

BUKU AJAR

ERGONOMI

Didik Supriyono, S.K.M, M.K.M



Jl. Letjend Ibrahim Adjie No 180 Sindang Barang Bogor Barat
Phone :0251-8327396
Mobile : 0852-1670-1658/0812-9581-9088
Email : wijayahusada@gmail.com
Website : www.wijayahusada.com

BUKU AJAR ERGONOMI

Penyusun : Didik Supriyono, S.K.M, M.K.M
Nomor ISBN : 978-602-52497-1-6
Editor : Normaliasari S, Kom
Penyunting : Annisa Dwi Yuniastari, SKM., M.Kes
Penerbit : STIKes Wijaya Husada Bogor
Redaksi : Jl. Letjend Ibrahim Adjie No. 180, Sindang Barang,
Bogor
Telp. (0251) 8327396
Email : wijayahusadaakd@gmail.com

Cetakan Pertama, 2016

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Rasa syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan kasih dan berkat karunia-Nya sehingga buku ini dapat diselesaikan.

Penyusunan buku ajar ini merupakan salah satu upaya Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat STIKes Wijaya Husada Bogor dalam meningkatkan kualitas proses pembelajaran sehingga lebih baik, sehingga mudah dipahami untuk melengkapi materi yang berkaitan dengan Ergonomi.

Dalam penyusunan buku ini, kami banyak dibantu oleh teman seprofesi baik dalam lingkungan kampus Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat STIKes Wijaya Husada Bogor maupun dari pihak luar. Buku Ajar ini sudah direview oleh kelompok dosen sesuai rumpun ilmu. Kami mengucapkan terima kasih kepada Ketua STIKes Wijaya Husada Bogor beserta seluruh karyawan dan staf dosen Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat STIKes Wijaya Husada Bogor, yang telah memberikan dukungan sehingga buku ini dapat tersusun.

Buku ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu saran yang membangun sangat kami harapkan guna perbaikan buku ini.

Akhir kata, berbagai saran dan kritik yang membangun akan selalu penulis harapkan.

Penulis

DAFTAR ISI

COVER BUKU	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB I Konsep Dasar Ergonomi	1
A. Manusia dengan lingkungan saat ini	2
B. Definisi Ergonomi	3
C. Sejarah Bidang Ergonomi	4
D. Ergonomi Dalam Kaitannya Dengan Sistem	5
E. Dasar Keilmuan dari Ergonomi	6
F. Tujuan Ilmu Ergonomi	7
G. Pendekatan Ergonomi dan Aplikasinya di Industri	7
H. Latihan Soal-Soal	8
BAB II Aplikasi Ergonomi Di Industri	10
A. Hakekat Dasar Studi tentang Ergonomi	11
B. Human Centered/Integrated Design (HC/ID)	11
C. Beberapa Konsep Penting dalam Ergonomi	12
D. Riset bidang Ergonomi	12
E. Indikator-indikator yang Menandai Diperlukan Intervensi Ergonomi	13
F. Tahapan-tahapan Evaluasi Ergonomi	13
G. Enam Problematika Aplikasi Ergonomi di Industri	14
BAB III Anthropometri	15
A. Anthropometri Secara Umum	16
B. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Ukuran Dimensi Tubuh Manusia	17
C. Pengukuran Dalam Anthropometri	19
D. Prosedur Dalam Anthropometri	20
E. Perancangan Stasiun Kerja	21
F. Pengukuran Dimensi Tubuh Manusia	23

G. Distribusi Normal.....	26
H. Percentile	28
I. Cara penentuan <i>percentile</i> dalam perancangan	30
J. Latihan soal-soal Latihan 1	31
BAB IV Desain Ruang Kerja	32
A. Posisi Kerja	32
B. Proses Kerja.....	33
C. Tata Letak Tempat Kerja.....	34
D. Mengangkat beban	34
E. Pengaruh Lingkungan Fisik terhadap Kesehatan Pekerja	35
BAB V Pencahayaan	39
A. Mata Manusia.....	39
B. Sistem Penglihatan Manusia.....	40
C. Sistem Pencahayaan	41
D. Wilayah Penglihatan	42
E. Kelelahan Mata	43
F. Efek Silau	44
G. Pengaturan Sistem Pencahayaan.....	45
H. Latihan Soal-Soal.....	46
BAB VI Bunyi Dan Kebisingan	47
A. Telinga Manusia.....	47
B. Sistem Pendengaran Manusia	48
C. Bunyi.....	49
D. Tingkat Tekanan Suara (SPL).....	50
E. Kebisingan	51
F. Latihan Soal-Soal Latihan 1	53
BAB VII Display	54
A. Display	54
B. Display Yang Berbentuk Visual	56
C. Display Yang Berbentuk Audio.....	58
D. Perancangan Display	58

E. Latihan Soal-Soal.....	60
BAB VIII Biomekanika Kerja	61
A. Definisi Biomekanika Kerja	61
B. Manfaat Disiplin Ilmu Biomekanika Kerja	63
C. <i>Action Limit</i> (AL).....	64
D. <i>Recommended Weight Limit</i> (RWL).....	65
E. <i>Lifting Index</i> (LI)	68
BAB IX Alat Ukur Biomekanika	70
A. Alat Ukur Biomekanika Kerja.....	70
DAFTAR PUSTAKA	79

DAFTAR GAMBAR

1. Permasalahan, Sistem Dan Ergonomi	6
2.1. Prinsip ENASE pada Pendekatan Ergonomi	11
2.2. Tahapan-tahapan Implementasi Ergonomi	14
3.1. Faktor Penyebab Variasi Ukuran Dimensi Tubuh Manusia	19
3.2. Hal-hal yang Dipertimbangkan Dalam Perancangan Stasiun Kerja	22
3.3. Dimensi tubuh untuk perancangan dengan Anthropometri	25
3.4. Pintu	30
3.5. Meja	31
2. Posisi Kerja & Jangkauan Kerja	33
3. Metode Mengangkat Beban	34
5.1. Bagian-Bagian Mata	40
5.2. Wilayah Penglihatan Manusia	43
5.3. Efek Silau	44
5.4. Sistem Pencahayaan Langsung (<i>Direct Lighting</i>)	45
5.5. Sistem Pencahayaan Tidak Langsung (<i>Indirect Lighting</i>)	46
5.6. Sistem Pencahayaan Menyebar (<i>Diffuse</i>)	46
6.1. Bagian-Bagian Telinga	48
6.2. Suara Dan Rata-Rata Besarnya Desibel	50
6.3. Alat Pelindung Diri	52
8.1. Contoh Display Di Jalan Raya	54
8.2. Contoh Display Pada Mesin	54
8.3. Contoh Display Berbentuk Bunyi-Bunyian	55
8.4. Contoh Huruf Braille	55
9.1. Enam Area Metodologi Biomekanika Kerja	62
9.2. Manfaat Biomekanika Kerja	63
10.1. Parameter H, V dan D	6

DAFTAR TABEL

3.1 Dimensi tubuh untuk perancangan dengan Anthropometri	23
3.2. Dimensi tubuh untuk perancangan dengan Anthropometri (Lanjutan)	24
3.3. Faktor pengali pada <i>percentile</i>	28
5.1. Pengaturan sistem pencahayaan	42
1.1. Indikator warna lampu pada display	57
10.1. Formulasi masing-masing faktor pengali	66
10.2. Tabel FM	67
10.3. Tabel CM	67
11.1. Tabel pengukuran <i>Job Strain Index</i> (JSI)	71
2. Intensitas penggunaan tenaga (<i>Intensity of Exertion</i>)	73
11.3. Posisi tangan (<i>Hand/Wrist Posture</i>)	75
11.4. Kecepatan kerja (<i>Speed of Work</i>)	75
11.5. Penentuan rating dan faktor pengali	77
11.6. Tabel interpretasi nilai JSI	77

BAB 1

KONSEP DASAR ERGONOMI

1. Tujuan Instruksional Umum

Setelah membaca bab ini, Anda akan dapat memahami pengantar ergonomi

2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah membaca bab ini, Anda diharapkan dapat:

- a. Mengetahui dan memahami definisi, dan sejarah ilmu ergonomi
- b. Mengetahui dan memahami kaitan ilmu ergonomi dengan sistem
- c. Mengetahui dan memahami tujuan dan dasar keilmuan ergonomi
- d. Mengetahui dan memahami pendekatan ergonomi beserta aplikasinya di industri

A. 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.

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

C. Sejarah Bidang Ergonomi

Istilah 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 kerjayang lebih detil 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.

D. Ergonomi Dalam Kaitannya Dengan Sistem

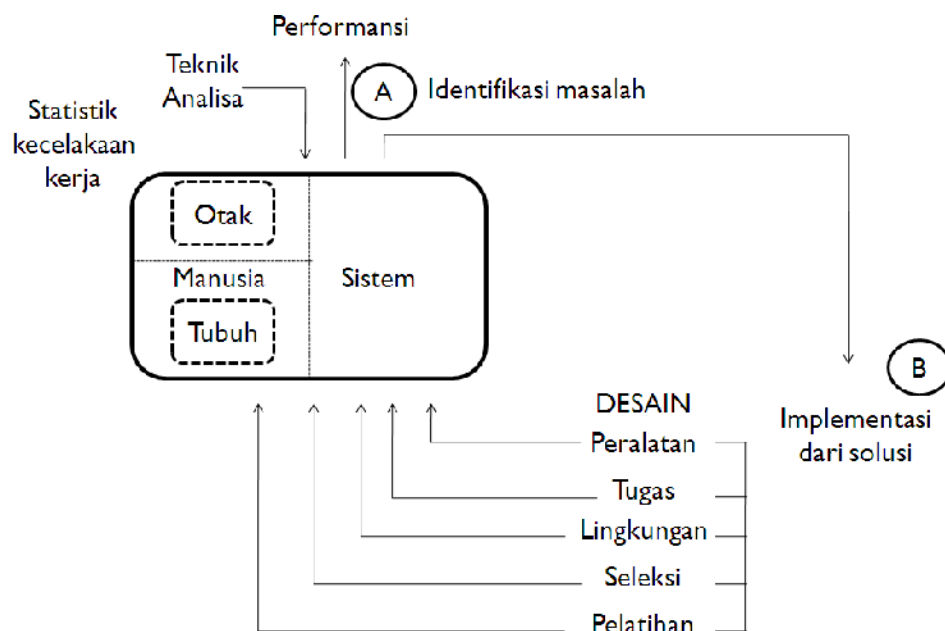
Mengkaji permasalahan dengan pendekatan ergonomi tidak akan lepas dari mengkaji sistem terkait. Hal ini dikarenakan permasalahan yang ada melibatkan komponen-komponen yang ada di dalam sistem. Oleh karena itu mengkaji permasalahan dengan pendekatan ergonomi akan mengiring pada pengkajian sistem terkait.

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 system

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")

E. 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.

F. Tujuan Ilmu Ergonomi

Fokus tujuan ilmu ergonomi adalah:

- a. 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.
- b. Memperbaiki performansi kerja manusia seperti menambah kecepatan kerja, ketelitian, keselamatan, kenyamanan dan mengurangi penggunaan energi kerja yang berlebihan dan mengurangi kelelahan.
- c. Mengurangi waktu yang terbuang sia-sia untuk pelatihan dan meminimalkan kerusakan fasilitas kerja karena human errors.
- d. Meningkatkan "*functional effectiveness*" dan produktivitas kerja manusia dengan mesin.
- e. 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.

G. Pendekatan Ergonomi dan Aplikasinya di Industri

Pendekatan ergonomi yang diaplikasikan di dunia industri diantaranya:

- a. Perancangan, modifikasi, penggantian/perbaikan *fasilitas kerja* untuk meningkatkan produktivitas, kualitas produk dan lingkungan kerja fisik.
- b. Perancangan, modifikasi *area* dan *tempat kerja*, *tata-letak (layout)* fasilitas produksi untuk memudahkan dan mempercepat operasi kerja, material handling, service dan maintenance
- c. 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.
- d. 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:

- a. *Acces (getting in and out)*: untuk desain interior kendaraan
- b. *Resistant*: pemasangan sabuk pengaman.
- c. *Visibility*: lampu parker.
- d. *Seating*: penyangga punggung, lengan, distribusi beban berat badan pada kursi mobil.
- e. *Displays: visibility lighting* (speedometer, gas-meter, temperatur)
- f. *Controls* (mudah dijangkau, kemudahan identifikasi dan operasi, posisi, pergerakan standar)
- g. Lingkungan: ventilasi, kurangi panas langsung, *sharp-countur unit panel*.

H. Latihan Soal-Soal

- a. Jelaskan definisi dari ergonomi !
- b. Sebutkan beberapa pendahulu bidang ergonomi, serta jelaskan perannya dalam sejarah kemajuan bidang ergonomi !
- c. Jelaskan dasar-dasar keilmuan yang dipakai dalam ergonomi !
- d. Terdapat dua konsep yaitu menyesuaikan karakteristik pekerjaan terhadap kapasitas manusia (fitting the job to the man) atau menyesuaikan kapasitas manusia terhadap karakteristik pekerjaan (fitting the man to the job). Menurut Anda ilmu ergonomi masuk dalam konsep yang mana (Jelaskan jawaban Anda) !
- e. Mengapa dalam perancangan stasiun kerja perlu memperhatikan aspek ergonomis?

BAB 2

APLIKASI ERGONOMI DI INDUSTRI

A. Tujuan Instruksional Umum

Setelah membaca bab ini, Anda akan dapat memahami aplikasi ergonomi di industri

B. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah membaca bab ini, Anda diharapkan dapat:

- a. Mengetahui dan memahami hakekat dasar studi ergonomi
- b. Mengetahui dan memahami konsep *Human Centered/Integrated Design* (HC/ID)
- c. Mengetahui dan memahami konsep penting dalam ergonomi
- d. Mengetahui dan memahami pendekatan ergonomi beserta aplikasinya di industri

BAB II

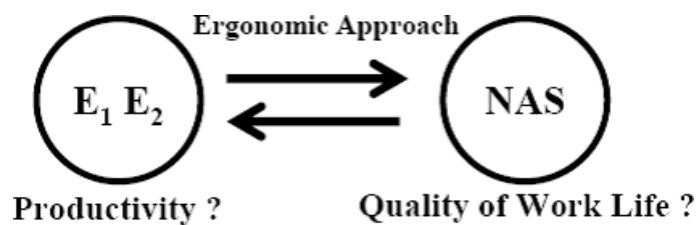
APLIKASI ERGONOMI DI INDUSTRI

A. 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.

B. 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). Bagaimana interaksi pendekatan ergonomi yang memenuhi prinsip ENASE dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar

2.1. Prinsip ENASE pada Pendekatan Ergonomi

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.

C. 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.

D. 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.

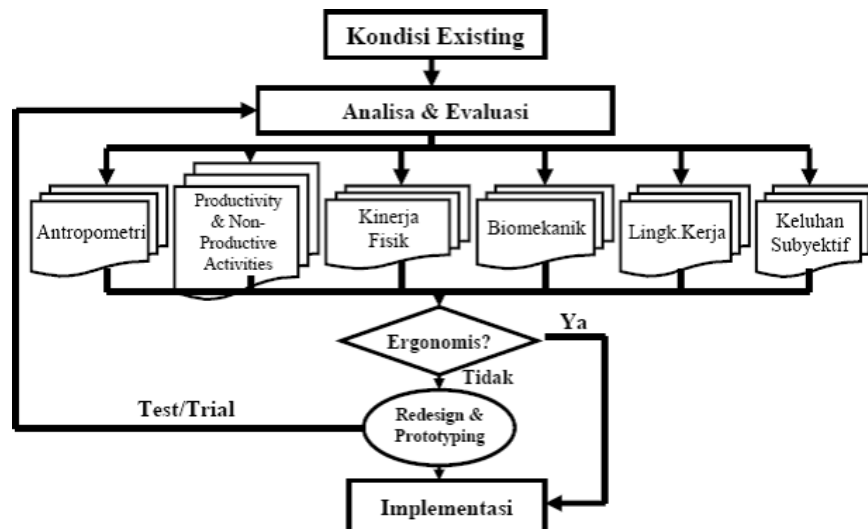
E. Indikator-indikator yang Menandai Diperlukan Intervensi Ergonomi

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

F. 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

G. 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)
5. Lingkungan eksternal, yang ada disekitar lingkungan kerja yang mempengaruhi kondisi fisik pekerja (misal: suhu panas/dingin, pencahayaan, suara dan getaran)
6. 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 III

ANTHROPOMETRI

A. Tujuan Instruksional Umum

Setelah membaca bab ini, Anda akan dapat mengetahui dan memahami mengenai proses rancang bangun fasilitas/stasiun kerja yang ergonomis dengan mempertimbangkan 15 factor- 15 factor anthropometri.

B. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah membaca bab ini, Anda diharapkan dapat:

- a. Mengetahui dan memahami anthropometri secara umum
- b. Mengetahui dan memahami prosedur dalam anthropometri
- c. Mengetahui dan memahami mengenai perancangan stasiun kerja
- d. Mengetahui dan memahami pengukuran dimensi tubuh manusia
- e. Mengetahui dan memahami cara penentuan *percentile* dalam perancangan

A. Anthropometri secara umum

Mengacu pada penjelasan sebelumnya yang terdapat pada Modul 1 yaitu Pengantar Ergonomi, telah dijelaskan bahwa 16actor16tive output dalam pengkajian permasalahan melalui Ergonomi dapat berupa perancangan peralatan/stasiun kerja maupun pengkajian terhadap 16actor 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 16actor 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 16actor 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:

- a. Perancangan peralatan kerja
- b. Perancangan ini terkait dengan perancangan peralatan-peralatan yang digunakan dalam upaya menyelesaikan pekerjaan seperti contohnya gunting, obeng, kursi, meja dan sebagainya.
- c. Perancangan produk-produk yang digunakan pada kehidupan sehari-hari
- d. Perancangan ini terkait dengan perancangan barang-barang yang digunakan pada kehidupan sehari-hari seperti contohnya pakaian, meja, kursi dan sebagainya.
- e. Perancangan area kerja
- f. 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.
- g. Perancangan lingkungan kerja fisik
- h. Perancangan ini terkait dengan perancangan lingkungan kerja dimana perancangan ini jauh lebih luas dan lebih rumit dibandingkan perancangan area kerja.

B. 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 factor (lihat Gambar 1). Faktor- Factor yang menyebabkan variasi pada dimensi ukuran tubuh manusia yaitu : (Wignjosoebroto, 2000, Wicken dkk., 2004)

1. Usia

Usia merupakan factor 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 factor usia tersebut, ukuran peralatan yang dibutuhkan antar manusia dengan perbedaan usia ini menjadi berbeda.

2. Gender

Selain factor usia, factor lainnya yang menyebabkan terdapatnya variasi pada ukuran dimensi tubuh manusia adalah factor 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.

3. Suku bangsa/ras

Faktor selanjutnya yang menyebabkan variasi pada ukuran dimensi tubuh manusia adalah factor suku bangsa/ras. Seperti diketahui bahwa setiap suku bangsa/ras memiliki karakteristik yang khas terkait dengan ukuran dimensi tubuh mereka. Pengaruh factor 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 factor 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).

4. Postur tubuh

Faktor selanjutnya yaitu factor postur tubuh. Faktor ini biasanya dipengaruhi oleh kebiasaan sikap seseorang yang pada akhirnya dapat mempengaruhi ukuran dimensi tubuh seseorang.

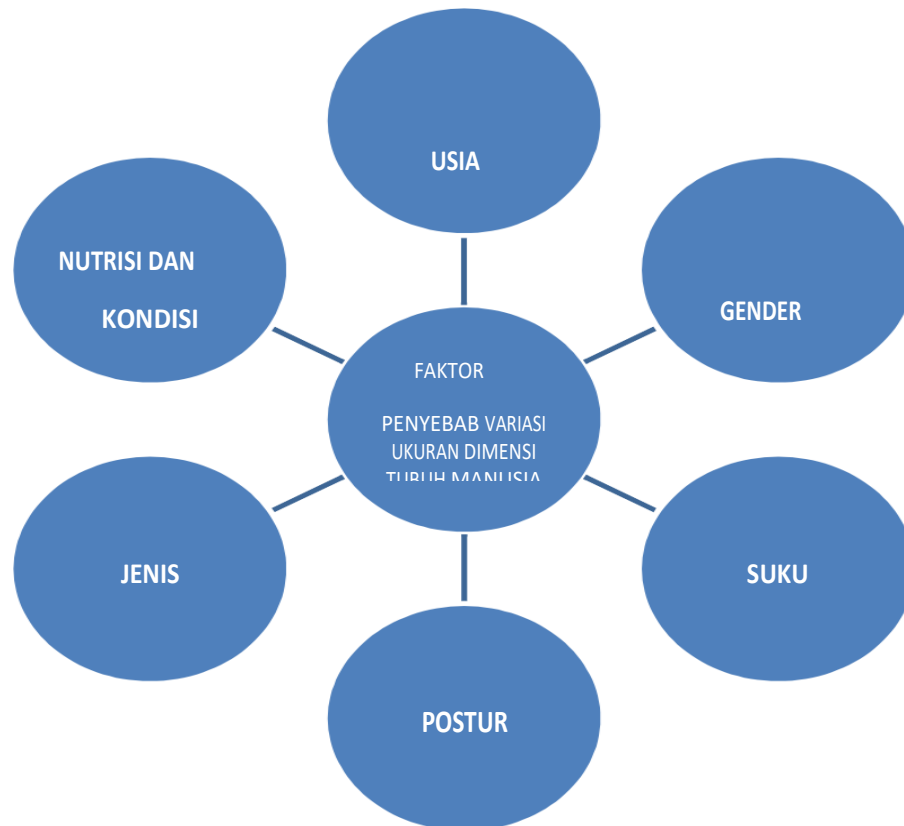
a. Jenis pekerjaan

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.

b. Nutrisi dan kondisi lingkungan

Faktor terakhir yang akan dibahas yaitu factor nutrisi dan kondisi lingkungan. Tidak dapat dipungkiri bahwa nutrisi yang baik akan mendukung pertumbuhan tubuh manusia. Hal mengenai pengaruh factor 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 factor sejak 1920 (Annis, 1978 dalam Wicken dkk, 2004, hal 246).



Gambar 3.1. Faktor Penyebab Variasi Ukuran Dimensi Tubuh Manusia

C. Pengukuran dalam Anthropometri

Dalam Anthropometri terdapat dua factor 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 factor. 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*).

D. 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)

1. Menentukan populasi dari pengguna peralatan yang akan dirancang
2. 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).
3. 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*).

4. Menentukan *percentile* yang akan digunakan dalam perancangan peralatan tersebut
5. 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.
6. Melakukan simulasi terhadap peralatan yang dirancang. Simulasi dilakukan dengan tujuan untuk menguji peralatan yang dirancang.

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

1. Cara kerja dari proses yang berlangsung di stasiun kerja yang akan dirancang. Hal ini dipelajari pada teori terkait dengan studi metode kerja.
2. Data ukuran dimensi tubuh pekerja pada stasiun kerja yang akan dirancang. Hal ini dipelajari pada teori anthropometri secara umumnya.
3. Pengaturan tata letak fasilitas pada stasiun kerja yang akan dirancang. Hal ini dipelajari pada teori tata letak fasilitas dan pengaturan ruang kerja.
4. Pengukuran yang digunakan pekerja pada saat melakukan aktivitas tertentu di stasiun kerja yang akan dirancang. Hal ini dipelajari pada fisiologi.
5. Faktor keselamatan dan kesehatan pekerja di stasiun kerja yang akan dirancang. Hal ini dipelajari pada teori keselamatan dan kesehatan pekerja.
6. 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.
7. Pengukuran waktu kerja saat pekerja melakukan aktivitas di stasiun kerja yang akan dirancang. Hal ini terkait dengan teori pengukuran waktu kerja.
8. Faktor perilaku dari pekerja yang akan menggunakan stasiun kerja yang sedang dirancang tersebut. Hal tersebut dipelajari pada teori-teori yang mempelajari perilaku manusia.



Gambar 3.2. Hal-hal yang Dipertimbangkan Dalam Perancangan Stasiun Kerja

B. 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)

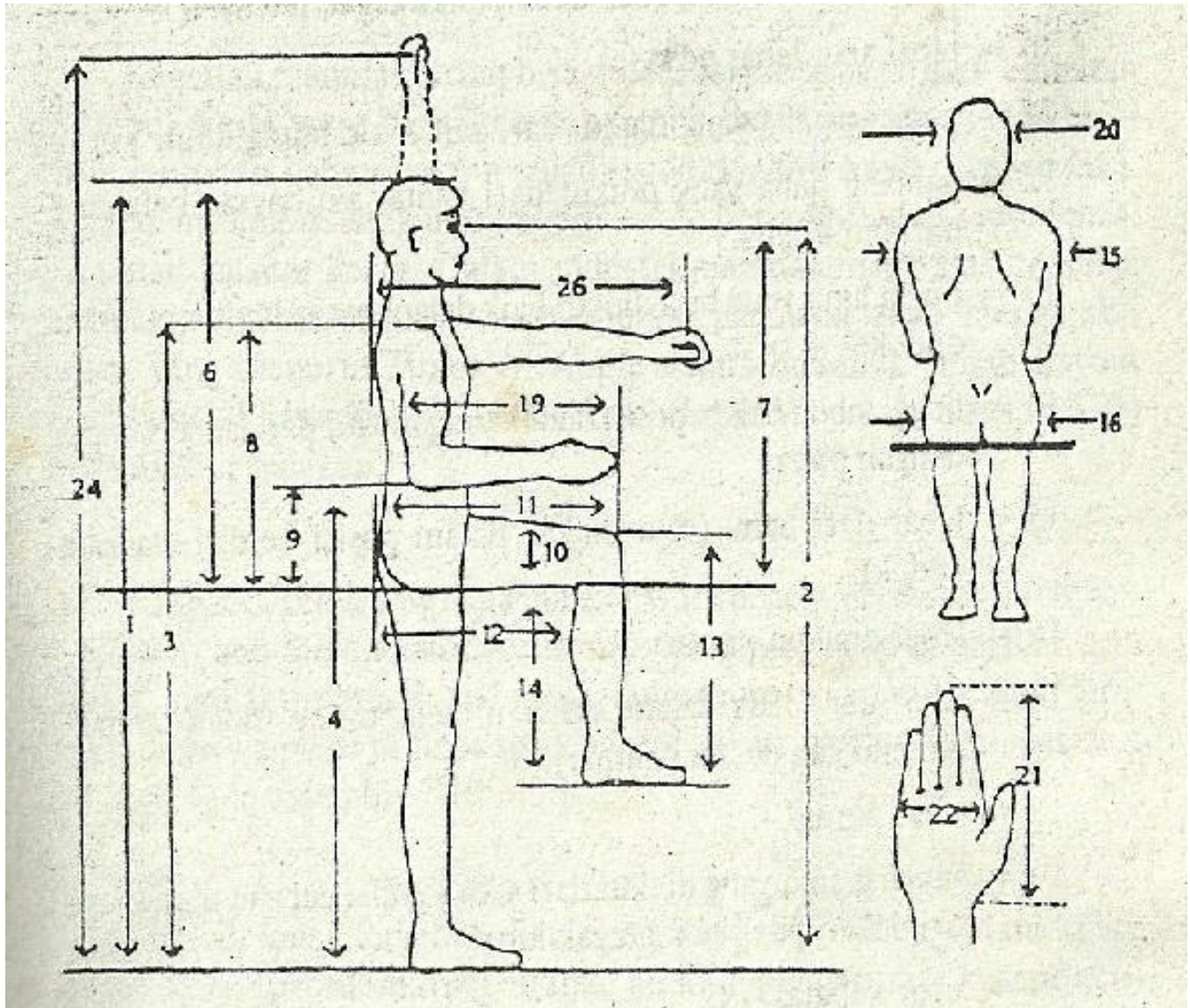
Tabel 3.1 Dimensi tubuh untuk perancangan dengan Anthropometri

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 24act diukur baik dalam posisi berdiri ataupun Duduk
14	Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang diukur dari lantai sampai dengan paha
15	Lebar dari bahu (24act 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*”)

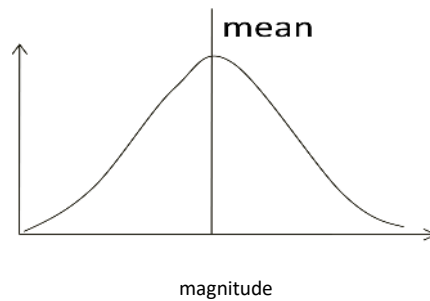


Gambar 3.3. Dimensi tubuh untuk perancangan dengan Anthropometri

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

C. 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.

Rumus mean dan standar deviasi (Wicken dkk, 2004, hal 247)

$$M = \sum X_i / N$$

^M Keterangan :

- M = mean (rata-rata)sampel
- X_i = ukuran dimensi tubuh untuk sampel ke i
- N = jumlah sampel

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - M)^2}{N - 1}}$$

Keterangan :

- s = standar deviasi
- M = mean (rata-rata) sampel
- X_i = ukuran dimensi tubuh untuk sampel ke i
- N = jumlah sampel

Contoh soal :

Dilakukan pengukuran terhadap 10 orang pengguna untuk data dimensi tubuh tinggi mata dalam posisi duduk. Data tersebut yaitu sebagai berikut:

Partisipan ke-	Ukuran
1	68
2	70
3	72
4	67
5	69
6	70
7	69
8	67
9	73
10	69

Hitunglah mean dan standar deviasinya! Jawab :

Mean

$$M = \frac{68 + 70 + 72 + 67 + 69 + 70 + 69 + 67 + 73 + 69}{10}$$

$$M = \frac{694}{10} = 69,4$$

Standar deviasi

$$s = \sqrt{\frac{(68 - 69,4)^2 + (70 - 69,4)^2 + (72 - 69,4)^2 + \dots + (69 - 69,4)^2}{10 - 1}}$$

$$s = 1,95$$

D. 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*

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

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

Contoh soal :

Dari data yang sebelumnya telah dihitung nilai mean dan standar deviasinya, selanjutnya lakukan perhitungan untuk *percentile* 5 th, 10 th, 90 th dan 95 th!

Jawab :

$$\text{Percentile 5 th} \quad x = 69,4 - 0,645 \times 1,95 = 66,19$$

$$\text{Percentile 10 th} \quad x = 69,4 - 0,282 \times 1,95 = 66,9$$

$$\text{Percentile 90 th} \quad x = 69,4 + 1,282 \times 1,95 = 71,9$$

$$\text{Percentile 95 th} \quad x = 69,4 + 1,645 \times 1,95 = 72,61$$

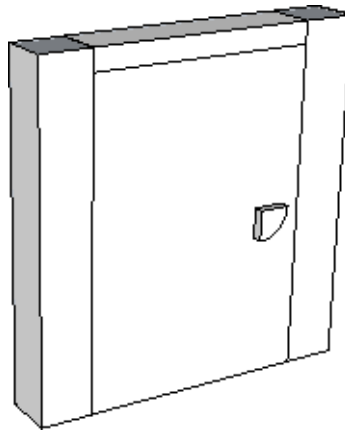
E. Cara penentuan *percentile* dalam perancangan

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.

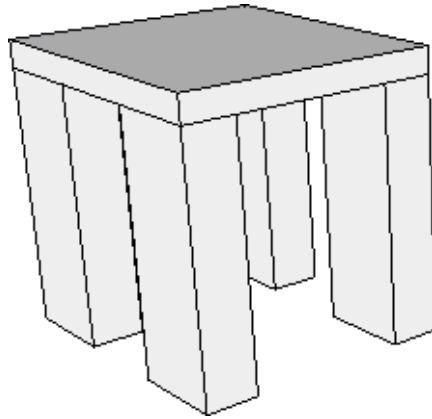
tinggi



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

F. Latihan soal-soal Latihan 1

Setiap manusia memiliki ukuran dimensi tubuh yang berbeda-beda. Jelaskan kaitan hal tersebut dalam proses perancangan stasiun kerja menggunakan pendekatan Anthropometri!

Latihan 2

Lakukanlah perancangan terhadap peralatan yang ada disekitarmu (contoh: meja). Pertama- tama, tentukan dahulu dimensi tubuh yang diperlukan untuk menentukan ukuran dimensi peralatan yang dirancang. Selanjutnya lakukan pengumpulan data. Kemudian olah data yang ada dengan melakukan perhitungan nilai mean, standar deviasi dan *percentile*. Terakhir, tentukan *percentile* yang akan digunakan sebagai acuan ukuran dimensi peralatan.

G. 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 - eknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*, Penerbit Guna Widya, Surabaya.
3. Nurmianto, Eko, "Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya", Edisi kedua, Penerbit Guna Darma, 2004.

BAB IV

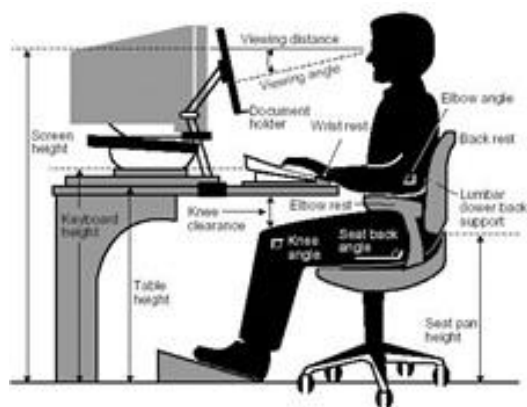
DESAIN RUANG KERJA

Teknologi telah berkembang dengan begitu pesatnya, sehingga produk-produk peralatan sudah menjadi bagian pokok pada tiap-tiap lapangan kerja yang tidak dapat dipisahkan. dengan kata lain perkembangan teknologi merupakan salah satu indikasi yang penting dalam meningkatkan produk dalam berbagai jenis pekerjaan. Hal yang lain yang perlu diperhatikan adalah dampak negatif bila pengguna peralatan tersebut tidak waspada dalam penggunaannya. Dalam dunia kerja terdapat Undang-Undang yang mengatur tentang ketenaga kerjaan yaitu Undang-Undang No. 14 tahun 1969 tentang ketentuan-ketentuan pokok tenaga kerja merupakan subyek dan obyek pembangunan. Ergonomik yang bersasaran akhir efisiensi dan keserasian kerja memiliki arti penting bagi tenaga kerja, baik sebagai subyek maupun obyek. Akan tetapi sering kali suatu tempat kerja mengesampingkan aspek ergonomik bagi para pekerjanya, hal ini tentunya sangat merugikan para pekerja itu sendiri.

Contoh ergonomik dalam aplikasi kerja seperti, dalam penerapan Ergonomik:

A. Posisi Kerja

Terdiri dari posisi duduk dan posisi berdiri, posisi duduk dimana kaki tidak terbebani engan berat tubuh dan posisi stabil selama bekerja. Sedangkan posisi berdiri dimana posisi tulang belakang vertikal dan berat badan tertumpu secara seimbang pada dua kaki. Bekerjalah dengan posisi tegak ke depan.



Gbr.1. posisi kerja dengan Komputer

1. Usahakan pekerjaan terlihat dengan kepala dan badan tegak, kepala agak ke depan.
2. Usahakan benda yang akan anda jangkau berada maksimal 15 cm di atas landasan kerja
3. Jika memungkinkan menyediakan meja yang dapat diatur turun dan naik

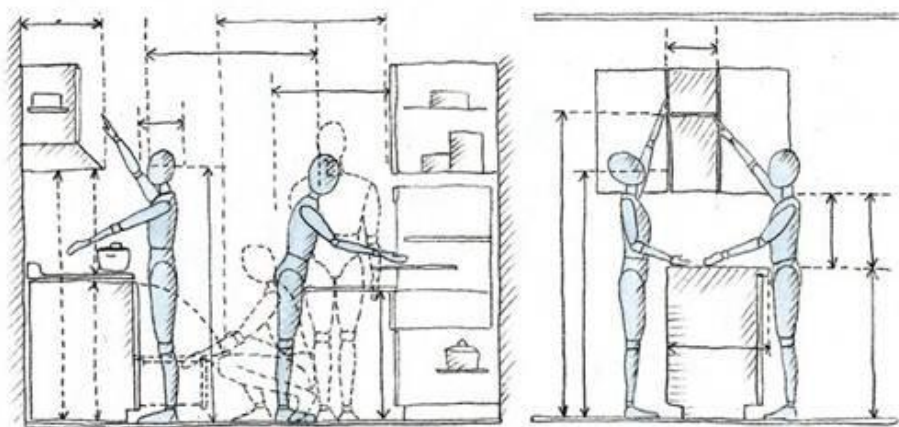
B. Proses Kerja

Para pekerja dapat menjangkau peralatan kerja sesuai dengan posisi waktu bekerja dan sesuai dengan ukuran anthropometrinya. Harus dibedakan ukuran anthropometri barat dan timur. Kurangi gerakan yang tidak perlu, gunakan sepatu yang nyaman mungkin.

1. Hindari postur tubuh yang tidak berubah/statis, sesekali regangkan otot-otot anda
2. Jika pekerjaan anda menuntut adanya koordinasi tangan atau mata (contoh: menetik dengan komputer) maka posisi pekerjaan perlu di dekat daerah mata, sedikit di bawah ketinggian bahu, untuk menstabilkan tangan diberi bantalan siku/pergelangan yang nyaman dengan tujuan mengurangi beban otot bahu

Didalam proses kerja terdapat tatacara pengaturan Organisasi kerja. Pekerjaan harus di atur dengan berbagai cara :

1. Alat bantu mekanik diperlukan kapanpun
2. Frekuensi pergerakan diminimalisasi
3. Jarak mengangkat beban dikurangi
4. Dalam membawa beban perlu diingat bidangnya tidak licin dan mengangkat tidak terlalu tinggi.
5. Prinsip ergonomi yang relevan bisa diterapkan



Gambar 2. posisi kerja & jangkauan kerja

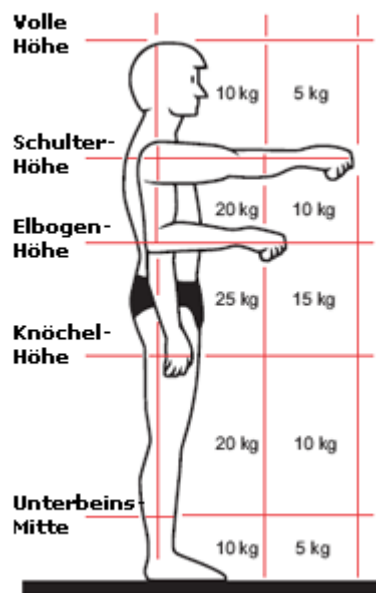
C. Tata letak tempat kerja

Display harus jelas terlihat pada waktu melakukan aktivitas kerja. Sedangkan simbol yang berlaku secara internasional lebih banyak digunakan daripada kata-kata.

1. Letakkan barang-barang tersebut dalam posisi yang minimal atau terdekat dan mudah dijangkau dan mudah terlihat
2. Landasan kerja harus memungkinkan lengan menggantung pada posisi rileks dari bahu, dengan lengan bawah mendekati posisi horizontal atau sedikit menurun. (Duduk dengan posisi bersandar).

D. Mengangkat beban

Bermacam-macam cara dalam mengangkat beban yakni, dengan kepala, bahu, tangan, punggung dsbnya. Beban yang terlalu berat dapat menimbulkan cedera tulang punggung, jaringan otot dan persendian akibat gerakan yang berlebihan. Beban yang diangkat tidak melebihi aturan yang ditetapkan ILO sebagai berikut:



Gbr.3 Beban yang dapat diangkat

Kemampuan beban yang dapat diangkat

- Laki-laki dewasa 40 kg
- Wanita dewasa 15-20 kg
- Laki-laki (16-18 th) 15-20 kg
- Wanita (16-18 th) 12-15 kg

Semua pekerja harus diajarkan mengangkat beban. Metode kinetik dari pedoman penanganan harus dipakai yang didasarkan pada dua prinsip :

1. Otot lengan lebih banyak digunakan dari pada otot punggung
2. Untuk memulai gerakan horizontal maka digunakan momentum berat badan. Metoda ini termasuk 5 faktor dasar :
 - a. Posisi kaki yang benar
 - b. Punggung kuat dan kekar
 - c. Posisi lengan dekat dengan tubuh
 - d. Mengangkat dengan benar
 - e. Menggunakan berat badan

Perlunya pelatihan bidang ergonomi, dengan adanya tuntunan dalam pelatihan yang terus menerus, akan menjadi pembiasaan dalam waktu bekerja. Sudah barang tentu pelatihan yang harus diikuti oleh semua pengguna fasilitas baik di bengkel maupun di laboratorium menjadi bagian pembelajaran yang tidak terpisahkan dengan kesehatan dan keselamatan kerja, kesemuanya ditujukan pada aspek proses kerja dan lingkungan kerja

E. Pengaruh Lingkungan Fisik terhadap Kesehatan Pekerja

Kelelahan/Fatigue

Setelah pekerja melakukan pekerjaannya maka umumnya terjadi kelelahan, dalam hal ini kita harus waspada dan harus kita bedakan jenis kelelahannya, beberapa ahli membedakan/membaginya sebagai berikut :

a. Kelelahan fisik

Kelelahan fisik akibat kerja yang berlebihan, dimana masih dapat dikompensasi dan diperbaiki performansnya seperti semula. Kalau tidak terlalu berat kelelahan ini bisa hilang setelah istirahat dan tidur yang cukup.

- Kelelahan yang sumber utamanya adalah mata (kelelahan visual), Mata merupakan indera yang mempunyai peranan penting dalam penyelesaian pekerjaan.
- Kebisingan. Pengaruh kebisingan secara keseluruhan adalah Kerusakan pada indera pendengaran. Gangguan komunikasi dan timbulnya salah pengertian.

b. Kelelahan yang patologis

Kelelahan ini bergabung dengan penyakit yang diderita, biasanya muncul tiba-tiba dan berat gejalanya.

3. Psikologis dan *emotional fatigue*

Kelelahan ini adalah bentuk yang umum. Kemungkinan merupakan sejenis “mekanisme melarikan diri dari kenyataan” pada penderita psikosomatik. Semangat yang baik dan motivasi kerja akan mengurangi angka kejadiannya di tempat kerja.

Upaya kesehatan kerja dalam mengatasi kelelahan, meskipun seseorang mempunyai batas ketahanan, akan tetapi beberapa hal dibawah ini akan mengurangi kelelahan yang tidak seharusnya terjadi :

1. Lingkungan harus bersih dari zat-zat kimia. Pencahayaan dan ventilasi harus memadai dan tidak ada gangguan bising
2. Jam kerja sehari diberikan waktu istirahat sejenak dan istirahat yang cukup saat makan siang.
3. Kesehatan pekerja harus tetap dimonitor.
4. Tempo kegiatan tidak harus terus menerus
5. Waktu perjalanan dari dan ke tempat kerja harus sesingkat mungkin, kalau memungkinkan.
6. Secara aktif mengidentifikasi sejumlah pekerja dalam peningkatan semangat kerja.
7. Fasilitas rekreasi dan istirahat harus disediakan di tempat kerja.
8. Waktu untuk liburan harus diberikan pada semua pekerja
9. Kelompok pekerja yang rentan harus lebih diawasi misalnya;
 - a. Pekerja remaja
 - b. Wanita hamil dan menyusui
 - c. Pekerja yang telah berumur
 - d. Pekerja shift
 - e. Migrant.
10. Para pekerja yang mempunyai kebiasaan pada alkohol dan zat stimulan atau zat adiktif lainnya perlu diawasi.

Pemeriksaan kelelahan :

Tes kelelahan tidak sederhana, biasanya tes yang dilakukan seperti tes pada kelopak mata dan kecepatan reflek jari dan mata serta kecepatan mendeteksi sinyal, atau pemeriksaan pada serabut otot secara elektrik dan sebagainya.

Persoalan yang terpenting adalah kelelahan yang terjadi apakah ada hubungannya dengan masalah ergonomi, karena mungkin saja masalah ergonomi akan mempercepat terjadinya kelelahan.

Kasus Ergonomi

Terdapat beberapa kasus dalam pelaksanaan ilmu ergonomi. Kasus-kasus tersebut antara lain:

1. Dalam pengukuran performansi atlet. Pengukuran jangkauan ruang yang dibutuhkan saat kerja. Contohnya: jangkauan dari gerakan tangan dan kaki efektif pada saat bekerja, yang dilakukan dengan berdiri atau duduk.
2. Pengukuran variabilitas kerja. Contohnya: analisis kinematika dan kemampuan jari-jari tangan dari seseorang juru ketik atau operator komputer.
3. Antropometri dan Aplikasinya dalam Perancangan Fasilitas Kerja
Anthropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam memerlukan interaksi manusia.
4. Kasus bekerja sambil duduk: Seorang pekerja yang setiap hari menggunakan komputer dalam bekerja dengan posisi yang tidak nyaman, maka sering kali ia merasakan keluhan bahwa tubuhnya sering mengalami rasa sakit/nyeri, terutama pada bagian bahu, pergelangan tangan, dan pinggang.
5. Kasus manual material handling: Kuli panggul di pasar sering sekali mengalami penyakit herniadan juga low back pain akibat mengangkat beban di luar recommended weighting limit (RWL).
6. Kasus information ergonomic atau kognitive ergonomic: Operator reaktor sulit untuk membedakan beraneka macam informasi yang disampaikan oleh display terutama pada saat situasi darurat/emergency. Hal ini disebabkan karena informasi tersebut sulit dimengerti oleh operator tersebut. Kejadian yang serupa sering juga dialami oleh pilot, dimana harus menghadapi banyak display pada waktu yang bersamaan

Penerapan Ergonomi di tempat kerja bertujuan agar pekerja saat bekerja selalu dalam keadaan sehat, nyaman, selamat, produktif dan sejahtera. Untuk dapat mencapai tujuan tersebut, perlu kemauan, kemampuan dan kerjasama yang baik dari semua pihak. Pihak pemerintah dalam hal ini Departemen Kesehatan sebagai lembaga yang bertanggungjawab terhadap kesehatan masyarakat, membuat berbagai peraturan, petunjuk teknis dan pedoman K3 di Tempat Kerja serta menjalin kerjasama lintas program maupun lintas sektor terkait dalam pembinaannya. Ergonomi secara teknis merupakan bagian dari hygiene kesehatan dan keselamatan kerja, namun sampai saat ini pengembangannya baru diselenggarakan dan masih menunggu kesiapan masyarakat untuk menerima ergonomi dan penerapannya. Untuk mendapat manfaat dari ergonomi perlu dibuat suatu program untuk menggerakkan baik masyarakat industry maupun tradisional agar ergonomic diterapkan secara luas.

BAB V

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.

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

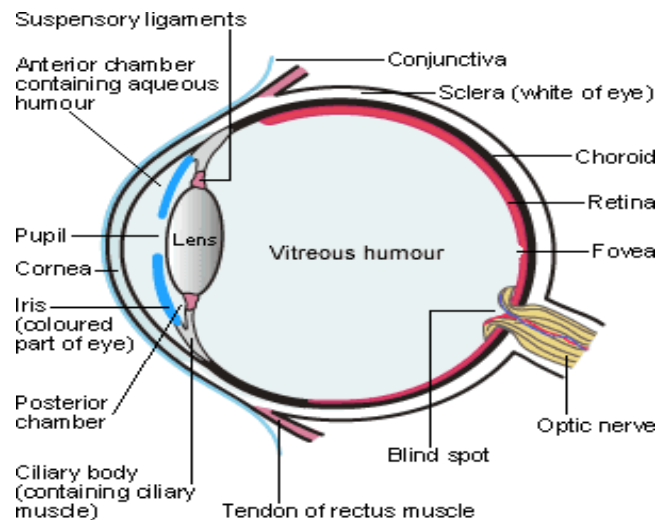
Lensa merupakan bagian mata selanjutnya. Lensa akan meneruskan cahaya yang telah melewati bagian sebelumnya yaitu iris dan pupil menuju ke bagian yang lebih dalam yaitu retina. Selain meneruskan cahaya, lensa juga berfungsi untuk memastikan bahwa cahaya yang diteruskan tersebut jatuh tepat di bintik 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://mftependu.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 titik 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.

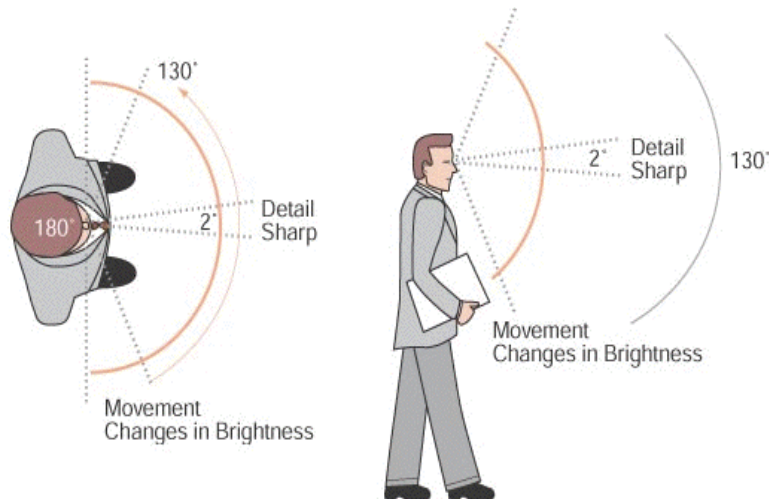
**Lux = Lumens (quantity of light) per square metre.

(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).

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

- 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.
- 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

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

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

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)

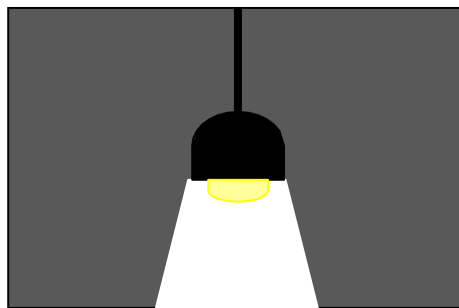
- a. Monitor komputer dilengkapi dengan alat filter cahaya
- b. Mengatur ulang posisi kerja jika posisi sebelumnya memberikan efek silau secara tidak langsung (*indirect glare*)
- c. Memastikan bahwa benda-benda di sekitar wilayah penglihatan tidak memiliki permukaan yang licin, berkilau dan bercahaya 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*)

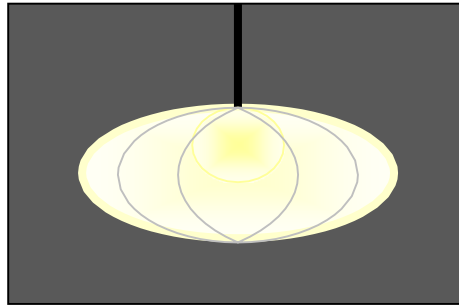
Pada sistem ini, efek dari timbulnya bayangan dan efek silau adalah tinggi. Namun sistem ini cukup efisien dalam penggunaan daya listrik.



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

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

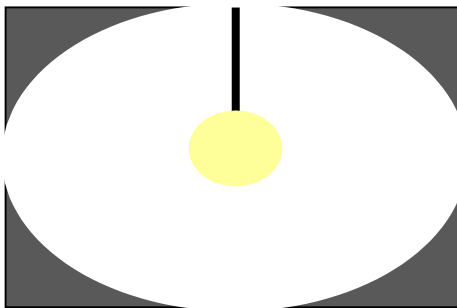
Sistem ini digunakan untuk mengatasi efek negatif yang ditimbulkan dari efek bayangan dan efek silau. Namun sistem ini kurang efisien dalam penggunaan daya listrik.



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!

BAB 6

BUNYI DAN KEBISINGAN

A. 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>).

1. Telinga luar
2. 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.

3. 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.

4. 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.

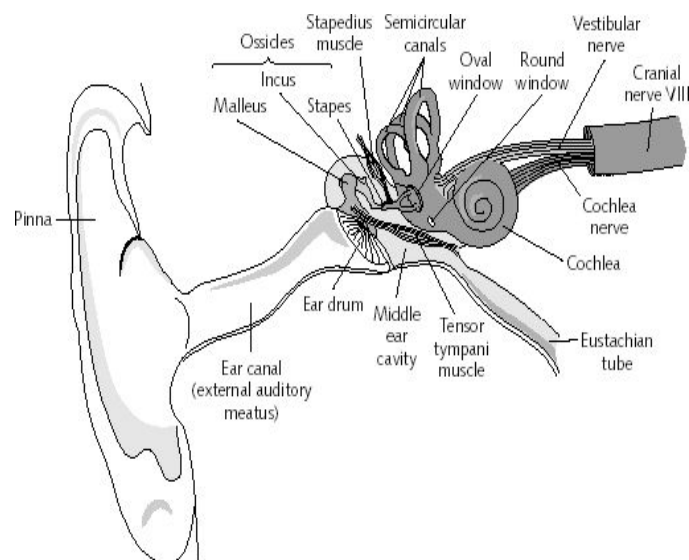
5. Telinga tengah

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>)

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.

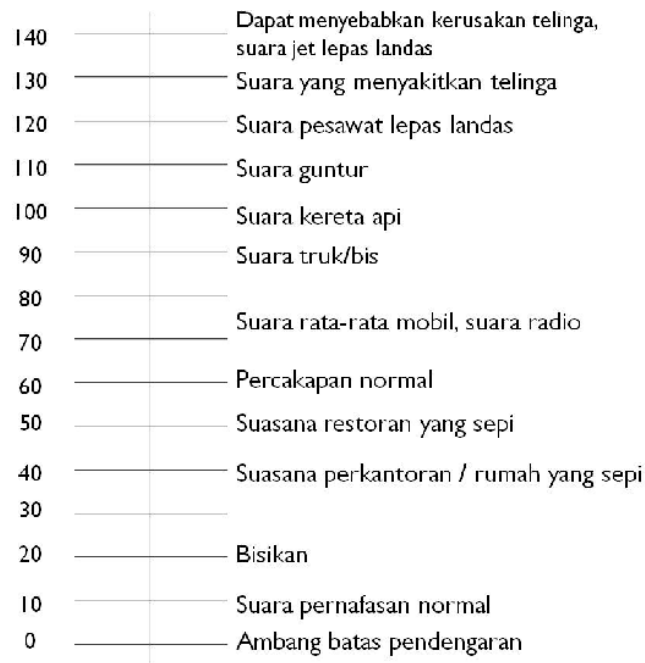
Ketika stimulus suara telah sampai di telinga dalam maka stimulus tersebut akan dirubah menjadi sinyal-sinyal saraf dan kemudian dikirimkan ke otak. Di otak, sinyal tersebut akan diterjemahkan sehingga akhirnya seseorang dapat mengerti suara apa yang didengar.

C. 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)

D. 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).

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

atau

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

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

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

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

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

Jawaban

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

$$\text{SPL} = 20 \log_{10} (P P_0^{-1}) \text{ SPL} = 20 \log_{10} (1000 / 400)$$

$$\text{SPL} = 20 \log_{10} (2,5) \text{ SPL} = 7,96 \text{ dB}$$

E. 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.

F. Latihan Soal-Soal Latihan 1

Jelaskan faktor apa saja yang mempengaruhi performansi seseorang terkait dengan kemampuan dengar seseorang pada umumnya!

BAB VI

DISPLAY

A. 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.acsmfq.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.

B. 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	Tahapan akhir	Peringatan keras, akan terjadi	Tahapan akhir	-

mm, tetap (tidak berkedip)	(sistem/subsistem)	sesuatu yang berbahaya	(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)

C. 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)

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

D. Perancangan Display

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

- Display yang dirancang harus dapat terbaca (untuk display yang berbentuk visual) atau harus dapat terdengar (untuk display yang berbentuk audio)
- 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 sepiintas 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

E. Latihan Soal-Soal

Latihan 1

Dapatkan Anda menyebutkan bentuk display yang berada disekitar Anda!

Jelaskan pula informasi apa yang hendak disampaikan melalui display tersebut!

BAB VII

BIOMEKANIKA KERJA

A. Definisi Biomekanika Kerja

Dalam kehidupan sehari-hari, banyak dijumpai pekerjaan-pekerjaan yang menggunakan kemampuan fisik seseorang. Jenis-jenis pekerjaan tersebut diantaranya berupa aktivitas- aktivitas mengangkat, mendorong, menarik dan sebagainya. Aktivitas-aktivitas tersebut tidak jarang dilakukan secara manual. Pada aktivitas-aktivitas tersebut banyak memerlukan gerak mekanik tubuh. Oleh sebab itu, aktivitas-aktivitas tersebut erat kaitannya dengan ilmu Biomekanika Kerja.

Banyak para ahli telah mendefinisikan pemahaman mengenai Biomekanika Kerja. Berikut ini merupakan definisi Biomekanika Kerja menurut beberapa ahli. Menurut Kroemer dkk (2001, hal 51)

“Biomekanik merupakan disiplin ilmu yang terkait dengan karakteristik mekanika tubuh” Menurut Chaffin & Andersson (1991, hal 2)

“Biomekanik kerja merupakan disiplin ilmu yang mempelajari tentang interaksi fisik pekerja dengan peralatan, mesin maupun material dimana disiplin ilmu ini bertujuan untuk meningkatkan performansi pekerja dengan cara meminimalkan resiko keluhan kerangka otot (musculoskeletal disorder)”

Menurut Wickens dkk (2004, hal 270)

“Biomekanika Kerja fokus mempelajari dan menganalisis performansi pekerja dan permasalahan-permasalahan terkait dengan keluhan kerangka otot (musculoskeletal disorder) dalam jenis-jenis pekerjaan berupa penanganan manual material (manual material handling) dan melengkapi analisis ergonomi terkait pekerjaan fisik”

Dari definisi-definisi diatas terdapat beberapa hal yang terkait dengan Biomekanika Kerja. Pertama, Biomekanika Kerja terkait dengan gerak mekanik tubuh. Dalam Biomekanika Kerja tubuh dipandang sebagai suatu sistem mekanik (Wickens dkk, 2004). Sistem ini terkait dengan sistem kerangka otot (*musculoskeletal system*). Sistem kerangka otot (*musculoskeletal system*) meliputi

tulang, otot, ligamen, tendon, lapisan *fascia* dan tulang rawan (Wickens dkk, 2004). Kedua, Biomekanika Kerja terkait dengan jenis-jenis pekerjaan yang bersifat fisik seperti pekerjaan-pekerjaan penanganan manual material (*manual material handling*). Jenis-jenis pekerjaan yang bersifat fisik tersebut banyak berkaitan dengan kerja sistem kerangka otot (*musculoskeletal system*). Terakhir, mengenai keluhan kerangka otot (*musculoskeletal disorder*). Jenis-jenis pekerjaan yang bersifat fisik jika dilakukan dengan cara-cara yang tidak tepat maka lambat laun dapat menimbulkan keluhan kerangka otot (*musculoskeletal disorder*). Jika hal tersebut tidak ditangani dengan sungguh-sungguh dapat menyebabkan akibat yang lebih serius.



Gambar 9.1. Enam area metodologi Biomekanika Kerja

(Sumber : Chaffin & Andersson, 1991, hal 5)

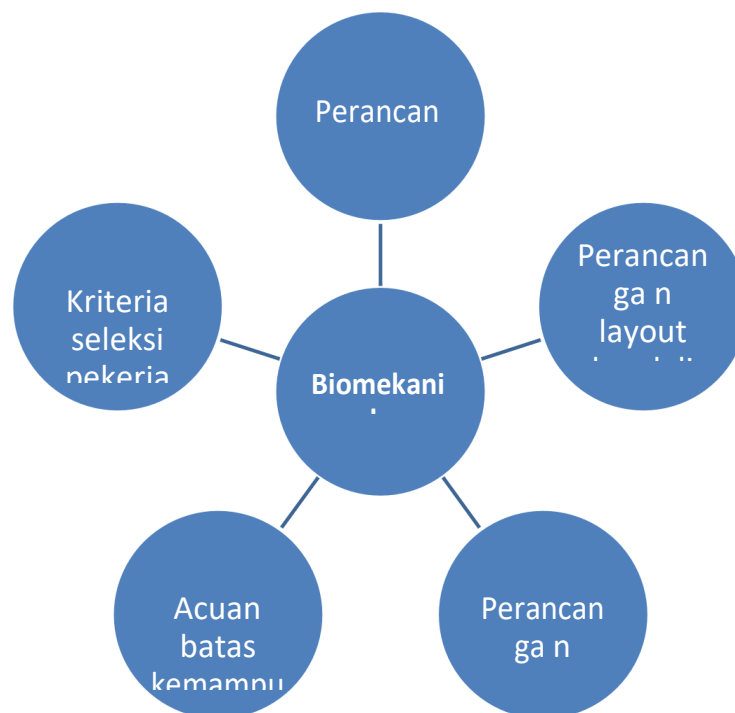
B. Manfaat Disiplin Ilmu Biomekanika Kerja

Menurut Chaffin & Andersson (1991), disiplin ilmu Biomekanika Kerja digunakan untuk hal-hal berikut, diantaranya yaitu :

- Mengevaluasi tingkatan kemampuan pekerja terhadap kebutuhan fisik pekerjaan
- Simulasi alternatif metode kerja dan menentukan penurunan kebutuhan fisik pekerjaan terhadap jenis pekerjaan baru yang sedang di analisis
- Sebagai acuan dalam proses seleksi pekerja dan prosedur penempatan

Selain itu, secara teknis disiplin ilmu Biomekanika Kerja juga dapat digunakan sebagai pedoman perancangan untuk beberapa hal yaitu (Chaffin & Andersson, 1991) :

- Perancangan peralatan (seperti jenis-jenis peralatan yang dioperasikan dengan menggunakan tangan)
- Perancangan layout kendali mesin dan stasiun kerja
- Perancangan tempat duduk kerja
- Acuan batas kemampuan pada aktivitas penanganan material (material handling)
- Kriteria seleksi pekerja dan pelatihan



Gambar 9.2. Manfaat Biomekanika Kerja

(Sumber : Chaffin & Andersson, 1991, hal 5)

C. *Action Limit (AL)*

Proses pengangkatan beban yang berat secara manual erat kaitannya dengan *low back pain* (sakit pada bagian punggung). Oleh karena itu diperlukan suatu formula yang dapat digunakan untuk menganalisis berat beban yang masih dapat diterima dalam proses pengangkatan sehingga dapat mencegah atau menurunkan resiko munculnya *low back pain* (sakit pada bagian punggung) (Wickens dkk, 2004). Menanggapi hal tersebut, NIOSH mengembangkan suatu formula yang dapat digunakan untuk menganalisa hal tersebut. Formula tersebut bernama *NIOSH Lifting Equation* dan dikembangkan pada tahun 1981. *NIOSH Lifting Equation* dikembangkan dengan tujuan untuk membantu mencegah atau menurunkan jumlah aktivitas pengangkatan yang berpotensi menimbulkan *low back pain* (sakit pada bagian punggung) pada pelakunya (Wickens dkk, 2004).

Pada *NIOSH Lifting Equation* akan dihitung dua hal yaitu nilai *Action Limit (AL)* dan nilai *Maximum Permissible Limit (MPL)*. nilai *Action Limit (AL)* menunjukkan batas atas berat beban dimana untuk beberapa populasi pada batas berat beban ini akan mengalami peningkatan resiko cedera jika belum pernah mendapatkan pelatihan terkait dengan cara pengangkatan yang benar (Wickens dkk, 2004). Sedangkan nilai *Maximum Permissible Limit (MPL)* menunjukkan berat beban dimana pada sebagian besar orang pada proses pengangkatan dengan berat beban yang berada atau diatas berat beban tersebut akan menerima resiko cedera yang besar (Wickens dkk, 2004).

Berikut rumus matematis untuk *Action Limit (AL)* dan *Maximum Permissible Limit (MPL)*

$$AL = 90(6/H)(1-0,01|V-30|)(0,7+3/D)(1-F/F_{max})$$

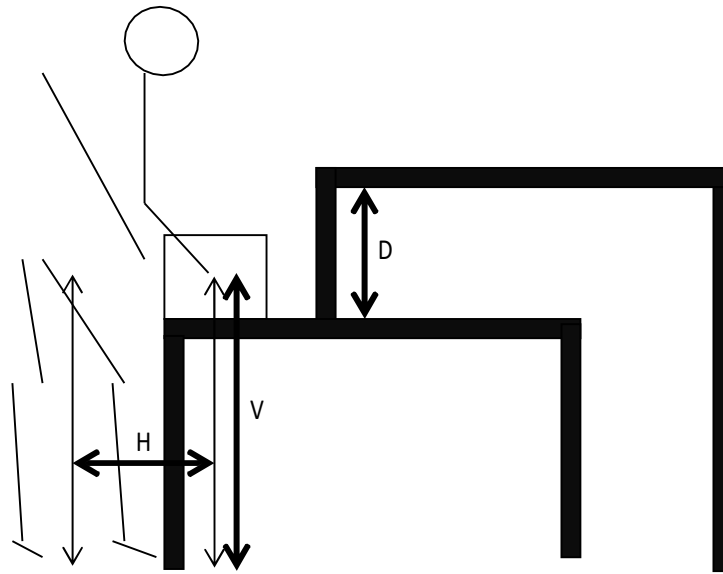
Keterangan :

AL = *Action Limit* (lb)

H = jarak horizontal tangan dari titik tengah tubuh atau titik tengah pergelangan kaki (inchi)

V = jarak vertikal tangan dari lantai (inchi)

D = jarak vertikal dari ketinggian benda menuju tinggi pengangkatan (inchi) F
= frekuensi pengangkatan (rata-rata jumlah pengangkatan per menit)



Gambar 10.1. Parameter H, V dan D

Sedangkan rumus matematis untuk *Maximum Permissible Limit* (MPL) yaitu:

$$\text{MPL} = 3 \times \text{AL}$$

Keterangan :

MPL = *Maximum Permissible Limit* (lb) AL = *Action Limit* (lb)

D. Recommended Weight Limit (RWL)

Dalam pengaplikasiannya ternyata formula *NIOSH Lifting Equation* memiliki keterbatasan. Formula yang dikembangkan pada tahun 1981 tersebut hanya dapat diaplikasikan pada aktivitas pengangkatan yang simetris atau pada aktivitas pengangkatan yang didalamnya tidak meliputi adanya putaran pada tubuh (Wickens dkk, 2004). Selain itu, pada formula tersebut belum mempertimbangkan tentang *coupling* (Kroemer dkk, 2001). Dengan mempertimbangkan kelemahan-kelemahan yang ada maka formula *NIOSH Lifting Equation* dikembangkan lebih lanjut menjadi formula baru. Formula tersebut bernama *Recommended Weight Limit* (RWL). RWL dapat digunakan untuk aktivitas pengangkatan yang lebih beragam. Berikut rumus matematis *Recommended Weight Limit* (RWL) (Wickens

dkk, 2004, hal 281).

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

Keterangan :

RWL = *Recommended Weight Limit*

LC = konstanta berat beban

HM = faktor pengali horizontal

VM = faktor pengali vertikal

DM = faktor pengali jarak

AM = faktor pengali sudut

FM = faktor pengali frekuensi

CM = faktor pengali *coupling*

Berikut rumus matematis untuk masing-masing faktor pengali berdasarkan satuan yang digunakan (Wickens dkk, 2004 hal 282).

Tabel 10.1. Formulasi masing-masing faktor pengali

KOMPONEN	METRIC SYSTEM	U.S SYSTEM
LC	23 kg	51 lb
HM	(25/H)	(10/H)
VM	$(1 - 0,003 V - 75)$	$(1 - 0,0075 V - 30)$
DM	$(0,82 + 4,5/D)$	$(0,82 + 1,8/D)$
AM	$(1 - 0,0032A)$	$(1 - 0,0032A)$
FM	Lihat Tabel FM	Lihat Tabel FM
CM	Lihat Tabel CM	Lihat Tabel CM

(Sumber : Wickens dkk, 2004, hal 282)

Tabel 10.2. Tabel FM

DURASI KERJA						
FREKUENSI PENGANGKATAN PER MENIT	≤ 1 jam		≤ 2 jam		≤ 8 jam	
	V < 75 cm	V $\geq$ 75 cm	V < 75 cm	V $\geq$ 75 cm	V < 75 cm	V $\geq$ 75 cm
0,2	1	1	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0	0,13
11	0,41	0,41	0	0,23	0	0
12	0,37	0,37	0	0,21	0	0
13	0	0,34	0	0	0	0
14	0	0,31	0	0	0	0
15	0	0,28	0	0	0	0
>15	0	0	0	0	0	0

(Sumber : Wickens dkk, 2004, hal 282)

Tabel 10.3. Tabel CM

Coupling	V < 75 cm (30 in.)	V $\geq$ 75 cm (30 in.)
Good	1	1
Fair	0,95	1
Poor	0,90	0,90

(Sumber : Wickens dkk, 2004, hal 282)

E. *Lifting Index (LI)*

Setelah menghitung nilai *Recommended Weight Limit* (RWL), selanjutnya adalah melakukan perhitungan *Lifting Index* (LI). *Lifting Index* (LI) merupakan rasio hasil perbandingan antara berat beban terhadap nilai *Recommended Weight Limit* (RWL). Berikut rumus matematis dari *Lifting Index* (LI) (Wickens dkk, 2004).

$$LI = \text{berat beban} / RWL$$

Keterangan :

LI = *Lifting Index*

RWL = *Recommended Weight Limit*

Pengertian mengenai nilai *Lifting Index* (LI) (Wickens dkk, 2004)

- a. Ketika nilai $LI > 1$

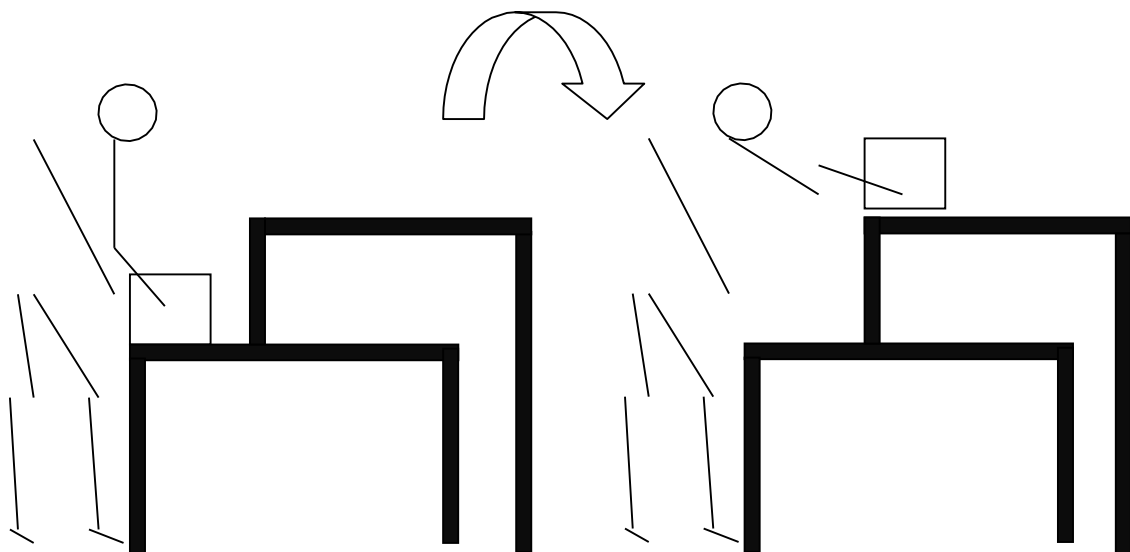
Kondisi ini dapat menyebabkan peningkatan resiko cedera (*low back pain*) pada beberapa pekerja

- b. Ketika nilai $LI > 3$

Kondisi ini dapat menyebabkan peningkatan resiko cedera (*low back pain*) pada banyak pekerja

Contoh soal :

Suatu proses pengangkatan manual dilakukan dengan cara sebagai berikut :



Diketahui :

H = 10"

V = 40"

D = 15"

A = 70°

F = 4 kali pengangkatan/menit

C = *coupling* dengan kategori *good*

Durasi kerja = 8 jam/hari

Berat beban = 20 lb

**Perhitungan menggunakan U.S System*

Pertanyaan :

RWL = ?

LI = ?

Jawab :

LC = 51 lb

HM = 10/10 = 1

VM = $(1 - 0,0075 |V - 30|) = (1 - 0,0075 |40 - 30|) = 0,925$
DM = $(0,82 + 1,8/D) = (0,82 + 1,8/15) = 0,94$

AM = $(1 - 0,0032A) = (1 - 0,0032 \cdot 70) = 0,776$

FM = 0,45 (berdasarkan Tabel 2)

CM = 1 (berdasarkan Tabel 3)

BAB VIII

ALAT UKUR BIOMEKANIKA

A. Alat Ukur Biomekanika Kerja

Ketika hendak melakukan penelitian terhadap suatu bentuk permasalahan dengan menggunakan dasar disiplin ilmu Biomekanik, terdapat beberapa jenis alat ukur yang dapat digunakan. Beberapa alat ukur yang ada, mengumpulkan data dengan cara pengukuran secara objektif yaitu pengukuran secara langsung kepada partisipan. Contoh pengukuran jenis ini diantaranya yaitu pengukuran tingkat kekuatan seseorang, pengukuran dengan menggunakan alat *Electromyography* (EMG) dan sebagainya. Namun ada pula alat ukur dimana pengumpulan data dilakukan berdasarkan penilaian subjektif peneliti. Pada kondisi tersebut, peneliti akan melakukan observasi dan pengamatan mendalam terhadap permasalahan yang ada kemudian memberikan penilaiannya. Pengumpulan data dengan cara mengumpulkan data berdasarkan penilaian subjektif ini, biasanya dilakukan dengan cara menggunakan alat ukur yang berupa kuesioner. Terdapat banyak alat ukur dengan bentuk demikian. Alat ukur tersebut diantaranya yaitu *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), *Quick Exposure Checklist* (QEC), *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), *Job Strain Index* (JSI) dan sebagainya. Pada Modul 12 ini akan dibahas mengenai *Job Strain Index* (JSI).

1. JOB STRAIN INDEX (JSI)

Job Strain Index (JSI) merupakan metode pengukuran cepat yang dikembangkan oleh Dr. Moore dan Dr. A. Garg. Metode ini dikembangkan dengan tujuan untuk melakukan estimasi besarnya resiko cedera pada bagian tangan. Berbeda dengan metode pengukuran cepat lainnya, *Job Strain Index* (JSI) tidaklah bersifat pengukuran subjektif. Hal ini dikarenakan data yang ada diukur secara langsung dari kondisi aktual pengamatan. Pengukuran dengan metode *Job Strain Index* (JSI) terdiri atas enam parameter pengukuran. Ke enam parameter tersebut yaitu:

- a. Intensitas penggunaan tenaga (*Intensity of Exertion/IE*)
- b. Durasi penggunaan tenaga (*Duration of Exertion/DE*)
- c. Jumlah usaha per menit (*Efforts per Minute/EM*)

- d. Posisi tangan (Hand/Wrist Posture/HWP)
- e. Kecepatan kerja (Speed of Work/SW)
- f. Durasi aktivitas per hari (*Duration of Task per Day/DD*)

Berikut tabel yang dapat digunakan saat melakukan pengukuran dengan menggunakan metode *Job Strain Index* (JSI).

Tabel 11.1. Tabel pengukuran *Job Strain Index* (JSI)

	Intensitas penggunaan tenaga (<i>Intensity of Exertion/IE</i>)	Durasi penggunaan tenaga (<i>Duration of Exertion/DE</i>)	Jumlah usaha per menit (<i>Efforts per Minute/EM</i>)	Posisi tangan (<i>Hand/Wrist Posture/HWP</i>)	Kecepatan kerja (<i>Speed of Work/SW</i>)	Durasi aktivitas per hari (<i>Duration of Task per Day/DD</i>)
Data						
Rating						
Faktor pengali						
Nilai JSI						

(Sumber : <http://ergo.human.cornell.edu/ahJSI.html>)

Selanjutnya setelah setiap parameter ditentukan nilainya, penilaian terhadap JSI didapatkan dengan cara mengalikan ke enam nilai parameter tersebut. Berikut rumus matematis yang digunakan untuk menghitung nilai *Job Strain Index* (JSI) .

$$\text{JSI} = \text{IE} \times \text{DE} \times \text{EM} \times \text{HWP} \times \text{SW} \times \text{DD}$$

Keterangan :

IE = intensitas penggunaan tenaga (*Intensity of Exertion*)

DE = durasi penggunaan tenaga (*Duration of Exertion*)

EM = jumlah usaha per menit (*Efforts per Minute*)

HWP = posisi tangan (*Hand/Wrist Posture*)

SW = kecepatan kerja (*Speed of Work*)

DD = durasi aktivitas per hari (*Duration of Task per Day*)

2. Intensitas penggunaan tenaga (*Intensity of Exertion/IE*)

Penentuan nilai parameter intensitas penggunaan tenaga (*Intensity of Exertion*) dilakukan dengan cara mengacu pada tabel berikut.

Tabel 2. Intensitas penggunaan tenaga (*Intensity of Exertion*)

Kategori	Prosentase Kekuatan Maksimal	Skala Borg	Keterangan
Ringan (<i>Light</i>)	< 10%	≤ 2	Kondisi tanpa usaha berarti
Cukup berat (<i>Somewhat Hard</i>)	10% - 29%	3	Memerlukan usaha
Berat (<i>Hard</i>)	30% - 49%	4-5	Memerlukan usaha yang lebih
Sangat berat (<i>Very Hard</i>)	50% - 79%	6-7	Memerlukan usaha berlebihan
Mendekati maksimal (<i>Near Maximal</i>)	$\geq 80\%$	> 7	Membutuhkan bahu dan punggung untuk mengeluarkan tenaga

(Sumber : <http://ergo.human.cornell.edu/ahJSI.html>)

Langkah penentuan nilai parameter intensitas penggunaan tenaga (*Intensity of Exertion*)

Pertama, peneliti akan mengamati permasalahan yang diteliti, kemudian menentukan permasalahan yang diamati tersebut berada pada kategori apa dengan mengacu pada nilai skala Borg atau nilai prosentase Kekuatan Maksimal. Selanjutnya konversikan kategori yang didapatkan ke dalam nilai rating dan faktor pengali.

Contoh :

Pada contoh kasus diketahui bahwa aktivitas kerja yang diamati dinilai berdasarkan nilai prosentase kekuatan maksimal adalah sebesar 15% sehingga IE berada pada kategori "Cukup Berat (*Somewhat Hard*)". Selanjutnya konversikan kategori Cukup Berat (*Somewhat Hard*) kedalam nilai rating dan faktor pengkali.

3. Durasi Penggunaan Tenaga (*Duration of Exertion/DE*)

Berbeda dengan penentuan nilai pada parameter intensitas penggunaan tenaga (*Intensity of Exertion*), nilai untuk parameter durasi penggunaan tenaga (*Duration of Exertion*) didapatkan dengan cara mengkalkulasikan data-data yang ada dalam rumus matematis berikut.

$$DE\% = \frac{100 \times \text{total waktu penggunaan tenaga}}{\text{total waktu observasi}}$$

Keterangan :

DE merupakan durasi penggunaan tenaga (*Duration of Exertion*) dalam satuan persen (%) sedangkan total waktu penggunaan tenaga dan total waktu observasi dalam satuan detik. Setelah nilai DE (%) didapatkan selanjutnya nilai tersebut akan dikonversikan ke dalam nilai rating dan faktor pengali.

4. Jumlah Usaha Per Menit (*Efforts per Minute/EM*)

Sama seperti parameter durasi penggunaan tenaga (*Duration of Exertion*), parameter jumlah usaha per menit (*Efforts per Minute*) juga didapatkan melalui kalkulasi data dalam rumus matematis berikut :

$$\frac{\text{jumlah penggunaan tenaga}}{\text{total waktu observasi}}$$

Keterangan :

Total waktu observasi dalam satuan menit

Tahap selanjutnya sama seperti parameter lainnya, setelah nilai EM didapatkan kemudian nilai tersebut dikonversikan ke dalam nilai rating dan faktor pengali.

5. Posisi Tangan (*Hand/Wrist Posture/HWP*)

Penentuan nilai parameter posisi tangan (*Hand/Wrist Posture*) dilakukan dengan cara mengacu pada tabel berikut.

Tabel 11.3. Posisi tangan (*Hand/Wrist Posture*)

Kategori	Ekstensi pada pergelangan tangan	Fleksi pada pergelangan tangan	Deviasi pada Ulnar	Keterangan
Sangat Baik (<i>Very Good</i>)	0° – 10°	0° – 5°	0° – 10°	Posisi netral
Baik (<i>Good</i>)	11° – 25°	6° – 15°	11° – 15°	Posisi mendekati netral
Cukup baik (<i>Fair</i>)	26° – 40°	16° – 30°	16° – 20°	Posisi tidak netral
Buruk (<i>Bad</i>)	41° – 55°	31° – 50°	21° – 25°	Posisi sangat tidak netral
Sangat buruk (<i>Very Bad</i>)	> 60°	> 50°	> 25°	Posisi mendekati ekstrim

(Sumber : <http://ergo.human.cornell.edu/ahJSI.html>)

a. Langkah penentuan nilai parameter posisi tangan (*Hand/Wrist Posture*)

Pertama, tentukan pada kategori apa permasalahan yang diamati berada dengan cara mengacu pada besarnya nilai ekstensi/fleksi pada pergelangan tangan maupun nilai deviasi pada ulnar. Selanjutnya konversikan kategori yang didapatkan ke dalam nilai rating dan faktor pengali.

Contoh :

Pada contoh kasus diketahui bahwa aktivitas kerja yang diamati dinilai berdasarkan nilai fleksi pada pergelangan tangan adalah sebesar 7° sehingga HWP berada pada kategori “Baik (*Good*)”. Selanjutnya konversikan kategori Baik (*Good*) kedalam nilai rating dan faktor pengali.

6. Kecepatan Kerja (*Speed of Work*/SW)

Penentuan nilai parameter kecepatan kerja (*Speed of Work*) dilakukan dengan cara mengacu pada tabel berikut.

Tabel 11.4. Kecepatan kerja (*Speed of Work*)

Kategori	Perbandingan dengan MTM-1 ^{^*}	Keterangan
Sangat lambat (<i>Very Slow</i>)	≤ 80%	Kecepatan sangat lambat

Lambat (<i>Slow</i>)	81% - 90%	Kecepatan lambat
Cukup cepat (<i>Fair</i>)	91% – 100%	Kecepatan normal
Cepat (<i>Fast</i>)	101% -115%	Kecepatan yang cepat namun dapat dijaga
		kecepatannya
Sangat cepat (<i>Very Fast</i>)	>115%	Kecepatan yang sangat cepat namun tidak dapat dijaga kecepatannya

Keterangan : * nilai didapatkan dari perbandingan antara kecepatan observasi dengan kecepatan standar

(Sumber : <http://ergo.human.cornell.edu/ahJSI.html>)

a. Langkah penentuan nilai parameter kecepatan kerja (*Speed of Work*)

Pertama, tentukan pada kategori apa permasalahan yang diamati berada dengan cara mengacu pada besarnya nilai perbandingan antara kecepatan observasi dengan kecepatan standar. Selanjutnya konversikan kategori yang didapatkan ke dalam nilai rating dan faktor pengali.

Contoh :

Pada contoh kasus diketahui bahwa aktivitas kerja yang diamati dinilai berdasarkan nilai perbandingan antara kecepatan observasi dengan kecepatan standar adalah sebesar 105 sehingga SW berada pada kategori “Cepat (*Fast*)”. Selanjutnya konversikan kategori Cepat (*Fast*) kedalam nilai rating dan faktor pengali.

7. Durasi Aktivitas Per Hari (*Duration of Task per Day/DD*)

Nilai parameter ini didapatkan dari kondisi aktual aktivitas yang diamati. Penentuan nilai rating dan faktor pengali dari keenam parameter yang ada, mengacu pada tabel berikut.

Tabel 11.5. Penentuan rating dan faktor pengali

Rating	Intensitas penggunaan tenaga (Intensity of Exertion/IE)	Durasi penggunaan tenaga (Duration of Exertion/DE)	Jumlah usaha per menit (Efforts per Minute/EM)	Posisi tangan (Hand/Wrist Posture/HWP)	Kecepatan kerja (Speed of Work/SW)	Durasi aktivitas per hari (Duration of Task per Day/DD)
1	Ringan (<i>Light</i>) (1)	< 10% (0,5)	< 4 (0,5)	Sangat baik (<i>Very Good</i>) (1)	Sangat lambat (<i>Very Slow</i>) (1)	< 1 (0,25)
2	Cukup berat (<i>Somewhat Hard</i>) (3)	10% - 29% (1)	4 – 8 (1)	Baik (<i>Good</i>) (1)	Lambat (<i>Slow</i>) (1)	1 – 2 (0,5)
3	Berat (<i>Hard</i>) (6)	30% - 49% (1,5)	9 – 14 (1,5)	Cukup baik (<i>Fair</i>) (1,5)	Cukup cepat (<i>Fair</i>) (1)	2 – 4 (0,75)
4	Sangat berat (<i>Very Hard</i>) (9)	50% - 79% (2)	15 – 19 (2)	Buruk (<i>Bad</i>) (2)	Cepat (<i>Fast</i>) (1,5)	4 – 8 (1)
5	Mendekati maksimal (<i>Near Maximal</i>) (13)	80 % - 100% (3)	≥ 20 (3)	Sangat buruk (<i>Very Bad</i>) (3)	Sangat cepat (<i>Very Fast</i>) (2)	≥ 8 (1,5)

(Sumber : <http://ergo.human.cornell.edu/ahJSI.html>)

8. Pemahaman Tentang Nilai JSI

Setelah perhitungan JSI dilakukan yaitu dengan cara mengalikan nilai dari keenam parameter yang ada, selanjutnya yaitu tahap penginterpretasian nilai JSI yang didapatkan. Penginterpretasian nilai JSI mengikuti aturan berikut :

Tabel 11.6. Tabel interpretasi nilai JSI

Nilai JSI ≤ 3	Pekerjaan yang diamati cukup aman
Nilai JSI > 5	Pekerjaan yang diamati memiliki potensi menimbulkan resiko cedera anggota gerak atas (<i>Distal Upper Extremity Disorder</i>)
Nilai JSI ≥ 7	Pekerjaan yang diamati berbahaya

(Sumber : <http://ergo.human.cornell.edu/ahJSI.html>)

DAFTAR PUSTAKA

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. Wicken, C.D., Lee, J.D., Liu, Y. & Becker, S.E.G., (2004) : *An Introduction to Human Factors Engineering*, Pearson Education, New Jersey
4. Wignjosoebroto, S., (2000) : *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu - Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*, Penerbit Guna Widya, Surabaya.
5. Nurmianto, Eko, "Ergonomi : Konsep Dasar dan Aplikasinya", edisi kedua, Penerbit Guna Widya, 2004.
6. Kroemer, K.H.E. & Kroemer, A.D., (2001) : *Office Ergonomics*, Taylor & Francis, London
7. Kroemer, K., Kroemer, H. & Elbert, K.K., (2001) : *Ergonomics – How to Design For Ease and Efficiency*, Prentice Hall, New Jersey
8. Wicken, C.D., Lee, J.D., Liu, Y. & Becker, S.E.G., (2004) : *An Introduction to Human Factors Engineering*, Pearson Education, New Jersey
9. <http://v-class.gunadarma.ac.id/mod/resource/view.php?id=2458>
10. <http://safetymigas.blogspot.com/2011/05/alat-pelindung-mata-muka-dan-telinga.html>
11. Kroemer, K., Kroemer, H. & Elbert, K.K., (2001) : *Ergonomics – How to Design For Ease and Efficiency*, Prentice Hall, New Jersey
12. Wicken, C.D., Lee, J.D., Liu, Y. & Becker, S.E.G., (2004) : *An Introduction to Human Factors Engineering*, Pearson Education, New Jersey
13. Chaffin, D. & Andersson, G., (2004) : *Occupational Biomechanics*, John Wiley & Sons, Kanada
14. Kroemer, K., Kroemer, H. & Elbert, K.K., (2001) : *Ergonomics – How to Design For Ease and Efficiency*, Prentice Hall, New Jersey
15. Wicken, C.D., Lee, J.D., Liu, Y. & Becker, S.E.G., (2004) : *An Introduction to Human Factors Engineering*, Pearson Education, New Jersey
16. Kroemer, K., Kroemer, H. & Elbert, K.K., (2001) : *Ergonomics – How to Design For Ease and Efficiency*, Prentice Hall, New Jersey
17. Wickens, C.D., Lee, J.D., Liu, Y. & Becker, S.E.G., (2004) : *An Introduction to*

- Stanton, N., Hedge, A., Brookhuis, K., Salas, E. & Hendrick, H., (2004) : *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*, CRC Press, Florida
18. Dias. 2009. Definisi dan ruang lingkup ergonomi.
19. DHHS (NIOSH) Publication.1997, *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors : A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back*, U.S. Department of Health And Human Services
20. Fagarasanu, M and Kumar, S., 2002, *Measurement instrument and Data Collection of Construct and Bias in Ergonomics Research*, INDUSTRIAL ERGONOMICS. 30 (2002). Page 355-369.
21. Suhardi, Bambang., Astuti, R.D., Triyono, 2006, *Analisis Sikap Kerja Pekerja Manual Material Handling UD. Tetap Semangat Dengan Metode OWAS*, Surakarta, Penelitian Jurusan Teknik Industri UNS, Unpublished

Buku ajar Ergonomi merupakan buku yang disusun oleh dosen yang ahli dalam ergonomi, buku ini diterbitkan pada Tahun 2016. Buku ini berisi tentang materi-materi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam memberikan ilmu pengetahuan tentang ergonomi kepada mahasiswa. Buku ini dirancang dengan kata dan bahasa yang mudah dimengerti sehingga pembaca dapat memahami dan menyampaikannya secara maksimal. Buku ajar ergonomi ini diterbitkan sebagai bahan ajar pada mata kuliah Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada program studi Kesehatan Masyarakat.

ISBN 978-602-52497-1-6



9 786025 249716