

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Ergonomi**

Ergonomi atau *ergonomics* sebenarnya berasal dari kata Yunani yaitu Ergo yang berarti kerja dan Nomos yang berarti hukum, dengan demikian ergonomi dimaksudkan sebagai disiplin keilmuan yang mempelajari manusia dalam kaitannya dengan pekerjaan. Disiplin ergonomi secara khusus akan mempelajari keterbatasan dari kemampuan manusia dalam berinteraksi dengan teknologi dan produk-produk buaatannya. Disiplin ini berangkat dari kenyataan bahwa manusia memiliki batas-batas kemampuan baik jangka pendek maupun jangka panjang, pada saat berhadapan dengan keadaan lingkungan sistem kerjanya yang berupa perangkat keras atau *hardware* (mesin, peralatan kerja) atau perangkat lunak atau *software* (metode kerja, sistem dan prosedur). Dengan demikian terlihat jelas bahwa ergonomi adalah suatu keilmuan yang multi disiplin, karena disini akan mempelajari pengetahuan-pengetahuan dari ilmu kesehatan (kedokteran, biologi), ilmu kejiwaan (*psychology*) dan kemasyarakatan (sosiologi) (Wignjosoebroto, 2008).

Ergonomi sangat penting diterapkan dalam melakukan proses desain. Sehingga, jika dalam melakukan proses perancangan para desainer tidak menerapkan prinsip-prinsip ergonomi, maka dimungkinkan akan terjadi hal-hal sebagai berikut (Santoso, 2004):

1. Menurunnya *output* produksi dan meningkatnya *losstime*.
2. Tingginya biaya medis yang harus disediakan.
3. Tingginya biaya *material*.
4. Meningkatnya ketidakhadiran karyawan dan rendahnya kualitas kerja.
5. Timbulnya rasa nyeri dan ketegangan pada karyawan.
6. Meningkatnya kemungkinan terjadinya kecelakaan dan kesalahan kerja.
7. Meningkatnya pergantian karyawan.

Maksud dan tujuan disiplin ergonomi adalah mendapatkan pengetahuan yang utuh tentang permasalahan-permasalahan interaksi manusia dengan lingkungan kerja. Dengan memanfaatkan informasi mengenai sifat-sifat,

kemampuan dan keterbatasan manusia yang dimungkinkan adanya suatu rancangan sistem manusia mesin yang optimal, sehingga dapat dioperasikan dengan baik oleh rata-rata operator yang ada (Wignjosoebroto, 2008).

Ada 5 masalah pokok dalam ergonomi sehubungan dengan keterbatasan manusia, yaitu (Pullat dalam Ratna, 2007) :

a. *Anthropometric*

*Anthropometric* berhubungan dengan pengukuran dimensi-dimensi linier tubuh manusia. Permasalahan yang sering ditemui adalah ketidaksesuaian dimensi tubuh manusia dengan rancangan produk dan area kerja. Solusinya adalah merancang suatu area kerja dan produk tersebut dengan penyesuaian terhadap informasi yang diperoleh dari data antropometri.

b. *Cognitive*

Permasalahan *cognitive* yang timbul berhubungan dengan terjadinya kekurangan atau berlebihnya informasi yang dibutuhkan selama pemrosesannya.

c. *Musculoskeletal*

Sistem *musculoskeletal* terdiri dari otot, tulang dan jaringan penghubung. Timbulnya ketegangan pada otot atau rasa sakit pada tulang adalah akibat dari aktivitas fisik manusia. Hal ini membuat system kerja harus dirancang agar sesuai dengan kemampuan fisik manusia atau mengadakan alat bantu untuk mempermudah pekerjaan.

d. *Cardiovascular*

Permasalahan *cardiovascular* terletak pada system peredaran darah, yaitu jantung. Dalam menjalankan aktivitas fisik, otot memerlukan oksigen yang lebih banyak, maka jantung memompakan darah ke otot untuk memenuhi kebutuhan oksigen tersebut.

e. *Psychomotor*

*Psychomotor* berkaitan dengan fungsi sensorik manusia (panca indra). Fungsi sensorik ini dipengaruhi oleh rangsangan eksternal seperti informasi berupa bunyibunyian atau cahaya. Dengan adanya kelima masalah pokok tersebut, maka sistem kerja harus dirancang untuk menghasilkan kenyamanan yang maksimum bagi manusia.

Ergonomi sebenarnya merupakan suatu ilmu yang multidisiplin yang didukung oleh banyak pengembangan disiplin ilmu yang lain. Ruang lingkup tentang ilmu ergonomi diuraikan berdasarkan perbedaan permasalahan dan aplikasinya secara spesifik, yaitu (*Kroemer* dalam Ratna, 2007) :

- a. Biomekanika
- b. Antropometri
- c. Fisiologi Kerja
- d. Kesehatan Kerja
- e. Manajemen
- f. Hubungan Pekerja

Selain uraian ruang lingkup ilmu ergonomi yang dikemukakan oleh Kroemer diatas, terdapat juga pengembangan permasalahan ergonomi yang dikemukakan oleh ahli-ahli lain, sebagai contoh: permasalahan kognitif, *psychomotor*, ekonomi gerakan, dsb (Ratna, 2007).

## **2.2 Antropometri**

### **2.2.1 Pengertian Anthropometri**

Istilah anthropometri berasal dari kata *anthro* yang berarti “manusia” dan *metri* yang berarti “ukuran”. Anthropometri adalah studi tentang dimensi tubuh manusia. Anthropometri merupakan suatu ilmu yang secara khusus mempelajari tentang pengukuran tubuh manusia guna merumuskan perbedaan-perbedaan ukuran pada tiap individu ataupun kelompok dan lain sebagainya (Wignjosoebroto, 2008).

Selain dimensi individu dari masing-masing segmen tubuh yang telah ada, masih ada perangkat lain untuk kloset duduk. Yaitu dengan menggunakan *MANIKINS ( template 2-Dimensi )* atau *3-Dimensional dummies*.

Perangkat tersebut dibuat untuk menggambarkan berbagai macam persentil. Misalnya yang umum adalah 5 dan 95 persentil. Dan juga seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa tidak seorangpun yang mempunyai nilai persentil yang sama untuk semua dimensi segmen tubuh. Akan tetapi dimensi individual yang bervariasi tersebut berinteraksi dalam suatu bentuk perancangan tempat kamar mandi yang kompleks, seperti misalnya pada perancangan pintu

masuk atau tempat peralatan. Jadi dapat dikatakan adalah bermanfaat dengan dipunyainya berbagai macam kombinasi untuk semua dimensi.

*Manikins ( template 2-Dimensi )* dibuat di Jerman Barat, tersedia pada berbagai macam persentil dan digunakan untuk merancang tempat kerja dengan posisi duduk maupun berdiri yang dibedakan atas 4 macam (Santoso, 2004) :

1. Pria besar ( tinggi 1870 mm ).
2. Wanita besar dan pria sedang ( tinggi 1760 mm ).
3. Wanita sedang dan pria kecil ( tinggi 1660 mm ).
4. Wanita kecil ( tinggi 1540 mm ).

### **2.2.2 Penggunaan Data Antropometri**

Sebelum membahas lebih jauh mengenai penggunaan data ini maka ada baiknya kita bahas istilah "*The fallacy of the average man or average woman*". Istilah ini mengatakan bahwa merupakan suatu kesalahan dalam perancangan kolset duduk jika berdasar pada dimensi yang hipotesis yaitu menganggap bahwa semua dimensi adalah merupakan rata-rata. Walaupun hanya dalam penggunaan satu dimensi saja, seperti misalnya jangkauan kedepan (*forward reach*), maka penggunaan rata-rata (50 persentil) dalam penyesuaian pemasangan suatu tempat peralatan mandi akan menghasilkan bahwa 50 % populasi akan tidak mampu menjangkaunya. Selain dari itu, jika seseorang mempunyai dimensi pada rata-rata populasi, katakanlah tinggi badan, maka, belum tentu , bahwa dia berada pada rata-rata populasi untuk dimensi lainnya (Nurmianto, 2004).

Adapun pendekatan dalam penggunaan data antropometri diatas adalah sebagai berikut (Nurmianto, 2004):

1. Pilihlah standar deviasi yang sesuai untuk perancangan yang dimaksud..
2. Carilah data pada rata-rata dan distribusi dari dimensi yang dimaksud untuk populasi yang sesuai.
3. Pilihlah nilai persentil yang sesuai sebagai dasar perancangan.
4. Pilihlah pelanggan yang paling besar dimensinya.

Data anthropometri yang ada dibedakan menjadi dua kategori, antara lain (Wignjosoebroto, 2008):

1. Dimensi struktural (statis)

Dimensi struktural ini mencakup pengukuran dimensi tubuh pada posisi tetap dan standar. Dimensi yang diukur pada antropometri statis diambil secara *linear* (lurus) dan dilakukan pada permukaan tubuh. Agar hasilnya dapat *representatif*, maka pengukuran harus dilakukan dengan metode tertentu terhadap individu.

2. Dimensi fungsional (dinamis)

Dimensi fungsional mencakup pengukuran dimensi tubuh pada berbagai posisi atau sikap. Data antropometri dapat diaplikasikan dalam beberapa hal, antara lain:

- a. Perancangan areal kerja
- b. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, perkakas dan sebagainya
- c. Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer, dan lain-lain.
- d. Perancangan lingkungan kerja fisik

Untuk mengukur antropometri dinamis, terdapat tiga kelas pengukuran, yaitu :

- a. Pengukuran tingkat keterampilan sebagai pendekatan untuk mengerti keadaan mekanis dari suatu aktifitas, contohnya mempelajari *performansi* seseorang,
- b. Pengukuran jangkauan ruang yang dibutuhkan saat bekerja, dan
- c. Pengukuran variabilitas kerja.

Perbedaan antara satu populasi dengan populasi yang lain adalah dikarenakan oleh faktor-faktor sebagai berikut (Nurmianto, 2004) :

1) Keacakan/random

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.

2) Jenis kelamin

Ada perbedaan signifikan antara dimensi tubuh pria dan wanita. Untuk kebanyakan dimensi pria dan wanita ada perbedaan signifikan di antara

*mean* dan nilai perbedaan ini tidak dapat diabaikan. Pria dianggap lebih panjang dimensi segmen badannya daripada wanita sehingga data anthropometri untuk kedua jenis kelamin tersebut selalu disajikan secara terpisah.

3) Suku bangsa

Variasi di antara beberapa kelompok suku bangsa telah menjadi hal yang tidak kalah pentingnya 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 anthropometri secara nasional.

4) Usia, digolongkan atas berbagai kelompok usia yaitu :

- a. balita,
- b. anak-anak,
- c. remaja,
- d. dewasa, dan
- e. lanjut usia

Hal ini jelas berpengaruh terutama jika desain diaplikasikan untuk anthropometri anak-anak. Anthropometrinya cenderung terus meningkat sampai batas usia dewasa. Namun setelah menginjak usia dewasa, tinggi badan manusia mempunyai kecenderungan menurun yang disebabkan oleh berkurangnya *elastisitas* tulang belakang (*intervertebral discs*) dan berkurangnya dinamika gerakan tangan dan kaki.

5) Jenis pekerjaan

Beberapa jenis pekerjaan tertentu menuntut adanya persyaratan dalam seleksi karyawannya, 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 keragaman karena disebabkan oleh bervariasinya iklim/musim yang berbeda dari satu tempat ke 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 di pertambangan, pengeboran lepas pantai, pengecoran logam.

7) Faktor kehamilan pada wanita

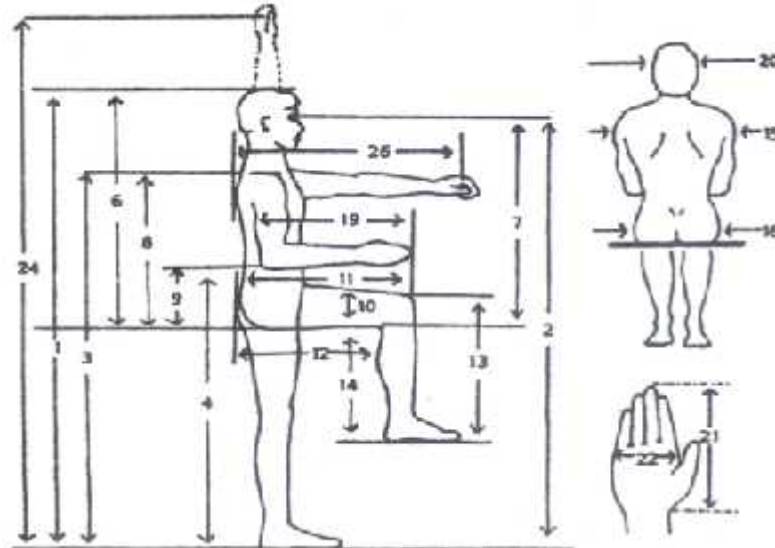
Faktor ini sudah jelas mempunyai pengaruh perbedaan yang berarti kalau dibandingkan dengan wanita yang tidak hamil, terutama yang berkaitan dengan analisis perancangan produk dan analisis perancangan kerja.

8) Cacat tubuh secara fisik

Suatu perkembangan yang menggembirakan pada decade 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.

**2.2.3 Dimensi Antropometri dan Pengukurannya**

Manusia pada umumnya akan berbeda-beda dalam hal bentuk dan dimensi ukuran tubuhnya seperti faktor umur, jenis kelamin, suku, posisi tubuh. Selanjutnya untuk memperjelas mengenai data antropometri agar bisa diaplikasikan dalam berbagai rancangan produk ataupun fasilitas kerja, maka anggota tubuh yang perlu diukur dapat dilihat pada gambar-gambar yang ada dibawah ini (Nurmianto, 2004) :



Gambar 2.1 Dimensi Antropometri Tubuh Manusia yang diperlukan untuk Perancangan Produk atau Fasilitas Kerja

Tabel 2.1. Dimensi Anthropometri dalam Posisi Duduk

<b>NO</b>	<b>Nama Dimensi</b>	<b>Simbol</b>
1	Tinggi Duduk Tegak	Tdt
2	Tinggi Mata Duduk	Tmd
3	Tinggi Bahu Duduk	Tbd
4	Jarak Bahu ke Siku	Bks
5	Tinggi Siku Duduk	Tsd
6	Tinggi Popliteal Duduk	Tpd
7	Tinggi Lutut Duduk	Tld
8	Tebal Paha Duduk	Thd
9	Jarak Pantat ke Popliteal	Plp
10	Panjang Lengan Bawah Duduk	Plb
11	Jarak Pantat ke Lutut	Jpl
12	Tebal Perut	Tpr
13	Keliling Pantat Duduk	Klp
14	Lebar Siku ke Siku duduk	Sks
15	Lebar Bahu Duduk	Lbd
16	Lebar Pinggul Duduk	Lpd

Tabel 2.2. Dimensi Antrhopometri dalam Posisi Berdiri

<b>NO</b>	<b>Nama Dimensi</b>	<b>Simbol</b>
1	Tinggi Tubuh	Tbb
2	Tinggi Siku Berdiri	Tsb
3	Tinggi Pergelangan Tangan	Tgt
4	Tebal Dada	Tdd
5	Jangkauan Tangan	Jkt
6	Tinggi Jangkauan Tangan	Tjt
7	Tinggi Mata Berdiri	Tmb
8	Tinggi Bahu	Tbh
9	Tinggi Pinggang	Tpg
10	Tinggi Selangkang	Tsk
11	Tinggi Tulang Kering	Ttk



Tabel 2.2. Dimensi Antrhopometri dalam Posisi Berdiri (Lanjutan)

NO	Nama Dimensi	Simbol
12	Lebar Bahu	Lb
13	Lebar Dada	Ld
14	Lebar Pinggul Berdiri	Lpd

Tabel 2.3. Dimensi Antropometri Kaki dan Tangan

NO	Nama Dimensi	Simbol
1	Tinggi Mata Kaki	Tmk
2	Panjang Telapak Kaki	Ptk
3	Lebar Telapak Kaki	Ltk
4	Lebar jantung Kaki	Ljk
5	Lebar Telapak Tangan	Ltt
6	Tinggi Jangkauan Tangan	Tjt
7	Panjang Telapak Tangan	Ptt
8	Tebal Telapak Tangan	Ttt
9	Lebar Telapak Tangan dari Ibu jari	Ltb
10	Diameter Genggaman Tangan	Dgt

Keterangan tabel:

1. **Tinggi tubuh tegak** : Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung atas kepala. Subjek duduk tegak dengan memandang lurus ke depan dan lutut membentuk sudut siku-siku.
2. **Tinggi duduk normal** : Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung atas kepala. Subjek duduk normal dengan memandang lurus ke depan dan lutut membentuk sudut siku-siku.
3. **Tinggi bahu duduk** : Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung tulang bahu yang menonjol pada saat subjek duduk tegak.
4. **Tinggi mata duduk** : Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung mata bagian dalam. Subjek duduk tegak dengan mata memandang lurus ke depan.
5. **Tinggi siku duduk** : Ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai ujung bawah siku kanan. Subjek duduk tegak dengan lengan atas vertikal di

sisi badan dan lengan bawah membentuk sudut siku-siku dengan lengan bawah.

6. **Tinggi sandaran punggung** : Subjek duduk tegak, ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai pucuk belikat bawah.
7. **Tinggi pinggang** : Subjek duduk tegak, ukur jarak vertikal dari permukaan alas duduk sampai pinggang.
8. **Tebal perut duduk** : Subjek duduk tegak, ukur jarak samping dari belakang perut sampai ke depan perut.
9. **Tebal paha** : Subjek duduk tegak , ukur jarak dari permukaan alas duduk sampai ke permukaan atas pangkal paha.
10. **Tinggi popliteal** : ukur jarak vertikal dari lantai sampai bagian bawah paha.
11. **Pantat popliteal** : subjek duduk tegak. Ukur jarak horizontal dari bagian terluar pantat sampai lekukan lutut sebelah dalam popliteal. Paha dan kaki bagian bawah membentuk sudut siku-siku.
12. **Pantat ke lutut** : Subjek duduk tegak. Ukur jarak horizontal dari bagian terluar pantat sampai ke lutut. Paha dan kaki bagian bawah membentuk sudut siku-siku.
13. **Lebar bahu** : Ukur jarak horizontal antara kedua lengan atas. Subjek duduk tegak dengan lengan atas merapat ke badan dan lengan bawah direntangkan ke depan.
14. **Lebar sandaran Duduk** : Ukur jarak horizontal dari bagian terluar pinggul sisi kiri sampai bagian terluar pinggul sisi kanan.
15. **Lebar Pinggang** : Subjek duduk tegak. ukur jarak horizontal dari bagian terluar pinggang sisi kiri sampai bagian terluar sisi kanan.
16. **Siku ke siku** : Subjek duduk tegak dengan lengan atas merapat ke badan dan lengan bawah direntangkan ke depan. Ukur jarak horizontal dari bagian terluar siku sisi kiri sampai bagian terluar siku sisi kanan.
17. **Tinggi badan tegak** : Jarak vertikal telapak kaki sampai ujung kepala yang paling atas. Sementara subjek berdiri tegak dengan mata memandang lurus ke depan.

18. **Tinggi Mata Berdiri** : Ukur jarak vertikal dari lantai sampai ujung mata bagian dalam (dekat pangkal hidung). Subjek berdiri tegak dan memandang lurus ke depan.
19. **Tinggi Bahu Berdiri** : Ukur jarak vertikal dari lantai sampai bahu yang menonjol pada saat subjek berdiri tegak.
20. **Tinggi Siku berdiri** : Ukur jarak vertikal dari lantai ke titik pertemuan antara lengan atas dan lengan bawah. Subjek berdiri tegak dengan kedua tangan bergantung secara wajar.
21. **Tinggi pinggang berdiri** : Ukur jarak vertikal lantai sampai pinggang pada saat subjek berdiri tegak.
22. **Tinggi lutut berdiri** : Ukur jarak vertikal lantai sampai lutut pada saat subjek berdiri tegak.
23. **Panjang lengan bawah** : Subjek berdiri tegak tangan disamping, ukur jarak dari siku sampai pergelangan tangan.
24. **Tebal dada berdiri** : Subjek berdiri tegak ukur jarak dari dada (bagian ulu hati) sampai punggung secara horizontal.
25. **Tebal perut berdiri** : Subjek berdiri tegak ukur menyamping jarak dari perut depan sampai perut belakang secara horizontal.
26. **Berat badan** : Menimbang berat badan dengan posisi normal diatas timbangan badan.
27. **Jangkauan tangan ke atas** : Subjek berdiri tegak, tangan diacungkan lurus ke atas. Ukur dari ujung jari tangan sampai pangkal lengan.
28. **Jangkauan tangan ke depan** : Ukur jarak horizontal dari punggung sampai ujung jari tengah. Subjek berdiri tegak dengan betis, pantat dan punggung merapat ke dinding. Tangan direntangkan ke depan.
29. **Rentangan tangan** : Ukur jarak horizontal dari ujung jari terpanjang tangan kiri sampai ujung jari terpanjang tangan kanan. Subjek berdiri tegak dan kedua tangan direntangan horizontal ke samping sejauh mungkin.
30. **Panjang jari 1,2,3,4,5** : diukur dari masing-masing pangkal ruas jari sampai ujung jari. Jari-jari subjek merentang lurus dan sejajar.
31. **Pangkal ke tangan** : diukur dari pangkal pergelangan tangan sampai pangkal ruas jari. Lengan bawah sampai telapak tangan subjek lurus.

32. **Lebar Jari 2,3,4,5** : diukur dari sisi luar jari telunjuk sampai sisi luar jari kelingking. Jari-jari subjek lurus dan merapat satu sama lain.
33. **Lebar tangan** : Diukur dari sisi luar ibu jari sampai sisi luar jari kelingking.
34. **Putaran lengan** : ukur sudut putaran lengan tangan bagian bawah dari posisi awal sampai ke putaran maksimum. Posisi awal, lengan tangan bagian bawah ditekuk ke kiri semaksimal mungkin. Kemudian putar dari posisi awal ke kiri sejauh mungkin.
35. **Putaran telapak tangan** : Ukur sudut putaran cengkraman jari tangan. Posisi awal, Jari-jari mencengkram batang tengah busur. Kemudian diputar ke kanan sejauh mungkin (pergelangan dan lengan tangan tetap diam). Lalu dengan cara yang sama diputar ke kiri sejauh mungkin.
36. **Sudut telapak kaki** : Ukur sudut putaran telapak kaki. Posisi awal, telapak kaki siku-siku dengan betis, kemudian diputar ke bawah sejauh mungkin. Kaki kembali ke posisi awal, lalu ujung kaki dinaikan setinggi mungkin. Total putaran vertikal telapak kaki adalah  $S = S_1 + S_2$

#### 2.2.4 Pengolahan Data Anthropometri

Data-data anthropometri yang didapat akan melewati beberapa uji agar layak untuk membuat dimensi atau ukuran dalam perancangan. Adapun pengujian yang dilakukan antara lain :

##### a. Uji Keseragaman Data

Pengujian keseragaman data dilakukan untuk mengetahui:

1. *Homogenitas* data
2. Apakah berasal dari suatu populasi yang sama
3. Data ekstrim atau yang berada di luar batas harus dihilangkan dan tidak perlu disertakan dalam perhitungan.

Untuk melakukan uji keseragaman data dilakukan tahapan perhitungan sebagai berikut :

- 1) Membagi data ke dalam suatu sub grup (kelas) Penentuan jumlah sub grup dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$k = 1 + 3,3 \log N \quad (3.1) \quad \text{dimana } N = \text{Jumlah data.}$$

- 2) Menghitung harga rata-rata dari harga rata-rata sub grup dengan :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i}{k}$$

dimana :

$X_i$  = Harga rata-rata dari sub grup ke-i

$k$  = Jumlah sub grup yang terbentuk

- 3) Menghitung standar deviasi (SD), dengan :

Untuk Populasi

$$\dagger = SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad \text{Untuk Sampel}$$

dimana:

$N$  = jumlah data amatan pendahuluan yang telah dilakukan.

$X_i$  = data amatan yang didapat dari hasil pengukuran ke-i.

- 4) Menghitung standar deviasi dari distribusi harga rata-rata sub grup :

$$\dagger_x = \frac{\dagger}{\sqrt{n}}$$

Dimana

$n$  = ukuran satu sub grup

- 5) Menentukan Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB)

dengan :

$$BKA = \bar{X} + 2\dagger_x$$

$$BKB = \bar{X} - 2\dagger_x$$

### b. Uji Kecukupan Data

Pengujian kecukupan data sangat dipengaruhi oleh besarnya:

- 1) Tingkat ketelitian (dalam persen), adalah penyimpangan maksimum dari hasil pengukuran terhadap nilai yang sebenarnya.
- 2) Tingkat kepercayaan (dalam persen), adalah besarnya keyakinan atau besarnya probabilitas bahwa data yang kita dapatkan terletak dalam tingkat ketelitian yang telah ditentukan.

Rumus umum :

$$N' = \left[ \frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \left[ \sum_{i=1}^n X_i^2 \right] - \left[ \sum_{i=1}^n X_i \right]^2}}{\sum_{i=1}^n X_i} \right]^2$$

Keterangan :

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

$N$  = pengamatan pendahuluan

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

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

Nilai  $K$  untuk tingkat kepercayaan tertentu dapat dilihat pada Tabel 2.4. berikut.

Tabel 2.4 Tingkat Kepercayaan

Tingkat Kepercayaan	Nilai K
68 %	1
68 % < 1 - 95 %	2
95 % < 1 - 99 %	3

Nilai  $S$  untuk tingkat ketelitian tertentu dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Tingkat Ketelitian

Tingkat Ketelitian	Nilai S
5%	0,05
10%	0,1

### c. Uji Kenormalan Data

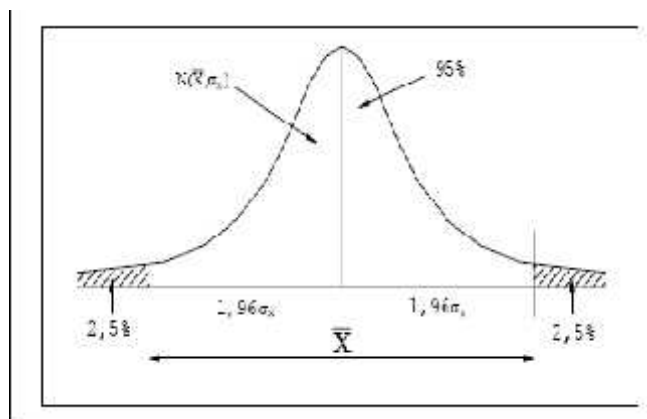
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah data diperoleh telah memenuhi distribusi normal atau dapat didekati oleh distribusi normal. Pada penelitian ini untuk mempermudah pengujian kenormalan data, maka digunakan *Software SPSS 12.0 for Windows*. Program ini akan secara otomatis menampilkan output uji kenormalan data yang diinputkan.

### 2.2.5 Persentil

Menurut Nurmiyanto (2004), persentil adalah 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.

Tabel 2.6 Perhitungan Persentil

Persentil	Perhitungan
1 <sup>ST</sup>	$\bar{X} - 2,325 \sigma_x$
2,5 <sup>TH</sup>	$\bar{X} - 1,96 \sigma_x$
5 <sup>TH</sup>	$\bar{X} - 1,645 \sigma_x$
10 <sup>TH</sup>	$\bar{X} - 1,28 \sigma_x$
50 <sup>TH</sup>	$\bar{X}$
90 <sup>TH</sup>	$\bar{X} + 1,28 \sigma_x$
95 <sup>TH</sup>	$\bar{X} + 1,645 \sigma_x$
97,5 <sup>TH</sup>	$\bar{X} + 1,96 \sigma_x$
99 <sup>TH</sup>	$\bar{X} + 2,325 \sigma_x$



Gambar 2.2 Distribusi Normal

### 2.3 Perancangan Produk / Alat

Perancangan adalah suatu proses yang bertujuan untuk menganalisis, menilai memperbaiki dan menyusun suatu sistem, baik sistem fisik maupun non fisik yang optimum untuk waktu yang akan datang dengan memanfaatkan informasi yang ada (Rosnani, 2010).

Aktivitas perancangan dilakukan oleh orang yang sama dengan membuat produk. Esensi aktivitas perancangan adalah deskripsi akhir dari produk yang dimengerti oleh pihak lain yang membuat diwujudkan dalam gambar teknik (Rosnani, 2010).

Perancangan suatu alat termasuk dalam metode teknik, dengan demikian langkah-langkah pembuatan perancangan akan mengikuti metode teknik. Merris Asimov menerangkan bahwa perancangan teknik adalah suatu aktivitas dengan maksud tertentu menuju ke arah tujuan dari pemenuhan kebutuhan manusia, terutama yang dapat diterima oleh faktor teknologi peradaban kita. Dari definisi tersebut terdapat tiga hal yang harus diperhatikan dalam perancangan yaitu aktifitas dengan maksud tertentu, sasaran pada pemenuhan kebutuhan manusia, dan berdasarkan pada pertimbangan teknologi (Rosnani, 2010).

Dalam membuat suatu perancangan produk atau alat, perlu mengetahui karakteristik perancangan dan perancangannya. Beberapa karakteristik perancangan adalah sebagai berikut (Rosnani, 2010):

1. Berorientasi pada tujuan.
2. *Variform*

Suatu anggapan bahwa terdapat sekumpulan solusi yang mungkin terbatas, tetapi harus dapat memilih salah satu ide yang diambil.

3. Pembatas

Dimana pembatas ini membatasi jumlah solusi pemecahan diantaranya :

- a. Hukum alam seperti ilmu fisika, ilmu kimia dan seterusnya.
- b. Ekonomis ; pembiayaan atau ongkos dalam meralisir rancangan yang telah dibuat
- c. Perimbangan manusia ; sifat, keterbatasan dan kemampuan manusia dalam merancang dan memakainya.
- d. Faktor-faktor legalisasi; mulai dari model, bentuk sampai hak cipta.



- e. Fasilitas produksi: sarana dan prasarana yang dibutuhkan untuk menciptakan rancangan yang telah dibuat.
- f. *Evolutif*; berkembang terus/ mampu mengikuti perkembangan jaman.
- g. Perbandingan nilai: membandingkan dengan tatanan nilai yang telah ada.

Sedangkan karakteristik perancang merupakan karakteristik yang harus dimiliki oleh seorang perancang antara lain (Rosnani, 2010):

1. Mempunyai kemampuan untuk mengidentifikasi masalah.
2. Memiliki imajinasi untuk meramalkan masalah yang mungkin akan timbul.
3. Berdaya cipta.
4. Mempunyai kemampuan untuk menyederhanakan persoalan.
5. Mempunyai keahlian dalam bidang Matematika, Fisika atau Kimia tergantung dari jenis rancangan yang dibuat.
6. Dapat mengambil keputusan terbaik berdasarkan analisa dan prosedur yang benar.
7. Mempunyai sifat yang terbuka (*open minded*) terhadap kritik dan saran dari orang lain.

### **2.3.1 Proses Pengembangan Produk**

Secara umum, proses adalah urutan langkah-langkah dalam mengubah masukan (*input*) menjadi suatu keluaran (*output*). Proses pengembangan produk merupakan tahapan-tahapan kegiatan perusahaan dalam menyusun, merancang dan mengomersialkan produk (Purba, 2009)

Tahapan pengembangan produk merupakan deskripsi menyeluruh tahapan pengembangan produk mulai dari tahap awal sampai akhir. Fase standar pengembangan produk umumnya saling terkait, bertahap dan bisa menjadi parameter kemajuan pelaksanaan (*progress*) suatu produk yang sedang dikembangkan. Enam fase pengembangan produk tersebut adalah (Ulrich dan Eppinger dalam Purba, 2009) :

1. *Planning* (Perencanaan)

Fase ini sering juga disebut sebagai *zerofase*.

2. *Concept Development*

Pada tahapan ini kebutuhan pasar sasaran (*target market*) sudah harus dapat diidentifikasi, dan memilih alternative konsep produk yang akan dikembangkan.

3. *System Level Design*

Fase rancangan tingkat system produk meliputi definisi arsitektur produk dan pembagian produk menjadi subsistem-subsistem serta komponen-komponen, serta pendefinisian skema akhir produk. *Output* dari fase ini mencakup tata letak bentuk produk dan spesifikasi fungsional tiap subsistem

4. *Detail Design*

Fase rancangan detail meliputi spesifikasi lengkap mencakup bentuk geometri produk serta komponennya, bahan yang digunakan, ukuran dan toleransi seluruh komponen, juga mencakup pengadaan komponen yang dibuat sendiri atau dibeli

5. *Testing and Refinement*

Fase pengujian dan perbaikan meliputi pembuatan *prototype* produk untuk dievaluasi (diuji) apakah sudah sesuai dengan fungsi, kinerja, dan keandalan produk yang diinginkan atau tidak.

6. *Production Ramp-up*

Pada proses ini produk dibuat dengan menggunakan sistem produk untuk mengetahui segala permasalahan yang mungkin muncul pada produksi yang sesungguhnya.

Menurut Kotler dalam buku Marketing (1987), langkah-langkah penting dalam pengembangan produk adalah (Tjiptono, 2009) :

1. Pemunculan gagasan (*idea generation*)

Pemunculan gagasan baru harus sesuai dengan jenis usaha perusahaan dan konsumen sebagai salah satu sumber yang paling logis untuk mencari gagasan-gagasan produk baru.

2. Penyaringan gagasan (*idea screening*)

Tujuan penyaringan adalah mengurangi banyaknya gagasan dengan mencari dan menghilangkan gagasan buruk sedini mungkin.

3. Pengembangan dan pengujian konsep (*concept development and testing*)  
Suatu ide atau gagasan yang lolos penyaringan selanjutnya dikembangkan menjadi beberapa alternatif konsep produk. Dalam hal ini, konsep produk berbeda dengan gagasan produk dan citra produk. Suatu gagasan produk adalah gagasan bagi kemungkinan produk yang oleh perusahaan dianggap bisa ditawarkan ke pasar. Suatu konsep produk adalah versi terinci dari ide yang diungkapkan dalam istilah konsumen yang punya arti. Sedangkan suatu citra produk (*image*) adalah gambaran khusus yang diperoleh dari produk nyata atau calon produk.
4. Pengembangan strategi pemasaran (*marketing strategy development*)  
Pernyataan strategi pemasaran terdiri dari tiga bagian untuk memperkenalkan produk ke pasar. Bagian pertama menjelaskan ukuran, struktur, dan tingkah laku pasar sasaran, penempatan produk yang telah direncanakan, penjualan, bagian pasar, serta sasaran keuntungan yang hendak dicari pada beberapa tahun pertama. Bagian kedua dari pernyataan strategi pemasaran menguraikan harga produk yang direncanakan, strategi distribusi, dan biaya pemasaran selama tahun pertama. Bagian ketiga menjelaskan penjualan jangka panjang yang direncanakan, serta sasaran keuntungan dan strategi bauran pemasaran selama ini.
5. Analisis usaha (*business analysis*)  
Bila manajemen telah menentukan konsep produk dan strategi pemasaran, perusahaan bisa mengevaluasi daya tarik usulan usaha itu. Manajemen harus menilai penjualan, biaya, dan perkiraan laba untuk menentukan apakah mereka telah memenuhi tujuan perusahaan. Jika telah memenuhi, produk bisa bergerak maju ke langkah pengembangan produk.
6. Pengembangan produk (*product development*)  
Bila konsep produk lolos dari uji analisis usaha, konsep itu lalu menuju riset dan pengembangan dan/atau rekayasa untuk dikembangkan menjadi produk fisik. Bagian riset dan pengembangan membuat satu atau beberapa versi bentuk fisik dari konsep produk agar bisa menemukan sebuah prototipe yang memenuhi konsep produk dan dapat diproduksi dengan biaya produksi yang telah dianggarkan.

7. Pengujian pasar (*market testing*)

Pengujian pasar ialah keadaan dimana produk dan program pemasaran diperkenalkan kepada kalangan konsumen yang lebih otentik untuk mengetahui bagaimana konsumen dan penyalur mengelola, memakai, dan membeli-ulang produk itu dan seberapa luas pasarnya.

8. Komersialisasi

Tahap komersialisasi menyangkut perencanaan dan pelaksanaan strategi peluncuran (*launching strategy*) produk baru ke pasar. Dalam melemparkan suatu produk, perusahaan harus memutuskan: kapan, dimana, pada siapa, dan bagaimana.

Proses pengembangan perancangan konsep produk mencakup kegiatan-kegiatan sebagai berikut (Yola, 2012):

1. Identifikasi produk

Memahami kekurangan dan kelemahan yang terdapat pada produk sebelumnya dan melakukan perbaikan terhadap produk tersebut.

2. Penetapan spesifikasi target

Spesifikasi memberikan uraian yang tepat mengenai bagaimana produk bekerja dan merupakan terjemahan dari identifikasi produk.

3. Penyusunan konsep

Sasaran penyusunan konsep adalah menggali konsep-konsep produk yang mungkin sesuai dengan kebutuhan pelanggan yang mencakup gabungan dari penelitian eksternal, proses pemecahan masalah secara kreatif.

4. Pemilihan konsep

Pemilihan konsep merupakan kegiatan dimana berbagai konsep dianalisis dan secara berturut-turut dieliminasi untuk mengidentifikasi konsep yang paling menjanjikan.

5. Pemodelan dan pembuatan prototipe

Setiap tahapan dalam proses pengembangan konsep melibatkan banyak bentuk model dan prototipe.

6. Pengujian konsep

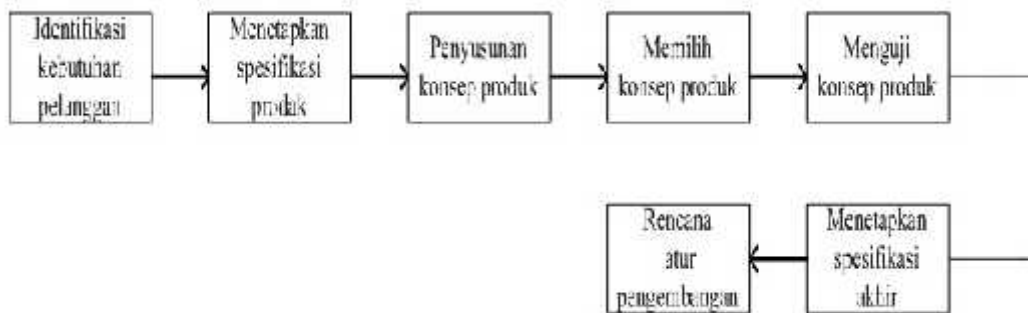
Satu atau lebih konsep diuji untuk mengetahui apakah kebutuhan pelanggan telah terpenuhi, memperkirakan potensi pasar dari produk dan mengidentifikasi beberapa kelemahan yang harus diperbaiki selama proses perkembangan selanjutnya.

7. Penentuan spesifikasi akhir

Spesifikasi yang telah ditentukan diawal proses ditinjau kembali setelah proses dipilih dan diuji.

8. Perencanaan proyek

Pada kegiatan akhir pengembangan konsep ini, tim membuat suatu jadwal pengembangan secara rinci, menentukan strategi untuk meminimasi waktu pengembangan dan mengidentifikasi sumber daya yang digunakan untuk menyelesaikan proyek.



Gambar. 2.4 Tahap Proses pengembangan perancangan konsep produk  
(Sumber: Yola, 2012)

### 2.3.2 Dimensi Kualitas Produk

Berbicara mengenai produk maka aspek yang perlu diperhatikan adalah kualitas produk. Menurut *American Society for Quality Control*, kualitas adalah “*the totality of features and characteristics of a product or service that bears on its ability to satisfy given needs*”, artinya keseluruhan ciri dan karakter-karakter dari sebuah produk atau jasa yang menunjukkan kemampuannya untuk memuaskan kebutuhan yang tersirat. Definisi ini merupakan pengertian kualitas yang berpusat pada konsumen sehingga dapat dikatakan bahwa seorang penjual telah memberikan kualitas bila produk atau pelayanan penjual telah memenuhi atau melebihi harapan konsumen. Kualitas produk merupakan pemahaman bahwa produk yang ditawarkan oleh penjual mempunyai nilai jual lebih yang tidak

dimiliki oleh produk pesaing. Oleh karena itu perusahaan berusaha memfokuskan pada kualitas produk dan membandingkannya dengan produk yang ditawarkan oleh perusahaan pesaing. Akan tetapi, suatu produk dengan penampilan terbaik atau bahkan dengan tampilan lebih baik bukanlah merupakan produk dengan kualitas tertinggi jika tampilannya bukanlah yang dibutuhkan dan diinginkan oleh pasar (Tjiptono, 2009).

Arti dari kualitas produk adalah “the ability of a product to perform its functions, it includes the product’s overall durability, reliability, precision, ease of operation and repair, and other valued attributes” yang artinya kemampuan sebuah produk dalam memperagakan fungsinya, hal itu termasuk keseluruhan durabilitas, reliabilitas, ketepatan, kemudahan pengoperasian dan reparasi produk juga atribut produk lainnya (Tjiptono, 2009).

Dimensi Kualitas Produk Menurut Mullins, Orville, Larreche, dan Boyd (2005, p.422) apabila perusahaan ingin mempertahankan keunggulan kompetitifnya dalam pasar, perusahaan harus mengerti aspek dimensi apa saja yang digunakan oleh konsumen untuk membedakan produk yang dijual perusahaan tersebut dengan produk pesaing. Dimensi kualitas produk tersebut terdiri dari (<http://jurnal-sdm.blogspot.com>):

1. *Performance* (kinerja), berhubungan dengan karakteristik operasi dasar dari sebuah produk
2. *Durability* (daya tahan), yang berarti berapa lama atau umur produk yang bersangkutan bertahan sebelum produk tersebut harus diganti. Semakin besar frekuensi pemakaian konsumen terhadap produk maka semakin besar pula daya tahan produk.
3. *Conformance to specifications* (kesesuaian dengan spesifikasi), yaitu sejauh mana karakteristik operasi dasar dari sebuah produk memenuhi spesifikasi tertentu dari konsumen atau tidak ditemukannya cacat pada produk.
4. *Features* (fitur), adalah karakteristik produk yang dirancang untuk menyempurnakan fungsi produk atau menambah ketertarikan konsumen terhadap produk.

5. *Reliability* (reliabilitas), adalah probabilitas bahwa produk akan bekerja dengan memuaskan atau tidak dalam periode waktu tertentu. Semakin kecil kemungkinan terjadinya kerusakan maka produk tersebut dapat diandalkan.
6. *Aesthetics* (estetika), berhubungan dengan bagaimana penampilan produk bisa dilihat dari tampak, rasa, bau, dan bentuk dari produk.
7. *Perceived quality* (kesan kualitas), sering dibidang merupakan hasil dari penggunaan pengukuran yang dilakukan secara tidak langsung karena terdapat kemungkinan bahwa konsumen tidak mengerti atau kekurangan informasi atas produk yang bersangkutan. Jadi, persepsi konsumen terhadap produk didapat dari harga, merek, periklanan, reputasi, dan Negara asal.