

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 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). Istilah ini dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan perancangan/desain (Nurmianto, 1996).

Ergonomi merupakan ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyerasikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik (Tarwaka, Solichul, Lilik, 2004). Sedangkan Manuaba menjelaskan desain ergonomi merupakan aplikasi dari *human factor*, informasi untuk mendesain peralatan, mesin, sistem, tugas, pekerjaan dan lingkungan agar lebih produktif, aman, nyaman, dan memfungsikan manusia lebih efektif (Manuaba, 1998).

Maksud dan tujuan dari disiplin ergonomi adalah mendapatkan suatu pengetahuan yang utuh tentang permasalahan-permasalahan interaksi manusia dengan teknologi dan produk-produknya, sehingga dimungkinkan adanya suatu rancangan sistem manusia-mesin (teknologi) yang optimal. Dengan demikian

disiplin ergonomi melihat permasalahan sebagai suatu sistem dengan pemecahan melalui proses pendekatan sistem (Wignjosoebroto, 1995).

Ergonomi menjadi ilmu yang menghadirkan eksplorasi sistem bidang manusia-mesin-lingkungan, *human factors*, dan ergonomi dalam jangka panjang menghasilkan kenyamanan, keamanan, produktivitas, dan sistem yang mudah digunakan oleh pengguna (Wickens, Gordon, et.al, 1998). Ergonomi juga didefinisikan sebagai pengetahuan yang memperhatikan perancangan obyek untuk manusia (peralatan) sehingga seseorang mampu menimbulkan “functional effectiveness” dan kenikmatan-kenikmatan pemakaian dari peralatan, fasilitas maupun lingkungan kerja yang dirancang. Salah satu analisis dan penelitian ergonomi meliputi psikologi yang fisiologis mengenai berfungsinya otak dan sistem syaraf yang berperan dalam tingkah laku manusia (Wignjosoebroto, 1995). Aspek kenyamanan adalah kriteria subyektif yang menjadi hal yang penting untuk ditambahkan pada saat ini dan diaplikasikan ke dalam sistem untuk mendapatkan kondisi lebih baik dan mudah. Sebab kondisi ketidaknyamanan pada manusia dapat menyebabkan kesalahan dan ketidakefektifan (David J. Osborne, 1987).

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. Display terbagi menjadi display statis dan display dinamis. Display statis memberikan informasi tanpa dipengaruhi oleh variabel waktu. Sedangkan display dinamis adalah display yang dipengaruhi oleh variabel waktu, misalnya *speedometer*.

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 aktivitas tersebut. Penelitian ini merupakan bagian dari biomekanik.

3. Penelitian tentang ukuran/dimensi dari tempat kerja.

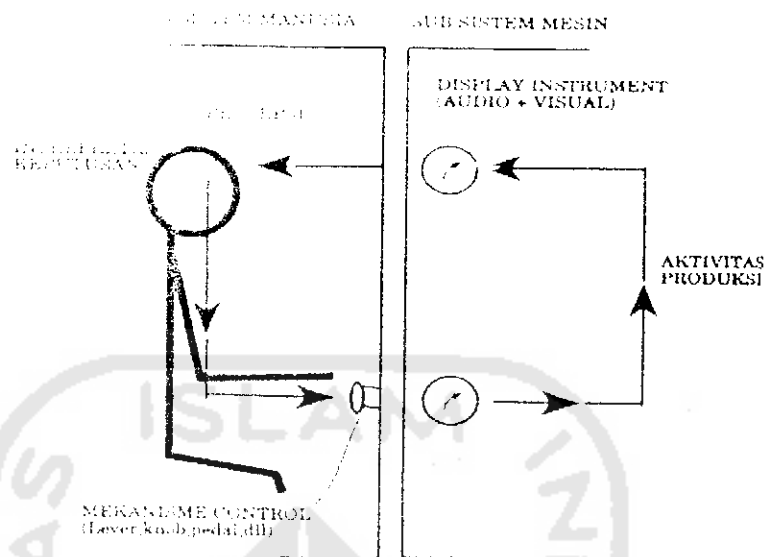
Penelitian ini diarahkan untuk mendapatkan ukuran tempat kerja yang sesuai dengan ukuran tubuh manusia, dipelajari dalam antropometri.

4. Penelitian tentang lingkungan fisik

Penelitian ini berkenaan dengan perancangan kondisi lingkungan fisik dari ruangan dan fasilitas-fasilitas dimana manusia bekerja. Hal ini meliputi perancangan cahaya, suara, warna, temperatur, kelembaban, bau-bauan dan getaran pada suatu fasilitas kerja.

2.2 Interaksi Manusia dan Mesin

“Mesin” bila diartikan secara luas berarti mencakup semua obyek fisik seperti mesin, peralatan, perlengkapan dan fasilitas, dan benda-benda yang biasa dipergunakan dalam melaksanakan kegiatannya (Wignjosoebroto, 1995).



Gambar 2.1 Interaksi Kerja dalam Sistem Manusia-Mesin

(Wignjosuebrotto, 1995)

Sistem adalah sebuah siklus tertutup (*closed system*) di mana manusia memegang posisi kunci karena keputusan terletak padanya. Jalur informasi dan hubungan secara langsung pada prinsipnya mengikuti (yang diperintahkan). Sebagai contoh, display perekam memberi informasi tentang rencana-rencana produksi. Operator menerima informasi ini secara visual, serta harus mengerti dan memahami dengan benar interpretasi terhadap display yang ada. Pada kekuatan interpretasi dan daya ingat operator membuat sebuah keputusan. Langkah selanjutnya adalah mengkomunikasikan keputusan ini kepada mesin dengan menggunakan kontrol. Instrumen kontrol selanjutnya memberikan gambaran (display) mengenai hasil dari tindakan yang telah dilakukan oleh operator dan selanjutnya sistem kerja mesin akan memberikan proses kegiatan sesuai dengan program yang diberikan oleh operator. Demikian seterusnya siklus ini akan berulang.

Dari ilustrasi di atas bahwa problematik ergonomi akan nampak dalam hal persepsi yang bisa diambil oleh manusia (operator) dari instrumen display (mesin) dan *handling operations* yang dilaksanakan operator pada saat menangani mekanisme kontrol mesin. Di sini penelitian ergonomi dapat dilakukan dalam bentuk persepsi visual, bentuk display untuk menampilkan informasi, dan rancangan dari mekanisme kontrol mesin itu sendiri. Dengan demikian perancangan "interface" dari sistem manusia-mesin perlu memperhatikan segala kelebihan, kekurangan, ataupun keterbatasan manusia pada saat mereka berinteraksi dalam hubungan kerja manusia dengan mesin (fasilitas produksi). *Interface* yang harus dirancang dengan pertimbangan ergonomis tersebut berupa displays seperti layar monitor, instrumen-instrumen penunjuk ukuran (Wignjosoebroto, 1995).

Dalam sistem manusia-mesin terdapat dua *interface* penting di mana ergonomilah yang memegang peranan penting di dalam hubungan tersebut. *Interface* pertama adalah display yang dapat menghubungkan kondisi mesin pada manusia, kemudian *interface* kedua adalah kontrol, yang mana manusia dapat menyesuaikan respon dengan *feedback* yang diperoleh dari display tadi. Jadi antara display dan kontrol harus terdapat interaksi yang saling menyesuaikan. Untuk mendesain *interface* tersebut, mula-mula kita harus memahami beberapa karakteristik penting dari panca indera manusia, yaitu penglihatan dan pendengaran, yang mempengaruhi pemahaman tentang display dan simbol-simbol (sinyal-sinyal) yang dapat didengar.

Dalam kaitannya dengan sistem manusia mesin maka dikenal tiga macam hubungan yaitu *manual man machine system*, *semi automatic machine system*, dan *automatic man machine system* (Wignjosoebroto, 1995).

1. Sistem Manusia-Mesin Hubungan Manual (*Manual Man Machine System*)

Dalam sistem ini input akan langsung ditransformasikan oleh manusia menjadi output. Di sini manusia masih memegang kendali secara penuh di dalam melaksanakan aktivitasnya.

2. Sistem Manusia-Mesin Semi Otomatik (*Semi-Automatic Man-Machine System*)

Tidak seperti halnya pada manual sistem, pada sistem ini akan ada mekanisme khusus yang akan mengolah input atau informasi dari luar sebelum masuk ke dalam sistem kerja manusia dan demikian pula reaksi yang berasal dari sistem manusia ini akan diolah atau dikontrol terlebih dahulu melewati suatu mekanisme tertentu sebelum suatu output berhasil diproses.

3. Sistem Manusia-Mesin Hubungan Otomatis (*Automatic Man-Machine System*)

Pada sistem yang berlangsung secara otomatis, maka di sini mesin akan melaksanakan fungsi dua sekaligus yaitu menerima rangsangan dari luar (*sensing*) dan pengendali aktivitas seperti umumnya yang dijumpai dalam prosedur kerja yang normal. Fungsi operator di sini hanyalah memonitor dan menjaga supaya mesin tetap bekerja dengan baik serta memasukkan data atau mengganti dengan program-program baru apabila diperlukan.

2.3 Display Visual

2.3.1 Penglihatan (*vision*)

Mata merupakan aksi dari organ reseptor, yang menangkap energi dari dunia luar dalam bentuk gelombang cahaya dan mengubah energi tersebut menjadi suatu hal yang sangat berarti untuk kehidupan organisme, seperti menjadikan impuls syaraf bioelektrik (E.Grandjean, 1988). Hal itu dilakukan hanya melalui integrasi impuls retinal oleh otak, sehingga kita mempunyai “persepsi visual”. Jika organ syaraf terganggu, mata dengan otak terputus, kita menjadi buta. Persepsi itu sendiri tidak memberikan image yang tepat dari hal-hal yang kita lihat. Kesan yang ditimbulkan merupakan subyektifitas dari apa yang kita rasakan.

Sebuah wana kelihatan lebih gelap ketika terlihat berlawanan dengan sebuah latar belakang yang terang. Variasi individu dalam menginterpretasikan data yang diamati tergantung paada situasi tertentu. Karena orang mempunyai perbedaan dalam pengalaman, sikap dan ide yang terbentuk sebelumnya.

2.3.2 Penyesuaian Mata dan Tugas

Akomodasi dimaksudkan sebagai kemampuan mata untuk memfokuskan diri kepada obyek pada jarak yang terdekat sampai tak terhingga. Apabila kita memandang jari telunjuk yang tegak di depan mata, kita akan melihatnya dengan jelas, sedangkan latar belakangnya, ia bisa menjadi jelas, tetapi telunjuknya menjadi kabur. Kita hanya dapat melihat obyek dengan jelas apabila setelah refraksi dari kornea dan lensa, citra itu menjadi miniatur pada retina.

Pemfokusan kepada melihat dekat atau jauh akan tercapai dengan merubah kelengkungan lensa. Derajat lengkungnya tergantung pada tingkat pengkerutan dari otot pengakomodasi, yaitu otot siliar. Apabila otot siliar mengendor, lengkungan lensa akan sedemikian rupa sehingga sinar sejajar yang masuk dari kejauhan memusat ke retina, sehingga obyek yang jauh itu jatuh di fokus. Jika obyek jauh bergerak ke arah pengamat, otot siliar mengencang dan lengkung lensa akan bertambah sehingga citra terfokus tepat pada retina. Jika mata diarahkan ke tak terhingga, melihat jauh, otot siliar akan mengendor.

Makin dekat obyeknya ketegangan otot pengakomodasi makin besar. Titik yang paling dekat yang dapat difokus disebut “titik dekat”, sedangkan titik terjauh yang dapat difokus disebut “titik jauh”. Titik dekat dapat dipakai untuk mengukur kapasitas akomodasi, yang berubah menurut syarat kecermatan pekerjaannya. Apabila pekerjaan cermat itu berlangsung lama, titik dekat akan bergerak menjauhi mata karena tenaga pengakomodasi menurun oleh kelelahan.

Umur berpengaruh besar terhadap akomodasi. Makin banyak umur, lensa makin kehilangan kekenyalannya, dan karena itu, kapasitasnya untuk melengkung juga berkurang. Akibatnya, titik dekat menjauhi mata, sedang titik jauh pada umumnya tetap saja (Suyatno, 1985).

2.3.3 Implikasi Warna pada Display

Warna dapat mempertinggi secara signifikan dalam pencarian dan identifikasi informasi pada display visual (John A. Volpe, 1993). Menggunakan warna lebih efektif dibandingkan dengan menggunakan bentuk atau ukuran dalam membantu

mencari informasi secara cepat. Harus diperhatikan apabila penggunaan warna dalam mencari informasi pada fasilitas yang lebih dari satu yang dilakukan pada saat yang bersamaan, adalah tersedianya sebuah basis yang baik untuk mengelompokkan atau mengorganisir informasi-informasi tersebut, sehingga membantu operator display dalam memisahkan berbagai macam tipe informasi yang diterima dan untuk mengurangi kesalahan.

Efek psikologis dari warna terdiri dari ilusi dan efek psikis, kedua-duanya ditentukan oleh proses bawah sadar. Tanggapan atas warna akan sesuai dengan pengalaman masa lampau dan juga dapat bergantung sebagian pada mutu yang diwarisi atau pengalihan psikologis. Penggabungan atas beberapa tanggapan akan mempengaruhi jalan pikiran dan emosi seseorang, dan dengan demikian akan mempengaruhi tingkah lakunya. Pengalaman artistik juga merupakan hasil dari efek psikologis dari warna.

Warna tunggal memiliki aksi psikologis yang dapat berbeda dengan intensitas bagi perorangan tetapi pada umumnya mempunyai efek yang sama. Yang paling penting adalah ilusi dan efeknya terhadap emosi. Setiap warna mempunyai efek psikologis yang berbeda-beda, antara warna gelap, warna cerah maupun warna kuat. Tabel di bawah ini memperlihatkan pengaruh dari beberapa warna (Suyatno, 1985) :

Tabel 2.1 Efek Psikologis dari Warna (Suyatno, 1985)

Warna	Efek Jarak	Efek Suhu	Efek psikis
Biru	Jauh	Sejuk	Menenangkan
Hijau	Jauh	Sangat sejuk sampai netral	Sangat menenangkan
Merah	Dekat	Panas	Sangat mengusik
Oranye	Sangat dekat	Sangat panas	Merangsang
Kuning	Dekat	Sangat panas	Merangsang
Cokelat	Sangat dekat	Netral	Merangsang
Lembayung	Sangat dekat	Sejuk	Agresif, melesukan

Untuk penentuan penggunaan jumlah warna dalam sebuah sistem display maksimum sembilan atau sepuluh (Jones, 1962). Sedangkan penelitian lain menunjukkan maksimum jumlah warna yang digunakan 11 warna (Morgan, *et.al*, 1963). Penggunaan warna juga kadang-kadang dapat menunjukkan perbedaan ukuran, sebagai contoh beberapa toko menggunakan kode pakaian berdasarkan warna dan nilai resistor listrik juga menggunakan kode warna (hitam = 0, putih = 9). Untuk rekomendasi 'kode warna yang ergonomis' untuk ukuran warna merah menunjukkan ukuran paling besar dan warna putih menunjukkan warna paling kecil. (Poulton, 1975). Berikut arti psikologis dan kegunaan sejumlah warna yang berbeda (Morgan, *et.al*, 1963).

Tabel 2.2 Arti Psikologis Warna (Morgan, *et.al*, 1963).

Warna	Arti	Kegunaan
Merah	Berbahaya	Kebakaran : alarm, pemadam
	Panas	kebakaran, pipa penyiram kebakaran
		Bahaya : simbol

		Berhenti : tanda pada mesin-mesin, tanda di jalan Darurat
Orange	Kemungkinan bahaya (tetapi tidak terlalu bahaya)	Berbahaya : pada bagian mesin dan penunjuk
Kuning	Perhatian	
Hijau	Nyaman	Peralatan untuk pertolongan pertama
Biru	Perhatian Dingin	
Ungu	Radiasi	

2.3.4 Kekontrasan Warna

Kontras warna diperlukan untuk membedakan obyek dengan latar belakangnya. Dalam menciptakan kontras warna harus mempertimbangkan pewarnaan dari bidang yang luas (dinding, mebel) dan bidang yang sempit (tombol pengendali, pengungkit, pegangan dan sebagainya). Untuk bidang yang luas, warna yang dipilih yang dapat menghasilkan daya pantul yang merata. Kontras visual yang baik dapat diperoleh tanpa perbedaan ccah yang berarti, dengan jalan menghindari kontras cerah yang terlalu besar dan tajam visual yang baik.

Kemampuan untuk melihat sebuah obyek dipengaruhi oleh kotras kecerahan (*luminance*) antara obyek dengan latar belakangnya, termasuk bayangan. Kontras biasanya didefinisikan sebagai perbedaan luminansi pada permukaan yang berdekatan, dibagi dengan luminansi yang terbesar (maksimum).

Kontras antara dua warna dapat ditentukan dengan rumus (dalam persen) (Kroemer, 1994) :

$$Kontras = \frac{I_{\max} - L_{\min}}{I_{\max}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Atau kontras dapat didefinisikan sebagai berikut (Grandjean, 1998) :

$$Kontras = \frac{(L_{\max} - L_{\min})}{(L_{\max} + L_{\min})} \dots\dots\dots(2.2)$$

Di mana L_{\max} adalah kecerahan maksimum dalam pola dan L_{\min} adalah kecerahan minimum dalam polanya. Dengan definisi ini, kontras dapat bervariasi antara 0 sampai 1. Yang terpenting dari kontras dalam mendefinisikan kecerahan (*brightness/lightness*) sebuah obyek atau area adalah penggambaran secara serentak kontras kecerahan.

2.3.5 Pelabelan dan Pemberian Tanda

Label dan tanda merupakan pesan singkat yang digunakan untuk mentransfer informasi baik pesan maupun peralatan yang digunakan oleh manusia. Komunikasi dapat didapatkan dengan perhatian yang tepat dengan proses komunikasi tertulis. Obyektifitas dari komunikasi seharusnya dipahami oleh penerima pesan sesuai dengan yang dimaksudkan oleh pengirim pesan. Pengiriman pesan harus didesain dengan memperhatikan interpretasi yang akan muncul, dan kemampuan mengingat kembali dari penerima serta kondisi lingkungan pada saat menerima pesan.

Berikut ada tiga faktor dalam desain label dan tanda untuk memudahkan komunikasi, yaitu dapat dimengerti (*comprehensibility*), kemungkinan pembacaan (*legibility*), dan dapat dibaca (*readability*) (Eastman Kodak Company, 1978).

Berikut beberapa petunjuk dalam setiap faktor :

1. Dapat dimengerti (*comprehensibility*)

Dapat dimengerti (*comprehensibility*) berarti bagaimana kemungkinan penerima pesan menginterpretasikan sebuah pesan. Hal ini tergantung dari pengetahuan dasar dan kemampuan bahasa dari penerima.

2. Kemungkinan pembacaan (*legibility*)

Kemungkinan pembacaan (*legibility*) cenderung mempengaruhi pembaca untuk membedakan atau mengenali huruf atau angka. Kecenderungan ini disebabkan oleh bentuk karakter, ukuran, kontras, warna, dan kualitas dari hasil tampilan. Beberapa petunjuk untuk meningkatkan Kemungkinan pembacaan (*legibility*) dapat ditingkatkan dengan cara antara lain :

- a. Gunakan huruf yang sederhana, hindari bentuk kurva atau bermotif.

When a printed label or message must be read quickly and easily, it is important to choose a plain and simple design of type font. There are some slightly more complex designs that can be easily read because they are familiar from wide use. USE OF ALL UPPER CASE LETTERS REDUCES LEGIBILITY. LESS FAMILIAR DESIGNS MAY RESULT IN ERRORS ESPECIALLY IF THEY ARE READ IN HASTE. FONTS DESIGNED PRIMARILY FOR AESTHETIC REASONS ARE VERY POOR CHOICES. OBSCURE EXTREMES LIKE OLD ENGLISH SHOULD NEVER BE USED. AVOID COMPLEX FONTS Keep It Simple.

Gambar 2.2 Contoh Huruf (T.W. Faulkner, 1968)

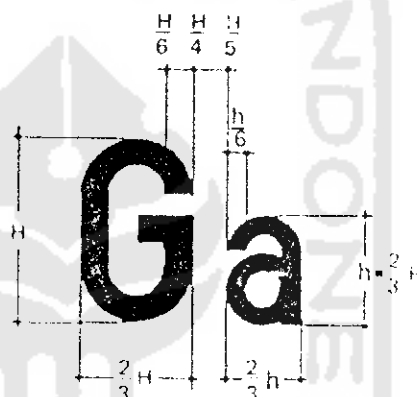
- b. Panduan ukuran proporsi berikut berlaku pada kebanyakan huruf atau angka yang digunakan (Suyatno, 1985) :

Lebar $= \frac{2}{3} H$

Tebal $= \frac{1}{6} H$

Jarak antar 2 huruf atau angka, minimal $= \frac{1}{5} H$

Jarak antar 2 kata $= \frac{2}{3} H$



Gambar 2.3 Proporsi Huruf yang Dianjurkan (Suyatno, 1985)

- c. Untuk situasi luminansi rata-rata 108 lux (lx), atau 10 *footcandles* (fc) ukuran tanda baca sesuai dengan tabel di bawah ini :

Tabel 2.3 Perbandingan Jarak Pandang dan Ukuran Tanda Baca (Peters dan Adams, 1959; Smith, 1797; Woodson dan Conover, 1964)

Jarak pandang	Tanda baca teliti	Tanda baca yang bisa dibaca
0.7 m (28 in.)	2-5 mm (0.1-0.2 in.)	1-4 mm (0.05-0.2 in.)
0.9 m (3 ft)	3-7 mm (0.1-0.3 in.)	2-5 mm (0.06-0.2 in.)

1.8 m (6 ft)	7-13 mm (0.3-0.5 in.)	3-10 mm (0.1-0.4 in.)
6.1 m (20 ft)	22-43 mm (0.9-1.7 in.)	11-33 mm (.4-1.3 in.)

- d. Hindari penggunaan huruf/angka yang berwarna. Jika tetap menggunakan warna berikut beberapa kombinasi penggunaan warna :

Tabel 2.4 Kombinasi Pembacaan Warna (Woodson dan Conover, 1964)

Legibilitas	Kombinasi Warna
Sangat bagus	Karakter hitam dalam background putih Hitam di atas kuning
Bagus	Kuning di atas hitam Putih di atas hitam Biru gelap di atas putih Hijau di atas putih
Sedang	Merah di atas putih Merah di atas kuning
Jelek	Hijau di atas merah Merah di atas hijau Orange di atas hitam Orange di atas putih
Sangat jelek	Hitam di atas biru Kuning di atas putih

- e. Gunakan material yang mendukung untuk penulisan tanda atau label agar awet.
 - f. Letakkan tanda di atas permukaan yang tidak silau, terkena pantulan, atau berbayang-bayang
 - g. Jika tulisan ditempatkan pada area permukaan yang melengkung (pipa atau drum) maka letakkan pada salah satu sudut yang dapat dibaca.
3. Dapat dibaca (*readability*) berarti tulisan atau angka diasumsikan dapat dibaca setiap individu. Hal ini ditentukan oleh ketinggian, spasi, *border*, dan *layout*.

2.3.6 Ukuran Simbol

Seperti pada tanda dan skala, ukuran huruf dan angka harus disesuaikan dengan jarak yang diperkirakan antara mata dan alat peraga informasi (E. Grandjean, 1998). Rumus perhitungan tinggi huruf atau angka dalam mm

$$= \frac{\text{jarak visual dalam mm}}{200} \dots\dots\dots (2.3)$$

Tabel 2.5 Contoh Tinggi Huruf yang Direkomendasikan

(E. Grandjean, 1998)

Jarak visual/jarak dari mata (mm)	Tinggi huruf kecil atau angka (mm)
Sampai 500	2.5
501-900	5.0
901-1800	9.0
1801-3600	18.0
3601-6000	30.0

2.3.7 Tombol Tekan (*Push Button*)

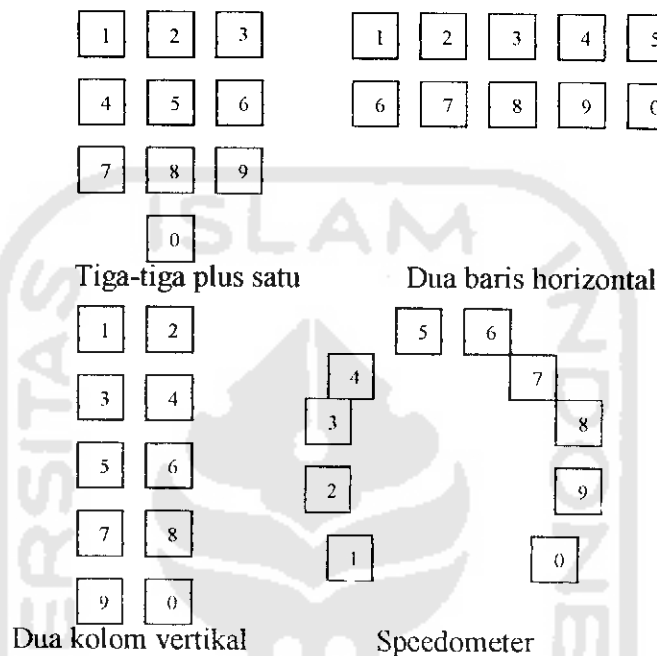
Tombol tekan berukuran kecil, di mana hanya membutuhkan sekali gerakan langsung. Ada tiga jenis *push button* yang biasa digunakan yaitu tipe kancing (*push-on, lock-on*), sementara (*push-on, release-off*), dan kegiatan berganti-ganti (*push-on, push-off*). Hal terpenting dalam penentuan tombol tekan (*push-button*) adalah ukuran, jarak, bentuk, usaha penggunaan, tindakan umpan balik, dan separasi antar tombol. Minimum diameter sebesar 13 mm dianjurkan untuk operasi kontrol oleh jari dan 19 mm untuk kegiatan menekan yang dioperasikan dengan ibu jari (misalnya untuk tombol darurat) (Deininger, 1960).

Maksimum usaha jari dalam menekan tombol untuk laki-laki dewasa dapat diukur sebagai berikut :

Tabel 2.6 Usaha Jari Dalam menekan Pada Laki-laki Dewasa (g)
(Haaland, *et.al*, 1963)

	Jari				
	Ibu Jari	Telunjuk	Jari Tengah	Jari Kelingking	Jari manis
Rata-rata	1055	684	627	513	342
Jarak	855-1226	485-884	485-741	342-627	171-542

Desain *keyboard* angka yang didesain memiliki susunan optimum yang berbeda. Berikut bentuk susunan *keypad* (Deininger, 1960) :

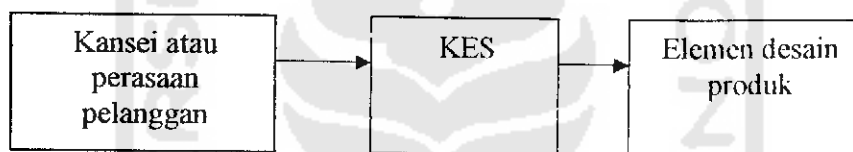


Gambar 2.4 Bentuk Tombol Numeris yang Efisien (Deininger, 1960)

Setiap bentuk di atas secara keseluruhan dapat diterima karena memiliki kriteria waktu tekan, tingkat kesalahan, dan 'suara'. Bentuk telepon 3 + 3 + 3 + 1 dengan 1, 2, dan 3 di baris atas dan diakhiri 0 di baris ke-3 menjadi susunan standar bentuk telepon. Juga menjadi hal yang biasa jika bentuk telepon 3 + 3 + 3 + 1 memiliki susunan angka 7, 8, 9; 4, 5, 6; 1, 2, 3; dan 0 (Deininger, 1960). Tidak ada perbedaan yang signifikan antara susunan angka *numeric keys* di atas, namun kesalahan susunan angka (1, 2, 3, 4, dst) lebih sedikit dibandingkan susunan kalkulator (7, 8, 9; 4, 5, 6; dst) dengan perbandingan tingkat kesalahan 6,4 % dan 8,2 %.

2.4 *Kansei Engineering System (KES)*

Nagamichi (1989) membangun *Kansei Engineering System* (KES) sebagai teknologi ergonomi bagi konsumen yang berorientasi terhadap pengembangan produk baru. Dalam bahasa Jepang, *Kansei* berarti perasaan psikologis dari konsumen dan citra terhadap sebuah produk baru. Jika seseorang ingin membeli sesuatu dan memiliki image “mewah, indah, dan kuat” teknologi *Kansei Engineering* mampu menterjemahkan keinginan tersebut ke dalam produk baru. KES yang diterjemahkan sebagai teknologi untuk menterjemahkan keinginan konsumen ke dalam elemen desain digambarkan sebagai :



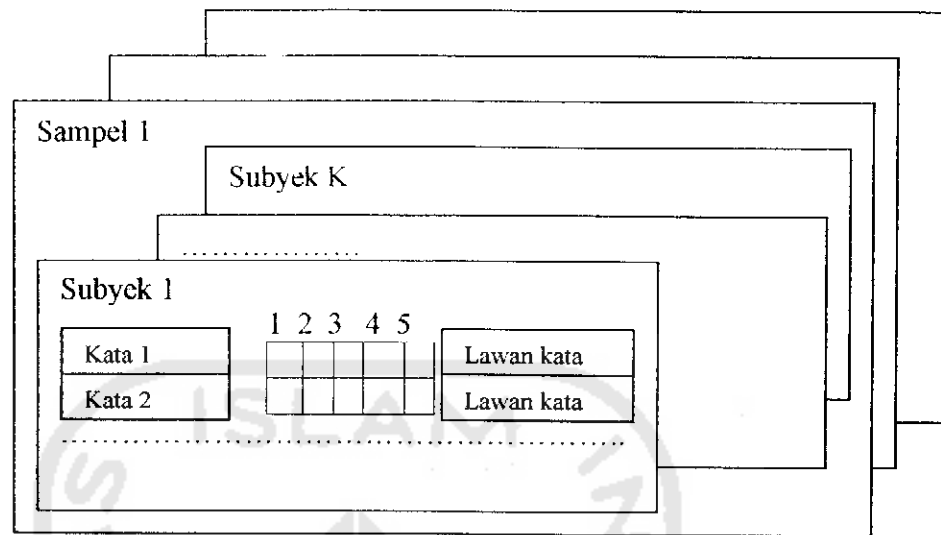
Gambar 2.5 Diagram Proses *Kansei Engineering System*

Kansei Engineering bertujuan menghasilkan produk baru berdasarkan pada selera dan permintaan pelanggan. Terdapat beberapa hal yang 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 sebuah teknologi ergonomi.
4. Bagaimana menyesuaikan desain produk terhadap perubahan masyarakat terkini atau trend preferensi masyarakat.

Berkaitan dengan hal pertama di atas langkah yang ditempuh adalah mengubah keinginan dan permintaan konsumen menjadi data numeris. Metode *Semantic Differential Scale* (SDS) yang diperkenalkan oleh Osgood merupakan prosedur untuk mendapatkan wilayah rata-rata dari sampel yang telah dipersiapkan dengan cara memetakan hubungan antara sampel dan kata-kata yang berkaitan. Skala numerik 5 tingkat angka atau 7 tingkat angka dapat dijadikan bahan pengukuran (Osgood dkk, 1957). Dalam *Kansei Engineering*, kita mengumpulkan Kansei atau kata-kata (yang mewakili) perasaan pelanggan dari percakapan dengan penjual di pasar dan dari majalah-majalah industri.

SDS digunakan untuk mendapatkan kaitan antara kata Kansei dan elemen desain. Kata Kansei, contoh desain produk, dan subyek disiapkan untuk mengevaluasi SDS. Misalnya, elemen desain telephone dapat dibagi menjadi frame, penerima (*receiver*) dan tombol. Setiap komponen didefinisikan menjadi item dan kelengkapan item seperti warna dan bentuk. Dengan kata lain produk dibagi menjadi beberapa item dan setiap item memiliki kategori. Subyek yang menjadi responden memberikan *check point* di antara skala numeris yang dapat mempresentasikan gambar yang ada di hadapan mereka dalam setiap kata Kansei dan setiap contoh dalam lembaran kuisioner (Nagamachi, *et.al*, 1999)



Gambar 2.6 Evaluasi SD untuk Kata Kansei

Selanjutnya kita melakukan pengamatan atau penelitian untuk mengetahui kaitan antara kata Kansei dan elemen desain berdasarkan hal yang kedua. Sedangkan berkaitan dengan point ketiga, kita menggunakan teknologi komputer seperti *Artificial Intelligence*, *Model Neural Network*, *Algoritma Genetik*, dan *Logika Fuzzy* yang dapat digunakan dalam KES untuk membangun *database* dan *inference system* komputer. Terakhir kita dapat menyesuaikan *database* berdasarkan trend kata Kansei dengan meletakkan kata Kansei baru setiap tiga atau empat tahun.

2.4.1 Prosedur Rekayasa Kansei

Dalam rekayasa Kansei terdapat tiga tipe dari prosedur Rekayasa Kansei tipe I, tipe II, dan tipe III. Berikut penjelasan dari masing-masing tipe :

1. Rekayasa Kansei Tipe I : Klasifikasi Kategori

Klasifikasi kategori adalah suatu metode di mana kategori Kansei dari produk diuraikan ke dalam pohon struktur untuk mendapatkan rancangan rinci.

Proyek memulai dengan mengklasifikasikan konsep level nol ke dalam sub konsep, yaitu level-1, level-2, ... , sampai level ke-n sub konsep, hingga mereka mencapai spesifikasi rancangan produk.

2. Rekayasa Kansei Tipe II : Sistem Komputer

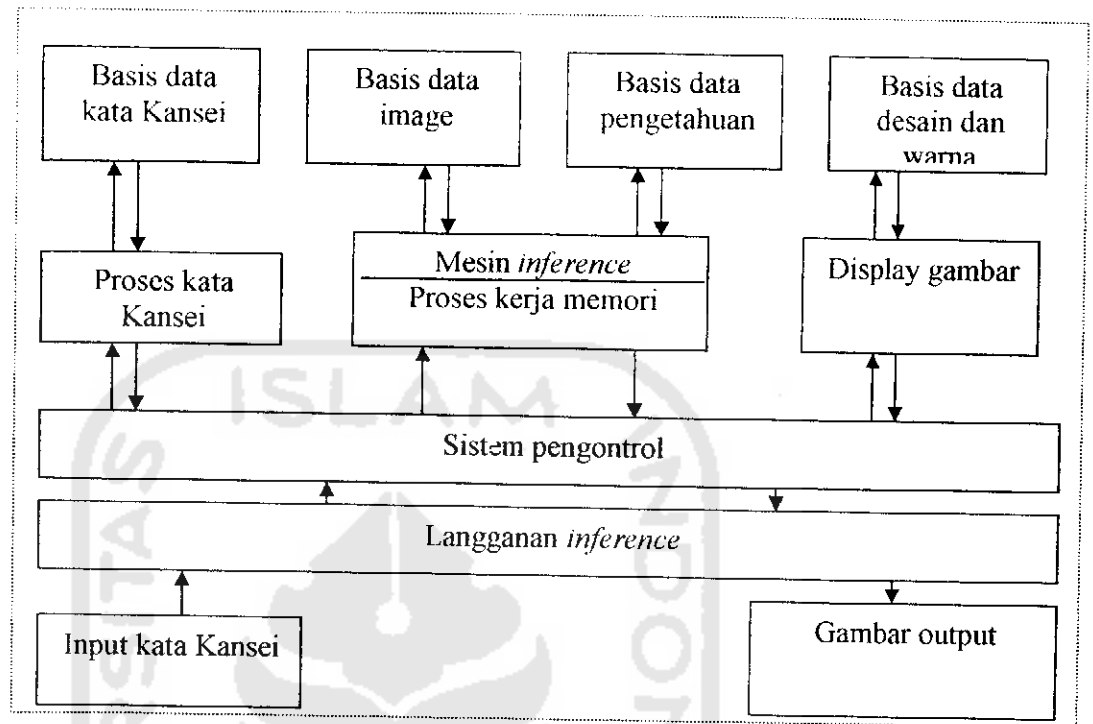
Rekayasa Kansei Tipe II merupakan Sistem Rekayasa Kansei berbantuan komputer dengan sistem pakar atau inferensi untuk mentransfer perasaan pelanggan dan citra ke dalam rancangan rinci. Dasar-dasar arsitektur Sistem Rekayasa Kansei terkomputerisasi memiliki empat buah basis data, yaitu :

a. Basis Data Kansei

Kata-kata kansei menjadi representasi perasaan pelanggan terhadap produk yang dikumpulkan dari pembicaraan dengan penjual di pasar atau dari majalah industri. Setelah membangun skala SDS dan mengevaluasi jumlah produk dalam skala SDS, data terevaluasi dianalisa dengan analisa faktor. Hasil dari analisis faktor menghasilkan ruang tujuan kata-kata Kansei, yang menjadi sumber basis data kata-kata Kansei yang dibangun ke dalam sistem.

b. Basis Data Citra (Image)

Hasil evaluasi dengan SDS dianalisis dengan teori kuantitatif Hayashi tipe I (Hayashi 1976) yang merupakan tipe dari analisa regresi darab untuk data kualitatif. Melalui analisa ini, kita dapat memperoleh daftar hubungan (kaitan) statistik antara kata-kata Kansei dan elemen-elemen desain. Sehingga kita dapat mengidentifikasi kata-kata Kansei yang memberikan kontribusi terhadap item-item rincian desain tertentu. Sebagai contoh, jika pelanggan menginginkan sesuatu yang “indah”, kata Kansei ini berkorespondensi terhadap beberapa rincian desain dalam sistem. Data ini membangun basis data citra (*image*) dan basis data aturan (*rule base*).



Gambar 2.7 Struktur *Kansei Engineering System*

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 Kuantifikasi, prinsip-prinsip kondisi warna, dan sebagainya.

d. Basis Data Desain dan Warna

Rincian desain di dalam sistem diimplementasikan ke dalam bentuk basis data desain dan basis data warna, secara terpisah. Semua rincian desain terdiri dari aspek-aspek desain yang berkorelasi dengan masing-masing kata Kansei. Kombinasi komponen desain dan warna dikeluarkan oleh sistem inferensi dan ditayangkan dalam bentuk grafis pada layar.

3. Rekayasa Kansei Tipe III : Pemodelan Rekayasa Kansei

Dalam Rekayasa Kansei tipe III, suatu model matematis dibangun berdasarkan basis peraturan yang rumit untuk mencapai keluaran ergonomis dari kata-kata Kansei. Dalam prosedur ini, model matematis diterapkan sebagaimana peranan logika ke basis aturan. Sebagai contoh Fukushima dan para koleganya di Sanyo menerapkan Rekayasa Kansei terhadap Printer Warna (Fukushima *et.al*, 1995). Mereka sukses dalam pengembangan printer warna cerdas yang memberikan perubahan dari warna orisinal menjadi lebih indah dan mengacu pada warna kulit muka (*face skin color*) dengan Logika Fuzzy Kansei.

2.4.2 Prosedur Kansei Engineering System

Pelanggan menginputkan kata-kata tentang citra berkaitan dengan produk yang dimasukkan ke dalam KES. Basis data KES memeriksa apakah dapat menerima kata-kata Kansei tersebut atau tidak. Jika dapat diterima kata-kata tersebut dikirimkan ke basis pengetahuan. Motor inferensi bekerja dengan mencocokkan basis peraturan dan data citra dan memutuskan aspek-aspek dari rincian desain. Selanjutnya KES menayangkan komponen dan warna yang sesuai pada layar.

2.4.3 Membangun KES

Pertama kali perekayasa KES harus memutuskan domain produk secara spesifik. Jika perusahaan ingin membuat model mobil baru dan komponen yang terkait dengan desain interior, maka perekayasa harus memutuskan apakah obyek risetnya mengenai desain *dashboard*, desain kemudi, atau obyek lainnya.

Perekayasa KES mengumpulkan kata-kata Kansei dan membangun skala SDS dari kata-kata tersebut. Dengan mengumpulkan sejumlah 20 sampai 30 desain kemudi, kolega yang terkait berusaha untuk mengestimasi kata-kata tersebut dengan skala SDS. Setelah data dianalisis dengan analisis faktor dan Teori Kuatifikasi tipe I, perekayasa KES membuat empat basis data, motor inferensi dan sistem kendali, berbasis pada prosedur sistem pakar.

2.4.4 Aspek-Aspek Penerapan KES

Terdapat 2 aspek penerapan KES yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. KES Pendukung Pelanggan

Misalnya seorang pelanggan ingin membeli pakaian atau rumah dan memiliki Kansei atau perasaan terkait dengan produk yang dikehendakinya. Dengan duduk di depan komputer KES mampu memahami keinginan pelanggan tersebut melalui motor inferensi dan menghasilkan keputusan akhir dari komputer sesuai dengan keinginan pelanggan untuk kriteria produk tersebut. KES pendukung pelanggan untuk memutuskan pilihan tentang produk, misalnya untuk busana wanita disebut FAIMS (*Fashion Image System*) dan untuk rumah disebut HULIS (*Human Living System*) (Nagamachi, 1991).

2. KES Pendukung Desainer

Penerapan KES lainnya membantu desainer dalam perancangan produk baru. Dengan memasukkan kata-kata yang mewakili citra desainer ke dalam KES dapat diketahui keluaran hasil perhitungan dalam Rekayasa Kansei pada layar. Jika grafik yang ditayangkan berbeda dari citra desainer, ini dapat diubah dalam hal desain bangun (*shape*) dan warna dengan cara prosedur pengubahan KES.

2.5 Skala Pengukuran

Pengukuran merupakan suatu proses suatu angka atau simbol dilekatkan pada karakteristik atau properti suatu stimuli sesuai dengan aturan atau prosedur yang telah ditetapkan (Subash Sharma, 1996). Misalkan orang dapat digambarkan dari karakteristik seperti umur, pendidikan, pendapatan, jenis kelamin atau preferensi terhadap merek suatu barang tertentu. Skala pengukuran yang sesuai dapat digunakan untuk menunjukkan karakteristik ini.

Menurut Steven (1946) skala pengukuran dapat dikelompokkan menjadi empat jenis, yaitu : skala nominal, ordinal (likert), interval dan rasio.

1. Skala Nominal

Skala nominal merupakan skala pengukuran yang menyatakan kategori, atau kelompok dari suatu subyek. Misalkan variabel jenis kelamin, responden dapat dikelompokkan ke dalam dua kategori, yaitu kode A untuk laki-laki dan B untuk perempuan. Angka ini hanya berfungsi sebagai label atau kategori tanpa nilai intrinsik dan tidak memiliki arti apa-apa. Skala pengukuran disebut skala nominal dan hasil perhitungan dinyatakan sebagai data nominal.

2. Skala Ordinal

Skala ordinal merupakan skala yang tidak hanya mengkategorikan variabel ke dalam kelompok, tetapi juga melakukan ranking terhadap kategori. Sebagai contoh, pengukuran preferensi responden terhadap empat merek produk A,B,C, dan D. Di sini responden diminta untuk memberikan ranking terhadap merek tersebut dengan memberi angka 1 untuk merek yang paling disukai, 2 untuk ranking kedua, dan seterusnya.

Meskipun perbedaan angka antara merek satu dengan lainnya sama, kita tidak dapat menentukan seberapa besar nilai preferensi dari satu merek terhadap merek lainnya. Kategori antar merek tidak menggambarkan perbedaan yang sama (*equal differences*) dari ukuran atribut. Pengukuran ini disebut pengukuran ordinal dan datanya disebut data ordinal. Skala ini sering dipakai dalam penyusunan kuisioner.

3. Skala Interval

Pada skala ini responden memberikan nilai (*rate*) terhadap preferensi merek sesuai dengan lima skala penilaian atau lima tingkat jawaban, seperti ada tabel 2.7 berikut :

Tabel 2.7 Skala Penilaian Preferensi

Nilai Skala	Preferensi
1	Preferensi sangat tinggi
2	Preferensi tinggi
3	Preferensi moderat
4	Preferensi rendah
5	Preferensi sangat rendah

Jika asumsi yang dibangun adalah urutan kategori menggambarkan tingkat preferensi yang sama, dapat dikatakan bahwa perbedaan preferensi konsumen untuk dua merek yang mendapat rating 1 dan 2 adalah sama dengan perbedaan preferensi untuk dua merek yang memiliki rating 4 dan 5. Namun demikian tidak dapat dikatakan bahwa preferensi responden terhadap merek yang mendapat nilai 5 nilainya lima kali preferensi untuk merek yang mendapat rating 1.

4. Skala Rasio

Skala rasio adalah skala interval dan memiliki nilai dasar (*based value*) yang tidak dapat dirubah. Misalkan umur responden memiliki nilai dasar nol. Skala rasio dapat ditransformasikan dengan cara mengalikan dengan konstanta, tetapi transformasi tidak dapat dilakukan dengan cara menambah konstanta karena hal ini akan merubah nilai dasarnya.

Skala Perbedaan Semantik (*Semantic Differential Scale*) yang dikembangkan oleh Osgood merupakan teknik untuk membandingkan arti dari kata-kata yang dimiliki oleh manusia (Ern Griffin, 1991). Seseorang mampu meletakkan keinginannya yang diklasifikasikan ke dalam obyek, keinginan, atau kepada orang lain jika kita memiliki pengukuran obyektif yang menunjukkan hal tersebut (Osgood, *et.al*, 1957). Kelompok responden melakukan pengukuran dengan menggunakan sejumlah titik skala dan memberikan deskripsi pada ujung skala dengan sifat kebalikannya. Untuk konsistensi pemberian nilai, dilakukan penyeragaman kutub penilaian. Untuk sisi sebelah kanan cenderung menunjukkan skala yang tidak disukai dari skala evaluatif (buruk, jelek, tidak berharga, dll). Sedangkan kutub sebelah kiri untuk kutub yang disukai (bagus, baik, berharga) (Osgood, 1957).

Untuk mengevaluasi pasangan kata dapat dipetakan ke dalam wilayah (James C. McCroskey) :

1	2	3	4	5	6	7
Sangat berkaitan	berkaitan	Sedikit berkaitan	netral	Sedikit berkaitan	Berkaitan	Sangat berkaitan

Tabel 2.8 Skala *Semantic Differensial*

Ada tiga kelompok bipolar dalam penerapan teknik ini. Kelompok tersebut adalah sebagai berikut (Osgood *et.al*, 1957) :

1. Kelompok faktor pengukur evaluasi, seperti baik-buruk, positif-negatif, benar-salah.
2. Kelompok faktor pengukur potensi, seperti kuat-lemah, berat-ringan, keras-lunak.
3. Kelompok faktor pengukur aktifitas, misalnya aktif-pasif.

2.6 Analisis *Cluster*

Analisis Cluster merupakan salah satu teknik statistik multivariat yang dapat digunakan dalam reduksi data. Tujuan utama dalam analisis *Cluster* untuk mengidentifikasi sekelompok obyek yang mempunyai kemiripan karakteristik tertentu yang dapat dipisahkan dengan kelompok obyek lainnya. Sehingga obyek yang berada pada kelompok yang sama relatif lebih homogen daripada obyek yang berada pada kelompok yang berbeda pada kelompok yang berbeda. Jumlah

kelompok yang dapat diidentifikasi tergantung pada banyak dan variasi data obyek.

Tujuan dari pengelompokan sekumpulan data obyek ke dalam beberapa kelompok yang mempunyai karakteristik tertentu dan dapat dibedakan satu sama lainnya adalah untuk analisis dan interpretasi lebih lanjut sesuai dengan tujuan penelitian yang dilakukan. Model yang diambil diasumsikan bahwa data yang dapat digunakan adalah data yang berupa interval, frekuensi, dan biner. Set data harus mempunyai peubah dengan tipe yang sejenis tidak campur antara tipe yang satu dengan lainnya.

Secara umum proses dimulai dengan pengambilan p pengukuran peubah pada n obyek pengamatan. Data tersebut dijadikan matriks data mentah berukuran $m \times p$. Matriks tersebut ditransformasikan ke dalam bentuk matriks kemiripan (*similarity*) berupa $n \times n$ yang dihitung berdasarkan pasangan-pasangan obyek p peubah. Konsep dasar pengukuran analisis *Cluster* adalah konsep pengukuran jarak (*distance*) dan kesamaan (*similarity*). *Distance* adalah ukuran tentang jarak pisah antar obyek sedangkan *similarity* adalah ukuran kedekatan. Konsep ini penting karena pengelompokan pada analisis *Cluster* didasarkan pada kedekatan. Pengukuran jarak (*distance type measure*) digunakan untuk data-data yang bersifat matriks, sedangkan pengukuran kesesuaian (*matching type measure*) digunakan untuk data-data yang bersifat kualitatif (William R Dillon dan Mathew Goldsten, 1984).

2.6.1 Teknik Pengukuran Jarak (*Similarity*)

Beberapa teknik pengukuran jarak antara lain (William R Dillon dan Mathew Goldsten, 1984) :

1. *Euclidean distance*

Merupakan ukuran jarak antara obyek i dan j.

$$d_{ij} = \left\{ \sum_{k=1}^p (X_{ik} - X_{jk})^2 \right\}^{1/2} \dots\dots\dots(2.4)$$

2. *Squared Euclidean Distance*

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^p (X_{ik} - X_{jk})^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

3. *Absolute* atau *City-block*

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^p |X_{ik} - X_{jk}| \dots\dots\dots(2.6)$$

4. *Minkowski*

$$d_{ij} = \left\{ \sum_{k=1}^p |X_{ik} - X_{jk}|^r \right\}^{1/r} \dots\dots\dots(2.7)$$

2.6.2 Macam-macam Teknik Cluster

Dua jenis teknik cluster yang populer adalah teknik hirarki dan teknik partisi (William R Dillon dan Mathew Goldsten, 1984) :

1. Teknik Hirarki(*Hierarchical Techniques*)

Teknik Hirarki (*hierarchical techniques*) adalah teknik *Cluster* yang membentuk konstruksi hirarki atau berdasarkan tingkatan tertentu. Hal yang

membedakan teknik hirarki dengan teknik lainnya adalah obyek yang dikelompokkan adalah pasti. Hasil pengelompokan ini dapat disajikan dalam bentuk dendogram. Metode-metode yang digunakan dalam teknik hirarki terdiri dari metode *agglomerative* dan *divisive*.

1.1 Metode *Agglomerative*

Metode ini dimulai dengan kenyataan bahwa setiap obyek membentuk kelompok masing-masing. Kemudian dua obyek dengan jarak terdekat bergabung. Selanjutnya obyek ketiga akan bergabung dengan kelompok yang ada atau bersama obyek lain dan membentuk kelompok baru. Hal ini tetap memperhitungkan jarak kedekatan antar obyek. Proses akan berlanjut hingga akhirnya terbentuk satu *cluster* yang terdiri dari keseluruhan obyek.

a. *Single Linkage (Nearest Neighbor Method)*

Metode ini menggunakan prinsip jarak minimum yang diawali dengan mencari dua obyek terdekat dan keduanya membentuk *cluster* yang pertama. Pada langkah selanjutnya terdapat dua kemungkinan, yaitu obyek ketiga akan bergabung dengan kelompok yang telah terbentuk atau dua obyek lainnya akan membentuk *cluster* baru. Proses ini akan berlanjut sampai akhirnya terbentuk *cluster* tunggal. Pada metode ini jarak antar *cluster* didefinisikan sebagai jarak terdekat antar anggotanya.

b. *Complete Linkage (Furthest Neighbor Method)*

Metode ini merupakan kebalikan dari pendekatan yang digunakan pada *single linkage*. Prinsip jarak yang digunakan adalah jarak terjauh antar obyek.

c. *Average Linkage*

Metode ini mengikuti prosedur yang sama dengan kedua metode sebelumnya. Prinsip ukuran jarak yang digunakan adalah jarak rata-rata antar tiap pasangan obyek yang mungkin.

d. *Metode Ward's Error Sum of Squares*

Ward (1963) mengajukan metode pembentukan *cluster* yang didasari oleh hilangnya informasi akibat penggabungan obyek menjadi *cluster*. Hal ini diukur dengan jumlah total dari deviasi kuadrat pada *mean cluster* untuk tiap observasi. *Error Sum of Squares* (ESS) digunakan sebagai fungsi obyektif. Dua obyek akan digabung apabila mempunyai fungsi obyektif terkecil di antara kemungkinan yang ada. ESS dapat dihitung dengan cara :

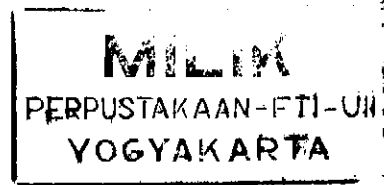
$$ESS = \sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 - \frac{1}{n_j} \left(\sum_{i=1}^{n_j} X_{ij} \right)^2 \right) \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan X_{ij} adalah nilai untuk obyek ke-i pada *cluster* ke-j.

Ward's Method dan *Average Method* dengan menggunakan korelasi *one-way interclass* menghasilkan hasil paling akurat (Edelbrock dan McLaughlin, 1980). Ward's teknik menghasilkan akurasi median (nilai tengah) yang paling tinggi (Blashfield, 1976).

1.2 Metode *Divisive*

Metode *divisive* berlawanan dengan metode *agglomerative*. Metode ini pertama-tama diawali dengan satu *cluster* besar yang mencakup semua observasi (obyek). Selanjutnya obyek yang mempunyai ketidakmiripan yang cukup besar akan dipisahkan sehingga membentuk *cluster* yang lebih



kecil. Pemisahan ini dilanjutkan sehingga mencapai sejumlah cluster yang diinginkan.

a. *Splinter-Average Distance Methods*

Metode ini didasarkan pada perhitungan jarak rata-rata masing-masing obyek dengan obyek pada grup splinter dan jarak rata-rata obyek tersebut dengan obyek lain pada grupnya. Proses tersebut dimulai dengan memisahkan obyek dengan jarak terjauh sehingga terbentuklah dua grup. Kemudian dibandingkan dengan jarak rata-rata masing-masing obyek dengan group splinter dengan grupnya sendiri (MacNaughton-Smith *et.al*, 1962).

Apabila suatu obyek mempunyai jarak yang lebih dekat ke grup splinter dari pada ke grupnya sendiri, maka obyek tersebut haruslah dikeluarkan dari grupnya dan dipisahkan ke grup splinternya. Apabila komposisinya sudah stabil, yaitu jarak suatu obyek ke grupnya selalu lebih kecil daripada jarak obyek itu ke grup splinternya, maka proses berhenti dan dilanjutkan dengan tahap pemisahan dalam grup.

2. Teknik Partisi (*Partitioning Techniques*)

Berbeda dengan teknik hirarkikal, akibat dari metode teknik partisi obyek yang dikelompokkan tidak pasti. Teknik partisi digunakan biasanya dengan asumsi jumlah pengelompokan final telah diketahui dan memiliki spesifikasi tertentu (Edelbrock dan McLaughlin, 1980).

a. *K-Means Cluster*

Prosedur analisis cluster K-means digunakan untuk mengelompokkan sejumlah kasus yang lebih dari 200 dengan lebih efisien, yang merupakan metode *cluster* yang paling populer digunakan (Tjiptono, 2001). Berbeda dengan metode hirarkikal, prosedur non hirarkikal (*K-means Clustering*)

dimulai dengan memilih sejumlah nilai *cluster* awal sesuai dengan jumlah yang diinginkan dan kemudian obyek digabungkan ke dalam *cluster-cluster* tersebut (Edelbrock dan McLaughlin, 1980).

b. *Methods Based on The Trace*

Jumlah dari algoritma partisi tergantung dari minimasi (maksimasi) dispersi *within groups* (*between groups*). Semua teknik partisi berusaha untuk meminimasi atau memaksimalkan beberapa kriteria (Edelbrock dan McLaughlin, 1980).

2.7 Fuzzy

Logika *fuzzy* dikatakan sebagai logika baru yang lama, sebab ilmu tentang logika *fuzzy* modern dan metodis baru ditemukan beberapa tahun yang lalu, padahal sebenarnya konsep tentang logika *fuzzy* itu sendiri sudah ada pada diri kita sejak lama. Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output (Sri Kusumadewi, 2003). Lotfi Zadeh menggambarkan logika *fuzzy* melengkapi metode pengurangan sama bagusnya dengan keterangan sistem yang kompleks (Earl Cox, 1994).

Ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika *fuzzy*, di antaranya :

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.

4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu :

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti : MUDA, PAROBAYA, TUA
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti : 40,25,50,dsb.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, antara lain :

- a. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh : umur, temperatur, permintaan, dsb.

- b. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

- c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan

himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Ada kalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

2.7.1 Fuzzy Quantification

Secara umum metode kuantifikasi menggunakan data-data kasar seperti hasil evaluasi dan pendapat orang yang mana kuantitas dan pemahanan tentang data-data tersebut tidak secara normal diekspresikan secara numeris. Biasanya, suatu pendapat atau evaluasi terhadap suatu aktivitas akan direpresentasikan dalam bentuk kualitatif secara linguistik, seperti: baik, cukup, buruk, puas, dll. Padahal sebenarnya, untuk membandingkan pendapat atau evaluasi akan lebih mudah apabila ekspresi yang berbentuk kualitatif tersebut diganti dengan bentuk numeris.

Untuk keperluan tersebut, maka dibutuhkan metode kuantifikasi. *Fuzzy quantification theory* adalah metode untuk mengendalikan data-data kualitatif dengan menggunakan teori himpunan *fuzzy*. Pengendalian di sini lebih dimaksudkan untuk menjelaskan kejadian-kejadian *fuzzy* menggunakan nilai dalam rentang $[0, 1]$ yang mengekspresikan pendapat-pendapat secara kualitatif.

Apabila terdapat sampel data x_k ($k=1,2,\dots,n$), dengan derajat keanggotaan pada *fuzzy group* B adalah $\mu_B[x_k]$, dan terdapat S *fuzzy group*, maka dapat dicari total mean m dan mean m_{B_i} ($i=1,2,\dots,S$) sebagai berikut:

$$m = \frac{1}{N} \left\{ \sum_{i=1}^S \sum_{k=1}^n x_k \mu_{B_i}[x] \right\} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$m_{B_i} = \frac{1}{N(B_i)} \left\{ \sum_{k=1}^n x_k \mu_{B_i}[x] \right\} \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan

$$N(B) = \sum_{k=1}^n \mu_B[x_k] \dots\dots\dots (2.11)$$

$$N = \sum_{i=1}^S N(B_i) \dots\dots\dots (2.12)$$

Total variansi T, variansi antar *fuzzy group* B, dan variansi dalam suatu *fuzzy group* E dapat ditentukan sebagai berikut:

$$T = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^S (x_k - m)^2 \mu_{B_i}[x_k] \dots\dots\dots (2.13)$$

$$B = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^S (m_{B_i} - m)^2 \mu_{B_i}[x_k] \dots\dots\dots (2.14)$$

$$E = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^S (x_k - m_{B_i})^2 \mu_{B_i}[x_k] \dots\dots\dots (2.15)$$

dalam hal ini, $T = B + E$.

2.7.2 Fuzzy Quantification Theory I

Tujuan dari *Fuzzy Quantification Theory I* (analisis regresi kualitatif) adalah menentukan hubungan antara variabel kualitatif yang diberikan dengan nilai antara 0 sampai 1, dan variabel-variabel numeris dalam *fuzzy group* yang diberikan dalam sampel.

Tabel 2.9 Karakteristik *Fuzzy Quantification Theory I*

No. (k)	External Data (y)	Kategori $A_1 \dots A_i \dots A_P$	Fuzzy Group (B)
1	Y_1	$\mu_1(1) \dots \mu_i(1) \dots \mu_P(1)$	$\mu_B(1)$
2	y_2	$\mu_1(2) \dots \mu_i(2) \dots \mu_P(2)$	$\mu_B(2)$
3	y_3	$\mu_1(3) \dots \mu_i(3) \dots \mu_P(3)$	$\mu_B(2)$
k	y_k	$\mu_1(k) \dots \mu_i(k) \dots \mu_P(k)$	$\mu_B(k)$
n	y_n	$\mu_1(n) \dots \mu_i(n) \dots \mu_P(n)$	$\mu_B(n)$

Pada Tabel 2.9 menunjukkan karakteristik *Fuzzy Quantification Theory I*. Pada tabel tersebut terdapat n buah sampel. *External Standard* (y) menunjukkan fungsi tujuan. y_k adalah fungsi tujuan dari sampel ke-k. $\mu_i(k)$ adalah derajat suatu tanggapan terhadap kategori kualitatif ke-i ($i=1,2, \dots, P$) pada sampel ke-k yang diberi nilai $[0, 1]$.

Fuzzy Quantification Theory I sama halnya menentukan suatu fungsi linear dari beberapa kategori:

$$y(k) = \sum_{i=1}^P a_i \mu_i(k) \dots \dots \dots (2.16)$$

2.7.3 Fuzzy Quantification Theory II

Tujuan dari *Fuzzy Quantification Theory II* adalah untuk mengekspresikan beberapa *fuzzy group* dalam variabel deskriptif kualitatif yang sering juga dikenal dengan nilai keanggotaan dan direpresentasikan dengan nilai dalam kawasan $[0, 1]$. Pada *Fuzzy Quantification II*, *external standard* direpresentasikan sebagai *fuzzy group* B_1, B_2, \dots, B_M . Tujuan dari *Fuzzy Quantification Theory II* diekspresikan dengan menggunakan persamaan linear dari bobot kategori a_i untuk kategori A_i , sebagai:

$$y(j) = \sum_{i=1}^k a_i \mu_i(k) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \dots\dots\dots(2.17)$$

Dengan kata lain, kita harus menentukan nilai a_i yang memberikan pemisahan yang paling baik untuk setiap *external standard fuzzy groups*. Derajat pemisahan untuk grup-grup *fuzzy* ini didefinisikan dengan menggunakan *variance ratio* η^2 , yaitu rasio dari variasi total T dan variasi antar *fuzzy groups* B , sebagai:

$$\eta^2 = \frac{B}{T} \quad \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan demikian kita harus menentukan a_i untuk persamaan yang memaksimumkan *fuzzy variance ratio* η^2 . *Fuzzy mean* y_{Br} dalam *fuzzy group* B_r untuk nilai pada persamaan linear $y(j)$ dan total *fuzzy mean* y dapat dicari dengan:

$$\hat{y}_{Br} = \frac{1}{N(B_r)} \left\{ \sum_{j=1}^n y(j) \mu_{Br}(j) \right\}; \quad r = 1, 2, \dots, M \quad \dots\dots\dots(2.19)$$

$$y = \frac{1}{N} \left\{ \sum_{r=1}^M y_{Br} N(B_r) \right\}; \quad \dots\dots\dots(2.20)$$

fuzzy mean μ_i^r dalam setiap *fuzzy group* B_r untuk nilai keanggotaan dari kategori A_i dan total *fuzzy mean* $\bar{\mu}_i$ dapat dicari dengan:

$$\mu_i^r = \frac{1}{N(B_r)} \left\{ \sum_{j=1}^n \mu_i(j) \mu_{B_r}(j) \right\}; \quad i = 1, 2, \dots, K; \quad r = 1, 2, \dots, M \quad (2.21)$$

$$\bar{\mu}_i = \frac{1}{N} \left\{ \sum_{r=1}^M \mu_i^r N(B_r) \right\}; \quad i = 1, 2, \dots, K \quad (2.22)$$

Dari sini dapat dibentuk matriks A , \bar{A}_G , dan \bar{A} dengan elemen-elemen $\mu_i(j)$, μ_i^r , dan $\bar{\mu}_i$ yang berukuran $M_n \times K$, sebagai:

$$A = \begin{bmatrix} \mu_1(1) & L & \mu_1(l) & L & \mu_k(1) \\ M & & M & & M \\ \mu_1(j) & L & \mu_1(j) & L & \mu_k(j) \\ M & & M & & M \\ \mu_1(n) & L & \mu_1(n) & L & \mu_k(n) \\ \mu_1(1) & L & \mu_1(1) & L & \mu_k(1) \\ M & & M & & M \\ \mu_1(n) & L & \mu_1(n) & L & \mu_k(n) \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

$$\bar{A}_G = \begin{bmatrix} \mu_1^1 & L & \mu_1^1 & L & \mu_k^1 \\ M & & M & & M \\ \mu_1^2 & L & \mu_1^2 & L & \mu_k^2 \\ \mu_1^1 & L & \mu_1^1 & L & \mu_k^1 \\ M & & M & & M \\ \mu_1^2 & L & \mu_1^2 & L & \mu_k^2 \\ \mu_1^1 & L & \mu_1^1 & L & \mu_k^1 \\ M & & M & & M \\ \mu_1^2 & L & \mu_1^2 & L & \mu_k^2 \\ \mu_1^1 & L & \mu_1^1 & L & \mu_k^1 \\ M & & M & & M \\ \mu_1^2 & L & \mu_1^2 & L & \mu_k^2 \\ \mu_1^1 & L & \mu_1^1 & L & \mu_k^1 \\ M & & M & & M \\ \mu_1^2 & L & \mu_1^2 & L & \mu_k^2 \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

$$A = \begin{bmatrix} \mu_1 & L & \mu_i & L & \mu_K \\ M & & M & & M \\ \mu_1 & L & \mu_i & L & \mu_K \\ M & & M & & M \\ \mu_1 & L & \mu_i & L & \mu_K \\ \mu_1 & L & \mu_i & L & \mu_K \\ M & & M & & M \\ \mu_1 & L & \mu_i & L & \mu_K \end{bmatrix} \dots (2.25)$$

Vektor baris a dengan dimensi K , dan matriks diagonal G berukuran $M_n \times M_n$ yang berisi nilai keanggotaan μ_{BR} dapat dibentuk sebagai:

$$a' = [a_1 \quad L \quad a_i \quad L \quad a_K] \dots (2.26)$$

$$G = \begin{bmatrix} \mu_{B1}(1) & & & & & & & & \\ & 0 & & & & & & & \\ & & \mu_{B1}(n) & & & & & & \\ & & & \mu_{B2}(1) & & & & & \\ & & & & 0 & & & & \\ & & & & & \mu_{B2}(n) & & & \\ & & & & & & 0 & & \\ & & & & & & & \mu_{BM}(1) & \\ & & & & & & & & 0 \\ & & & & & & & & & \mu_{BM}(n) \end{bmatrix} \dots (2.27)$$

Dari sini, variasi total T dan variasi antar *fuzzy groups* B dapat ditulis sebagai:

$$T = a'(\Lambda - \bar{\Lambda})'G(\Lambda - A)a \dots (2.28)$$

$$B = a'(\Lambda_G - \bar{\Lambda})'G(\Lambda_G - A)a \dots (2.29)$$

Jika kita substitusikan persamaan (2.28) dan persamaan (2.29) ke persamaan (2.18) dan dideferensial parsialkan terhadap a , maka diperoleh:

$$\{G^{1/2}(A_G - \bar{A})\}' G^{1/2}(\bar{A}_G - A)a = \eta^2 \{G^{1/2}(A - \bar{A})\}' \{G^{1/2}(A - \bar{A})\}a \dots (2.30)$$

Apabila dibentuk matriks S_G dan S yang berukuran $K \times K$ sebagai berikut:

$$S_G = \{G^{1/2}(\bar{A}_G - \bar{A})\}' G^{1/2}(A_G - \bar{A})a \dots (2.31)$$

$$S = \{G^{1/2}(A - \bar{A})\}' \{G^{1/2}(A - \bar{A})\}a \dots (2.32)$$

maka kita dapat mendekomposisikan S menjadi matriks segitiga Δ sehingga $S = \Delta' \Delta$, dan akan diperoleh:

$$[(\Delta')^{-1} S_G \Delta^{-1}] \Delta a = \eta^2 \Delta a \dots (2.33)$$

Dengan demikian, kategori a untuk persamaan yang memaksimumkan *fuzzy variance ratio* η^2 , dapat dicari melalui eigenvector Δa , yang memaksimumkan *eigenvalue* η^2 dari matriks $[(\Delta')^{-1} S_G \Delta^{-1}]$.