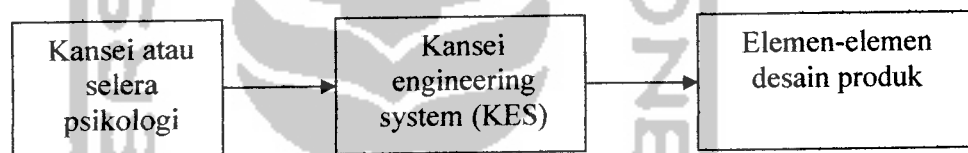


## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Kansei Engineering

*Kansei Engineering* adalah teknologi yang menterjemahkan perasaan dan citra (image) pelanggan tentang suatu produk ke dalam elemen-elemen desain atau dengan bahasa lain adalah teknologi yang berorientasi pada pelanggan untuk pengembangan produk dengan berbasis pada Ergonomika dan ilmu komputer (Nagamachi, 1995). Penerjemahan dari perasaan (selera) pelanggan (dalam bahasa Jepang disebut kansei) dari produk ke elemen-elemen desain dapat dilihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Proses dan sistem Kansei engineering

Kansei engineering bertujuan memproduksi produk baru berdasarkan pada pemasaran dan permintaan pelanggan. Terdapat 4 item berkaitan dengan teknologi ini, yaitu :

1. Memahami perasaan pelanggan tentang produk tersebut dalam pendekatan secara ergonomis dan psikologis.
2. Bagaimana cara mengidentifikasi karakteristik-karakteristik desain dari kansei (perasaan atau citra) pelanggan.
3. Bagaimana membangun Kansei Engineering sebagai suatu teknologi ergonomi.

4. Bagaimana menyesuaikan desain produk terhadap perubahan masyarakat terkini terhadap trend preferensi masyarakat.

Sehubungan dengan item pertama, digunakan Semantic Differential (SD) yang digunakan oleh Osgood dkk (Osgood, 1957) sebagai teknik utama untuk menangkap kansei (perasaan atau preferensi) pelanggan. Dalam Kansei Engineering dikumpulkan kata-kata (yang mewakili) perasaan pelanggan dari toko-toko penjualan dan dari majalah-majalah industri. Setelah didapatkan kata-kata kansei dan kemudian diseleksi untuk mengambil kata yang paling relevan.

Berkaitan dengan item kedua yang dilakukan adalah mengadakan suatu survei atau suatu eksperimen untuk mencari hubungan antara kata-kata kansei dan elemen-elemen desain. Dalam kaitannya item ketiga, dipergunakan komputer tingkat lanjut untuk mengembangkan sistematika kerangka kerja dari teknologi kansei engineering. Kecerdasan buatan dalam Algoritma Genetis sebagaimana logika Fuzzy dipergunakan dalam Sistem kansei engineering untuk membangun basis data yang terkait dengan sistem inferensi komputerisasi. Sehingga didapat penyesuaian basis data dari Kansei Engineering terhadap trend pelanggan.

Dalam prosedur Kansei engineering terdapat 3 prosedur, yaitu ; Tipe I Kansei engineering bertujuan mengklasifikasikan kategori dari kategori ke-0 sampai ke-n. Tipe II Kansei Engineering menggunakan sistem computer dan Tipe III menggunakan model matematis untuk perhitungan rancangan ergonomic yang sesuai.

- Tipe I : Klasifikasi Kategori

Klasifikasi kategori adalah suatu metode dimana kategori kansei dari produk diuraikan dalam pohon struktur untuk mendapatkan rancangan rinci. Dalam Kansei Engineering tipe I, konsep tingkat ke-nol seharusnya diuraikan ke dalam sub konsep yang jelas untuk mendapatkan rancangan rinci. Klasifikasi konsep level nol kedalam sub konsep, yaitu level ke-1, level ke-2,..... sampai level ke-n sub konsep dilakukan hingga didapat spesifikasi rancangan akhir yang diinginkan.

- Tipe II : Sistem Komputer Kansei Engineering

Kansei Engineering tipe II adalah sistem yang berbantuan komputer. Kansei Engineering System (KES) adalah sistem terkomputerisasi dengan sistem pakar untuk mentransfer perasaan pelanggan dan citra kedalam rancangan rinci. Dasar-dasar arsitektur sistem ini menjadi empat buah basis data. Yaitu :

- a. Basis Data Kansei

Kata-kata Kansei adalah representasi dari perasaan pelanggan terhadap produk yang dikumpulkan dari pembicaraan dengan salesman di pasar atau dari majalah industri. Lebih dari 600 kata dikumpulkan dan direduksi hingga menjadi sekitar 100 kata. Setelah membangun SD dan mengevaluasi jumlah dari produk dalam skala SD, data terevaluasi dianalisa dengan analisis faktor. Hasil dari analisis faktor menyarankan ruang tujuan Kansei, yang akan menjadi basis data kata-kata kansei yang dibangun ke dalam sistem.

- b. Basis Data Citra (image)

Hasil evaluasi dengan SD merupakan analisa kedua oleh teori kuantitatif Hayashi tipe I (Hayashi, 1996) yang merupakan tipe dari analisa regresi untuk data kualitatif. Melalui analisis ini, dapat memperoleh daftar hubungan (kaitan) statistik antara kata-kata kansei dan elemen-elemen desain. Disini dapat diidentifikasi kata-kata kansei yang memberikan kontribusi terhadap item-item rincian desain tertentu. Sebagai contoh jika pelanggan menginginkan sesuatu yang 'nyaman'. Kata kansei ini berkorespondensi terhadap beberapa rincian desain dalam sistem. Data ini membangun basis data citra (image) dan basis aturan (rule base).

c. Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan terdiri dari aturan-aturan yang dibutuhkan untuk memutuskan tingkat korelasi antara item-item rincian desain dengan kata-kata kansei. Beberapa aturan dihasilkan dari perhitungan teori kuantitatif dan beberapa dari prinsip-prinsip kondisi warna, dan sebagainya.

d. Basis Data Desain dan Warna

Rincian desain di dalam sistem diimplementasikan dalam bentuk basis data warna, secara terpisah. Semua rincian desain terdiri dari aspek-aspek desain yang berkorelasi sebagaimana seluruh bangun dengan tiap-tiap kata kansei. Basis data warna terdiri dari seluruh warna yang juga berkorelasi dengan kata-kata kansei. Kombinasi komponen desain

dan warna dikeluarkan oleh sistem inferensi tertentu dan ditayangkan dalam bentuk grafis pada layar.

#### Prosedur Kansei Engineering

Pelanggan memasukan kata-kata tentang citra yang berkaitan dengan produk yang diharapkan ke dalam *KES*. *KES* menerima kata-kata ini melalui basis data kansei dan memeriksa apakah dapat menerimanya atau tidak. Jika dapat diterima kata-kata kansei tersebut akan dikirim ke basis pengetahuan. Motor inferensi bekerja pada tiap tahap ini dengan mencocokkan basis peraturan dan basis data citra. Kemudian motor inferensi memutuskan aspek-aspek dari rincian desain dan mengendalikan *KES* mengeluarkan dan menayangkan komponen dan warna yang sesuai pada layar.

#### Bagaimana membangun *KES*

Yang pertama dilakukan adalah memutuskan domain produk secara spesifik. Setelah itu mengumpulkan kata-kata kansei dan membangun skala SD dari kata-kata tersebut. Setelah itu data dianalisis dengan analisis faktor dan teori kuantifikasi tipe I, dan membuat empat basis data tersebut, motor inferensi dan sistem kendali yang berbasis prosedur pakar.

#### Aspek-aspek penerapan *KES*

Terdapat dua cara penerapan *KES*, yaitu : dukungan terhadap keputusan pelanggan untuk memiliki produk dan dukungan untuk desainer dalam memutuskan pengembangan produk.

- Tipe III : Pemodelan Rekayasa Kansei

Dalam rekayasa kansei tipe III, suatu model matematis dibangun dalam basis peraturan yang rumit untuk mencapai keluaran ergonomis dari kata-kata kansei. Dalam prosedur ini model matematis diterapkan sebagaimana peranan logika ke basis aturan.

## 2.2 Pengertian Ergonomi

Ergonomi adalah suatu ilmu tentang manusia dalam usaha untuk meningkatkan kenyamanan di lingkungan kerjanya. Istilah *ergonomi* berasal dari bahasa latin yaitu *Ergon* (kerja) dan *Nomos* (hukum alam) dan dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, manajemen dan perancangan/desain. (Nurmianto, 1996). Metode pendekatannya dengan menganalisis hubungan fisik antara manusia dengan fasilitas kerja. Manfaat dan tujuan ilmu ini adalah untuk mengurangi ketidaknyamanan pada saat bekerja. Dengan demikian, Ergonomi berguna sebagai media pencegahan terhadap kelelahan kerja sedini mungkin sebelum berakibat kronis dan fatal.

Digunakannya ilmu ergonomi dalam mencari solusi karena ergonomi merupakan ilmu yang sistematis dalam memanfaatkan informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk merancang stasiun kerja. Dengan Ergonomi diharapkan penggunaan proyek fisik dan fasilitas dapat lebih efektif serta memberikan kepuasan bagi pelanggan. Maka hal ini dapat disimpulkan bahwa ergonomi memberikan solusi atas elemen-elemen desain yang sesuai

dengan keinginan pelanggan melalui kansei engineering. Dilihat dari sisi rekayasa, informasi hasil penelitian Ergonomi dapat dikelompokkan dalam 4 bidang penelitian, yaitu (Sutalaksana, 1979):

1. Penelitian tentang display.

- Display adalah alat yang menyajikan informasi tentang lingkungan yang dikomunikasikan dalam bentuk tanda-tanda atau lambang-lambang.

2. Penelitian tentang kekuatan fisik manusia

Penelitian ini mencakup mengukur kekuatan/daya fisik manusia ketika bekerja dan mempelajari bagaimana cara kerja serta peralatan harus dirancang agar sesuai dengan kemampuan fisik manusia ketika melakukan aktifitas tersebut.

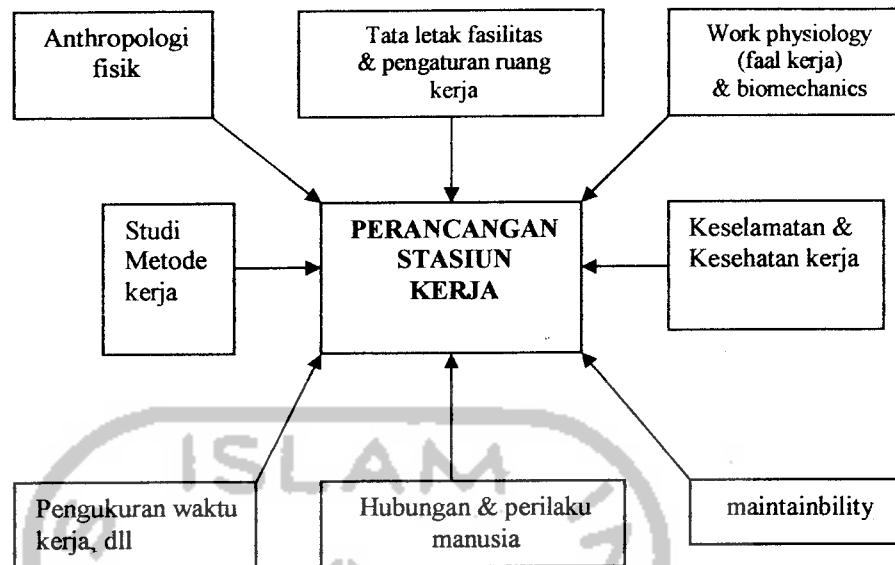
3. Penelitian tentang ukuran/dimensi dari tempat kerja.

Penelitian ini diarahkan untuk mendapatkan ukuran tempat kerja yang sesuai dengan ukuran tubuh manusia, dipelajari dalam antropometri.

4. Penelitian tentang lingkungan fisik

Penelitian ini berkenaan dengan perancangan kondisi lingkungan fisik dari ruangan dan fasilitas-fasilitas dimana manusia bekerja.

Perancangan stasiun kerja merupakan salah satu output studi ergonomi di bidang industri. Inputnya dapat berupa kondisi manusia yang tidak aman dalam bekerja, kondisi fisik lingkungan kerja yang tidak nyaman dan adanya hubungan manusia-mesin yang tidak ergonomis. Perancangan stasiun kerja dalam industri haruslah mempertimbangkan banyak aspek yang berasal dari berbagai disiplin atau spesialisasi keahlian yang ada.



**Gambar 2.2** Disiplin dan Keahlian Yang Terkait Dengan Perancangan Stasiun Kerja

### 2.2.1 Antropometri

Antropometri adalah pengetahuan yang menyangkut pengukuran tubuh manusia khususnya dimensi tubuh. Antropometri dibagi atas dua bagian, yaitu (Wignojosoebroto, 1995) :

1. *Antropometri statis*, dimana pengukuran dilakukan pada tubuh manusia yang berada dalam posisi diam.

Dimensi yang diukur pada Antropometri statis diambil secara *linier* (lurus) dan dilakukan pada permukaan tubuh. Agar hasil pengukuran representatif, maka pengukuran harus dilakukan dengan metode tertentu terhadap berbagai individu, dan tubuh harus dalam keadaan diam. Terdapat berbagai macam faktor yang mempengaruhi dimensi tubuh manusia, diantaranya :

- a) Umur



- b) Jenis Kelamin
  - c) Suku Bangsa (Etnis)
  - d) Pekerjaan.
2. *Antropometri dinamis*, dimana dimensi tubuh diukur dalam berbagai posisi tubuh yang sedang bergerak, sehingga lebih kompleks dan lebih sulit diukur.

Terdapat tiga kelas pengukuran dinamis, yaitu :

- a) Pengukuran tingkat ketrampilan sebagai pendekatan untuk mengerti keadaan mekanis dari suatu aktifitas.  
Contoh : dalam mempelajari performans atlet
- b) Pengukuran jangkauan ruangan yang dibutuhkan saat kerja.  
Contoh : Jangkauan dari gerakan tangan dan kaki efektif saat bekerja yang dilakukan dengan berdiri atau duduk.
- c) Pengukuran Variabilitas kerja.  
Contoh : Analisis kinematika dan kemampuan jari-jari tangan dari seorang juru ketik atau operator komputer.

### 2.2.2 Prinsip Perancangan

Data Antropometri dapat digunakan sebagai alat untuk perancangan peralatan. Mengingat bahwa keadaan dan ciri fisik dipengaruhi oleh banyak faktor sehingga berbeda satu dengan yang lainnya. I. Z. Satalaksana memberikan tiga prinsip dalam pemakaian data antropometri tersebut yaitu :

1. Perancangan fasilitas berdasarkan individu yang ekstrim

Penggunaan dari prinsip ini memungkinkan fasilitas yang dirancang dapat dipakai dengan nyaman oleh sebagian besar orang (minimal 95% dari pemakai dapat menggunakannya).

2. Perancangan fasilitas yang bisa disesuaikan

Prinsip ini digunakan untuk merancang suatu fasilitas agar fasilitas tersebut bisa digunakan dengan nyaman oleh semua yang mungkin memerlukannya .

3. Perancangan fasilitas berdasarkan harga rata-rata para pemakainya .

Prinsip ini hanya digunakan apabila perancangan berdasarkan harga ekstrim tidak mungkin dilaksanakan dan tidak layak jika kita menggunakan prinsip perancangan fasilitas yang bisa disesuaikan.

### **2.2.3 Aplikasi Distribusi Normal Dalam Penetapan Data Antropometri**

Secara statistik terlihat bahwa ukuran tubuh manusia pada suatu populasi tertentu berada disekitar harga rata-rata dan sebagian kecil harga ekstrim jatuh didua sisi distribusi. Perancangan berdasarkan konsep harga rata-rata hanya akan menyebabkan sebesar 50% dari popukasi pengguna rancangan akan dapat menggunakan rancangan dengan baik. Sedang sebesar 50% sisanya tidak dapat menggunakan rancangan tersebut dengan baik, oleh karena itu tidak dibenarkan untuk merancang berdasarkan konsep harga rata-rata ukuran manusia. Suatu hal yang tidak praktis apabila perancangan diperuntukkan bagi seluruh populasi, karena perancangan dengan konsep ini akan membutuhkan biaya yang besar. Untuk itu dilakukan perancangan yang berdasarkan harga tertentu dari ukuran tubuh populasi. Perancangan jenis ini memanfaatkan konsep persentil dalam perancangannya.

Pemakaian nilai-nilai persentil yang umum diaplikasikan dalam perhitungan data antropometri dapat dijelaskan dalam tabel di bawah ini :

**Tabel 2.1** Macam Persentil Dan Cara Perhitungan Dalam Distribusi Normal

Persentil	Perhitungan
Ke - 1	$\bar{X} - 2,327 \sigma_x$
Ke - 2,5	$\bar{X} - 1,96 \sigma_x$
Ke - 5	$\bar{X} - 1,645 \sigma_x$
Ke - 10	$\bar{X} - 1,282 \sigma_x$
Ke - 50	$\bar{X}$
Ke - 90	$\bar{X} + 1,282 \sigma_x$
Ke - 95	$\bar{X} + 1,645 \sigma_x$
Ke - 97,5	$\bar{X} + 1,96 \sigma_x$
Ke - 99	$\bar{X} + 2,327 \sigma_x$

Perhitungan persentil digunakan untuk menentukan data antropometri menurut persentil yang dikehendaki juga bisa dilakukan dengan langkah, yaitu mengurutkan data dari yang terkecil sampai yang terbesar dilanjutkan dengan menggunakan rumus di bawah ini :

$$SD = \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Di mana :

SD = standar deviasi

$x_i$  = data ke  $i$

$\bar{X}$  = rata-rata seluruh data

$n$  = jumlah data

$$P_i = \frac{P_i}{100} x \sum N \dots\dots\dots(2.2)$$

Di mana :

$P_i$  = Persentil ke  $i$

$N$  = Jumlah pengamatan

## 2.2.4 Kecukupan dan Keseragaman Data Antropometri

### A. Kecukupan Data

Banyaknya data yang harus dilakukan dalam pengambilan data dan dilakukan test kecukupan data dipengaruhi oleh dua faktor utama:

1. Tingkat ketelitian dari hasil pengukuran
2. Tingkat kepercayaan dari hasil pengukuran.

Untuk mendapatkan jumlah pengamatan yang harus dilaksanakan dapat dicari berdasarkan rumus :

$$N^p = \left[ \frac{k/s \sqrt{N(\sum x^2) - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$N^p$  = Jumlah data teoritis

$k$  = Tingkat keyakinan

$s$  = Derajat ketelitian

N = jumlah data pengamatan

x = Data

## B. Keseragaman data

Test keseragaman data adalah suatu test statistik untuk mengetahui apakah data berasal dari sistem yang seragam. Test ini dilakukan dengan menghitung batas kontrol atas dan batas kontrol bawah dengan rumus di bawah ini :

$$UCL = \bar{X} + k \cdot SD \dots\dots\dots(2.4)$$

$$LCL = \bar{X} - k \cdot SD \dots\dots\dots(2.5)$$

Di mana :

UCL = Upper Control Limit (batas kontrol atas)

LCL = Lower Control Limit (batas Control bawah)

$\bar{X}$  = Nilai Rata-rata

SD = standar deviasi

### 2.2.4 Kondisi Lingkungan Fisik Kerja

Kondisi lingkungan kerja yaitu semua keadaan yang terdapat disekitar tempat kerja seperti temperatur, kelembaban udara, sirkulasi udara, pencahayaan, kebisingan, getaran mekanis, bau-bauan, warna dan lain-lain, yang dalam hal ini akan berpengaruh secara signifikan terhadap hasil kerja manusia tersebut.

- **Tempertur**

Tubuh manusia bisa menyesuaikan diri karena kemampuannya melakukan proses konveksi, radiasi dan penguapan jika terjadi kekurangan atau kelebihan panas yang membebani. Menurut penyelidikan untuk berbagai

tingkat temperatur akan memberikan pengaruh yang berbeda-beda seperti berikut :

- $\pm 49^{\circ}\text{C}$  Temperatur yang dapat ditahan sekitar 1jam, tetapi jauh diatas tingkat kemampuan fisik dan mental.
- $\pm 30^{\circ}\text{C}$  Aktivitas mental dan daya tanggap mulai menurun cenderung untuk membuat kesalahan dalam pekerjaan timbul kelelahan fisik.

$\pm 24^{\circ}\text{C}$  Kondisi optimum.

$\pm 10^{\circ}\text{C}$  Kelakuan fisik yang extrem mulai muncul.

Sebuah lingkungan nyaman ideal adalah suatu keadaan dimana pekerja punya pengalaman tidak mengalami heat stress atau hermal strain.

Sebuah kondisi nyaman adalah berada di daerah netral, dimana tubuh tidak memerlukan aksi untuk menjaga agar kondisi panas tetap seimbang.

Temperatur lingkungan nyaman berada pada jangkauan  $25^{\circ}\text{C}$ - $27^{\circ}\text{C}$ . Skala kenyamanan adalah skala tujuh titik yang sasarannya berkaitan dengan lingkungan yang didefinisikan sebagai berikut :

- Sangat terlalu dingin  $17^{\circ}\text{C}$
- Terlalu dingin  $20^{\circ}\text{C}$
- Nyaman dingin  $23^{\circ}\text{C}$
- Nyaman  $26^{\circ}\text{C}$
- Nyaman panas  $29^{\circ}\text{C}$
- Terlalu panas  $30^{\circ}\text{C}$
- Sangat terlalu panas  $35^{\circ}\text{C}$

(Sumber :Simanjuntak,2003)

- **Kelembaban (Humidity)**

Yang dimaksud dengan kelembaban disini adalah banyaknya air yang terkandung dalam udara (dinyatakan dalam %).kelembaban ini sangat berhubungan atau dipengaruhi oleh temperatur udaranya. Suatu keadaan dimana udara sangat panas dan kelembaban tinggi akan menimbulkan pengurangan panas dari tubuh secara besar-besaran karena sistem penguapan. Pengaruh lainnya adalah semakin cepatnya denyut jantung karena makin aktifnya peredaran darah untuk memenuhi kebutuhan oksigen.

- **Sirkulasi Udara (ventilation)**

Udara disekitar kita dikatakan kotor apabila kadar oksigen dalam udara tersebut telah berkurang dan terus bercampur dengan gas-gas atau bau-bauan yang berbahaya bagi kesehatan tubuh. Sirkulasi udara dengan memberikan ventilasi yang cukup (lewat jendela) akan menggantikan udara yang kotor dengan yang bersih.

- **Pencahayaan**

Pencahayaan sangat mempengaruhi manusia untuk melihat obyek-obyek secara jelas, cepat tanpa menimbulkan kesalahan. Pencahayaan yang kurang mengakibatkan mata pekerja menjadi cepat lelah karena mata akan berusaha membuka lebar-lebar. Lelahnya mata ini akan mengakibatkan pula lelahnya mental dan lebih jauh lagi bisa menimbulkan rusaknya mata.

Kemampuan mata untuk melihat obyek dengan jelas akan ditentukan oleh ukuran obyek, derajat kontras antara obyek dengan sekelilingnya, luminasi (brightness) serta lamanya waktu untuk melihat obyek tersebut. Untuk menghindari silau (glare) karena letak dari sumber cahaya yang kurang tepat maka sebaiknya mata tidak langsung menerima cahaya dari sumbernya akan tetapi cahaya tersebut harus mengenai obyek yang akan dilihat yang kemudian dipantulkan oleh obyek tersebut oleh mata kita.

**Tabel 2.2** Tingkat Cahaya yang Direkomendasikan

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)
<b>Perkantoran :</b>	
a. Ruang direktur	350
b. Ruang kerja	350
c. Ruang komputer	350
d. Ruang rapat	300
e. Ruang gambar	750
f. Gudang arsip	150
g. Ruang arsip aktif	300
<b>Industri (umum) :</b>	
a. Gudang	100
b. Pekerjaan kasar	100-200
c. Pekerjaan menengah	200-250
d. Pekerjaan halus	500-1000
e. Pekerjaan amat halus	1000-2000



f. Pemeriksaan warna	750
----------------------	-----

Sumber : Purbawati, 2003

- **Kebisingan (Noise)**

Kebisingan yaitu bunyi-bunyian yang tidak dikehendaki oleh telinga kita. Tidak dikehendaki karena terutama dalam jangka panjang bunyi-bunyian tersebut dapat mengganggu ketenangan kerja, merusak pendengaran dan dapat menimbulkan kesalahan komunikasi. Ada tiga aspek yang menentukan kualitas bunyi yang bisa menentukan tingkat gangguan terhadap manusia yaitu :

- Lama waktu bunyi tersebut terdengar.
- Intensitas, biasanya diukur dengan satuan desibel (dB) yang menunjukkan besarnya arus energi per satuan luas.
- Frekuensi suara yang menunjukkan jumlah dari gelombang-gelombang suara yang sampai ditelinga kita setiap detik dinyatakan dalam jumlah getaran perdetik atau Herz (Hz).

**Tabel 2.3** Kondisi Suara dan Batas Tingkat kebisingan

Kondisi Suara	Desibel (dB)	Batas Dengar Tertinggi
Menulikan	120	Halilintar
	110	Meriam
	100	Mesin uap
Sangat Hiruk pikuk	90	Jalan Hirup pikuk
	80	Perusahaan sangat gaduh Pluit polisi

Kuat	70 60	Kantor gaduh Jalan pada umumnya Radio Perusahaan
Sedang	50 40	Rumah gaduh Kantor pada umumnya Percakapan kuat Radio perlahan
Tenang	30 20 10	Rumah tenang Kantor pribadi Auditorium Percakapan
Sangat Tenang	0	Suara daun-daun Berbisik-bisik Batas dengar terendah

Sumber : Wignjosoebroto, 1995

- **Getaran Mekanis**

Getaran mekanis dapat di artikan sebagai getaran-getaran yang ditimbulkan oleh alat-alat mekanis yang sebagian dari getaran ini sampai ke tubuh dan dapat menimbulkan akibat-akibat yang tidak diinginkan pada tubuh kita. Besarnya getaran ini ditentukan oleh intensitas, frekuensi dan lamanya getaran berlangsung. Sedangkan anggota tubuh manusia juga memiliki frekuensi alami dimana apabila frekuensi ini beresonansi dengan

frekuensi getaran akan menimbulkan gangguan-gangguan antara lain; mempengaruhi konsentrasi kerja, mempercepat denyut jantung, gangguan-gangguan pada anggota tubuh seperti mata, syaraf, otot-otot dan lain-lain.

- **Warna**

Yang dimaksud disini adalah tembok ruangan dan interior yang ada disekitar tempat kerja. Warna ini selain berpengaruh terhadap kemampuan mata melihat obyek, juga memberikan pengaruh yang lain pula terhadap manusia seperti :

- Warna merah bersifat merangsang.
- Warna kuning memberikan kesan luas, terang dan leluasa.
- Warna hijau atau biru memberikan kesan sejuk, aman dan menyegarkan.
- Warna gelap memberikan kesan sempit.
- Warna terang memberikan kesan leluasa dan lain-lain.

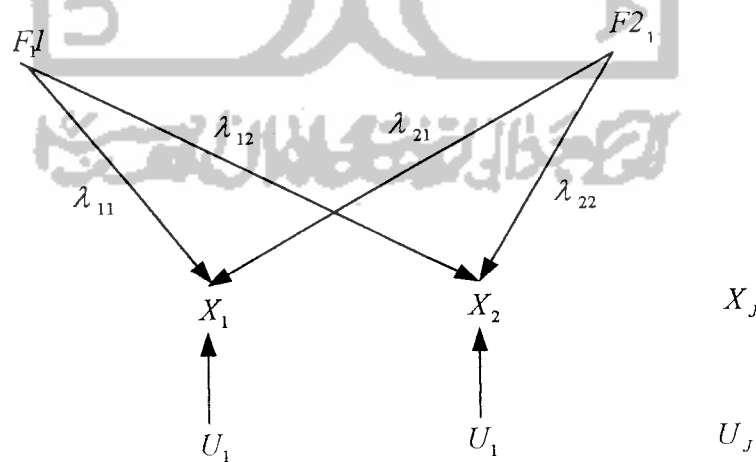
### 2.3 Analisis Faktor

Prinsip utama analisis faktor adalah pada keyakinan bahwa korelasi variabel-variabel yang diobservasi sebagian besar akan menghasilkan beberapa faktor yang mendasari keteraturan data. Lebih khusus lagi, hal ini dapat diasumsikan bahwa variabel-variabel yang diobservasi akan dipengaruhi bermacam-macam faktor penentu, dimana beberapa variabel yang mempunyai karakteristik hampir sama akan membentuk menjadi suatu faktor kesamaan. Bagian dari variabel yang dipengaruhi oleh faktor-faktor penentu kesamaan yang dimiliki bersama dengan variabel lain biasa disebut sebagai faktor kesamaan (Common Factor) dan bagian

lain variabel yang dipengaruhi oleh variabel khusus biasa disebut dengan faktor unik (Unique Factor) (Dillon dan Goldstein, 1984).

Pada analisis faktor ada asumsi bahwa keunikan dari variabel tidak memberikan kontribusi pada hubungan diantara variabel-variabel. Hal ini mengikuti pula asumsi bahwa korelasi-korelasi yang diobservasi harus menghasilkan variabel-variabel yang berkorelasi bersama-sama pada faktor kesamaan. Adanya suatu keyakinan bahwa diasumsikan penentuan kesamaan tidak hanya menjelaskan keseluruhan hubungan yang diobservasi pada data, tetapi kesamaan ini akan sedikit dari jumlah variabel-variabelnya.

Model dasar yang dapat menjelaskan secara sistematis antara variabel yang berkaitan dengan beberapa variabel lain adalah model linear. Jika kita mempunyai  $m$  variabel  $X_1, X_2, \dots, X_m$  yang masing-masing variabel saling berkorelasi, maka variabel-variabel tersebut mempunyai faktor kesamaan yang mendasari variabel  $F_1, F_2, \dots, F_p$  serta faktor uniknya yaitu  $U_1, U_2, \dots, U_m$ . Model korelasi variabel tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini :



**Gambar 2.3** Model analisis faktor (Dillon dan Goldstein, 1984)

Gambar tersebut diatas F1 menjadi faktor kesamaan yang memberi kontribusi kepada X1 dan X2 sebesar koefisien faktor-faktor kesamaan ( $\lambda_{jr}$ ) atau dengan kata lain, koefisien faktor menyatakan derajat hubungan antar variabel manifes dengan faktor-faktor laten. Koefisien faktor kesamaan disebut juga dengan bobot faktor (faktor loading). Sedangkan faktor unik ( $U_j$ ) terlihat tidak berkorelasi sehingga hanya menjadi penciri untuk masing-masing faktor laten. Pengertian ini dapat ditulis dalam model matematika sebagai berikut (Dillon dan Goldstein, 1984) :

$$\begin{aligned} X_1 &= \lambda_{11}F_1 + \lambda_{12}F_2 + \dots + \lambda_{1r}F_r + U_1 \\ X_2 &= \lambda_{21}F_1 + \lambda_{22}F_2 + \dots + \lambda_{2r}F_r + U_2 \\ X_j &= \lambda_{j1}F_1 + \lambda_{j2}F_2 + \dots + \lambda_{jr}F_r + U_j \dots \dots \dots (2-6) \end{aligned}$$

Sehingga akan diperoleh :

$$X_j = \Delta F_r + U_j \dots \dots \dots (2-7)$$

dimana :

$X_j$  = variabel ke-j

$\lambda_{jr}$  = koefisien faktor variabel ke-j pada faktor kesamaan ke-r

$F_r$  = faktor kesamaan ke-r

$\Delta$  = matrik j x r yang merupakan faktor loading

$$\Delta = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1r} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{j1} & \lambda_{j2} & \dots & \lambda_{jr} \end{bmatrix} \text{ dan cov (U,F) = 0}$$

$U_j$  = faktor unik variabel ke-j, yang diasumsikan tiap bagian dari variabel unik tidak mempunyai korelasi dengan tiap bagian dari faktor kesamaan, dapat digambarkan :

$$\Psi = \begin{bmatrix} \Psi_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \Psi_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \Psi_p \end{bmatrix}$$

Tiap variabel  $j$  digambarkan secara linear yang berkaitan dengan faktor kesamaan  $F_r$  (common factor) dan faktor unik  $U_j$  (unique factor). Faktor kesamaan menerangkan korelasi-korelasi diantara variabel dan tiap faktor unik menjelaskan sisa variansi termasuk kesalahan (error) dari variabel tersebut. Koefisien dari faktor-faktor kesamaan tersebut selanjutnya disebut bobot faktor (loading factor). Koefisien bobot faktor  $\lambda_{jr}$  dapat dikatakan sebagai besarnya kontribusi variabel  $X_j$  terhadap faktor kesamaan  $F_r$  dan menerangkan pengaruh variabel  $X_j$  terhadap faktor kesamaan  $F_r$ . Faktor kesamaan ini menerangkan pula sisi variansi yang menunjukkan tidak terwakilinya variansi total dari variabel yang diperhitungkan oleh faktor tersebut.

Persamaan 2-2 diatas dapat diasumsikan bahwa korelasi antara faktor kesamaan dan faktor unik mengikuti persamaan berikut (Dillon dan Goidstein, 1984) :

$$r(F_r, U_j) = 0 \dots \dots \dots (2-8)$$

dimana :  $r = 1, 2, 3, \dots, p$

$j = 1, 2, 3, \dots, m$

Persamaan 2-3 diatas membagi variabel  $X_i$  menjadi dua bagian yang tidak berkorelasi menjadi (Dillon dan Goldstein, 1984) :

$$X_i = c_i + U_i, \text{ dimana } c_i = \lambda_{i1}F_1 + \lambda_{i2}F_2 + \dots + \lambda_{ir}F_r \dots \dots \dots (2-9)$$

Karena antara faktor kesamaan dan faktor unik diasumsikan tidak ada hubungan, dan karena faktor kesamaan mempunyai nilai variansi, maka variansi total dari  $X_i$  adalah (Dillon dan Goldstein, 1984) :

$$\text{Var } X_i = \text{Var } (c_i) + \text{Var } (U_i) \dots\dots\dots(2-10)$$

Dimana  $\text{var } c_i$  dan  $\text{var } U_i$  mewakili faktor kesamaan dan faktor unik dari  $X$ .

Faktor kesamaan dalam analisis faktor sering disebut sebagai komunalita.

Komunalita dari variabel dihitung berdasarkan faktor kesamaan. Selanjutnya jika komunalita dilambangkan dengan  $hr^2$ , maka nilai variansi total dapat ditulis sebagai :

$$\text{Var } X_i = hr^2 + \text{Var}(\Psi_i), \text{ dimana } U_i = \Psi_i \dots\dots\dots(2-11)$$

Selanjutnya berdasarkan persamaan awal faktor, dapat digambarkan bahwa :

$$\text{Var}(c_i) = \sum_{r=1}^p \lambda_j r^2 = hr^2 \dots\dots\dots(2-12)$$

Nilai  $hr^2$  merupakan jumlah kuadrat dari baris ke-1 pada matrik  $\Delta$  (persamaan 2-5). Variansi unik dari variabel  $\Psi$  disebut uniqueness dari variabel dan menunjukkan tingkat penjelasan variansi yang tidak dapat dijelaskan oleh faktor kesamaan, atau dengan kata lain sebagai nilai sisa dari variansi yang tidak dapat dijelaskan oleh faktor kesamaan.

### 2.3.1 Eugenvalue dan Eugenvektor

Eugenvalue adalah besaran yang menyatakan besarnya variansi yang terdapat dalam faktor-faktor kesamaan atau dapat dikatakan sebagai nilai yang terwakilinya variansi variabel dalam faktor. Eugenvalue bersama eugenvektor seringkali dianggap sebagai topik relatif sulit dalam aljabarmatrik. Pengetahuan

mengenai detriminan sangat membantu memahami keduanya. Persamaan dasar eugenvalue ( $\lambda$ ) dapat ditulis sebagai berikut (Dillon dan Goldstein, 1984) :

$$[A][X] = \lambda[X] \dots \dots \dots (2-13)$$

Persamaan diatas menyatakan bahwa matriks korelasi [A] dikalikan dengan vektor [X] (tidak diketahui), adalah sama dengan konstanta  $\lambda$  dikalikan dengan vektor [X] tersebut. Hal ini sama seperti persoalan menentukan solusi persamaan berikut :

$$[A].[X] = [B]$$

Hanya dalam persoalan ini :

$$[B] = \lambda [X]$$

Sehingga persamaan diatas dapat dijabarkan lebih lanjut dalam persamaan sebagai berikut :

$$([A]-\lambda[I])[X] = 0 \dots \dots \dots (2-14)$$

dimana  $\lambda[I]$  merupakan  $\lambda$  dikalikan matrik identitas berorde sama dengan matrik [A]. Persamaan diatas dapat ditulis dalam matriks berordo [3 x 3] sebagai berikut (Dillon dan Goldstein, 1984) :

$$\begin{bmatrix} (A_{11} - \lambda)X_1 + A_{12}X_2 + A_{13}X_3 = 0 \\ A_{21}X_1 + (A_{22} - \lambda)X_2 + A_{23}X_3 = 0 \\ A_{31}X_1 + A_{32}X_2 + (A_{33} - \lambda)X_3 = 0 \end{bmatrix}$$

Dimana :  $\lambda$  = eugenvalue

[A] = matriks korelasi

$A_{ij}$  = variabel

Untuk mencari  $\lambda$  pada persamaan diatas maka hasil perhitungan harus sama dengan nol atau ekuivalen dengan detriminan [A] sama dengan nol.



$$[A] - \lambda[I] = 0 \dots\dots\dots(2-15)$$

Koefisien matriks [A] biasanya diketahui sehingga persamaan untuk mendapatkan eugenvalue dapat ditulis untuk detriminan matrik berordo [2x2] adalah sebagai berikut (Dillon dan Goldstein, 1984) :

$$\begin{bmatrix} A_{11} - \lambda & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} - \lambda \end{bmatrix}$$

$$(A_{11} - \lambda)(A_{22} - \lambda) - (A_{12})(A_{21}) = 0$$

$$(A_{11}A_{22}) - (A_{21}A_{12}) - (A_{11} - \lambda) - (A_{22} - \lambda) - \lambda^2 = 0$$

Persamaan tersebut adalah merupakan persamaan kuadrat sehingga akar-akarnya akan dapat diketahui.

### 2.3.2 Rotasi Faktor

Tujuan utama dari melakukan rotasi faktor adalah untuk mengekstraksikan faktor-faktor sehingga menghasilkan struktur faktor dalam bentuk yang sederhana guna memudahkan identifikasi dan interpretasi faktor-faktor tersebut. Beberapa kriteria yang harus dipenuhi matrik faktor adalah sebagai berikut :

- a. Setiap baris pada matrik faktor sedikitnya memiliki satu unsur (loading) dengan harga mendekati nol.
- b. Jika terdapat p faktor kesamaan ( loading ) maka pada setiap kolom dari matrik faktor minimal memiliki p unsur dengan harga mendekati nol.
- c. Setiap pasangan kolom matrik faktor memiliki beberapa variabel dengan harga loading mendekati nol pada salah satu kolomnya.
- d. Setiap pasangan kolom matrik faktor, sebagian besar variabelnya memiliki harga loading mendekati nol.

- e. Setiap pasangan kolom matrik faktor, hanya sebagian kecil variabelnya memiliki loading mendekati nol.

Struktur rotasi sederhana memiliki beberapa karakteristik, yaitu sebagai berikut :

- a. Beberapa variabel akan diletakkan pada suatu atau mendekati titik pangkal sumbu-sumbu faktornya.
- b. Sebagian variabelnya akan terletak pada atau mendekati titik pangkal sumbu-sumbu faktornya. Karakteristik ini sering ditemui dalam penggambaran analisis faktor dengan banyak variabel.
- c. Sebagian kecil variabel yang terletak diantara sumbu-sumbu faktornya.

Terdapat dua pendekatan dalam rotasi faktor. Pertama adalah rotasi orthogonal, dimana orientasi diantara faktor-faktor dijaga tetap saling tegak lurus setelah dilakukan rotasi. Pendekatan kedua adalah rotasi oblique, yaitu sumbu-sumbu faktor dapat dirotasi secara independen sehingga faktor-faktor tersebut tidak saling tegak lurus setelah dirotasi. Harga komunalitas yang dihasilkan setelah matrik faktor dirotasi akan sama dengan sebelum dilakukan dirotasi, demikian pula harga variansi tiap faktor dan variansi total akan tetap.

Ada tiga jenis metode pada rotasi orthogonal, yaitu varimax, quartimax dan equimax. Namun pembahasan berikut ini hanya menampilkan metode rotasi varimax (variasi maximum) karena metode tersebut akan memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan dengan kedua metode lainnya.

Metode rotasi orthogonal dilakukan dengan memutar secara utuh semua sumbu faktor sehingga sumbu-sumbu tersebut akan beririsan dengan vektor yang paling banyak menyebar dalam ruang dimensi  $p$ , dan sumbu faktor tersebut dapat

dirotasi searah maupun berlawanan arah dengan jarum jam. Berikut adalah contoh analisa faktor dengan lima variabel yang telah diekstraksi menjadi dua variabel.

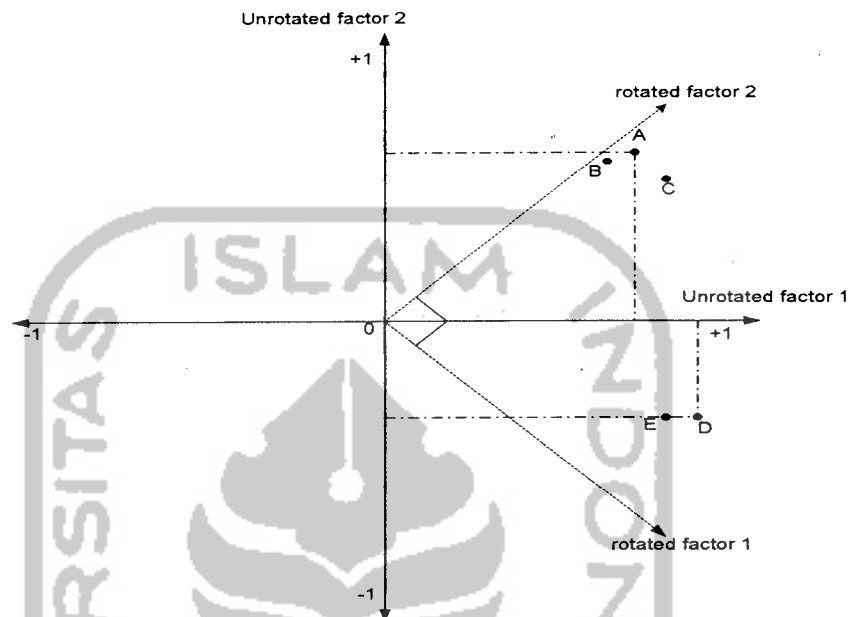
**Tabel 2.4** Contoh 1

Variabel	Faktor 1	Faktor 2
Var A	0.75	0.63
Var B	0.69	0.57
Var C	0.80	0.49
Var D	0.85	-0.42
Var E	0.76	-0.42

Tabel diatas menunjukkan besarnya loading untuk setiap pasangan variabel dan faktor. Gambar berikut ini merupakan representasi pelaksanaan rotasi orthogonal secara geometris dari rotasi ruang. Pada gambar terlihat bahwa ada dua variabel A, B, C dan kelompok kedua terdiri dari variabel D dan E. Namun pola yang ditunjukkan oleh variabel-variabel tersebut kurang jelas karena seperti yang diperlihatkan oleh tabel dan gambar, variabel-variabel A, B, C, D, dan E masing-masing terletak pada jarak yang relatif lebih jauh dari sumbu horizontal dibandingkan dengan jaraknya ke sumbu vertikal. Kondisi ini menyatakan bahwa kelima variabel tersebut memiliki loading yang sangat tinggi pada faktor pertama. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan rotasi faktor sehingga kedudukan sumbu faktor 1, dan 2 berubah menjadi seperti yang digambarkan dengan garis terputus-putus.

Jadi secara sederhana dapat dikatakan bahwa dalam contoh ini, yang dilakukan dalam proses rotasi faktor adalah menggeser-geser sumbu vertikal dan horizontal sehingga setiap variabel mendekati salah satu titik, titik ekstrim 1 atau

nol pada salah satu sumbu tetap dalam keadaan orthogonal (saling tegak lurus). Teknik pemutaran ini dinamakan varimax, karena ditemukan oleh Kaiser Varimax.



**Gambar 2.4** Rotasi Faktor

Dalam contoh diatas, banyaknya variabel yang terlibat ada lima buah. Hal ini berarti bahwa pada awalnya (sebelum dilakukan rotasi faktor), terdapat lima sumbu faktor. Apabila kelima sumbu faktor ini ingin tetap dipertahankan, berarti diperlukan usaha untuk menggeser-geser kelima sumbu tersebut sedemikian sehingga setiap variabel mendekati salah satu titik (ekstrim satu atau nol), untuk salah satu sumbu saja. Dalam melakukan pergeseran ini, harus diingat bahwa setelah diputar, kelima sumbu harus tetap saling tegak lurus. Padahal sesungguhnya, kelima sumbu faktor tersebut dapat diwakili oleh dua sumbu saja. Seperti telah disinggung sebelumnya, hal tersebut dapat dilakukan dengan pada tahap ekstraksi faktor.

Setelah ekstraksi faktor, dengan sendirinya sumbu faktor yang perlu digeser hanya dua buah. Secara logika dapat dikatakan bahwa pekerjaan memutar dua sumbu jauh lebih mudah dibandingkan dengan menggunakan lima sumbu sekaligus, dengan syarat kelima sumbu tersebut tetap saling tegak lurus. Setelah rotasi, terlihat jelas bahwa sekarang jarak variabel A, B dan C terhadap sumbu faktor 2 (rotated factor 2) kecil sekali dibandingkan dengan jaraknya terhadap sumbu faktor 1 (rotated factor 1). Istilah analisa faktor untuk keadaan ini adalah bahwa variabel A, B, dan C memiliki loading yang tinggi pada faktor 2. dan loading pada faktor 1 mendekati nol. Hal sebaliknya terjadi pada variabel D dan E. Tabel dibawah ini memperlihatkan loading sebelum dan sesudah diadakan rotasi :

**Tabel 2.5** Perbandingan Loading Faktor sebelum dan sesudah dilakukan rotasi

	Sebelum rotasi		Sesudah rotasi	
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 1	Faktor 2
Var A	0.75	0.63	0.14	0.96
Var B	0.69	0.57	0.14	0.90
Var C	0.80	0.49	0.18	0.92
Var D	0.85	-0.42	0.94	0.09
Var E	0.76	-0.42	0.92	0.07

Rotasi varimax mampu memutar sumbu-sumbu faktor pada suatu posisi yang mendekati ujung atau ke titik asalnya sehingga didapat hasil-hasil yang ekstrim. Rotasi varimax akan menempatkan faktor-faktor loading hingga satu dengan yang lainnya mendekati 1 dan 0. Perbedaan loading akan terlihat nyata

hingga mudah untuk melakukan interpretasi. prinsip utama rotasi varimax adalah memaksimumkan variansi loading pada faktor-faktor. Hal ini secara tidak langsung memaksimumkan range loading-loading sehingga memiliki perbedaan besar (ekstrim).

Metode rotasi varimax dikembangkan oleh Kaiser (1958) yang menekankan pada penyederhanaan kolom matrik faktor untuk mendapatkan perumusan struktur yang sederhana. Penyederhanaan faktor ke-r didefinisikan sebagai pemaksimuman variansi dari kuadrat loading faktor ke-r. Hal ini dapat ditulis dalam persamaan berikut :

$$S_r^2 = \left(\frac{1}{m}\right) \sum_{j=1}^m (b_{jr}^2)^2 - \left(\frac{1}{m}\right)^2 \left(\sum_{j=1}^m b_{jr}^2\right)^2 \dots\dots\dots(2.16)$$

dimana  $b_{jr}$  merupakan harga loading pada baris ke-j dan pada faktor kesamaan ke-r.

Variansi yang memiliki harga maksimum akan dapat memudahkan interpretasi faktor-faktor. Dalam pengertian ini, loading suatu faktor akan mempunyai harga nol atau satu, sehingga jika kriteria diatas diterapkan untuk seluruh faktor sebanyak p faktor untuk mendapatkan struktur sederhana dari matrik faktor maka kriterianya adalah memaksimumkan kuadrat dari kuadrat loading untuk keseluruhan faktor yang ada. Hal ini tersebut dapat ditulis dalam persamaan matematis sebagai berikut :

$$S^2 = \sum_{r=1}^p S_r^2 = \left(\frac{1}{m}\right) \sum_{r=1}^p \sum_{j=1}^m (b_{jr}^2)^2 - \left(\frac{1}{m}\right)^2 \left(\sum_{j=1}^m b_{jr}^2\right)^2 \dots\dots\dots(2.117)$$

Memaksimumkan persamaan diatas disebut sebagai kriteria varimax yang diusulkan oleh Kaiser.

Persamaan Kaiser tersebut kemudian dimodifikasi dengan memberi bobot pada variabel secara sama untuk dirotasi. Vektor diperluas untuk menggambarkan variabel pada unit panjang ruang faktor kesamaan, selanjutnya setelah dirotasi vektor dikembalikan pada unit panjang semula. Metode ini dikenal dengan kriteria varimax yang dinormalisasikan untuk tujuan memaksimumkan persamaan berikut:

$$V = m \sum_{r=1}^p \sum_{j=1}^m \left( \frac{b_{jr}}{h_j} \right)^4 - \sum_{r=1}^p \left( \sum_{j=1}^m \frac{b_{jr}}{h_j} \right)^2 \dots \dots \dots (2.18)$$

Rotasi faktor terkadang sulit dilakukan serta tidak memperbaiki hasil, dan mungkin dapat membingungkan. Hal ini akan mengindikasikan kemungkinan faktor-faktor oblique atau berkorelasi, atau adanya kemungkinan penerapan analisa faktor yang kurang tepat.

### 2.2.3 Faktor Skor

Untuk keperluan analisis lanjutan, misalkan analisis cluster maka harus dihitung skor faktor. Skor faktor menggambarkan lokasi atau tempat dari tiap-tiap pengamatan pada suatu area pada *common faktor area*. Berikut ini adalah persamaan skor faktor yang diturunkan dari matrik korelasi yaitu :

$$F = C_2' R^{-1} Z_j ; j = 1, 2, \dots, n \dots \dots \dots (2.19)$$

dimana :

F = matriks skor faktor ( diturunkan dari R )

$C_2$  = matriks bobot faktor ( diturunkan dari R )

$R^{-1}$  = invers dari matrik korelasi R

Z = Vektor skor baku pengamatan dari individu ke-j

N = ukuran contoh ( *sampel size* )

Hal terpenting dari skor faktor adalah skor faktor dapat memberikan proyeksi atau gambaran dari seluruh observasi dari *common factor*, dan masing-masing observasi ini terletak pada area skor faktor. Oleh karena itu, skor faktor dapat memberikan gambaran tambahan pada struktur data dengan menekankan pada pola dari variasi common faktor. Gambaran dari faktor skor akan sangat membantu untuk memahami perbedaan dari pola variasi common faktor pada data.

#### **Langkah-langkah Analisis Faktor**

Berikut ini adalah tahapan dari analisis faktor, yaitu :

- **Penyusunan Matrik data Mentah**, matrik data mentah ini berisi nilai data-data asli dari kuesioner, matrik ini berukuran  $m \times n$  dengan  $m$  adalah jumlah responden dan  $n$  adalah jumlah variabel. apabila data yang diperoleh dari hasil pengisian kuesioner berupa data ordinal, maka perlu ditransformasikan menjadi skala interval
- **Penyusunan Matriks Korelasi**, matriks korelasi ini disusun untuk mendapatkan nilai-nilai kedekatan hubungan antar variabel. Nilai kedekatan ini digunakan untuk melakukan beberapa pengujian untuk melihat kesesuaian nilai korelasi yang didapat. Penggunaan analisis faktor dilakukan pada variabel-variabel yang mempunyai korelasi tinggi. Harga mutlak dari korelasi harus lebih besar dari 0.3. Untuk mendapatkan



analisis faktor yang baik diperlukan nilai korelasi yang tinggi. Nilai korelasi yang tinggi dapat dilihat pada nilai determinan matriks yang mendekati nol. Persamaan matriks korelasi adalah sebagai berikut ;

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} + \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \dots\dots\dots (2.20)$$

Untuk menguji kesesuaian penggunaan analisis faktor digunakan pengukuran Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Pengukuran ini digunakan untuk membandingkan besarnya koefisien korelasi observasi dengan besarnya koefisien korelasi parsial. Persamaan KMO adalah sebagai berikut :

$$KMO = \frac{\sum \sum r_{ij}^2}{\sum \sum r_{ij}^2 + \sum \sum a_{ij}^2} \dots\dots\dots (2.21)$$

dimana :

$r_{ij}$  : koefisien korelasi sederhana antara peubah i dan peubah j

$a_{ij}$  : koefisien korelasi parsial antara peubah i dan peubah j

apabila jumlah kuadrat korelasi parsial antar pasangan peubah adalah kecil apabila dibandingkan dengan jumlah kuadrat korelasi sederhana, maka ukuran KMO mendekati satu. Nilai ukuran KMO yang kecil mengindikasikan bahwa penggunaan analisis faktor perlu dipertimbangkan.

Kaiser (1974) mencirikan ukuran KMO sebagai berikut : *marveolus* (0,9), *naritorius* (0,8), *midding* (0,7), *mediocre* (0,6), *miserable* (0,5), dan *unceptable* (dibawah 0,5).

➤ **Ekstraksi Faktor** . Tujuan dari ekstraksi faktor adalah menentukan faktor apa saja yang digunakan. Pada penelitian ini akan digunakan Metode *Principil Component Analysis* (analisis komponen utama). Ekstraksi faktor menggunakan eugenvalue yang menyatakan variabel manifes. Nilai ini menyatakan tingkat komunalitas variabel untuk mewakili variabel laten. Jumlah faktor ditentukan berdasarkan nilai persen variansi total yang diterangkan veriansi tersebut. variansi total tersebut merupakan jumlah variansi masing-masing yang disebut eugenvalue.

Pada tahap ini data direduksi hingga menghasilkan beberapa faktor independen atau faktor yang tidak berkorelasi antara faktor satu dengan faktor yang lainnya. Hasil ekstraksi akan menunjukkan faktor disusun menurut ukuran kepentingan masing-masing. Komponen pertama merupakan kombinasi yang melibatkan jumlah variabel sampel terbesar. Prinsip kedua melibatkan jumlah sampel yang lebih kecil, dan seterusnya sampai yang terkecil.

Dalam proses ekstraksi, faktor-faktor diarahkan menjadi faktor orthogonal yang menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$X_j = \lambda_{j1} F_1 + \dots + \lambda_{jp} F_p + U_j \dots \dots \dots (2.22)$$

dimana,  $j = 1, 2, \dots, m$

Suatu loading  $\lambda_{jr}$  menyatakan derajat hubungan antara variabel dengan faktor, dimana kuadrat dari loading ini menunjukkan proporsi variansi variabel yang diperhitungkan dari faktor. Komunalita dihitung dengan persamaan :

$$h_j = \sum_{j=12}^p \lambda_{jp}^2 \dots\dots\dots(2.23)$$

Komunalita menunjukkan total proporsi variansi dari variansi yang dihitung dari kombinasi pada seluruh faktor.

- **Pembobotan faktor.** Matrik faktor menunjukkan koefisien variabel yang sudah distandarkan untuk masing-masing faktor. Koefisien ini disebut juga dengan bobot faktor. Faktor dengan harga mutlak koefisien yang tinggi untuk suatu variabel menunjukkan kedekatan hubungan dengan variabel tersebut. Bobot faktor menunjukkan besarnya kontribusi variabel manifes terhadap variabel laten. Variabel manifes yang memiliki bobot faktor yang lebih besar mempunyai pengaruh yang lebih besar terhadap variabel laten. Berdasarkan bobot faktor inilah, variabel-variabel manifes dapat dikelompokkan ke dalam variabel laten tertentu. Untuk sampel yang kurang dari 100, bobot faktor terkecilnya ditetapkan sebesar 0,3 sedangkan untuk sampel yang berukuran lebih dari 100, bobot faktor terkecilnya sebesar 0,5 (Dillon and Goldstein). Fenomena yang tidak secara signifikan membentuk variabel laten akan dihapus.
- **Rotasi faktor.** Rotasi ini dilakukan untuk mendapatkan interpretasi yang lebih baik dari data yang telah diolah menggunakan analisis faktor. Rotasi dilakukan jika pada proses pembobotan faktor masih terdapat variabel manifes yang menyebar lebih dari satu variabel atau sebagian besar bobot faktor variabel manifes bernilai di bawah batas terkecil dari yang telah ditetapkan sehingga akan menyulitkan dalam interpretasi.

### 2.3.4 Kesahihan (Validitas) Butir

Kesahihan (validitas) adalah tingkat kemampuan suatu instrumen untuk mengungkapkan sesuatu yang menjadi sasaran pokok pengukuran yang dilakukan dengan instrumen tersebut (Sutrisno Hadi, 1995). Kesahihan suatu kuisisioner dinyatakan dengan tingkat kemampuan butir-butir pernyataan dalam kuisisioner tersebut untuk mengukur factor yang ingin diukur dari butir-butir pernyataannya.

Analisis kesahihan butir dilakukan bertujuan untuk menguji apakah tiap-tiap butir pernyataan telah mengungkapkan factor yang ingin diselidiki sesuai dengan kondisi populasinya.

Suatu butir dinyatakan sah bila korelasi butir dengan factor positif dan peluang ralat  $p$  dari korelasi tersebut maksimal 5%. Sedangkan langkah-langkah pokok dalam analisis kesahihan butir adalah :

Menghitung skor factor sebagai jumlah dari skor butir dalam factor.

Menghitung korelasi momen jangkar antara skor butir ( $x$ ) dengan skor factor ( $y$ ).

Rumus korelasi momen jangkar yang digunakan adalah :

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X) - (\sum Y)}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \dots\dots\dots(2.24)$$

dimana :

$r_{xy}$  = Korelasi momen jangkar

$N$  = Jumlah subyek (responden)

$\sum X$  = Jumlah  $X$  (skor butir)

$\sum X^2$  = Jumlah skor butir kuadrat

$\sum Y$  = Jumlah  $Y$  (skor faktor)

$\Sigma Y^2$  = Jumlah skor faktor kuadrat

$\Sigma XY$  = Jumlah perkalian X dan Y

Menghitung korelasi bagian total, yaitu mengoreksi korelasi momen jangkar  $r_{xy}$  menjadi korelasi bagian total  $r_{pq}$ . Korelasi ini diperlukan karena korelasi momen jangkar antara skor butir sebagai skor bagian dengan skor factor sebagai skor total dari semua skor butir akan menghasilkan korelasi yang terlalu tinggi. Hal ini disebabkan karena dalam variansi skor faktor sebagai skor total atau skor komposit selalu terdapat variansi skor butir sebagai skor bagian. Pada prinsipnya semua korelasi antara skor bagian dengan skor totalnya seperti antar skor butir dengan skor faktor yang sedang dikerjakan harus dikoreksi menjadi korelasi bagian total. Adapun rumus untuk mengoreksi momen jangkar menjadi korelasi bagian total adalah :

$$r_{pq} = \frac{(r_{xy})(S_{By}) - S_{Bx}}{\sqrt{\{S_{Bx}^2 + (S_{By})^2 - 2(r_{xy})(S_{Bx})(S_{By})\}}} \dots\dots\dots(2.25)$$

dimana :

$r_{pq}$  = Koefisien korelasi bagian total

$r_{xy}$  = Koefisien korelasi momen jangkar

$S_{Bx}$  = Simpang baku skor butir

$S_{By}$  = Simpang baku skor faktor

Simpang baku diperoleh dengan rumus :

$$SB = \sqrt{\{JK / (N - 1)\}} \dots\dots\dots(2-26)$$

dimana :

SB = Simpangan baku

JK= Jumlah kuadrat

N = Jumlah data

JK adalah jumlah kuadrat yang diperoleh dengan rumus :

$$JK = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N} \dots\dots\dots(2-27)$$

Menguji taraf signifikansi korelasi bagian total, yaitu menguji signifikansi r pq. Derajat bebas db yang digunakan untuk menguji r pq adalah N-2. Uji signifikansi yang dibutuhkan adalah uji signifikansi satu ekor. Dalam ilmu statistik diajarkan bahwa apabila hipotesis yang diuji (skor butir berkorelasi positif dengan skor faktor) adalah hipotesis alternatif berarah, uji signifikansi dapat menggunakan uji satu ekor.

menggugurkan butir-butir yang tidak sah, yaitu mennggurkan butir-butir yang tidak memenuhi dua kaidah uji. Dua kaidah uji tersebut adalah sebagai berikut : korelasi antara butir dengan faktor (r pq) adalah harus positif. Peluang ralat p dari korelasi tersebut maksimum 5%.

Apabila dari hasil uji terdapat butir yang gugur, maka harus melakukan putaran analisis selanjutnya. Semua langkah 1 (menghitung skor faktor) sampai dengan 4 (menguji taraf signifikan) harus dilakkukan lagi untuk butir yang tidak gugur. Jika dari putaran kedua masih terdapat butir yang gugur, maka harus melanjutkan putaran ketiga. Putaran-putaran analisis harus dilakukan terus sampai pada suatu putaran yang ternyata tidak lagi butir yang gugur. Jika analisis ini dilakukan dengan manual maka membutuhkan banyak waktu dan pikiran.

Contoh Perhitungan :

**Tabel 2.6 Data Faktor 1**

Kasus	Butir Nomor (x)										Total
	Nomor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	3	4	3	3	2	4	4	3	4	4	34
2	4	3	3	3	2	3	3	3	3	3	40
3	2	2	3	1	4	2	1	2	1	2	20
4	2	2	2	2	3	1	1	2	2	3	20
5	4	3	3	4	3	3	4	4	3	3	34
6	3	3	3	3	1	3	4	4	3	4	31
7	4	4	3	3	3	3	3	4	4	3	34
8	2	2	1	1	3	2	2	2	1	2	18
9	4	3	3	4	4	2	4	4	4	2	34
10	3	3	4	4	2	3	3	3	3	3	31

a. Menghitung Skor Faktor dari Skor Butir

Langkah 1 ini adalah menghitung skor faktor dari jumlah skor semua butir dalam faktor. Hasil pengerjaan kita itu telah dimasukkan dalam kolom total Tabel 2.4 diatas, dan diberi lambang

b. Menghitung Korelasi Momen Jangkar

Langkah 2 adalah menghitung korelasi momen tangkar antar skor butir (X) dengan skor faktor (Y). Rumus korelasi momen tangkaar yang kita gunakan adalah rumus angka kasar, yaitu :

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

**Tabel 2.7** Tabel kerja 1

Kasus	X	Y	XY
1	3	34	102
2	4	40	160
3	2	20	40
4	2	20	40
5	4	34	136
6	3	31	93
7	4	34	136
8	2	18	36
9	4	34	136
10	3	31	93

$$N = 10$$

$$\sum X = 31$$

$$\sum X^2 = 103$$

$$\sum Y = 286$$

$$\sum Y^2 = 8570$$

$$\sum XY = 932$$

$$SB_x = 0.876$$

$$SB_y = 6.586$$



Simpang baku diperoleh dengan rumus :

$$SB = \sqrt{\{JK / (N - 1)\}} \quad (2.21)$$

JK adalah jumlah kuadrat yang diperoleh dengan rumus :

$$JK = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N} \quad (2.22)$$

$$r_{xy} = \frac{10(932) - (31)(286)}{\sqrt{\{10(103) - (31)^2\} \{10(8570) - (286)^2\}}} = 0.875$$

c. Menghitung Korelasi Bagian Total

Langkah 3 adalah mengoreksi korelasi momen jangkar  $r_{xy}$  menjadi korelasi bagian total  $r_{pq}$ . Koreksi ini diperlukan karena korelasi momen jangkar antara skor butir sebagai skor bagian dengan skor faktor sebagai skor total dari semua skor butir akan menghasilkan korelasi yang terlalu tinggi. Hal ini disebabkan karena dalam variansi skor faktor sebagai skor total atau skor komposit selalu terdapat variansi skor butir sebagai skor bagian.

$$r_{pq} = \frac{(r_{xy})(SB_y) - SB_x}{\sqrt{\{SB_x^2\} + \{SB_y^2\} - 2(r_{xy})(SB_x)(SB_y)}}$$

$$r_{pq} = \frac{(0.875)(6.586) - 0.876}{\sqrt{\{56.586^2\} + \{0.876^2\} - 2(0.875)(6.586)(0.876)}} = 0.837$$

Dari hasil perhitungan manual diperoleh hasil sbb :

**Tabel 2.8** Rangkuman Anabut (Data Asli)

Butir No.	r xy	r pq
1	0.875	0.837
2	0.993	0.854
3	0.689	0.617

4	0.895	0.85
5	-0.306	-0.427
6	0.728	0.659
7	0.896	0.85
8	0.894	0.85
9	0.939	0.913
10	0.494	0.402

### 2.3.5 Keandalan (Reliabilitas) Butir

Keandalan (reliabilitas) suatu instrumen menunjukkan kemantapan, keajegan atau stabilitas hasil pengamatan bila dipergunakan/diukur dengan instrumen tersebut dalam waktu-waktu berikutnya dengan kondisi sesuatu yang diukur tidak berubah.

Teknik pengujian keandalan dapat dilakukan dengan teknik ukur ulang yang merupakan konsep yang paling tua. Teknik ukur ulang adalah teknik pengukuran yang dilakukan berulang-ulang.

Teknik ukur ulang memiliki banyak kelemahan dan memancing beberapa keberatan. Pertama, mungkin subyek penjawab atau responden masih ingat betul apa yang ia jawabkan pada pengukuran yang pertama, dan ia berusaha untuk memberikan jawaban sebagaimana jawaban yang terdahulu. Sumber kemungkinan ini disebut pengaruh ingatan (*recall effect*). Kedua, jika instrumen yang dipersoalkan adalah tes kemampuan, ada kemungkinan bahwa tes yang pertama merupakan latihan menjawab untuk tes yang kedua, sehingga hasil tes yang kedua akan memperbaiki hasil tes yang pertama. Sumber ini disebut pengaruh latihan (*practise effect*). Ketiga, dalam tenggang waktu pengukuran

pertama dengan pengukuran kedua mungkin hal yang diukur telah berubah. Pendapat misalnya, mungkin sekali telah berubah dalam jangka waktu satu minggu atau satu bulan. Perubahan ini bias terjadi secara alami atau kodrati (*maturity effect*), bias juga karena pengaruh lingkungan (*environmental effect*). Jika benar demikian adalah keliru memprsoalkan kemantapan jawaban tentang sesuatu yang ia sendiri telah berubah. Keempat, kalau dari pengukuran ulangan tidak dijumpai kemantapan yang cukup tinggi, hal itu mungkin bukan disebabkan karena instrumennya yang tidak baik, tetapi karena banyak subjek yang dengan alasan tertentu menjawab seenaknya pada pengukuran ulang itu. Jawaban seenaknya itu termasuk dalam apa yang disebut pengaruh rambang (*random effect*). Kelima, teknik ukur ulang selalu memerlukan biaya yang lebih besar, waktu yang lebih panjang dan kerja yang lebih banyak. Dari segi kepraktisan hal ini sering kurang disukai, sedang segi ini banyak kali merupakan hal yang sangat penting dalam suatu penelitian.

Oleh karena itu teknik uji keandalan yang sering digunakan adalah teknik sekali ukur. Teknik sekali ukur memiliki beberapa macam teknik, yaitu teknik genap ganjil, teknik belah tengah, teknik Kuder-Richardson, teknik Alpha Cronbach-KR, dan teknik Hoyt. Teknik Hoyt ini merupakan teknik terbaru dan penyempurnaan dari teknik-teknik terdahulu karena teknik ini memiliki keluwesan yaitu dapat menguji keandalan angket, tes. Teknik Hoyt menyelesaikan uji keandalan melalui variansi amatan ulangan dengan rumus sebagai berikut :

(Sutrisno Hadi, 1995)

$$rtt = \frac{RKSubyek - RKInteraksi}{RKInteraksi} \dots\dots\dots(2.28)$$

Langkah-langkah untuk menyelesaikan teknik Hoyt ini dapat dijabarkan dari format baku tabel rangkuman seperti pada tabel berikut :

**Tabel 2.9 Rangkuman Anava (Baku)**

Sumber	JK	db	RK
Antar Subyek (s)	JKs	dbs	RKs
Antar Butir (b)	JKb	dbb	-
Interaksi	Jki	dbi	Rki
Total (t)	JKt	dbt	-
$r_{tt} = 1 - RK_j / RK_s$			

Keterangan :

$$SK = \text{Suku Korelasi} = (\sum Y)^2 / M/N$$

M = Cacah butir

N = Cacah subyek

$$JKs = \text{Jumlah kuadrat subyek} = \sum Y^2 / M - SK$$

$$JKb = \text{Jumlah kuadrat butir} = \sum (\sum Xb)^2 / N - SK$$

$$Jki = \text{Jumlah kuadrat interaksi} = JKt - JKs - JKb$$

$$JKt = \text{Jumlah kuadrat total} = \sum Xt^2 - SK$$

$$dbs = \text{Derajat bebas subyek} = N-1$$

$$dbb = \text{Derajat bebas butir} = M-1$$

$$dbi = \text{Derajat bebas interaksi} = (dbs)(dbb)$$

$$dbt = \text{Derajat bebas Total} = (M)(N) - 1$$

$$RKs = \text{Rerata kuadrat subyek} = JKs/dbs$$

RKb = Rerata kuadrat butir

Rki = Rerata kuadrat interaksi = Jki – d<sub>bi</sub>

RKt = Rerata kuadrat total

Uji keandalan dapat dilakukan setelah hasil butir dinyatakan sah, apabila butir tidak sah berarti butir tidak dapat dilakukan uji keandalan. Suatu butir pasti andal jika butir tersebut sudah sah. (Sumber Sutrisno Hadi, Yogyakarta)

