dan efisien.

Secara garis besar keluhan otot yang terjadi dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. Keluhan sementara (*reversible*), yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat menerima beban statis, namun demikian keluhan tersebut akan hilang apabila pembebanan dihentikan.
2. Keluhan menetap (*persistent*), yaitu keluhan otot yang bersifat menetap. Walaupun pembebanan kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut.

Studi tentang MSDs pada berbagai jenis industri telah banyak dilakukan dan hasil studi menunjukkan bahwa bagian otot yang sering dikeluhkan adalah otot rangka (*skeletal*) yang meliputi leher, bahu, lengan, tangan, jari, punggung, pinggang dan otot-otot bagian bawah. Diantara keluhan otot *skeletal* tersebut, yang paling banyak dialami oleh pekerja adalah nyeri otot bagian pinggang (*low back pain*).

Keluhan otot *skeletal* pada umumnya terjadi karena kontraksi otot yang berlebihan akibat pemberian beban kerja yang terlalu berat dengan durasi pembebanan yang panjang. Sebaliknya, keluhan otot kemungkinan tidak terjadi apabila kontraksi otot hanya berkisar antara 15-20%, maka peredaran darah ke otot berkurang menurut tingkat kontraksi yang dipengaruhi oleh besarnya tenaga yang diperlukan. Suplai oksigen ke otot menurun, proses metabolisme karbohidrat terhambat dan sebagai akibatnya terjadi penimbunan asam laktat yang menyebabkan timbulnya rasa nyeri otot.

Adapun faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadi keluhan *musculoskeletal* sebagai berikut:

1. Peregangan otot yang berlebihan

Peregangan otot yang berlebihan pada umumnya sering dikeluhkan oleh para pekerja dimana aktivitas kerjanya menuntut pengerahan tenaga yang besar seperti aktivitas mengangkat, menarik, mendorong dan menahan beban yang berat. Peregangan otot yang berlebihan ini terjadi karna pengerahan otot yang diperlukan melampaui kekuatan optimum otot. Apabila hal serupa sering dilakukan, maka dapat mempertinggi resiko terjadinya keluhan otot, bahkan dapat menyebabkan terjadinya cedera otot *skeletal*.

2. Aktivitas berulang

Aktivitas berulang merupakan pekerjaan yang dilakukan secara terus menerus seperti pekerjaan mencangkul, membelah kayu besar, angkut dan sebagainya. Keluhan otot terjadi karena otot menerima tekanan akibat beban kerja secara terus menerus tanpa memperoleh kesempatan untuk relaksasi.

3. Sikap kerja tidak alamiah

Sikap kerja tidak alamiah adalah sikap kerja yang menyebabkan posisi bagian bagian tubuh bergerak menjauhi posisi alamiah, misalnya pergerakan tangan terangkat, punggung terlalu membungkuk, kepala terangkat dan sebagainya. Semakin jauh posisi tubuh dari pusat gravitasi tubuh, maka semakin tinggi pula resiko terjadinya keluhan otot *skeletal*.

4. Faktor penyebab sekunder. Faktor penyebab sekunder ini adalah berupa tekanan langsung dari jaringan otot yang lunak atau getaran dengan frekuensi tinggi yang menyebabkan kontraksi otot bertambah.

Salah satu cara untuk mengidentifikasi keluhan *musculoskeletal* adalah dengan menggunakan alat identifikasi ergonomi, salah satunya adalah *Standard Nordic Questionnaire* (SNQ).

2.4. *Standard Nordic Questionnaire* (SNQ)

Ada beberapa cara dalam melakukan evaluasi ergonomi untuk mengetahui hubungan antara tekanan fisik dengan resiko keluhan otot skeletal. Pengukuran terhadap tekanan fisik ini cukup sulit karena melibatkan berbagai faktor subjektif seperti kinerja, motivasi, harapan dan toleransi kelelahan. Salah satu cara yang digunakan dalam pengukuran tekanan fisik adalah melalui *Standard Nordic Questionnaire* (SNQ). Melalui kuesioner ini dapat diketahui bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari Tidak Sakit (TS), Agak Sakit (AS), Sakit (S) dan Sangat Sakit (SS) dan dengan melihat dan menganalisis peta tubuh maka dapat diestimasi jenis dan tingkat keluhan otot skeletal yang dirasakan oleh pekerja.

Standard Nordic Questionnaire bersifat subjektif karena rasa sakit yang dirasakan yang dirasakan tergantung pada kondisi fisik masing-masing individu. Keluhan rasa sakit pada bagian tubuh akibat aktifitas kerja tidaklah sama antara satu orang dengan orang lain. *Standard Nordic Questionnaire* terdiri dari 28 pertanyaan dan bentuk dari *Standard Nordic Questionnaire* (SNQ) itu sendiri dapat dilihat pada gambar 2.8 di bawah ini.

NO	JENIS KELUHAN	TINGKAT KELUHAN			
		Tidak Sakit	Agak Sakit	Sakit	Sangat Sakit
1	Sakit kaku di leher bagian atas				
2	Sakit kaku di leher bagian bawah				
3	Sakit di bahu kiri				
4	Sakit di bahu kanan				
5	Sakit lengan atas kiri				
6	Sakit di punggung				
7	Sakit lengan atas kanan				
8	Sakit pada pinggang				
9	Sakit pada bokong				
10	Sakit pada pantat				
11	Sakit pada siku kiri				
12	Sakit pada siku kanan				
13	Sakit pada lengan bawah kiri				
14	Sakit pada lengan bawah kanan				
15	Sakit pada pergelangan tangan kiri				
16	Sakit pada pergelangan tangan kanan				
17	Sakit pada tangan kiri				
18	Sakit pada tangan kanan				
19	Sakit pada paha kiri				
20	Sakit pada paha kanan				
21	Sakit pada lutut kiri				
22	Sakit pada lutut kanan				
23	Sakit pada betis kiri				
24	Sakit pada betis kanan				
25	Sakit pada pergelangan kaki kiri				
26	Sakit pada pergelangan kaki kanan				
27	Sakit pada kaki kiri				
28	Sakit pada kaki kanan				

Gambar 2.8. Standard Nordic Questionnaire

2.5. REBA (*Rapid Entire Body Assessment*)

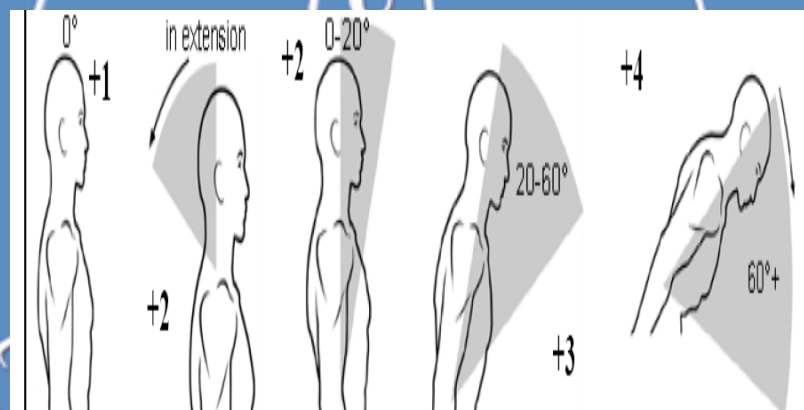
REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) merupakan suatu metode penilaian postur untuk menilai faktor resiko gangguan tubuh keseluruhan. Untuk masing-masing tugas, kita menilai faktor postur tubuh dengan penilaian pada masing-masing grup yang terdiri atas 2 grup yaitu:

1. Grup A yang terdiri dari postur tubuh kiri dan kanan dari batang tubuh (*trunk*), leher (*neck*), dan kaki (*legs*).
2. Grup B yang terdiri atas postur tubuh kanan dan kiri dari lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*), dan pergelangan tangan (*wrist*).

Pada masing-masing grup diberikan suatu skala postur tubuh dan suatu pernyataan tambahan. Diberikan juga faktor beban/kekuatan dan *coupling*. Berikut ini adalah faktor-faktor yang dinilai pada metode REBA.

Grup A :

- a. Batang tubuh (*trunk*)

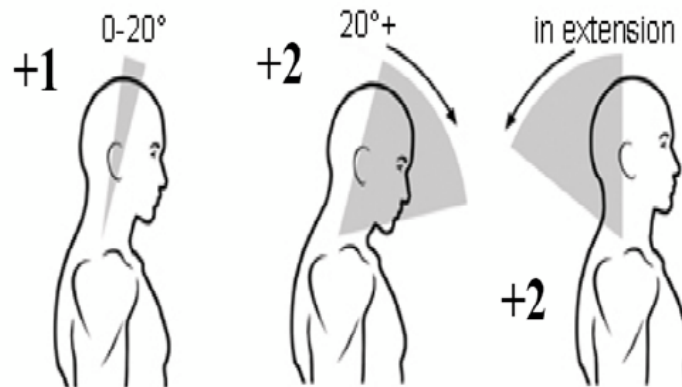


Gambar 2.9. Batang Tubuh REBA

Tabel 2.1. Skor Batang Tubuh REBA

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
Posisi normal	1	
0 – 20° (ke depan dan belakang)	2	+1 jika batang tubuh berputar/bengkok/bungkuk
< - 20° atau 20 – 60°	3	
> 60°	4	

b. Leher (neck)

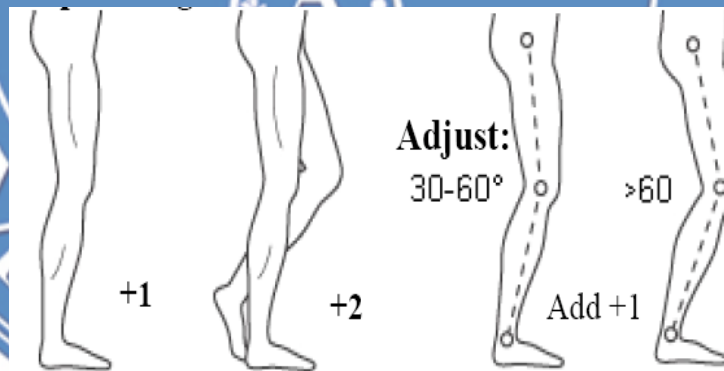


Gambar 2.10. Postur Leher REBA

Tabel 2.2. Skor Leher REBA

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
0 - 20°	1	+1 jika leher berputar/bengkok
> 20° – ekstensi	2	

c. Kaki (legs)



Gambar 2.11. Postur Kaki REBA

Tabel 2.3. Skor Kaki REBA

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
Posisi normal / seimbang (berjalan / duduk)	1	+1 jika lutut antara 30° – 60°
Bertumpu pada satu kaki lurus	2	+2 jika lutut > 60°

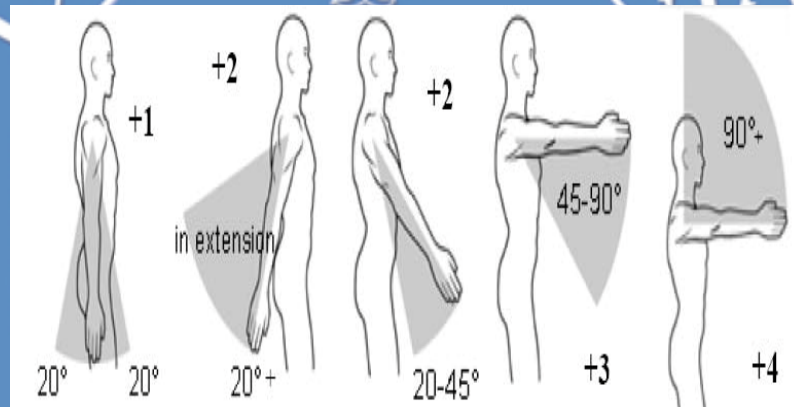
d. Beban (*load*)

Tabel 2.4. Skor Beban REBA

Pergerakan	Skor	Skor Pergerakan
< 5 kg	0	
5 -10 kg	1	+1 jika kekuatan cepat
> 10 kg	2	

Grup B:

a. Lengan atas (*upper arm*)

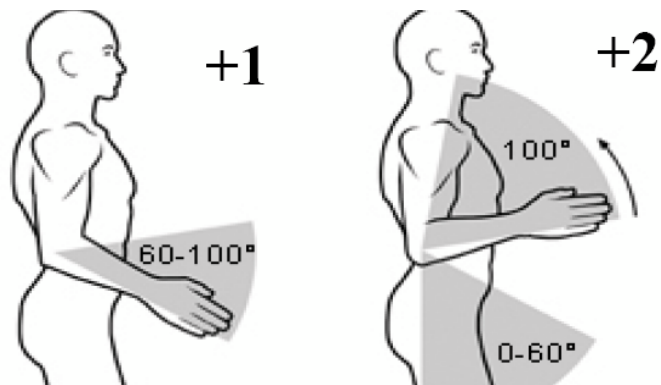


Gambar 2.12. Postur Lengan Atas REBA

Tabel 2.5. Skor Lengan Atas REBA

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
20 ⁰ (ke depan dan belakang)	1	+1 jika bahu naik
> 20 ⁰ (ke belakang) atau 20 ⁰ – 45 ⁰	2	
45 ⁰ – 90 ⁰	3	+1 jika lengan berputar/bengkok
> 90 ⁰	4	-1 miring, menyangga berat lengan

b. Lengan bawah (*lower arm*)

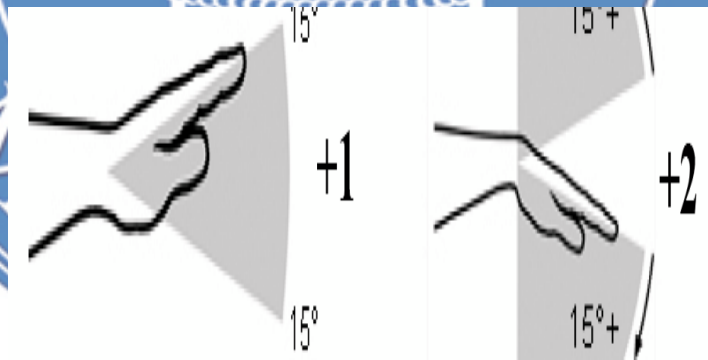


Gambar 2.13. Postur Lengan Bawah REBA

Tabel 2.6. Skor Lengan Bawah REBA

Pergerakan	Skor
$60^{\circ} - 100^{\circ}$	1
$< 60^{\circ}$ atau $> 100^{\circ}$	2

c. Pergelangan tangan (*wrist*)



Gambar 2.14. Postur Pergelangan Tangan REBA

Tabel 2.7. Skor Pergelangan Tangan REBA

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
$0 - 15^{\circ}$ (ke atas dan bawah)	1	+1 jika pergelangan tangan putaran menjauhi sisi tengah
$> 15^{\circ}$ (ke atas dan bawah)	2	

d. *Coupling*

Tabel 2.8. Coupling

Coupling	Skor	Keterangan
Baik	0	Kekuatan pegangan baik
Sedang	1	Pegangan bagus tapi tidak ideal atau kopleng cocok dengan bagian tubuh
Kurang baik	2	Pegangan tangan tidak sesuai walaupun mungkin
Tidak dapat diterima	3	Kaku, pegangan tangan tidak nyaman, tidak ada pegangan atau kopleng tidak sesuai dengan bagian tubuh

Tabel 2.9. Skor Aktivitas

Aktivitas	Skor	Keterangan
Postur static	+1	1 atau lebih bagian tubuh statis / diam
Pengulangan	+1	Tindakan berulang-ulang
Ketidakstabilan	+1	Tindakan menyebabkan jarak yang besar dan cepat pada postur (tidak stabil)

Untuk menentukan level tindakan REBA, kita membutuhkan tambahan data apakah akan menggunakan tubuh bagian kiri atau kanan. Level tindakan REBA dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10. Nilai Level Tindakan REBA

Skor REBA	Level Resiko	Level Tindakan	Tindakan
1	Dapat diabaikan	0	Tidak diperlukan
2-3	Kecil	1	Mungkin diperlukan
4-7	Sedang	2	Perlu
8-10	Tinggi	3	Segera
11-15	Sangat tinggi	4	Sekarang juga