

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Ergonomi

Ergonomi merupakan studi yang berkaitan dengan interaksi manusia, obyek dan lingkungannya. Penjelasan mengenai ergonomi lebih detail dapat dilihat pada sub-sub bab berikut.

#### 2.1.1. Definisi Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa latin yaitu *Ergon*: kerja dan *Nomos*: hukum yang berarti hukum tentang kerja. Selain itu juga dapat didefinisikan sebagai suatu studi mengenai interaksi antara manusia dengan obyek yang digunakan dan lingkungan di mana interaksi itu terjadi. Istilah ergonomi juga sering disebut sebagai *human factors* atau *human factors engineering*. Elemen-elemennya terdiri dari manusia, obyek dan lingkungan. Jika suatu produk, peralatan, tempat kerja dan metode kerja dirancang sehingga sesuai dengan kemampuan manusia maka hasil *performance*-nya akan lebih baik daripada sebelumnya. Tujuan ergonomi untuk mendesain kerja, tempat kerja, lingkungan sehingga dapat memuaskan dan sesuai dengan manusia yang mengerjakan dengan menghasilkan produktivitas tanpa mengalami kelelahan yang tidak perlu.

Sejarah dan perkembangan ergonomi (Pulat, 1997, p.7):

##### a. Revolusi Industri

Pada awalnya mesin-mesin yang dibuat pada saat itu hanya untuk mengoptimalkan produksi dan mengabaikan mutu dan keselamatan kerja. Akibatnya banyak terjadi kecelakaan kerja, *scrap* dan banyak barang yang ditolak karena tidak memenuhi standar mutu. Akhirnya dimulai kesadaran akan kesehatan dan keselamatan kerja. Juga banyak riset yang dikembangkan dalam hal pemanfaatan kemampuan manusia yang efektif dan keterbatasan mereka dalam sistem.

b. Perang Dunia I

Di negara Amerika dan Inggris menerapkan program seleksi dan *training* tenaga kerja. Pada saat itu muncul masalah yaitu banyak peralatan militer yang tidak dapat dioperasikan secara efektif dan aman. Sehingga harus menyesuaikan manusia terhadap pekerjaan dan membuat desain yang sesuai dengan kemampuan.

c. Perang Dunia II

Oleh karena banyaknya kecelakaan kerja dalam bidang industri, maka diperlukan desain yang dapat menyesuaikan dengan kemampuan manusia. Untuk itu sudah banyak dilakukan penelitian-penelitian untuk mengembangkan parameter-parameter desain untuk *display* dan alat kontrol.

d. Setelah Perang Dunia II

Banyak terbentuk organisasi di bidang ergonomi di Amerika dan Eropa juga sudah banyak riset dalam bidang ergonomi.

Sangat banyak pekerjaan yang harus didesain berkaitan dengan prinsip-prinsip ergonomi antara lain VDT, desain *furniture*, desain tempat kerja, *manual material handling*, desain perkakas, biomekanik, tempat duduk, *training*, lingkungan kerja, desain tugas, evaluasi tugas.

Masalah-masalah yang dibahas dalam ergonomi (Pulat, 1997, p.9):

1. Anthropometri

Berhubungan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia termasuk berat dan volume. Contoh: jarak pandang, tinggi mata untuk melihat benda, dan lain-lain.

2. *Cognitive*

Masalah kognitif berhubungan dengan syaraf otak. Muncul jika ada informasi yang berlebihan atau kekurangan di bawah proses permintaan informasi untuk memori jangka panjang dan pendek

3. *Musculoskeletal*

Berhubungan dengan tulang dan otot. Akibat yang timbul adalah dapat menyebabkan kecelakaan atau efek trauma yang berkepanjangan. Penyelesaian masalah ini adalah dengan mendesain ulang pekerjaan agar tidak

terjadi kecelakaan kerja. Contoh: lantai ruang kerja tidak boleh terlalu licin karena dapat menyebabkan pekerja terpeleset.

#### 4. *Cardiovascular*

Berhubungan dengan pernafasan, detak jantung, tekanan darah. Masalah ini menempatkan *stress* pada sistem peredaran termasuk jantung. Hasilnya adalah jantung memompa banyak darah menuju otot untuk memenuhi kebutuhan oksigen yang dibutuhkan.

#### 5. *Psychomotor*

Berhubungan dengan reflek. Solusi pada masalah ini adalah dengan menetapkan kembali kebutuhan kerja untuk menyesuaikan kemampuan manusia dan menyediakan bantuan *job performance*.

## 2.2. Anthropometri

Anthropometri adalah studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh di mana dibutuhkan untuk merancang suatu produk maupun tempat kerja. Penjelasan mengenai anthropometri lebih detail dapat dilihat pada sub-sub bab berikut.

### 2.2.1. Definisi Anthropometri

Istilah Anthropometri berasal dari kata *Anthro* yang berarti manusia dan *Metri* yang berarti ukuran. Anthropometri adalah suatu ilmu yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh baik secara *linear* maupun *angular*. Pengukuran secara *linear* yaitu pengukuran dimensi tubuh yang berbentuk lurus sedangkan pengukuran secara *angular* yaitu pengukuran dimensi tubuh yang berbentuk sudut. Anthropometri digunakan sebagai pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan produk maupun lingkungan kerja.

Faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran tubuh manusia (Nurmianto, 1996, p.48):

#### a. Random atau acak

Dalam perancangan produk maupun lingkungan kerja harus memperhatikan faktor random yang ada seperti: usia, jenis kelamin, pekerjaan, dan lain-lain.

b. Umur

Manusia terbagi menjadi beberapa klasifikasi: usia balita, usia anak-anak, usia remaja, usia dewasa, usia lanjut. Secara umum dimensi tubuh manusia akan tumbuh dan berkembang semakin besar sampai pada usia dewasa. Hal ini berpengaruh terhadap aplikasi desain antropometri. Setelah usia dewasa, tinggi badan akan cenderung menurun. Antara lain disebabkan oleh berkurangnya elastisitas tulang belakang, berkurangnya gerakan dinamika tangan dan kaki seiring dengan bertambahnya usia.

c. Jenis kelamin

Kebanyakan dimensi pria dan wanita punya perbedaan yang cukup signifikan karena ukuran tubuh jenis kelamin pria secara fisik umumnya lebih besar dari wanita. Untuk itu data antropometrinya juga berbeda.

d. Suku bangsa

Ukuran tubuh manusia dari satu suku berbeda dengan suku lainnya. Umumnya ukuran tubuh orang Asia lebih kecil daripada orang Amerika atau Eropa sehingga produk yang dirancang berbeda pula.

e. Keterbatasan fisik atau cacat tubuh

Dengan perkembangan ergonomi yang semakin maju, para penderita cacat secara fisik juga dapat merasakan penggunaan ergonomi. Masalah yang sering dihadapi oleh penderita cacat tubuh seperti keterbatasan jarak jangkauan, ruang kaki (*knee space*) untuk meja kerja, disediakan jalur khusus kursi roda, dan lain-lain.

f. Pakaian

Pertimbangan pakaian juga menentukan di dalam perancangan suatu produk. Hal ini disebabkan karena tebal tipisnya pakaian bergantung pada musim yang dimiliki oleh suatu tempat di mana berbeda-beda antara yang satu dengan yang lainnya.

g. Kehamilan (khusus wanita)

Pada saat kehamilan, ukuran bentuk tubuh berubah sehingga produk yang akan dirancang perlu perhatian khusus.

## 2.2.2. Cara Pengukuran Dimensi Tubuh

Pengukuran dimensi tubuh manusia terbagi menjadi dua (Pulat, 1997, p.133):

### a. Dimensi struktural

Tubuh diukur dalam posisi statis dan tidak bergerak.

### b. Dimensi fungsional

Tubuh diukur pada posisi bergerak. Pengukuran dimensi fungsional lebih banyak diaplikasikan pada perancangan produk atau fasilitas kerja mengingat manusia melakukan berbagai macam aktivitas dalam keadaan bergerak (tidak diam).

Beberapa dimensi struktural untuk populasi dewasa (Pulat, 1997, p.134):

#### 1. Tinggi badan

Dengan berdiri tegak dan arah pandangan ke depan, pengukuran diambil dari permukaan tempat berdiri sampai bagian atas kepala. Untuk pengukuran pada sepatu pria ditambahkan 25 cm (1 inci), 2 cm (0,8 inci) untuk topi, sampai 8 cm (3,1 inci) untuk sepatu wanita.

#### 2. Ketinggian duduk

Merupakan jarak vertikal antara permukaan tempat duduk dan bagian atas kepala dengan posisi duduk tegak lurus, arah pandangan lurus ke depan dan lutut berada pada sudut yang tepat. Untuk pakaian yang tebal, ditambahkan 1,2 cm (0,5 inci), 2 cm (0,8 inci) untuk topi.

#### 3. Tinggi lutut saat duduk

Merupakan jarak vertikal yang diukur dari lantai sampai lutut. Untuk baju yang tipis dan sepatu pria ditambahkan 3 cm (1,2 inci), 4,5 cm (8 inci) untuk sepatu *boot*, untuk sepatu wanita dan baju yang tebal ditambah sampai 8 cm (3,1 inci).

#### 4. Tinggi bagian tengah paha saat duduk

Merupakan jarak vertikal dari lantai ke sisi bawah paha melewati lutut dengan posisi duduk.

#### 5. *Elbow rest height*

Merupakan tinggi lengan pada saat duduk dengan posisi lengan horisontal.

6. Lebar pinggul saat duduk

Merupakan jarak maksimum horisontal melewati pinggul pada saat duduk lurus dan lutut tegak lurus. Ditambahkan 1,5 cm (0,6 inci) untuk baju yang tipis dan 4 cm (1,6 inci) untuk baju yang tebal.

7. Jarak siku ke siku saat duduk

Merupakan jarak horisontal antara permukaan samping kedua siku. Seseorang diukur pada posisi duduk tegak lurus, pinggul dan lutut rapat, lengan dibengkokkan lurus dan menyentuh sisi tubuh bagian samping. Ditambahkan 1,5 cm (0,6 inci) untuk baju yang tipis dan 12 cm (4,8 inci) untuk baju yang tebal.

8. Tebal paha saat duduk

Saat seseorang duduk tegak lurus kemudian diukur jarak vertikal antara permukaan tempat duduk dan titik pertemuan paha dengan bagian perut. Ditambahkan 0,5 cm (0,2 inci) untuk baju yang tipis dan 3,5cm (1,4 inci) untuk baju yang tebal.

9. Tinggi mata saat duduk

Merupakan jarak vertikal yang diukur antara permukaan tempat duduk dengan sebelah dalam pandangan mata. Seseorang duduk dengan posisi tegak dengan pandangan lurus ke depan. Ditambahkan 0,7-1 cm (0,3-0,4 inci) untuk baju yang tipis dan 12 cm (4,8 inci) untuk baju di bawah pantat.

10. Jangkauan lengan

Merupakan jarak horisontal yang diukur antara ujung jari tengah dengan permukaan belakang bahu. Seseorang berdiri dalam posisi tegak dengan kaki dan lutut lurus. Lengan dipanjangkan hingga maksimal. Ditambahkan 1,5 cm (0,6 inci) untuk baju yang tipis dan sarung tangan, 2 cm (0,8 inci) untuk baju yang tebal dan sarung tangan, untuk jari palsu dikurangi 8 cm (3,2 inci), untuk kedua tangan palsu seluruhnya dikurangi 12 cm (4,8 inci).

11. Panjang tangan

Merupakan jarak dari bagian bawah ibu jari sampai bagian ujung jari tengah pada tangan kanan. Tangan diperpanjang dalam keadaan lurus. Ditambahkan 0,4 cm (0,16 inci) untuk sarung tangan ringan dan 0,8 cm (0,32 inci) atau lebih untuk sarung tangan yang berat.

## 12. Panjang kaki

Merupakan jarak horisontal antara bagian belakang tumit sampai ujung jari kaki. Seseorang berdiri dengan posisi tegak dengan bertumpu pada kedua kakinya. Ditambahkan 3 cm (1,2 inci) untuk sepatu pria dan 3,7 cm (1,5 inci) untuk sepatu *boot*, dan 2 cm (0,8 inci) untuk wanita.

### 2.2.3. Prinsip Anthropometri dalam Perancangan

Prinsip-prinsip yang harus diperhatikan dalam aplikasi data anthropometri agar menghasilkan produk yang sesuai dengan ukuran tubuh manusia (Sutalaksana, 1979, p.78):

#### 1. Prinsip perancangan produk bagi individu ekstrim

Perancangan produk dibuat agar suatu rancangan yang dibuat dapat mengakomodasi sebanyak mungkin populasi.

#### 2. Prinsip perancangan produk yang dapat disesuaikan dengan ukuran tertentu

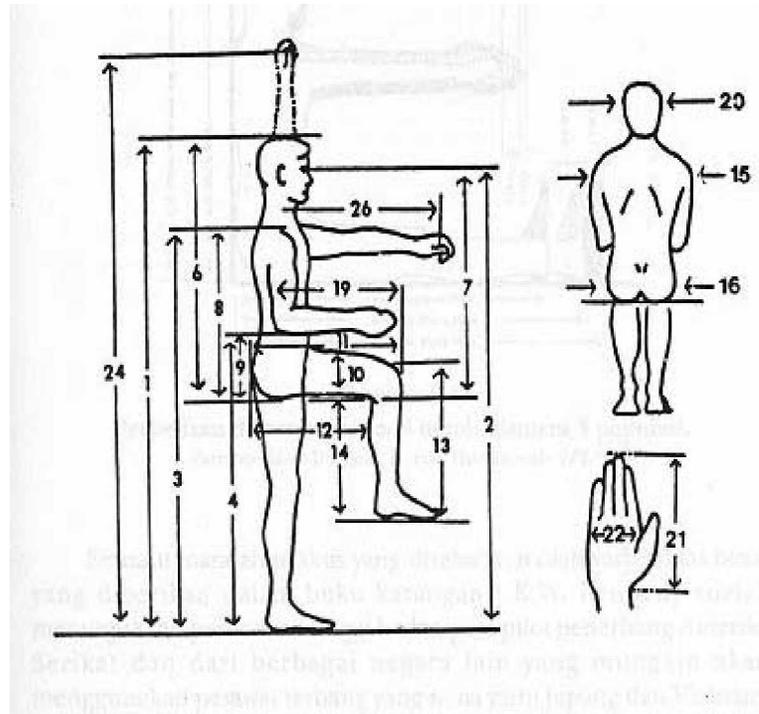
Dalam merancang suatu produk ada beberapa bagian yang dirancang disesuaikan dengan individu yang memakainya. Agar dapat dipakai oleh berbagai populasi dengan dimensi tubuh yang berbeda-beda.

#### 3. Prinsip perancangan produk berdasarkan ukuran rata-rata

Produk yang dirancang dan dibuat umumnya untuk manusia yang berukuran rata-rata sedangkan bagi yang memiliki ukuran ekstrim dibuatkan rancangan tersendiri.

### 2.2.4. Ukuran Dimensi Tubuh yang Diperlukan dalam Perancangan

Pada perancangan kursi roda ini, gambar dimensi tubuh yang diperlukan dalam perancangan dapat dilihat di bawah ini:



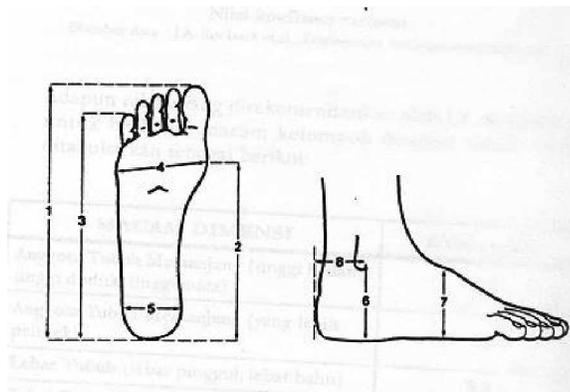
Gambar 2.1. Anthropometri Tubuh Manusia (Nurmianto, 1996, p.61)

Di bawah ini adalah ukuran dimensi tubuh pada posisi duduk yang diperlukan dan keterangan beserta nomor yang terdapat pada gambar:

- Tinggi badan pada posisi duduk: jarak dari ujung bagian atas kepala sampai pantat (nomer 6)
- Tinggi bahu: jarak dari ujung bagian atas kepala sampai bahu (nomer 8)
- Lebar bahu: jarak dari ujung bagian kiri sampai kanan bahu (nomer 15)
- Tinggi lutut: jarak dari ujung lutut ke ujung jari ibu pada telapak kaki (nomer 13)
- Lebar panggul: jarak dari ujung bagian kiri sampai kanan panggul (nomer 16)
- Tinggi siku: jarak dari ujung bagian bawah lengan pada saat posisi tegak lurus sampai pantat (nomer 9)
- Panjang dari siku ke genggam jari: jarak dari siku pada saat posisi tegak lurus ke ujung genggam jari (nomer 19)

- Jarak dari pantat ke lutut: panjang dari ujung belakang pantat sampai lipat lutut (nomer 12)
- Lebar tangan: jarak dari ujung kiri sampai kanan pada telapak tangan (nomer 22)
- Lebar kepala: jarak dari bagian samping sisi kiri ke kanan kepala (nomer 20)

Untuk gambar bagian telapak kaki dan keterangan beserta nomor yang terdapat pada gambar dapat dilihat di bawah ini:



Gambar 2.2. Anthropometri Kaki (Nurmianto, 1996, p.65)

- Panjang telapak kaki: jarak dari ujung jari ibu sampai ujung bawah pada telapak kaki (nomer 1)
- Lebar kaki: jarak dari sisi kiri sampai kanan telapak kaki (nomer 4)

## 2.3. Pengujian Statistik

### 2.3.1. Uji Signifikan Data

Uji signifikan data digunakan untuk mengetahui apakah *mean* variabel yang telah diukur pada pria berbeda atau tidak dengan *mean* untuk wanita. Dilakukan dengan membandingkan kedua *mean* untuk  $\sigma_1^2$  dan  $\sigma_2^2$  tidak diketahui. Syarat yang digunakan:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Tolak  $H_0$  jika  $Z_{hit} > |Z_{\alpha/2}|$

Rumus  $Z_{hit}$ :

$$Z_{hit} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{(S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2)}} \quad (2.1)$$

### 2.3.2. Persentil

Persentil adalah nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari sekelompok orang yang memiliki ukuran pada atau di bawah ukuran tersebut. 95 persentil menunjukkan 95% populasi akan berada ada atau di bawah ukuran tersebut. Dalam antropometri, 95 persentil menunjukkan ukuran manusia terbesar sedangkan 5 persentil menunjukkan ukuran manusia terkecil (Nurmianto, 1996, p.51).

Perhitungan nilai persentil didapat dengan menggunakan rumus (Bhattacharya, 1977, p.44):

$$k = 1 + 3,3 \log n \quad (2.2)$$

$$\text{Panjang interval} = \frac{\text{data maksimum} - \text{data minimum}}{k} \quad (2.3)$$

$$100p \text{ th percentile} = L + \frac{(np-a) * h}{f} \quad (2.4)$$

Keterangan:

k = banyak kelas

n = jumlah data

L = batas bawah pada frekuensi  $100p \text{ th percentile}$

p = persentil ke-

a = kumulatif frekuensi sebelum  $100p \text{ th percentile}$

h = panjang interval

f = frekuensi  $100p \text{ th percentile}$

## 2.4. Kursi roda

Kursi roda untuk kebanyakan orang cacat adalah alat medis yang utama untuk bekerja, bergerak dan melakukan segala macam aktivitas-aktivitasnya.

Kursi roda terbagi menjadi empat kategori yaitu (Shepard, 1984, p.13):

a. *Manual wheelchair*

Kursi roda jenis ini adalah yang paling banyak digunakan oleh sebagian besar penggunanya dan yang paling laku di pasaran. Penggunaan kursi ini secara manual dengan cara didorong menggunakan tangan penggunanya atau didorong oleh orang lain. Bentuknya seperti kursi tradisional dengan dua set roda di sampingnya. Biasanya satu set terletak di belakang yang terdiri dari roda sepeda yang besar sedangkan satu set lainnya terdiri dari roda kecil dengan diameter 5 atau 8 inci. Desain ini membuat kursi roda stabil dan mudah untuk bergerak maju maupun mundur. Kebanyakan *manual wheelchair* ringan dan dapat dilipat untuk transportasi mobil.

b. *Manual sports wheelchair*

Kursi roda ini ringan dan didesain untuk memindahkan pusat gaya berat untuk memperoleh pergerakan dan stabilitas yang lebih besar daripada *manual wheelchair* atau *power wheelchair*. Kursi ini dirancang khusus untuk para atlet. Beberapa kursi dirancang untuk olahraga khusus seperti basket atau balap mobil dan yang lainnya digunakan untuk olahraga secara umum. Keistimewaan kursi roda ini adalah memiliki roda yang lebih besar daripada *manual wheelchair*, *handrim* yang kecil, *sloping propelling wheels*, lebih tahan lama dan *efficient bearing and hubs*, posisi roda yang mudah bergerak dan *steerable casters*.

c. *Power wheelchair*

Kursi roda ini digerakkan menggunakan tenaga baterai dengan *power supply* 12, 24 atau 36 volt. Dengan penggunaan baterai menyebabkan tenaga kursi lebih ringan daripada secara manual. Kursi ini dilengkapi dengan motor yang dikendalikan oleh *hand-operated joy stick* di mana digunakan untuk mengatur arah dan kecepatan.

d. *Power alternatives*

Kursi roda ini bersifat seperti kursi yang dilengkapi dengan motor akan tetapi tidak tampak seperti tipe kursi roda. Kebanyakan model ini mempunyai tiga roda dan menyerupai kereta *golf* atau *motor scooter*. Beberapa kursi roda jenis ini dapat digunakan pada tanah yang lapang di mana kursi roda jenis lainnya tidak

dapat digunakan. *Power alternatives* yang kecil memberikan pergerakan yang lebih besar untuk melalui pintu yang sempit dan sudut tikungan.

Harga kursi roda bervariasi antara satu dengan yang lainnya. Harga tergantung dari tipe kursi roda (*manual, power, sports* atau *power alternatives*), jumlah aksesoris dan keistimewaannya, kualitas bahan dan materialnya, dan perusahaan pembuatnya.

## **2.5. Metode**

Metode yang digunakan untuk perancangan kursi roda ini adalah metode *psychophysical* (Pulat, 1997, p.57). Metode ini adalah metode pengambilan data di mana subyek diminta untuk melakukan pekerjaan atau tugas yang sesungguhnya dengan sekuat tenaga untuk jangka waktu tertentu pada saat melakukan percobaan dan subyek tersebut dianggap mampu melakukan pekerjaan atau tugas tersebut untuk jangka waktu sesungguhnya. Contoh: dalam melakukan pengumpulan data, subyek diminta untuk memakai kursi roda selama jangka waktu tertentu (misalnya 10 menit) dan subyek ditanyakan apakah setelah menggunakan kursi roda tersebut mampu atau tidak menggunakannya tanpa mengurangi kenyamanan selama jangka waktu sesungguhnya (misalnya 2 jam nonstop).