

II. LANDASAN TEORI

1. TEKNIK TATA CARA DAN PENGUKURAN KERJA

1.1. Pengukuran Waktu Kerja

Penelitian kerja dan analisa metode kerja pada dasarnya akan memusatkan perhatiannya pada bagaimana suatu macam pekerjaan akan diselesaikan. Dengan mengaplikasikan prinsip dan teknik pengaturan cara kerja yang optimal dalam sistem kerja tersebut, maka akan diperoleh alternatif metode pelaksanaan kerja yang dianggap memberikan hasil yang paling efektif dan efisien. Suatu pekerjaan akan dikatakan diselesaikan secara efisien apabila waktu penyelesaiannya berlangsung paling singkat. Untuk menghitung waktu baku penyelesaian pekerjaan guna memilih alternatif metode kerja yang terbaik, maka perlu diterapkan prinsip-prinsip dan teknik-teknik pengukuran kerja. Pengukuran waktu kerja ini akan berhubungan dengan usaha-usaha untuk menetapkan waktu baku yang dibutuhkan guna menyelesaikan suatu pekerjaan. Secara singkat pengukuran kerja adalah metode penetapan keseimbangan antara kegiatan manusia yang dikontribusikan dengan unit output yang dihasilkan. Waktu baku ini sangat diperlukan untuk:

- *Man Power Planning* (perencanaan kebutuhan tenaga kerja).
- Estimasi biaya-biaya untuk upah karyawan/tenaga kerja.

Penjadwalan produksi dan penganggaran.

- Perencanaan sistem pemberian bonus dan insentif bagi karyawan/pekerja yang berprestasi.
- Indikasi keluaran (output) yang mampu dihasilkan oleh seorang pekerja.

Pada garis besarnya, teknik-teknik pengukuran waktu kerja ini dapat dibagi atau dikelompokkan ke dalam dua bagian, yaitu pengukuran waktu kerja secara langsung dan pengukuran waktu kerja secara tidak langsung.

1.1.1. Pengukuran Waktu Kerja Secara Langsung

Cara pengukuran yang pertama ini disebut demikian karena pengukuran dilaksanakan secara langsung yaitu di tempat dimana pekerjaan yang diukur dijalankan. Dua cara termasuk didalamnya adalah cara pengukuran kerja dengan menggunakan jam henti dan sampling kerja.

1. Pengukuran waktu kerja dengan jam henti

Pengukuran waktu kerja dengan jam henti ini merupakan cara pengukuran yang objektif karena di sini waktu ditetapkan berdasarkan fakta yang terjadi dan tidak cuma sekedar diestimasi secara subjektif. Pengukuran waktu kerja dengan jam henti baik sekali diaplikasikan untuk pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut:

- a) Dimana terdapat siklus kerja berulang-ulang dengan durasi waktu yang pendek hingga panjang.
- b) Dimana operasi yang baru dapat dilakukan tanpa standar hingga pengukuran dilakukan.
- c) Dimana banyak variasi dari kerja yang berbeda-beda.

d) Dimana elemen-elemen pengendali proses menyusun satu bagian siklus.

Ada tiga metode yang umum yang digunakan untuk melakukan mengukur elemen-elemen kerja dengan menggunakan jam henti yaitu:

- Pengukuran waktu secara terus-menerus.
- Pengukuran waktu secara berulang-ulang.
- Pengukuran waktu secara penjumlahan.

Secara garis besar, langkah-langkah untuk pelaksanaan pengukuran waktu kerja dengan jam henti adalah sebagai berikut:

1. Mendefinisikan pekerjaan yang akan diteliti untuk diukur waktu kerjanya dan memberitahukan maksud dan tujuan pengukuran waktu kerja ini kepada pekerja yang dipilih untuk diamati dan supervisor yang ada.
 2. Mencatat semua informasi yang berkaitan erat dengan penyelesaian pekerjaan seperti *layout*, karakteristik/spesifikasi mesin atau peralatan kerja lain yang digunakan.
 3. Membagi operasi kerja ke dalam elemen-elemen kerja sedetail-detailnya tapi masih dalam batas kemudahan untuk pengukuran waktunya.
 4. Mengamati, mengukur, dan mencatat waktu yang dibutuhkan oleh operator untuk menyelesaikan elemen-elemen kerja tersebut.
 5. Menetapkan jumlah siklus kerja yang harus diukur dan dicatat.
- Meneliti apakah jumlah siklus kerja yang dilaksanakan ini sudah

memenuhi syarat atau belum, dan melakukan test keseragaman data yang diperoleh.

6. Menetapkan *performance rate* dari operator saat melaksanakan aktivitas kerja yang diukur dengan mencatat waktunya. Untuk elemen kerja yang dilakukan oleh mesin secara penuh adalah sebesar 100%.

7. Menyesuaikan waktu pengamatan berdasarkan *performance rating* yang ditunjukkan oleh operator tersebut sehingga akhirnya akan diperoleh waktu kerja normal.

8. Menetapkan waktu longgar guna memberikan fleksibilitas.

9. Menetapkan waktu kerja *standard*, yaitu jumlah total antara waktu kerja normal dan waktu kerja longgar.

2. Pengukuran waktu kerja dengan metode sampling kerja

Sampling kerja adalah suatu teknik untuk mengadakan sejumlah besar pengamatan terhadap aktivitas kerja dari mesin, proses atau pekerja. Metode ini dikembangkan berdasarkan hukum probabilitas, karena itulah maka pengamatan suatu objek tidak perlu dilaksanakan secara menyeluruh (populasi) melainkan cukup dilakukan dengan menggunakan contoh (sampel) yang diambil secara acak, Metode ini baik sekali diaplikasikan untuk pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut:

a) Dimana perlu untuk menetapkan kelonggaran akibat *delay* untuk berbagai proses dan departemen.

b) Dimana perlu untuk mempertimbangkan perbedaan-perbedaan aktivitas dari satu siklus ke siklus yang lain.

- c) Dimana pengukuran diperlukan untuk mengetahui tingkat penggunaan mesin dan persentase penggunaan waktu pada berbagai aktivitas.
- d) Dimana *standard* diperlukan oleh pekerja yang memiliki aktivitas yang bervariasi.
- e) Dimana terdapat keberatan pada pengukuran dengan jam henti.

1.1.2. Pengukuran Waktu Kerja Secara Tidak Langsung

Pengukuran waktu kerja dengan cara tidak langsung dilakukan tanpa si pengamat harus di tempat pekerjaan yang diukur. Disini aktivitas yang dilakukan hanya melakukan perhitungan waktu kerja dengan membaca tabel waktu yang tersedia asalkan mengetahui jalannya pekerjaan melalui elemen-elemen pekerjaan atau elemen-elemen gerakan. Tiga cara yang termasuk didalamnya adalah pengukuran waktu kerja dengan *standard data*, pengukuran waktu kerja dengan analisa regresi, dan pengukuran waktu kerja dengan data waktu gerakan.

1.2. Pengujian Data

Sebelum data yang dikumpulkan diolah, perlu dianalisa (diuji) apakah data yang dikumpulkan telah layak untuk diolah, supaya hasil yang didapatkan adalah benar dan dapat dipercaya.

1.2.1. Uji Kenormalan Data

Uji kenormalan data perlu dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh dari hasil pengukuran sudah normal atau belum. Untuk melakukan test kenormalan data, digunakan bantuan *software Statgraphics*. Nilai D_n hasil output komputer dibandingkan dengan D_n tabel. Data pengukuran normal bila $D_n < D_n$ tabel, dimana D =deviasi (penyimpangan), n =jumlah data, α =significan level.

1.2.2. Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum menggunakan data yang diperoleh guna menetapkan waktu standard. Test keseragaman data dapat dilakukan dengan menggunakan Peta Kontrol atau *Control Chart*. Uji keseragaman data ini perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum menghitung waktu *standard*. Uji keseragaman data ini perlu dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh sudah dalam keadaan terkendali atau belum. Jika data yang diperoleh berada dalam BKA dan BKB maka data tersebut dapat dikatakan terkendali sedangkan jika data berada di luar BKA dan BKB maka data tersebut tidak terkendali dan data yang di luar BKA dan BKB harus dibuang dan dilakukan test keseragaman data lagi. Sehingga kita dapat mendapatkan keseragaman data dari hasil pengamatan kita.

Rumus yang digunakan yaitu:

$$\begin{aligned} \bullet \text{ BKA} &= \bar{X} + k \sigma x \\ \bullet \text{ BKB} &= \bar{X} - k \sigma x \dots\dots\dots(2.1) \end{aligned}$$

Dimana:

BKA=batas kontrol atas

BKB=batas kontrol bawah

$\bar{X}$ =rata-rata waktu kerja

k=nilai indeks pada tabel distribusi normal yang besarnya tergantung tingkat kepercayaan yang diambil.

σx = *standard* deviasi

1.2.3. Uji Kecukupan Data

Penetapan banyaknya pengamatan yang dibutuhkan dalam pengukuran kerja dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat kepercayaan dan derajat ketelitian yang diinginkan. Cara penetapan dengan perhitungan kuantitatif memerlukan waktu penyelesaian lama, untuk itu harus kita gunakan suatu prosedur yang lebih sederhana dan tidak membutuhkan waktu yang lama.

Rumus yang digunakan yaitu:

$$N' = \left(\frac{k / s \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

N'=jumlah pengamatan yang diperlukan untuk elemen kerja yang diukur

X =data yang diperoleh

N =banyak data

k =nilai indeks pada tabel distribusi normal yang besarnya tergantung tingkat kepercayaan yang diambil

s =tingkat kepercayaan

Dalam test kecukupan data ini, jika jumlah data yang diambil melalui pengamatan ternyata masih lebih kecil dari hasil perhitungan (N') yang didapat, maka harus diambil beberapa data lagi sehingga jumlah data yang diambil melalui pengamatan harus lebih besar dari N' .

1.3. *Performance Rating (PR)*

Performance rating adalah adalah teknik untuk menyetarakan penentuan waktu yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan oleh operator yang bekerja secara normal setelah waktu kerja diperoleh dari pengukuran. Dengan melakukan rating ini diharapkan waktu kerja yang diukur bisa "dinormalkan" kembali. Ketidaknormalan dari waktu kerja ini diakibatkan oleh operator yang bekerja secara kurang wajar yaitu bekerja dalam kecepatan yang tidak sebagaimana mestinya. Suatu saat dirasakan terlalu cepat kadangkala juga terlalu lambat.

- Apabila operator dinyatakan terlalu cepat yaitu bekerja di atas kenormalan maka rating faktor ini akan lebih besar dari satu.
- Apabila operator dinyatakan terlalu lambat yaitu bekerja di bawah kenormalan maka rating faktor ini akan lebih kecil dari satu.

- Apabila operator dinyatakan bekerja di batas kenormalan maka rating faktor ini akan sama dengan satu. Untuk kondisi kerja dimana operasi secara penuh dilakukan oleh mesin maka dianggap normal.

Metode yang digunakan untuk menghitung *performance rating* ini antara lain:

- *Skill dan Effort Rating.*
- *Westing house System's Rating.*
- *Synthetic Rating.*
- *Performance Rating atau Speed Rating.*

Dalam Tugas Akhir ini digunakan metode *Westing house System's Rating* dimana:

- a) Metode ini mempertimbangkan empat faktor dalam mengevaluasi performance (kinerja) operator, yaitu ketrampilan (*skill*), usaha (*effort*), kondisi (*condition*), dan konsistensi (*consistency*).
- b) Ketrampilan didefinisikan sebagai "kecakapan dalam mengerjakan metode yang diberikan" dan lebih lanjut berhubungan dengan pengalaman, ditunjukkan dengan koordinasi yang baik antara pikiran dan tangan.
- c) Usaha didefinisikan sebagai hal menunjukkan kemampuan untuk bekerja secara efektif.
- d) Usaha ditunjukkan oleh kecepatan pada tingkat yang dimiliki dan dapat dikontrol pada tingkat yang tertinggi oleh operator.
- e) Kondisi didefinisikan sebagai prosedur performance rating yang berakibat pada operator dan bukan pada operasi. Kondisi ini meliputi

kondisi fisik lingkungan kerja seperti keadaan pencahayaan, temperatur, dan kebisingan ruangan.

f) Faktor konsistensi perlu diperhatikan karena pada kenyataannya dalam pengukuran tidak pernah mencatat semua angka sama, waktu penyelesaian yang ditunjukkan pekerja selalu berubah dari satu siklus ke siklus yang lain.

g) Konsistensi dikatakan sempurna bila waktu penyelesaian tetap setiap saat.

Tabel 2.1. *Performance Rating Menurut Westinghouse*

Skill			Effort		
+0.15	A1	Superskill	+0.13	A1	Excessive
+0.13	A2		+0.12	A1	
+0.11	B1	Exelent	+0.10	B1	Exelent
+0.08	B2		+0.08	B2	
+0.06	C1	Good	+0.05	C1	Good
+0.03	C2		+0.02	C2	
0.00	D	Average	0.00	D	Average
-0.05	E1	Fair	-0.04	E1	Fair
-0.10	E2		-0.08	E2	
-0.16	F1	Poor	-0.12	F1	Poor
-0.22	F2		-0.17	F2	
Condition			Consistency		
+0.06	A	Ideal	+0.04	A	Ideal
+0.04	B	Exelent	+0.03	B	Exelent
+0.02	C	Good	+0.01	C	Good
0.00	D	Average	0.00	D	Average
-0.03	E	Fair	-0.02	E	Fair
-0.07	F	Poor	-0.04	F	Poor

1.4. Penentuan Waktu Normal (WN)

Untuk menormalkan waktu pengamatan dari pengukuran kerja akibat tempo atau kecepatan kerja pekerja yang berubah-ubah maka diperlukan perhitungan waktu normal dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$WN = \bar{X} \times PR \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

WN=Waktu Normal

$\bar{X}$ =Waktu pengamatan rata – rata

PR=*Performance Rating*

1.5. Allowance

Pada umumnya kelonggaran (*allowance*) meliputi tiga hal yaitu:

1. Istirahat untuk kebutuhan perorangan.

Kelonggaran waktu ini ditujukan untuk kebutuhan yang bersifat pribadi seperti makan, minum, buang air kecil dan lain-lain. Kelonggaran ini biasanya berkisar antara 2,5%-5%.

2. Kelelahan (*fatigue*).

Kelonggaran ini diberikan karena kelelahan fisik maupun mental setelah bekerja beberapa waktu. Kelelahan ini disebabkan antara lain: kondisi kerja, sifat dari pekerjaan, kesehatan pekerja, fisik dan mental.

3. Keterlambatan yang tak terhindarkan (*unavoidable delay*).

Kelonggaran ini diberikan untuk elemen-elemen usaha yang berhenti karena hal yang tak dapat dihindarkan seperti interupsi oleh supervisor, analisis, ketidaktersediaan material, gangguan mesin dan lain-lain.

Pengukuran waktu *allowance* dilakukan dengan sampling kerja. Banyaknya pengamatan yang harus dilakukan dalam sampling kerja dipengaruhi oleh 2 faktor utama sebagai berikut:

- Tingkat ketelitian (*degree of accuracy*) dari hasil pengamatan.
- Tingkat kepercayaan (*level of confidence*) dari hasil pengamatan.

Dengan asumsi bahwa terjadinya kejadian seorang operator bekerja atau menganggur (*idle*) mengikuti pola distribusi normal maka untuk mendapatkan jumlah sampel pengamatan yang harus dilakukan dapat dicari berdasarkan rumus berikut:

$$N = \frac{[(Z_{\alpha/2})^2 \cdot p \cdot q]}{e^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

N=jumlah sampel yang harus diambil untuk sampling kerja

e=tingkat ketelitian yang dikehendaki

p=prosentase terjadinya kejadian yang diamati

q=1-p

$Z_{\alpha/2}$ =tingkat kepercayaan yang diambil

1.6. Penentuan Waktu *Standard* (WS) Dan Output *Standard* (OS)

Waktu standard adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dalam prestasi standard yaitu dengan memperhitungkan

kelonggaran-kelonggaran dan penyesuaian-penyesuaian yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan tersebut. Penentuan Waktu Standard menggunakan rumus sebagai berikut:

$$WS = WN \cdot \frac{100\%}{100\% - Allowance} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

WS=Waktu Standard

WN=Waktu Normal

Penentuan output standard menggunakan rumus sebagai berikut:

$$OS = \frac{1}{WS} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

OS=Output Standard

WS=Waktu Standard

2. ERGONOMI

Istilah ergonomi berasal dari bahasa latin yaitu: ergon (kerja) dan nomos (hukum alam) dan didefinisikan sebagai studi mengenai aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, manajemen dan desain/perancangan. Ergonomi berkenaan pula dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan manusia di tempat kerja, di rumah dan tempat rekreasi.

Ergonomi disebut juga sebagai "Human Factors" yang berarti suatu pengetahuan mengenai manusia, keterbatasan, kelebihan dan karakteristik manusia lainnya yang relevan dalam suatu perancangan.

Maksud dan tujuan dari disiplin Ergonomi yaitu untuk mendapatkan suatu pengetahuan yang utuh mengenai permasalahan-permasalahan interaksi manusia dengan teknologi dan produk-produknya sehingga memungkinkan adanya suatu rancangan sistem manusia mesin yang optimal.

Penerapan ergonomi pada umumnya merupakan aktivitas rancang bangun (desain) ataupun rancang ulang (redesain). Hal ini meliputi perangkat keras seperti perkakas kerja (*tools*), bangku kerja (*benches*), platform, kursi, pegangan alat kerja (*workholders*), sistem pengendali (*controls*), alat peraga (*displays*), jalan/lorong (*access ways*), pintu (*doors*), jendela (*windows*) dan lain-lain.

Penerapan faktor ergonomi lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah untuk desain dan evaluasi produk. Produk-produk ini haruslah dapat dengan mudah diterapkan pada sejumlah populasi masyarakat tertentu tanpa mengakibatkan bahaya/resiko dalam penggunaannya.

Apabila pada saat-saat lalu, perancangan mesin hanya semata-mata ditekankan pada kemampuannya untuk memproduksi dengan atau sedikit sekali memperhatikan hal-hal yang berkaitan dengan elemen manusia maka sekarang dengan ergonomi, perancangan mesin lebih memperhatikan aspek-aspek manusia dalam interaksinya dengan mesin secara lebih baik. Dengan kata lain, manusia tidak lagi harus menyesuaikan dirinya dengan mesin yang dioperasikan (*The Man Fits To The Design*) namun sebaliknya yaitu mesin dirancang dengan terlebih

dahulu memperhatikan kelebihan dan keterbatasan manusia yang mengoperasikan (*The Design Fits To The Man*).

3. ANTHROPOMETRI

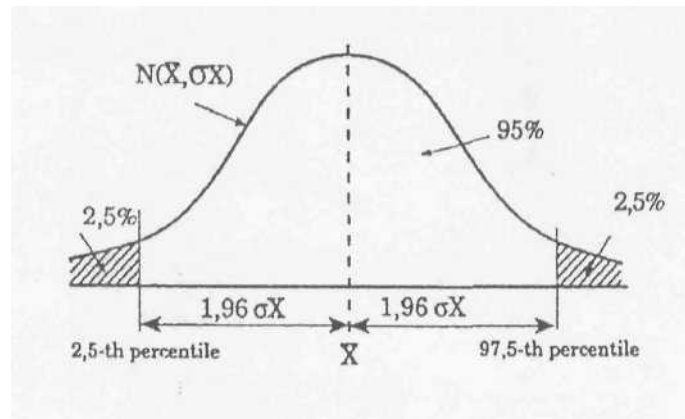
3.1. Definisi Anthropometri

Anthropometri menurut Stevenson (1989) dan Numianto (1991) adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia ukuran, bentuk, dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk pemecahan masalah desain.

Anthropometri dari kata "Antropo" yang berarti manusia dan "Metri" yang berarti ukuran sehingga anthropometri dapat diartikan sebagai suatu studi yang berkaitan dengan dimensi tubuh manusia baik secara linier maupun secara angular, dimana pengukuran secara linier merupakan pengukuran dimensi tubuh yang berbentuk lurus sedangkan pengukuran secara angular merupakan pengukuran dimensi tubuh yang berbentuk sudut.

Penerapan data anthropometri akan dapat dilakukan bila tersedia nilai mean (rata-rata) dan SD (standart deviasi) nya dari suatu distribusi normal. Adapun distribusi normal ditandai dengan adanya nilai mean (rata-rata) dan SD (standard deviasi) sedangkan persentil merupakan suatu nilai yang menyatakan bahwa persentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama dengan atau lebih rendah dari nilai tersebut. Misalnya 95% populasi adalah sama dengan atau lebih rendah dari 95 persentil, 5% dari populasi berada sama dengan atau lebih rendah dari 5 persentil.

Besarnya nilai persentil dapat ditentukan dari tabel probabilitas distribusi normal, seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.1. Kurva Distribusi Normal

Tabel 2.2. Perhitungan Nilai Persentil (Stevenson, 1989 dan Nurmianto, 1991)

No	Persentil	Perhitungan
1	1	$\bar{x} - 2.325 \sigma x$
2	2.5	$\bar{x} - 1.960 \sigma x$
3	5	$\bar{x} - 1.645 \sigma x$
4	10	$\bar{x} - 1.280 \sigma x$
5	50	$\bar{x}$
6	90	$\bar{x} + 1.280 \sigma x$
7	95	$\bar{x} + 1.645 \sigma x$
8	97.5	$\bar{x} + 1.960 \sigma x$
9	99	$\bar{x} + 2.325 \sigma x$

Dalam pokok bahasan Anthropometri, 95 persentil menunjukkan tubuh berukuran besar sedangkan 5 persentil menunjukkan tubuh berukuran kecil. Apabila diinginkan dimensi untuk mengakomodasi 95% populasi maka 2.5 dan 97.5 persentil adalah batas rentang yang dapat digunakan.

3.2. Beberapa Sumber Variabilitas Dalam Anthropometri.

Perbedaan antara satu populasi dengan populasi yang lain adalah dikarenakan oleh faktor-faktor sebagai berikut:

1. Keacakan/Random.

Dalam butir pertama ini walaupun telah terdapat dalam satu kelompok populasi yang sudah jelas sama jenis kelamin, suku / bangsa, kelompok usia dan pekerjaannya namun masih akan ada perbedaan yang cukup signifikan antara berbagai macam masyarakat. Distribusi frekuensi secara statistik dari dimensi kelompok anggota masyarakat jelas dapat diaproksimasi dengan menggunakan Distribusi Normal yaitu dengan menggunakan data persentil yang telah diduga bila mean (rata-rata) dan SD (standard deviasi) nya yang 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 begitu saja. Pria dianggap lebih panjang dimensi segmen badannya daripada wanita. Oleh karenanya data Anthropometri untuk kedua jenis kelamin tersebut selalu 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 yang lain. Suatu contoh sederhana

yaitu dengan meningkatnya jumlah penduduk yang migrasi dari negara Vietnam ke Australia untuk mengisi jumlah satuan angkatan kerja (*industrial workforce*) maka akan mempengaruhi anthropometri secara nasional.

4. Usia

Digolongkan atas beberapa kelompok usia, yaitu:

- usia balita
- usia anak-anak
- usia remaja
- usia dewasa
- usia lanjut usia

Hal ini jelas mempengaruhi terutama bila desain diaplikasikan untuk anthropometri anak-anak. Anthropometri akan cenderung terus meningkat sampai batas usia dewasa. Namun setelah menginjak usia dewasa maka tinggi badan manusia mempunyai kecenderungan untuk menurun yang antara lain disebabkan oleh berkurangnya elastisitas tulang belakang (*intervertebral discs*). Disamping itu juga karena berkurangnya dinamika gerakan tangan dan kaki.

5. Jenis pekerjaan

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

6. Pakaian

Hal ini juga sumber variabilitas yang disebabkan oleh karena bervariasinya iklim/musim yang berbeda dari satu tempat ke tempat lainnya terutama untuk daerah dengan empat musim. Misalnya pada waktu musim dingin manusia akan menggunakan pakaian yang relatif lebih tebal dan ukuran yang relatif lebih besar.

7. Faktor kehamilan pada wanita

Faktor ini sudah jelas akan mempengaruhi perbedaan yang berarti jika dibandingkan dengan wanita yang tidak hamil, terutama yang berkaitan dengan Analisa Perancangan Produk dan Analisa Perancangan Kerja.

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 secara fisik sehingga mereka dapat ikut serta merasakan "kesamaan" dalam penggunaan jasa dari hasil ilmu ergonomi di dalam pelayanan untuk masyarakat luas. Masalah yang sering timbul misalnya keterbatasan jarak jangkauan, dibutuhkan ruang kaki (knee space) untuk desain meja kursi, 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.

3.3. Cara Pengukuran Dimensi Tubuh

Ada dua tipe dasar dimensi tubuh manusia yang mendasari perancangan fasilitas dan lingkungan kerja yaitu struktural (dimensi statis) dan fungsional (dimensi dinamis) sebagai berikut:

1. Pengukuran dimensi statis

Pengukuran terhadap dimensi tubuh manusia yang dilakukan pada saat seseorang dalam posisi tidak bergerak atau diam.

2. Pengukuran dimensi dinamis

Pengukuran terhadap dimensi tubuh manusia yang dilakukan pada saat seseorang dalam posisi bergerak. Hal pokok yang ditekankan dalam pengukuran dimensi ini adalah mendapatkan ukuran tubuh yang nantinya akan berkaitan erat dengan gerakan-gerakan nyata yang diperlukan tubuh dalam melaksanakan kegiatan-kegiatan tertentu. Anthropometri dari posisi tubuh yang melakukan gerakan dinamis akan banyak diaplikasikan dalam proses perancangan fasilitas maupun lingkungan kerja.

Selanjutnya data-data anthropometri ini diperlukan agar rancangan suatu produk dapat sesuai dengan manusia yang akan mengoperasikannya. Mengingat ukuran individu yang bervariasi satu dengan yang lainnya maka perlu adanya penetapan data anthropometri yang sesuai dengan populasi yang menjadi target sasaran produk tersebut. Dan bilamana kita mampu merancang produk yang mempunyai fleksibilitas dan sifat mampu sesuai (*adjustable*) dengan ukuran tertentu maka problem adanya variasi ukuran akan lebih mudah diatasi.

3.4. Aplikasi Anthropometri Dalam Perancangan.

Agar dapat dihasilkan suatu produk yang sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang mengoperasikan maka sebelum melakukan perancangan harus memperhatikan prinsip-prinsip dalam aplikasi data anthropometri yaitu:

1. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran ekstrim.

Perancangan produk dibuat agar dapat memenuhi dua sasaran produk yaitu:

- bisa sesuai untuk ukuran tubuh manusia dengan klasifikasi ekstrim (tetalu bcsar/kecil).
- tetap dapat digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh mayoritas dari populasi yang ada.

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

- Untuk dimensi minimum, didasarkan pada nilai pcrcntil yang terbesar seperti 90, 95, atau 99 persentil. Contoh penggunaan seperti dalam pembuatan pintu, kursi dan lain - lain.
- Untuk dimensi maksimum, didasarkan pada nilai persentil yang terkecil seperti 1, 5, atau 10 persentil. Contoh penggunaan seperti dalam perancangan alat kontrol yang dijangkau oleh lengan.

2. Prinsip perancangan produk yang dapat dioperasikan diantara rentang ukuran tertentu Rancangan dapat diubah-ubah ukurannya sehingga

cukup fleksibel dioperasikan oleh berbagai populasi yang mempunyai ukuran dimensi tubuh yang berbeda.

3. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata.

Umumnya produk dirancang dan dibuat untuk mereka yang berukuran di sekitar rata-rata karena sedikit populasi yang berada dalam ukuran rata-rata sedangkan bagi mereka yang memiliki ukuran ekstrim akan

¹ dibuatkan rancangan tersendiri.

4. BIOMEKANIK

4.1. Definisi Biomekanik

Biomekanika adalah ilmu pengetahuan yang menyelidiki pengaruh gaya internal dan eksternal pada tubuh manusia dan hewan pada saat diam maupun bergerak.

Biomekanik menjelaskan karakteristik tubuh manusia sebagai suatu sistem biologi dalam bidang mekanika. Penggabungan antara prosedur penelitian dan teknik yang terdiri dari fisika (mekanika), matematika, anatomi, orthopaedics, fisiologi dan anthropometri (Kroemer, 1990: halaman 42).

4.2. Tubuh Sebagai Sistem Pengungkit

Tubuh manusia bila dilihat secara biomekanik dapat dipandang sebagai sistem yang terdiri dari *litik* dan *joini*. *Litik* tersebut mewakili

segmen tubuh *danjoint* mewakili sendi tubuh. Tubuh manusia terdiri atas enam *link*, antara lain:

- *Link* lengan bawah, terletak antara tangan dan siku.
- *Link* lengan atas, terletak antara joint siku dan bahu.
- *Link* punggung, terletak antara joint bahu dan pinggul.
- *Link* paha, terletak antara pinggul dan lutut.
- *Link* betis, terletak antara joint lutut dan mata kaki.
- *Link* kaki, terletak antara joint mata kaki dan kaki.

Untuk mengetahui panjang *link* didapat berdasarkan prosentase tertentu dari tinggi badan dan beratnya diukur dari prosentase berat badan. Sedangkan pusat massa terletak berdasarkan prosentase tertentu dari tiap *link*.

4.3. Analisa Mekanik

Ada tiga gaya yang bekerja pada tubuh manusia, yaitu:

- Gaya Gravitasi

Yaitu gaya ke arah bawah yang melalui tiap segmen tubuh manusia.

Besarnya gaya ini adalah dikali percepatan gravitasi.

- Gaya Reaksi

Yaitu gaya yang timbul akibat beban pada segmen tubuh dan berat segmen tubuh itu sendiri.

- Gaya Otot

Yaitu gaya yang terjadi pada sendi akibat gaya otot yang melekat pada sendi. Gaya ini menggambarkan besarnya momen otot.

Dengan mengetahui kondisi postur tubuh pekerja maka akan diketahui gaya dan momen dari tiap link melalui analisa mekanik. Baik dalam posisi diam (biostatik) maupun bergerak (biodinamik).

Untuk menganalisa biomekanik didasarkan pada Hukum Newton tentang keseimbangan. Hukum keseimbangan gaya ini menyatakan bahwa penjumlahan aljabar dari semua gaya yang bekerja pada suatu benda dalam keadaan kesetimbangan statis adalah sama dengan nol atau $\Sigma M = 0$.

Gaya yang terjadi pada saat kesetimbangan dibedakan menjadi dua arah, yaitu arah horizontal dan arah vertikal. Sehingga didapat suatu persamaan kesetimbangan sebagai berikut :

$$\Sigma F_x = 0 ; \text{ arah horizontal}$$

$$\Sigma F_y = 0 ; \text{ arah vertikal}$$

Dengan memandang tubuh sebagai multipel link maka hasil perhitungan gaya dan momen suatu *link* akan dipengaruhi oleh *link* sebelumnya dan akan mempengaruhi *link* selanjutnya. Sehingga *link* terakhir merupakan akumulasi dari link sebelumnya.