

BUKU AJAR

ERGONOMI



Oleh :

Tim Dosen Laboratorium Ergonomi dan Analisis Perancangan Sistem Kerja

Yuri Delano Regent Montororing

Denny Siregar

Erwin Tambunan

Program Studi Teknik Industri

Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

BAB 1

PENGANTAR ERGONOMI

1. Manusia dengan lingkungan saat ini

Saat ini, di lingkungan sekitar, banyak dijumpai benda-benda maupun bangunan yang tidak lain merupakan hasil karya manusia. Mulai dari rumah, jalan raya, gedung bertingkat, jembatan dan lain sebagainya. Tidak hanya sebatas itu. Peralatan yang mengisi bangunan tersebut pun banyak yang merupakan hasil karya manusia. Dari titik ini, dapat terlihat adanya perubahan yang terjadi dari masa ke masa terhadap lingkungan sekitar. Jika dahulu manusia banyak berinteraksi dengan benda-benda yang bersifat alami seperti pepohonan, hewan dan sebagainya, saat ini manusia banyak berinteraksi dengan hasil karyanya. Perubahan ini membawa kepada perubahan cara manusia berinteraksi dengan lingkungannya. Terdapat perubahan dari manusia tradisional menjadi manusia modern (Wignjosoebroto, 2000).

Perubahan ini juga terjadi di lingkungan kerja. Dahulu, di lingkungan kerja banyak dijumpai pekerjaan-pekerjaan yang diselesaikan secara manual. Kemudian terjadi perkembangan dimana mulai digunakan peralatan mekanis. Perkembangan tersebut terus berlanjut dan saat ini banyak pekerjaan yang diselesaikan dengan peralatan elektronik. Sebagai contoh, dahulu pekerjaan yang melibatkan perhitungan banyak dilakukan dengan menggunakan alat hitung sederhana. Bisa jadi hanya melibatkan pensil dan kertas. Lalu terjadi perkembangan. Kalkulator menjadi alat bantu dalam menyelesaikan pekerjaan yang bersifat perhitungan. Selanjutnya perkembangan membawa manusia kepada era penggunaan komputer dalam upaya menyelesaikan pekerjaan sejenis. Dari contoh tersebut terlihat adanya perubahan cara interaksi manusia dengan lingkungan sekitarnya di lingkungan kerja.

Perubahan cara interaksi manusia dengan lingkungan sekitar pada umumnya dan lingkungan kerja khususnya, membuat manusia harus beradaptasi. Adaptasi tersebut terkait dengan cara penggunaan peralatan hingga proses yang dilalui selama penggunaan peralatan tersebut. Sebagai contoh, jika dahulu pada gedung bertingkat digunakan tangga untuk menghubungkan lantai yang satu dengan lantai yang berada di atasnya, saat ini gedung bertingkat telah dilengkapi dengan lift. Contoh lainnya jika dahulu setiap gedung dilengkapi dengan fasilitas jendela dan ventilasi, saat ini keberadaan jendela dan ventilasi sudah minim dan digantikan oleh AC. Perubahan-perubahan yang terjadi tersebut membawa manusia pada cara beradaptasi yang berbeda dengan kondisi sebelumnya.

Pada saat manusia berinteraksi dan beradaptasi dengan lingkungan sekitarnya pada saat yang bersamaan manusia dihadapkan dengan segala bentuk keterbatasannya. Setiap

manusia tentunya memiliki keterbatasan. Sebagai contoh, manusia memiliki kemampuan yang terbatas untuk mengangkat suatu benda yang cukup berat, manusia memiliki keterbatasan untuk berdiri dalam jangka waktu yang lama, manusia memiliki keterbatasan untuk bekerja di lingkungan dengan suhu yang terlalu dingin ataupun terlalu panas dan sebagainya. Segala bentuk keterbatasan yang dimiliki manusia ini membawa pada persoalan tersendiri pada hal-hal yang terkait dengan interaksi manusia dengan lingkungan sekitarnya.

Pada lingkungan kerja dapat dijumpai bahwa setiap pekerjaan memiliki karakteristiknya masing-masing. Karakteristik ini kemudian membentuk kebutuhan (*demand*) kerja yang harus dipenuhi agar pekerjaan dapat diselesaikan dengan baik. Namun pada proses penyelesaian pekerjaan dengan karakteristik yang dimilikinya tersebut, terdapat kapasitas pada manusia sebagai pelaksana pekerjaan. Kapasitas setiap manusia ini bervariasi. Hal ini terjadi disebabkan oleh keterbatasan yang ada pada masing-masing individu. Kondisi inilah yang kemudian mewarnai lingkungan kerja. Kebutuhan (*demand*) pekerjaan dengan karakteristiknya dihadapkan dengan manusia serta kapasitasnya yang terbatas.

Kondisi buruk dialami manusia ketika kebutuhan (*demand*) pekerjaan melebihi kapasitas yang dimiliki manusia. Kondisi buruk tersebut salah satunya dapat berupa rasa lelah yang berlebihan. Oleh karena itu upaya untuk menyeimbangkan antara kebutuhan (*demand*) pekerjaan dengan kapasitas manusia merupakan hal yang diperlukan. Proses menyeimbangkan antara kebutuhan (*demand*) pekerjaan dengan kapasitas manusia ini dilakukan dalam upaya untuk menciptakan rasa aman dan nyaman. Upaya untuk menciptakan rasa aman dan nyaman di lingkungan kerja, salah satunya dapat dilakukan melalui perancangan peralatan yang memperhitungkan aspek manusia sebagai pengguna maupun melalui perancangan sistem kerja. Kedua hal tersebut dipelajari dalam ilmu Ergonomi.

2. Definisi Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Greek/Yunani, yaitu *ergon* yang berarti kerja (*work*) dan *nomos* yang berarti hukum alam. Ergonomi dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerja yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, rekayasa teknik, manajemen maupun desain/perancangan (Nurmianto, 2004). Beberapa istilah lain dari Ergonomi yang sering disebut antara lain: *Human Factors*, *Human Factors Engineering*, *Human Engineering*, *Engineering Psychology*, *Bio Mechanics/Bio Engineering*. Ergonomi merupakan suatu desain/perancangan yang ditujukan kepada manusia, yaitu perancangan pada lingkungan kerja, alat bantu kerja maupun produk yang nyaman bagi

penggunanya. Sebenarnya ergonomi merupakan aktivitas yang berbasiskan pendekatan multi-disiplin (kedokteran, teknik, psikologi, *anthropometry*, manajemen, dan sebagainya).

1. Sejarah Bidang Ergonomi

Isitilah ergonomi mulai muncul pada tahun 1949, akan tetapi aktivitas- aktivitas yang berkaitan telah dimulai puluhan tahun sebelumnya. Beberapa kejadian penting diilustrasikan sebagai berikut:

CT. Thackrah, England, 1831.

Adalah seorang dokter dari Inggris melakukan studi pada lingkungan kerja di industri konveksi (penjahitan baju) yang dirasakan tidak nyaman oleh operator. Ia mengamati tentang: 1) postur tubuh manusia pada saat bekerja berhubungan dengan kesehatan kerja 2)Pencahayaannya, ventilasi dan temperatur di lingkungan kerja, 3)Pembebanan kerja, jam kerja, dan gerakan yang berulang-ulang.

FW Taylor, USA, 1898.

Adalah seorang insinyur Amerika yang menerapkan metode ilmiah untuk menentukan cara yang terbaik dalam melakukan pekerjaan. Beberapa metodenya menjadi konsep ergonomi dan manajemen modern.

FB. Gilbreth, USA, 1911.

Gilbreth mengamati metode kerjanya lebih detail dengan cara studi dalam Analisa Gerakan. Dalam bukunya *Motion Study* yang diterbitkan tahun 1911 ditunjukkan bagaimana posisi membungkuk dapat diatasi dengan merancang meja yang bisa naik-turun (*adjustable*).

E. Mayo, USA, 1933.

Adalah seorang warga Australia yang melakukan suatu riset di perusahaan listrik. Tujuan riset tersebut adalah Kuantifikasi pengaruh dari variabel fisik seperti misal pencahayaan dan lamanya waktu istirahat terhadap efisiensi dari para operator kerja pada unit perakitan.

4. Ergonomi Dalam Kaitannya Dengan Sistem

Mengkaji permasalahan dengan pendekatan ergonomi tidak akan lepas dari mengkaji sistem terkait. Hal ini dikarenakan permasalahan yang ada melibatkan komponen-komponen

yang ada di dalam sistem. Oleh karena itu mengkaji permasalahan dengan pendekatan ergonomi akan mengiring pada pengkajian sistem terkait.

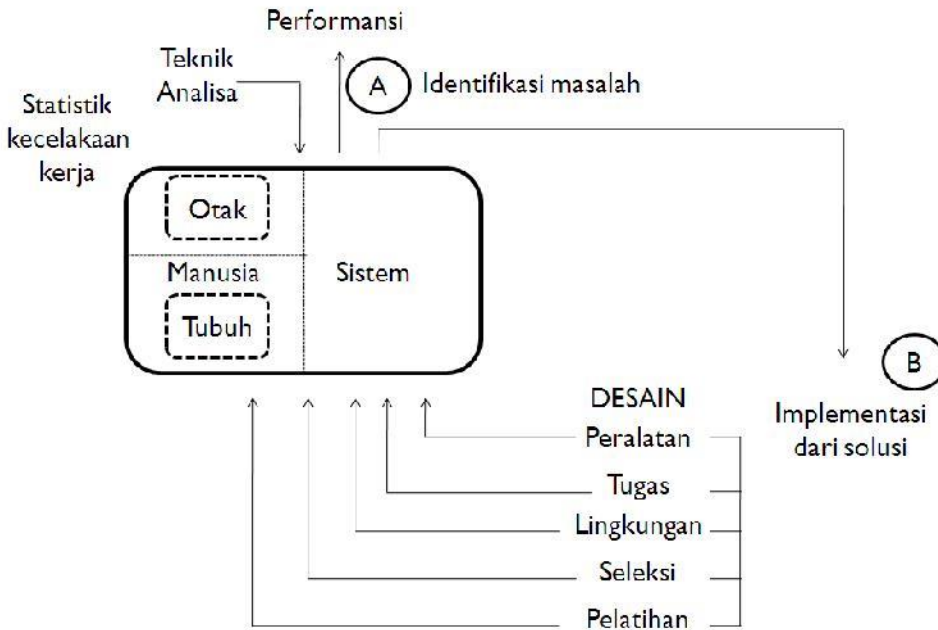
Setiap sistem memiliki karakteristik. Menurut Sutanta (2003) karakteristik sistem yaitu :

1. Terdiri atas komponen-komponen dan komponen yang satu terhadap komponen lainnya saling terhubung. Oleh karena itu selain memiliki komponen, terdapat juga penghubung antar komponen
2. Terdapat batasan (*boundary*)
3. Terdapat lingkungan
4. Terdapat inputan, kemudian input tersebut diolah pada tahap proses dan dihasilkan output
5. Terdapat tujuan dan sasaran
6. Terdapat sesuatu yang bersifat sebagai pengendali
7. Terdapat umpan balik dari proses yang terjadi di dalam sistem

Dalam sistem terdapat interaksi antar komponen-komponen yang membangunnya.

Interaksi antara komponen yang satu dengan komponen lainnya di dalam sistem pada akhirnya akan berkontribusi pada permasalahan yang kompleks. Oleh karena itu mengkaji permasalahan dengan pendekatan ergonomi bersifat kompleks.

Dari tingkat kompleksitas pengkajian permasalahan yang ada, dalam ergonomi dikenal *micro ergonomics* dan *macro ergonomics*. Menurut Kroemer & Kroemer (2001) dalam *micro ergonomics* permasalahan dikaji melalui perancangan peralatan seperti perancangan *keyboard*, perancangan bangku dan lain sebagainya dimana pengkajian terhadap permasalahan dalam *micro ergonomics* ini bersifat lebih sederhana dibandingkan *macro ergonomics*. Lebih lanjut menurut Kroemer & Kroemer (2001), pengkajian permasalahan dalam cara pandang *macro ergonomics* jauh lebih kompleks karena cakupan pertimbangan yang lebih luas dan telah mengarah kepada sistem yang lebih luas seperti sistem sosial (seperti contohnya mempertimbangkan kebijakan-kebijakan pemerintah yang ada kaitannya dengan permasalahan yang dikaji).



Gambar 1. Permasalahan, sistem dan ergonomi

(Sumber : Wicken dkk, 2004, hal 3 dalam

“An Introduction to Human Factors Engineering”)

5. Dasar Keilmuan dari Ergonomi

Dasar keilmuan ergonomi terkait dengan karakteristik fungsional dari manusia, seperti kemampuan penginderaan, respon, daya ingat, posisi optimum tangan dan kaki, dan lain-lain. Disamping itu, Ergonomi membutuhkan pemahaman ilmu-ilmu terapan yang banyak berhubungan dengan fungsi tubuh manusia seperti anatomi dan fisiologi. Untuk menjadi ergonom yang baik perlu pengetahuan dasar tentang fungsi sistem kerangka otot. Sistem kerangka otot manusia meliputi: 1) Kinesiologi: mekanika pergerakan manusia (*mechanics of human movement*), 2) Biomekanika: aplikasi ilmu mekanika teknik untuk analisis sistem kerangka-otot manusia, 3) Anthropometri: pengukuran dimensi tubuh manusia. Disamping itu perlu juga pengetahuan dasar keselamatan dan kesehatan kerja meliputi: 1) *Industrial Hygiene*: pengendalian resiko kesehatan dalam kerja dan 2) *Industrial Psychology*: sikap dan perilaku manusia dalam bekerja.

6. Tujuan Ilmu Ergonomi

Fokus tujuan ilmu ergonomi adalah: 1) Mengaplikasikan segala macam informasi yang berkaitan dengan faktor manusia (kekuatan, kelemahan/keterbatasan) dalam perancangan

sistem kerja yang meliputi perancangan produk (*man-made objects*), mesin & fasilitas kerja dan/atau lingkungan kerja fisik yang lebih efektif, aman, nyaman, sehat dan efisien atau biasa disingkat dengan ENASE, 2)Memperbaiki performansi kerja manusia seperti menambah kecepatan kerja, ketelitian, keselamatan, kenyamanan dan mengurangi penggunaan energi kerja yang berlebihan dan mengurangi kelelahan, 3)Mengurangi waktu yang terbuang sia-sia untuk pelatihan dan meminimalkan kerusakan fasilitas kerja karena human errors, 4)Meningkatkan “*functional effectiveness*” dan produktivitas kerja manusia dengan mesin dan 5) Tindakan pencegahan terhadap kejadian nyeri punggung (*back injury*) pada pekerja. Tiga keuntungan jangka panjang dari implementasi ergonomi pada bidang industri adalah meningkatkan produktivitas, meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja dan meningkatkan kepuasan pekerja.

7. Pendekatan Ergonomi dan Aplikasinya di Industri

Pendekatan ergonomi yang diaplikasikan di dunia industri diantaranya: 1)Perancangan, modifikasi, penggantian/perbaikan *fasilitas kerja* untuk meningkatkan produktivitas, kualitas produk dan lingkungan kerja fisik. 2)Perancangan, modifikasi *area* dan *tempat kerja, tata-letak (layout)* fasilitas produksi untuk memudahkan dan mempercepat operasi kerja, material handling, service dan maintenance, 3)Perancangan dan modifikasi *tata-cara kerja (work methods)*, termasuk dalam hal ini mekanisasi/otomasi proses dan alokasi beban kerja dalam sebuah sistem kerja manusia-mesin, 4)Perancangan *kondisi lingkungan fisik kerja* yang mampu memberikan kenyamanan, keamanan/keselamatan dan kesehatan kerja bagi manusia-operator (temperatur, noise, pencahayaan, vibrasi, dan lain-lain) untuk meningkatkan motivasi kerja, kualitas lingkungan kerja dan produktivitas.

Berikut ini merupakan contoh kasus studi perancangan sistem kerja, misal untuk kasus perancangan desain kendaraan bermotor, diantaranya: 1)*Acces (getting in and out)*: untuk desain interior kendaraan, 2)*Resistant*: pemasangan sabuk pengaman, 3)*Visibility*: lampu parker, 4)*Seating*: penyangga punggung, lengan, distribusi beban berat badan pada kursi mobil, 5)*Displays*: *visibility lighting* (speedometer, gas-meter, temperatur), 6)*Controls* (mudah dijangkau, kemudahan identifikasi dan operasi, posisi, pergerakan standar) dan 7)Lingkungan: ventilasi, kurangi panas langsung, *sharp-countur unit panel*.

9. Referensi

1. Bridger, R.S., (1995) : *Introduction to Ergonomics*, Mc Graw Hill, Singapura
2. Kroemer, K.H.E. & Kroemer, A.D., (2001) : *Office Ergonomics*, Taylor & Francis, London

3. roemer, K., Kroemer, H. & Elbert, K.K., (2001) : *Ergonomics – How to Design For Ease and Efficiency*, Prentice Hall, New Jersey
4. Wicken, C.D., Lee, J.D., Liu, Y. & Becker, S.E.G., (2004) : *An Introduction to Human Factors Engineering*, Pearson Education, New Jersey
5. Wignjosoebroto, S., (2000) : *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu - Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*, Penerbit Guna Widya, Surabaya.
6. Nurmianto, Eko, “Ergonomi : Konsep Dasar dan Aplikasinya”, edisi kedua, Penerbit Guna Widya, 2004.

BAB 2

APLIKASI ERGONOMI DI INDUSTRI

1. Hakekat Dasar Studi tentang Ergonomi

Sering implementasi metode ergonomi di bidang industri dipandang sebagai sesuatu yang biasa. Salah satu peran ergonomi di bidang industri adalah untuk meningkatkan produktivitas kerja. Hakekat dasar studi tentang ergonomi difokuskan pada meneliti tentang kemampuan dan keterbatasan manusia secara fisik maupun non-fisik (psikologik). Juga berkaitan dengan “human-machine interface”, dan juga berkaitan dengan perancangan produk, fasilitas dan area kerja yang efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien pada saat dioperasikan.

2. Human Centered/Integrated Design (HC/ID)

Konsep utama metode ergonomi yang terkenal adalah Human Centered/Integrated Design (HC/ID). Pada konsep HC/ID akan menempatkan semua unsur/parameter desain yang menyesuaikan dengan karakteristik (kelebihan maupun kekurangan) manusia atau biasa dikenal dengan istilah “*fitting the task/ design to the man*”. Suatu rancangan dikatakan memenuhi kriteria “baik” kalau mampu memenuhi konsep ENASE (Efektif, Nyaman, Aman, Sehat dan Efisien).

Masalah berikutnya adalah bagaimana mengukurnya ? Tapi sebelumnya yang perlu diketahui adalah mengenai dua prinsip Human Integrated Design. Prinsip pertama, adalah harus disadari benar bahwa faktor manusia akan menjadi kunci penentu sukses didalam operasionalisasi sistem manusia-mesin (produk); tidak peduli apakah sistem tersebut bersifat manual, semiautomatics (mekanik) ataupun full-automatics. Prinsip kedua, adalah perlu diketahui terlebih dahulu sistem operasional seperti apa yang kelak dapat dioperasikan dengan lebih baik oleh manusia. Namun disisi lain dengan melihat kekurangan, kelemahan maupun keterbatasan manusia maka barulah perlu dipertimbangkan untuk mengalokasikan operasionalisasi fungsi tersebut dengan menggunakan mesin/alat yang dirancang secara spesifik.

3. Beberapa Konsep Penting dalam Ergonomi

Ergonomi merupakan suatu pendekatan perancangan kerja yang berpusat pada manusia/pekerja. Beberapa konsep penting dalam ergonomi, diantaranya: 1) **Konsep performansi manusia**, dimana manusia sebagai pusat kinerja, bukan pada peralatan kerja maupun fasilitas kerja. Artinya jika peran manusia tidak dilibatkan dalam suatu sistem kerja maka secara logika tidak akan terdapat permasalahan ergonomi dalam suatu sistem kerja, 2) **Konsep sistem kerja** berpusat melingkupi manusia/pekerja. Dalam lingkungan kerja,

pekerja/operator perlu mengoperasikan, menginstalasi maupun memperbaiki mesin maupun peralatan kerja, 3)**Konsep sistem kerja**, yang mendeskripsikan mengenai batasan-batasan (boundaries) situasi industri termasuk tugas-tugas kerja dan 4)**Konsep perbaikan secara terus-menerus (*improvement*)**, *improvement* sistem kerja yang berada di sekeliling pekerja/operator.

1. Riset bidang Ergonomi

Riset-riset bidang ergonomi difokuskan pada studi mengenai efek kesakitan pada postur tubuh yang tidak ergonomis dengan alat/fasilitas kerja. Juga perancangan alat yang kurang ergonomis pada kesehatan pekerja/operator. Memperbaiki desain lingkungan kerja agar nyaman/fit dengan postur tubuh manusia. Menyesuaikan kerja terhadap individu, sebagai oposisi terhadap fenomena pekerja yang menyesuaikan (*fitting*) pada lingkungan kerja. Hal ini dilakukan melalui pengembangan pengetahuan yang menghasilkan efisiensi adaptasi metode kerja terhadap karakteristik fisiologi individu maupun psikologi individu. Mendesain mesin, peralatan kerja dan instalasi peralatan kerja sehingga dapat dioperasikan dengan lebih efisien, lebih akurat dan lebih aman. Memastikan bahwa kebutuhan manusia terhadap keamanan dan efisiensi kerja dapat direalisasikan dalam perancangan sistem kerja. Misalnya menyesuaikan pencahayaan di ruang kerja, suhu ruang kerja, kebisingan, dan lain-lain agar nyaman/fit dengan kebutuhan fisik manusia.

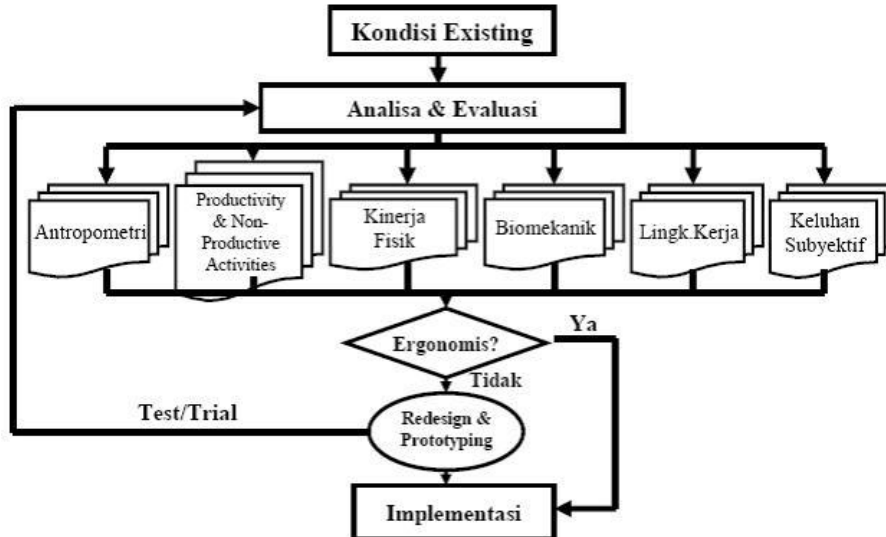
5. Indikator-indikator yang Menandai Diperlukan Intervensi Ergonomi

Secara umum keuntungan dari implementasi metode ergonomi di industri adalah meningkatkan produktivitas kerja. Berikut ini merupakan indikator-indikator di lingkungan kerja yang menandai diperlukan intervensi ergonomi, diantaranya: 1) Terdapat tingkat produk cacat pada proses operasi, 2) Operator/pekerja sering melakukan kesalahan dalam job kerja, 3) Banyak terdapat material yang terbuang sia-sia dalam proses operasi, 4) Pekerja/operator sering komplain terhadap *job requirement*, 5) Output produksi menurun, 6) Tingkat ketidakhadiran pekerja tinggi, 7) Terjadi kecelakaan kerja maupun hampir terjadi kecelakaan kerja, 8) Kualitas produk rendah, 9) Pekerja sering menganggur, 10) tingkat *personal and fatigue allowances* terlalu tinggi, 11) Terdapat permintaan karyawan untuk dipindah ke job kerja yang lain, 12) Karyawan tidak mampu mencapai standar produksi, 13) Karyawan sering meninggalkan area kerja

6. Tahapan-tahapan Evaluasi Ergonomi

Ergonomi merupakan metode yang berorientasi pada solusi terhadap problem di lingkungan kerja. Oleh karena itu agar implementasi metode ergonomi mampu memberikan solusi yang lebih optimal terhadap problem di lingkungan kerja, maka perlu diketahui dan

dipahami tahapan-tahapan dalam implementasi ergonomi. Tahapan-tahapan implementasi metode ergonomi dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Tahapan-tahapan Implementasi Ergonomi

7. Enam Problematika Aplikasi Ergonomi di Industri

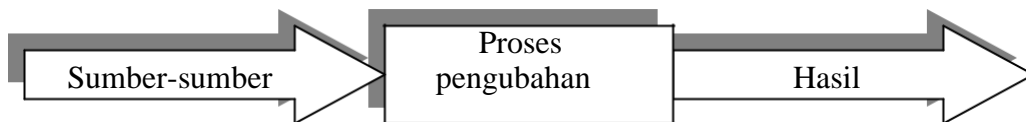
Aplikasi ergonomi dapat dibagi dalam tiga area yang terpisah, yaitu: 1) Fokus pada keselamatan dan kesehatan pekerja, 2) Mengurangi beban biaya atau peningkatan produktivitas di lingkungan kerja dan 3) Kenyamanan manusia pengguna suatu produk ataupun fasilitas kerja. Konsep ergonomi adalah suatu studi manusia sebagai pusat kerja, oleh karena itu problem ergonomi di industri lebih mengarah pada keterbatasan fisiologi manusia. Enam diantaranya adalah: 1) ukuran fisik manusia (anthropometri), 2) Daya tahan sistem jaringan otot manusia (cardiovascular), 3) Kekuatan sistem tulang dan otot manusia (biomechanical), 4) Manipulasi gerakan tubuh manusia (kinesiology), 4) Lingkungan eksternal, yang ada disekitar lingkungan kerja yang mempengaruhi kondisi fisik pekerja (misal: suhu panas/dingin, pencahayaan, suara dan getaran), dan terakhir 5) Kognitif, berkaitan dengan batas kemampuan/daya ingat/memori manusia, kemampuan pendengaran maupun penglihatan manusia dalam mengoperasikan suatu mesin/alat sehingga terhindar dari kejadian yang biasa disebut dengan *human error*.

BAB 2 PRODUKTIVITAS

2.1 DEFINISI

Pengertian dasar dari produktivitas adalah bahwa produktivitas merupakan hubungan antara masukan dan keluaran dalam suatu proses/ kegiatan. Kata produktivitas sendiri pertama kali dicetuskan secara formal oleh **Quesnay** (1776). Penertian produktivitas mulai dikenal pada awal abad XX bahwa produktivitas meruakan hubungan antara keluaran atau hasil-hasil produksi (nyata/ jasa) yang dicapai dengan masukan atau sumber-sumber (faktor-faktor produksi) yang digunakan untuk menghasilkan produks tadi. Kerualan atau hasil produksi diperoleh dari suatu proses/ kegiatan. Bentuknya bisa berupa produk/ jasa, dan untuk menghasilkan keluaran diperlukan masukan atau sumber yang disebut sebagai faktor produksi. Bentuk-bentuk sumber yang utama adalah tenaga kerja, kapital, bahan, dan energi.

a. **Adam Jr., J.C. Hershauer, & W.W. Ruch** menyatakan sebagai berikut: “Produktivitas adalah suatu konsep sistematis yagn berkaitan dengan konversi dari masukan menjadi keluaran dari sistem yagn berada pada suatu keadaan tertentu”. Pengertian tersebut dapat digambarkan sebagai sistem masukan-keluaran sebagai berikut:



Gambar 2.1 Sistem Input-Output

Organization for European Cooperation (OEC) pada tahun 1950: mengusulkan sebuah definisi yaitu: bahwa “produktivitas merupakan hasil bagi yang diperoleh dengan jalan membagi keluaran dengan salah satu dari faktor-faktor produksi”. Dengan memperhatikan faktor-faktor produksi ini, kemudian dikenal pengertian-pengertian tentang produktivitas tenaga kerja, produktivitas bahan, produktivitas energi, dsb

Dewan Produktivitas Nasional Indonesia yang berada dalam lingkungan Depnaker mengemukakan bahwa secara umum “produktivitas mengandung pengertian perbandingan antara hasil yang dicapai dengan keseluruhan sumber yang digunakan untuk itu”. Berdasarkan pengertian tersebut, secara umum dapat dikatakan bahwa produktivitas adalah hasil bagi antara total keluaran dengan total masukan

$$\text{PRODUKTIVITAS} = \frac{\text{KELUARAN}}{\text{MASUKAN}}$$

Paul Mali menyatakan hubungan antara produktivitas, efektivitas, dan efisiensi sebagai berikut:

$$\text{PRODUKTIVITAS} = \frac{\text{KELUARAN yang diperoleh}}{\text{MASUKAN yang digunakan}}$$

$$\text{PRODUKTIVITAS} = \frac{\text{Hasil yang dicapai}}{\text{Sumber yang digunakan}}$$

EFEKTIVITAS menyatakan sampai seberapa jauh tingkat hasil yang direncanakan/tingkat pencapaian tujuan sedangkan **EFISIENSI** menyatakan seberapa baik masukan (sumber-sumber) dilibatkan secara bersamaan agar ongkos menjadi minimal. Jelaslah bahwa efektivitas berorientasi pada keluaran yang sebesar mungkin, sedangkan efisiensi berorientasi pada masukan sesedikit mungkin.

2.2. RUANG LINGKUP

Paul Mali memandang produktivitas dari 4 ruang lingkup, yaitu:

1. **ruang lingkup nasional**, memandang negara secara keseluruhan. Di sini diperhitungkan faktor-faktor secara sederhana, pengaruh buruh, kapital, kebijakan pemerintah terhadap bahan mentah, dan sumber-sumber lainnya sebagai kekuatan yang mempengaruhi barang-barang ekonomi dan jasa.
2. **ruang lingkup industri**, di sini faktor-faktor yang mempengaruhi dan berhubungan dikelompokkan dalam industri yang sama, mis. Penerbangan pertambangan, kesehatan, logan, pendidikan, transportasi, dsb.
3. **ruang lingkup perusahaan/ organisasi**. Dalam sebuah perusahaan atau organisasi, lebih memungkinkan melihat hubungan timbal balik antara faktor untuk diukur dan dapat dibandingkan dengan perusahaan/ organisasi lain sejenis. Hubungan antar faktor lebih jelas, sehingga lebih mudah dianalisis. Produksi dapat diukur, dikendalikan, ataupun dibandingkan dengan produksi perusahaan lain.

- 3. ruang lingkup perorangan.** Produktivitas perorangan dipengaruhi oleh lingkungan kerja, peralatan dan perlengkapan yang digunakan, dan proses yang dilakukan. Dalam hal ini lebih kompleks karena adanya faktor motivasi yang tidak dapat diukur dan sangat mempengaruhi hasil kerja.

2.3. TIPE-TIPE PRODUKTIVITAS

1. PRODUKTIVITAS PARSIAL

Merupakan perbandingan antara keluaran dengan salah satu faktor masukan, contohnya adalah produktivitas tenaga kerja, perbandingan antara keluaran dan masukan tenaga kerja.

2. PRODUKTIVITAS FAKTOR TOTAL

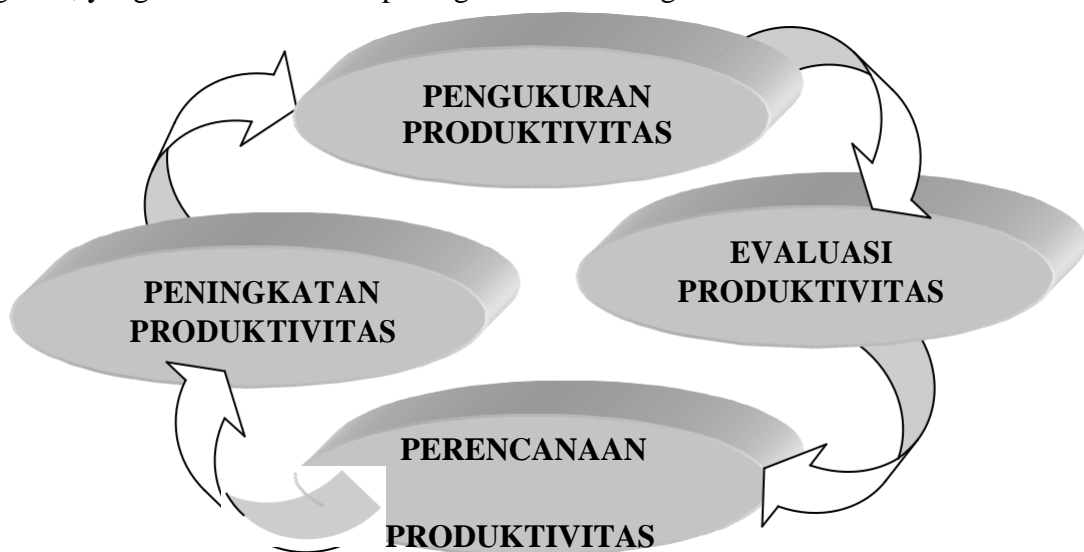
Merupakan perbandingan antara keluaran bersih dengan masukan tenaga kerja dan masukan kapital, dengan keluaran bersih sama pengertiannya dengan nilai tambah, yaitu keluaran total dikurangi jumlah nilai barang dan jasa yang dibeli

3. PRODUKTIVITAS TOTAL

Merupakan perbandingan antara keluaran dengan jumlah seluruh faktor masukan. Jadi pengukuran mencerminkan pengaruh bersama seluruh masukan dalam menghasilkan keluaran.

2.4. SIKLUS PRODUKTIVITAS

David J. Summanth memperkenalkan siklus produktivitas yang terdiri dari 4 kegiatan, yang secara skematis dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2 Siklus Produktivitas

Keempat unsur tersebut merupakan suatu siklus yang harus dilakukan berkesinambungan dan berulang-ulang, untuk mendapatkan manfaat yang optimal. Konsep tersebut menunjukkan bahwa dalam program peningkatan produktivitas harus didahului dengan pengukuran produktivitas.

Setelah tingkat produktivitas diketahui, kita harus mengevaluasi adau membandingkan hasil yang ada sekarang dengan rencana yang telah ditetapkan sebelumnya. Berdasarkan hasil evaluasi ini direncanakan sasaran tingkat produktivitas baik dalam jagnka pendek mupun dalam jagnka panjang. Untuk target tersebut, peningkatan produktivitas haruslah dilakukan secara formal. Untuk mengetahui seberapa jauh perbaikan tersebut membaw hasil, maka pengukuran produktivitas harus dilakukan kembali.

Kegiatan-kegiatan ini meruapkan suatu siklus yang berkelanjutan sepanjang program produktivitas masih dijalankan. Keempat tahap tersebut sangat penting untuk dilaksanakan sepenuhnya, karena siklus tersebut menunjukkan adanya suatu kegiatan saling berkesinambungan dan melibatkan seluruh operasi kegiatan perusahaan.

2.5. PENGUKURAN PRODUKTIVITAS

Pengukuran produktivitas ditingkat perusahaan dimaksudkan agar sutu organisasi atau mperusahaan mengetahui pada tingkat produktivitas berapa sutu perusahaan/ organisasi sedang berjalan.

Menurut David J. Summanth, manfaat pengukuran produktivitas yang dapat diambil untuk tingkat perusahaan adalah:

1. Dapat menilai efisiensi penggunaan sumber daya dalam menghasilkan barang/ jasa
2. Bermanfaat untuk perencanaan sumber daya, baik jangka pendek maupun jangka panjang
3. Untuk menyusun kembali tujuan ekonomi dan non ekonomi perusahaan
4. Dapat merencanakan target pencapaian produktivitas di masa mendatang
5. Menentukan strategi untuk meningkatkan produktivitas berdasarkan perbedaan antara tingkat produktivitas yang direncanakan dengan yang diukur
6. Dapat digunakan untuk membandingkan tingkat produktivitas dari perusahaan sejenis
7. Nilai-nilai produktivitas yang dihasilkan dapat digunakan dalam perencanaan tingkat laba perusahaan

8. Akan menciptakan tindakan persaingan yang sehat
9. Penawaran kolektif dapat dicapai lebih rasional pada saat diperoleh perkiraan tingkat produktivitas.

Pendekatan dalam membandingkan tingkat hasil pengukuran produktivitas dapat dibedakan dengan beberapa cara, yaitu:

8. Membandingkan hasil kerja periode yang diukur dengan hasil kerja periode dasar
9. Membandingkan antara hasil kerja suatu unit organisasi dengan unit organisasi lain
10. membandingkan antara unit kerja yang sebenarnya dengan target yang telah ditetapkan

Pada pengukuran produktivitas secara total, biasanya dilakukan berdasarkan pernyataan akuntansi/ finansial dari perusahaan tersebut. Pada pengukuran ini diukur terlebih dahulu agregat output yang dihasilkan dan agregat input yang digunakan lalu kemudian dibandingkan. Hasil pengukuran adalah:

8. $PS < 1$, artinya output yang dihasilkan kurang dari input yang digunakan
9. $PS = 1$, artinya output yang dihasilkan sama dari input yang digunakan
10. $PS > 1$, artinya output yang dihasilkan lebih besar dari input yang digunakan.

2.6. KRITERIA PENGUKURAN PRODUKTIVITAS

Menurut David Bain dalam bukunya “ The Productivity Prescription”, langkah penting dalam meningkatkan produktivitas dalam suatu perusahaan adalah mendesain dan melaksanakan ukuran-ukuran produktivitas yang berarti. Terdapat 6 kriteria yang dapat membantu mendapatkan rasio produktivitas yang berarti sebagai berikut:

1 KEABSAHAN (Validity)

Ukuran keabsahan adalah ukuran yang secara tepat dapat menggambarkan perubahan produktivitas yang sebenarnya. Keabsahan ini dapat dideteksi dari faktor masukan dan faktor keluaran yang diikutsertakan dalam pengukuran produktivitas.

Misalnya pada proses pengolahan teh, masukan yang bisa dilibatkan adalah mesin, energi, tenaga kerja, dsb. Selain masukan tersebut terdapat

masukan lain ygn secara langsung berpengaruh terhadap proses tadi, seperti cuaca. Namun dalam pengukuran produktivitas secara matematis cuaca tidak dimasukkan dalam perhitungan. Hal ini disebabkan karena faktor tersebut merupakan faktor yang ada di luar kemampuan manusia untuk mengaturnya. Sedangkan masukan lain yang merupakan faktor yang secara nyata dapat diatur manusia untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

10. **KELENGKAPAN (Completeness)**

Kelengkapan merupakan karakteristik yang penting untuk mendapatkan pengukuran produktivitas yang baik, sehingga perhatian harus diberikan untuk dapat mengkursertakan semua komponen baik masukan maupun keluaran. Kelengkapan inimenunjukkan bahwa ketelitian seluruh keluaran atau hasil yang diperoleh dan masukan yang digunakan dapat diukur dan termasuk dalam perbandingan produktivitas yang digunakan.

Misalnya dalam menentukan masukan tenaga kerja, kita tidak melihat jam kerja pekerja langsung saja, tetapi juga harus melihat jam kerja pekerja tidak langsungnya.

11. **DAPAT DIBANDINGKAN (Comparability)**

Syarat utama dalam pengukuran adalah ketersediaan data, dan data tersebut dapat dibandingkan. Produktivitas merupakan suatu ukuran yang sifatnya relatif. Kita mengukur, lalu membandingkan saat ini dengan kemarin, bulan ini dengan bulan lalu, atau tahun ini dengan tahun lalu. Patut kita ketahui bahwa perbandingan tingkat produktivitas dilakukan per periode pengukuran dan hanya berlaku di dalam perusahaan yang sama. Jadi kita tidak membandingkan produktivitas antara satu organisasi dengan organisasi lain, dan tidak mungkin dilakukan karena masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda.

12. **KETERMASUKAN (Inclusiveness)**

Pengukuran produktivitas menyangkut banyak faktor kegiatan dalam fungsi organisasi, biasanya pengukuran ini terpusat pada kegiatan pembuatan produk, dan juga hanya terbaas pad abeberapa unsur di dalam kegiatan tersebut. Jagnkauan pengukuran kegiatan dalam proses proudksi haruslah di luar pengukuran terhadap pekerja dan bahan baku yang

biasanya dilakukan sehingga mencakup pula aspek kualitas, peralatan, dan fasilitas. Lebih jauh lagi, pengukuran produktivitas harus dikembangkan pada kegiatan-kegiatan non produksi juga, termasuk pembelian, pengendalian produksi, pengolahan data, personil, keuangan, pelayanan terhadap pelanggan, dan penjualan.

A. EFEKTIF

Pengukuran produktivitas merupakan alat yang efektif bagi manajemen, sehingga dapat dikomunikasikan pada setiap manajer & praktis untuk dilakukan. Berdasarkan hasil pengukuran ini, dapat diketahui keadaan perusahaan pada periode yang sedang berlangsung sehingga bila terdapat penyimpangan produktivitas dari rencana yang telah ditetapkan, maka dalam waktu singkat pihak manajemen dapat mengambil keputusan. Agar informasi berfungsi tepat guna maka periode waktu pengukuran harus disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan.

B. KEEFEKTIFAN ONGKOS (Cost Effectiveness)

Pengukuran produktivitas harus dilakukan dengan memperhatikan semua ongkos yang berhubungan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengukuran harus pula dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu usaha produksi yang sedang berjalan di dalam perusahaan.

2.7. PENYEBAB TURUNNYA PRODUKTIVITAS

Dalam bukunya “Improving Total Productivity”, Paul Mali menerangkan hal-hal yang menyebabkan rendah/turunnya produktivitas adalah:

- B. Penghamburan sumber yang disebabkan karena ketidakmampuan kita untuk mengukur, mengevaluasi, mengatur produktivitas dari pekerja
- C. Adanya penundaan dan keperlambatan pengambilan keputusan karena ketidakjelasan wewenang dan ketidakefisienan dalam suatu organisasi yang amat besar
- D. Membengkaknya biaya karena keinginan organisasi untuk berekspansi (mengakibatkan berkurangnya pertumbuhan)
- E. Motivasi yang rendah (pengaruh sosial ekonomi pekerja)
- F. Pengiriman bahan baku yang terlambat
- G. Adanya konflik individu dan manajemen

Keinginan dan hak manajemen untuk meningkatkan produktivitas dibatasi dengan timbulnya undang-undang baru

Ketidakpuasan/ kejenuhan bekerja akibat makin terspesialisasi dan terbatasnya proses pekerjaan

Meningkatkan inflasi yang disebabkan pemberian imbalan & keuntungan tanpa diimbangi peningkatan produktivitas

Kesempatan & penemuan baru menurun karena perubahan teknologi yang cepat dan membesarnya ongkos

Tidak ada disiplin

3. Kemampuan operator yang tidak terpakai/ sudah usang/ tidak optimal, karena ketidakmampuan untuk menyesuaikan dengan kecepatan perkembangan informasi dan teknologi.

2.8. TEKNIK PENGUKURAN PRODUKTIVITAS

Menurut Paul Mali terdapat 5 teknik pengukuran produktivitas yang dapat dilakukan untuk merancang dan mengevaluasi sistem dalam rangka menilai hasil atau tingkat produktivitas, yaitu:

4. Pengukuran produktivitas dengan rasio produktivitas

Pengukuran ini membandingkan dua variabel penting dalam besaran pembandingnya. Perbandingan dua variabel dapat terdiri dari variabel yang mempunyai parameter ganda seperti keluaran bersih atau nilai tamband, dengan beberapa masukan yang dibutuhkan, misalnya jumlah pekerja, Jam kerja, peralatan, kapasitas yang digunakan, dsb. Sebagai patokan untuk melakukan evaluasi, rasio-rasio produktivitas selama beberapa periode sebelumnya telah dikonverikan dalam bentuk indeks produktivitas, dari indeks tersebut dijadikan acuan

5. Pengukuran produktivitas total faktor

Prinsip produktivitas total faktor adalah Rasio dari output dengan seluruh input yang dibutuhkan untuk menghasilkan output tersebut. Konsep rasio ini lebih menunjukkan keadaan yang sebenarnya dalam proses kerja, karena seluruh sumber difaktorkan dalam perhitungan.

6. Pengukuran produktivitas dengan menggunakan manajemen berdasarkan sasaran (MBS)

MBS sebagai suatu proses telah memberikan manajer berbagai manfaat. Misalnya, perencanaan, penilaian prestasi, motivasi bawahan, dan mengkoordinasikan regu kerja. Proses MBS dapat membuat ukuran tentang efektivitas dan efisiensi dalam lingkup proses kerja yang terencana dari awal sampai akhir. Secara langsung menyatakan perencanaan dan pengendalian produktivitas

2. Pengukuran produktivitas dengan menggunakan daftar periksa indikator

Ukuran kuantitatif tidak selalu mudah dan mungkin diperoleh, melalui pengalaman dan petunjuk informal, banyak praktisi mengembangkan indikator untuk mengidentifikasi produktivitas. Sehingga diperoleh peningkatan produktivitas yang diinginkan. Daftar periksa indikator untuk mengukur produktivitas mewakili tindakan penilaian dari para praktisi yang berpengalaman terhadap pekerjaan-pekerjaan yang selalu diperlukan

3. Pengukuran produktivitas dengan cara audit

Auditing produktivitas adalah suatu proses monitoring evaluasi kegiatan organisasi untuk melihat apakah fungsi, program, atau organisasi itu sendiri telah menggunakan sumber secara efektif dan efisien dalam mencapai sasaran. Bila sasaran tersebut belum tercapai, auditor produktivitas menganjurkan tindakan yang diperlukan untuk memperbaiki kelemahan, hasil yang buruk, dan kekurangan sistem.

2.9. MODEL PENGUKURAN PRODUKTIVITAS

Terdapat banyak model pengukuran produktivitas bagi tingkat perusahaan telah dikembangkan oleh para ahli, baik berupa model teknik maupun model ekonomi. Para ahli melakukan pendekatan yang berbeda-beda dalam melakukan pengukuran produktivitas di perusahaan, sesuai dengan bidangnya. Berikut ini contoh pengukuran produktivitas model teknik:

2.9.1. Model Produktivitas Marvin E. Mundel

Model merupakan pengukuran produktivitas total yang mempunyai ruang lingkup perusahaan, dengan bentuk matematisnya adalah sebagai berikut:

$$IP = \frac{\frac{AOMP}{AOBP}}{\frac{RIMP}{RIBP}} \times 100$$

atau

$$IP = \frac{\frac{AOMP}{RIMP}}{\frac{AOBP}{RIBP}} \times 100$$

Dengan: IP : Indeks Produktivitas

AOBP : Aggregated Output Based Periode/ Jumlah Agregasi Keluaran pada periode dasar

AOMP : Aggregated Output Measured Periode/ Jumlah Agregasi Keluaran pada periode pengukuran

RIBP : Resource Input Based Periode/ Jumlah masukan pada periode dasar

RIMP : Resource Input Measured Periode/ Jumlah masukan pada periode pengukuran

Di mana:

$\frac{AOMP}{RIMP}$ Disebut sebagai Current Performance Index (CPI), yaitu produktivitas pada waktu pengukuran

$\frac{AOBP}{RIBP}$ Disebut sebagai Base Performance Index (BPI), yaitu produktivitas pada waktu dasar pengukuran

$\frac{AOMP}{AOBP}$ Disebut sebagai Output Index (OI), yaitu perbandingan output pada waktu pengukuran terhadap output pada waktu dasar pengukuran

$\frac{RIMP}{RIBP}$ Disebut sebagai Input Index (II), yaitu yaitu perbandingan input pada waktu pengukuran terhadap input pada waktu dasar pengukuran

Dalam model ini, digunakan periode dasar sebagai dasar perbandingan, selain itu angka indeks secara time series juga digunakan untuk menghilangkan faktor perubahan harga. Indeks pengukurannya adalah 100, sehingga Indeks Produktivitas pada waktu pengukuran ada tiga macam, yaitu:

1. $IP < 100$, artinya produktivitas pada waktu pengukuran lebih kecil dibandingkan dengan produktivitas waktu dasar pengukuran

2. $IP = 100$, artinya artinya produktivitas pada waktu pengukuran sama dengan produktivitas waktu dasar pengukuran
3. $IP > 100$, artinya artinya produktivitas pada waktu pengukuran lebih besar dibandingkan dengan produktivitas waktu dasar pengukuran

Contoh:

Sebuah perusahaan penerbangan mempunyai data sebagai berikut:

No.	Pernyataan	Tahun 2002	Tahun 2003
1.	Penjualan tiket	10 M	15 M
2.	Biaya karyawan langsung	4 M	5 M
3.	Biaya karyawan tidak langsung	2 M	3 M
4.	Bjaas pengangkutan barang	2 M	1,4 M
5.	Biaya listrik, air, dan telepon	1 M	700 juta
6.	Jasa penerbangan khusus	500 juta	600 juta
7.	Sewa gedung & hanggar	1,5 M	2 M
8.	Biaya perawatan	800 juta	500 juta
9.	Biaya administrasi	200 juta	300 juta

Tentukan: AOMP, AOBP, RIMP, RIBP, CPI, BPI, OI, II, & IP2003

Langkah-langkah:

A. tentukan periode dasarnya. (dalam kasus ini 2002) dan periode pengukuran (2003)

B. tentukan pernyataan-pernyataan ouput dan input. Dalam

kasus ini pernyataan outputnya adalah:

penjualan tiket

jasa pengangkutan barang

jaas pengangkutan khusus

Pernyataan input:

biaya karyawan langsung

biaya karyawan tidak langsung

biaya listrik, air, dan telepon

sewa gedung dan hanggar

biaya perawatan

biaya administrasi

C. Menghitung AOMP, AOBP, RIMP, RIBP, CPI, BPI, OI, II, & IP

$$AOMP = 15 \text{ M} + 1,4 \text{ M} + 600 \text{ juta} = 17 \text{ M}$$

$$AOBP = 10 \text{ M} + 2 \text{ M} + 500 \text{ juta} = 12,5 \text{ M}$$

$$a. RIMP = 5 M + 3 M + 700 \text{ juta} + 2 M + 500 \text{ juta} + 300 \text{ Juta} = 11,5 M$$

$$b. RIBP = 4 M + 2 M + 1 M + 1,5 M + 800 \text{ juta} + 200 \text{ Juta} = 9,5 M$$

Maka

$$BPI = \frac{AOBP}{RIBP} = \frac{12,5}{9,5} = 1,32$$

$$CPI = \frac{AOMP}{RIMP} = \frac{17}{11,5} = 1,48$$

$$OI = \frac{AOMP}{AOBP} = \frac{17}{12,5} = 1,38$$

$$II = \frac{RIMP}{RIBP} = \frac{11,5}{9,5} = 1,2$$

$$IP2003 = \frac{\frac{AOMP}{RIMP}}{\frac{AOBP}{RIBP}} \times 100 = \frac{\frac{17}{11,5}}{\frac{12,5}{9,5}} \times 100 = 112,35$$

2.9.2. Model Produktivitas David J. Summanth

Model ini merupakan model pengukuran produktivitas yang melakukan pendekatan rasio finansial (pendekatan ekonomi). Model ini memperhitungkan seluruh faktor keluaran dan masukan dalam pengertian nilai. Secara umum nilai dinyatakan oleh perkalian antara jumlah dan harga. David J. Summanth mendefinisikan model produktivitas total dalam bentuk sebagai berikut:

$$\text{PRODUKTIVITAS Total} = \frac{\text{Total nilai keluaran}}{\text{Total nilai masukan}}$$

Model pengukuran produktivitas total David J. Summanth dapat digunakan untuk mengukur:

1. produktivitas total perusahaan
2. produktivitas total setiap produk
3. produktivitas parsial setiap produk.

2.9.3. Model Pengukuran Produktivitas Habberstad (POSPAC)

Model POSPAC merupakan gabungan dari beberapa ukuran produktivitas parsial yang masing-masing akan menggambarkan produktivitas sberbagai kegiatan di lingkungan sebuah perusahaan. Bila dirinci lebih lanjut model ini terdiri dari enam ukuran produktivitas parsial, yaitu:

- a. P = Production Productivity
- b. O = Organization Productivity
- c. S = Sales Productivity
- d. P = Product Productivity
- e. A = Arbeiter (Work-Force) Productivity
- f. C = Capital Productivity

2.9.4. Model Objectives Matrix (OMAX)

Model pengukuran produktivitas OMAX adalah model pengukuran produktivitas dengan menggunakan manajemen berdasarkan sasaran (MBS), yang dikembangkan oleh **Dr. James L. Riggs** (*Departement of Industrial Engineering di Oregon State University*). Model pengukuran ini mempunyai cirri yang unik, yaitu criteria performansi kelompok kerja digabungkan ke dalam suatu matriks. Setiap criteria performansi memeiliki sasaran berupa jalur khusus menu perbaikan serta memiliki bobot sesuai dengan tingkat kepentingannya terhadap tujuan produktivitas. Hasil akhir dari pengukuran ini adalah nilai tunggal untuks suatu kelompok kerja.

Dalam OMAX diharapkan aktivitas seluruh personal perusahaan turut menilai, memperbaiki, dan mempertahankan performansi unitnya, karena system ini merupakan system pengukuran yang diserahkan langsung ke baigan-bagian/ unit. Manfaat OMAX adalah:

1. sebagai sarana pengukuran produktivitas
2. sebagai alat Bantu pemecahan masalah produktivitas
3. alat pemantau pertumbuhan produktivitas.

BAB 3

ANTHROPOMETRI

4. Anthropometri secara umum

Mengacu pada penjelasan sebelumnya yang terdapat pada Modul 1 yaitu Pengantar Ergonomi, telah dijelaskan bahwa alternatif output dalam pengkajian permasalahan melalui Ergonomi dapat berupa perancangan peralatan/stasiun kerja maupun pengkajian terhadap sistem kerja. Anthropometri merupakan salah satu ilmu yang menjadi pertimbangan dalam pengkajian permasalahan yang mengarah pada perancangan peralatan/stasiun kerja. Pada anthropometri dilakukan pengukuran dimensi tubuh manusia dimana pengukuran dimensi tubuh manusia ini merupakan salah satu dimensi yang digunakan untuk mengkaji permasalahan yang ada terkait dengan proses perancangan peralatan/stasiun kerja.

Anthropometri berasal dari kata “anthro” dan “metri”. “anthro” memiliki arti manusia dan “metri” memiliki arti ukuran (Wignjosoebroto, 2000). Oleh karena itu berdasarkan asal katanya tersebut, dapat digambarkan pengertian anthropometri secara umum. Berdasarkan asal katanya anthropometri merupakan suatu ilmu yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia (Wignjosoebroto, 2000, hal 60).

Hal yang ditemukan pada kondisi aktual terkait dengan dimensi tubuh manusia adalah bahwa setiap orang memiliki ukuran dimensi tubuh yang khas. Kekhasan ini menyebabkan variasi pada ukuran dimensi tubuh antar manusia. Perbedaan yang ditemukan pada kondisi aktual terkait ukuran dimensi tubuh setiap orang ini dapat menyebabkan setiap orang memerlukan ukuran peralatan yang berbeda-beda. Akibatnya, suatu peralatan yang sesuai dengan ukuran dimensi tubuh seseorang belum tentu sesuai dengan ukuran dimensi tubuh orang yang lain. Kondisi ini menyebabkan setiap orang memerlukan peralatan dengan ukuran yang berbeda-beda mengikuti ukuran dimensi tubuhnya masing-masing. Ukuran dimensi tubuh setiap orang yang berbeda-beda ini kemudian mulai dipertimbangkan karena secara tidak langsung dapat mempengaruhi produktivitas seseorang. Secara kasat mata bayangkan jika seorang siswa SD harus menempati ruangan dengan kondisi peralatan yang diperuntukkan bagi siswa SMA. Siswa-siswa SD tersebut tentu akan mengalami kesulitan dalam menggunakan peralatan yang ada terkait dengan tingginya bangku dan meja yang mereka gunakan. Pengaruh ukuran dimensi tubuh manusia dalam kaitannya dengan ukuran peralatan yang sesuai ini di kaji dalam Ilmu anthropometri. Pada anthropometri, ukuran dimensi tubuh manusia menjadi pertimbangan dalam proses perancangan peralatan/stasiun kerja. Melalui anthropometri diharapkan perancangan terhadap peralatan/stasiun kerja lebih sesuai untuk

setiap pemakainya dikarenakan ukuran dimensi tubuh pengguna dipertimbangkan dalam proses perancangannya.

Menurut Wignjosoebroto (2000), perancangan yang dilakukan dengan menggunakan ilmu anthropometri ini dapat digunakan dalam berbagai macam bentuk rancangan yang diantaranya yaitu:

- g. Perancangan peralatan kerja
- h. Perancangan ini terkait dengan perancangan peralatan-peralatan yang digunakan dalam upaya menyelesaikan pekerjaan seperti contohnya gunting, obeng, kursi, meja dan sebagainya.
- i. Perancangan produk-produk yang digunakan pada kehidupan sehari-hari
- j. Perancangan ini terkait dengan perancangan barang-barang yang digunakan pada kehidupan sehari-hari seperti contohnya pakaian, meja, kursi dan sebagainya.
- k. Perancangan area kerja
- l. Perancangan ini terkait dengan perancangan stasiun kerja yang merupakan tempat dimana pekerjaan berlangsung. Konsep perancangan jenis ini lebih luas dan lebih rumit dibandingkan dengan perancangan peralatan kerja.
- m. Perancangan lingkungan kerja fisik
- n. Perancangan ini terkait dengan perancangan lingkungan kerja dimana perancangan ini jauh lebih luas dan lebih rumit dibandingkan perancangan area kerja.

4. Faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran dimensi tubuh manusia

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa terdapat variasi dalam dimensi ukuran tubuh setiap orang. Variasi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor (lihat **Gambar 1**). Faktor-faktor yang menyebabkan variasi pada dimensi ukuran tubuh manusia yaitu : (Wignjosoebroto, 2000, Wicken dkk., 2004)

- a. Usia
- b. Usia merupakan faktor yang dapat menunjukkan secara jelas mengenai terdapatnya variasi dimensi ukuran tubuh manusia. Secara kasat mata dapat terlihat adanya perbedaan ukuran dimensi tubuh antara anak balita dengan orang dewasa. Akibat adanya faktor usia tersebut, ukuran peralatan yang dibutuhkan antar manusia dengan perbedaan usia ini menjadi berbeda.
- c. Gender
- d. Selain faktor usia, faktor lainnya yang menyebabkan terdapatnya variasi pada ukuran dimensi tubuh manusia adalah faktor gender. Secara umum ukuran dimensi tubuh pria

lebih besar dibandingkan ukuran dimensi tubuh wanita. Namun pada beberapa bagian tubuh seperti halnya pada bagian pinggul. hal tersebut tidaklah berlaku.

- e. Suku bangsa/ras
- f. Faktor selanjutnya yang menyebabkan variasi pada ukuran dimensi tubuh manusia adalah faktor suku bangsa/ras. Seperti diketahui bahwa setiap suku bangsa/ras memiliki karakteristik yang khas terkait dengan ukuran dimensi tubuh mereka. Pengaruh faktor suku bangsa/ras terhadap ukuran dimensi tubuh manusia terekam dalam penelitian yang dilakukan oleh Ashby (1979). Dalam penelitiannya, Ashby merancang suatu peralatan yang sesuai untuk digunakan oleh 90% populasi pria di Amerika Serikat dan kemudian mengenakan peralatan terkait pada populasi pria dari negara lainnya. Hasil yang menarik didapatkan terkait dengan kemampuan peralatan tersebut untuk digunakan oleh pria dari populasi lainnya. Hasil penelitian Ashby menunjukkan bahwa peralatan tersebut hanya mampu digunakan oleh 90% populasi pria di Jerman, 80% populasi pria di Perancis, 65% populasi pria di Italia, 45% populasi pria di Jepang, 25% populasi pria di Thailand dan 10% populasi pria di Vietnam (Ashby, 1979 dalam Wicken dkk, 2004, hal 245).
- g. Postur tubuh
- h. Faktor selanjutnya yaitu faktor postur tubuh. Faktor ini biasanya dipengaruhi oleh kebiasaan sikap seseorang yang pada akhirnya dapat mempengaruhi ukuran dimensi tubuh seseorang.
- i. Jenis pekerjaan
- j. Jenis pekerjaan khususnya pekerjaan-pekerjaan yang bersifat fisik dapat melatih otot pada bagian-bagian tubuh tertentu. Hal tersebut kemudian menyebabkan ukuran yang berbeda pada bagian tubuh tertentu tersebut dengan ukuran tubuh manusia pada umumnya. Akibat perbedaan tersebut maka terbentuklah variasi pada ukuran dimensi tubuh antar manusia.
- k. Nutrisi dan kondisi lingkungan
- l. Faktor terakhir yang akan dibahas yaitu faktor nutrisi dan kondisi lingkungan. Tidak dapat dipungkiri bahwa nutrisi yang baik akan mendukung pertumbuhan tubuh manusia. Hal mengenai pengaruh faktor nutrisi dengan perbedaan ukuran dimensi tubuh manusia ditunjukkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Annis (1978). Penelitian oleh Annis (1978) terhadap populasi penduduk Amerika Serikat menunjukkan bahwa terdapat perubahan trend pada ukuran dimensi tubuh dan perubahan tersebut berupa

peningkatan sekitar 1 cm per dekade sejak 1920 (Annis, 1978 dalam Wicken dkk, 2004, hal 246).

3. Pengukuran dalam Anthropometri

Dalam Anthropometri terdapat dua alternatif cara yang dapat digunakan untuk mengukur dimensi tubuh. Kedua cara tersebut yaitu pengukuran dimensi struktur tubuh dan pengukuran dimensi fungsional tubuh. Pada konsep yang pertama yaitu pengukuran dimensi struktur tubuh, pengukuran dilakukan dalam kondisi tubuh tidak bergerak. Partisipan yang diukur tubuhnya dalam posisi statis dan tegak sempurna. Karena posisi tubuh statis pada saat pengukuran berlangsung, oleh karena itu pengukuran jenis ini sering kali disebut juga sebagai *static anthropometry*.

Konsep pengukuran lainnya yaitu pengukuran dimensi fungsional tubuh. Pada pengukuran jenis ini, partisipan diukur dalam kondisi tubuh bergerak mengikuti gerakan terkait dengan gerakan penggunaan peralatan yang sedang dirancang. Karena tubuh dalam posisi dinamis maka pengukuran jenis ini sering kali disebut juga sebagai *dynamic anthropometry*. Kelebihan jenis pengukuran ini dibandingkan dengan pengukuran dimensi struktur tubuh (*static anthropometry*) adalah pengukuran jenis ini lebih menggambarkan kondisi aktual. Hal ini dikarenakan selama pengukuran berlangsung, partisipan melakukan gerakan-gerakan terkait dengan penggunaan peralatan tersebut. Namun hal tersebut juga menjadi dasar kelemahan pengukuran jenis ini. Karena dilakukan dalam posisi dinamis maka pengukuran jenis ini menjadi sulit untuk dilakukan. Karena kelemahan tersebut maka jenis pengukuran yang lebih sering digunakan adalah pengukuran dimensi struktur tubuh (*static anthropometry*).

4. Prosedur dalam Anthropometri

Saat melakukan pengkajian permasalahan dengan menggunakan ilmu anthropometri, terdapat beberapa langkah yang dapat digunakan sebagai acuan. Langkah-langkah tersebut yaitu : (Wicken dkk, 2004)

- a. Menentukan populasi dari pengguna peralatan yang akan dirancang
- b. Menentukan dan mengukur dimensi tubuh pengguna yang kemudian akan digunakan sebagai penentu dimensi ukuran peralatan yang akan dirancang. Pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai macam peralatan. Peralatan yang dimaksud diantaranya yaitu *anthropometer*, *caliper* dan *sliding compass* (Wicken dkk, 2004).
- c. Menentukan prosentase dari jumlah populasi pengguna yang dapat menggunakan peralatan yang akan dirancang. Terdapat tiga pendekatan yang dapat digunakan untuk

menentukan prosentase tersebut yaitu perancangan untuk ukuran ekstrem (*design for extremes*), perancangan untuk ukuran yang dapat diatur (*design for adjustable range*) dan perancangan untuk ukuran rata-rata (*design for the average*).

- d. Menentukan *percentile* yang akan digunakan dalam perancangan peralatan tersebut
- e. Menentukan data yang telah di modifikasi. Modifikasi terhadap data dilakukan dikarenakan pada saat proses pengukuran terhadap dimensi tubuh manusia dilakukan, partisipan yang diukur dimensi tubuhnya menggunakan pakaian dengan ketebalan pakaian yang beraneka ragam. Hal ini tentu tidak mewakili ukuran tubuh yang sebenarnya. Oleh karena itu modifikasi terhadap data diperlukan.
- f. Melakukan simulasi terhadap peralatan yang dirancang. Simulasi dilakukan dengan tujuan untuk menguji peralatan yang dirancang.

5. Perancangan Stasiun Kerja

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, selain perancangan peralatan, perancangan juga dapat dilakukan terhadap stasiun kerja. Stasiun kerja mengacu pada lokasi/tempat/area dimana aktivitas pekerjaan berlangsung (Wignjosoebroto, 2000). Pada stasiun kerja selain terdapat manusia sebagai pekerja, terdapat pula elemen-elemen lainnya seperti material (dapat berupa bahan baku, barang setengah jadi maupun barang jadi), peralatan pembantu, mesin dan elemen lainnya (Wignjosoebroto, 2000). Karena bukan hanya manusia sebagai pekerja yang terdapat pada stasiun kerja maka elemen lainnya tersebut juga perlu untuk dipertimbangkan dalam perancangan stasiun kerja. Semakin banyak elemen yang ada di sekitar stasiun kerja maka semakin rumit pula perancangan terhadap stasiun kerja.

Berbeda dengan perancangan peralatan yang fokus kepada manusia sebagai penggunaannya maka pada perancangan stasiun kerja selain pertimbangan dilakukan terhadap manusia sebagai penggunaannya terdapat pula hal-hal lain yang perlu untuk dipertimbangkan. Menurut Wignjosoebroto (2000), hal-hal yang perlu dipertimbangkan tersebut diantaranya yaitu :

- a. Cara kerja dari proses yang berlangsung di stasiun kerja yang akan dirancang. Hal ini dipelajari pada teori terkait dengan studi metode kerja.
- b. Data ukuran dimensi tubuh pekerja pada stasiun kerja yang akan dirancang. Hal ini dipelajari pada teori antropometri secara umumnya.
- c. Pengaturan tata letak fasilitas pada stasiun kerja yang akan dirancang. Hal ini dipelajari pada teori tata letak fasilitas dan pengaturan ruang kerja.
- d. Pengukuran energi yang digunakan pekerja pada saat melakukan aktivitas tertentu di stasiun kerja yang akan dirancang. Hal ini dipelajari pada fisiologi.

- e. Faktor keselamatan dan kesehatan pekerja di stasiun kerja yang akan dirancang. Hal ini dipelajari pada teori keselamatan dan kesehatan pekerja.
- f. Kemampuan melakukan pemeliharaan terhadap mesin-mesin dan peralatan lainnya yang terdapat di stasiun kerja yang akan dirancang. Hal ini terkait dengan teori-teori seperti manajemen perawatan.
- g. Pengukuran waktu kerja saat pekerja melakukan aktivitas di stasiun kerja yang akan dirancang. Hal ini terkait dengan teori pengukuran waktu kerja.
- h. Faktor perilaku dari pekerja yang akan menggunakan stasiun kerja yang sedang dirancang tersebut. Hal tersebut dipelajari pada teori-teori yang mempelajari perilaku manusia.

6. Pengukuran Dimensi Tubuh Manusia

Data yang akan dikumpulkan saat mengkaji permasalahan dengan menggunakan pendekatan Anthropometri, salah satunya adalah data ukuran dimensi tubuh manusia. Yang menjadi target pengukuran adalah setiap orang yang menggunakan peralatan/stasiun kerja yang akan di rancang. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa dalam anthropometri terdapat dua macam cara yang dapat ditempuh dalam upaya untuk melakukan pengukuran dimensi tubuh manusia. Dua cara tersebut yaitu pengukuran dimensi struktur tubuh (*static anthropometry*) dan pengukuran dimensi fungsional tubuh (*dynamic anthropometry*). Karena pengukuran dengan cara pengukuran dimensi fungsional tubuh (*dynamic anthropometry*) lebih sulit dilakukan dibandingkan pengukuran dimensi struktur tubuh (*static anthropometry*) maka pengukuran dimensi struktur tubuh (*static anthropometry*) lebih sering digunakan. Dalam pengukuran dimensi struktur tubuh (*static anthropometry*) terdapat beberapa dimensi tubuh yang diukur diantaranya yaitu : (Wignjosoebroto, 2000, hal 70-71)

Tabel 3.1 Dimensi tubuh untuk perancangan dengan Anthropometri

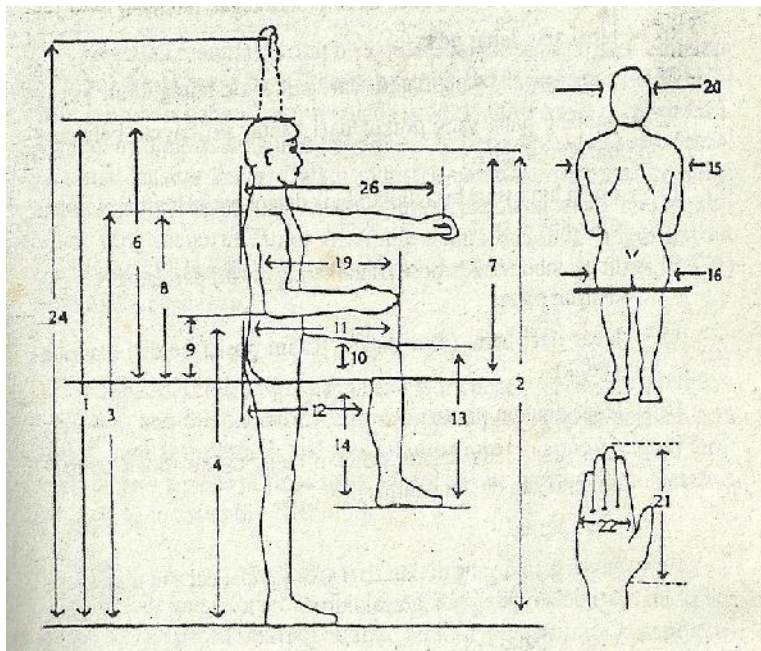
NO	KETERANGAN
1	Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai s/d ujung kepala)
2	Tinggi mata dalam posisi berdiri tegak
3	Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak
4	Tinggi siku dalam posisi berdiri tegak (siku tegak lurus)
6	Tinggi tubuh dalam posisi duduk (diukur dari alas tempat duduk/pantat sampai dengan kepala)
7	Tinggi mata dalam posisi duduk
8	Tinggi bahu dalam posisi duduk
9	Tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus)
10	Tebal atau lebar paha
11	Panjang paha yang diukur dari pantat s/d ujung lutut

Tabel 3.2. Dimensi tubuh untuk perancangan dengan Anthropometri (Lanjutan)

NO	KETERANGAN
12	Panjang paha yang diukur dari pantat s/d bagian belakang dari lutut/betis

13	Tinggi lutut yang bisa diukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk
14	Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang diukur dari lantai sampai dengan paha
15	Lebar dari bahu (bisa diukur dalam posisi berdiri atau duduk)
16	Lebar pinggul/pantat
19	Panjang siku yang diukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalam posisi siku tegak lurus
20	Lebar kepala
21	Panjang tangan diukur dari pergelangan sampai dengan ujung jari
22	Lebar telapak tangan
24	Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak, diukur dari lantai sampai dengan telapak tangan yang terjangkau lurus ke atas
26	Jarak jangkauan tangan yang terjulur ke depan diukur dari bahu sampai ujung jari tangan

Sumber : (Wignjosoebroto, 2000, hal 70-71 dalam “*Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu – Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*”)

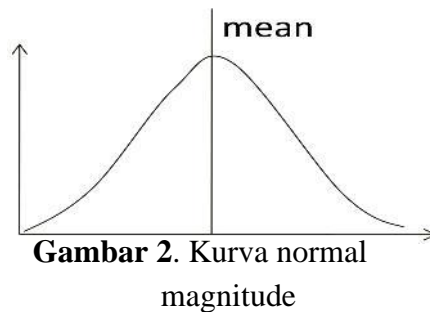


Gambar 3.3. Dimensi tubuh untuk perancangan dengan Anthropometri

Sumber : (Wignjosoebroto, 2000, hal 70 dalam “*Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu – Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*”)

7. Distribusi Normal

Setelah data ukuran dimensi tubuh pengguna dari peralatan/stasiun kerja yang akan dirancang didapatkan selanjutnya data tersebut akan diolah. Data tersebut diolah dengan menggunakan pendekatan distribusi normal. Distribusi normal dapat digambarkan dalam kurva normal yang berbentuk genta.



Sumber : (Wicken dkk, 2004, hal 246 dalam “*An Introduction to Human Factors Engineering*”)

Seperti diketahui bahwa dalam distribusi normal, mean dan standar deviasi merupakan dua parameter yang terdapat dalam distribusi normal (Wicken dkk, 2004). Oleh karena itu, data ukuran dimensi tubuh pengguna yang telah dikumpulkan akan diolah dengan menggunakan mean dan standar deviasi.

8. Percentile

Setelah data diolah dengan menggunakan mean dan standar deviasi, selanjutnya dapat ditentukan nilai *percentile*. Dalam Anthropometri, nilai *percentile* menunjukkan jumlah prosentase populasi dengan ukuran dimensi tubuh dalam kisaran tersebut atau dibawahnya (Wicken dkk, 2004). Semisal, 95-th *percentile* menunjukkan bahwa 95% populasi berada pada kisaran ukuran tersebut atau dibawahnya. Tujuan menentukan nilai *percentile* ini adalah untuk mengestimasi prosentase dari populasi pengguna yang dapat menggunakan peralatan yang dirancang dikarenakan ukuran dimensi tubuh pengguna tersebut sesuai dengan ukuran peralatan yang dirancang (Wicken dkk, 2004). Rumus *percentile* (Wicken dkk, 2004, hal 247)

Keterangan :

x = nilai percentile

s = standar deviasi

M = mean (rata-rata) sampel

F = faktor pengali

Tabel 3.3. Faktor pengali pada *percentile*

<i>Percentile</i>	F
1 st	-2,326
5 th	-1,645
10 th	-1,282
x 25 th	x -0,674
50 th	0
75 th	+0,674
x 90 th	x +1,282
95 th	+1,645
99 th	+2,326

Sumber : (Wicken dkk, 2004, hal 248 dalam “*An Introduction to Human Factors Engineering*”)

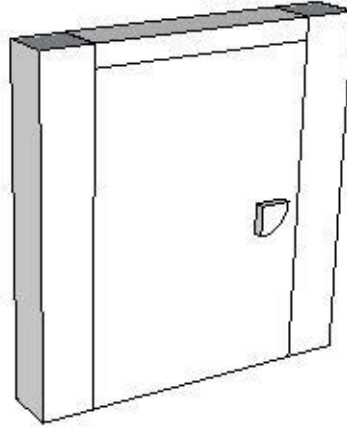
9. Cara penentuan *percentile* dalam perancangan

Saat melakukan perancangan dengan menggunakan pendekatan Anthropometri, perancang perlu untuk menentukan *percentile* mana yang akan digunakan dalam ukuran dimensi peralatan. Terdapat suatu aturan yang dapat digunakan perancang untuk menentukan hal tersebut. Aturan tersebut yaitu : (Wignjosoebroto, 2000)

a. Dimensi minimum ditetapkan berdasarkan nilai *percentile* yang terbesar yaitu seperti 90-th, 95-th, 97,5-th, 99-th.

Contoh : pada perancangan peralatan berupa pintu ruangan, penentuan tinggi pintu dapat dilakukan dengan menggunakan *percentile* untuk dimensi minimum.

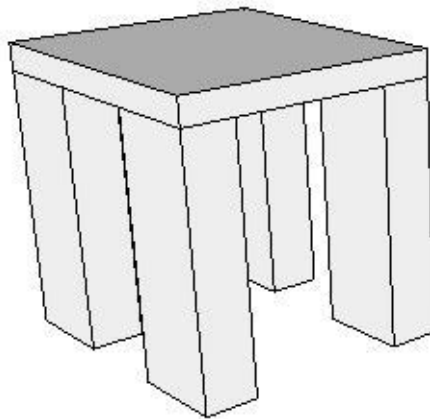
tinggi



Gambar 3.4 Pintu

- b. Dimensi maksimum ditetapkan berdasarkan nilai *percentile* yang terkecil yaitu seperti 1-th, 5-th, 10-th

Contoh : pada perancangan peralatan berupa meja, penentuan tinggi dan lebar meja dapat dilakukan dengan menggunakan *percentile* untuk dimensi maksimum.



Gambar 3.5. Meja

10. Referensi

1. Wicken, C.D., Lee, J.D., Liu, Y. & Becker, S.E.G., (2004) : *An Introduction to Human Factors Engineering*, Pearson Education, New Jersey
2. Wignjosoebroto, S., (2000) : *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu - Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*, Penerbit Guna Widya, Surabaya.
3. Nurmianto, Eko, "Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya", Edisi kedua, Penerbit Guna Darma, 2004.

BAB 4 TEMPERATUR

1. Tubuh manusia dan temperatur

Temperatur inti tubuh manusia berada pada kisaran 37°C (Kroemer & Kroemer, 2001). Hal ini terjadi khususnya pada bagian otak dan rongga dada (Kroemer & Kroemer, 2001). Oleh karena itu, terkait dengan temperatur, tubuh manusia akan selalu melakukan penyesuaian terhadap temperatur lingkungan sekitarnya. Hal ini dikenal sebagai *thermo regulatory system*. Tugas utama *thermo regulatory system* pada manusia adalah untuk menjaga temperatur inti tubuh manusia pada suhu 37°C (Kroemer dkk, 2001).

Jika pada bagian inti tubuh manusia, temperatur dijaga untuk berada pada kisaran 37°C, hal yang berbeda ditemukan pada bagian kulit. Pada bagian kulit, *thermo regulatory system* akan menjaga suhu pada bagian ini menjadi diatas titik beku dan dibawah 40°C (Kroemer dkk, 2001). Namun nilai tersebut tidaklah mutlak. Akan ditemukan sedikit perbedaan nilai dari satu bagian tubuh ke bagian tubuh lainnya. Sebagai contoh pada bagian kaki mungkin suhunya akan berkisar pada nilai 25°C sedangkan bagian lainnya seperti lengan atas berkisar pada nilai 31°C (Kroemer dkk, 2001). Perbedaan ini pada akhirnya akan memberikan rasa nyaman pada manusia (Youle, 1990 dalam Kroemer dkk, 2001).

Tubuh manusia akan selalu menyesuaikan dengan kondisi lingkungan sekitar khususnya terkait dengan temperatur. Pada kondisi cuaca panas, tubuh manusia akan menerima banyak panas dan pada kondisi cuaca dingin, tubuh akan banyak kehilangan panas (Kroemer dkk, 2001). Oleh karena itu, pada cuaca panas, tubuh akan menyesuaikan diri dengan cara melepaskan panas tubuh dan pada cuaca dingin tubuh akan menjaga panas tubuh (Kroemer dkk, 2001). Kemampuan tubuh manusia untuk menyesuaikan diri pada kondisi cuaca panas maupun cuaca dingin berbeda. Pada kondisi cuaca panas, kemampuan tubuh untuk menyesuaikan diri hanyalah sebesar 20% dari kondisi normal dan pada kondisi cuaca dingin sebesar 35% dari kondisi normal (Wignjosoebroto, 2000).

Perubahan suhu pada tubuh manusia dapat mempengaruhi fungsi tubuh dan performansi. Menurut Kroemer dkk (2001), pengaruh ini terjadi ketika terdapat perubahan suhu sebesar 2° pada suhu bagian inti tubuh manusia. Lebih lanjut Kroemer dkk (2001) menjelaskan bahwa dampak buruk akan terjadi jika perubahan suhu tersebut mencapai 6°C. Karena dampak buruk yang dapat ditimbulkan karena perubahan suhu pada bagian inti tubuh tersebut maka tugas *thermo regulatory system* pada tubuh manusia merupakan hal yang sangat penting.

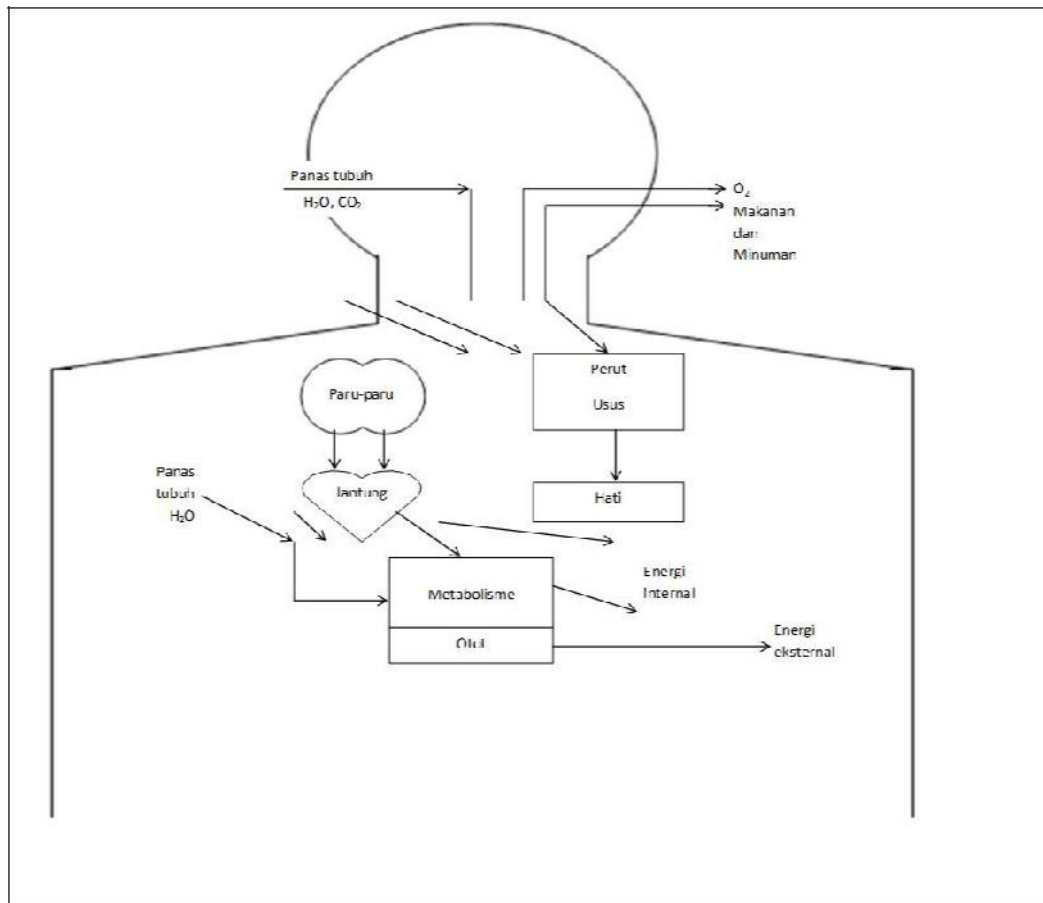
Dengan mempelajari pengaruh temperatur terhadap tubuh manusia diharapkan dapat meminimalisasi dan menghilangkan dampak buruk yang ditimbulkan.

2. Panas Tubuh Manusia

Panas tubuh yang terdapat pada tubuh manusia dihasilkan dari energi yang ada di dalam tubuh. Makanan yang dikonsumsi oleh manusia pada awalnya akan diolah di dalam tubuh. Dari proses pengolahan tersebut, akan dihasilkan energi. Energi inilah yang selanjutnya merupakan bahan baku untuk membuat panas tubuh. Panas tubuh yang dihasilkan dari energi yang dihasilkan disirkulasikan dalam tubuh melalui darah (Kroemer & Kroemer, 2001).



Reaksi kimia diatas menunjukkan bahwa satu molekul glukosa yang direaksikan dengan enam molekul oksigen akan menghasilkan enam molekul karbondioksida, enam molekul air serta energi (Kroemer dkk, 2001).



Gambar 4.1. Metabolisme dan energi yang dihasilkan dalam tubuh

Sumber : (Kroemer dkk, 2001, hal 99 dalam “*Ergonomics – How to Design for Ease and Efficiency*”)

Gambar 4.1 menunjukkan bagaimana makanan dan minuman yang dikonsumsi oleh manusia akan diolah dalam tubuh. Hasil dari pengolahan tersebut akan menghasilkan energi yang dibutuhkan oleh tubuh. Energi tersebut akan dimanfaatkan oleh tubuh salah satunya yaitu untuk menghasilkan panas tubuh. Pertukaran energi yang terjadi di dalam tubuh dapat digambarkan melalui persamaan (Kroemer dkk, 2001)

$$I = M = H + W + S$$

Keterangan :

I = energi inputan yang berasal dari makanan dan minuman

M= energi yang dihasilkan dari proses metabolisme

H= panas tubuh

W= energi yang digunakan untuk bekerja

S= energi yang disimpan di dalam tubuh

Dari persamaan diatas terlihat bahwa keseimbangan sistem tubuh terjadi ketika terjadi proses pertukaran panas tubuh ke lingkungan dan energi yang tersimpan di dalam tubuh berada pada jumlah yang cenderung tetap dan tidak berkurang (Kroemer dkk., 2001). Panas tubuh dihasilkan ketika energi inputan lebih besar jumlahnya dibandingkan energi yang digunakan untuk bekerja (Kroemer dkk., 2001).

$$H = I - W - S$$

3. Proses Pertukaran Panas

Proses pertukaran panas ke lingkungan dapat melalui beberapa cara. Beberapa cara tersebut yaitu proses radiasi, proses konveksi, proses konduksi dan proses evaporasi. Berikut penjelasan masing-masing cara tersebut.

7. Proses radiasi

“Proses radiasi merupakan suatu proses pegerakan energi elektromagnetik diantara dua permukaan yang berbeda” (Kroemer dkk, 2001, hal 234). Pada proses radiasi, panas akan mengalir dari permukaan yang lebih panas ke permukaan yang lebih dingin tanpa medium perantara (Kroemer dkk, 2001). Contoh proses ini yaitu ketika matahari bersinar pada pagi hari. Tubuh akan terasa hangat oleh karena panas yang dipancarkan oleh matahari. Pada proses radiasi, jumlah panas yang mengalir tergantung pada perbedaan panas yang dimiliki oleh kedua permukaan yang dimaksud (Kroemer dkk, 2001). Rumus terkait dengan proses radiasi ini disajikan sebagai berikut (Kroemer dkk, 2001, hal 234).

$$Q_R = f \cdot S \cdot T^4$$

$$Q_R = S h_R (\Delta t)$$

Keterangan :

- QR = jumlah panas yang hilang/panas yang diterima oleh tubuh akibat proses radiasi
- S = luas permukaan tubuh yang bersentuhan
- hR= nilai koefisien pertukaran panas
- t = suhu dalam celsius

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa jumlah panas yang hilang/panas yang diterima oleh tubuh akibat proses radiasi dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor suhu dan luas permukaan tubuh yang bersentuhan.

8. Proses konveksi

Saat kulit tubuh bersentuhan dengan udara (atau zat gas lainnya) atau dengan air (atau zat cair lainnya) maka pada saat itu proses konveksi dapat terjadi (Kroemer dkk, 2001). Proses konveksi dapat digambarkan saat seseorang berada di ruangan yang dilengkapi dengan AC. Pada kondisi tersebut tubuh akan terasa sejuk. Hal ini juga ditemukan pada saat seseorang berenang. Tubuh akan terasa panas ketika air kolam bersuhu tinggi dan tubuh akan terasa dingin ketika air kolam bersuhu rendah. Rumus terkait dengan proses konveksi disajikan sebagai berikut (Kroemer dkk, 2001, hal 235).

$$Q_{C,K} = f S k \Delta t$$

Keterangan :

- QC,K = jumlah panas yang hilang/panas yang diterima oleh tubuh akibat proses konduksi/konveksi
- S = luas permukaan tubuh yang bersentuhan
- k = nilai koefisien konduksi atau konveksi
- t = suhu dalam celsius

9. Proses konduksi

Proses konduksi terjadi ketika permukaan tubuh bersentuhan dengan benda padat (Kroemer dkk, 2001). Proses konduksi dapat digambarkan saat seseorang duduk di

sebuah kursi. Ketika orang tersebut berdiri dan meninggalkan kursi tersebut, kursi akan terasa hangat akibat adanya proses konduksi panas dari tubuh manusia ke kursi. Rumus terkait dengan proses konduksi disajikan sebagai berikut (Kroemer dkk, 2001, hal 235).

$$Q_{C,K} = f \cdot S \cdot \Delta t$$

$$Q_{C,K} \approx Sk \Delta t$$

Keterangan :

$Q_{C,K}$ = jumlah panas yang hilang/panas yang diterima oleh tubuh akibat proses konduksi/konveksi

S = luas permukaan tubuh yang bersentuhan

k = nilai koefisien konduksi atau konveksi

t = suhu dalam celsius

10. Proses evaporasi

Pada proses evaporasi, tubuh kehilangan panas dalam satu arah gerak (Kroemer dkk, 2001). Pada tubuh manusia, proses evaporasi ini dapat terlihat ketika seseorang mengeluarkan keringat saat berada di lingkungan dengan suhu yang tinggi (cuaca panas). Untuk menggambarkan proses evaporasi ini dapat digunakan rumus sebagai berikut (Kroemer dkk, 2001, hal 235).

$$Q_E = f \cdot S \cdot h$$

Keterangan :

Q_E = jumlah panas yang hilang dari tubuh akibat proses evaporasi

S = luas permukaan tubuh yang lembab

H = kelembaban udara

dari rumus diatas dapat terlihat bahwa proses evaporasi dipengaruhi oleh luas permukaan tubuh yang lembab serta faktor kelembaban udara. Tingginya nilai kelembaban udara akan menyebabkan proses evaporasi menjadi sulit dibandingkan pada kondisi lingkungan yang kering atau nilai kelembaban udaranya rendah (Kroemer dkk, 2001). Atau dengan kata lain dapat dikatakan bahwa pada tingkat kelembaban rendah, tubuh akan berkeringat. Hal tersebut juga yang menyebabkan mengapa menggunakan kipas angin pada saat tubuh berkeringat akan terasa menyegarkan (Kroemer dkk, 2001).

4. Keseimbangan Panas Tubuh

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa proses pertukaran panas ke lingkungan dapat dilakukan melalui beberapa cara yaitu melalui proses radiasi, proses konveksi, proses konduksi dan proses evaporasi. Namun keefektifan keempat cara tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa hal. Faktor jenis pakaian yang digunakan serta energi yang dibutuhkan untuk bekerja dapat mempengaruhi keempat proses tersebut (Kroemer & Kroemer, 2001). Pada akhirnya, faktor-faktor tersebut juga akan mempengaruhi keseimbangan panas tubuh. Berikut rumus terkait dengan keseimbangan panas tubuh (Kroemer & Kroemer, 2001, hal 237).

$$H \pm R \pm C \pm K - E = 0$$

Keterangan :

- H = energi (panas) yang dihasilkan dari proses metabolisme
- R = jumlah panas yang hilang/panas yang diterima oleh tubuh akibat proses radiasi
- C = jumlah panas yang hilang/panas yang diterima oleh tubuh akibat proses konveksi
- K = jumlah panas yang hilang/panas yang diterima oleh tubuh akibat proses konduksi
- E = jumlah panas yang hilang/panas yang diterima oleh tubuh akibat proses evaporasi

catatan : ketika tubuh kehilangan panas tubuh maka R, C dan K akan negatif sedangkan pada kondisi tubuh mendapatkan panas tubuh maka nilai R, C dan K akan positif.

5. Reaksi Tubuh Pada Lingkungan Dengan Suhu Panas

Tubuh manusia akan bereaksi ketika berada di lingkungan dengan suhu yang panas. Reaksi tersebut sebagai bentuk penyesuaian tubuh terhadap kondisi lingkungan sekitar. Reaksi yang diberikan tubuh dapat berupa meningkatkan suhu permukaan tubuh (bagian kulit), meningkatkan aliran darah ke kulit, mempercepat detak jantung dan memperluas output jantung (Kroemer dkk, 2001). Reaksi tersebut pada akhirnya akan menimbulkan akibat tersendiri ketika berlangsung dalam waktu yang lama. Berikut penjelasan lebih mendalamnya.

Pada saat seseorang berada di lingkungan dengan suhu yang panas, tubuh akan memproduksi panas tubuh. Panas tersebut harus dihilangkan agar tubuh dapat

mempertahankan suhu inti tubuh pada kisaran nilai 37°C (Kroemer dkk, 2001). Untuk itu suhu permukaan tubuh (bagian kulit) ditingkatkan agar berada diatas suhu lingkungan. Hal ini dilakukan dalam upaya untuk mengantisipasi kehilangan energi akibat proses konveksi, konduksi dan radiasi (Kroemer dkk, 2001). Pada saat itulah tubuh juga akan memproduksi keringat untuk mendinginkan tubuh. Jumlah keringat yang diproduksi ini antara lain dipengaruhi oleh jenis pakaian yang digunakan, kondisi lingkungan serta pekerjaan yang dilakukan (Kroemer dkk, 2001).

Terdapat dampak yang ditimbulkan akibat keringat yang diproduksi oleh tubuh. Besarnya jumlah keringat yang diproduksi dapat menyebabkan tubuh kehilangan cairan tubuh. Jika cairan tubuh yang hilang kurang dari 5% berat tubuh maka hal tersebut tidak menurunkan kekuatan otot (Kroemer dkk, 2001). Namun bagaimanapun, dehidrasi yang dialami tubuh dapat menurunkan performansi tubuh. Untuk mengatasi dampak yang ditimbulkan akibat kehilangan cairan tubuh tersebut, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan meminum air (air putih) (Kroemer dkk, 2001).

Selain meningkatkan suhu permukaan tubuh (bagian kulit), pada saat berada di lingkungan dengan suhu yang panas, tubuh juga memberikan reaksi berupa meningkatkan aliran darah ke kulit. Terkait dengan meningkatnya aliran darah ke kulit, kondisi ini jika berlangsung pada waktu yang lama maka akan menyebabkan menurunnya aliran darah ke bagian otot dan organ dalam (Kroemer dkk, 2001). Kondisi tersebut pada akhirnya akan menurunkan kekuatan otot.

6. Reaksi Tubuh Pada Lingkungan Dengan Suhu Dingin

Sama seperti ketika berada di lingkungan yang panas, ketika seseorang berada di lingkungan dengan suhu yang dingin, tubuh juga akan memberikan reaksi. Reaksi ini bertujuan untuk menjaga suhu inti tubuh pada kisaran nilai 37°C. Namun reaksi yang ditimbulkan oleh tubuh tentulah berbeda. Jika pada kondisi lingkungan yang panas tubuh harus melepaskan panas tubuh, hal yang berbeda ditemukan ketika seseorang berada di lingkungan dengan suhu yang dingin. Pada lingkungan ini tubuh harus menjaga panas tubuh (Kroemer dkk, 2001). Untuk itu tubuh akan menurunkan suhu permukaan tubuh (bagian kulit), menurunkan aliran darah ke kulit dan meningkatkan metabolisme dalam upaya memproduksi panas tubuh (Kroemer dkk, 2001).

Terdapat dampak yang ditimbulkan ketika seseorang berada di lingkungan dengan suhu yang dingin. Dampak tersebut antara lain dapat berupa hal-hal sebagai berikut : (Kroemer dkk, 2001)

11. Dehidrasi yang dirasakan seseorang
12. Produksi urin yang meningkat
13. Rasa tidak nyaman pada proses pernafasan akibat udara yang dihirup terasa dingin
14. Tubuh bergemetar dimana hal tersebut juga terkait dengan aktivitas tubuh menghirup oksigen karena oksigen yang dikonsumsi meningkat dalam upaya untuk memproduksi panas tubuh dengan cepat
15. Rasa lelah muncul dengan cepat akibat penurunan suhu otot sehingga mengurangi kemampuan kontraksi otot

Untuk mengantisipasi dampak yang muncul akibat suhu lingkungan yang dingin, terdapat beberapa hal yang biasa dilakukan. Hal-hal tersebut diantaranya yaitu menggunakan pakaian yang tebal, melindungi bagian wajah dan menggunakan peralatan yang dapat memberikan rasa hangat (Kroemer dkk, 2001). Selain itu melakukan gerakan-gerakan dinamis tubuh juga dapat dilakukan dalam upaya untuk meningkatkan tingkat metabolisme (Kroemer dkk, 2001).

7. Latihan soal-soal

Latihan 1

Amatilah lingkungan sekitarmu lalu jelaskanlah hal-hal apa saja yang Anda temukan di lingkungan sekitar yang bertujuan untuk mengendalikan suhu ruangan!

8. Referensi

1. Kroemer, K.H.E. & Kroemer, A.D., (2001) : *Office Ergonomics*, Taylor & Francis, London
2. Kroemer, K., Kroemer, H. & Elbert, K.K., (2001) : *Ergonomics – How to Design For Ease and Efficiency*, Prentice Hall, New Jersey
3. Wignjosoebroto, S., (2000) : *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu - Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*, Penerbit Guna Widya, Surabaya.
4. Nurmianto, Eko, “Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya”, Edisi kedua, Penerbit Guna Darma, 2004.

BAB 5

PENCAHAYAAN

1. Mata Manusia

Mata merupakan salah satu organ panca indera yang dimiliki manusia pada umumnya dan berfungsi untuk menangkap sinyal informasi yang ada di lingkungan sekitar. Secara general, mata terdiri atas beberapa bagian diantaranya yaitu kornea, iris, pupil, lensa, retina dan saraf optik. Setiap bagian-bagian tersebut saling bekerja sama sehingga manusia dapat menangkap sinyal informasi yang ada. Berikut merupakan fungsi dari masing-masing bagian mata tersebut (<http://id.wikipedia.org/wiki/Mata>).

a. Kornea

Kornea merupakan bagian terluar dari bola mata. Bagian ini berfungsi untuk menerima cahaya yang terpantul dari sumber cahaya ke suatu benda.

b. Iris dan Pupil

Iris dan pupil saling bekerja sama dalam menentukan jumlah cahaya yang akan ditangkap dan diteruskan ke bagian mata yang lebih dalam. Pupil akan melebar dan menyempit dalam proses tersebut. Pupil akan melebar ketika kondisi lingkungan sekitar adalah gelap dan akan menyempit ketika kondisi lingkungan sekitar adalah terang. Kemampuan pupil untuk melebar dan menyempit tersebut akan dipengaruhi oleh kerja iris sebagai diafragma.

c. Lensa

Lensa merupakan bagian mata selanjutnya. Lensa akan meneruskan cahaya yang telah melewati bagian sebelumnya yaitu iris dan pupil menuju ke bagian yang lebih dalam yaitu retina. Selain meneruskan cahaya, lensa juga berfungsi untuk memastikan bahwa cahaya yang diteruskan tersebut jatuh tepat di bintik kuning retina. Untuk menunjang kerjanya, lensa akan menebal dan menipis. Lensa akan menebal ketika melihat benda yang dekat dan akan menipis ketika melihat benda yang jauh.

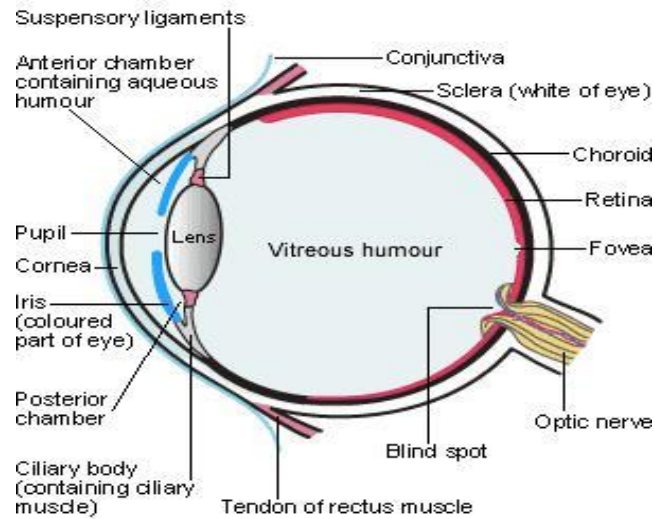
d. Retina

Retina merupakan bagian mata yang paling peka terhadap cahaya. Pada bagian retina, cahaya yang telah diteruskan tersebut akan dirubah menjadi sinyal-sinyal. Sinyal ini kemudian dikirimkan ke bagian saraf optik.

e. Saraf optik

Saraf optik akan menerima sinyal-sinyal yang dikirimkan oleh bagian retina. Sinyal-sinyal tersebut akan dikirimkan lebih lanjut oleh saraf optik menuju ke otak. Dari tahap

inilah sinyal-sinyal akan mulai diterjemahkan oleh otak dan kemudian otak akan memerintahkan anggota gerak tubuh untuk melakukan suatu tindakan sebagai bentuk respon terhadap sinyal informasi yang ada.



Gambar 5.1. Bagian-bagian Mata

(Sumber : <http://mftepundu.blogspot.com/2011/03/mata.html>)

2. Sistem Penglihatan Manusia

Pada awalnya sumber cahaya memancarkan cahaya lalu cahaya tersebut mengenai benda. Cahaya yang mengenai benda tersebut kemudian memantul dimana pantulan tersebut salah satunya mengenai ke mata. Selanjutnya terbentuk sinyal saraf mengenai keberadaan cahaya tersebut dan otak merespon sinyal saraf tersebut dengan memerintahkan kepada iris dan pupil untuk menentukan jumlah cahaya yang masuk. Selanjutnya cahaya tersebut diteruskan ke lensa dan dari lensa akan diteruskan ke retina. Lensa juga bertugas untuk memastikan bahwa cahaya yang diteruskan tersebut jatuh tepat di bintik kuning retina. Selanjutnya di retina, cahaya yang telah diteruskan tersebut akan dirubah menjadi sinyal-sinyal yang akan dikirimkan oleh saraf optik ke otak. Kembali otak akan bekerja dalam upaya menterjemahkan sinyal-sinyal yang ada dan kemudian memberikan perintah kepada anggota gerak tubuh untuk memberikan respon atas sinyal tersebut.

3. Sistem Pencahayaan

Dari penjelasan mengenai sistem penglihatan manusia diatas maka terlihat bahwa sistem pencahayaan menjadi salah satu faktor eksternal yang dapat mempengaruhi performansi mata dalam menerima sinyal informasi. Tanpa keberadaan cahaya maka seseorang tidak dapat melihat lingkungan sekitarnya secara jelas. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa cahaya menjadi salah satu faktor eksternal yang dapat mempengaruhi performansi penglihatan seseorang. Selain itu adalah merupakan hal yang penting untuk menjaga performansi penglihatan seseorang Hal ini karena dibandingkan panca indera lainnya, mata merupakan panca indera yang paling sering digunakan dalam menangkap sinyal informasi. Dari penjelasan ini maka dapat disimpulkan bahwa pengaturan yang baik terhadap sistem pencahayaan dapat mendukung performansi penglihatan manusia. Hal ini penting untuk dilakukan karena tanpa keberadaan cahaya maka manusia tidak dapat melihat secara jelas dimana hal ini akan menurunkan performansi seseorang. Penurunan performansi tersebut pada lingkungan pabrik dapat terlihat dari banyaknya kesalahan pekerja dalam mengidentifikasi sesuatu atau juga dapat diukur berdasarkan jumlah produk cacat yang dihasilkan. Selain itu, hal mengenai pengaturan sistem pencahayaan juga penting karena mata merupakan panca indera yang paling sering digunakan untuk menerima sinyal informasi.

Dalam upaya mendukung performansi penglihatan mata, terdapat beberapa saran yang diungkapkan dalam upaya pengaturan sistem pencahayaan tersebut. Menurut CIE, IESNA dan ANSI di lingkungan perkantoran pada umumnya sebaiknya sistem pencahayaan diatur pada kisaran 500 hingga 1000 lux (Kroemer & Kroemer, 2001). Nilai ini dapat bertambah jika pada lingkungan perkantoran terdiri atas banyak permukaan yang gelap (Kroemer & Kroemer, 2001). Namun pada lingkungan yang terang maka sistem pencahayaan dapat diatur pada kisaran 200 hingga 500 lux (Kroemer & Kroemer, 2001). Berikut pengaturan sistem pencahayaan untuk beberapa kondisi lingkungan.

Tabel 5.1. Pengaturan sistem pencahayaan

Table Recommended Illumination Levels*	
Type of Activity	Ranges of Illuminations (Lux)**
Public spaces with dark surroundings	30
Simple orientation for short temporary visits	50
Working spaces where visual tasks are only occasionally performed	100
Performance of visual tasks of high contrast or large scale	300
Performance of visual tasks of medium contrast or small size	500
Performance of visual tasks of low contrast or very small size	1000
Performance of visual tasks near threshold of person's ability to recognize an image	3000-10000

* Modified from: IESNA Lighting Handbook, 9th ed. Illuminating Engineering Society of North America, 2000, p. 10-13.

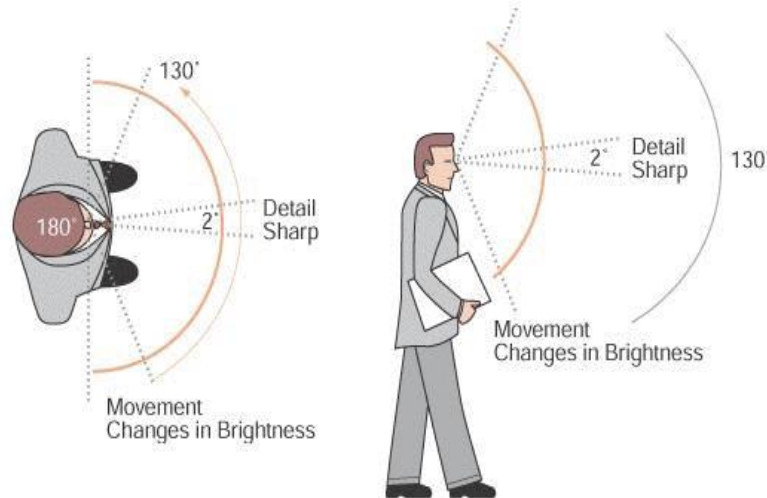
**Lux = Lumens (quantity of light) per square metre.

(Sumber : http://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/lighting_survey.html)

4. Wilayah Penglihatan

Wilayah penglihatan merupakan suatu area dimana seseorang dapat melihat dengan jelas (Kroemer & Kroemer, 2001,hal 197). Wilayah penglihatan ini terukur dalam satuan derajat (sudut). Berikut wilayah penglihatan manusia secara umum pada sisi kiri, kanan, atas dan bawah mata (Kroemer & Kroemer, 2001).

- f. Pada sisi kanan dan kiri mata, wilayah penglihatan berada pada kisaran sudut kurang lebih 90° sedangkan terkait dengan warna hanya terbatas pada sudut 65°.
- g. Pada sisi atas mata, wilayah penglihatan berada pada sudut 55° dan terkait dengan warna, wilayah penglihatan berada pada sudut 30°.
- h. Pada sisi bawah mata, wilayah penglihatan berada pada sudut 70° dan terkait dengan warna, wilayah penglihatan berada pada sudut 40°.



Gambar 5.2. Wilayah penglihatan manusia

(Sumber : <http://www.ssc.education.ed.ac.uk/courses/vi&multi/vmay06c.html>)

5. Kelelahan Mata

Kelelahan mata merupakan suatu kondisi dimana terjadi penurunan kemampuan kerja mata secara sementara. Karena terjadi penurunan kemampuan kerja mata maka seseorang yang mengalami kelelahan mata memiliki potensi untuk melakukan kesalahan dalam aktivitas kerjanya seperti salah dalam menginput data. Kelelahan mata ini dapat disebabkan oleh beberapa hal. Beberapa hal tersebut yaitu (Kroemer & Kroemer, 2001)

- i. Ketika mata digunakan untuk menerima sinyal informasi dalam jangka waktu yang lama. Contohnya yaitu bekerja dengan komputer dalam jangka waktu yang lama. Pada kondisi ini mata akan menatap ke layar monitor dalam jangka waktu yang lama.
- j. Melakukan aktivitas yang diantaranya yaitu menatap suatu objek terlalu dekat/jauh. Kondisi terlalu dekat atau terlalu jauh ini dapat didefinisikan sebagai jarak diluar batas jarak minimum mata berakomodasi yaitu 1 m dari pupil.

Untuk mengatasi kelelahan mata terdapat beberapa hal yang dapat dilakukan diantaranya yaitu dengan melalui peregangan. Peregangan ini dapat dilakukan dengan cara sementara waktu mengalihkan pandangan kepada objek yang lainnya serta sesekali mengedipkan mata.

6. Efek Silau

Efek silau dapat memberikan dampak negatif pada proses mata menangkap sinyal informasi. Hal ini dikarenakan efek silau dapat menyebabkan seseorang mengalami kesulitan melihat suatu objek (Kroemer & Kroemer, 2001). Efek silau ini dapat dikelompokkan menjadi dua bagian besar yaitu efek silau secara langsung (*direct glare*) dan efek silau secara tidak

langsung (*indirect glare*) (Kroemer & Kroemer, 2001). Efek silau secara langsung (*direct glare*) terjadi ketika cahaya bersinar dengan arah lurus menuju ke mata (Kroemer & Kroemer, 2001). Efek ini banyak dirasakan oleh pengendara kendaraan motor yang menerima cahaya langsung dari kendaraan motor pengendara lainnya dari arah yang berlawanan.

Efek silau lainnya yaitu efek silau secara tidak langsung (*indirect glare*). Pada efek silau secara tidak langsung (*indirect glare*), sebelum cahaya mengenai mata, cahaya akan terpantul dahulu. Oleh karena itu pada efek jenis ini cahaya tidak membentuk arah lurus.



Gambar 5.3. Efek silau

- k. efek silau secara langsung (*direct glare*), (b) efek silau secara tidak langsung (*indirect glare*)

(Sumber : <http://autobahn.myweb.hinet.net/g.htm>)

Cara mengatasi pengaruh yang diberikan oleh efek silau secara langsung (*direct glare*) yaitu : (Kroemer & Kroemer, 2001)

- a. Bekerja dengan posisi menghadap ke jendela dapat menyebabkan mata terkena sinar matahari yang masuk melalui jendela sehingga muncul efek silau secara langsung (*direct glare*). Untuk mengatasinya, dapat dilakukan dengan cara mengatur ulang posisi kerja
- b. Redupkan atau matikan lampu yang cahayanya langsung mengenai mata
- c. Letakkan lampu di sisi kiri atau kanan pekerja. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar cahaya lampu tidak langsung mengenai mata pekerja

Cara mengatasi pengaruh yang diberikan oleh efek silau secara tidak langsung (*indirect glare*) yaitu : (Kroemer & Kroemer, 2001)

- a. Monitor komputer dilengkapi dengan alat filter cahaya
- b. Mengatur ulang posisi kerja jika posisi sebelumnya memberikan efek silau secara tidak langsung (*indirect glare*)

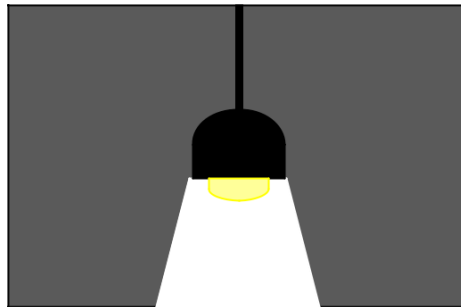
- c. Memastikan bahwa benda-benda di sekitar wilayah penglihatan tidak memiliki permukaan yang licin, berkilau dan bercahaya karena permukaan tersebut mampu memantulkan cahaya

7. Pengaturan Sistem Pencahayaan

Pengaturan sistem pencahayaan dapat dilakukan dalam 3 cara yaitu sistem pencahayaan langsung (*direct lighting*), sistem pencahayaan tidak langsung (*indirect lighting*) dan sistem pencahayaan menyebar (*diffuse*) (Kroemer & Kroemer, 2001). Berikut merupakan ciri khas dari masing-masing pengaturan sistem pencahayaan (Kroemer & Kroemer, 2001).

- a. Sistem pencahayaan langsung (*direct lighting*)

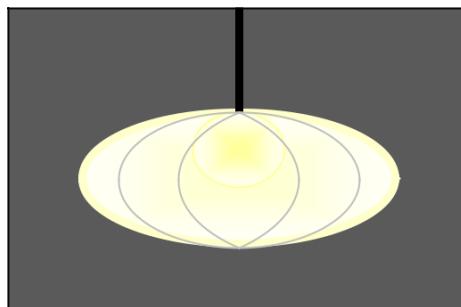
Pada sistem ini, efek dari timbulnya bayangan dan efek silau adalah tinggi. Namun sistem ini cukup efisien dalam penggunaan daya listrik.



Gambar 5.4. Sistem pencahayaan langsung (*direct lighting*)

- b. Sistem pencahayaan tidak langsung (*indirect lighting*)

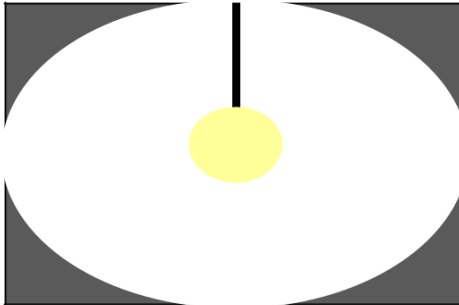
Sistem ini digunakan untuk mengatasi efek negatif yang ditimbulkan dari efek bayangan dan efek silau. Namun sistem ini kurang efisien dalam penggunaan daya listrik.



Gambar 5.5. Sistem pencahayaan tidak langsung (*indirect lighting*)

c. Sistem pencahayaan menyebar (*diffuse*)

Sistem ini menimbulkan sedikit efek bayangan dan efek silau. Namun dari sisi efisiensi penggunaan daya listrik, sistem ini lebih efisien dibandingkan sistem pencahayaan tidak langsung (*indirect lighting*).



Gambar 5.6. Sistem pencahayaan menyebar (*diffuse*)

8. Latihan Soal-Soal

Latihan 1

Menurut Anda pengaturan sistem pencahayaan berikut (sistem pencahayaan langsung (*direct lighting*), sistem pencahayaan tidak langsung (*indirect lighting*) dan sistem pencahayaan menyebar (*diffuse*)) lebih cocok diaplikasikan pada bagian mana dalam suatu lingkungan perkantoran? Jelaskan jawaban Anda!

9. Referensi

- Kroemer, K.H.E. & Kroemer, A.D., (2001) : *Office Ergonomics*, Taylor & Francis, London
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Mata>
- <http://mftepundu.blogspot.com/2011/03/mata.html>
- http://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/lighting_survey.html
- <http://www.ssc.education.ed.ac.uk/courses/vi&multi/vmay06c.html>
- <http://autobahn.myweb.hinet.net/g.htm>

BAB 6

BUNYI DAN KEBISINGAN

1. Telinga Manusia

Pada bab 4 telah dibahas tentang mata yang merupakan salah satu panca indera yang dimiliki oleh manusia pada umumnya. Pada modul ini akan dibahas panca indera lainnya yaitu telinga. Hampir serupa dengan mata, telinga juga berfungsi untuk menangkap sinyal informasi yang ada di lingkungan sekitar. Hanya saja sinyal informasi yang ditangkap melalui telinga adalah sinyal informasi yang berupa bunyi/suara. Secara general, telinga terdiri atas tiga bagian besar diantaranya yaitu telinga luar, telinga tengah dan telinga dalam. Masing-masing bagian tersebut terdiri atas bagian-bagian tertentu dengan fungsinya masing-masing. Berikut merupakan fungsi dari masing-masing bagian telinga (<http://id.wikipedia.org/wiki/Telinga>).

a. Telinga luar

b. Daun telinga

Daun telinga adalah bagian terluar dari telinga. Secara kasat mata, bagian ini dapat terlihat. Daun telinga berfungsi untuk menangkap stimulus suara yang ada di lingkungan sekitar dan mengarahkan stimulus tersebut ke bagian telinga selanjutnya.

c. Liang telinga

Bagian selanjutnya yaitu liang telinga. Liang telinga berbentuk seperti saluran. Liang telinga berfungsi untuk meneruskan stimulus suara yang telah ditangkap oleh daun telinga ke bagian selanjutnya yaitu gendang telinga.

d. Gendang telinga

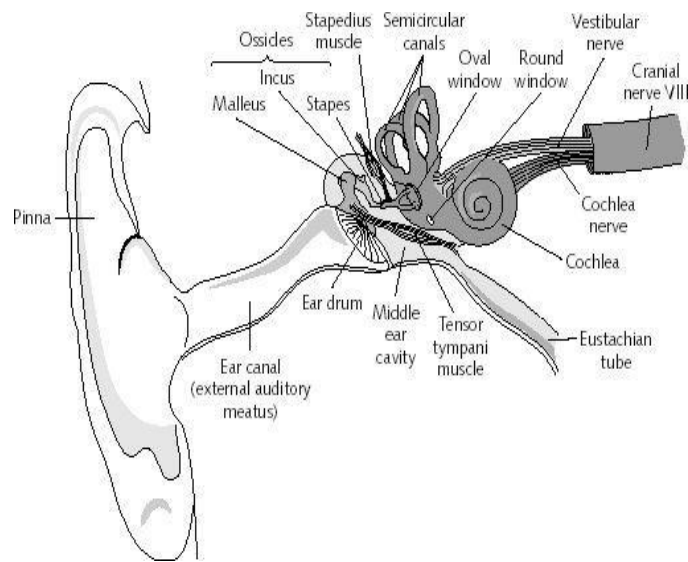
Gendang telinga merupakan bagian telinga yang berbentuk selaput. Bagian ini terletak diantara telinga luar dan telinga tengah. Gendang telinga berfungsi untuk meneruskan stimulus suara dari telinga luar menuju telinga tengah.

e. Telinga tengah

Pada telinga tengah terdapat tiga tulang pendengaran. Fungsi ketiga tulang pendengaran tersebut adalah saling bekerja sama untuk meneruskan stimulus suara yang diterima dari telinga luar menuju ke telinga dalam. Bagian ini akan menguatkan stimulus suara secara mekanik ketika getarannya terlalu kecil dan akan meredam getaran ketika stimulus suara yang ditangkap terlalu keras sehingga hanya sedikit stimulus yang dihantarkan. Hal ini dilakukan untuk mencegah kerusakan telinga dalam karena telinga dalam terlalu rapuh dan peka. Ketiga tulang tersebut yaitu :

- a. Tulang martil
- b. Tulang landasan
- c. Tulang sanggurdi
- d. Telinga dalam

Bagian selanjutnya yaitu telinga dalam. Stimulus suara yang telah sampai ke telinga tengah selanjutnya akan dihantarkan ke bagian telinga dalam. Secara umum, pada bagian inilah stimulus suara yang telah ditangkap akan dirubah menjadi sinyal-sinyal saraf yang nantinya akan dikirimkan ke otak agar dapat diterjemahkan. Telinga dalam terdiri atas labirin osea dan labirin membranasea.



Gambar 6.1. Bagian-bagian Telinga

(Sumber : <http://v-class.gunadarma.ac.id/mod/resource/view.php?id=2458>)

2. Sistem Pendengaran Manusia

Udara merupakan salah satu media yang dapat menghantarkan getaran suara yang berasal dari sumber suara. Getaran suara ini merupakan stimulus suara yang kemudian nantinya akan ditangkap oleh daun telinga sehingga suara di lingkungan sekitar dapat di dengar. Dari daun telinga, stimulus suara diteruskan ke bagian liang telinga dan kemudian ke bagian gendang telinga. Melalui gendang telinga, stimulus suara dihantarkan dari telinga luar menuju ke telinga tengah. Pada telinga tengah terdapat tiga tulang pendengaran yaitu tulang martil, tulang landasan dan tulang sanggurdi. Ketiga tulang ini akan menghantarkan stimulus

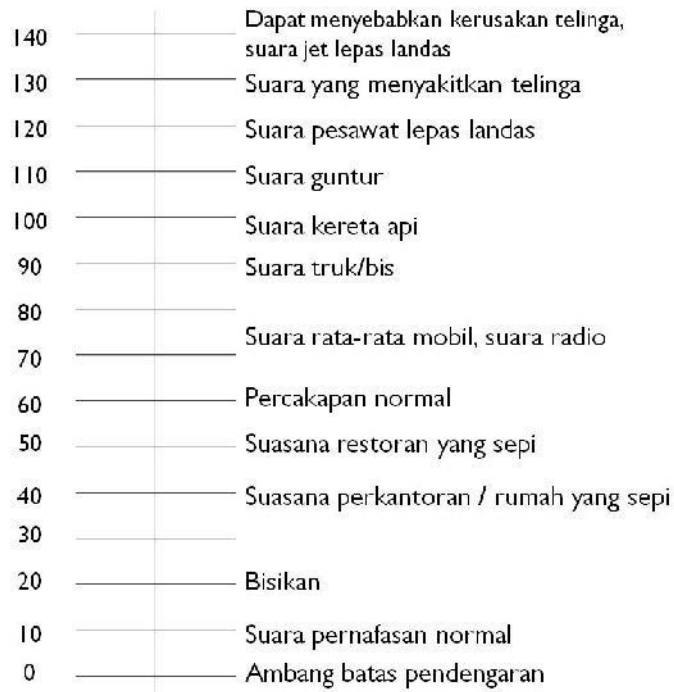
suara dari telinga tengah menuju telinga dalam. Ketiga tulang pendengaran ini saling bekerja sama dalam meredam suara jika stimulus suara yang ditangkap terlalu keras dan akan memperkuat getaran ketika stimulus suara terlalu lemah.

Ketika stimulus suara telah sampai di telinga dalam maka stimulus tersebut akan dirubah menjadi sinyal-sinyal saraf dan kemudian dikirimkan ke otak. Di otak, sinyal tersebut akan diterjemahkan sehingga akhirnya seseorang dapat mengerti suara apa yang didengar.

3. Bunyi

Bunyi yang terdengar oleh manusia sebenarnya adalah berbentuk getaran molekul udara. Getaran ini merupakan gelombang yang memiliki amplitudo dan frekuensi. Karena gelombang ini memiliki amplitudo dan frekuensi maka kualitas suara dipengaruhi oleh keduanya (Wicken dkk, 2004). Oleh karena itu pembahasan tentang bunyi ini akan lebih banyak ditekankan pada pembahasan mengenai frekuensi dan amplitudo.

Frekuensi merupakan sesuatu yang berhubungan dengan nada sedangkan amplitudo berhubungan dengan kekerasan suara (Wicken dkk, 2004). Jika frekuensi terukur dalam satuan hertz (Hz) maka amplitudo terukur dalam satuan desibel (dB). Terkait dengan frekuensi dan amplitudo, terdapat batas rentang suara yang masih dapat didengar oleh alat pendengaran manusia. Untuk frekuensi, batas rentang nilainya adalah 20 Hz sampai dengan 20 KHz (Wicken dkk, 2004). Sedangkan untuk amplitudo, batas nilai 85 dB secara general digunakan sebagai batas maksimum suara yang diperdengarkan dan pada batas ini seseorang harus mulai dilengkapi dengan alat pelindung diri (Wicken dkk, 2004). Hal ini dilakukan karena pada level ini bunyi yang terdengar mulai berbahaya bagi alat pendengaran manusia.



Gambar 6.2. Suara dan rata-rata besarnya desibel yang menyertai

(Sumber : *Wicken dkk, 2004, hal 93*)

4. Tingkat Tekanan Suara (SPL)

Tingkat tekanan Suara (SPL) merupakan rasio antara dua tekanan suara (Kroemer dkk, 2001). Nilai tersebut memiliki satuan desibel (dB). Untuk menentukan nilai ini dapat digunakan rumus matematis sebagai berikut (Kroemer dkk, 2001).

$$SPL = 10 \log (P^2 P_0^{-2})$$

atau

$$SPL = 20 \log_{10} (P P_0^{-1})$$

Untuk lebih memudahkan dalam memahami cara penggunaan rumus tersebut berikut contoh soalnya.

Hitunglah berapa desibel suara antara 400 Pa sampai dengan 1000 Pa?

Diketahui :

$$P_0 = 400 \text{ Pa}$$

$$P = 1000 \text{ Pa}$$

Jawab :

Cara 1

$$\text{SPL} = 10 \log (P^2 P_0^{-2})$$

$$\text{SPL} = 10 \log ((1000)^2 / (400)^2)$$

$$\text{SPL} = 10 \log (1000000 / 160000)$$

$$\text{SPL} = 10 \log (6,25)$$

$$\text{SPL} = 7,96 \text{ dB}$$

Cara 2

$$\text{SPL} = 20 \log_{10} (P P_0^{-1})$$

$$\text{SPL} = 20 \log_{10} (1000 / 400)$$

$$\text{SPL} = 20 \log_{10} (2,5)$$

$$\text{SPL} = 7,96 \text{ dB}$$

5. Kebisingan

Kebisingan juga merupakan bunyi. Hanya saja istilah kebisingan digunakan untuk bunyi-bunyi yang sifatnya memberi pengaruh negatif kepada pendengarnya. Kroemer dkk (2001) mendefinisikan kebisingan sebagai berikut :

“Kebisingan merupakan suara-suara yang tidak diinginkan dan tidak diharapkan keberadaannya” (Kroemer dkk, 2001, hal 199)

Mengacu pada definisi mengenai kebisingan diatas, dapat terlihat bahwa penilaian subjektif dan kondisi psikologis seseorang mengambil peran yang besar dalam upaya mendefinisikan apakah suatu bunyi tergolong sebagai kebisingan atau tidak (Kroemer dkk, 2001). Hal ini dikarenakan pada definisi diatas, kebisingan merupakan suatu suara yang tidak diinginkan. Sesuatu yang tidak diinginkan seseorang belum tentu tidak diinginkan juga oleh orang lain. Kondisi ini semakin membuat kompleks dalam upaya mendefinisikan apakah suatu bunyi dapat digolongkan sebagai kebisingan atau tidak.

Terlepas dari permasalahan yang ditimbulkan dalam upaya untuk mendefinisikan suatu kebisingan, terdapat pengaruh negatif yang ditimbulkan dari keberadaan kebisingan tersebut. Pengaruh tersebut yaitu : (Kroemer dkk, 2001)

- a. Kebisingan dapat menimbulkan emosi negatif pada diri seseorang seperti rasa tidak nyaman, marah, kaget dan sebagainya
- b. Kebisingan dapat mengganggu tidur seseorang
- c. Kebisingan dapat mengganggu seseorang untuk mendengarkan suara/bunyi lainnya yang sebenarnya ingin di dengar
- d. Kebisingan dapat menyebabkan perubahan secara kimiawi pada tubuh seseorang baik itu permanen ataupun sementara
- e. Kebisingan dapat menurunkan kemampuan perseptual seseorang dimana kondisi ini pada akhirnya akan menurunkan performansi seseorang
- f. Kebisingan dapat menyebabkan perubahan kemampuan dengar seseorang baik itu permanen ataupun sementara. Kondisi permanen biasanya didapatkan ketika kebisingan diterima secara berulang-ulang dalam jangka waktu yang lama

Seperti penjelasan sebelumnya, kebisingan akan memberikan pengaruh negatif. Di pabrik contohnya, banyak peralatan yang dapat menjadi sumber kebisingan akibat suara yang dihasilkan. Mulai dari suara yang ditimbulkan akibat gesekan antar komponen (semisal besi dengan besi) hingga suara yang ditimbulkan akibat aktivitas kerja yang dilakukan (seperti suara yang ditimbulkan oleh mesin *hammer*). Jika tidak ditangani secara baik, kondisi ini dapat mempengaruhi performansi pekerja. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu cara agar kebisingan tersebut dapat direduksi. Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menangani kebisingan. Cara-cara tersebut yaitu : (Wicken dkk, 2004)

- a. Melengkapi pekerja dengan alat pelindung diri seperti *ear plug* dan *ear muff*. Namun penggunaan alat pelindung diri ini juga memiliki kelemahan. Kelemahannya yaitu penggunaan alat pelindung diri dalam jangka waktu yang lama dapat memberikan rasa tidak nyaman pada penggunaannya (rasa sakit di bagian telinga). Selain itu penggunaan alat pelindung diri ini dapat membuat penggunaannya tidak dapat mendengar secara baik stimulus peringatan yang diberikan dalam bentuk bunyi-bunyian.



Gambar 6.3. Alat pelindung diri

(Sumber : <http://safetymigas.blogspot.com/2011/05/alat-pelindung-mata-muka-dan-telinga.html>)

- b. Penggunaan komponen peredam suara seperti karet, oli dan sebagainya pada sumber suara

Beberapa mesin dapat menjadi sumber suara diakibatkan terdapat komponen-komponennya yang saling bergesekan. Gesekan ini pada akhirnya dapat menimbulkan suara. Pada beberapa kondisi penggunaan komponen peredam suara seperti karet contohnya, dapat digunakan agar kebisingan yang dihasilkan dapat direduksi.

- c. Menjauhkan stasiun kerja dari sumber suara atau memberikan pelindung peredam suara pada mesin yang menimbulkan suara

Cara lainnya yaitu memberikan lapisan pelindung pada mesin agar suara yang ditimbulkan mesin tidak sampai keluar batas lapisan pelindung. Namun cara ini sulit dilakukan ketika mesin yang dimaksud memiliki ukuran yang cukup besar. Oleh karena itu, ketika suara yang ditimbulkan oleh sumber suara sudah tidak mampu lagi di redam dengan cara menggunakan komponen peredam suara maupun menggunakan pelindung peredam suara, maka dapat diambil langkah lainnya yaitu berupa tindakan menjauhkan stasiun kerja dari sumber suara.

6. Referensi

- d. Kroemer, K., Kroemer, H. & Elbert, K.K., (2001) : *Ergonomics – How to Design For Ease and Efficiency*, Prentice Hall, New Jersey

- e. Wicken, C.D., Lee, J.D., Liu, Y. & Becker, S.E.G., (2004) : *An Introduction to Human Factors Engineering*, Pearson Education, New Jersey
- f. <http://id.wikipedia.org/wiki/Telinga>
- g. <http://v-class.gunadarma.ac.id/mod/resource/view.php?id=2458>
- h. <http://safetymigas.blogspot.com/2011/05/alat-pelindung-mata-muka-dan-telinga.html>

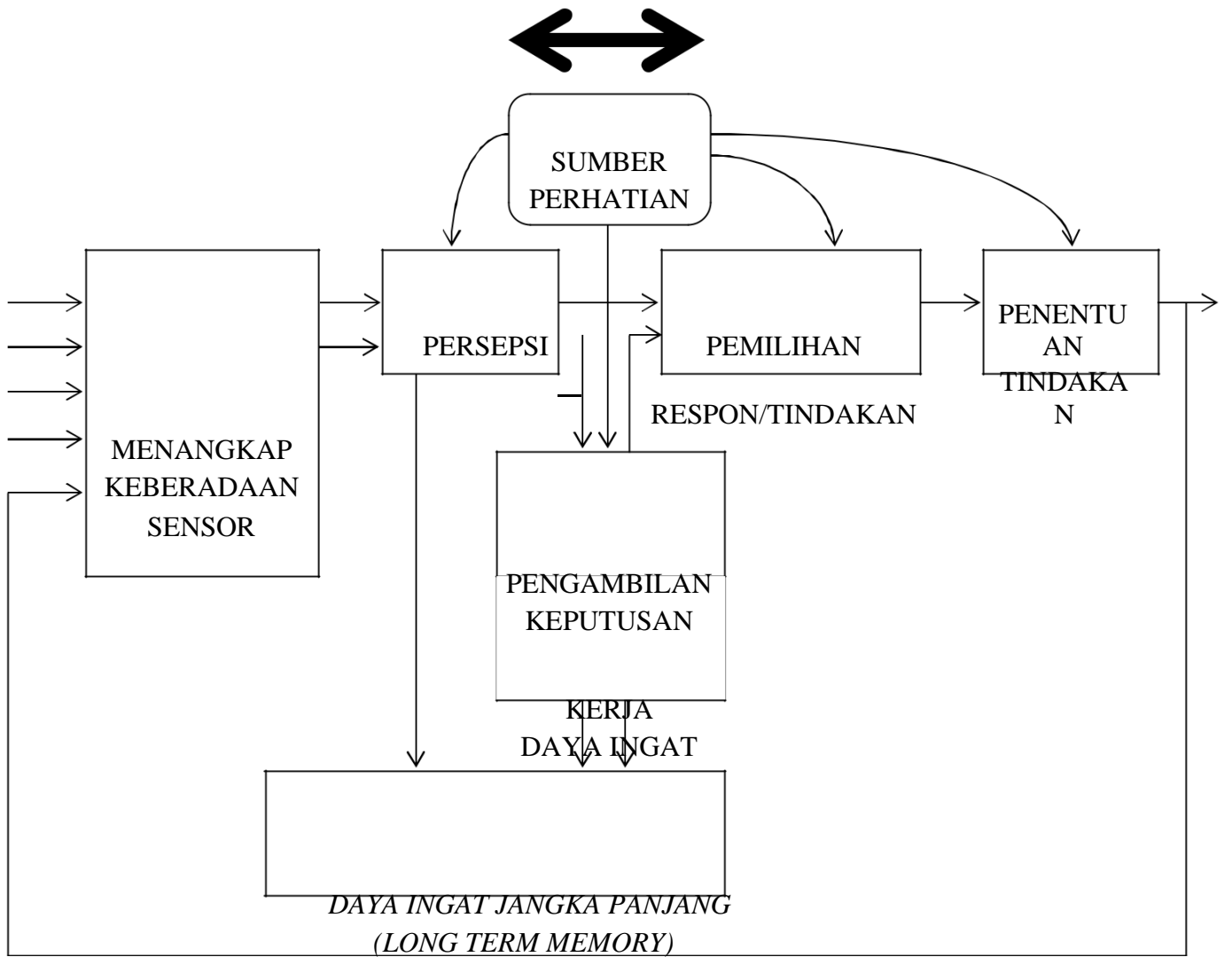
BAB 7

HUMAN INFORMATION SYSTEM

1. Human Information System

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia selalu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Interaksi ini dapat berupa interaksi dengan manusia lainnya atau dengan benda-benda yang ada di lingkungan sekitarnya. Untuk menjaga agar interaksi tersebut berjalan dengan baik maka manusia harus selalu menangkap sinyal informasi yang ada sebaik mungkin. Ketidakmampuan manusia dalam menangkap sinyal informasi yang ada dapat mengganggu proses interaksi yang ada dan dapat membawa pada dampak negatif. Sebagai contoh adalah seorang pekerja yang bekerja di stasiun kerja dengan tingkat kebisingan yang cukup tinggi. Karena tingkat kebisingan yang tinggi tersebut maka pekerja tidak dapat dengan jelas menerima bunyi-bunyi lainnya seperti alarm kebakaran. Suatu ketika terjadi kebakaran dan bunyi alarm kebakaran diperdengarkan. Karena suara mesin yang terlalu bising mendominasi maka pekerja tersebut tidak menyadari keberadaan bunyi alarm yang menyampaikan informasi bahwa sedang terjadi kebakaran. Ketidakmampuan pekerja mendengarkan suara alarm pada akhirnya membuat pekerja tidak segera menyelamatkan diri dari bahaya kebakaran. Dari contoh tersebut terlihat bahwa ketidakmampuan pekerja dalam menerima informasi yang disampaikan melalui bunyi alarm tersebut membawa dampak negatif pada pekerja terkait.

Pembahasan mengenai interaksi manusia dengan lingkungan sekitarnya tidaklah lepas dari konsep *human information system*. Dalam *human information system* dipaparkan bagaimana stimulus yang disinyalkan oleh lingkungan sekitar ditangkap, diterjemahkan dan di respon oleh manusia. Oleh karena itu, *human information system* terdiri atas tiga tahapan yaitu mulai dari proses perseptual stimulus informasi, pengolahan dan penterjemahan informasi hingga proses penentuan tindakan sebagai respon atas stimulus informasi (Wicken dkk, 2004).



UMPAN BALIK

Gambar 7.1. Human Information System

(Sumber : Wicken dkk, 2004, hal 122)

2. Proses Perseptual

Perseptual merupakan suatu tahapan dimana manusia menangkap stimulus informasi. Proses ini tidak lepas dari kinerja panca indera. Melalui panca indera, manusia dapat menangkap keberadaan stimulus informasi yang diberikan oleh lingkungan sekitar. Berikut dua contoh proses dimana alat panca indera (mata dan telinga) menangkap stimulus informasi dari lingkungan sekitar.

a. Sistem penglihatan manusia

Pada awalnya sumber cahaya memancarkan cahaya lalu cahaya tersebut mengenai benda. Cahaya yang mengenai benda tersebut kemudian memantul dimana pantulan tersebut salah satunya mengenai ke mata. Selanjutnya terbentuk sinyal saraf mengenai keberadaan cahaya tersebut dan otak merespon sinyal saraf tersebut dengan memerintahkan kepada iris dan pupil untuk menentukan jumlah cahaya yang masuk. Selanjutnya cahaya tersebut diteruskan ke lensa dan dari lensa akan diteruskan ke retina. Lensa juga bertugas untuk memastikan bahwa cahaya yang diteruskan tersebut jatuh tepat di bintik kuning retina. Selanjutnya di retina, cahaya yang telah diteruskan tersebut akan dirubah menjadi sinyal-sinyal yang akan dikirimkan oleh saraf optik ke otak.

b. Sistem pendengaran manusia

Udara merupakan salah satu media yang dapat menghantarkan getaran suara yang berasal dari sumber suara. Getaran suara ini merupakan stimulus suara yang kemudian nantinya akan ditangkap oleh daun telinga sehingga suara di lingkungan sekitar dapat di dengar. Dari daun telinga, stimulus suara diteruskan ke bagian liang telinga dan kemudian ke bagian gendang telinga. Melalui gendang telinga, stimulus suara dihantarkan dari telinga luar menuju ke telinga tengah. Pada telinga tengah terdapat tiga tulang pendengaran yaitu tulang martil, tulang landasan dan tulang sanggurdi. Ketiga tulang ini akan menghantarkan stimulus suara dari telinga tengah menuju telinga dalam. Ketiga tulang pendengaran ini saling bekerja sama dalam meredam suara jika stimulus suara yang ditangkap terlalu keras dan akan memperkuat getaran ketika stimulus suara terlalu lemah.

Ketika stimulus suara telah sampai di telinga dalam maka stimulus tersebut akan dirubah menjadi sinyal-sinyal saraf dan kemudian dikirimkan ke otak.

Tahap perseptual merupakan tahapan awal dalam *human information system*. Hambatan pada tahap ini akan mengganggu *human information system* secara keseluruhan. Agar proses

perseptual dapat berjalan dengan baik, berikut pedoman yang dapat dijadikan acuan : (Wickens, 2004)

- c. Memaksimalkan *bottom-up processing*. Hal ini tidak hanya dilakukan dengan cara meningkatkan kemampuan panca indera dalam menerima stimulus informasi tetapi juga harus disertai dengan sikap kehati-hatian dalam menanggapi beberapa stimulus yang hampir serupa dimana stimulus tersebut dapat menimbulkan kebingungan pada penerimanya
- d. Memaksimalkan kemampuan untuk menyatukan serangkaian stimulus informasi dengan cara proses perseptual yang sudah biasa dialami. Hal ini biasanya terkait dengan *long term memory* seseorang.
- e. Memaksimalkan *top-down processing* ketika *bottom-up processing* melemah dan ketika seseorang gagal menyatukan serangkaian stimulus informasi akibat stimulus informasi tersebut terlihat asing.

Walaupun pada pembahasan sebelumnya terdapat pedoman yang dapat digunakan dengan tujuan agar proses perseptual dapat berjalan dengan baik, namun tidak dapat diabaikan seperti yang telah dipaparkan sebelumnya bahwa proses perseptual ini juga tidak lepas dari kinerja alat panca indera itu sendiri. Diketahui bahwa kinerja alat panca indera akan menurun seturut dengan penambahan usia. Pertambahan usia akan mempengaruhi kinerja mata dalam hal kemampuan mata untuk berakomodasi (Kroemer & Kroemer, 2001). Hal ini dikarenakan pertambahan usia dapat menyebabkan kemungkinan terjadinya pengurangan cairan pada mata (Kroemer & Kroemer, 2001). Oleh karena itu secara tidak langsung dapat dikatakan bahwa faktor usia juga akan mempengaruhi proses perseptual.

3. Kognitif

Kognitif merupakan suatu tahapan lanjutan setelah proses perseptual dilaksanakan. Pada tahap ini stimulus yang telah dikirimkan ke otak selanjutnya oleh otak akan diterjemahkan. Karena pada tahap ini stimulus informasi akan diterjemahkan maka hal-hal yang terkait dengan mendukung atau menghambat kinerja otak menjadi hal yang mendapat perhatian lebih pada tahap ini. Proctor & Zandt (2008) menjelaskan bahwa keterbatasan sumber daya yang ada yang digunakan untuk menterjemahkan stimulus informasi dapat mempengaruhi tahap kognitif dimana hal ini secara tidak langsung juga akan mempengaruhi performansi seseorang. Hal-hal yang terkait dengan kinerja otak diantaranya yaitu kemampuan daya ingat seseorang. Menurut Proctor & Zandt (2008) ketika suatu stimulus informasi telah terbiasa diterima seseorang maka

hal ini dapat mendukung proses kognitif. Proses penterjemahan suatu stimulus informasi yang sudah terbiasa diterima akan menjadi lebih cepat, karena otak sudah pernah menterjemahkan stimulus informasi yang serupa dan proses penterjemahan tersebut tersimpan pada daya ingat seseorang. Secara umum, kemampuan daya ingat seseorang dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu (Bridger, 1995).

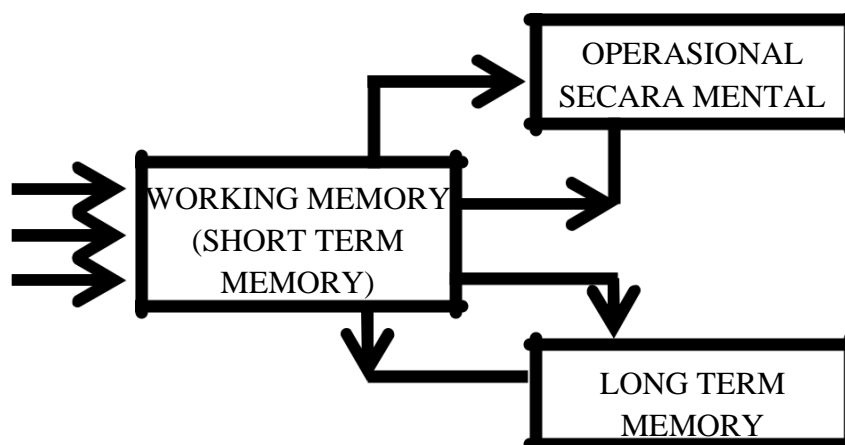
a. *Short term memory*

Short term memory meliputi hal-hal mengenai kemampuan mengingat seseorang dalam jangka pendek. *Short term memory* dapat digambarkan sebagai tempat penyimpanan sementara sejumlah informasi yang ada. Selain bersifat sementara, kapasitas yang terdapat dalam *short term memory* ini juga terbatas. Kapasitas yang terbatas inilah yang kemudian dapat menyebabkan seseorang melakukan kesalahan.

b. *Long term memory*

Long term memory meliputi hal-hal mengenai kemampuan mengingat seseorang dalam jangka panjang. *Long term memory* biasanya terkait dengan proses pembelajaran yang dialami seseorang. Pengetahuan umum seseorang tersimpan dalam *long term memory*.

Berikut merupakan gambar yang menunjukkan hubungan antara *long term memory* dan *short term memory*. Gambar dapat dilihat pada Gambar 7.2.



Gambar 7.2. Hubungan antara *Long Term Memory* Dan *Short Term Memory*

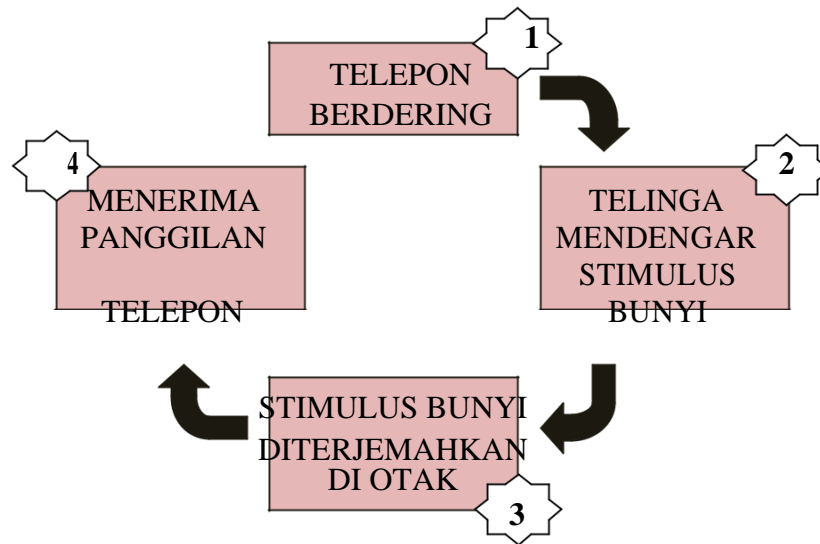
(Sumber : Bridger, 1995, hal 325)

4. Respon/tindakan

Tahapan selanjutnya pada *human information system* yang akan dibahas yaitu proses merespon atau memberikan tindakan sebagai bentuk respon atas stimulus informasi yang diterjemahkan di otak. Respon ini salah satunya dapat berupa gerakan yang dilakukan oleh

anggota gerak manusia. Pada awalnya setelah stimulus informasi telah diterjemahkan oleh otak maka akan muncul beberapa alternatif tindakan. Dari beberapa alternatif tindakan tersebut akan dipilih satu alternatif tindakan yang akan digunakan sebagai respon atas stimulus informasi yang ada. Setelah dipilih satu alternatif tindakan kemudian otak akan memerintahkan kepada anggota gerak untuk menjalankan tindakan tersebut.

5. Contoh Kasus



Gambar 7.3. Proses menerima panggilan telepon

Proses perseptual

Pada tahap ini pertama-tama telepon berdering. Output dari telepon yang berdering tersebut berupa bunyi-bunyian yang diperdengarkan. Bunyi tersebut ditangkap oleh telinga manusia sebagai stimulus informasi. selanjutnya bunyi tersebut diproses di telinga hingga disalurkan ke otak.

Proses kognitif

Stimulus informasi yang telah sampai di otak selanjutnya diterjemahkan oleh otak. Dari proses penterjemahan tersebut muncul alternatif-alternatif tindakan. dari beberapa alternatif tersebut kemudian dipilih satu alternatif tindakan.

Proses tindakan

Setelah dipilih satu alternatif tindakan selanjutnya otak memerintahkan kepada anggota gerak tubuh untuk melaksanakan alternatif tindakan yang terpilih tersebut. Dalam contoh kasus ini, tindakan yang dipilih adalah berupa tindakan mengangkat telepon dan menerima panggilan.

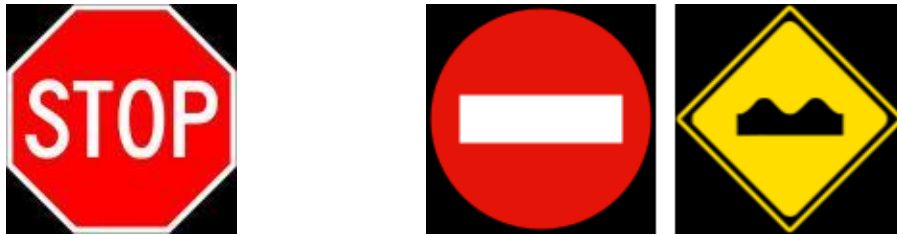
Referensi

- a. Bridger, R.S., (1995) : *Introduction to Ergonomics*, Mc Graw Hill, Singapura
- b. Kroemer, K.H.E. & Kroemer, A.D., (2001) : *Office Ergonomics*, Taylor & Francis, London
- c. Proctor, R. & Zandt, T., (2008) : *Human Factors in Simple and Complex Systems*, CRC Press, Boca Raton
- d. Wicken, C.D., Lee, J.D., Liu, Y. & Becker, S.E.G., (2004) : *An Introduction to Human Factors Engineering*, Pearson Education, New Jersey

BAB 8 DISPLAY

1. Display

Bentuk-bentuk display banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Contoh display dapat berupa speedometer pada kendaraan motor/mobil, label-label pada peralatan, rambu-rambu lalu lintas dan sebagainya.



Gambar 8.1. Contoh Display Di Jalan Raya

(Sumber : http://id.wikipedia.org/wiki/Rambu_lalu_lintas)

Display merupakan suatu media yang digunakan dengan tujuan untuk menyampaikan informasi tertentu. Dalam dunia industri, display biasanya digunakan sebagai media untuk memberikan informasi terkait dengan kondisi suatu peralatan (Kroemer dkk, 2001).



Gambar 8.2. Contoh Display Pada Mesin

(Sumber : <http://www.acsmfg.com/agriculture.html>)

Berdasarkan cara penyampaian informasinya, display dapat memberikan informasi dalam tiga cara yaitu berbentuk visual, berbentuk audio maupun berdasarkan sentuhan (Kroemer dkk, 2001). Contoh-contoh yang dipaparkan di muka merupakan contoh display berbentuk visual.

Bentuk display lainnya seperti display secara audio dapat mengambil rupa berbentuk bunyi-bunyian alarm. Contohnya yaitu alarm yang menginformasikan terjadinya kebakaran, alarm yang menginformasikan waktu jam kerja dimulai/diakhiri maupun jenis alarm lainnya.



Gambar 8.3. Contoh display berbentuk bunyi-bunyian

(Sumber : <http://www.firedirect.ie/firealarms.htm>)

Sedangkan untuk display yang berdasarkan sentuhan salah satunya dapat dijumpai pada alat Braille.



Gambar 8.4. Contoh huruf Braille

(Sumber : http://www.gopbc.org/gopbc_technology.htm)

Terdapat beberapa faktor pendukung yang menjadi alasan dalam pemilihan jenis display, mengapa memilih display yang berbentuk visual atau mengapa memilih display yang berbentuk audio. Menurut Kroemer dkk (2001), display yang berbentuk visual akan dipilih jika kondisi di lingkungan sekitar terlalu berisik, pekerja cenderung tidak berpindah tempat dan informasi yang disampaikan cukup panjang dan kompleks. Lebih lanjut Kroemer dkk (2001) menjelaskan

bahwa display yang berbentuk audio akan dipilih jika lingkungan sekitar harus dalam kondisi gelap, pekerja cenderung berpindah tempat dan informasi yang disampaikan sifatnya pendek, sederhana dan memerlukan perhatian secepatnya.

2. Display Yang Berbentuk Visual

Salah satu jenis display yang banyak dijumpai di lingkungan sekitar adalah display yang berbentuk visual. Display jenis ini dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis. Ketiga jenis tersebut yaitu : (Kroemer dkk, 2001)

a. *Check display*

Display jenis ini akan memberikan informasi terkait dengan kondisi yang saat ini sedang berlangsung. Biasanya informasi yang hendak disampaikan disajikan melalui warna-warna tertentu.

b. *Qualitative display*

Display jenis ini akan memberikan informasi terkait dengan kondisi yang sedang berlangsung namun informasi yang diberikan disajikan dalam bentuk rentang nilai.

c. *Quantitative display*

Display jenis ini akan memberikan informasi terkait dengan kondisi yang sedang berlangsung dan informasi yang disampaikan disajikan dalam bentuk angka yang harus dibaca oleh penerima informasi.

Pada display yang berbentuk visual banyak digunakan angka, huruf dan simbol dalam penyajian informasinya. Warna juga mempengaruhi kemampuan display untuk menyampaikan informasi dalam bentuk visual. Warna yang biasa digunakan dalam display diantaranya yaitu merah, kuning, hijau, putih dan sebagainya. Berdasarkan jumlah warna dalam display, display dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu : (Kroemer dkk, 2001)

a. *Monochrome display*

Display yang termasuk dalam kelompok *monochrome display* hanya memiliki satu jenis warna saja. Pada display jenis ini, latar belakang berwarna gelap (seperti hitam) akan lebih disukai dibandingkan latar belakang berwarna terang (seperti putih). Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk meminimalkan pengaruh dari silau akibat refleksi cahaya.

b. *Chromatic display*

Berbeda dengan *monochrome display*, pada *chromatic display* warna yang digunakan dalam display berjumlah lebih dari satu. Karena berjumlah lebih dari satu warna maka

kontras antar warna harus diperhatikan pada display jenis ini. Sebaiknya tidak menggunakan kombinasi warna lebih dari 4 jenis warna.

Display yang berbentuk visual banyak wujudnya. Ada yang berbentuk seperti papan peringatan ada pula yang berbentuk lampu. Untuk display yang berbentuk lampu, terdapat banyak warna yang digunakan. Warna yang biasa digunakan yaitu warna merah, hijau dan kuning. Masing-masing warna memberikan makna informasi yang berbeda-beda. Berikut ini tabel terkait dengan penggunaan warna dalam display yang berbentuk lampu.

Tabel 1.1 Indikator warna lampu pada display

Ukuran/Jenis	Warna			
	Merah	Kuning	Hijau	Putih
Diameter kurang dari atau sama dengan 13 mm, tetap (tidak berkedip)	Dalam kondisi kritis/terjadi kegagalan, tindakan : segera hentikan	Terjadi penundaan, lakukan pemeriksaan ulang	Dalam kondisi yang dapat diterima	Posisi fungsional atau fisik, tindakan sedang dijalankan
Diameter lebih dari atau sama dengan 25 mm, tetap (tidak berkedip)	Tahapan akhir (sistem/subsistem)	Peringatan keras, akan terjadi sesuatu yang berbahaya	Tahapan akhir (sistem/subsistem)	-
Diameter lebih dari atau sama dengan 25 mm, berkedip	Keadaan darurat (akan terjadi sesuatu yang berbahaya bagi pekerja maupun peralatan)	-	-	-

(Sumber : Kroemer dkk, 2001, hal 482)

3. Display Yang Berbentuk Audio

Selain berbentuk visual, display juga ada yang berbentuk audio. Sesuai dengan namanya, oleh karena itu informasi yang akan disampaikan disajikan melalui bunyi-bunyian. Contoh display yang berbentuk audio salah satunya yaitu alarm. Dalam perancangan alarm, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan. Hal-hal yang harus diperhatikan tersebut yaitu : (Wicken dkk, 2004)

- a. Suara alarm harus berada diatas batas ambang suara lingkungan sekitarnya
- b. Suara alarm tidak boleh melampaui batas maksimum suara yang boleh diperdengarkan kepada manusia
- c. Suara alarm tidak boleh muncul secara tiba-tiba karena akan membuat pendengar merasa kaget
- d. Suara alarm harus informatif
- e. Suara alarm tidak boleh menyebabkan kesalahan dalam proses perseptual pendengar

4. Perancangan Display

Untuk merancang suatu display, terdapat 13 prinsip yang dapat dijadikan acuan dalam proses perancangan. Ketigabelas prinsip tersebut yaitu : (Wicken dkk, 2004)

- a. Display yang dirancang harus dapat terbaca (untuk display yang berbentuk visual) atau harus dapat terdengar (untuk display yang berbentuk audio)
- b. Hindari *absolute judgement limits*. *Absolute judgement limits* merupakan suatu kondisi dimana seseorang menafsirkan informasi yang disampaikan melalui suatu display hanya dari satu level sensor seperti warna saja atau tingkat kekerasan bunyi tertentu saja. Hal ini dapat menyebabkan seseorang dapat salah dalam penafsiran informasi pada display.
- c. *Top down processing*. Pada kondisi ini seseorang tetap dapat menafsirkan informasi yang disampaikan melalui alat display walaupun display tersebut tidak secara jelas menyampaikan informasi yang dimaksud. Hal ini dikarenakan terdapatnya faktor pengalaman pada diri seseorang terkait dengan alat display sehingga hal tersebut dapat mendukung proses penafsiran informasi display.
- d. Display dirancang dengan bentuk lebih dari satu (semisal suara dan lampu) dan keberadaan bentuk display tersebut muncul secara berulang serta bergantian.
- e. Display harus memiliki kemampubedaan sehingga informasi yang disampaikan dapat dengan cepat ditafsirkan. Contoh display “ASD34” dengan “ASD84” secara sepiantas terlihat sama. Namun pada kenyataannya kedua display tersebut menyajikan informasi yang berbeda.

- f. Pengaturan/layout display harus disesuaikan dengan isi informasi yang hendak disampaikan. Misalkan suatu display yang menunjukkan informasi mengenai temperatur suatu mesin dari tinggi menuju rendah. Pada display tersebut sebaiknya layout di rancang secara vertikal.
- g. Perhatikan prinsip arah gerakan pada display yang bergerak. Jika seseorang penerima informasi bergerak ke depan maka sebaiknya arah display juga dirancang ke depan.
- h. Rancang display yang memberikan waktu paling singkat dalam menerima informasi
- i. Dua display yang memberikan informasi terkait suatu pekerjaan tertentu dirancang secara berdekatan. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar didapatkan waktu yang lebih singkat dalam menafsirkan dua informasi tersebut
- j. Display disajikan dalam multi bentuk (display dengan bentuk visual dikombinasikan dengan display dengan bentuk audio, contohnya : alarm kebakaran disajikan dalam bentuk bunyi-bunyian serta lampu)
- k. Merancang layout display mengikuti layout yang telah sering digunakan pada display lainnya. Layout display yang telah sering digunakan telah tersimpan dengan baik di memori seseorang.
- l. Display dirancang dengan memberikan prediksi apa yang akan terjadi ke depan
- m. Menjaga konsistensi dari display

Selain perancangan, pemilihan lokasi yang tepat untuk meletakkan display juga merupakan hal yang harus diperhatikan. Hal ini dilakukan agar informasi yang hendak disampaikan dapat benar-benar diterima dengan baik. Terdapat beberapa hal yang dapat digunakan sebagai acuan penentuan letak display. Aturan tersebut yaitu : (Kroemer dkk, 2001)

- a. Letakkan display pada posisi penglihatan normal dari penerima informasi
- b. Hindari efek silau
- c. Letakkan display pada posisi dimana penerima informasi dapat dengan mudah mengidentifikasi display
- d. Mengelompokkan display berdasarkan fungsinya atau disajikan dalam bentuk berurutan
- e. Pastikan display dibuat dengan kode atau label yang sesuai dengan fungsi dari display

5. Referensi

- a. Kroemer, K., Kroemer, H. & Elbert, K.K., (2001) : *Ergonomics – How to Design For Ease and Efficiency*, Prentice Hall, New Jersey
- b. Wicken, C.D., Lee, J.D., Liu, Y. & Becker, S.E.G., (2004) : *An Introduction to Human Factors Engineering*, Pearson Education, New Jersey
- c. http://id.wikipedia.org/wiki/Rambu_lalu_lintas
- d. <http://www.acsmfg.com/agriculture.html>
- e. <http://www.firedirect.ie/firealarms.htm>
- f. http://www.gopbc.org/gopbc_technology.htm

BAB 9

FISIOLOGI KERJA

1. Fisiologi Kerja

Pada modul-modul sebelumnya telah dibahas mengenai Biomekanika Kerja. Dalam Biomekanika Kerja, performansi kerja seseorang banyak terukur melalui kondisi fisik seseorang dimana diantaranya seperti kekuatan otot hingga besarnya gaya-gaya dan momen yang bekerja selama manusia beraktivitas dan lain sebagainya. Pada modul ini akan dibahas mengenai performansi kerja seseorang dari sudut pandang Fisiologi. Dalam Fisiologi dipaparkan performansi kerja seseorang berdasarkan kondisi internal seseorang. Pada saat seseorang melakukan aktivitas kerja maka akan terjadi perubahan-perubahan dalam kondisi internal seseorang. Perubahan-perubahan yang terjadi inilah yang kemudian akan diukur dan dianalisa dengan tujuan untuk memahami pengaruh dari aktivitas pekerjaan yang dilakukan pekerja terhadap perubahan yang terjadi di dalam kondisi internal tubuh pekerja.

Perubahan-perubahan yang terjadi pada kondisi internal seseorang dapat terukur melalui beberapa parameter diantaranya yaitu: (Wignjosobroto, 2000, hal 270)

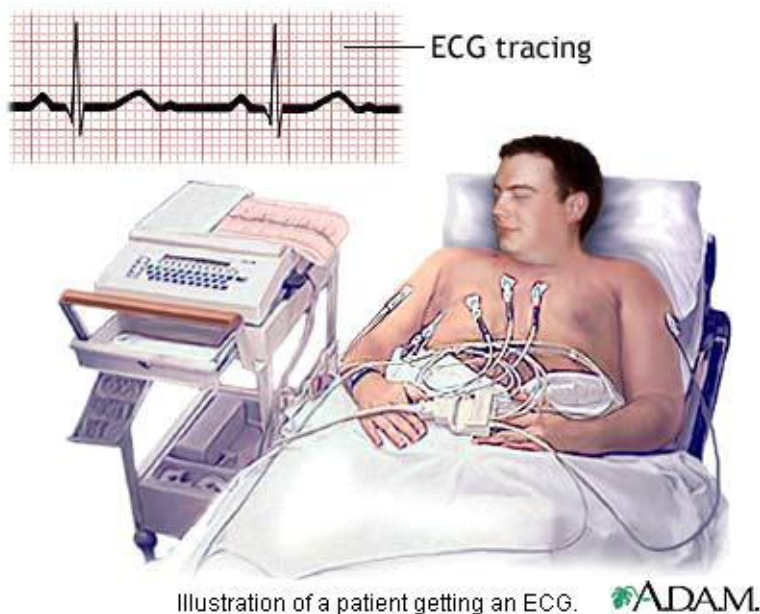
- a. Laju detak jantung (*heart rate*)
- b. Tekanan darah (*blood pressure*)
- c. Temperatur tubuh (*body temperature*)
- d. Laju pengeluaran keringat (*sweating rate*)
- e. Konsumsi oksigen yang dihirup (*oxygen consumption*)
- f. Kandungan kimiawi dalam darah (*lactic acid content*)

Dari keenam parameter yang dipaparkan diatas, laju detak jantung (*heart rate*), tekanan darah (*blood pressure*) dan konsumsi oksigen yang dihirup (*oxygen consumption*) merupakan parameter yang banyak/sering digunakan sebagai parameter pengukuran. Untuk itu selanjutnya pada modul ini, penjelasan lebih mendalam akan dibatasi pada ketiga parameter tersebut.

2. Laju detak jantung (*Heart Rate*)

Laju detak jantung (*heart rate*) menunjukkan jumlah detak jantung yang terukur setiap menit (Wicken dkk, 2004). Parameter ini banyak digunakan dalam pengukuran-pengukuran perubahan kondisi internal seseorang dari sudut pandang Fisiologi. Salah satu alasan mengapa laju detak jantung (*heart rate*) banyak digunakan sebagai parameter adalah karena kemudahan dalam pengaplikasiannya. Laju detak jantung (*heart rate*) dapat diukur dengan cara yang mudah yaitu dengan cara meletakkan tangan peneliti pada pergelangan tangan maupun leher

seseorang yang akan diukur (partisipan) (Kroemer dkk, 2001). Kemudian hitunglah jumlah detak jantung pada periode waktu tertentu (Kroemer dkk, 2001). Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata jumlah detak jantung per menit (Kroemer dkk, 2001). Pengukuran laju detak jantung (*heart rate*) juga dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan teknologi yang lebih canggih yaitu menggunakan Electrocardiogram (EKG). Electrocardiogram (EKG) menggunakan sinyal elektronik dalam proses pengumpulan data dimana sinyal ini terkait dengan detak jantung partisipan (Kroemer dkk, 2001). Peralatan ini akan diletakkan pada dada seseorang yang akan diukur laju detak jantungnya (Kroemer dkk, 2001).



Gambar 14.1. Electrocardiogram (EKG)

(<http://www.daviddarling.info/encyclopedia/E/electrocardiogram.html>)

Laju detak jantung berbanding lurus dengan besarnya beban kerja dan kebutuhan energi untuk melakukan kerja (Wicken dkk, 2004). Pada saat seseorang melakukan aktivitas kerja maka darah dalam tubuh akan terus di pompa agar dapat membawa dan mendistribusikan oksigen kepada jaringan otot tubuh yang bekerja. Semakin banyak kebutuhan akan oksigen maka jantung akan memompa lebih cepat lagi. Pada saat itulah laju detak jantung akan semakin cepat. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa semakin besar beban kerja dan kebutuhan energi untuk melakukan kerja maka laju detak jantung juga akan semakin besar. Hal ini pula yang menjadi alasan mengapa laju detak jantung (*heart rate*) dapat digunakan sebagai parameter pengukuran perubahan kondisi internal seseorang dalam kaitannya dengan beban kerja seseorang.

Walaupun laju detak jantung (*heart rate*) banyak digunakan sebagai parameter pengukuran namun terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan saat menggunakan laju detak jantung (*heart rate*) sebagai parameter. Hal ini terjadi karena laju detak jantung (*heart rate*) dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang diantaranya yaitu: (Wicken dkk, 2004)

- a. Kondisi emosional seseorang
- b. Makanan yang dikonsumsi seseorang seperti kopi dan teh
- c. Posisi kerja (bekerja dalam posisi yang statis maupun tidak normal)
- d. Bekerja di lingkungan dengan suhu yang panas

Laju detak jantung (*heart rate*) orang dewasa pada kondisi istirahat berada pada rentang 60 hingga 80 detak/menit (Wicken dkk, 2004). Pada saat seseorang melakukan aktivitas kerja, nilai tersebut akan meningkat dan kemudian mencapai kondisi stabil (Wicken dkk, 2004). Pada saat aktivitas berhenti, laju detak jantung (*heart rate*) ini tidak serta merta langsung menuju pada laju detak jantung (*heart rate*) pada kondisi istirahat (60 hingga 80 detak/menit) namun menurun secara bertahap (Wicken dkk, 2004).

Setiap orang tentu memiliki laju detak jantung (*heart rate*) maksimal. Terdapat beberapa rumus matematis yang dapat digunakan untuk mengukur laju detak jantung (*heart rate*) maksimal yaitu diantaranya rumus matematis milik Astrand & Rodahl (1986) dan Cooper dkk. (1975). Jika dilihat secara general, rumus matematis keduanya dipengaruhi oleh faktor usia. Hal ini tidaklah mengherankan mengingat bahwa laju detak jantung (*heart rate*) maksimal seseorang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: (Wicken dkk, 2004)

- a. Faktor usia
- b. Faktor gender
- c. Faktor tingkat kesehatan seseorang

Berikut rumus matematis untuk mengukur laju detak jantung (*heart rate*) maksimal.

Menurut Astrand & Rodahl (1986)

$$\text{Maximum heart rate} = 206 - (0,62 \times \text{usia})$$

Menurut Cooper dkk. (1975)

$$\text{Maximum heart rate} = 220 - \text{usia}$$

3. Tekanan darah (*Blood Pressure*)

Parameter selanjutnya yaitu tekanan darah (*blood pressure*). Yang terukur dalam parameter tekanan darah (*blood pressure*) yaitu *systolic/diastolic*. Tekanan *systolic* (*systolic pressure*) merupakan tekanan maksimal pada arteri sedangkan tekanan *diastolic* (*diastolic pressure*) merupakan tekanan minimum pada arteri (Wicken dkk, 2004).

Ketika seseorang melakukan aktivitas kerja maka kerja jantung pun akan meningkat. Peningkatan ini akan diikuti juga dengan peningkatan jumlah detak jantung (*heart rate*) seperti yang telah dijelaskan sebelumnya (Kroemer dkk, 2001). Tidak hanya detak jantung, peningkatan juga terjadi terhadap tekanan darah (*blood pressure*) (Kroemer dkk, 2001). Hal ini terjadi karena pada darah terikat oksigen yang akan dibawa dan didistribusikan kepada jaringan otot yang bekerja. Agar darah dapat mencapai jaringan-jaringan yang dimaksud maka pada arteri terjadi tekanan dalam bentuk kontraksi dan relaksasi (Wicken dkk, 2004). Pada saat kontraksi terjadi tekanan maksimal pada arteri dan pada saat relaksasi terjadi tekanan minimum pada arteri (Wicken dkk, 2004). Seperti yang telah dikemukakan sebelumnya bahwa tekanan maksimal pada arteri yaitu tekanan *systolic* (*systolic pressure*) sedangkan tekanan minimum pada arteri yaitu tekanan *diastolic* (*diastolic pressure*) (Wicken dkk, 2004). Oleh karena itu pada parameter tekanan darah (*blood pressure*) yang terukur adalah *systolic/diastolic*.

Untuk mengukur tekanan darah (*blood pressure*) terdapat beberapa peralatan yang dapat digunakan. Peralatan-peralatan tersebut diantaranya yaitu sphygmomanometer dan stetoskop (Wicken dkk, 2004). Cara kerja peralatan-peralatan yang digunakan untuk mengukur laju detak jantung (*heart rate*) dan peralatan-peralatan yang digunakan untuk mengukur tekanan darah (*blood pressure*) secara garis besar berbeda. Beberapa peralatan-peralatan untuk mengukur laju detak jantung (*heart rate*) dapat digunakan selama pekerja yang diukur melakukan aktivitasnya. Hal tersebut berbeda dengan peralatan-peralatan yang digunakan untuk mengukur tekanan darah (*blood pressure*). Peralatan-peralatan untuk mengukur tekanan darah (*blood pressure*) digunakan pada saat pekerja yang diukur berhenti melakukan aktivitasnya (Wicken dkk, 2004).



Gambar 14.2. Sphygmomanometer
(<http://www.nhlbi.nih.gov/hbp/detect/tested.htm>)



Gambar 14.3. Stetoskop
(<http://id.wikipedia.org/wiki/Stetoskop>)

4. Konsumsi oksigen yang dihirup (*Oxygen Consumption*)

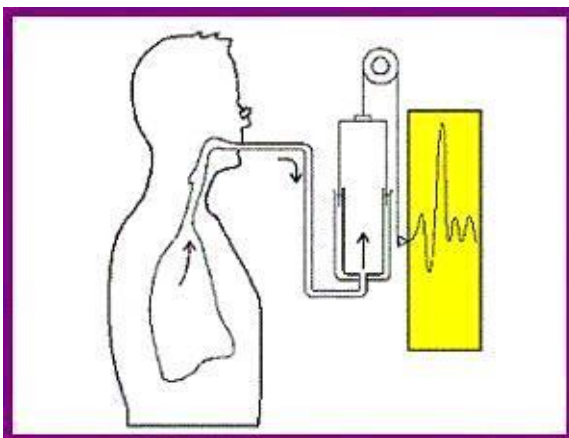
Parameter terakhir yang akan dibahas pada modul ini yaitu konsumsi oksigen yang terhirup (*oxygen consumption*). Konsumsi oksigen yang terhirup (*oxygen consumption*) digunakan sebagai parameter karena konsumsi oksigen yang terhirup (*oxygen consumption*) memiliki hubungan yang erat dengan jumlah konsumsi energi yang digunakan untuk melakukan aktivitas kerja (Wignjosoebroto, 2000). Hubungan tersebut terlihat jelas pada konversi nilai berikut ini (Wignjosoebroto, 2000, hal 272).

$$1 \text{ liter O}_2 = 4,8 \text{ Kcal} = 20 \text{ KJ}$$

Konversi nilai diatas menunjukkan bahwa setiap liter oksigen yang terhirup akan menghasilkan energi rata-rata sebesar 4,8 Kcal. Oleh karena itu berdasarkan hubungan dalam konversi nilai tersebut, untuk menghitung *energy expenditure* dapat dilakukan dengan cara mengalikan jumlah oksigen yang terhirup (liter/menit) dengan faktor pengali 4,8 (Kcal/liter) (Wicken dkk, 2004).

Sesuai dengan namanya yaitu konsumsi oksigen yang terhirup (*oxygen consumption*) maka pada parameter ini yang terukur yaitu jumlah oksigen saat bernafas. Konsumsi oksigen yang terhirup (*oxygen consumption*) diukur dengan cara menjumlah volume oksigen yang terhirup setiap menit (Wignjosoebroto, 2000).

Terdapat banyak peralatan yang dapat digunakan untuk mengukur konsumsi oksigen yang terhirup (*oxygen consumption*). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur konsumsi oksigen yang terhirup (*oxygen consumption*) yaitu dengan menggunakan metode Douglas Bag. Pada pengukuran konsumsi oksigen yang terhirup (*oxygen consumption*) menggunakan metode Douglas Bag, partisipan akan menggunakan masker wajah (*face mask*) (Wicken dkk, 2004). Selain itu, peralatan ini juga dilengkapi dengan semacam kantong yang besar yang digunakan untuk menampung udara yang dikeluarkan selama proses menghela nafas (Wicken dkk, 2004). Selanjutnya udara yang terdapat dalam kantong yang besar tersebut akan di analisa terkait dengan besarnya jumlah oksigen yang tersedia (Wicken dkk, 2004).



Gambar 14.4. Douglas Bag

(http://aranea.brighton.ac.uk/interex/index.php?option=com_content&task=view&id=157&Itemid=146)

Penggunaan konsumsi oksigen yang terhirup (*oxygen consumption*) sebagai parameter pengukuran harus memperhatikan jenis pekerjaan yang akan di analisis. Parameter konsumsi oksigen yang terhirup (*oxygen consumption*) hanya dapat digunakan pada jenis pekerjaan yang bersifat dinamis seperti aktivitas berjalan, berlari serta proses pengangkatan yang dinamis dimana pada aktivitas-aktivitas tersebut terjadi proses kontraksi dan relaksasi otot (Wicken dkk, 2004). Parameter ini kurang cocok diaplikasikan pada jenis pekerjaan yang sifatnya statis seperti memegang beban yang berat dalam posisi statis untuk jangka waktu yang lama (Wicken dkk, 2004). Hal ini dikarenakan pada pekerjaan yang bersifat statis, kerja otot bersifat lokal (hanya sebagian kecil jaringan otot saja yang bekerja, terkait dengan anggota badan yang digunakan untuk proses kerja) dan otot berkontraksi dalam jangka waktu yang lama (Wicken dkk, 2004).

6. Referensi

- a. Kroemer, K., Kroemer, H. & Elbert, K.K., (2001) : *Ergonomics – How to Design For Ease and Efficiency*, Prentice Hall, New Jersey
- b. Wicken, C.D., Lee, J.D., Liu, Y. & Becker, S.E.G., (2004) : *An Introduction to Human Factors Engineering*, Pearson Education, New Jersey
- c. Wignjosoebroto, S., (2000) : *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu - Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*, Penerbit Guna Widya, Surabaya
- d. (<http://www.daviddarling.info/encyclopedia/E/electrocardiogram.html>)
- e. (<http://www.nhlbi.nih.gov/hbp/detect/tested.htm>)
- f. (<http://id.wikipedia.org/wiki/Stetoskop>)
- g. ([http://aranea.brighton.ac.uk/interex/index.php?option=com_content&task=view&id=157 &Itemid=146](http://aranea.brighton.ac.uk/interex/index.php?option=com_content&task=view&id=157&Itemid=146))

BAB 9 SHIFT KERJA

Banyak penelitian menunjukkan bahwa perubahan waktu kerja menimbulkan perubahan efisiensi pekerja. Sebuah penelitian di Inggris menunjukkan perpendekan jam kerja menghasilkan peningkatan output per jam-nya, pekerjaan diselesaikan semakin cepat sedang istirahat yang spontan (bukan waktu istirahat resmi) menjadi berkurang. Perubahan irama kerja ini ternyata telah dapat berjalan lancar hanya dalam waktu beberapa hari (untuk memperkenalkan metoda baru biasanya membutuhkan waktu berbulan-bulan). Di sisi lain, perpanjangan jam kerja mengarah pada perlambatan kecepatan kerja serta berkurangnya prestasi per jam-nya.

Dalam banyak kasus, bekerja yang melebihi 10 jam sehari mengakibatkan penurunan performansi akibat kelelahan. Pengamatan ini menghasilkan kesimpulan bahwa seseorang memiliki indikasi untuk mempertahankan output harian yang telah ditetapkan, sehingga ia akan berupaya untuk mencapai irama kerjanya sendiri sebagai usaha mengadaptasi situasi tersebut. Fenomena tersebut hanya akan berjalan bila pekerjaan tidak bergantung pada mesin atau konveyor.

KERJA LEMBUR

Penelitian membuktikan bahwa kerja lembur berlebihan bukan hanya berdampak pada output, tetapi akan meningkatkan kemungkinan sakit atau kecelakaan kerja masalah lain yang timbul dengan bekerja pada shift malam adalah:

- b. *Fatigue*, karena rata-rata waktu tidur pekerja kurang dari 1,5 jam
- c. Gangguan kesehatan, masalah sakit pada perut, gangguan pencernaan, dan peningkatan laju penyakit cardiovascular
- d. Gangguan kehidupan social, dengan keluarga, persatuan pekerja, ratap/ pertemuan-pertemuan
- e. Penurunan produktivitas
- f. Peningkatan laju kecelakaan kerja

Salah satu aspek potensi gangguan performansi kerja yang dapat mempengaruhi produktivitas kerja seperti menurut Grandjean (1988), Pheasant (1991, dan & Helander (1995), bekerja bergilir dan bekerja pada malam hari dapat menimbulkan beberapa masalah kesehatan dan fisiologi tubuh, gangguan kehidupan rumah tangga, dan kehidupan social bermasyarakat.

Hal ini terjadi karena adanya perubahan pada *circadian rhythm*/ irama sirkadian/ irama normal fisiologi tubuh selama 24 jam, yang manifestasinya dapat berupa gangguan tidur, gangguan system pencernaan, kelelahan dan kejenuhan, serta hambatan komunikasi/ kontak social.

SHIFT KERJA

Sejarah ergonomi mencatat sejak PD II produksi yang tadinya meningkat karena jam kerja di tambah, tiba-tiba anjlok karena sebagian besar karyawan menderita sakit dan tidak masuk kerja, setelah tiga bulan kerja.

Perspektif atas di atas menggambarkan shift kerja dapat menimbulkan beberapa masalah kesehatan dan fisiologi tubuh, perubahan circadian rhythm atau perubahan irama fisiologi tubuh selama 24 jam, yang seringkali menyebabkan gangguan system pencernaan, kelelahan, kejenuhan, dan lainnya yang berhubungan dengan berbagai fungsi organ tubuh dan proses fisiologi tubuh. Bahkan dalam operasional seringkali menimbulkan kecelakaan kerja.

Seringkali bekerja shift menimbulkan stress di tempat kerja, antara lain disebabkan:

2. Faktor Pekerjaan

Dampak lingkungan pekerjaan dari pekerja dalam pekerjaan fisik yang dilakukan dapat berdampak pada sikap emosional, kemampuan fisik, dan permasalahan performansi kerja lainnya. Contoh: gangguan dari kebisingan, kurangnya ventilasi udara tempat kerja, lokasi pekerjaan yang jauh dari interaksi social (misalnya offshore).

3. Faktor Organisasi

Dalam pekerjaan shift yang di lakukan seringkali gangguan organisasional (*organizational stress*) dan biologi (*biologic factor*) lebih mendominasi permasalahan shift kerja. Pada factor organisasi ini terdapat 6 item yang mempengaruhi penurunan kualitas kesehatan pada system shift kerja:

kurang partisipasi antar karyawan dalam metodologi kerja dan rancangan pekerjaan
kurangnya pendukung secara organisasional, seperti halnya tercerin dalam *supervisory style* atau adanya manajemen pendukung dan kebijakan peningkatan karier

kurangnya partisipasi dalam melaksanakan aktivitas kerja, biasanya disebabkan oleh kurangnya kesadaran sikap pekerja

pengawasan yang tertutup pada *supervision style*, yang mampu mengakibatkan dampak negatif terhadap performansi kerja

kebutuhan akan keamanan terhadap resiko bahaya dari suatu pekerjaan secara keseluruhan, di mana tingkatkan kompensasi, factor keamanan selama bekerja beserta hal lainnya yang mendukung bertambahnya stress pada pekerjaan

minimnya partisipasi keterlibatan dalam suatu desain, struktur, dan penentuan waktu pelaksanaan tugas pekerjaan yang mempengaruhi secara signifikan terhadap stress kerja.

4. Faktor Adaptasi Biologi

Fungsi biologi tubuh pada alur kerja Selama 24 jam, secara fisik pada waktu siang/malam menunjukkan fluktuasi fungsi tubuh, para pekerja malam mengalami gangguan tidur yang terbalik dari kondisi normal, sehingga pada bekerja shift malam temperatur tubuh pekerja tinggi semenjak memulai kerja shift, dan secara berangsur mengalami kebiaaan dalam bekerja malam.

5. Faktor Lingkungan dan Individu

Adanya perhatian khusus dari upaya menjaga kesehatan pekerja shift malam, di mana penyesuaian terhadap kebiasaan0kebiasaan, seperti kebutuhan tidur dan makan yang ketika bekerja shift malam sering kali berjalan tidak sehat. Dari hal tersebut di atas seringkali gejala-gejala medis yang timbul seperti berkurangnya berat tubuh, adanya gangguan pencernaan, gangguan pernafasan, kelalahn, dsb.

6. Efek Performansi dari bekerja shift

Secara umum performansi kerja tergantung pada kombinasi dari bentuk tugas, system shift, dan karakter pekerja. di mana seringkali kurangnya performansi pada shift malam salah satu penyebabnya adalah menurunnya fungsi fisiologi tubuh (*circadian rhythm*) atau lambannya adaptasi pada pekerjaan shift malam itu sendiri.

7. Efek kesehatan dari bekerja shift

Banyak studi yang memperlihatkan bahwa para pekerja dengan sistem shift secara umum mengalami *incident of sickness* jika dibandingkan dengan para pekerja tanpa menggunakan sistem shift. Perbedaan terjadinya *incident of sickness* antara pekerja dengan sistem shift dengan yang tidak adalah bahwa secara kuantitas *sick days* lebih banyak diderita oleh pekerja dengan sistem shift, dengan didominasi penyakit seperti masalah *gastrointestinal*.

BEBAN KERJA (*WORK LOAD*)

Beban kerja merupakan hal yang sering diperbincangkan para ahli ergonomi dewasa ini. secara garis besar, beban kerja dapat dikelompokkan ke dalam dua golongan besar, yaitu beban kerja obyektif (*objective workload*) dan beban kerja subyektif (*subjective workload*).

2. Metoda Obyektif

Pengukuran beban kerja obyektif merupakan suatu pengukuran beban kerja dengan sumber data yang diolah adalah data-dat akuantitatif seperti:

Denyut jantung: digunakan untuk mengukur beban kerj adinamis seseorang sebagai manifestasi dari gerakan otot. Semakn besar aktivitas otot maka semakin besar fluktuasinya, dan semakin kecil (rendah) aktivitas otot maka semakin kecil pula fluktuasi dari gerakan denyut janrung yang ada.

Menurut Grandjean (198) dan Suyasning (1981) beban kerja dapat diukur dengan denyut nadi kerja, selain itu denyut nadi juga dapat dipakai untuk memperkirakan kondisi fisik atau derajat kesegaran jasmani seseorang. Denyut jantung permenit jug adapat dipergunakan untuk mengukur kelelahan, apabila saat istirahat denyut jantung asinh tinggi atau pada saat bangun tidur denyut jantung tinggi maka dipastikan orang tersebut menderita kelelahan kronis.

3. Metoda Subyektif

Pengukuran dbeban kerja obyektif merupakan pengukuran beban kerja dengan sumber data yang diolah adalah data yang bersifat kualitatif seperti NASA TLX, dan SWAT (*Subject Workload Assessment Technique*). SWAT dikembangkan untuk menjawab pertanyaan bagaimana mengukur beban kerja dalam lingkungan yang sebenarnya. Menurut model SWAT performansi kerja manusia terdiri dari tid dimensi ukuran beban kerja, yaitu:

beban waktu/ Time Load (T)

beban usaha mental/ Effort (E)

beban tekanan psikologis (S)

dengan masing-masing terdiri dari 3 level (rendah, sedang, dan tinggi)

PERBAIKAN KERJA KERJA

Acuan berikut dapat digunakan untuk menjadwalkan kerja shift dan untuk menyeleksi individu yang dilibatkan dalam kerja shift:

5. Tipe Pekerjaan

Panjang atau durasi shift haruslah dikaitkan dengan tipe pekerjaan, untuk pekerjaan ringan shift 12 jam dipikirkan. Pada kenyataannya, banyak pekerja menyukai shift 12 jam (Miller, 1992). Terdapat kepuasan kerja, perbaikan moral, dan pengurangan ketidakhadiran. Tetapi kesiapsiagaan dan dengan demikian keamanan mengalami penurunan, dan pekerja bekerja lebih lambat.

Pekerjaan fisik berat atau mental-kompleks, shift kerja tidak boleh lebih dari 8 jam, bahkan bila mungkin 6-7 jam pada malam hari. Pemeriksaan visual dan pemantauan visual sulit dilakukan malam hari, kerna pekerjaan ini memerlukan kewaspadaan. Penelitian Rohmert & Luczack (1978) terhadap operator penyortir surat di sebuah kantor pos di Jerman, setelah bekerja 2 jam pada shift malam kelelahan menjadi besar sekali. Selain itu, pada jam kritis (03.00 – 05.00 pagi) terjadi peningkatan kesalahan secara signifikan.

6. Penjadwalan Kerja Shift

Dalam menyusun penjadwalan shift kerja terdapat beberapa pembatas, sebagai contoh: 7 hari operasi menggunakan 4 orang tenaga kerja. Knauth et al. (1979) menitikberatkan bahwa 40 jam kerja seminggu sukar untuk digunakan, sehingga 42 jam perminggu lebih dimungkinkan.

$$7 \text{ hari perminggu} \times 24 \text{ jam} = 168 \text{ jam/minggu}$$

$$\frac{168 \text{ jam}}{4 \text{ orang}} = 42 \text{ jam/orang}$$

dengan demikian seminggu dibagi menjadi 42 jam segmen. Beberapa prinsip yang perlu diperhatikan dalam penjadwalan ini adalah:

lakukan 4 minggu sebagai satu siklus penjadwalan, semakin pendek siklus, semakin mudah pekerja untuk manjalannya

setelah setiap shift malam, sekurangnya istirahat 24 jam

akhir minggu yang panjang pada akhir atau awal minggu harus diperhatikan rotasi penugasan shift secara maju: dari pagi ke sore ke malam

Minggu ke-	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jum'at	Sabtu	Minggu
1	N	-	M	A	N	-	-
2	-	M	A	N	-	M	M
3	M	A	N	-	M	A	A
4	A	N	-	M	A	N	N

M: shift pagi, A: shift sore, N: shiftmalam, -: istirahat

Dua alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan cara *metropolitan-rota* atau system shift 2-2-2 dan *continental-rota* atau system shift 2-2-3.

Minggu ke-	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jum'at	Sabtu	Minggu
<i>Metropolitan rota</i>							
1	M	M	A	A	N	N	-
2	-	M	M	A	A	N	N
3	-	-	M	M	A	A	N
4	N	-	-	M	M	A	A
5	A	N	N	-	-	M	M
6	A	N	N	-	-	M	M
7	A	A	N	N	-	-	M
8	M	A	A	N	N	-	-
<i>continental rota</i>							
1	M	M	A	A	N	N	N
2	-	-	M	M	A	A	A
3	N	N	-	-	M	M	M
4	A	A	N	N	-	-	-

shift pagi, A: shift sore, N: shiftmalam, -: istirahat

11. Penyeleksian individu yang terlibat dalam kerja shift.

Beberapa individu bersedia bekerja shift. Beberapa faktor yang dapat digunakan untuk memprediksi apakah seseorang dapat diharapkan dapat menghadapi kesulitan pada kerja shift. Faktor-faktor individu yang menyebabkan masalah dalam beradaptasi dengan kerja shift adalah:

orang yang hidup sendiri

lebih sulit lagi orang yang memiliki gangguan pencernaan

orang yang menderita gangguan tidur

berusia lebih dari 50 tahun

morning type individual

epilepsy

memiliki pekerjaan sampingan

BAB 10

PERANCANGAN KERJA MANUAL

Perancangan kerja manual diperkenalkan oleh Gilbreth melalui Studi dan Prinsip Ekonomi Gerakan dan dikembangkan lebih lanjut oleh Barnes (1980).

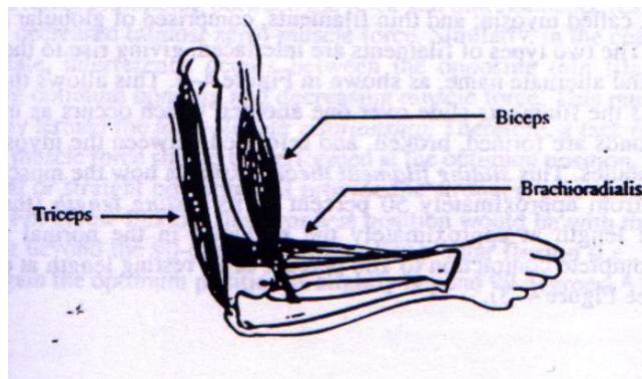
Prinsip tersebut dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

- g. Penggunaan tubuh manusia
- h. Perancangan dan pengkondisian tempat kerja
- i. Perancangan peralatan dan perkakas

Pemanfaatan model empirik ditentukan secara anatomi, biomekanik, dan fisiologi dari prinsip tubuh manusia, yang merupakan bentuk dasar dari ergonomi & perancangan sistem kerja.

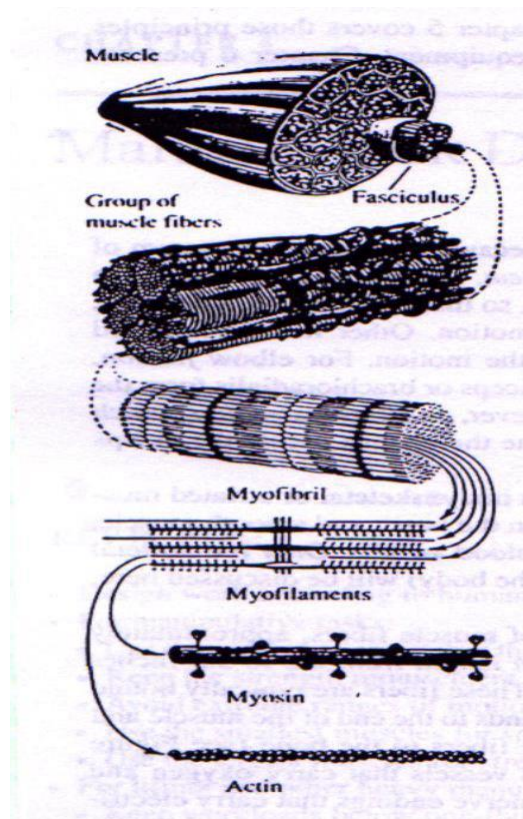
5.1. SISTEM TULANG-OTOT (*MUSCULOSKELETAL SYSTEM*)

Tubuh manusia mampu menghasilkan gerakan karena adanya sistem yang kompleks dari tulang dan otot (*musculoskeletal system*) di mana otot hanya mempunyai kemampuan kontraksi dan relaks/santai. Otot yang merupakan penggerak/aktivator utama, *agonis*, bergerak dengan arah berlawanan terhadap otot lainnya dikenal sebagai *antagonis*, yang berfungsi untuk mengendalikan dan mengembalikan posisi tangan dan kaki pada tempat asalnya. Dalam pergerakan pelan dan terkendali, baik otot penggerak utama maupun antagonis berada pada posisi tegang (*tension*) selama pergerakannya. Sebaliknya dalam pergerakan yang cepat, otot antagonis secara otomatis akan relaks. Sebagai contoh, pada saat siku melakukan *flexion*, sudut siku dalam mengecil, bisep membentuk agonis dan sebaliknya untuk trisep Pada saat siku melakukan *extension*, sudut siku dalam membesar, triseps membentuk agonis dan sebaliknya untuk bisep (gambar 5.1.).



Gambar 5.1.

Dalam bagian ini hanya akan dibahas tentang otot striatitik (*striated muscle*) yaitu otot sadar dengan mengabaikan otot kardiak dan viseral yang merupakan otot tak sadar. Otot terbentuk atas fiber yang berukuran panjang dari 10 – 400 mm dan berdiameter 0.01-0.1 mm. Pengujian mikroskopik menunjukkan fiber terdiri dari myofibril yang tersusun atas sel-sel filamen dari molekul myosin (Gambar 5.2). yang saling *overlap* (tumpang tindih) yang dengan filamen dari molekul aktin.



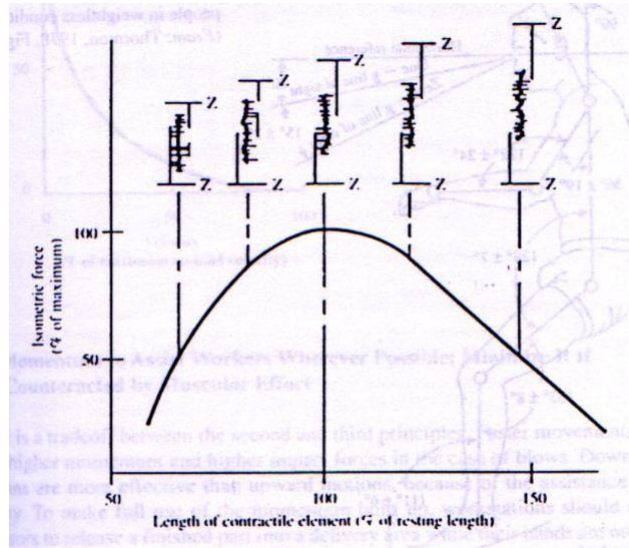
Gambar 5.2.

Tegangan yang bisa dihasilkan tergantung dari filamen, sejalan dengan memanjangnya otot pada kondisi tumpang tindih maka dapat mengurangi tegangan tersebut. Sedangkan pemendekan otot yang terlalu pendek akan mengakibatkan berkurangnya inferensi tegangan. Sedangkan posisi optimum untuk tegangan adalah terjadi pada panjang otot istirahat (*resting length*). Dengan kata lain *resting length* merupakan panjang otot pada saat tidak kontraksi pada sekitar titik tengah dalam rentang gerakan normal. Teori pergeseran filament menjelaskan bagaimana panjang otot dapat berubah dari sekitar 50% *resting length* ke kontraksi lengkap pada 180% *resting length* (memanjang).

5.2. PRINSIP-PRINSIP PERANCANGAN KERJA: EKONOMI GERAKAN

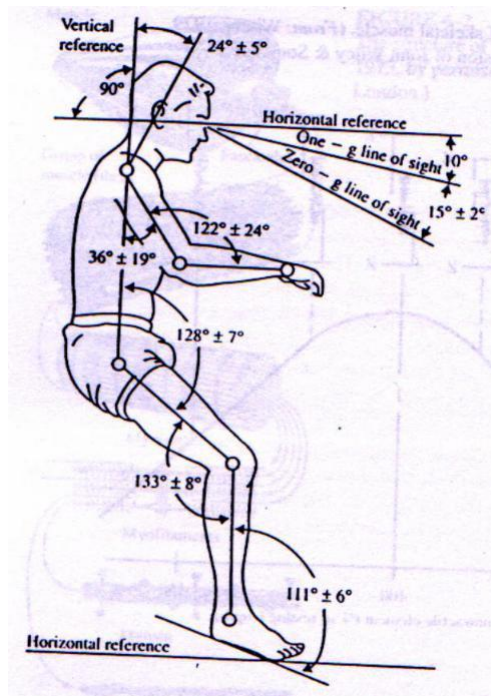
5.2.1. Gerakan mencapai kekuatan otot maksimum pada pertengahan rentang gerakan (50% - 180%).

Ikatan optimal terjadi antara filamen tebal dan tipis, overlap yang terjadi pada myosin dan aktin minimal sehingga terjadi penurunan gaya otot (hampir nol).



Gambar 5.3

Untuk memperoleh kerja dengan prinsip ini maka diperlukan gaya otot yg membentuk posisi optimal.



Gambar 5.4

5.2.2. Gerakan mencapai kekuatan otot maksimum pada gerakan yang lambat.

Semakin cepat ikatan filamen dibentuk menyebabkan semakin tidak efektif karena gaya otot yang dihasilkan berkurang, sehingga sedapat mungkin menggunakan momentum untuk membantu pekerja. Semakin cepat gerakan menghasilkan momentum dan gaya impak lebih tinggi, maka untuk itu dapat

digunakan gaya gravitasi.

5.2.3. Merancang pekerjaan untuk mengoptimalkan kemampuan kekuatan manusia

Kemampuan kekuatan manusia tergantung pada tiga factor kerja utama (gambar 5.6), yaitu:

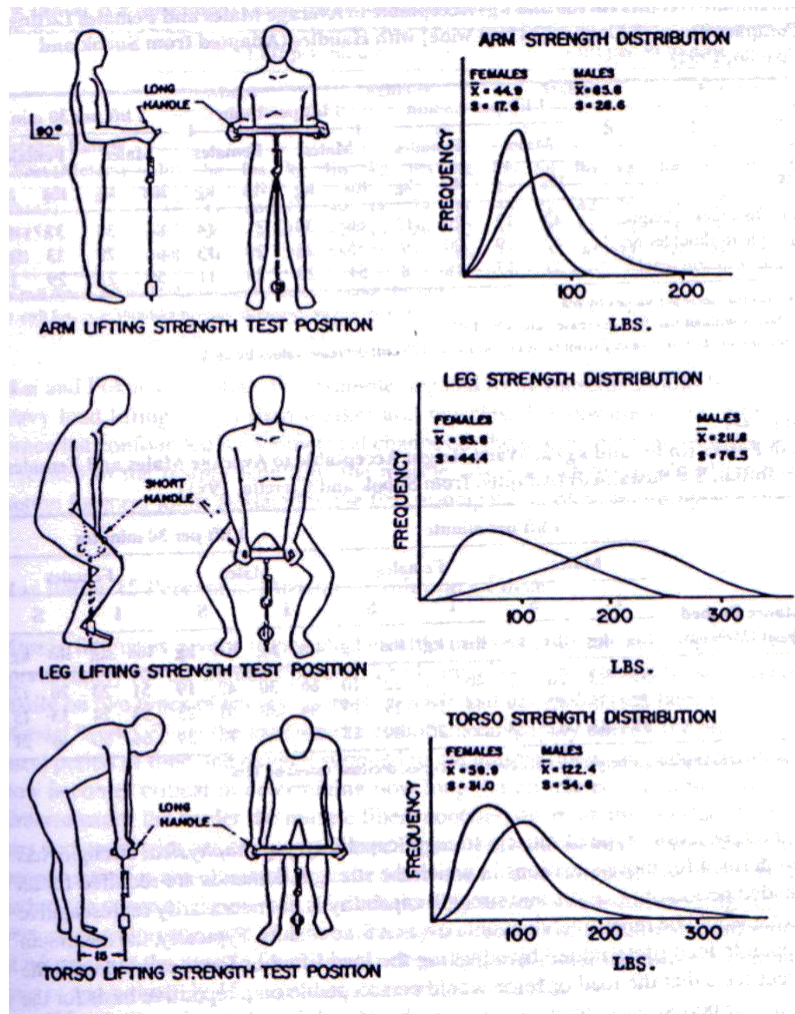
4. Tipe kekuatan yang terdiri dari kekuatan dinamik dan kekuatan statik. Kekuatan dinamik adalah kekuatan yang dihasilkan oleh kontraksi *isotonic* dengan memanjang atau memendeknya otot sehingga menghasilkan suatu kerja/gaya. Kondisi ini dikategorikan sebagai konsentris (memendeknya otot sambil tetap menahan suatu tegangan, misalnya mengangkat kerja/kerja positif) dan eksentris (memanjangnya otot sambil tetap menahan suatu tegangan dan gerakan berlawanan dengan tegangannya, misalnya meletakkan kembali setelah mengangkat/kerja negatif). Sedangkan kekuatan statis dihasilkan dari kontraksi *isometric*, gaya otot yang dikeluarkan tanpa menghasilkan suatu kerja, akibat gerakan otot tersebut terhambat dalam suatu sistem kerja, misalnya mengangkat beban yang terlalu berat. Oleh karena itu kontraksi *isometric* > kontraksi *isotonic*.
5. Otot atau gerakan sambungan yang digunakan
6. postur

5.2.4. Gunakan otot-otot lebar untuk pekerjaan yang membutuhkan kekuatan

Kekuatan otot secara langsung proporsional terhadap ukuran otot, baik untuk pria maupun wanita. Sebagai contoh otot kaki dan dada harus digunakan dalam mengangkat beban berat.

5.2.5. Daya tahan otot statis lebih dari 15% gaya otot maksimum

Tubuh manusia dan jaringan otot dihasilkan dari dua tipe sumber energi *aerob* dan *anaerob*, yang tergantung dari besarnya oksigen yang disuplai ke serat otot untuk menentukan **berapa lama kontraksi otot akan bertahan**. Semakin keras kontraksi, otot akan lebih cepat lelah.



Gambar 5.6

Pada metabolisme anaerob suplai energi hanya untuk sebagian kecil waktu, proses perubahan ATP menjadi ADP dan energi tidak memerlukan bantuan oksigen. Sedangkan metabolisme aerob merupakan proses perubahan ATP menjadi ADP dan energi dengan bantuan oksigen yang cukup, sehingga beban pekerjaan yang tidak terlalu melelahkan akan dapat berlangsung cukup lama.

Hal tersebut di atas merupakan proses kontraksi otot yang telah disederhanakan analisis pembangkit energi, sekaligus menandakan pentingnya aliran darah untuk otot. Oleh karena itu perlu diperhatikan hal berikut untuk dihindari:

8. beban otot statis
9. okulasi (penyumbatan aliran darah) karena tekanan, misalnya tekanan segi kursi pada popliteal.

4. bekerja dengan lengan berada di atas yang menyebabkan aliran darah bekerja berlawanan dengan arah gravitasi.

5.2.6. Gunakan siklus istirahat kerja yang pendek berkali-kali, dan 'sebentar-sebentar'

Dalam pembentukan kontraksi statis yang berulang atau elemen gerakan dinamis yang berseri, bekerja dan pemulihan aruslah dibagi dalam siklus yang pendek dan secara periodik.

5.2.7. Rancang pekerjaan sehingga sebagian besar pekerja dapat melakukannya.

Rancang pekerjaan dengan mempertimbangkan rentang kekuatan yang normal dari populasi yang sehat, dengan yang paling kuat lima sampai delapan kali kekuatan rata-rata. rentang yang lebar berpengaruh terhadap performansi kekuatan, seperti jender, umur, penanganan, dan kesesuaian.

5.2.8. Gunakan gaya yang kecil untuk gerakan yang tepat.*)

5.2.9. Gunakan gerakan balistik

5.2.10. Mulai dan akhiri gerakan dengan kedua tangan secara simultan

5.2.11. Gerakan tangan secara simetris dan simultan dari dan ke pusat tubuh

5.2.12. Gunakan ritme alamiah dari tubuh

5.2.13. Gunakan kurva gerakan yang kontinyu. (Niebel, Gambar 4.13)

5.2.14. Gunakan klasifikasi gerakan praktis yang paling kecil

5.2.15. Bekerja dengan kedua tangan dan kaki secara simultan

5.2.16. Minimasi gerakan mata

5.3. STUDI DAN EKONOMI GERAKAN

Methods study (telaah metoda) merupakan kegiatan pencatatan secara sistematis dan pemeriksaan dengan seksama mengenai cara- cara yang berlaku atau diusulkan untuk melaksanakan kerja. Sasaran pokok dari studi ini adalah mencari, mengembangkan, dan menerapkan metoda kerja yang efektif dan efisien; dengan tujuan akhir adalah waktu penyelesaian yang lebih singkat/cepat. Berdasarkan gambar 1, maka terdapat 4 komponen sistem kerja yang harus dipelajari untuk memperoleh metoda kerja yang baik, meliputi:

- 7. Komponen Material**, bagaimana cara menempatkan material, jenis material yang mudah diproses, dll. Material yang dimaksud meliputi bahan baku, komponen pendukung, produk jadi, limbah, dll.

10. **Komponen Manusia**, bagaimana sebaiknya posisi orang pada saat proses kerja berlangsung agar mampu memberikan gerakan-gerakan kerja yang efektif dan efisien (duduk, berdiri, jongkok, dsb.)
11. **Komponen Mesin**, bagaimana desain dari mesin dan atau peralatan kerja lainnya, apakah sesuai dengan prinsip ergonomi
12. **Komponen Lingkungan Fisik Kerja**, bagaimana kondisi lingkungan fisik kerja dilaksanakan. Apakah dirasakan cukup aman dan nyaman?

Studi gerakan adalah analisis terhadap beberapa gerakan bagian badan pekerja dalam menyelesaikan pekerjaannya, dengan studi ini diperoleh gerakan-gerakan standar untuk penyelesaian suatu pekerjaan, yaitu rangkai gerakan-gerakan yang efektif dan efisien. Tujuan dari studi gerakan adalah untuk **mengurangi** atau **menghilangkan gerakan-gerakan** yang **tidak efektif**. Penggunaan gerakan kerja yang efektif dapat menghemat waktu kerja.

Frank B. Gilbreth & Lilian Gilbreth mengawali studi gerakan manual dan mengembangkan prinsip-prinsip dasar dari ekonomi gerakan. Hasil dari pengembangan ini adalah **17** gerakan dasar/elemen gerakan yang diberi nama

THERBLIG

5.4. KERJA MANUAL DAN PANDUAN PERANCANGAN

Pemindahan bahan secara manual bila tidak dilakukan dengan benar (ergonomis) dapat menimbulkan kecelakaan kerja. Kecelakaan ini disebut sebagai “*over exertion-lifting and carrying*”, yaitu kerusakan jaringan tubuh akibat beban yang berlebih. Rasa nyeri yang kronis (*injury*) membutuhkan penyembuhan yang cukup lama. Di samping itu biaya yang dikerluakan merupakan bagian yang dominan dari keseluruhan biaya kecelakaan biaya tersebut diharapkan dapat lebih minimum dengan berkurangnya *injury*.

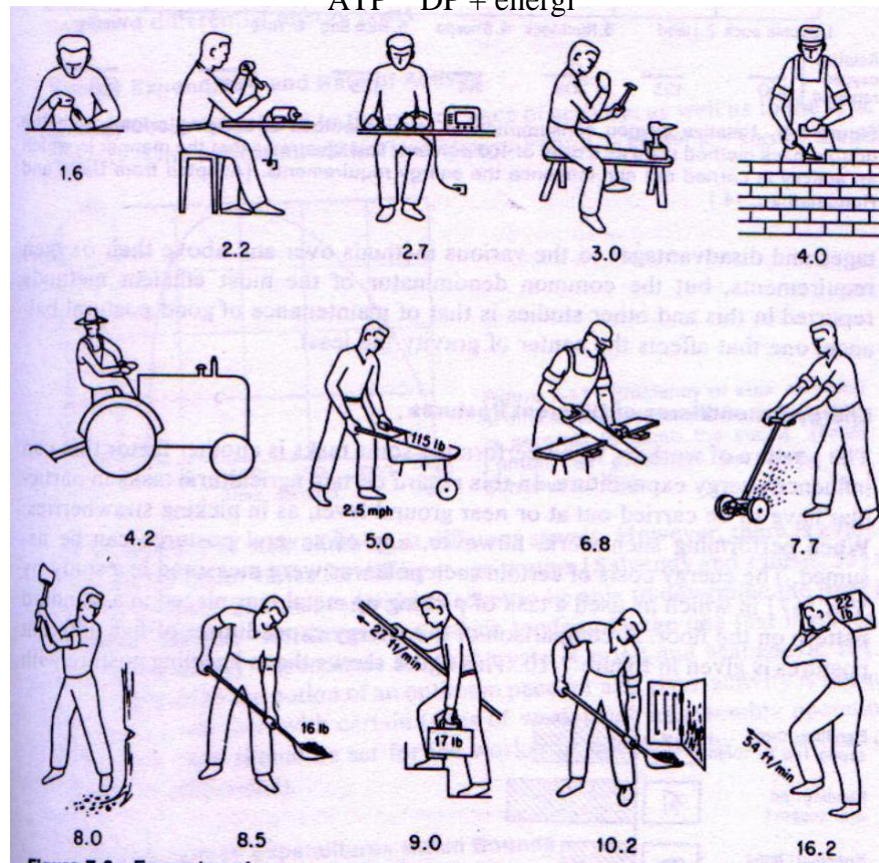
Otomasi secara signifikan mengurangi kebutuhan tenaga manusia pada lingkungan industrial modern. Kekuatan otot masih dijadikan bagian mendasar dari beberapa pekerjaan (terutama yang melibatkan penanganan material manual/*manual material handling/MMH*) atau kerja manual (*manual work*). Kegiatan MMH dapat menyebabkan overexertion akibat pembebanan yang berlebih, sehingga menyebabkan tekanan yang tinggi pada sistem muskuloskeletal. Cedera tulang belakang (*back injuries*) menghasilkan penyakit permanen.

Kebutuhan untuk mengangkat secara manual (tanpa alat) haruslah benar-benar diteliti secara ergonomis. Penelitian ini akan mengakibatkan adanya standarisasi dalam aktivitas angkat pada manusia. Standar kemampuan angkat tersebut tidak hanya meliputi arah beban, tetapi berisi pula tentang ketinggian, jarak operator terhadap beban yang diangkat.

5.4.1. PENGELUARAN ENERGI & ACUAN BEBAN KERJA

Energi diperlukan untuk proses kontraksi otot, sumber energi utama bagi otot adalah dari pemecahan senyawa fosfat dari kondisi energi tinggi ke energi rendah, di mana dalam waktu yang sama akan menghasilkan muatan elektrostatis dan menyebabkan gerakan relatif dari molekul aktin dan myosin. (Lihat gambar 5.7)

ATP → DP + energi

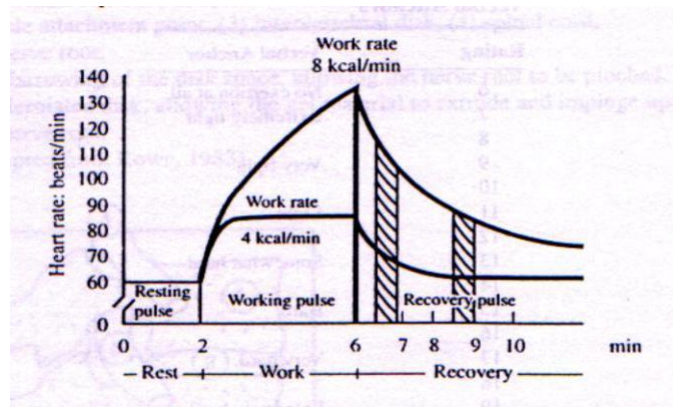


Gambar 5.7. energi yang diperlukan untuk beberapa tipe aktivitas manusia

5.4.2. ACUAN DENYUT JANTUNG

Konsumsi oksigen dipengaruhi oleh denyut jantung □ kebutuhan energi *Rest periode*: saat istirahat sampai mulai bekerja *Working periode*: saat

mulai bekerja sampai selesai bekerja *Recovery periode*: saat berhenti bekerja sampai istirahat berikutnya



Gambar 5.8. Grafik Denyut Jantung Dari Dua Beban Kerja Yang Berbeda

5.4.3. RATINGS OF PERCEIVED EXERTION (RPE)

Rating of Perceived Exertion digunakan untuk mengetahui persepsi terhadap usaha yang dilakukan. Dilihat dari denyut jantung pada saat melakukan pekerjaan. Skala RPE dengan Verbal Anchor (Borg, 1967) merupakan tingkat persepsi subyektif terhadap kerja fisik yang dilakukan:

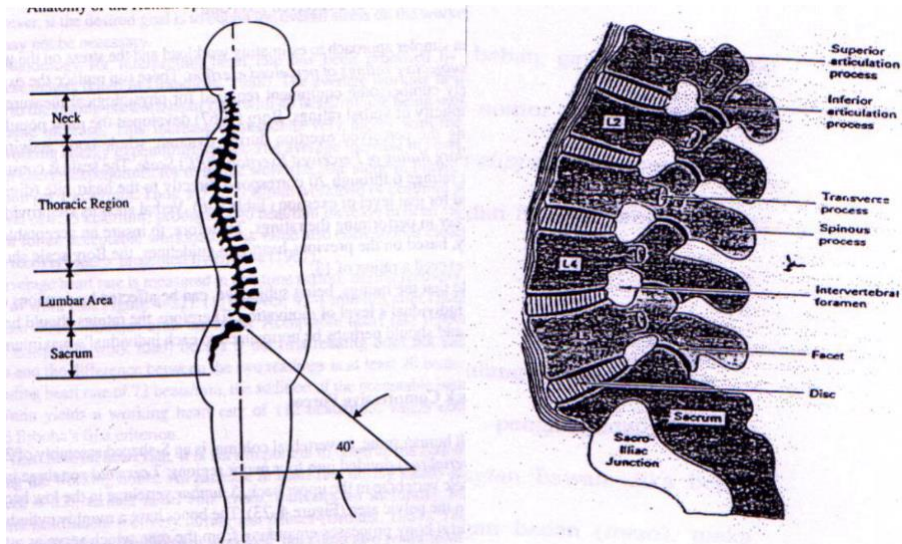
Tabel 5.1. *Rating of Perceived Exertion*

Rating	Verbal Anchor	Rating	Verbal anchor
6	No exertion at all	14	
7	Extremely light	15	Hard
8		16	
9	Very light	17	Very Hard
10		18	
11	Light	19	Extremely Hard
12		20	Maximal Exertion
13	Somewhat Hard		

Angka-angka tersebut di atas mewakili besarnya usaha seseorang dalam bekerja, dengan denyut jantung pada saat melakukan usaha \square RPE X 10

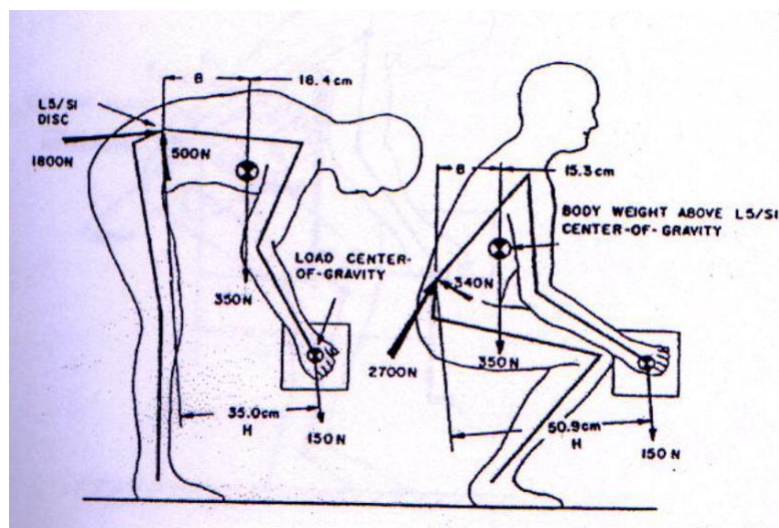
5.4.4. GAYA TEKAN TULANG BELAKANG

Analisis biomekanika menghasilkan rentang potur atau posisi aktivitas kerja, ukuran beban, dan ukuran manusia yang dievaluasi. Sedangkan kriteria keselamatan adalah berdasarkan lebar tekanan (*compression load*) pada intervertebral disk (lempengan tulang belakang) atnar alUmar nomor 5 dan sacrum nomor 2 (L5/S1).



Gambar 5.9. STRUKTUR TULANG BELAKANG DAN RUAS LUMBAR

Analisis dari berbagai pekerjaan menunjukkan rasa nyeri (ngilu) berhubungan erat dengan beban kompresi yang terjadi pada L5/S1,. 85-95% dari penyakit hernia pad alempengan terjadi dengan relatif frekuensi pada L4/L5 & L5/S1.



Gambar 5.10. Tekanan Pada Tulang Belakang Dari Dua Postur Pengangkatan

5.4.5. PENGANGKATAN MANUAL

Pemindahan bahan secara manual bila tidak dilakukan secara ergonomis akan menimbulkan kecelakaan kerja. Kecelakaan tersebut merupakan “*over exertion-lifting and carrying*”, yaitu kerusakan jaringan tubuh akibat beban angkat yang berlebih. Rasa nyeri yang kronis (*injury*) ini membutuhkan penyembuhan

yang cukup lama. Di samping itu biaya yang dikeluarkan merupakan biaya yang dominan dari keseluruhan biaya kecelakaan.

Respon pengangkatan beban adalah kekuatan pengangkatan dan pengangkatan berulang. Pembebanan pada pengangkatan manual dipengaruhi oleh:

12. tinggi pengangkatan (*floor to knuckle, knuckle to shoulder, & shoulder to reach*)
13. metoda atau teknik pengangkatan (*squat lifting, stoop lifting, free style*)
14. frekuensi pengangkatan \square MAWL
15. karakteristik beban (dimensi beban, bentuk beban, distribusi dan stabilitas beban, pegangan/handle)
16. durasi pengangkatan

5.4.6 RECOMMENDED WEIGHT LIMIT

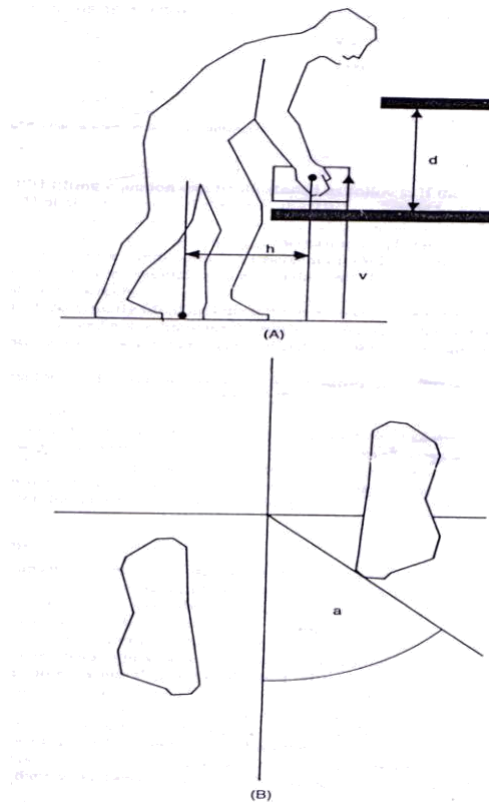
Batasan gaya angkat maksimum yang diizinkan (*the Maximum Permissible Limit*) yang direkomendasikan oleh NIOSH berdasarkan pada gaya tekan sebesar 6500 Newton pada L5/S1. Namun hanya 25% pria dan 1% wanita yang diperkirakan mampu melewati batasan gaya angkat ini.

Batasan gaya angkat normal (*the Action Limit*) diberikan oleh NIOSH dan berdasar pada gaya tekan sebesar 3500 Newton pada L5/S1. ada 99% pria dan 75% wanita yang mampu mengangkat beban di atas batas ini. Sedangkan batas beban yang dizinkan (*Recommended Weight Limit*) dapat digunakan persamaan:

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

Di mana batasan-batasan ini dapat bervariasi tergantung dari:

	Metric	Standar Pekerja Indonesia
LC = Load Constant	= 23 kg (51 lb)	23 kg (51 lb)
HM = Horizontal Multiplier	= 25/H	25/H
VM = Vertical Multiplier	= 1 - (0.003 \square V - 75 \square)	1 - (0.003 \square V - 69 \square)
DM = Distance Multiplier	= 0.82 + (4.5/D)	0.85 + (4.5/D)
AM = Asymmetry Multiplier	= 1 - (0.0032A)	1 - (0.0032A)
FM = Frequency Multiplier	=	Lihat table 1
CM = Coupling Multiplier	=	Lihat table 2



Gambar 5.11. Faktor penentu beban angkatan

Di mana:

C : Load Constant

Beban konstan sebesar 23 kg (51 lb)

HM : Horizontal Multiplier

H adalah lokasi horizontal (jarak) dari tangan ke titik pusat antara pergelangan kaki pada saat start ke titik akhir dari mengangkat

H berada antara 25 cm (10 in.) dan 63 cm (25 in.) namun obyek masih dapat diraih pada jarak kurang dari 25 cm di depan pergelangan kaki, sebagian besar obyek yang lebih dekat tidak dapat diangkat atau diturunkan tanpa gangguan dari benturan abdomen. Obyek yang jaraknya lebih dari 63 cm (25 in.) tidak dapat diraih dan diangkat atau diturunkan tanpa kehilangan keseimbangan badan, terutama ketika mengangkat secara asimetris dan operatornya kecil

VM : Vertical Multiplier

V adalah lokasi vertical (tinggi) dari tangan di atas lantai pada saat start ke titik akhir dari mengangkat

V berada antara 25 cm (20 in.) dan $(175 - V)$ cm [$(170 - V)$ in.].

DM : Distance Multiplier

D adalah jarak perjalanan vertical dari start ke titik akhir mengangkat Untuk tugas mengangkat, $D = V_{end} - V_{start}$, & untuk tugas yang lebih rendah, $D = V_{start} - V_{end}$.

AM : Asymmetry Multiplier

A adalah sudut asimetri, misalnya angular displacement beban dari medial (mid sagittal plane) yang merupakan gaya operator untuk memutar badan. Sudut ini diukur pada titik start dan akhir dari mengangkat, diproyeksikan terhadap lantai.

11. berada antara 00 dan 1350

FM : Frequency Multiplier

F adalah tingkat frekuensi mengangkat, ditentukan dalam jumlah angkatan permenit. Nilai ini tergantung dari durasi dari tugas mengangkat F berada *antara satu angkatan atau lebih rendah setiap lima menit (untuk waktu kerja di atas 8 jam) sampai dengan 15 angkatan atau lebih rendah setiap menit I untuk waktu kerja 1 jam satu kurang*), tergantung dari lokasi vertical V, dari obyek (Tabel 1).

CM : Coupling Multiplier

C merupakan indikasi dari kualitas dari kombinasi antara tangan dan beban C berada *antara 1.00 ("good") dan 0.9 ("poor")*. Ketidakefektifan coupling mungkin disebabkan ketika obyek akan diangkat atau diturunkan. "good" dengan cepat dapat menjadi "poor"

Good: 1. Untuk desain beban optimal, misal kotak. Desain kontainer optimal memiliki panjang frontal \square 40 cm, tinggi \square 30 cm, permukaan halus dan tidak mudah selip

Untuk beban tidak beraturan, pemegangan yang baik adalah posisi di mana tangan dapat dengan mudah mencengkeram obyek. Pekerja harus dapat memegang benda dengan nyaman tanpa menimbulkan kesalahan postur pada jari-jari, dan pemegangan memerlukan tenaga lebih.

Fair: 1. Untuk beban dengan desain optimal, posisi fair. Pekerja harus dapat membengkokkan jari mendekati 900 di kontainer, misalnya pada saat mengangkat kontainer di atas lantai.

2 Untuk beban yang tidak beraturan, pemegangan yang fair adalah posisi di mana tangan dapat dibengkokkan sebesar 90° di kontainer.

Poor: 1. Obyek dengan desain yang optimal memiliki bentuk yang tidak beraturan atau terlalu besar ukurannya, atau obyek yang memiliki sudut yang tajam

13. Mengangkat beban yang tidak kaku/rigid, misalnya tas yang lentur bagian tengahnya.

Tabel 5.2. Frequency Multiplier

Durasi kerja						
Frekuensi	□ 8 jam		□ 2 jam		□ 1 jam	
	V < 75*	V □ 75	V < 75*	V □ 75	V < 75*	V □ 75
Angkatan/me nit	V < 75*	V □ 75	V < 75*	V □ 75	V < 75*	V □ 75
0.2	0.85	0.85	0.95	0.95	1.00	1.00
0.5	0.81	0.81	0.92	0.92	0.97	0.97
1	0.75	0.75	0.88	0.88	0.94	0.94
2	0.65	0.65	0.84	0.84	0.91	0.91
3	0.55	0.55	0.79	0.79	0.88	0.88
4	0.45	0.45	0.72	0.72	0.84	0.84
5	0.35	0.35	0.60	0.60	0.80	0.80
6	0.27	0.27	0.50	0.50	0.75	0.75
7	0.22	0.22	0.42	0.42	0.70	0.70
8	0.18	0.18	0.35	0.35	0.60	0.60
9	0	0.15	0.30	0.30	0.52	0.52
10	0	0.13	0.26	0.26	0.45	0.45
11	0	0	0	0.23	0.41	0.41
12	0	0	0	0.21	0.37	0.37
13	0	0	0	0	0	0.34
14	0	0	0	0	0	0.31
15	0	0	0	0	0	0.28
>15	0	0	0	0	0	0

* dalam cm

Tabel 5.3. Coupling Multiplier

Coupling	V < 75 cm (30 in.)	□ 75 cm (30 in.)
----------	--------------------	------------------

Good	1.00	1.00
Fair	0.95	1.00
Poor	0.90	0.90

PERANCANGAN DISPLAY

Dalam sistem manusia-mesin, manusia melakukan tiga fungsi dasar, yaitu *sensing*, pemrosesan informasi, dan pengendalian. Interaksi-interaksi manusia dengan mesin terdapat pada 2 poin, yaitu display-display dan alat-alat kendali. Tujuan rekayasa dalam sistem manusia-mesin adalah untuk meminimasi yang terjadi pada dua poin di atas, dengan mengoptimasikan performansi sistem.

Terdapat hubungan yang alamiah antara keandalan dan ergonomi. Keduanya dikaitkan dengan menganalisis, memprediksi, dan memperbaiki performansi sistem. Teknik keandalan melalui hardware, rekayasa manusia melalui software dan interface manusia-mesin. Pada beberapa perusahaan, personel ergonomi bekerja dalam kelompok teknik keandalan, atau sebaliknya, di perusahaan lain personal keandalan dan desain melakukan pekerjaan ergonomi

Tujuan ergonomi adalah merancang keandalan dalam suatu pekerjaan, pada suatu mesin, dan lingkungan, diarahkan agar manusia melakukan pekerjaannya secara alamiah. Hal ini melibatkan perancangan mesin-mesin yang dapat dioperasikan dengan mudah dan efisien dengan meminimasi tekanan-tekanan personal yang menghasilkan kelelahan, keputusan yang salah, dan tindakan yang tidak tepat. Pada beberapa kasus, kecelakaan timbul melalui rancangan yang buruk, dengan tidak merancang mesin agar sesuai dengan kapasitas dan harapan operator. Biasanya penyebab kegagalan dalam sistem mesin adalah kesalahan manusia. Namun demikian, kesalahan operator atau kesalahan perbuatan yang tidak penting harus dibedakan dari aspek kesalahan manusia yang dihasilkan dari pelatihan yang tidak sempurna, prosedur yang tidak cukup/lengkap, dan perancangan ruang kendali dan tampilan informasi yang buruk. Operator TMI yang utama sekali bukanlah lalai atau tidak terampil. Pada kenyataannya, mereka terperangkap dalam sistem yang memiliki lapisan peralatan keamanan berturut-turut, ditambahkan sampai sistem keamanan menjadi merusak satu sama lain.

Chapter ini akan mengkaji ulang bagaimana display dan kendali dapat dibuat lebih nyaman, tidak membingungkan, tidak membuat frustrasi, dan tidak menyebabkan kelelahan pada pengguna.

1. Sistem Manusia-Mesin

Keandalan manusia memiliki implikasi yang penting tidak hanya pada bagaimana interface manusia-mesin dirancang, tetapi juga bagi mana manusia digunakan dalam sistem. Menghitung keandalan manusia mungkin merupakan tugas yang sangat sukar. Namun demikian, faktor-faktor yang pasti penyebab penurunan performansi dapat diidentifikasi. Pertimbangan utamanya adalah untuk meminimasi potensi kesalahan manusia melalui perancangan yang baik.

1.1. HE dan pelatihan

Banyak usaha dalam keandalan manusia dan keselamatan kerja telah dikonsentrasikan pada seleksi personal, penempatan, dan perubahan manusia dengan pelatihan. Dari titik pandang HE, walaupun demikian, pelatihan bukan merupakan teknik yang paling efisien dalam beberapa kasus yang berurusan dengan interface manusia-mesin. Beberapa batasan untuk memperbaiki manusia dengan pelatihan adalah sebagai berikut:

- j. Waktu yang panjang, ongkos pelatihan yang tinggi. Beberapa tipe pelatihan diperlukan untuk hampir semua situasi pekerjaan. Tetapi prinsip-prinsip HE diterapkan dalam rancangan sistem manusia-mesin akan mengurangi kebutuhan pelatihan secara signifikan.
- k. Pelatihan kadang-kadang gagal menjadi solusi, tidak banyak pelatihan dapat menutupi perancangan yang kurang baik, sebagai contoh usaha untuk melatih kembali operator untuk membaca rancangan display yang buruk tidak akan memecahkan masalah yang fundamental.
- l. Pelatihan tidak akan menghindari performansi yang mengganggu(?) yang dihasilkan dari tekanan yang tidak pantas yang disebabkan karena rancangan mesin yang buruk sehingga operator bekerja keras.

1.2. Alokasi Fungsi-fungsi Antara Manusia dan Mesin

Sistem manusia-mesin harus dirancang sebagai keseluruhan dengan kemampuan-kemampuan manusia melengkapi mesin dan sebaliknya. Kemudian permasalahan-permasalahan pertama dan penting dalam perancangan sistem manusia-mesin memperhatikan alokasi fungsi-fungsi antara manusia dan mesin. Fungsi-fungsi alamiah untuk dilaksanakan menentukan karakteristik-karakteristik dan aturan-aturan operator:

Manusia lawan mesin. Dalam sistem manusia-mesin terdapat tugas-tugas yang lebih baik dilakukan oleh manusia dari pada mesin dan sebaliknya. Fungsi apa yang akan ditugaskan pada manusia dan apa yang akan ditugaskan pada mesin? Apakah fungsi yang diberikan harus dilakukan dengan mesin atau operator atau keduanya tergantung pada mana yang dapat berfungsi lebih efektif dalam situasi operasional.

Untuk menentukannya, perbandingan harus dibuat antara keuntungan manusia dan mesin. Beberapa penulis, termasuk Meister (1966), berusaha untuk menyusun daftar operasi yang lebih efisien dengan manusia dan mesin. Contoh singkat dari daftar tersebut ditunjukkan pada tabel 4.1.

Manusia baik dalam melakukan	Mesin baik dalam melakukan
7. Menangani kejadian yang tidak diharapkan;	10. Memantau manusia dan mesin lainnya;
8. Menguntungkan dari pengalaman;	11. Menggunakan sejumlah besar tenaga dengan halus dan tepat;
9. Sensitif untuk berbagai dorongan yang luas;	12. Mengejakan tugas berulang dengan konsisten;
10. Menggunakan intelegensi insidental dengan inovasi;	13. Menghitung dan menangani sejumlah besar informasi dengan cepat;
11. Memperbaiki dan mengadaptasi prosedur yang fleksibel;	14. Menanggapi sinyal dengan cepat
12. Menyelesaikan input sendiri;	15. Beralasan secara deduktif (sudah terdefinisi)
13. Beralasan secara induktif (masih harus mendefinisikan dahulu)	

Berdasarkan daftar ini menunjukkan bahwa manusia merupakan pengambil keputusan yang lebih baik, terutama padasaan menghadapi kejadian yang tidak diharapkan; improvisasi, memiliki keuntungan dari pengalaman masa lalu, memungkinkan untuk terlibat lebih dalam pada

bentuk yang kompleks. Di lain pihak, mesin memiliki kemampuan menghitung dengan efisiensi yang tinggi (integrasi dan diferensiasi);

Manusia pada umumnya tidak termasuk dalam tugas-tugas yang menghasilkan probabilitas kesalahan yang tinggi, seperti : (NSC, 1974)

5. Kebutuhan penglihatan yang mendekati atau melebihi batas fisiologis
6. Kebutuhan respon yang secara fisik sulit atau tidak mencukupi untuk dimonitor
7. Keputusan tergantung pada memori yang terlalu pendek atau harus diambil dengan cepat
8. Tugas-tugas yang membebani manusia, menghasilkan ketidakseimbangan distribusi beban kerja/waktu
9. Kebutuhan komunikasi yang menimbulkan konflik dengan aktivitas lain

Lebih sering, kontribusi manusia pada sistem adalah untuk menyediakan tindakan balasan pada kejadian kegagalan pemakaian sistem. Pada umumnya, display menyediakan informasi yang gagal. Operator kemudian harus melakukan respon yang tepat dengan control yang tersedia.

1.2.3 Analisis Tugas

Sama seperti mesin bisa didesain agar sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan manusia, demikian juga dengan tugas (pekerjaan) dapat didesain untuk manusia. Analisis tugas memastikan kebutuhan tugas yang dibebankan ke seseorang tidak cenderung mendekati batas kemampuan operator; bila ini dilanggar, kenaikan kesalahan tak dapat dihindarkan.

8. Tekanan pekerjaan (*task stress*). Jika suatu tugas terlalu mudah, akan menjadi monoton, membosankan, dan malah dapat menimbulkan kesalahan. Di lain pihak, dibawah kondisi yang terlalu berbeban, seseorang mungkin hanya mampu bekerja selama waktu yang pendek, namun bila beban berlebih tersebut mencapai suatu titik kritis, maka orang tersebut tak akan mampu menahannya, karena ia tak lagi memiliki sekering keselamatan (*safety fuse*) untuk melindunginya dari bahaya yang berbeda bila berhadapan dengan mesin.

Dengan tingkat psikologis yang sangat rendah (pada tugas yang membosankan), performansi juga rendah, saat stres (tekanan) meningkat, performansi juga meningkat. Tugas dari perancang kerja adalah menemukan selang tekanan sedang antara tugas yang mudah dan sulit disekitar performansi yang optimum.

9. Memperkirakan kebutuhan pekerjaan

Kerja manusia diperkirakan dari *feature* desain mesin sementara dan dari *setup* prosedural dan organisasional sementara. Analisis kebutuhan pekerjaan berguna untuk menentukan orang dan kebutuhan pelatihan, dan modifikasi sistem.

Langkah-langkah umum dari analisis pekerjaan adalah:

13. Identifikasi fungsi-fungsi umum yang dilakukan operator (misalnya: deteksi, pemrosesan data, pengambilan keputusan, dan perawatan),
14. Pemilihan tipe informasi dan pengendalian yang dibutuhkan operator,
15. Spesifikasi detil dari display dan kontrol (misal: layout, ukuran, iluminansi display, dan pengendalian gerakan)

Pada sistem manapun atau pada pengembangan produk, manajemen terutama berfokus pada biaya, jadwal, dan performansi mesin. Sayangnya, lebih sering kendala manajemen dan kebutuhan desain yang lain mengesampingkan pertimbangan *Human Engineering* (HE).

1.2.4 Pertimbangan Anthropometri

Pemikiran tentang dimensi anthropometri merupakan hal penting lainnya dari desain sistem untuk keandalan dan keselamatan.

Data anthropometri terutama berkaitan dengan ukuran-ukuran fisik dari berbagai bagian tubuh manusia, berat, daerah pergerakan, kekuatan otot, dsb. Data-data tersebut sangat banyak dijumpai di literatur. Beberapa data telah dipisahkan menurut jenis kelamin dan untuk berbagai persentil populasi. Beberapa data termasuk dimensi struktural atau statik (diukur pada posisi tubuh yang tetap dan standar), dan dimensi fungsional atau dinamik (diukur saat anggota tubuh bergerak). Seringnya seorang perancang lebih memperhatikan sejauh mana jangkauan tangan daripada panjang tangannya. Pengukuran dinamik yang mendefinisikan volume ruang yang dapat dijangkau oleh populasi disebut *reach envelope*.

Data-data tersebut diperlukan untuk merancang hubungan antara manusia-mesin dan stasiun kerja yang sesuai dengan karakteristik fisik dari populasi penggunaannya. Penerapan ukuran tubuh statik dan dinamik sebagai kriteria perancangan meningkatkan kemudahan, efisiensi, dan keselamatan manusia di dalam sistem.

Data anthropometri berguna untuk memperoleh batas ukuran dan ukuran optimum. Sebagai contoh, beberapa data dapat digunakan untuk menentukan daerah dimana kontrol, yang harus dijangkau operator dalam posisi duduk, harus ditempatkan; atau untuk menentukan lokasi terbaik dari pedal yang membutuhkan kekuatan tertentu untuk mengaktifkannya.

1.3 Manusia sebagai Sensor

Beberapa bentuk rancangan display, didukung oleh penelitian kebiasaan, dapat meningkatkan (memperbaiki) penerimaan informasi yang relevan dari operator.

1.3.1. Tipe Informasi dan Penggunaan Display

Pada umumnya, display dapat berupa statik (tanda-tanda, label, dsb) atau dinamik (spedometer, radio, dsb). Semuanya dapat digunakan untuk menampilkan berbagai tipe informasi, diantaranya yang paling sering :

17. informasi kuantitatif – nilai-nilai kuantitatif seperti voltage, mata uang, berat, kecepatan, tekanan, temperatur, dsb,
18. informasi kualitatif – nilai perkiraan dari suatu variabel kontinu, atau indikasi dari kecenderungannya, tingkat perubahan, dsb, seperti perkiraan kekuatan baterai radio transistor atau temperatur mesin mobil,
19. informasi pemeriksaan – indikasi dari kondisi atau status sistem, seperti penunjuk *on-off* atau *stop-caution-go*,
20. informasi alfanumerik atau simbolik – informasi verbal, numerik, dan kode dalam berbagai bentuk, seperti label, *printout* komputer, dsb.

Kegunaan khusus dari display umumnya menentukan desainnya. Tapi sebagaimana aturan umumnya, rancangan yang paling sederhana adalah yang terbaik.

1.3.2 Pemilihan Model Sensor

Cara paling umum untuk memberikan informasi pada operator adalah melalui penggunaan visual display. Bagaimanapun juga, pada beberapa situasi lebih diinginkan memakai *auditory display* (contoh: bel untuk tanda bahaya). Meskipun model sensor yang lain seperti kinesthesia, indra peraba, dan kimiawi (penciuman, pengecap) menyediakan saluran tambahan untuk penerimaan informasi, visual display dan *auditory display* sejauh ini merupakan sumber informasi dominan dari sistem manusia-mesin.

Meskipun, dalam merancang display, model sensor ditentukan secara virtual oleh beberapa kasus pada berbagai keadaan, perancang kadang-kadang memiliki pilihan model sensor apa yang akan digunakan. Saat ada beberapa pilihan, terdapat 2 faktor yang dipertimbangkan: keuntungan relatif dari suatu model sensor terhadap yang lainnya dan kebutuhan relatif yang telah dibuat pada indra yang berbeda.

Perbedaan antara visual dan auditory display dapat dilihat pada Tabel 4.3. Auditory lebih baik dalam menerima pesan yang sederhana dan pendek, sedangkan visual lebih efektif untuk pesan yang kompleks dan panjang.

1.3.3 Kegunaan Pengkodean dalam Display

Display memberikan rangsangan yang biasanya dibuat untuk memperlihatkan informasi dasar dalam bentuk pertanyaan. Rangsangan mempengaruhi orang-orang secara langsung. Dalam merancang display, ada beberapa petunjuk yang berguna untuk kode informasi. McCormic dan Sanders [1982] menyarankan beberapa hal berikut:

12. **Kemampuan deteksi**--Beberapa stimulus yang digunakan dalam kode informasi harus mampu dideteksi oleh mekanisme sensor yang relevan. Ini sebuah keharusan awal.
13. **Kemampuan membedakan**--Setiap simbol dari kode harus bisa membedakan simbol-simbol yang lain dari kelas yang sama, seperti huruf yang berbeda untuk tombol yang berbeda.
14. **Kesesuaian**--Konsep dari kesesuaian akan didiskusikan dalam sesi berikutnya dalam chapter ini, tapi secara umum mengacu kepada ekspektasi alamiah seseorang, seperti pemberian nomor pada jam peningkatan nilainya sesuai dengan arah jalan jam. Jika relevan, rangsangan digunakan dalam display yang sesuai.
15. **Asosiasi simbol**--Ini adalah kasus khusus dari kesesuaian. Dianjurkan (jika relevan) untuk menggunakan stimuli dimana merepresentasikan secara simbolik informasi dasar dalam pertanyaan.
16. **Standarisasi**--Jika sistem pengkodean digunakan oleh orang yang berbeda dan dalam situasi yang berbeda, diharuskan untuk menggunakan kode yang sama. Seperti rambu-rambu jalan internasional.
17. **Penggunaan kode multi dimensional**--Dalam kondisi tertentu, kode dengan dimensi dua atau lebih dapat digunakan untuk redundansi, seperti warna dan bentuk dari rambu.

1.3.4 Merancang feature dari display visual

Ada beberapa penelitian yang berhubungan dengan keefektifan dari bermacam-macam rancangan feature display dalam menyampaikan informasi. Secara singkat beberapa contoh akan mengilustrasikan hal-hal yang relevan dengan hal tersebut.

- 3 **Skala visual secara numerik**. Visual display yang sama merepresentasikan beberapa skala secara numerik, yang juga digunakan baik untuk pembacaan secara kuantitatif (untuk menentukan nilai aktual secara numerik) atau pembacaan kualitatif (untuk menentukan nilai aproksimasi, arah atau variabel lainnya) Ini mencakup instrument dengan penunjuk yang bergerak (*moving pointers*) sementara skala yang tetap dan instrumen dengan skala yang bergerak dan penunjuk yang tetap.

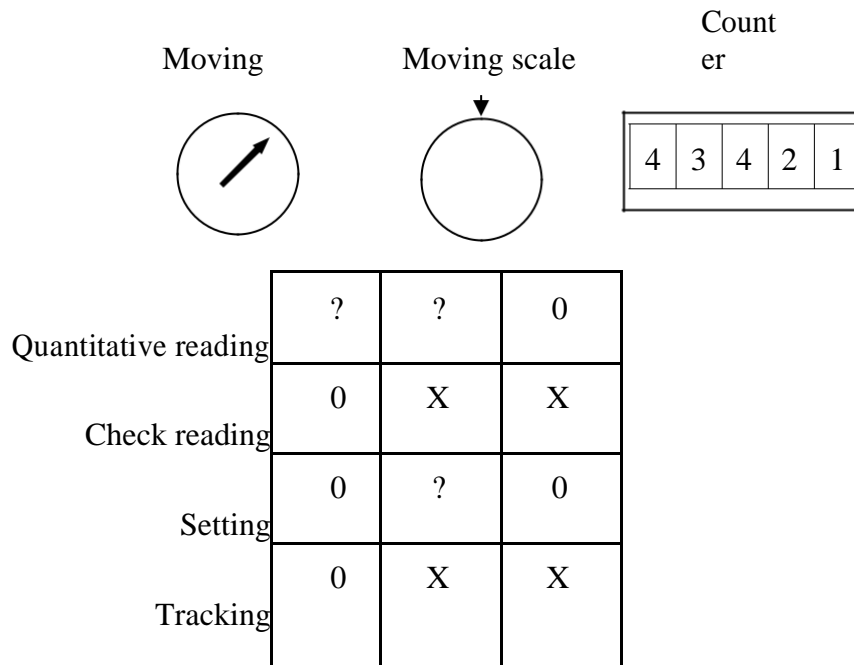
Rancangan ini digunakan untuk pembacaan kuantitatif tapi dalam beberapa hal juga mungkin digunakan untuk pembacaan kualitatif atau kombinasi dari keduanya.

Secara umum, penunjuk bergerak dengan skala yang tetap lebih dipilih kecuali jika rentang nilai terlalu besar untuk diperlihatkan ditampilkan skala yang kecil. Dalam beberapa kasus, rancangan horizontal atau vertikal skala bergerak (moving-scale) memiliki keuntungan dalam hal penempatan sebuah ruang panel yang kecil, selama skala dapat diputar mengelilingi kumparan (spool) dibelakang panel, dengan hanya bagian yang relevan dari skala yang terlihat.

Jika tujuan dari display hanya untuk memilih sebuah nilai numerik yang akurat, dan jika nilai tidak berfluktuasi, sebuah display digital lebih cenderung untuk digunakan.

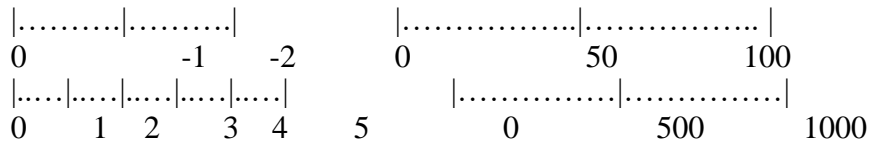
Display biasanya digunakan untuk beberapa tujuan. Dalam beberapa kasus, adalah penting untuk hati-hati membuat analisis total pekerjaan dan untuk memutuskan yang fungsi mana yang terpenting dari beberapa fungsi yang ada. Fig. 4.2 memberikan catatan yang berguna mengenai keuntungan dan ketidakuntungan relatif dari tiga tipe utama dari display, tergantung kepada penggunaannya. Sebuah '—O|' berarti bahwa display itu baik untuk fungsi itu, sebuah '? ' berarti bahwa ini hanya fair atau dapat dipertanyakan, dan '—X' berarti bahwa seseorang secara umum seharusnya menghindari penggunaan display tersebut untuk tujuan yang diperlihatkan.

14. Sistem Penomoran dan Penebalan Tanda (*Tick Marks*). Beberapa penelitian yang berhubungan telah dilakukan pada sistem penomoran menggunakan skala dan bagaimana sistem ini mempengaruhi kecepatan dan keakuratan dari pembacaan skala. Rekomendasi umum yang dikeluarkan oleh penelitian ini terfokus kepada tick-interval (perbedaan antara penomoran tanda)



Gambar 1. Tiga bentuk dasar dari display yang direkomendasikan untuk digunakan (diambil dari Chapanis, 1965b)

Direkomendasikan tick- atau penomoran- interval adalah 1, 2, 5, atau perkalian desimal sebagai gantinya. Tidak ada nilai lain yang diterima, karena seseorang dari awal tidak dapat menginterpretasikan atau menggunakan skala yang diselesaikan dengan cara yang lain, seperti sepertiga atau seperempat. Nilai numerik dasar dapat dikalikan atau dibagi oleh faktor 10 atau 100 tanpa pengaruh kecepatan yang cukup atau keakuratan dimana skala dapat dibaca. Beberapa contoh dari skala dengan progres oleh satu dan lima diperlihatkan sebagai berikut:



- C. Rancangan secara simbolik. Untuk beberapa tujuan, simbol digunakan sebagai kode untuk merepresentasikan bermacam-macam pemikiran, seperti sebuah _ tengkorak dan tulang yang bersilangan' digunakan untuk menggambarkan peringatan akan bahaya. Ketika simbol digunakan, mereka seharusnya memiliki beberapa hubungan langsung dengan pemikiran apa yang mereka simbolisasikan sebagai sesuatu yang mungkin secara realistis, seperti rambu-rambu jalan internasional yang mencakup penggambaran pejalan kaki, sepeda dan lain sebagainya.
- D. Tabung sinar katoda dan display mosaik lainnya. Dalam beberapa keadaan, alpanumerik dan karakter simbolik dihasilkan oleh beberapa elektronik, seperti pada tabung sinar katoda (cathod-ray-tube = CRT) atau display kristal cair (liquid-crystal display =LDC), dan oleh penggunaan cahaya electroluminescent atau cahaya-emisi dioda. Berdasarkan teknik yang digunakan, hasil pengkonfigurasiian kembali dapat berupa karakter yang konvensional atau itu dihasilkan oleh penghasil segmen titik atau garis.

1.3.5 Rancangan feature dari auditor display

Auditor display seharusnya mengikuti prinsip visual display. Sebagai tambahan, masalah khusus mengenai auditor display.

- H. Bentuk dari auditor display. Perkataan merupakan transmisi yang paling baik untuk pesan-pesan yang penting, selama tingkat transmisi maksimum dari perkataan adalah 250 kata permenit [Kantowitz & Sorkin, 1983].

Bagaimanapun, feature yang unik dari sistem auditor manusia dipinjamkan untuk auditor display untuk penggunaan yang khusus bagi tanda peringatan dan alarm. Contoh dari auditor alarm adalah klakson, peluit, serine, bel, terompet, gong, osilator, kotak musik, dan suitan. Bermacam-macam bentuk yang ada masing-masing memiliki karakteristik individu dan mempunyai keuntungan dan keterbatasan.

- I. Prinsip dari auditor display. Prinsip-prinsip berikut dapat digunakan sebagai petunjuk [NSC, 1974]

Kesesuaian -- Dimana kelayakan, rambu seharusnya menerangkan dan menjelaskan pembelajaran atau hubungan alamiah dari pengguna, seperti frekuensi yang tinggi diasosiasikan dengan naik atau meninggi dan raungan rambu yang mengindikasikan kondisi bahaya.

Pendekatan -- Rambu dua langkah harus dipertimbangkan apabila informasi yang rumit harus ditampilkan dan sinyal verbal tidak layak.

Atensi, sinyal yang diinginkan untuk menarik perhatian dan mengidentifikasi sebuah kategori informasi yang umum, dimana diikuti oleh (2) penandaan sinyal untuk menandakan informasi dengan kategori umum secara seksama.

Kemampuan untuk memisahkan -- Sinyal Auditor harus dapat dibedakan dengan mudah dari suara lainnya.

Sifat hemat -- Sinyal untuk operator seharusnya tidak memberikan informasi lebih dari yang dibutuhkan.

Unsur paksaan-- Ketika ada lebih dari satu jenis informasi, sinyal harus mampu mempertahankan penerima untuk mendengarkan satu aspek dari aspek keseluruhan.

Invariance-- sinyal yang sama harus menunjukkan informasi yang sama

- b. Rekomendasi rancangan untuk sinyal peringatan dan alarm.
Dalam memilih atau merancang sinyal peringatan dan alarm, rancangan rekomendasi umum berikut telah dibuat oleh Deatherage [1972]:
 1. Gunakan frekuensi antara 500 dan 3000 Hz, karena dalam rentang ini telinga paling sensitif .
 2. Gunakan frekuensi di bawah 1000 Hz ketika sinyal harus menempuh jarak yang jauh (lebih dari 1000 kaki), karena frekuensi yang tinggi tidak berpindah cukup jauh.
 3. Gunakan frekuensi di bawah 500 Hz ketika sinyal harus melewati rintangan yang sebagian besar berliku atau melewati partisi.
 4. Gunakan sinyal dengan frekuensi yang berbeda dari hal yang mendominasi latar belakang kebisingan, untuk meminimasi penutupan sinyal.
 5. Gunakan sebuah sinyal yang telah dimodulasi (1-8 beeps per detik atau 1-3 kali per detik) untuk menarik perhatian.
 6. Gunakan tones yang rumit lebih baik daripada gelombang sinusoidal murni, karena beberapa tones murni dapat diidentifikasi dengan positif.

1.4 Manusia sebagai prosesor Informasi (Pengertian dan pengambilan keputusan)

Banyak aktivitas yang dalam penyelesaiannya memerlukan proses. Proses penyelesaian/pengertian dan pengambilan keputusan merupakan desain dari human-machine interface.

Ada beberapa variasi yang memfasilitasi fungsi sistem penyelesaian, yang mana tidak dapat di terangkan secara menyeluruh. Ada beberapa aspek yang dapat didiskusikan, sebagai contoh:

1.4.1 Population stereotype

Untuk beberapa situasi, secara umum perilaku respon dari setiap orang adalah merupakan respon dari populasi. Sebagai contoh kebanyakan orang mengharapkan cahaya dapat dihidupkan dan dimatikan dengan tombol. Suatu gerakan yang searah dengan putaran jarum jam menunjukkan kenaikan. Respon ini dinamakan dengan Population stereotype.

Konsep definisi HE mengimplikasikan desain dari man-mesin sistem. De reamer (1980) melist beberapa population stereotype, yang mana tidak dapat diabaikan atau operator akan terjebak melakukan kesalahan:

4. Pintu diharapkan tidak kurang dari 6 kaki, ketinggian 6 in
5. level/tinggi lantai dan pintu diharapkan sama
6. -Tangga memiliki ketinggian tingkatan yang sama.
7. Orang mengharapkan pagar dapat memberikan rasa aman/keamanan
8. Orang mengharapkan kran untuk air dingin/panas terletak di sebelah kiri/kanan dari bak cuci piring dan kran bisa diputar searah jarum jam.
9. Perlengkapan tombol elektrik diharapkan dapat diputar searah jarum jam untuk menghidupkan atau mematikan.
10. Untuk sarana kontrol gerakannya diharapkan searah jarum jam untuk menghasilkan kemiripan gerakan dari setiap sarana kontrol tersebut.

11. Objek yang sangat lebar atau gelap menyatakan secara tidak langsung *heaviness* (*tidak kasar/tidak berat*), objek yang kecil, atau cahaya yang berwarna mengimplikasikan kurang terangnya. Objek yang besar diharapkan berada di bawah ; objek yang kecil disimpan diatas.
12. Ketinggian tempat duduk diharapkan memiliki ketinggian yang *certain* ketika seseorang akan mendudukinya.

1.4.2 Compatibility/Kesesuaian/Kecocokan.

Beberapa respon display memiliki pergerakan yang berkebalikan untuk established population stereotype di mana hal ini akan menyebabkan terjadinya kesalahan/error. Jika operator salah membaca dari sebuah display desain yang jelek dan operator melakukan kontrol yang salah atau melakukan kontrol yang benar dari petunjuk yang salah, maka performansi sistem tersebut menurun dan membahayakan keselamatan.

Meskipun laporan kecelakaan dapat disebabkan oleh kesalahan operator, tapi hal ini secara esensial merupakan kesalahan desain, khususnya merupakan tipe dari kesalahan manusia.

Secara umum kontrol desain yang baik ketika kontrol mendekati *associated* display, hal ini sama dengan sistem display pesawat, dan memiliki pergerakan yang sama.

(i) Tempat yang sesuai (spatial compatibility)

Tempat yang sesuai menurut konteks HE mengacu pada susunan display dan kontrol yang sesuai. Kontrol dan display cocok jika posisi yang satu dengan yang lainnya sesuai saling bergantung (*suggest control*). Beberapa industri panel proses kontrol berisi alat *trim-control* dekat dengan perlengkapan display. Chapins and Lockheed (1965) menyarankan adanya hubungan *'sensor lines'* diantara kontrol dan display. Pook (1969) menemukan display kode warna yang sangat efektif dan tepat untuk kontrol. Sejak orang menyadari keakuratan suara, asosiasi kontrol emergency dengan auditory display dilokasikan pada petunjuk display yang sama.

(ii) Pergerakan yang sesuai (Movement compatibility)

Ada beberapa variasi dari pergerakan yang baik, tetapi kesemuanya ada hubungan diantara petunjuk pergerakan kontrol dan petunjuk sistem respon atau pergerakan display. Beberapa petunjuk untuk desain dari display dan kontrol telah published.

Pada suatu kasus dari putaran kontrol dan skala putaran fixed dengan pergerakan pointer dalam *plane* yang sama, prinsip *turn of* dari kontrol adalah searah jarum jam adalah asosiasi dengan putaran jarum jam *turn of* dari pointer, dan beberapa putaran secara umum mengindikasikan kenaikan nilai.

Untuk *rotary control* dan *moving rotary scale* dengan pointer yang tetap dalam *plane* yang sama. Bradley (1954) mengemukakan postulatnya yaitu ada tiga prinsip yang diperlukan:

6. Rotasi skala dalam petunjuk knop kontrol yang sama (penggerak langsung)
7. Skala number menaik dari kiri ke kanan.
8. Kontrol berputar searah jarum jam

Tidak menutup kemungkinan menggabungkan seluruh prinsip dalam semua rakitan konvensional.

Dalam kasus *rotary control* dan *fixed linear display*, Warrick (1947) Postulat dari prinsip pointer dari display linier harus bergerak dalam petunjuk yang sama mendekati poin dalam knob kontrol. Beberapa contoh dapat dilihat pada gambar 4.3.

1.5 Manusia sebagai Pengontrol

Operator menginginkan perubahan dalam performansi mesin dari manipulasi kontrol. Prinsip-prinsip akan eksis hanya untuk display yang memiliki desain yang baik, oleh karena itu kontrol dapat didesain untuk meminimasi error. Operasi efektif dari kontrol yang bergantung dalam *extent* yang merupakan hal penting dari pergerakan manusia yang dinamis atau biomekanik telah diwakili dalam desain.

1.5.1 Tipe dan pilihan dari kontrol

Banyak variasi kontrol yang tersedia untuk penggunaan sistem manusia mesin. Beberapa dari kontrol yang biasa digunakan dapat dilihat pada tabel 4.4. Tabel ini merangkum tipe-tipe dengan kriteria : kecepatan (speed), ketepatan (accuracy, kekuatan (force), dan jarak (range). Tabel ini menunjukkan kecepatan yang mana operator dapat menggerakkan kontrol.

Tabel 4.4
Karakteristik dari macam-macam alat kendali

Type pengendali (tipe kontrol)	Kriteria Operasional				Fungsi kontrol
	Kecepatan	Ketepatan	Kekuatan	Range	
Cranks Kecil	Good	Poor	Unsuit	Good	Cont
Cranks Besar	Poor	Unsuit	Good	Good	Cont
Handwheel	Poor	Good	Fair/poor	Fair	Cont
Knob	Unsuit	Fair	Unsuit	Fair	Cont/discr
Levers Horizontal	good	Poor	Poor	Poor	Cont
Levers Vertikal	good	Fair	Poor/good	Poor	Cont
Joystick	good	Fair	Poor	Poor	Cont
Pedals	good	Poor	Good	Unsuit	Cont
Push buttons	good	Unsuit	Unsuit	Unsuit	Discr
Selector Swiches	good	Good	Unsuit	Unsuit	Discr
Rotary joystick	good	good	poor	unsuit	Discr

Hal ini harus dicatat, bagaimanapun variasi desain dari beberapa tipe peralatan kontrol dapat mempengaruhi efektivitas. Penambahan karakteristik kecepatan, ketepatan, kekuatan, jarak dan beberapa faktor lain perlu diperhitungkan dalam pemilihan kontrol. Beberapa faktor penting ada dalam seksi berikutnya.

1.5.2. Prinsip-prinsip Perancangan

Beberapa prinsip umum *Human Engineering (HE)* yang dapat diaplikasikan pada rancangan kendali mesin untuk menghilangkan kesalahan, ketidak efisienan, dan kecelakaan adalah :

i. Kesesuaian

Seperti pada perancangan display, gerakan pengendali harus dirancang sehingga sesuai dengan respon mesin dan display. Contohnya adalah sebuah lift yang memiliki tombol 'naik' di bawah tombol 'turun' pada kotak tombolnya memiliki potensi bahaya kesalahan tertukar dalam operasinya.

ii. Pengkodean

Ketika sejumlah peralatan kendali peralatan dari kelompok umum yang sama digunakan secara bersamaan, error (kesalahan) dapat terjadi karena kegagalan membedakan yang satu dari yang lainnya. Dalam keadaan tersebut, beberapa bentuk pengkodean dapat mereduksi error tersebut.

Petunjuk-petunjuk yang sama bagi pengkodean display dapat juga digunakan dalam pengkodean peralatan kendali. Untuk pengendalian, pengertian *tactile* dan *kinesthetic* sangat penting. Pengertian *tactile* membantu membedakan kendali-kendali individu dari yang lainnya tanpa identifikasi visual, dan pengertian *kinesthetic* relevan bagi jangkauan pengendali tersebut ke berbagai lokasi tanpa petunjuk visual.

Dalam menggunakan kode-kode untuk mengidentifikasi pengendali, dapat digunakan beberapa metode, misalnya bentuk, lokasi, tekstur, dan warna. Lebih lanjut dapat digunakan kombinasi dua atau lebih sistem

pengkodean untuk mendapatkan kombinasi unik atau kode yang lebih lengkap.

1. Pengkodean bentuk

Pengendali yang dikodekan oleh bentuknya dapat dibedakan secara individu dengan sentuhan. Jika bentuk-bentuk tersebut secara simbolik diasosiasikan dengan kegunaannya, pembelajaran mengenai kegunaannya dapat disederhanakan. Dalam hal ini, AU-AS telah men-standar-kan 10 *knob* untuk kokpit pesawat, dimana sebagai contoh, pengendali *flap* digambarkan dengan bentuk yang mirip sebuah sayap.

Pengendali yang dikodekan bentuknya membantu identifikasi visual dan sangat berguna pada pencahayaan rendah atau pada peralatan yang mungkin diidentifikasi dan dioperasikan hanya dengan sentuhan (perasaan). Bagaimanapun, hanya sedikit pengendali yang dapat diidentifikasi dan penggunaan sarung tangan mengurangi sensitivitas tangan.

2. Pengkodean tekstur

Sebagai tambahan pada bentuk, peralatan pengendali dapat diberi variasi tekstur pada permukaannya : halus, beralur dan *knurled* (Segi empat atau bentuk intan). Keuntungan dan kerugian pengkodean tekstur sama dengan untuk pengkodean bentuk.

3. Pengkodean lokasi

Kedua jenis pengendali baik individual maupun dalam kelompok dapat diidentifikasi berdasarkan lokasinya di panel atau konsol. Pengkodean lokasi dapat dicapai dengan menyediakan jarak minimum diantara pengendali. Dengan demikian, urutan-urutan pengendali dapat diatur untuk meminimasi waktu respon.

Keuntungan-keuntungan pengkodean lokasi ini sama dengan pengkodean bentuk dan tekstur. Kerugiannya antara lain: jumlah pengendali yang dapat diidentifikasi terbatas, kebutuhan ruangan bertambah, dan identifikasi tidak se-pasti jika menggunakan tipe pengkodean lainnya.

4. Pengkodean mode operasi

Dalam metode ini, mode operasi akan berbeda untuk pengendali yang berbeda. Contohnya : satu pengendali mungkin berupa tombol tekan dan lainnya berupa tombol putaran.

Satu fitur yang diinginkan berhubungan dengan sistem seperti ini adalah bahwa biasanya pengendali tidak boleh dioperasikan dengan tidak benar. Bagaimanapun, dengan sistem tersebut, pengendali harus dicoba sebelum operator mengetahui apakah kendali yang benar sudah dipilih, dimana mungkin merupakan fitur yang tidak diinginkan.

5. Pengkodean warna

Warna dapat juga digunakan sebagai teknik pengkodean berbagai pengendali. Kode-kode warna dapat berguna untuk identifikasi visual dan menyediakan kategori pengkodean yang cukup. Di sisi lain, sistem ini tidak dapat diandalkan pada pencahayaan rendah dan pengendali harus dilihat secara langsung. Operator juga harus memiliki daya lihat warna yang baik.

6. Pengkodean label

Tanpa memperhatikan tipe pengkodean yang digunakan, semua pengendali dan display harus diberi label. Pelabelan sangat penting jika operator sering berganti-ganti. Penggunaan label juga dapat mengurangi waktu pelatihan operator.

1.5.2. Lokasi dan Pengaturan letak pengendali

Lokasi pengendali dan display individual dalam hubungannya satu sama lain dan dengan operator mempengaruhi performa, kehandalan, dan keamanan sistem. Lokasi merupakan sebuah faktor yang sangat penting dalam rancangan sistem manusia-mesin.

Panduan Prinsip-prinsip pengaturan

Dalam situasi tertentu, mungkin saja dapat dibuktikan secara teoritis lokasi yang optimal untuk pengendali dan display. Namun bagaimanapun, dalam prakteknya rancangan interface manusia-mesin yang optimum seperti itu sulit diterapkan. Jadi biasanya penilaian prioritas dan subjektif digunakan. Meskipun demikian, tersedia beberapa prinsip umum dan panduan spesifik untuk membantu para desainer.

1. *Prinsip lokasi optimum*

Prinsip ini memberikan susunan setiap item sehingga masing-masing berada pada lokasi optimum dalam beberapa hal kriteria penggunaan (menyenangkan, akurat, cepat, sangat baik digunakan, dan sebagainya)

2. *Prinsip kepentingan*

Display dan pengendali dapat diatur berdasarkan derajat kepentingannya. Instrumen harus dikelompokkan berdasarkan tingkatannya dimana peralatan tersebut dapat mempengaruhi performa keseluruhan sistem. Berdasarkan prinsip ini, pengendali-pengendali yang penting harus ditempatkan pada lokasi terbaik untuk penggunaan yang mudah dan cepat.

Tentu saja kepentingan relatif pada permasalahan penilaian, dimana kadang didapatkan melalui wawancara atau kuesioner.

3. *Prinsip frekwensi penggunaan*

Prinsip ini menetapkan bahwa instrumen² yang paling sering digunakan harus diletakkan pada lokasi terbaik. Untuk mengatur peralatan berdasarkan frekwensi pemaikannya, pertama harus didapatkan informasi mengenai seberapa sering peralatan yang berbeda diharapkan untuk digunakan. Kemudian letakkan peralatan yang jarang digunakan ditempat yang lebih jauh.

4. *Prinsip urutan penggunaan*

Kadang pola hubungan muncul dalam menggunakan pengendali. Prinsip ini menetapkan bahwa ketika peralatan digunakan dalam urutan yang tetap, maka peralatan tersebut harus diletakkan pada urutan tersebut. Dalam mengaplikasikan prinsip ini, peralatan yang digunakan dalam urutan memiliki hubungan fisik yang dekat satu sama lainnya.

5. *Prinsip fungsional*

Prinsip fungsional merekomendasikan bahwa peralatan yang memiliki hubungan fungsional dikelompokkan bersama.

1.5.3. Perlindungan dari Pergerakan yang kurang hati-hati

Pengendali harus dirancang dan ditempatkan pada tempat yang terlindung dari gerakan yang kurang hati-hati. Pada sebuah pembangkit listrik tenaga nuklir misalnya, terdapat beberapa konsol pengendali yang karena gerakan yang kurang hati-hati dapat menggerakkan pabrik tersebut (misal : kekeliruan reaktor, injeksi pengaman). Chapanis & Kindake (1972) mengidentifikasi 7 metode untuk melindungi peralatan kendali, beberapa diantaranya.

1. Ceruk
Pengendali dapat diletakkan pada cekungan pada panel kendali sehingga tidak menonjol ke permukaan. Alternatif lain adalah dengan membuat penghalang di sekitar pengendali.
2. Lokasi
Letakkan pengendali pada lokasi dimana alat tersebut tidak akan tersentuh secara tidak sengaja saat alat lain dioperasikan. Namun hal ini bukan merupakan metode yang aman dan harus dihindari jika akibat yang tinggi terjadi akibat aktivasi tanpa sengaja ini.
3. Orientasi
Arah gerakan pengendali diorientasikan sepanjang aksis dimana gerakan kebetulan sangat jarang. Hal ini juga bukan metode yang aman.
4. Perlindungan
Kunci pelindung dapat ditempatkan disekitar pengendali, khususnya jika pengoperasiannya tidak terlalu sering. Ini merupakan metode yang sangat aman, tapi operator harus membuka pelindung ketika mereka harus sering menggunakannya.
5. Penguncian
Pengendali dapat dikunci pada posisinya, membutuhkan operasi terpisah untuk membuka kunci, atau dapat diberikan pada sebuah saluran yang memerlukan dua gerakan berurutan pada arah yang berbeda untuk pengaktifannya (Seperti penggeser tongkat di mobil). Namun operator akan merasa terganggu jika sering menggunakan alat kendali tersebut.
6. Pengurutan operasi
Serangkaian alat kendali yang saling mengunci harus diaktifkan pada urutan yang benar sebelum gerakan yang diinginkan dilakukan. Pada situasi paling sederhana, sebuah operasi persiapan (atau simultan) melepaskan alat kendali pada keadaan operasi normal (misal kontrol dan kunci pemutus pada komputer mikro).
7. Ketahanan
Semua alat kendali memiliki beberapa tipe ketahanan : elastisitas (beban berayun), gesekan (statis dan meluncur), kelembaban yang kental dan inersia. Semua bentuk ketahanan alat kendali mengurangi kemungkinan pengaktifan tanpa sengaja.

1.5.4. Rancangan *Fail – Safe*

Fail – Safe berarti aman jika terjadi kesalahan, konsep yang berlawanan dengan *fail – dangerous*. Deasin ini meyakinkan bahwa timbulnya suatu kesalahan akan mengubah keadaan sistem dimana tidak menghasilkan kerusakan atau luka. Seringkali, tindakan ini menyebabkan ketidakaktifan sistem.

Konsep *Fail – Safe* berbeda dengan redundansi (Kelebihan), misal replikasi komponen. Jika semua komponen redundan gagal, seluruh sistem akan gagal, mungkin akan membahayakan seluruh sistem.

Banyak peralatan kereta api dirancang pada prinsip *Fail – Safe* : saklar sinyal dan lampu diberi pemberat agar jika terjadi kegagalan, sebuah lengan pemberat akan terjatuh dan mengaktifkan sinyal peringatan. Prinsip rancangan yang sama digunakan pada roda pendarat pesawat : jika sistem hidrolik yang menaikkan dan menurunkan roda gagal, roda akan terbuka dan terkunci pada posisi pendaratan. Contoh lain adalah sebuah misil yang memiliki mekanisme penghancur diri yang meledakkan misil itu sendiri ketika gagal mengenai sasaran.

Seorang pengandali *dead man* secara otomatis menghentikan peralatan ketika tangannya dipindahkan. Sebuah kabel penghenti darurat yang menjalankan jalur conveyor penuh dapat ditarik untuk menghindarkan kemacetan.

2. Sistem Komputer

- a. Sistem-sistem *'time sharing'* dan sistem interaktif.
Pemrosesan *batch* konvensional memerlukan penundaan pada pusat komputer setelah sebuah program dimasukkan. Program tersebut biasanya harus dimasukkan dan dijalankan (*di-run*) beberapa kali sebelum di-*'debug'* bebas dari kesalahan. Ketersediaan sistem *'time-sharing'* dan komputer pribadi memungkinkan orang berinteraksi secara kontinue dengan komputer dengan cara menjalankan program, memperoleh pesan kesalahan langsung, dan melakukan perbaikan di tempat. Interaksi manusia-komputer dapat dipandang sebagai percakapan antara pengguna yang memasukkan instruksi dan data serta komputer yang memberikan hasil pemrosesan, umpan balik kesalahan & informasi lain semacamnya.
- b. VDT. Alat-alat masukan / keluaran (*input / output*) dulunya terminal yang berbentuk seperti mesin ketik yang mencetak dialog antara pengguna dan sistem komputer pada kertas. Namun, VDT dengan cepat menjadi terminal standar. VDT murah, dapat menampilkan keluaran (*output*) lebih cepat, dan tidak memerlukan kertas. Terminal berbentuk kertas memiliki keunggulan dalam menciptakan catatan yg nyata (*tangible record*) dari proses pemasukan data yang dapat dijadikan acuan visual sebagaimana diperlukan. Karena VDT biasanya dapat menunjukkan kurang lebih hanya 20 baris pada satu saat, informasi biasanya hilang ketika hilang dari layar VDT sederhana. (layar-layar yang telah lalu dapat ditampilkan lagi pada terminal-terminal yang lebih canggih).

Perhatian lain adalah faktor tingklat pencapaian visual dalam penggunaan VDT. Apabila karakter-karakter terlalu cerah, kecil, buram dan sebagainya, maka reliabilitas dan produktifitas pengguna terminal dapat terpengaruh.

Iluminasi yang sesuai diperlukan sehingga pengguna dapat membaca layar dan hasil-hasil cetakan yang berada di sekelilingnya. Ketika iluminasi semakin terang, manuskrip dapat lebih mudah dibaca namun sebaliknya layar menjadi sulit dilihat. Silau yang ditimbulkan oleh pantulan cahaya akibat layar yang dipolis menyebabkan ketidaknyamanan visual dan mengurangi efektivitas visual, sehingga karakter menjadi sulit terbaca pada layar.

Cakir, et al (1980) menyarankan ruang kerja VDT harus diatur iluminasinya pada 300 – 500 lux dengan pelindung pantulan terbaik untuk menjaga kesilauan langsung maupun tidak langsung.

Penggunaan karpet, pakaian atau sol sepatu yang dibuat dari bahan sintetis dapat menimbulkan penumpukan sejumlah aliran listrik statis pada tubuh. Untuk melindungi dari kesalahan akibat aliran listrik statis ke sasis/kotak (*chassis*) VDT atau perangkat keras komputer lainnya, hubung ke bumi (*ground*) harus dibuat.

c. Aspek-aspek antropometris ruang kerja VDT.

Tinggi dan sudut layar dan *keyboard* merupakan faktor-faktor penting untuk postur kerja efisien. *Keyboard* yang letaknya terlalu jauh dari permukaan kerja mengakibatkan kelelahan. Selain daripada itu, keyboard harus diletakkan dekat dengan pemakai sehingga memudahkan akses ke tombol-tombol pada bagian atas *keyboard*. Juga penting bagi pengguna untuk menempati posisi dengan jarak yang tepat dari layar terminal. Biasanya, pengguna terminal melihat tiga hal, yaitu sebuah dokumen, layar dan keyboard secara sepintas. Untuk alasan-alasan psikologis, adalah perlu untuk mengubah-ubah jarak pandang secara minimal untuk melindungi individu dari kesalahan akibat membaca dengan mata yang tidak terakomodasi secara optimal.

Cakir et al. (1980) merekomendasikan sebagai berikut :

5. Tinggi keyboard (tinggi dari lajur tombol) harus setingkat (atau sedikit lebih rendah) dari tinggi siku. Keyboard kemudian diletakkan dengan jarak pandang 45 – 50 cm.
6. Jarak pandang ke layar VDT seharusnya sekitar 45 – 50 cm (18 – 20 inci). Ia tidak boleh lebih dari 70 cm (28 inci).
7. Layar display dapat dibaca nyaman dengan pandangan mata ditujukan pada sudut 20° dibawah horisontal (Figur 4.7.) layar seharusnya diletakkan kurang lebih pada sudut yang tepat dengan garis pandang dan digeser sedikit menjauhi pengguna.

2.1. Piranti pemasukan data

Banyak jenis piranti kendali yang diciptakan untuk memasukkan data ke dalam komputer. Piranti-piranti yang demikian, sering disebut sebagai piranti pemasukan data, termasuk *keyboard*, *joystick* (baik yang dioperasikan dengan pemindahan /gaya), roda ibu jari, *trackballs*, *graphics tablets (digitizer)*, *lightpens* dan *mouse*. Keterangan lebih lanjut mengenai piranti tersebut akan diberikan di bagian lain, namun beberapa poin dibahas sehubungan dengan faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihannya. Meskipun beberapa piranti pemasukan data dengan sara *keyboard* (misalnya : mesin tik) tidak dapat berkomunikasi dengan komputer, namun dimasukkan ke dalam diskusi / pembahasan

o. Keyboard alphanumerik.

Piranti masukan (*input*) yang paling populer adalah keyboard sekuensial dengan tombol individu / tunggal mewakili satu karakter. Sebuah mesin tik menggunakan keyboard alfanumerik sekuensial. Keyboard numerik digunakan dalam operasi *keypunch*, kalkulator dan touch-tone telephone dialing. Sebagian piranti bersifat sekuensial dlam artian bahwa karakter individu / tunggal dimasukkan dalam urutan spesifik.

Keyboard mesin tik standar (sering disebut QWERTY karena urutan huruf pada lajur atas) pada awalnya didesain sedemikian rupa tata letak tombolnya sehingga mencegah jamming tombol mekanis. Sejak saat itu, alternatif pengaturan keyboard telah diajukan, namun perbedaan kinerja tidak cukup untuk menjustifikasi perpindahan dari suatu susunan ke susunan lain dan melatih jutaan orang yang telah terbiasa menggunakan susunan lama. Tata

letak alfanumerik dari mesin tik QWERTY telah menjadi standar untuk semua keyboard komputer dengan sedikit variasi.

(ii) Keyboard angka

Dua tipe yang paling umum dari pemasukan data keyboard angka terdiri dari 3 baris dengan angka nol di bawah, meskipun kadangkala susunannya berbeda. Susunan yang satu digunakan di beberapa kalkulator dan susunan lainnya digunakan untuk telepon. Kedua susunan tersebut ditunjukkan pada

gambar di bawah ini.

Kalkulator :	7	8	9	Telepon :	1	2	3
	4	5	6		4	5	6
	1	2	3		7	8	9
		0	.		*	0	#

Beberapa studi menemukan bahwa susunan telepon sedikit lebih cepat dan kadangkala lebih akurat dibandingkan susunan kalkulator. Conrad dan Hull (1968), sebagai contoh, melaporkan kesalahan penggunaan kalkulator sebesar 8.2% dan kesalahan penggunaan telepon sebesar 6.4%.

(iii) Keyboard nada

Tentu, tombol – tombolnya tidak diperlukan untuk ditekan secara bersamaan dengan urutan yang cepat. Pada kenyataannya, menekan beberapa tombol secara terus menerus meningkatkan kecepatan pemasukan data untuk seorang operator yang terlatih. Tombol nada digunakan pada mesin steno dan telah dikembangkan pada mesin penyortir surat manual (dan tentu saja pada piano).

(iv) Alat input analog

Kadangkala, komputer membutuhkan kontrol informasi yang terus menerus atau spesifikasi data tentang posisi kursor yang diharapkan.

Pada alat kontrol yang terus menerus, joystick dan trakbal telah banyak digunakan. Beberapa alat digunakan dengan tujuan menggerakkan kursor melewati CRT untuk perolehan target dan pengerjaan tugas, manipulasi tulisan, dan memperbesar area khusus dari tampilan dengan tujuan untuk menjelaskan detailnya secara lebih rinci.

Lembaran grafik (digitizer) memerlukan operator untuk menggerakkan jarum melintasi permukaan yang rata ketika koordinat jarum diberikan oleh komputer dan ditampilkan pada CRT sebagai kursor titik atau dalam bentuk nilai numerik.

Light pen digunakan untuk menjelaskan secara langsung pada permukaan CRT ketika komputer mendeteksi koordinat posisinya. Pengguna menggerakkannya ketika ia menginginkannya pada layar video dan kemudian bahkan menyentuhnya pada layar atau menekan tombol. Light pen mengandung alat deteksi cahaya pada ujungnya. Sejak image pada VDT 50-60 kali semenit, mungkin untuk menggunakan informasi waktu ini untuk menjelaskan titik apa yang dibangkitkan ketika pena mengisyaratkan cahaya. Light pen umumnya mempunyai level resolusi yang lebih rendah (lebih tidak akurat) dibandingkan lembaran grafik. Light pen menyediakan arti langsung dari input, ketika input analog lainnya secara tidak langsung dirasakan yang menyebabkan kursor pada layar bergerak.

Mouse adalah sebuah kotak kecil dengan dua roda kecil yang menempel di sudut kanan pada setiap bagian bawahnya. Mouse dapat berputar pada permukaan yang rata, dan kursor pada layar komputer bergerak berdasarkan gerakan mouse. Kebanyakan pengguna lebih menyukai penggunaan mouse jika digunakan dalam waktu yang lama karena mouse menghindarkan kelelahan pada lengan.

Card, et al.(1978) membandingkan performansi mouse, joystick isometrik, step keys (panah), dan text keys (fungsi khusus) untuk membaca data. Hasilnya untuk waktu pergerakan dan tingkat kesalahan ditunjukkan pada tabel 4.6. Ternyata mouse yang paling cepat dan mempunyai tingkat kesalahan yang paling kecil.

Tabel 4.6
Perbandingan alat pembaca data

Alat	Waktu, detik	Kesalahan,%
Mouse	1.66	5
Joystick	1.83	11
Step keys	2.51	13
Text keys	2.26	9

(Diambil dari Card, et al., 1978)

(v) Input manusia secara langsung

Pada beberapa kondisi, penggunaan suara atau percakapan mungkin lebih bermanfaat. Kantowitz dan Sorkin (1983) mengatakan —Kadangkala pada beberapa kondisi tidak jelas, ketika input hasil tik lebih jelas dengan input suara—khususnya jika mungkin untuk menggunakan input suara ditampilkan dengan segera pada VDT.¶

Penggunaan suara dibahas lebih jelas pada bagian 2.6.3.

Terdapat sejumlah hal yang tidak dapat digunakan, tetapi terbatas. Pengenalan sistem suara lebih mudah dipahami. Banyak hal dapat diatasi hanya dengan mengisolasi kata (bukan kalimat)

Input hasil print menjadi mungkin dengan adanya pengembangan alat pengenalan hasil print optik. Hasil print mungkin berguna ketika pemasukan data jarang dan merupakan bagian kecil dari keseluruhan tugas. Tentu hal ini membutuhkan performansi satu tangan. Meskipun kareakter optik pembaca mungkin memiliki ketelitian 90% untuk nomor hasil print, pelatihan mereka untuk membaca kata hasil print lebih diselidiki.

2.2 Pilihan penggunaan bahasa

Terdapat 3 kelas dalam penggunaan bahasa : Interaksi single-frame; Interaksi rangkaian perencanaan awal; dan Rangkaian bentuk bebas (Gould, 1979).

(i) Interaksi Single-frame

Pengguna membangkitkan variabel dan perintah secara tidak langsung, contohnya, ENTER atau DISPLAY. Sederhana, sistem pertanyaan single-frame dapat digambarkan. Meskipun sistem tidak sekuat sistem lain, tetapi sistem ini cepat, mudah dipelajari, dan dapat dimodifikasi dengan mudah. Ini digunakan untuk sistem dengan interaksi yang sedikit dan untuk pemasukan data yang sederhana dan untuk mendapatkan kembali.

(ii) Rangkaian sebelum perencanaan.

Pengguna menghasilkan atau memilih variabel dengan cepat. Pemilihan menu atau lembar kosong adalah contoh kecepatan. Respon VDT yang cepat digunakan untuk memilih. Kecepatan sangat membantu untuk orang yang baru. Rangkaian sebelum perencanaan dianjurkan untuk pengguna yang jarang ketika jumlah alternatif pada setiap cabang kurang dari 10.

(iii) Rangkaian bentuk bebas

Bahasa bentuk bebas menyatakan secara tidak langsung bahwa pengguna menghasilkan rangkaian interaktif—baik perintah maupun variabel tanpa tekanan. Contoh termasuk informasi untuk mendapatkan bahasa asli (atau bahasa khusus). Bahasa dalam bentuk bebas digunakan oleh pengguna yang berpengalaman.

Bentuk bebas digunakan ketika rangkaian interaksi tidak dapat dengan mudah diuraikan dalam program awal sistem. Bahasa bentuk bebas lebih cepat, lebih luas, dan menawarkan aplikasi yang lebih kuat, meskipun mungkin lebih sulit untuk dipelajari pada awalnya.

2.3. Faktor-faktor dalam merancang output

(i) Tipe feedback dalam sistem interaktif.

Sedikitnya ada 6 tipe feedback komputer yang diinginkan pengguna pada sistem interaktif dalam sebuah percakapan (Gould, 1979):

- c. Pembuktian input – Bunyi VDT berbalik ke pengguna input sehingga kesalahan tidak dapat diketahui.
- d. Pembuktian penyelesaian proses – Pengguna perlu mengetahui bahwa data sudah dikirim, diterima, dan disimpan.
- e. Permintaan untuk menyimpan data – Pengguna perlu informasi tentang tampilan data yang disimpan.
- f. Bagian sistem – Pengguna berharap informasi yang jelas tentang bagian terbaru sistem.
- g. Feedback dari pengajaran – Pengguna mungkin memerlukan bantuan. Komputer menyediakan output yang sudah terdokumen.
- h. Penjelasan ganda – Sewaktu-waktu sistem tidak dapat mengerti input, komputer harus menyediakan feedback tentang hasilnya.

a. Spesifikasi Frame

Pew dan Rollins (1975) mengembangkan rekomendasi yang rinci tentang desain frame, tata letak, rangkaian, dan ketepatan untuk aplikasi tipe menu. Daftar di bawah ini merupakan contoh spesifikasi frame :

1. Semua baris frame, kecuali yang disebutkan di bawah harus rapat kiri.
2. Setiap frame mempunyai judul pada baris.
3. Empat baris terakhir pada setiap halaman disediakan untuk pesan yang salah, jalur komunikasi, atau pesan.
4. Setiap baris bukan menu harus mempunyai ringkasan keterangan untuk pengoperasian manual dan nomor paragraf (pada baris yang sama dengan judul).
5. Ketika frame output berisi lebih dari satu halaman, notasi —halaman_ dari_ ‘ harus tampak di lajur kanan pada baris 20.
4. Gunakan hanya ringkasan yang sudah disetujui. Beri ringkasan pada contoh pengguna.
5. Jika 20 baris yang penuh tidak diperlukan, kembangkan sebuah tata letak yang seimbang dan tidak kacau pada layar.
6. Pada menu frame ketika daftar barang melebihi 15-20, pertimbangkan untuk membagi daftar menjadi 2 frame.
7. Menu seharusnya didaftarkan berdasarkan permintaan logis dan menurut frekwensi pemakaian yang diharapkan.

8. Urutan menu frame seharusnya berdasarkan urutan logis dari transaksi analisis pengguna.
9. Pilihan menu harus selalu dinyatakan dalam bentuk alternatif yang spesifik.
10. Ketika frame input sudah lengkap dan tindakan yang sebenarnya dibentuk oleh komputer pusat sebagai hasil, pengguna harus cepat memberikan fungsi yang spesifik yang akan dibentuk ketika menekan tombol ENTER. Contoh : `_Tekan ENTER` untuk mulai melakukan transaksi'.

2.4. Human error dalam sistem informasi yang berbasis komputer

Salah satu masalah yang paling serius pada pengembangan sistem informasi berbasis komputer (CIS) adalah error yang berlebihan: error didapat ketika menyiapkan input sehari-hari dan penambahan error yang baru muncul ketika mengoreksi error yang sebenarnya. Kebanyakan semua error dalam pengoperasian dari CIIs adalah human error, dan sedikitnya setengah dari human error berhubungan dengan kesalahan system design.

Pengendalian ini ditentukan dengan adanya pencegahan, penyelidikan dan pemeriksaan. Tetapi pada kebanyakan CI's, perhatian difokuskan hanya pada pengembangan software untuk mendeteksi dengan sedikit pemikiran yang diberikan mengenai mengapa error ada pada peringkat perta [Bailey, et al., 1973]. Beberapa usaha system design harus menekankan pada pencegahan error.

- a. Kesalahan sistem komputer. Pada konteks proses komputer, error adalah konsekuensi dari adanya kesalahan manusia pada prosedur yang salah dari kesalahan atau mengabaikan data item [Bailey, 1983]. Kesalahan mungkin bertambah dari kesalahan prosedur, kesalahan pengambilan keputusan, menekan tombol yang salah pada keyboard, dll.

Ada beberapa cara dalam laporan kesalahan. Karakter level error adalah jumlah kesalahan karakter dibagi dengan jumlah total karakter yang dimasukkan. Sama dengan field-level error didasarkan pada jumlah perbedaan data field pada error. Record level berhubungan dengan jumlah record yang berisikan setidaknya satu kesalahan. Dari ketiga level error di atas field level merupakan nilai error yang lebih representatif dengan kenyataan. Karakter level cenderung lebih mudah

- b. Sumber error. Aliran informasi dari original dinamakan input, melalui manusia dan proses komputer, dan akhirnya keluar system yang dinamakan output. Error mungkin terjadi di titik aliran informasi. Baily [1983] mengidentifikasi 3 lokasi utama error pada kebanyakan CI's seperti: error muncul di luar dari CI's diwariskan dari CIS, hal itu dibuat oleh manusia dalam sistem dan oleh komputer. Human error terjadi di 3 lokasi: selama persiapan aktivitas (sekitar 80% dari seluruh error); ketika keluar dari form, begitu juga melalui handprinting atau keying di terminal screen (sekitar 20% dari keseluruhan error); dan ketika memasukkan data dengan cepat menggunakan mesin key-to-tape atau key to disc (oleh operator yang ahli). Komputer error biasanya terjadi dengan dua alasan: kesalahan pada pemakaian software atau hardware.
- c. Pencegahan error. Biasanya erdapat alasan yang jelas untuk human error; Kebanyakan error terdorong untuk terjadi. Baily [1983] memisah-misahkan faktor yang mempengaruhi human error di CI's ke dalam tujuh kategori utama. Persentase dalam tanda kurung menunjukkan frekuensi error yang terjadidalam faktor tersebut. `_D'`, `_O'` atau `_I'` menyatakan bahwa faktor tersebut di bawah pengendalian perancang sistem, organisasi yang menggunakan sistem atau individu berturut-turut.

- d. Design sistem (20%, D) Faktor design sistem termasuk beberapa kondisi sistem level yang menambah probabilitas dari human error. Alokasi fungsi yang baik adalah manusia versus komputer akan memimpin sebagian error. Masing-masing pengguna

harus menyediakan dengan feedback dari sedikitnya empat tempat: data kode, komunikasi manusia-komputer, sistem pelaporan dan pengawasan. Informasi mengenai nomor dan tipe dari kesalahan yang dibuat akan sangat membantu dalam menurunkan error pada masa yang akan datang. Pada koneksi dengan design work, tugas yang mudah dan sulit jangan disatukan pada beberapa cara yang tidak sistematis, sejak hal ini mempengaruhi penambahan probabilitas error. Tugas yang mudah harus dibuat dalam satu group, tugas yang lebih sulit begitu juga.

- e. Instruksi penulisan (10%, D) Lengkap, jelas dan up to date instruksi merupakan hak yang diinginkan untuk terminal operator, koreksi error penulis, persiapan data penulis.
- f. Training(10%, D) Jika pengguna tidak diberi pelatihan apa yang harus mereka lakukan dan bagaimana cara terbaik dalam melakukannya, kemudian probabilitas membuat error akan besar. Baik itu pelatihan formal dan pelatihan ketika bekerja biasanya diminta. Designer CIS harus berhati-hati mengembangkan material training untuk setiap sistem baru.
- g. Interaksi manusia-komputer (10%,D) Interaksi manusia dan komputer dijelaskan pada sub bab 4.7. Tipe dan kualitas alat input , pesan, bahasa, kode data dan semuanya adalah berhubungan.
- h. Lingkungan (5%, O) Lingkungan pada kebanyakan sistem terdiri dari lingkungan fisik dan lingkungan sosial. Kondisi yang berhubungan dengan lingkungan fisik adalah temperatur ruangan, pencahayaan dan level kebisingan. Kondisi pada lingkungan sosial adalah terisolasi atau kegaduhan, hubungan pengguna komputer dengan pekerja lainnya dan pengawasan
- i. Permintaan keakuratan organisasi (10%, O) Setiap organisasi mempunyai sifat yang berbeda tentang level keakuratan yang bisa diterima. Operator CIS akan berjuang untuk menghasilkan *'zero error'*, jika objek diminta oleh organisasi dan secara aktif
- j. Faktor personal (35%, I) beberapa penyebab yang sulit dipahami dari human error adalah pengaruh yang aneh, dalam bagian yang saling berhubungan, kemampuan untuk menghasilkan keakuratan. Hal ini termasuk keprluan physiological maupun psychological, keahlian dan pengetahuan, circadian rhythms, tidur yang berlebihan, obat, sakit, lelah, motivasi, dll

Koreksi dan deteksi error. Dalam kebanyakan CIS, error dapat dideteksi baik oleh manusia atau komputer. Manusia dapat mendeteksi

kesalahannya sendiri, beberapa error dapat dideteksi oleh percetakan. Satu cara yang terbaik dalam menggunakan komputer untuk mendeteksi tipe tertentu dari error dalam kode numerik dinamakan check digit. Dengan menambah extra check digit, meskipun kode yang ada akan semakin panjang. Checkwords sangat jelas menyediaka informasi yang berlebih selama kode dasar.

Proses verifikasi didasarkan pada konsep banyaknya deteksi error, dimana dua operator kkey dalam satu set data. Masukannya dapat dibandingkan secara otomatis, dan ketika dua pemasukkan tidak match, satu dari dua key operator dapat diputuskan mana entry yang benar.

Kemampuan deteksi berbasis komputer termasuk limit checking (check yang dapat dipahami). Sebagai contoh jika nilai tertentu kurang dari 0 dan lebih besar dari 99, pesan error digenerated. Jika data tertentu selalu mempunyai bagian tertentu dari karakter, komputer dapat mendeteksi error dengan menggunakan pattern checking yang rutin

Sebagai tambahan, seorang yang mampu bekerja berarti harus mengembangkan pemeriksaan secara efisien dari pendeteksian error. Semua komputer pendeteksi error harus ditempatkan pada file error sementara sampai dikoreksi selama 24 jam. Pada batch sistem khususnya, file harus mempunyai error yang kecil, alasan deteksi dan tanggal. Error pada model interaktif dapat dikoreksi secara benar setelah dikoreksi

- k. Error software. Program yang besar cukup kompleks untuk mempunyai error yang tersembunyi yang tidak dapat ditampilkan sebulan atau setahun. Hal ini perlu sekali untuk menempatkan pengendali error yang dapat masuk ke dalam program. Selama tipe dari pengendali error

dapat digunakan untuk mentes proses komputer adalah terbatas (atau tidak masuk akal) test, pemeriksaan yang bersilangan dan pengendali gambar.

Sebagai input data, langkah program dapat di test dari hasil proses dengan membandingkan antar keduanya dengan batas yang ditetapkan sebelumnya, atau membandingkan dengan dengan batas yang fleksible dari hasil yang masuk akal.

Pemrosesan data komputer dapat juga diperiksa pada bagian yang sama dengan metoda manual crossfooting (misalnya untuk menambah jalurdar bawah). Individual semuanya saling ketergantungan dan dikembangkan dari kesemunya. Jika dua total gambar tidak sama, dapat terjadi error dalam program.

Akhirnya, pengendalian gambar dapat digunakan, Seperti contoh nomor item key pada berbagai penggunaan boleh digunakan sebagai pengendali total dan dibandingkan dengan nomor dari item key yang aktual.

Pemeliharaan secara matematik dari reliability software didiskusikan pada sub bab 8.5

3. Flexible Manufacturing Systems and Robotics

Penggunaan otomasi atau robotic manipulator dalam operasi manufaktur telah bertambah. Peralatan ini dapat mengganti tenaga kerja manusia dan atau mempertinggi usaha manusia untuk memproduksi lebih baik atau tinggi

kualitasnya. Sejak otomasi selalu memimpin untuk alat baru dari interaksi manusia-mesin, fungsi aturan manusia akan dimainkan dalam lingkungan secara hati-hati dipertimbangkan dan direncanakan.

3.1 Flexible manufacturing system

Pada komputer-aided manufacturing system, semua kuantitas dari tugas manusia terus berkurang. Meskipun, level dari pengambil keputusan dan proses informasi bertambah sama dengan bertambahnya pengawasan. Karena ongkos yang sangat besar investment pada barang berharga diminata dan karena aspek-aspek yang baru dari human error dalam merancang job untuk manusia seperti lingkungan baru, beberapa hal yang dipertimbangkan harus diberikan dari manusia-mesin sebelum diimplementasikan dalam suatu sistem.

- 1. Flexibility dari manufaktur.** Numerically-controlled mesin tool menyombongkan mempunyai produktivitas tinggi dalam small batch manufaktur dibandingkan mesin konvensional. Mengkombinasi beberapa mesin dengan computer-controlled multipath material handling system, flexible manufacturing system (FMS) menghasilkan penanganan variasi dan volume. Dengan mengkombinasikan fleksibilitas dari numerically-controll mesin dengan material handling otomatis dan manajemen produksi computer-control, efisiensi level dari FMS pada batch manufaktur mendekati pada mass produksi (Barash, 1982).

Proses pengerjaan pada sistem mesin mungkin palletized atau non palletized. Pengerjaan pada palletized (biasanya tidak ada rotasi bentuk) ada dalam fixture yang menempel pada pallet. Nonpalletized part(biasanya bagian yang berputar) diambil dengan manipulasi dan berada pada lokasi yang pantas. Meskipun kebanyakan FMS yang ada dipakai untuk mesin, sebagian telah dibangun untuk melihat proses pembentukan dan pengelasan (Barash, 1982)

2. Structure dari FMS. Sebagai contoh dari FMS dapat dilihat secara sistematis pada gambar 4.8. Diskusi pada contoh ini mengingatkan dari sub bagian yang berdasarkan studi kasus oleh Hwangf, et al (1984)

Kegunaan dan tampilan komponen dapat diikuti (Penjelasan yang umum dari fungsi dan kemungkinan variasi selain instalasi yang diberikan

1. Station beban tau tidak ada beban, 15 station dilayani oleh 2 operator. (Material part yang telah selesai diangkat oleh manusia atau robot)
2. Alat perlengkapan transportasi, 2 shuttle carts. (Tenaga conveyor atau cart otomatis membawa part di antara area loading dan mesin tool)
3. Alat material Handling – gerobak dorong menyimpan atau mengangkat komponen pada pallet. (crane atau robot memindahkan work-in- process atau alat(tools) menuju posisi tertentu.
4. Alat mesin tujuan umum. Meain 4 tilt spindle head (T) dan 4 horizontal spindle (H) ; semuanya adalah 3-axis machining centers. (biasanya digunakan mesin vertical atau horizontal yang melakukan operasi milling dan drilling, dan mesin bubut melakukan pekerjaan dengan part yang berputar.)
5. Auxiliary equipment(Alat tambahan). – One 3-axis tilt head inspection machine. (FMS dapat juga meliputi stasiun pencucian (washing stations), alat pembuang chip(geram), on-line inspection, dan alat ukur otomatis.misalnya).
6. Pengontrol Sistem—One stand-alone control (SAC) dan one host computer. (Dengan menggunakan status data yang dilaporkan oleh sensor dan alat, Komputer pengontrol sistem megawasi operasi keseluruhan FMS.)
7. Alat ruangan dan Gudang—One off-line tool room. Semua toolsyang digunakan dalam sistem disimpan dalam tools room., kemudian dipindahkan ke machining center. Two material handler melakukan tugas loading /unloading. One rover (pengembara) operator mrngatur alat dan melakukan penghentianunscheduledmachine.Satuteknisi mesin/hydraulic memperbaiki mesin dan alt tambahannya (auxiliary equipment). Manager sistem mengawasi FMS, terutama dengan memonitor informasi yang disediakan oleh SAC, dan pekerja-pekerja lain.

3. LangkahDasar Manufaktur dalam FMS. Langkah dasar manufaktur yang memerlukan integrasi manusia dan komputer adalah sebagai berikut (Hwqang, et al., 1984):

Setup tool—operator menempatkan tools dan rak tool

Load part—Operator memperhatikan komputer ketika tugas loading selesai.

Transportasi Part—gerobak memindahkan part ke stasiun mesin.

Stasiun mesin—part di drill, dibor, dan di –mill.

Mengganti tool—otomatis pada masing-masing stasiun mesin. Jika langkah manufaktur belum selesai ulangi langkah 3-4

Inspeksi—oleh operator dan mesin inspeksi

Unload parts—oleh operator

Elemen utama FMS adalah komputer SAC yang mengontrol tool mesin, material handling equipment, Alat pemindah, dan alat bantu. Juga ada hirarki komputer yang melakukan berbagai tugas monitoring dan kontrol.

Tidak setiap tugas dalam FMS bersifat otomatis. Tugas yang perlu dilakukan secara manual oleh operator adalah loading dan unloading, setup tool, penggantian tool, dll. Perawatan mesin juga memerlukan keterlibatan manusia.

Manager sistem mengawasi traffic (lalu lintas) dengan bantuan SAC yang memperlihatkan kondisi kereta (cart), aliran part, dll. Dia menginstruksikan operator untuk mengintervensi secara manual untuk kasus workpiece yang tak sejajar (misalignment atau tool macet, dan jika kerte material handling macet atau part jatuh dari kereta. Manusia sebagai pengontrol, memonitor status mesin dan mengintervensi untuk mem- fix- mesin jika diperlukan.

(iv).**Alokasi fungsi antara manusia dan computer.** Perubahan peranan manusia dalam FMS menunjukkan kebutuhan me revaluasi strategi job-design.. Hwang, et al.(1984) menyimpulkan bahwa job design harus menekankan kemampuan manusia secara kognitif dan proses informasi untuk menentukan alokasi tugas optimal antara manusia dan komputer.

Tugas yang memerlukan pola rekognitif kompleks (e.g., tool setup, part loading/unloading, dan inspeksi) seharusnya ditugaskan ke manusia. Tugas rutin yang memerlukan banyak perhitungan (misal; transportasi part, machining dandan penggantian tool) dilakukan oleh komputer. Ini adalah manusiawi seperti supervisor atau back up decision-maker, yang dapat menaikkan reliability dengan memonitor aliran informasi dan mengintervensi

dalm situasi darurat dengan membuat keputusan yang fleksibel dan kemampuan prose informasi yang unik.. Dia mengintervensi langsung aliran benda kerja jika komputer tidak dapat mengidentifikasi part. Dia juga bisa menghentikan program yang sedang berjalan sistem untuk merubah campuran part.

Biasanya, Supervisor FMS menogtrol sekitar 3 -8 mesin (atau hingga 30, dalam beberapa dalam instalasi). Dia juga memproses informasi dari berbagai sumber; khususnya dia memonitor parameter berikut dalam FMS—tool- life status, status mesin, kondisi konveor, dan aliran part. Pada dasarnya Dia Dia dalam situasi monitoring multitask dengan perhatian yang terbagi. Karena keterbatasan kemampuan yang terbagi, ada suatu batas jumlah mesin, dan tugas tiap-tiap mesin, sehingga dia dapat mengawasi reliability pada waktu yang tepat.

Lebih lanjut, efisiensi performansi manusia diperlukan dalam menulis software yang mengotrol shop scheduling, dan dalam perencanaan level inventori material dan tools dalm FMS.

3.2. Robot Industri

Untuk merencanakan sistem kerja manusia-robot, robot harus dievaluasi dari perspektif HE dan buruh yang seharusnya dibagi antara robot dan manusia. Disain interface hardware dan software terhadap operator, perkembangan prosedur, training operator, dan pencegahan kecelakaan ditambahkan kepada perhatian HE untuk efisiensi interaksi manusia-robot.

Robot industri. Robot iñdustri didefinisikan oleh Institute of Amerika sebagai —programmable, multifunction manipulator yang dirancang untuk memindahkan material, part, tools, atau alat khusus yang melalui variable programmed motion untuk performansi berbagai tugas. Berbeda dengan tipe otomasi lain dalam hal —sensial yang dapat _di ajar kembali_ untuk penerapan yang berbeda.

Robot industri mempunyai 3 elemn dasar (dalam satu unit mstruktural atau terpisah); manipulator(arm), pengontrol otak, tingkatan yang kompleks dari simple air-logic ke mini komputer), dan sumber listrik(listrik,hidrolik, atau pneumatik).

Semua titik dalam suatu ruang yang dapat dijangkau dengan lengan robot merupakan work envelope Work envelope of a jointed-arm robot diperlihatkan dalam gambar 4.9. Robor arm of spherical configuration mirip menara kecil (turret) pada tank militer (except that they can slide in and out), dengan the resulting work envelope being a portion of a sphere). Work envelope of a cylindrical type arm is a portion of a cylider.

Dalam tiap konfigurasi, lengan robot bergerak dalam arah 3 sumbu. Biasanya ada 3 derajat kebebasan (roll, pitch, yaw) dalam (wrist) pergelangan tangan masing-masing robot. Jika robot ditempatkan pada suatu transversing slide, sumbu ke 7 ditambahkan. Pada ujung sumbu wrist, ada plat yang menyangga gripper (e.g mangkok penghisap atau magnet) digunakan untuk pick and place operations. Tempat kerja harus disusun dengan memperhatikan robot's work envelope dalam cara yang sama adalah untuk pekerja.

(ii) Klasifikasi Robot Robot diklasifikasikan sebagai non-servo vs servo

8. non-servo robot's sequencer-controller mengirimkan sinyal ke control valve yang terletak pada sumbu yang digerakkan. Sumbu tersebut bergerak hingga mereka secara fisik dibatasi oleh end stops (dan limit switches memberi sinyal controller memerintahkan valve menutup.) Robot diprogram dengan mengatur end stop atau switch tiap sumbu dan menspesifikasi urutan gerakan yang diinginkan pada sequencer.

Servo robot mempunyai alat position feedback yang disangga pada sumbu dan memori untuk positional data. Ada dua basic mode of path control untuk servo robot: point-to-point dan kontinyu.

Point-to point robots di ajari one point pada satu waktu dengan manual, hand-held teach pendant (anting-anting)(remote control) untuk memasukkan program kedalam memori robot. Ketika tangan robot mencapai posisi yang diinginkan dengan menekan tombol yang menggerakkan lengan robot, a teach button ditekan. Dalam memainkan kembali titik-titik data, path (garis edar) dan kecepatan tangan antara titik-titik tidak dapat diperkirakan karena tak ada sumbu koordinat gerak.

Continuous path robots diajar secara fisik dengan memegang(grasping) manipulator dan mengarahkannya melalui jalan yang diinginkan.

Versi revisi servo robot(controlled path robot) mengkombinasikan manfaat dari point-to-point path robots yang menggunakan mini—atau microcomputer yang yang mengkoordinasikan kontrol sumbu robot selama teaching dan replay. Selama teaching, operator hanya mengidentifikasi titik ujung yang diinginkan Selama replay komputer secara otomatis menghasilkan a controlled path (biasanya garis lurus) antara titik ujung yang dirancang.

T Penerapan Robot Robot mempunyai kapasitas dan konfigurasi yang sangat luas. Robot dapat diprogram untuk menangani berbagai macam pekerjaan yang meliputi pekerjaan kompleks tetapi kompleksitas controller dan teknologi alat feedback (touch, force, torque, or vision sensors) menentukan kemampuan. Jelas lebih kompleks robot lebih mahal.

Dimana resiko control diperlukan, penggunaan robot industri akan memberikan perlindungan operator yang positif. Robotisasi manual pengangkatan memperkecil pekerja menderita sakit punggung Robot secara khusus dapat beradaptasi ke power-press operation sebagai press feeder. Di berbagai penerapan, robot menjauhkan pekerja dari lingkungan berbahaya, keamanan meningkat. Beberapa contoh pekerjaan yang dilakukan dengan robot dalam lingkungan berbahaya (Ottinger,1981);

- 1 unloading die casting machines(kotor, panas molten metal),
- 2 spot welding (heavy guns, rigorous work cycle)
- 3 investments casting(abrasive environment, heavy loads)
- 4 sand blasting (abrasive environment, severe articulation requirements)
- 5 spray painting(solven/bahan pelarut, severe articulation requirements).
- 6 forging (high temperatur, abrasive environment) dan handling chemical (corrosive environment)

Pembagian Tenaga Kerja Pada konteks perancangan pekerjaan, isu yang penting adalah apa yang robot-robot dapat lakukan dan apa yang manusia harus lakukan pada sistem robot. Pada hubungan ini, diagram manusia-robot membandingkan kemampuan relatif dari manusia dan robot-robot industri pada kategori-kategori berikut : aksi dan manipulasi, otak dan kontrol, energi dan kemampuan, antarmuka, dan faktor yang beragam. Fitur

yang penting dan tertentu yang membedakan robot-robot dengan operator manusia dapat dinyatakan sebagai berikut :

1. Manusia memiliki sejumlah kemampuan dasar dan pengalaman yang terakumulasi sepanjang tahun. Robot, disisi lain, menampilkan masing-masing pekerjaan baru dari satu gerakan dan membutuhkan pengajaran yang rinci untuk setiap gerakan mikro.
2. Robot tidak mempunyai perbedaan individu yang berarti dari model yang dibuat.
3. Robot tidak terpengaruh oleh kehidupan sosial dan faktor psikologi (contohnya kebosanan)

Secara teoritis, keputusan diantara manusia dan robot akan tergantung pada perbandingan antara metode manusia yang terbaik dan metode robot yang terbaik. Namun, Nof, et al. (1980) mengidentifikasi tiga kasus yang sering terjadi :

1. Pekerjaan tersebut terlalu rumit untuk dikerjakan secara ekonomis oleh robot yang tersedia.
2. Robot harus melaksanakan pekerjaannya karena alasan keamanan atau permintaan keakuratan yang spesial.
3. Robot dapat menggantikan operator manusia pada pekerjaan yang membutuhkan hasil yang memuaskan dalam perbaikan seperti konsistensi yang tinggi, kualitas yang lebih baik, dll. Seperti halnya mencontoh kekurangan pekerja.

Pendekatan lainnya untuk menyatakan perbedaan dimensi pada masalah ini adalah membandingkan secara sistematis antara *Robot Time and Motion (RTM)* elemen metode kerja dari robot, dan *Methods Time Measurement (MTM)* elemen untuk operator manusia.

Parsons and Kearsley (1983) mengambil beberapa lagi pendekatan-pendekatan dari yang telah disebutkan di atas. Mereka mengidentifikasikan 9 tipe dari aktivitas manusia dan robot harus melakukan secara simbiotik dalam sistem robot. Mereka menyatakan dengan model SIMBIOSIS, untuk mengawasi, campur tangan, perawatan, back up, masukan (parts), keluaran, supervisi (manajemen), inspeksi, dan sinergi (kerjasama). Bagaimana pekerja dibagi antara masing-masing aktivitas akan tergantung pada kemampuan relatif dari manusia dan robot mengadopsinya.

D Interaksi Manusia-Robot. Memonitor robot melalui display kendali komputer dan intervensi manusia kebanyakan melalui sistem kontrol komputer yang tetap mencerminkan dimensi lain dari pertumbuhan keterlibatan dari HE pada software komputer dan interface antara manusia dan komputer. Pada setiap sistem robot, panel kontrol display digunakan oleh operator untuk menyalakan, mengawasi, dan mematikan aktivitas robot harus sepakat dengan prinsip design HE.

Masalah lainnya adalah pembangunan prosedur untuk dapat digunakan pada kasus robot yang tidak berfungsi. Proteksi dari masalah ketiga, dibicarakan nanti.

Isu moral dan benturan psikologi social dari memperkenalkan robot adalah tema penting tapi sangat sulit untuk dilaksanakan disini. Namun, juga berbenturan pada pengembangan karir karyawan dan struktur organisasi layak untuk disadari. Ada saatnya terlaksana, tapi pertanyaan yang menarik dilemparkan oleh Parson dan Kearsley (1982) adalah bagaimana robot tanpa emosi atau motivasi dapat melukai manusia yang berinteraksi dengan mereka.

Sebuah studi kasus dari HE dalam sistem robot. Shulman dan Olex (1985) melaporkan kemampuan HE yang penting dalam men-design generasi kedua Nordson spray-painting sistem robot tertuju pada pelatihan manipulator, kemampuan operator, sejumlah percakapan yang digunakan pada program perawatan, status determinasi, sistem setup, dan remote control console.

Sistem kontrol panel adalah yang paling sering digunakan interface dalam perawatan program pengecatan dan dalam konfigurasi atau operasi dari sistem. HE merekomendasikan ke dalam perancangan panel kontrol dimana :

1. Status indicator untuk fungsi kritis seperti tenaga hidraulik harus terlihat dari jarak 20-30 feet.
2. Kontrol panel harus menyediakan permukaan vertical untuk indicator visual dan alphanumeric display, dan permukaan horizontal yang terdekat untuk fungsi utama dan alphanumeric keyboard.
3. Pelabelan dari kontrol-kontrol axis harus nyata mengindikasikan axis dan arah dari pergerakan yang dikontrol. Ini adalah nontrivial sejak robot memiliki 6 derajat kebebasan, dan orientasi dari kontrol panel relatif ke robot yang akan berbeda dari satu instalasi ke selanjutnya.
Sehingga terminology ‘_left dan right’ adalah tidak bermakna.
4. Keys yang terelasi secara fungsional dan indicator harus ter-grup.

Sistem ini terprogram dengan memanipulasi design spesial pelatihan lightweight untuk lengan dimana terpasang pada tempat dari manipulator produksi. Dalam memanipulasi pelatihan lengan dengan kedua tangan, craftman juga membutuhkan untuk aktivasi atau memilih dari 6 fungsi, seperti spray on/off, wide/narrow spray, dll.

Permasalahan dari design adalah untuk mengintegrasikan kontrol yang penting ke dalam tangan latih jadi craftman tidak dibutuhkan untuk melakukan dari part yang akan di cat atau menyingkirkan tangan dari posisinya pada tangan latih. Dengan memahami fungsi kontrol dibutuhkan dan urutan jenisnya dari aktivasi, angka yang penting dari kontrol diperlukan untuk mengontrol 6 fungsi adalah untuk menurunkan ke 4. Sebagai contoh kontrol gun dan pemilihan spray pattern harus ke dalam 3 posisi (off/narrow/wide) switch.

Sistem robot adalah di-manage oleh sistem operasi mikrokomputer yang mana adalah untuk digunakan oleh operator yang tidak terlatih secara spesial dalam komputer. Sehingga perintah seperti LOAD, STORE, SEND, COPY, and RECEIVE dapat menunjukkan transfer data antara dua device dengan perintah tunggal, tapi untuk pengguna yang tidak sering, mereka sulit untuk membedakan dan seringkali mengarah pada kesalahan. Untuk menghindari sistem perintah operasi lebih rumit dari kepentingannya, 5 perintah diganti dengan perintah tunggal COPY design untuk prompt operator untuk nama sumber dan files tujuan.

5. Keandalan robot. Namun ironisnya, robot juga berhadapan dengan masalah keselamatan manusia. Manusia dapat terletak pada daerah pribadi robot untuk dapat melukai. Atau robot melakukan tindakan gila pada momen yang tidak terduga melewati kesalahan pada sistem kontrol, atau kesalahan elektrik – disebut bahaya takterduga.

Mean time between failures (MTBF) untuk servo pengontrol robot telah dilaporkan untuk menjadi 400-1000 jam jarak. Ketersediaan dari 98% adalah melaporkan untuk menjadi normal untuk robot industri dengan perbaikan secara cepat.

Konsekuensi paling serius dari ketidaktersediaan adalah bahaya dari gerakan tidak terencana. Masalah lainnya adalah bahaya robot melepaskan kerja yang seharusnya dipegang. Sugimoto dan Kawaguchi (1983) menyatakan pengalaman sebagai berikut dari plant perakitan otomatis :

6. Robot mulai bergerak secepat tenaga sumber telah dinyalakan, walaupun kondisi awalnya tetap belum siap.
7. Robot menghasilkan gerakan yang tidak merupakan bagian dari program.
8. Ketika beroperasi sendiri, robot menghancurkan pekerjaannya yang seharusnya dilas karena kesalahan dari instruksi program.
9. Selama cuaca panas dari musim panas, lengan dari robot tiba-tiba melunak, padahal sebaliknya telah bekerja normal.
10. Lengan robot tiba-tiba berhenti ketika sumber tekanan oli telah diputus setelah robot menyelesaikan pekerjaannya.

Fungsi gagal seperti start yang tidak diinginkan terjadi pada rata-rata beberapa banyak terjadi berulang kali di pabrik. Sebab yang paling umum adalah kesalahan elektrik, masalah katup tekanan oli, masalah katup servo, masalah relasi-encoder, tidak berfungsinya papan sirkuit, kesalahan operator.

Perlakuan untuk pembunuhan oleh sistem robot masih ada di ingatan. Robot telah membunuh tiga pekerja di Jepang dan melukai lebih banyak lagi. Pernyataan dari pengacara tentang keselamatan, lebih banyak kematian dan luka-luka terjadi karena pertumbuhan robotisasi. Ini sangat penting/kritis bahwa pengguna robot dan pelaksana manufaktur harus waspada dari bahaya potensial dan memastikan keselamatan manusia.

11. Keamanan Robot. Di fasilitas-fasilitas yang beroperasi tanpa robot, prosedur rutin dan aktivitas-aktivitas yang baik dapat menjadi bahaya setelah robot diperkenalkan. Proteksi dari manusia dan robot melawan kesalahan software dan hardware, kesalahan design keselamatan, intrusion monitoring, digunakan gerakan lengan robot yang terbatas., tombol deadman, alarm peringatan, lampu flash, panik tombol adalah konsiderasi kritis HE, seperti halnya design tata letak kerja, pengawasan dan pelatihan operator. Ini harus dapat diakses secara mudah dan design peringatan bahaya yang baik.

Light curtains, ultrasonic echo ranging sensors, and pressure sensing pads pada sekitar robot yang digunakan untuk mematikan power dari robot jika kesalahan terjadi. Hambatan fisik seharusnya cukup secara substansial untuk mencegah kealahan masukan ke dalam area robot. Pada kasus ini, gerbang seharusnya mempunyai switch penguncian dimana ketika gerbang terbuka, matikan power robot sampai manual start di nyalakan lagi.

4. Nilai dari Human Engineering.

Teknik HE kebanyakan sepakat dengan sedikit masalah kinerja sistem manusia-mesin keseluruhan : HE akan membantu menyelesaikan bit dari masalah keandalan keseluruhan, pelan-pelan tetapi pasti. Manajemen dari sistem manusia-mesin adalah evading isu jika mengacuhkan kesalahan manusia yang terkecil dan secara berkelanjutan berbicara berulang tentang keandalan total dari sistem yang tidak dapat diselesaikan oleh dengan hanya menjentikkan jari saja.

Kekurangan respon pada pendekatan HE adalah satu dari kesalahan tertinggi dalam keandalan sistem dan kemampuan keselamatan. Pengabaian adalah tidak sepenuhnya kekurangan dari pengertian aturan main dari HE dalam keefektifan sistem manusia-mesin. Diantara keuntungan yang dapat terjadi adalah :

- a. Sedikitnya kesalahan kinerja.
- b. Keefektifan sistem terbaik.
- c. Menurunkan biaya training dan waktu training.
- d. Lebih efektif digunakan oleh personal dengan sedikit pemilihan kebutuhan penting.
- e. Sedikitnya kecelakaan yang dihasilkan atau kerusakan property.
- f. Meminimasi design ulang dan retrofit setelah sistem beroperasi – jika dilaksanakan pada fase design.
- g. Peningkatan economi dari produksi dan perawatan
- h. Memperbaiki yang diterima pengguna.

Aturan dari HE akan menjadi lebih tepat sejalan sistem menjadi lebih kompleks dan terotomasi. Aplikasi dari HE adalah prasyarat dalam design dari sistem manusia-mesin di kemudian hari jika keandalan optimal, safety, dan produktivitas telah tercapai.