

# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI



Masih langkanya buku referensi berbahasa Indonesia yang membahas kajian Ergonomi menjadi alasan penulisan buku ini. Selain bermanfaat sebagai referensi bagi mahasiswa Teknik Industri yang mengambil mata kuliah yang relevan dengan kajian Ergonomi, buku ini juga dapat dimanfaatkan oleh praktisi industri yang ingin memahami konsep dasar ergonomi dalam menata sistem kerja di industri yang lebih efektif, produktif, aman dan sehat.



# **PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI**

**Dr. Eng. Lusi Susanti  
Hilma Raimona Zadry, Ph.D  
Berry Yuliandra, MT**



**Andalas University Press**

# **PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI**

**Penulis : Dr. Eng. Lusi Susanti  
Hilma Raimona Zadry, Ph.D  
Berry Yuliandra, MT**

**Ilustrasi Sampul dan Penata Isi :  
Dyans Fahrezionaldo  
Safri Y**

**Hak Cipta pada Penulis**

**Dicetak dan Diterbitkan Oleh :  
Andalas University Press**  
Jl. Situjuh No. 1, Padang 25129, Telp/Faks. : 0751-27066  
email : cebitunand@gmail.com  
facebook : AU Press (Andalas University Press)

**Anggota :**  
Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia (APPTI)

**Cetakan :**  
I. Padang, 2015

**ISBN : 978-602-8821-74-2**

---

Hak Cipta dilindungi Undang Undang.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebahagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit.

Isi di luar tanggung jawab percetakan

Ketentuan Pidana Pasal 72 UU No. 19 Tahun 2002

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000.- (satu juta rupiah) atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000.- (lima milyar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000.- (lima ratus juta rupiah).

# PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku ajar untuk mata kuliah Pengantar Ergonomi Industri. Buku ini dimaksudkan sebagai salah satu referensi mahasiswa Teknik Industri yang mengambil mata kuliah Ergonomi Industri atau kajian yang relevan bagi praktisi di industri.

Pada buku ini akan dibahas lebih detil berbagai informasi tentang manusia dalam kaitannya dengan perancangan sistem kerja, baik yang berkaitan dengan aspek fisik maupun aspek mental manusia. Dalam suatu sistem kerja, manusia memegang peranan yang sangat penting, karena harus merencanakan, merancang, mengendalikan dan mengevaluasi sistem kerja yang dihadapi. Untuk dapat merancang suatu sistem kerja yang baik, diperlukan pengenalan tentang sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia. Disinilah peranan ergonomi diperlukan. Buku ini diharapkan dapat memberi pengetahuan yang cukup kepada mahasiswa mengenai peranan ilmu ergonomi di dalam industri, sehingga mahasiswa mampu merancang suatu sistem kerja yang efektif dan efisien dan berpusat pada manusia.

Dengan selesainya buku ajar ini, maka penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, masukan dan saran demi kesempurnaan buku ini. Semoga buku ajar ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Penulis



# DAFTAR ISI

	<b>Hal.</b>
Prakata	i
Daftar Isi	iii
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel	ix
I PERAN DAN LINGKUP ERGONOMI INDUSTRI	1
1.1 Perancangan Berpusat Pada Manusia	1
1.2 Paradoks-Paradoks Otomatisasi	2
1.3 Ruang Lingkup Ergonomi Industri	3
1.4 Fungsi Ergonomi Dalam Industri	7
II ERGONOMI FISIK	11
2.1. Sistem Muskuloskeletal	11
2.2. Fisiologi Kerja	13
2.3 Biomekanika Kerja	18
2.4 <i>Cumulative Trauma Disorders</i> (CTDs)	22
2.5 <i>Manual Material Handling</i>	23
III ERGONOMI INFORMASI	29
3.1. Proses Input Informasi	29
3.2. Exteroceptor	29

	3.3. Transfer Informasi	34
	3.4. Deteksi Sinyal	35
	3.5 Pengolahan Informasi	35
	3.6 Kerja Kognitif	36
	3.7 Human Computer Interface	37
IV	ANTROPOMETRI	39
	4.1 Definisi Antropometri	39
	4.2 Aplikasi Perancangan	39
	4.3 Alat Pengukuran dan Teknik	40
	4.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Data Antropometri	40
	4.5 Data Antropometri	41
	4.6 Data Antropometri Pengguna Kursi Roda	49
V	PERANCANGAN SISTEM MANUSIA MESIN	51
	5.1 Sistem Manusia Mesin	51
	5.2 Analisis Tugas	56
	5.3 Perencanaan Waktu	56
	5.4 Perencanaan Sumber Daya Manusia	57
	5.5 Perancangan yang Rinci dan Akuisisi	57
	5.6 Pengujian	57
	5.7 Sintesis Rancangan	57
VI	PERANCANGAN AREA KERJA	59
	6.1 Pendahuluan	59
	6.2 Prinsip Umum Perancangan Area Kerja	59
	6.3 Postur Kerja	64
	6.4 Metode Penilaian Postur Tubuh	64

VII	PERANCANGAN LINGKUNGAN KERJA	83
	7.1 Pencahayaan	83
	7.2 Kebisingan	85
	7.3 Getaran	92
	7.4 Iklim dalam Ruangan	92
	7.5 Warna	93
	7.6 Bau-bauan	94
VIII	PERANCANGAN DISPLAY DAN KONTROL	95
	8.1 Ketajaman Mata ( <i>Visual Acuity</i> )	97
	8.2 Peka Terhadap Kontras ( <i>Contrast Sensitivity</i> )	100
	8.3 Adaptasi	101
	8.4 Pembedaan Warna	102
	8.5 Membaca	103
	8.6 Persepsi	103
	8.7 Teks	103
	8.8 Stroke-Width	104
	8.9 Rasio Lebar-Tinggi Huruf ( <i>Width To Height Ratio</i> )	105
	8.10 Pembacaan Jarak Jauh ( <i>Distance Reading</i> )	106
IX	PERANCANGAN PRODUK DAN ALAT BANTU INFORMASI	109
	9.1 Perancangan Produk	109
	9.2 <i>Design for Maintainability</i>	112
	9.3 Perancangan <i>Hand Tool</i>	115
	9.4 Rancangan Label dan Tanda	117
X	TOPIK KHUSUS	119
	10.1 <i>Human Error</i>	119
	10.2 Alat Bantu Performansi Kerja	123



	10.3 Perancangan bagi Lansia	124
	10.4 Ergonomi pada Manufaktur Tingkat Lanjut	126
XI	KESELAMATAN DAN KESEHATAN INDUSTRI	129
	11.1 Undang-Undang dan Badan Keselamatan dan Kesehatan	130
	11.2 Model Kecelakaan	130
	11.3 Kondisi yang Tidak Aman	131
	11.4 Perilaku yang Tidak Aman	132
	11.5 Evaluasi Kinerja Keselamatan	133
	11.6 Toksikologi Industri	134
	11.7 Menghindari Bahaya	134
	11.8 Alat Pelindung Diri	135
XII	ANALISIS PEKERJAAN	137
	12.1 Karakteristik Tempat Kerja	137
	12.2 Beban Persepsi	137
	12.3 Beban Mental	138
	12.4 Lingkungan	138
	12.5 Peralatan Khusus	138
	12.6 Kebutuhan Fisik	138
	12.7 Metode Kerja	139
	12.8 Perawatan	139
	12.9 Lainnya	139
	DAFTAR PUSTAKA	140
	Index	143
	Riwayat Penulis	145

# DAFTAR GAMBAR

	Hal.
1.1 Tujuan Ergonomi (Pulat, 1992)	4
1.2 Komponen-Komponen dari Human Intergrated System	6
1.3 Struktur Fungsional Umum dalam Industri	7
2.1 Input, Elemen dan Dampak Dari Biomekanika Kerja	19
2.2 Segmen Tubuh Telapak Tangan	20
2.3 Segmen Tubuh Punggung	20
2.4 Posisi L5/S1 pada ruas tulang punggung	21
3.1 Spektrum Energi Radiasi Elektromagnetik	29
3.2 Skema Bagian-Bagian Mata	30
3.3 Sensitivitas Mata terhadap Warna (Pulat, 1992)	31
3.4 Kemampuan Adaptasi Mata terhadap Kegelapan (Pulat, 1992)	31
3.5 Sensifitas Pendengaran Manusia	32
3.6 Skema Telinga Manusia	33
3.7 Dua Jenis Neuron pada Tubuh Manusia	34
3.8 Distribusi dari Pendeteksian Sinyal	35
3.9 Tahapan Pengolahan Informasi (Pulat, 1992)	36
3.10 Persepsi (Pulat, 1992)	36
3.11 Performansi Manusia dalam Mengerjakan Pekerjaan secara Teliti	37
5.1 Sistem Tertutup Manusia-Mesin (Pulat, 1992)	51
5.2 Elemen-Elementa Utama Sistem Manusia Mesin	52

5.3	Elemen-Elemen Utama dalam Siklus Pengembangan Sistem (Pulat, 1992)	58
6.1	Postur tubuh lengan atas (upper arm)	71
6.2	Postur tubuh lengan bawah (lower arm)	72
6.3	Postur tubuh pergelangan tangan (wrist)	73
6.4	Postur tubuh pada perputaran pergelangan tangan (wrist twist)	74
6.5	Postur tubuh bagian leher (neck)	77
6.6	Postur bagian batang tubuh (trunk)	78
6.7	Posisi kaki (legs)	79
8.1	Rasio lebar dan tinggi huruf	100
11.1	Faktor Utama dari Kinerja Keselamatan	131

## DAFTAR TABEL

	<b>Hal.</b>
2.1 Hubungan tingkat pekerjaan dengan konsumsi energi	15
2.2 Tindakan Terkait Dengan Batas Angkat	25
2.3 Batasan Angkat Material	25
4.1 Karakteristik Berat	42
4.2. Tinggi Berdiri	42
4.3 Tinggi Duduk	43
4.4 Panjang Kepala	43
4.5 Tinggi Lutut, Duduk	43
4.6 Tinggi Popliteal, Duduk	44
4.7 Tinggi Siku Duduk	44
4.8 Lebar Pantat Duduk	44
4.9 Lebar Antar Siku	45
4.10 Tebal Paha	45
4.11 Tinggi Mata, Duduk	45
4.12 Jangkauan Tangan ke Depan	46
4.13 Panjang Tangan	46
4.14 Panjang Kaki	46
4.15. Panjang Tiarap (A)	47
4.16 Panjang Tiarap (B)	47
4.17 Tinggi Jongkok	47
4.18 Panjang Merangkak	48
4.19 Koefisien Korelasi Data Antropometri	48

4.20	Data Antropometri Pengguna Kursi Roda	50
5.1	Perbedaan Antara Manusia dan Mesin (Pulat, 1992)	53
6.1	Total Time	65
6.2	Duration	66
6.3	Cycle Time	66
6.4	Matrik Pengkombinasian Durasi dan Waktu	66
6.5	Force	67
6.6	Speed	67
6.7	Exertion Risk Factor	68
6.8	Awkwardness	68
6.9	Vibration	69
6.10	Skor penilaian bagian lengan atas (upper arm)	72
6.11	Skor penilaian bagian lengan bawah (lower arm)	73
6.12	Skor penilaian bagian pergelangan tangan (wrist)	74
6.13	Skor grup A	75
6.14	Skor aktivitas	76
6.15	Skor beban	76
6.16	Skor bagian leher (neck)	77
6.17	Skor bagian batang tubuh (trunk)	78
6.18	Skor bagian kaki (legs)	79
6.19	Skor grup B	79
6.20	Skor aktivitas	80
6.21	Skor Beban	80
6.22	Grand Total Score Table	81
6.23	Kategori Tindakan RULA	81
7.1	Efek kebisingan pada manusia	89
7.2	Permissible Noise Exposures Menurut OSHA	91

# BAB I

## PERAN DAN LINGKUP ERGONOMI INDUSTRI

### 1.1 Perancangan Berpusat Pada Manusia

Dalam perancangan suatu sistem, apakah itu sistem fisik ataupun nonfisik, dikenal dua macam pendekatan. Pendekatan yang pertama adalah *Technology Centred Approach* (TCA), sedangkan pendekatan kedua disebut sebagai *Human Centred Approach* (HCA).

1. *Technology Centred Approach* adalah perancangan sistem yang terfokus pada teknologi, dimana pertimbangan terhadap manusia sedikit atau bahkan tidak ada sama sekali, baik dari segi sosial, psikologis, maupun organisasional. Karakteristik pendekatan TCA ini adalah 90-95% dari sumber daya organisasi (waktu, komitmen, uang) diinvestasikan pada isu-isu teknis. Selain itu, pada pendekatan TCA hal-hal yang berkaitan dengan teknologi menjadi pertimbangan pertama, sedangkan faktor-faktor manusia dan organisasi dipertimbangkan setelah isu-isu teknologi diputuskan.

Pendekatan ini juga menempatkan manusia sebagai pelengkap teknologi, di mana manusia mengambil peran-peran yang tidak bisa dilakukan oleh teknologi. Di dalam pendekatan ini, isu-isu psikologis dan individual biasanya terfokus pada bagaimana melatih operator untuk mengoperasikan teknologi tertentu. Dengan demikian tampak bahwa pada pendekatan TCA, teknologi dianggap lebih penting daripada manusia itu sendiri.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

2. Berbeda dengan TCA, *Human Centred Approach* (HCA) menganggap bahwa manusia merupakan faktor yang terpenting di dalam sistem. Tujuan yang ingin dicapai melalui pendekatan ini adalah agar sistem yang baru dirancang dan dikembangkan dengan lebih memberikan perhatian pada isu-isu kemanusiaan dan organisasional.

### 1.2 Paradoks-Paradoks Otomatisasi

Penemuan-penemuan sains dan teknologi telah menciptakan berbagai kemudahan bagi manusia, baik dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam konteks manufaktur. Namun demikian, penerapan sains dan teknologi dalam bentuk otomatisasi, menggantikan pekerjaan manual oleh manusia dengan mesin, komputer ataupun robot, juga menimbulkan beberapa paradoks:

- Orang yang tersisa akibat otomatisasi memegang peran yang sangat vital.
- *Technical centred design* mengakibatkan reliabilitas manusia yang rendah.
- *Laten error* lebih berbahaya daripada *active error*.
- Sistem penolong darurat oleh manusia, padahal otomatisasi mengasumsikan kemampuan manusia rendah.
- Perancangan untuk intervensi manusia ke dalam sistem terotomasi membatasi kesempatan untuk memperoleh kemampuan manusia yang sesungguhnya.

Hal-hal di atas terjadi karena kurang dipahaminya peran manusia di dalam sistem, walaupun perancang sistem itu sendiri adalah manusia. Manusia adalah komponen sistem yang paling utama, yang memiliki kelebihan, keterbatasan serta keinginan-keinginan tertentu, yang perlu diakomodir di dalam perancangan, untuk mengoptimalkan tujuan sistem. Perlu dikaji dengan lebih seksama berbagai informasi tentang manusia dalam kaitannya dengan perancangan sistem kerja, baik yang berkaitan dengan aspek fisik maupun aspek mental manusia. Dalam suatu sistem kerja, manusia memegang peranan yang sangat penting, karena harus merencanakan, merancang, mengendalikan dan mengevaluasi sistem kerja yang dihadapi. Untuk dapat merancang suatu sistem kerja yang

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

baik, diperlukan pengenalan tentang sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia. Disinilah peranan ergonomi diperlukan.

Lahirnya cabang ilmu ergonomi adalah untuk meningkatkan efektivitas penggunaan objek fisik dan fasilitas yang digunakan oleh manusia dan merawat atau menambah nilai tertentu misalnya kesehatan, kenyamanan dan kepuasan dalam proses penggunaan tersebut. Ergonomi mencari informasi yang lengkap mengenai kemampuan serta keterbatasan manusia. Prinsip penting yang harus selalu diterapkan pada setiap perancangan adalah "*Fitting the task to the man rather than the man to the task*". Dalam hal tersebut pekerjaan harus disesuaikan agar selalu berada pada jangkauan kemampuan serta keterbatasan manusia. Dengan demikian maka setiap perancangan sistem kerja harus disesuaikan dengan faktor manusianya, dimana dimensi dan fungsi harus mengikuti karakteristik dari manusia yang akan menggunakan sistem kerja tersebut.

Dipandang dari segi sistem, maka sistem yang baik hanya dapat bekerja bila terdiri dari:

**Pertama** : Komponen sistem yang telah dirancang dan disesuaikan dengan apa yang dibutuhkan oleh manusia.

**Kedua** : Komponen sistem yang saling berinteraksi secara terpadu dalam usaha menuju tujuan bersama.

Banyak anggapan bahwa setiap terjadinya kecelakaan adalah akibat kesalahan manusia, namun setelah dilakukan penelitian terlihat bahwa hal tersebut tidaklah benar sepenuhnya, akan tetapi bisa jadi kecelakaan tersebut diakibatkan oleh sistem kerja yang kurang baik, yang mana dalam hal ini ergonomi mempunyai peranan yang sangat penting dalam menentukan keberhasilan suatu sistem kerja, dengan asumsi bahwa karakteristik ataupun objek, peralatan maupun lingkungan dapat mempengaruhi manusia, yang pada akhirnya akan mempengaruhi kinerja (*output*) sistem manusia-mesin.

### 1.3 Ruang Lingkup Ergonomi Industri

Ergonomi adalah suatu disiplin ilmu yang berkaitan mengenai interaksi antara manusia dengan objek yang digunakan (Pulat, 1992). Asumsi

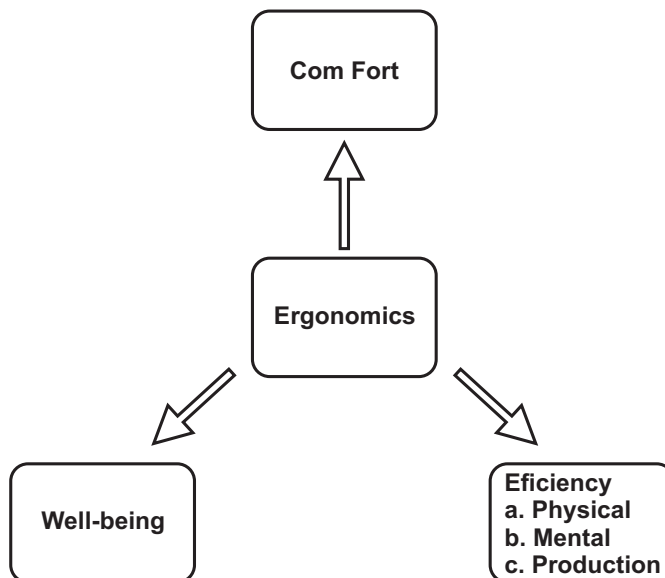


## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

yang paling penting dalam ergonomi adalah peralatan dan kondisi lingkungan kerja berpengaruh terhadap performansi kerja. Jika produk, peralatan, stasiun kerja, dan metode kerja dirancang sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan manusia, maka performansi dan hasil yang diberikan akan lebih baik. Sebaliknya jika ergonomi diabaikan dalam merancang peralatan, stasiun kerja, dan metode kerja maka akan memberikan hasil yang sebaliknya. Suatu kondisi kerja yang dirancang akan memberikan dampak kepada operator, diantaranya (Pulat, 1992):

1. Penurunan output produksi
2. Meningkatkan biaya dan material untuk kesehatan
3. Meningkatkan tingkat ketidakhadiran operator
4. Penurunan kualitas kerja
5. Cedera pada operator
6. Peningkatan kecelakaan kerja

Dalam ergonomi dikenal istilah *fitting the task to the person*. Maksud dari istilah tersebut adalah pekerjaan harus dirancang sesuai dengan kapasitas pekerja. Pengembangan ilmu ergonomi didasarkan pada konsep tersebut. Gambar 1.1 menggambarkan peranan dari ergonomi.



**Gambar 1.1** Tujuan Ergonomi (Pulat, 1992)

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

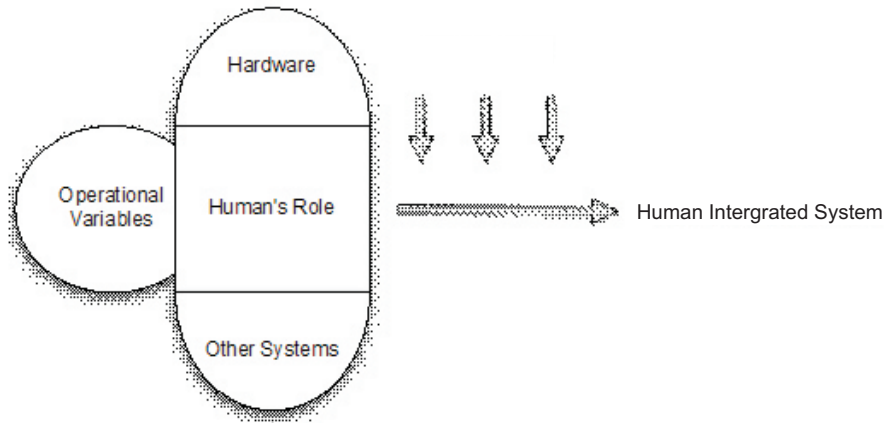
Berdasarkan pengumpulan data yang dilakukan di Amerika Serikat, terdapat indikasi bahwa ergonomi terkait dengan lima dari sepuluh penyakit dan kecelakaan kerja. Berikut merupakan penyakit dan kecelakaan kerja yang sering terjadi di Amerika Serikat (Pulat, 1992):

1. Penyakit paru-paru
2. Cedera *muskuloskeletal*
3. Kanker
4. Amputasi, patah tulang, buta, trauma, dan lecet
5. Kardiovaskular
6. Penyakit reproduksi
7. Gangguan saraf
8. Gangguan pendengaran
9. Dermatologic
10. Gangguan jiwa

Poin 2, 4, 5, 8 dan 10 pada daftar tersebut berkaitan langsung dengan pembahasan ergonomi. Tingginya kompensasi yang diberikan kepada tenaga kerja membuat pentingnya untuk mempertimbangkan ergonomi di industri. Pada tahun 1985 biaya yang dikeluarkan untuk kompensasi dari kecelakaan kerja sebesar 22 miliar dolar dimana mengalami peningkatan sebesar 14% dari tahun 1984. Cedera punggung memberikan 23% dari kecelakaan kerja yang terjadi dan sebesar 32% untuk biaya kompensasi. Kelelahan memberikan sebesar 30.7% dari kasus kecelakaan kerja dengan biaya rata-rata untuk kasus kelelahan sebesar \$4750.

Tujuan utama dari ergonomi adalah untuk merancang objek, peralatan, dan mesin agar bisa digunakan secara efektif oleh manusia. Salah satu istilah yang sering diasosiasikan dengan hal ini adalah HIX. Istilah tersebut diciptakan oleh Pulat dan Alexander untuk melambungkan pekerjaan manusia dari awal hingga akhir. "X" merupakan suatu variabel untuk: *design, manufacturing, test*, dan sebagainya. "HI" melambungkan *human intergrated. Human Intergrated System (HID)* merupakan suatu system yang dirancang dengan kemampuan dan keterbatasan yang dimiliki oleh manusia sehingga hasil dari perancangan tersebut dapat meningkatkan efektivitas. Untuk lebih jelasnya hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.2.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI



**Gambar 1.2** Komponen-Komponen dari *Human Intergrated System* (Pulat, 1992)

Penelitian dan pengembangan pada bidang ergonomi dilakukan untuk mencapai hasil yang efektif dan efisien. Berbagai organisasi didirikan untuk mendukung kemajuan penelitian dan pengembangan ergonomi, antara lain: OSHA, NIOSH, MSHA (*Mine Safety and Helath Administrasion*), HFES (*Human Factors and Ergonomis Society*), IIE (*Institute of Industrial Engineers*), ES (*Ergonomis Society*), ILO (*International Labour Organization*), WHO (*World Health Organization*), IEA (*International Ergonomis Association*) dan organisasi-organisasi lainnya yang tidak bisa disebutkan satu per satu di buku ini.

Beberapa permasalahan yang umum dikaji dan diteliti dalam bidang ergonomi (Pulat, 1992):

### 1. Antropometri

Antropometri berhubungan dengan pengukuran dimensi tubuh termasuk berat dan volume seperti jarak jangkauan tangan ke depan, panjang popliteal, tinggi mata duduk, dan berbagai dimensi tubuh lainnya. Permasalahan dalam bidang antropometri merupakan kesesuaian antara dimensi tubuh dengan desain stasiun kerja. Solusinya dengan cara melakukan modifikasi.

### 2. Kognitif

Permasalahan kognitif muncul ketika dalam penerimaan informasi, informasi yang diterima kurang atau berlebihan. Hal ini dapat

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

disebabkan adanya gangguan pada *short term memory* ataupun *long term memory*. Solusinya dengan cara menggantikan manusia dengan mesin untuk meningkatkan performansi.

### 3. Muskuloskeletal

Merupakan permasalahan yang diakibatkan dengan adanya peregangan pada otot dan rangka. Musculoskeletal dapat mengakibatkan *single incident* dan *cumulative effect trauma*.

### 4. Kardiovaskular

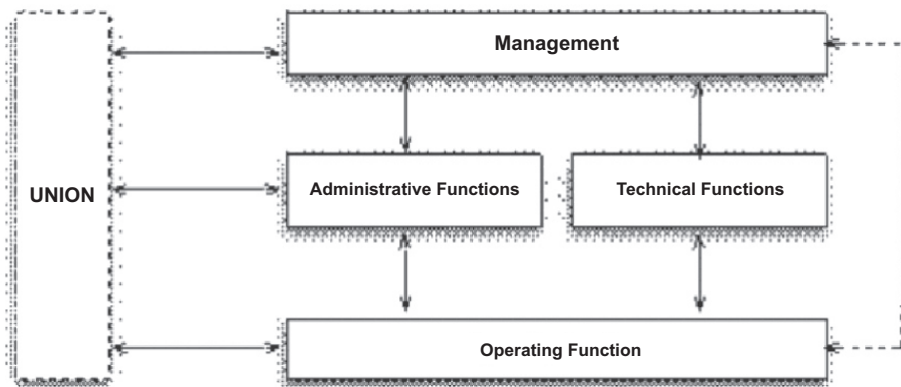
Masalah yang disebabkan oleh adanya peningkatan kerja pada sistem peredaran darah termasuk jantung. Mengakibatkan jantung memompa lebih banyak darah ke otot sehingga menyebabkan tubuh memerlukan lebih banyak oksigen.

### 5. Psikomotor

Masalah ini terletak pada ketegangan sistem psikomotor yang menegaskan kebutuhan pekerjaan untuk disesuaikan dengan kemampuan manusia dan menyediakan bantuan performansi pekerjaan.

## 1.4 Fungsi Ergonomi Dalam Industri

Fungsi ergonomi dalam sebuah industri berkaitan dengan fungsi pengelolaan organisasi dalam industri tersebut. Gambar 3.1 menggambarkan bentuk umum dari organisasi industri.



**Gambar 1.3** Struktur Fungsional Umum dalam Industri (Pulat, 1992)

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

*Management* merupakan level teratas yang berfungsi untuk menetapkan tujuan bisnis sesuai dengan kebijakan perusahaan dan kondisi pasar serta untuk menetapkan rencana makro. Level dibawahnya merupakan *technical and administrative*, berfungsi sebagai pendukung bagi kegiatan yang dilakukan oleh *management*. *Operating* berfungsi untuk menjalankan produksi setiap hari. Meskipun proses produksi pada masa sekarang sudah dilakukan menggunakan sistem yang terotomatisasi, namun peranan manusia tetap dibutuhkan dalam sistem tersebut, sebagai contoh untuk menjalankan sistem kendali atau melakukan aktivitas pemeliharaan mesin.

Kompetisi dunia bisnis sekarang ini menuntut perusahaan untuk melakukan dua hal sekaligus. Pertama, meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan jaminan kualitas dari semua lini operasi perusahaan, dan kedua adalah menekan semua cost yang diakibatkan oleh permasalahan K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) dan kualitas kehidupan kerja. Dalam kedua hal tersebut, ergonomi memiliki peran yang sangat penting.

Ada sejumlah indikator yang menjadi tolak ukur pada perusahaan/ industri yang belum/tidak memperhatikan faktor ergonomi di wilayah kerjanya:

- Kinerja dan produktivitas yang rendah
- Kualitas kerja yang rendah
- Sering terjadi accident atau near-accident (kecelakaan)
- Pekerja sering melakukan kesalahan (human error)
- Pekerja mengeluhkan adanya nyeri atau sakit pada leher, bahu, punggung, atau pinggang
- Pekerja terlalu cepat lelah dan butuh istirahat yang panjang
- Alat kerja atau mesin yang tidak sesuai dengan fisik pekerja
- Posisi atau postur kerja yang sering membungkuk dan menjangkau
- Lingkungan kerja yang tidak teratur, bising, pengap, atau redup
- Pekerja mengeluhkan beban kerja (fisik dan mental) yang berlebihan
- Komitmen kerja yang rendah
- Rendahnya partisipasi pekerja dalam sistem sumbang saran

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Jika indikasi tersebut ditemui di perusahaan/organisasi, maka itulah saat dimana perusahaan membutuhkan intervensi-intervensi ergonomi. Sayangnya penerapan ergonomi sering ditempatkan pada prioritas rendah dan terakhir dalam operasional perusahaan. Ergonomi sering disalah-artikan, dianggap mahal dan hanya dikaitkan dengan aspek kenyamanan kerja. Padahal, dengan ergonomi, sistem kerja di berbagai lini operasi perusahaan (misalnya logistik, produksi, maintenance, pekerjaan kantor, dsb) dirancang sedemikian rupa dengan memperhatikan variasi pekerja dalam hal kemampuan dan keterbatasan (fisik, psikis, dan sosio-teknis).

Berikut ini adalah beberapa faktor yang seringkali menjadi hambatan penerapan ergonomi di perusahaan/organisasi:

1. Konsultan/ pemerhati ergonomi untuk perusahaan belum mampu menunjukkan keuntungan dari program implementasi ergonomic di perusahaan, atau dengan kata lain belum mampu berbahasa perusahaan.
2. Manajemen masih memberikan prioritas rendah dan terakhir pada program ergonomi dalam program kerja perusahaannya.
3. Dalam menerapkan program ergonomi petugas lebih banyak melaksanakan program kuratif dibanding program preventif dan promotif, dan sering kurang efisien.
4. Modal dan pengetahuan mengenai ergonomi yang masih kurang juga menjadi faktor penghambat.
5. Pengawasan dan sangsi yang lemah dari pemerintah dimanfaatkan manajemen sehingga kurang memperhatikan penerapan ergonomi.

Sejumlah langkah berikut direkomendasikan oleh Pulat (1992) untuk menerapkan ergonomi dalam industri (Pulat, 1992):

1. Menentukan definisi dari tujuan bisnis.
2. Menentukan tujuan dari segi ergonomi dan membandingkan dengan tujuan perusahaan.
3. Pengumpulan data untuk operasi seperti teknis, kondisi ekonomi,dll.
4. Hubungan antara hasil langkah pertama dan kedua yang berkaitan dengan langkah ketiga.
5. Lakukan analisis terhadap implementasi yang telah dilakukan.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Semua perbaikan sistem kerja di perusahaan harus dilakukan dengan pendekatan human-centered design (HCD), baik pada alat, mesin, tempat kerja, prosedur kerja, sistem informasi dan sistem organisasi. Dengan inilah diperoleh rancangan sistem operasi perusahaan yang produktif, aman, sehat, dan juga nyaman bagi pekerja, yang tentu akan membawa manfaat bagi perusahaan.

Menyadari pentingnya ergonomi bagi semua orang di manapun berada maupun bekerja, serta adanya persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap perusahaan di era globalisasi ini maka mau tidak mau upaya untuk meningkatkan produktifitas sekaligus kesehatan dan keselamatan pekerja harus menjadi prioritas dan komitmen semua pihak baik pemerintah maupun swasta dari tingkat pimpinan sampai ke seluruh karyawan dalam manajemen perusahaan. Dengan tingkat kesehatan dan keselamatan kerja yang baik jelas mangkir kerja karena sakit akan menurun, biaya pengobatan dan perawatan akan menurun, kerugian akibat kecelakaan akan berkurang, tenaga kerja akan mampu bekerja dengan produktivitas yang lebih tinggi, keuntungan akan meningkat dan pada akhirnya kesejahteraan karyawan maupun pemberi kerja akan meningkat.

Beberapa jenis peningkatan yang dapat dicapai melalui implementasi ergonomi antara lain (Pulat, 1992):

1. Peningkatan produktivitas

Jika tingkat produktivitas sedang menurun maka akan dilakukannya peningkatan efisiensi dari pekerja. Jika terjadinya peningkatan cedera maka dilakukannya pengurangan potensi kecelakaan sehingga biaya untuk menaggulangi cedera akan menurun. Jika pekerja tidak produktif ataupun sering absen maka dibentuk lah lingkungan kerja yang nyaman untuk pekerja.

2. Tanggung jawab sosial

Tanggung jawab sosial merupakan kesadaran perusahaan untuk tanggung jawab terhadap hukum dan terhadap keadaan sosial.

# **BAB II**

## **ERGONOMI FISIK**

Ergonomi fisik fokus terhadap fisik yang digunakan pada saat melakukan aktivitas. Pendekatan ergonomi fisik digunakan untuk mengevaluasi kemampuan dan daya tahan manusia dalam melakukan suatu pekerjaan.

### **2.1 Sistem Muskuloskeletal**

Sistem muskuloskeletal terdiri atas otot, tulang, dan jaringan. Energi yang diperlukan sistem muskuloskeletal untuk bekerja diperoleh melalui metabolisme. Penjelasan mengenai elemen-elemen tersebut adalah sebagai berikut:

#### **1. Tulang**

Tulang berfungsi sebagai penyangga tubuh manusia dan memberikan bentuk rangka terhadap tubuh manusia. Selain itu tulang juga berfungsi untuk melindungi organ vital di dalam tubuh seperti tulang tengkorak untuk melindungi otak dan tulang rusuk untuk melindungi paru-paru. Jumlah tulang di dalam tubuh manusia adalah sebanyak 260 buah. Tulang-tulang dihubungkan oleh ligamen, sedangkan tendon menghubungkan antara tulang dengan otot. Tendon dan ligamen dapat merenggang dan menyusut. Hubungan antar tulang disebut dengan sendi, terdapat beberapa jenis sendi diantaranya: sendi engsel, sendi poros, dan sendi putar.

#### **2. Otot**

Otot merupakan salah satu syarat utama dalam melakukan kegiatan pada manusia. Otot terdiri atas serat otot. Semakin besar ukuran



## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

otot maka akan semakin besar kekuatan yang dapat dihasilkan. Aktivitas otot dapat dibagi ke dalam dua jenis:

a. *Dynamic effort*

Ditandai dengan adanya kontraksi dan relaksasi dari otot.

b. *Static effort*

Ditandai dengan adanya kontraksi yang lama, sehingga membatasi aliran darah ke jaringan otot.

3. Metabolisme

Metabolisme berguna untuk menyediakan energi pada sistem muskuloskeletal. Metabolisme terbagi atas:

a. Aerobik

Adanya pasokan oksigen yang cukup ke otot sehingga membuat asam piruvat pecah menjadi  $H_2O$  dan  $CO_2$ . Menghasilkan ATP dalam jumlah yang besar.

b. Anaerobik

Pasokan oksigen ke otot tidak mencukupi sehingga asam piruvat berubah menjadi asam laktat. Terdapatnya asam laktat pada serat-serat otot akan menimbulkan kelelahan.

Kerangka manusia memiliki fungsi yang sangat penting dalam membentuk tubuh dan pergerakan manusia.

1. Beberapa fungsi tersebut adalah membentuk postur tubuh, penentu tinggi badan, melindungi organ tubuh penting yang lunak, tempat melekatnya otot-otot, menyerap beban kejutan, mengganti sel-sel yang rusak serta sebagai sistem sambungan tulang untuk pergerakan tubuh manusia (Nurmianto, 1996).
2. Sementara itu, otot memiliki fungsi untuk menyuplai energi kinetik dan gerakan angular.
3. Otot manusia tersusun atas fiber-fiber dengan ukuran panjang 10 – 400 mm dan diameter 0,01 – 0,10 mm.
4. Fiber tersebut terdiri dari sel-sel filamen myosin yang saling tumpang tindih.
5. Reaksi otot terhadap tulang akan menyebabkan terkendalinya gerak rotasi yang terjadi pada sambungan tulang.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Kerja dengan tingkat intensitas yang terlampau tinggi memungkinkan pemakaian energi yang berlebihan, sebaliknya intensitas yang terlalu rendah menimbulkan rasa bosan dan jenuh. Oleh karena itu perlu diupayakan tingkat intensitas yang optimum yang ada di antara kedua batas ekstrim tadi dan tentunya untuk tiap individu akan berbeda.

Kerja fisik dikelompokkan oleh Davis dan Miller menjadi:

- Kerja total seluruh tubuh, yang mempergunakan sebagian besar otot biasanya melibatkan 2/3 atau 3/4 otot tubuh.
- Kerja sebagian otot, yang membutuhkan lebih sedikit energi expenditure karena otot yang digunakan lebih sedikit.
- Kerja otot statis, otot digunakan untuk menghasilkan gaya tetapi tanpa kerja mekanik, sehingga membutuhkan kontraksi sebagian otot.

Perubahan yang terjadi dalam suatu kerja fisik dapat dilihat dari perubahan:

- Konsumsi oksigen
- *Heart rate*
- Temperatur tubuh
- Senyawa kimia dalam tubuh (Electromyography, EMG – mengukur sinyal listrik pada otot).

Sampai saat ini metode pengukuran kerja fisik dilakukan dengan menggunakan standar :

- Konsep *horse-power (foot-pounds of work per minute)* oleh Taylor, tapi tidak memuaskan.
- Tingkat konsumsi energi untuk mengukur pengeluaran energi.
- Perubahan tingkat kerja jantung dan konsumsi oksigen (metode terbaru).

### 2.2 Fisiologi Kerja

Konsumsi energi diukur dalam satuan kilo kalori. Setiap 1 liter oksigen yang dikonsumsi terdapat rata-rata 4.8 kcal energi yang dihasilkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kalori yang dikeluarkan antara lain: usia, jenis kelamin, postur tubuh, berat badan, dan intensitas aktivitas. Seorang manajer perlu mengetahui batasan energi

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

yang dimiliki agar pekerjaanya tetap dapat melanjutkan pekerjaan. Dalam menentukan konsumsi energi, biasa digunakan parameter indeks kenaikan bilangan kecepatan denyut jantung. Indeks ini merupakan perbedaan antara kecepatan denyut jantung pada waktu kerja tertentu dengan kecepatan denyut jantung pada saat istirahat. Untuk merumuskan hubungan antara energi expenditure dengan kecepatan denyut jantung, digunakan persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = 1,80411 - 0,0229038X + 4,71733.10^{-4}X^2 \quad (1)$$

dengan:

Y : energi (kilokalori per menit)

X : kecepatan denyut jantung (denyut per menit)

Batas atas beban kerja yang dapat diterima (acceptable upper limit of work load) adalah dimana working pulse tidak naik terus secara tak terbatas, dan ketika kerja berhenti, denyut jantung kembali ke resting level kira-kira 15 menit. Batas ini untuk menjamin bahwa energi digunakan dengan kecepatan yang sama energi tersebut diganti. Output maksimum untuk kondisi ini adalah performansi kontinu selama 8 jam sehari. Batas performansi kontinu untuk laki-laki adalah rata-rata working pulse sebesar 35 denyut/menit di atas resting pulse (Grandjean, 1988) sedangkan untuk perempuan sekitar 30 work pulse.

Batasan energi untuk pria dan wanita berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bonjer (1962) adalah sebagai berikut (Pulat, 1992):

1. Pria

- Energi rata-rata maksimal sebesar 5 kcal/menit
- Detak jantung maksimal 120 detak.menit

2. Wanita

- Energi rata-rata maksimal sebesar 4 kcal/menit
- Detak jantung maksimal 110 detak menit

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Tabel 2.1 Hubungan tingkat pekerjaan dengan konsumsi energi

Tingkat pekerjaan	Energi Ekspenditure		Detak jantung Detak/menit	Konsumsi oksigen Liter/menit
	Kkal/mnt	Kkal/8 jam		
<i>Undully heavy</i>	> 12.5	> 6000	> 175	> 2.5
<i>Very heavy</i>	10.0-12.5	4800-6000	150-175	2.0-2.5
<i>Heavy</i>	7.5-10.0	3600-4800	125-150	1.5-2.0
<i>Moderate</i>	5.0-7.5	2400-3600	100-125	1.0-1.5
<i>Light</i>	2.5-5.0	1200-2400	60-100	0.5-1.0
<i>Very light</i>	< 2.5	< 1200	< 60	< 0.5

(Sumber : Nurmianto, 1996)

Table 2.1 menunjukkan hubungan antara tingkat pekerjaan dengan konsumsi energi. Setelah besaran kecepatan denyut jantung disetarakan dalam bentuk energi, maka konsumsi energi untuk kegiatan kerja tertentu bisa dituliskan dalam bentuk matematis:

$$KE = Et - Ei \quad (2)$$

dengan:

- KE : konsumsi energi untuk suatu kegiatan kerja tertentu (kilokalori/menit)
- Et : pengeluaran energi pada saat waktu kerja tertentu (kilokalori/menit)
- Ei : pengeluaran energi pada saat istirahat (kilokalori/menit)

Dengan demikian konsumsi energi pada waktu kerja tertentu merupakan selisih antara pengeluaran energi pada waktu kerja tersebut dengan pengeluaran energi pada saat istirahat. Jika denyut jantung dipantau selama istirahat, kerja dan pemulihan, maka waktu pemulihan untuk beristirahat meningkat sejalan dengan beban pekerjaan. Murrel membuat metode untuk menentukan waktu istirahat sebagai kompensasi dari pekerjaan fisik:

$$R = \frac{T(W - S)}{W - 1,5} \quad (3)$$

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

dengan:

R : istirahat yang dibutuhkan dalam menit

T : total waktu kerja dalam menit

W : konsumsi energi rata-rata untuk bekerja dalam kkal/min

S : pengeluaran energi rata-rata yang direkomendasikan dalam kkal/menit (biasanya 4 atau 5 kkal/menit)

Untuk menghindari keraguan pengukuran pekerja ketika bekerja, dapat digunakan perubahan tingkat denyut selama pemulihan. Kurva pemulihan tingkat denyut jantung menunjukkan :

- Tekanan fisiologis
- Keberadaan kelelahan fisiologis
- Kelelahan fisiologis saat rangkaian periode kerja diamati

Kelelahan (*fatigue*) adalah suatu kelelahan yang terjadi pada syaraf otot-otot manusia sehingga tidak dapat berfungsi lagi sebagaimana mestinya. Makin berat beban yang dikerjakan dan semakin tidak teraturnya pergerakan, maka timbulnya *fatigue* akan lebih cepat. Timbulnya *fatigue* ini perlu dipelajari untuk menentukan tingkat kekuatan otot manusia, sehingga kerja yang akan dilakukan atau dibebankan dapat sesuai dengan kemampuan otot tersebut.

Kelelahan timbul setelah melakukan pekerjaan. Berdasarkan beberapa penelitian diketahui bahwa produksi asam laktat merupakan faktor utama yang menyebabkan kelelahan. Tubuh manusia tidak dapat bekerja secara terus menerus, oleh karena itu waktu istirahat diperlukan untuk menyegarkan kondisi pekerja.

Kekuatan (*strenght*) didefinisikan sebagai tekanan maksimum yang dapat diterima. Kekuatan diukur dengan menggunakan dinamometer dengan satuan kilogram. Terdapat dua tipe kekuatan antara lain: kekuatan statis, diukur dalam posisi tubuh diam dan kekuatan dinamis, dimana pengukuran dilakukan pada saat melakukan pekerjaan. Daya tahan (*endurance*) dapat diartikan sebagai kemampuan untuk melakukan aktivitas dari waktu ke waktu.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Ralph M. Barnes menggolongkan kelelahan dalam 3 bagian yaitu :

- Perasaan lelah.
- Kelelahan karena perubahan fisiologis dalam tubuh.
- Menurunnya kemampuan kerja.

Pada dasarnya kelelahan terjadi jika kemampuan otot telah berkurang dan mengalami puncaknya bila otot tersebut sudah tidak mampu lagi bergerak (kelelahan sempurna). Faktor-faktor yang mempengaruhi *fatigue* diantaranya adalah:

- Besarnya tenaga yang dikeluarkan.
- Kecepatan.
- Cara dan sikap melakukan aktivitas.
- Jenis olahraga.
- Jenis kelamin.
- Usia.

Kelelahan dapat diukur dengan:

- Mengukur kecepatan denyut jantung dan pernafasan.
- Mengukur tekanan darah, peredaran udara dalam paru-paru, jumlah oksigen yang digunakan, jumlah CO<sub>2</sub> yang dihasilkan, temperatur badan, komposisi kimia dalam *urine* dan darah.
- Menggunakan alat penguji kelelahan *Riken Fatigue Indicator* dengan ketentuan pengukuran elektroda logam melalui tes variasi perubahan air liur (*saliva*) karena lelah.

Pada manusia normal keadaan sehat dalam jangka panjang akan dicapai bila tubuh memproses pemasukan dan pengeluaran energi sebanyak 4800 kalori setiap harinya. Bila lebih, tubuh akan bekerja terlampau keras dan karenanya tidak baik bagi kesehatan. Bakuan internasional menetapkan bahwa seseorang membutuhkan 2400 kalori setiap harinya untuk kebutuhan kerja internal tubuh dan kebutuhan sehari-hari seperti kegiatan-kegiatan di rumah, di perjalanan, dan sebagainya. Ini berarti energi yang tersisa untuk bekerja hanya 2400 kalori saja bila masukan kalorinya 4800 kalori. Bila perjalanannya menghabiskan lebih dari ini maka jatah dari kedua hal yang disebutkan terdahululah yang dipakai. Dalam jangka panjang ini akan berakibat pada gangguan

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

kesehatan fisik maupun psikososologis. Keadaannya akan lebih buruk bila masukan kalorinya kurang dari 4800 kalori.

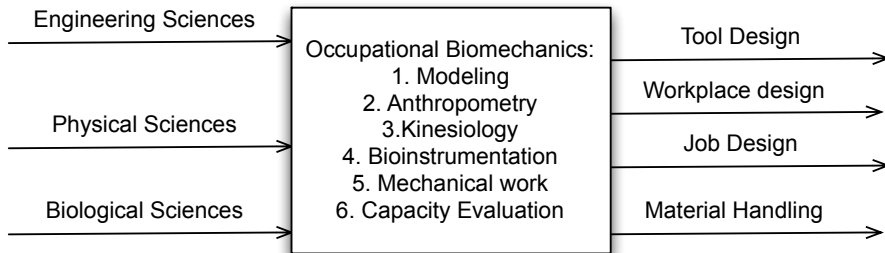
Tiga hal yang harus diperhatikan dalam merancang sistem kerja berkenaan dengan masalah kelelahan:

- Sistem kerjanya tidak membutuhkan energi tubuh lebih dari 2400 kalori.
- Bila harus melebihinya, harus ada makanan tambahan diberikan pada pekerja. Inipun hanya dibenarkan bila terjadi sekali saja dan tidak jangka panjang sifatnya.
- Meski tidak melebihi 2400 kalori, untuk berapapun energi kerja yang diperlukan hendaknya diperhatikan masukan kalori sehari-hari umumnya pekerja agar kebutuhan 2400 kalori untuk aktivitas kerja tetap terpenuhi secara minimal dengan memberikan makanan tambahan sekurang-kurangnya untuk menutupi kekurangan energi kerja.

### 2.3 Biomekanika Kerja

Biomekanika merupakan bidang kajian ergonomi yang berhubungan dengan mekanisme pergerakan tubuh dalam melakukan suatu pekerjaan/ aktivitas. Biomekanika kerja (*occupational biomechanic*) berkaitan dengan interaksi fisik antara pekerja dengan mesin, material dan peralatan, yang bertujuan untuk meminimalkan keluhan/ kelelahan pada sistem kerangka otot sehingga produktivitas kerja dapat mengalami peningkatan. Menurut Chaffin dan Andersson (1984), biomekanika kerja merupakan studi mengenai interaksi pekerja dengan peralatan, mesin dan material, sehingga pekerja dapat meningkatkan performansinya dan di sisi lain dapat meminimalkan resiko cedera kerja (muskuloskeletal). Input, elemen, dan hasil yang dapat diberikan oleh biomekanika kerja ditunjukkan oleh Gambar 2.1.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI



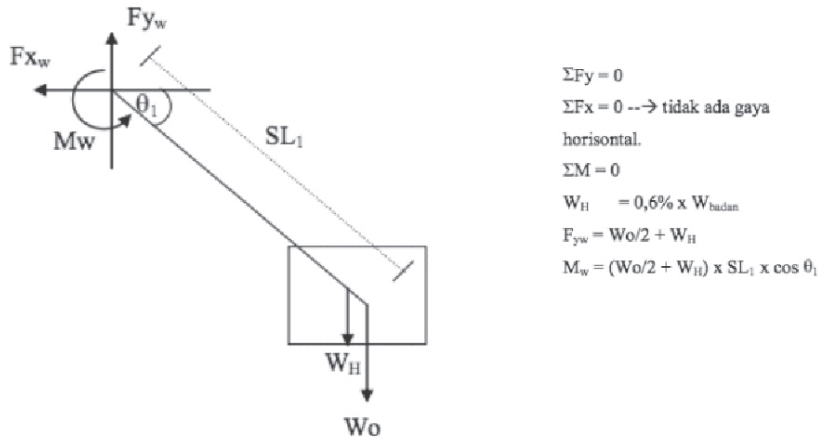
**Gambar 2.1** Input, Elemen dan Dampak Dari Biomekanika Kerja

Tubuh manusia secara keseluruhan dapat dimodelkan secara sederhana dengan cara dibagi menjadi beberapa sambungan sendi (*links*). Meskipun ukuran tubuh dan posisi pusat massa (*centre of gravity*) sangat bervariasi di antara populasi akan tetapi hal ini dapat diperkirakan berdasarkan data-data antropometri. Analisis didasarkan pada beban luar yang ditempatkan pada kedua tangan. Persamaan keseimbangan (*equilibrium equation*) dapat diperoleh dengan mempertimbangkan faktor berat tangan, momen, dan reaksi pada sendi siku.

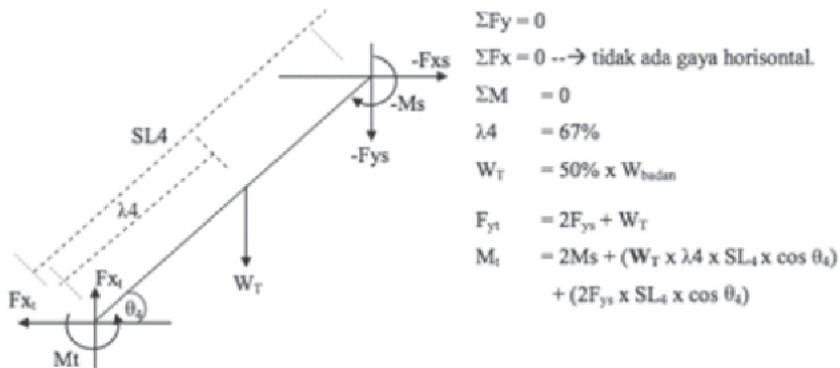
Pengembangan model biomekanika kerja digunakan untuk memperkirakan gaya serta momen yang digunakan tubuh saat pergerakan. Model tersebut juga digunakan untuk memperkirakan postur tubuh saat seseorang melakukan aktivitas yang beresiko menyebabkan cedera muskuloskeletal. Berikut merupakan perhitungan untuk satu segmen pada telapak tangan dan punggung pada aktivitas pengangkatan barang.



## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI



**Gambar 2.2** Segmen Tubuh Telapak Tangan



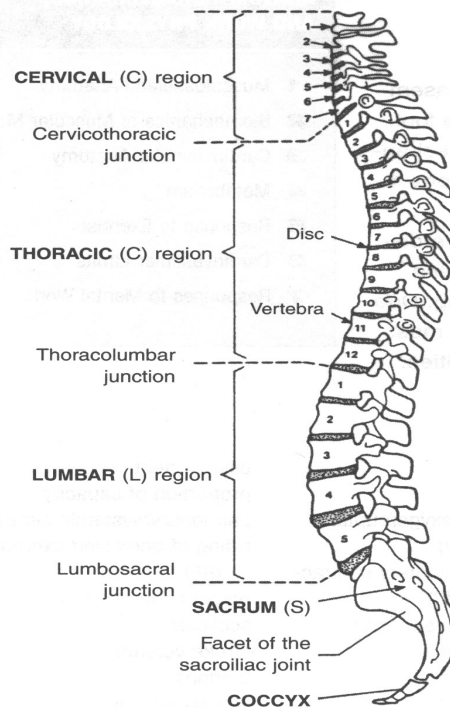
**Gambar 2.3** Segmen Tubuh Punggung

Gerakan pada sistem kerangka otot menyebabkan otot bereaksi terhadap tulang untuk mengendalikan gerak rotasi di sekitar sambungan tulang. Beberapa sistem pengungkit menjelaskan hal tersebut. Dalam sistem ini otot bertindak sebagai sistem mekanis yang berfungsi untuk suplai energi kinetik dan gerakan angular.

# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

## Batasan Biomekanika

Pendekatan biomekanika menekankan pada analisis struktur tulang belakang dalam melakukan aktivitas pengangkatan beban secara manual. Hal ini disebabkan karena struktur tulang belakang akan mengalami tekanan yang berlebihan ketika melakukan pengangkatan meskipun frekuensinya jarang. Penentuan batasan angkat dilakukan berdasarkan nilai beban tekan yang terjadi pada invertebratal disk antara Lumbar nomor 5 dan Sacrum nomor 1 (L5/S1). Posisi L5/S1 dapat dilihat pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Posisi L5/S1 pada ruas tulang punggung

*National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH)* pada tahun 1981 telah mengeluarkan beberapa rekomendasi terkait batasan gaya angkat berdasarkan biomekanika ini, yaitu:

- Batasan gaya tekan maksimum pada L5/ S1 adalah 6500 N.
- Batasan gaya tekan normal pada L5/ S1 adalah 3500 N.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

### **2.4 Cumulative Trauma Disorders (CTDs)**

*Cumulative Trauma Disorders* (CTDs) adalah sekumpulan gangguan atau kekacauan pada sistem muskuloskeletal (*musculoskeletal disorders*) berupa cedera pada syaraf, otot, tendon, ligamen, tulang dan persendian pada titik-titik ekstrim tubuh bagian atas (tangan, pergelangan, siku dan bahu), tubuh bagian bawah (kaki, lutut dan pinggul) dan tulang belakang (punggung dan leher). Berdasarkan hasil penelitian Pullat (1992) penyebab terjadinya CTDs antara lain:

1. Gerakan berulang

Gerakan lengan dan tangan yang dilakukan secara berulang-ulang terutama pada saat bekerja mempunyai risiko bahaya yang tinggi terhadap timbulnya CTDs. Tingkat risiko akan bertambah jika pekerjaan dilakukan dengan tenaga besar, dalam waktu yang sangat cepat dan waktu pemulihan kurang.

2. Faktor Individu

3. Peralatan kerja tidak sesuai

Penggunaan alat-alat yang menekan tajam ke telapak tangan dan menimbulkan iritasi pada tendon bisa menyebabkan terjadinya CTDs. Cara memegang alat atau benda dengan menekankan jari-jari ke ibu jari atau membawa benda dengan posisi pegangan pada titik yang jauh dari pusat gravitasinya juga bisa menimbulkan CTDs

4. Sikap paksa tubuh

Sikap tubuh yang buruk dalam bekerja baik dalam posisi duduk maupun berdiri akan meningkatkan risiko terjadinya CTDs. Posisi-posisi tubuh yang ekstrim akan meningkatkan tekanan pada otot, tendon dan syaraf.

CTDs dapat dicegah dengan cara melakukan pemanasan sebelum bekerja, melakukan perancangan ulang terhadap stasiun kerja, perancangan peralatan kerja sehingga dapat digunakan dengan baik oleh pekerja. Maka dari itu tindakan pencegahan lebih baik dari pada pengobatan. Adapun pengobatan yang dapat diberikan terhadap CTDs antara lain memberikan istirahat kepada pekerja, imun, vitamin, dan terakhir dengan melakukan operasi.

# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

## 2.5 *Manual Material Handling*

*Manual material handling* (MMH) merupakan suatu kegiatan atau pekerjaan dalam penanganan atau perpindahan material yang dilakukan dalam suatu pekerjaan secara manual. Aktivitas pada manual material handling meliputi membawa, mengangkat, menurunkan, mendorong, dan menarik beban.

### 2.5.1 Faktor Risiko

Pemindahan material secara manual dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini (Nurmianto, 2004):

1. Berat beban yang diangkat.
2. Jarak horizontal dari beban.
3. Ukuran beban yang diangkat.
4. Ketinggian beban yang harus diangkat.
5. Stabilitas beban yang akan diangkat.
6. Kemudahan dalam menjangkau beban.
7. Keterbatasan postur tubuh dalam melakukan pekerjaan.
8. Kondisi lingkungan fisik kerja.
9. Metode atau cara pengangkatan beban dengan benar.
10. Frekuensi angkat.
11. Tidak terkoordinasi kelompok kerja.
12. Pengangkatan beban dalam suatu periode.

### 2.5.2 Pendekatan untuk mengurangi risiko

Pengangkatan secara manual harus dilakukan prinsip ergonomi dalam aktivitas angkat manual. Aktivitas angkat manual tersebut mencakup arah beban, ketinggian dan jarak operator terhadap beban yang akan diangkat. Sehingga harus dilakukan pelatihan dalam pengangkatan beban dan metode dalam pengangkatan harus dipilih yang terbaik agar dapat diimplementasikan.

Dalam pekerjaan pengangkatan beban secara manual, Jung dan Jung (2010) telah mengidentifikasi beberapa faktor yang berpotensi menjadi sumber stres fisik dan mengelompokkannya ke dalam lima kategori:

- Karakteristik fisik dan psikologis pengangkatan beban secara manual

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

- Karakteristik objek
- Metode penanganan material
- Aspek-aspek spasial
- Faktor-faktor lingkungan

Penanganan material secara manual dapat menimbulkan kecelakaan kerja apabila tidak dilakukan berdasarkan prinsip-prinsip ergonomi yang tepat. Terdapat beberapa pendekatan yang digunakan untuk menentukan batasan massa beban yang boleh diangkat (Nurmianto, 1996):

- Batasan Legal
- Batasan Biomekanika
- Batasan Fisiologi
- Batasan Psiko-Fisik

### 2.5.3 Batasan Legal

Batasan angkat legal merupakan batasan yang dipakai secara legal pada beberapa negara atau dipakai secara internasional. Perkembangan batasan angkat legal ini dimulai dari Konferensi Buruh Internasional yang diadakan tahun 1967 dan mengeluarkan keputusan bahwa batasan angkat maksimum bagi operator yang bekerja pada lingkungan ergonomis adalah 55 kg. Pada tahun 1975 Denmark mengeluarkan beberapa batasan angkat, yaitu:

- Berat beban maksimum yang diangkat secara manual adalah 50 kg.
- Berat beban maksimum untuk material beku adalah 30 kg.
- Pekerja tidak diperbolehkan untuk mengangkat beban > 25 kg secara berulang selama lebih dari 4 jam sehari.

Komisi Keselamatan dan Kesehatan Kerja Inggris pada tahun 1982 juga mengeluarkan beberapa rekomendasi terkait batasan angkat secara manual. Rekomendasi ini dapat dilihat pada Tabel 2.2.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Tabel 2.2** Tindakan Terkait dengan Batas Angkat

Batasan Angkat (kg)	Tindakan
< 16	Tidak membutuhkan tindakan khusus
16 - 34	Mebutuhkan prosedur untuk menilai kemampuan seseorang untuk mengangkat beban tanpa mengalami risiko berbahaya kecuali jika menggunakan alat bantu
34 - 55	Sebaiknya dilakukan oleh operator terlatih dan mampu menggunakan sistem pemindahan material dibawah pengawasan supervisor
> 55	Harus dilakukan oleh operator terlatih dan pernah mengikuti pelatihan kesehatan dan keselamatan kerja dalam industri dengan menggunakan peralatan mekanis dan dibawah pengawasan yang ketat

(sumber: Komisi Keselamatan dan Kesehatan Kerja Inggris, 1982 dalam Nurmianto, 1996)

*National Occupational Health and Safety Commission (Worksafe Australia)* pada tahun 1986 membatasi tindakan pengangkatan material seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Batasan Angkat Material

Level	Batas Angkat (kg)	Tindakan
1	16	Tidak membutuhkan penanganan khusus
2	16 - 25	Tidak membutuhkan alat bantu Perlu memperhatikan metode angkat
3	25 - 34	Tidak membutuhkan alat bantu Sebaiknya merancang ulang pekerjaan
4	> 34	Harus menggunakan alat bantu mekanis

(sumber: Worksafe Australia, 1986 dalam Nurmianto, 1996)

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Hal ini ditindak lanjuti oleh Departemen Buruh di Victoria (Australia) yang mengeluarkan beberapa petunjuk mengenai pemindahan material pada tahun 1988, yaitu:

- Sebaiknya tidak mengangkat atau membawa objek dengan berat lebih dari 4,5 kg untuk aktivitas kerja dengan posisi duduk
- Menggunakan sistem pengendalian yang tepat dalam mengangkat objek dengan berat lebih dari 20 kg
- Harus menggunakan peralatan untuk mengangkat objek dengan berat lebih dari 55 kg bagi pekerja yang sudah agak lanjut
- Pertimbangkan risiko berat objek yang dipindahkan berdasarkan posisi pengambilan objek, ketinggian awal objek, jarak vertikal ketinggian angkat, jarak horizontal beban dan operator serta frekuensi angkat

Secara umum, batasan legal yang biasa digunakan adalah sebagai berikut:

- Pria usia < 16 tahun, batas angkat maksimum yang diizinkan adalah 14 kg
- Pria usia 16-18 tahun, batas angkat maksimum yang diizinkan adalah 18 kg
- Pria usia > 18 tahun, tidak ada batasan angkat
- Wanita usia 16-18 tahun, batas angkat maksimum yang diizinkan adalah 11 kg
- Wanita usia > 18 tahun, batas angkat maksimum yang diizinkan adalah 16 kg

*Manual material handling* merupakan kegiatan yang tidak dapat dihindarkan di tempat kerja, baik di kantor maupun pabrik. Perancangan terhadap *manual material handling* perlu dilakukannya untuk dapat meminimalkan risiko yang mungkin terjadi. NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*) menerbitkan panduan kerja untuk aktivitas mengangkat manual pada tahun 1981, yang berjudul *Work Practices Guide For Manual Lifting*. Rumus yang diusulkan NIOSH untuk menghitung *action limit* adalah sebagai berikut:

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

$$AL = 40 \left( \frac{15}{H} \right) (1 - 0.004 |V - 75|) \left( 0.7 + \frac{7.5}{D} \right) \left( 1 - \frac{F}{F_{\max}} \right)$$

Menghitung MPL (*maximum permissible limit*)

$$MPL = 3AL$$

Dimana :

AL dan MPL dalam satuan kilogram

H : Jarak horizontal (cm)

V : Jarak vertikal (cm)

D : Jarak tempuh vertikal

F : Frekuensi lifting

*Job severity index* (JSI) digunakan untuk menganalisis kegiatan pada saat pengangkatan maupun penurunan barang. JSI dapat melihat seberapa besar cedera yang dapat diberikan oleh sebuah pekerjaan terhadap kemampuan kerja seorang operator. Jika kapasitas operator melebihi pekerjaan yang harus dilakukan maka JSI akan bernilai < 1. Jika nilai JSI > 1 maka pekerjaan tersebut tergolong berbahaya untuk dilakukan oleh operator tersebut dan dapat meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan kerja. Persamaan JSI adalah sebagai berikut:

$$JSI = \frac{\text{job demand}}{\text{operator capacity}}$$





# BAB III

## ERGONOMI INFORMASI

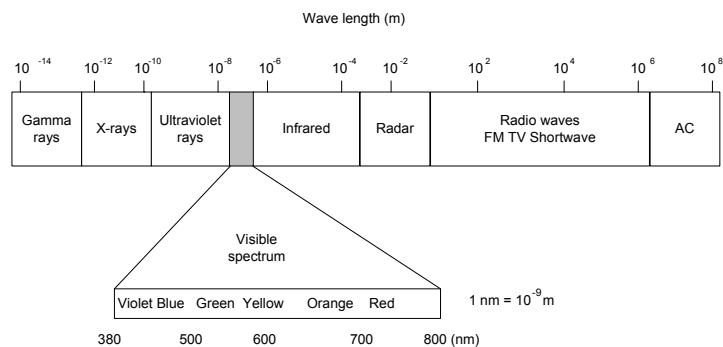
### 3.1 Proses Input Informasi

Manusia menerima rangsangan dari lingkungan disekitarnya menggunakan 5 alat indera yaitu penglihatan, pendengaran, pembauan, pengecapan dan perasa (Pulat, 1992). Kelima indera tersebut disebut dengan istilah eksteroseptor karena merupakan indera paling luar pada manusia. Selain itu, propioseptor merupakan menstimulasikan rangsangan secara refleks.

### 3.2 Exteroceptor

#### 3.2.1 Mata

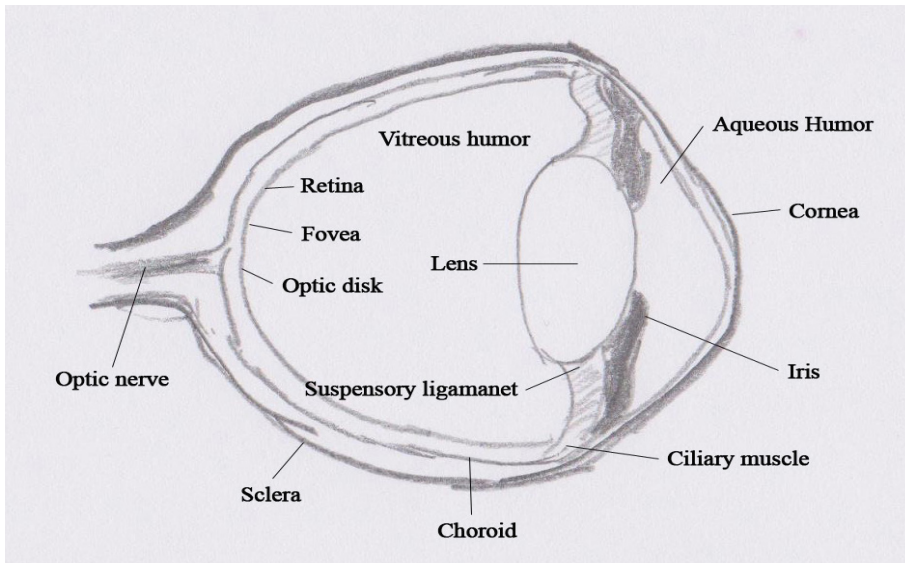
Mata merupakan alat indera yang sensitif terhadap pencahayaan (Pulat, 1992). Spektrum yang dapat dilihat oleh mata dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Spektrum Energi Radiasi Elektromagnetik (Pulat, 1992)

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Bagian-bagian indera penglihatan bagian dalam dapat dilihat pada Gambar 3.2.

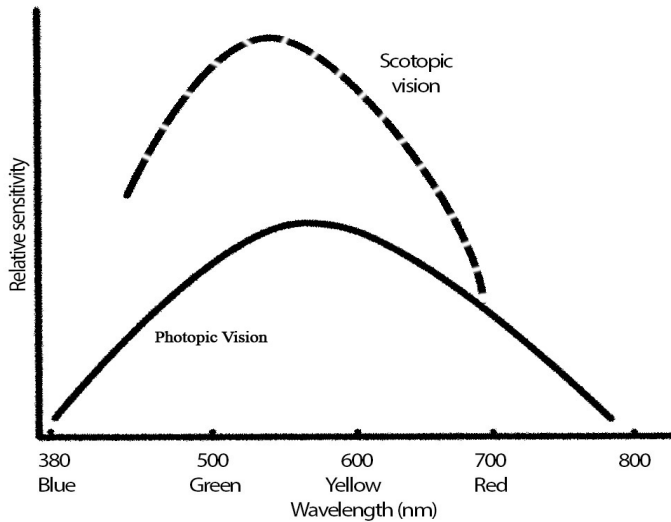


**Gambar 3.2** Skema Bagian-Bagian Mata

Faktor-faktor internal yang dapat mempengaruhi indera penglihatan antara lain (Pulat, 1992):

- a. *Visual acuity*, yaitu ketajaman penglihatan.
- b. *Depth Perception*, yaitu kemampuan untuk melihat lebih rinci.
- c. *Near point of accommodation*, yaitu titik minimal jarak mata dapat melihat satu objek.
- d. *Phorias*, yaitu memusatkan pandangan objek pada mata.
- e. *Color discrimination*, yaitu kemampuan mata untuk membedakan warna. Sensitifitas warna yang dapat dilihat oleh mata dapat dilihat pada Gambar 3.3.

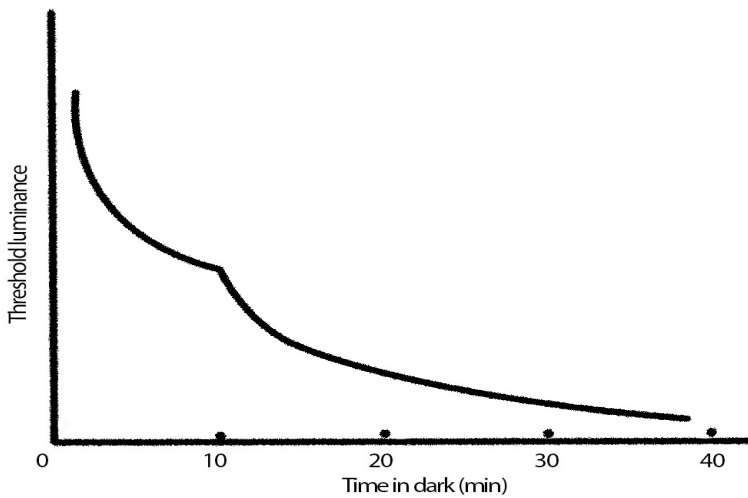
## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI



**Gambar 3.3** Sensitivitas Mata terhadap Warna, Pulat, 1992

Sumber : Pulat, 1992

- f. *Dark adaptation*, yaitu kemampuan mata untuk melihat objek dalam keadaan gelap (dapat dilihat pada Gambar 3.4).



**Gambar 3.4** Kemampuan Adaptasi Mata terhadap Kegelapan, Pulat, 1992

Sumber : Pulat, 1992

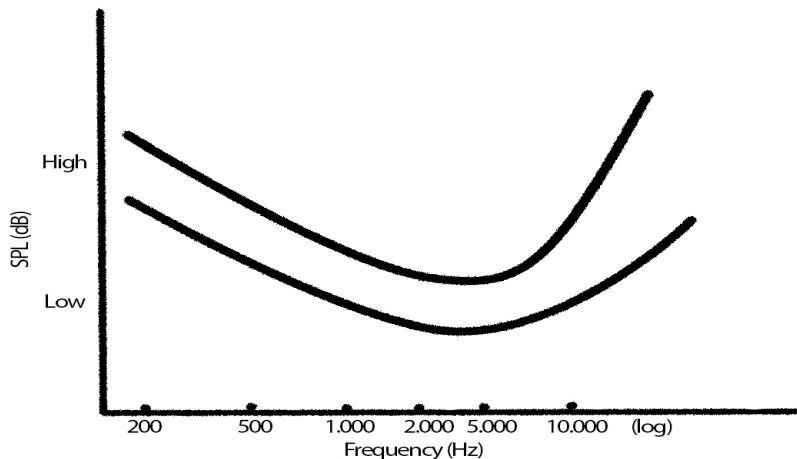
## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

- g. Umur
- h. *Purkinjeshift*
- i. *Blindspot*
- j. *Peripheralvision*
- k. *Nightblindness*
- l. *Normalion Sighth*

Faktor eksternal yang mempengaruhi alat indera pencahayaan antara lain: kontras kebenderangan, kontras cahaya, banyaknya cahaya, durasi dan pergerakan target, silau, cahaya disekitar objek, warna, ukuran objek dan posisi target (Pulat, 1992).

### 3.2.2 Telinga

Telinga merupakan organ yang sensitif terhadap bunyi (Pulat, 1992). Sensitifitas pendengaran manusia dapat dilihat pada Gambar 3.5.

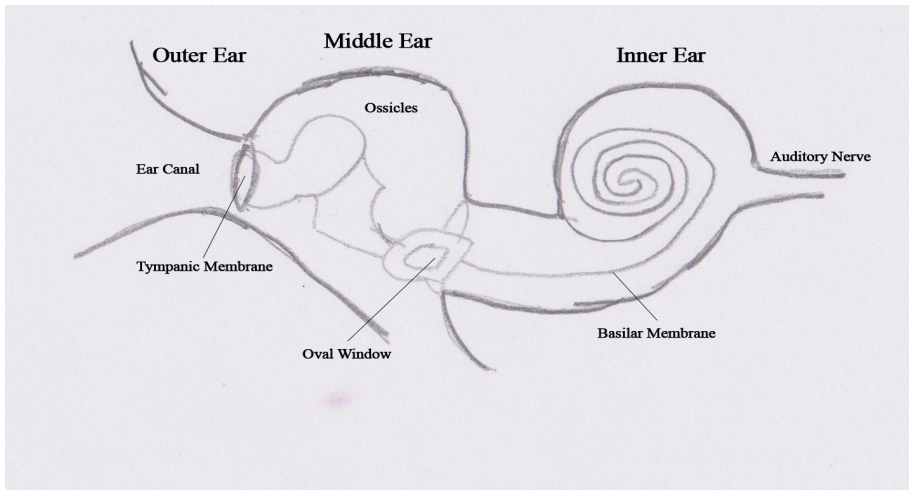


**Gambar 3.5** Sensifitas Pendengaran Manusia

Faktor-faktor yang mampu mempengaruhi pendengaran manusia antara lain (Pulat, 1992):

- a. *Loudness.*
- b. *Difference threshold.*
- c. *Ear anatomy* (dapat dilihat pada Gambar 3.6).

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI



**Gambar 3.6** Skema Telinga Manusia

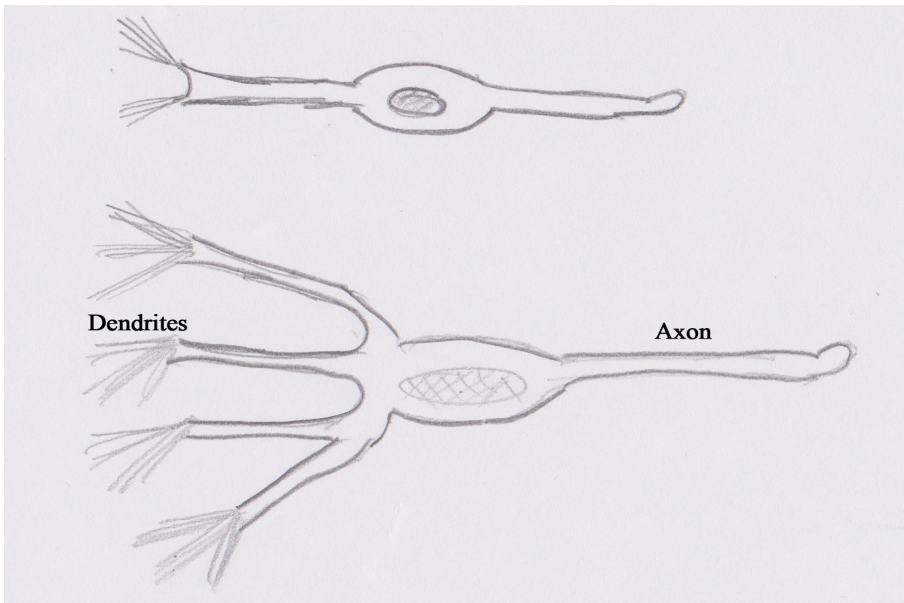
### 3.2.3 Peraba dan Penciuman

Indera peraba dan penciuman merupakan indera yang tidak memiliki pengaruh penting pada lingkungan industri. Indera peraba dapat digunakan untuk media peringatan. Indera penciuman dapat digunakan membedakan bau kimia, metalurgi dan lain-lain (Pulat, 1992).

### 3.2.4 Sistem Saraf

Sistem saraf merupakan sistem yang dapat mengelola seluruh aktifitas tubuh (Pulat, 1992). Terdapat dua jenis neuron pada tubuh manusia yang dapat dilihat pada Gambar 3.7.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI



**Gambar 3.7** Dua Jenis Neuron pada Tubuh Manusia

Tubuh manusia memiliki setidaknya tiga sistem syaraf, yaitu (Pulat, 1992):

- a. Sistem syaraf otonomi.
- b. Sistem syaraf Perifer
- c. Sistem syaraf Sentral

### **3.3 Transfer Informasi**

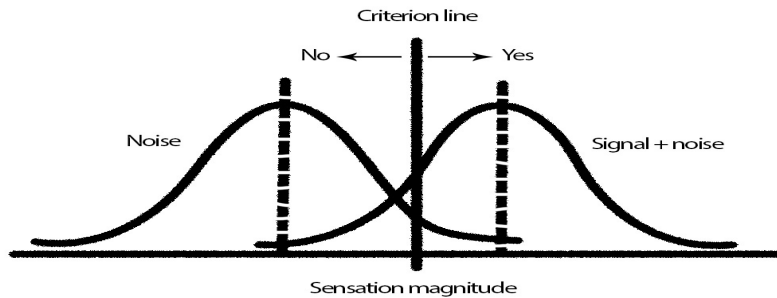
Transfer informasi dapat terjadi antara manusia ke manusia, manusia ke produk, manusia ke lingkungan dan sebaliknya. Informasi yang diterima oleh manusia diproses dalam bentuk serangkaian kode. Beberapa faktor pengkodean informasi antara lain (Pulat, 1992):

- a. *Detectability*
- b. *Discriminability*
- c. *Compatibility*
- d. *Meaningfulness*
- e. *Standardization*

# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

## 3.4 Deteksi Sinyal

Distribusi dari pendeteksian sinyal dapat dilihat pada Gambar 3.8 (Pulat, 1992).



**Gambar 3.8** Distribusi dari Pendeteksian Sinyal Pulat, 1992

Sumber : Pulat, 1992

## 3.5 Pengolahan Informasi

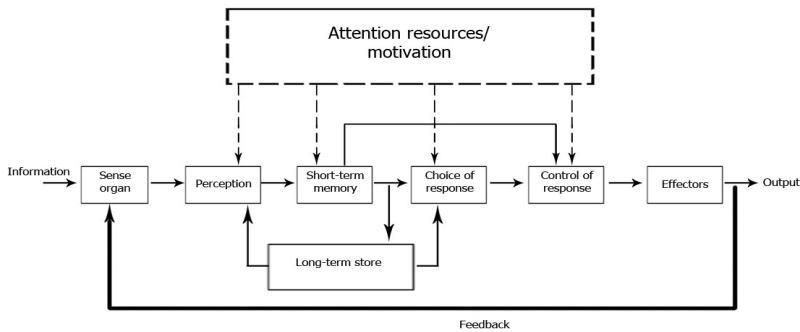
Mekanisme penerimaan rangsang manusia dapat menerima informasi dari berbagai jenis sumber seperti bunyi, pesan visual, dan perubahan parameter udara. Setelah indera tubuh menerima rangsang maka selanjutnya akan diproses untuk performansi yang optimal. Teori yang umum digunakan untuk menjelaskan proses pengolahan informasi yaitu (Pulat, 1992):

- a. Broadbent's filter theory
- b. Bills' blocking theory
- c. Donders' stage model



## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

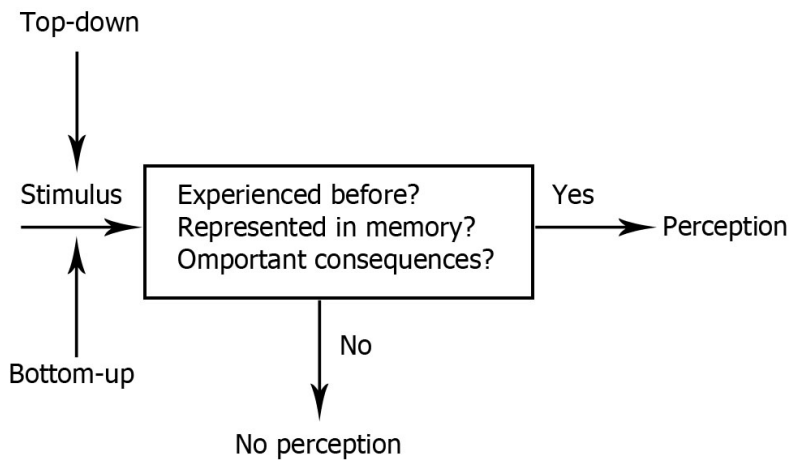
Model proses pengolahan informasi dapat dilihat pada gambar 3.9 (Pulat, 1992).



**Gambar 3.9** Tahapan Pengolahan Informasi Pulat, 1992

Sumber : Pulat, 1992

Untuk proses terjadinya persepsi dapat dilihat pada Gambar 2.10.



**Gambar 3.10** Persepsi Pulat, 1992

Sumber : Pulat, 1992

### 3.6 Kerja Kognitif

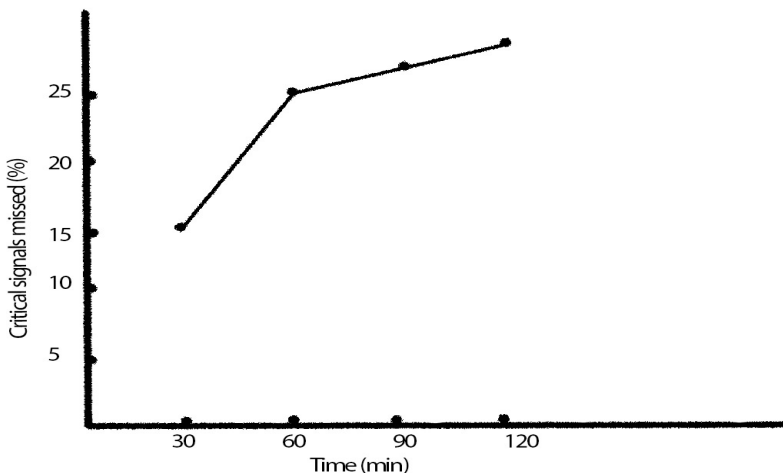
Kerja kognitif lebih mengandalkan analisis secara rinci terhadap pengambilan keputusan dengan memanfaatkan informasi yang

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

diperoleh melalui alat indera. Beberapa faktor yang mempengaruhi kerja kognitif antara lain (Pulat, 1992):

### 1. Vigilance

Kemampuan manusia dalam mengerjakan tugas yang teliti (dapat dilihat pada Gambar 3.11).



**Gambar 3.11** Performansi Manusia dalam Mengerjakan Pekerjaan secara Teliti

2. Perhatian
3. Kebosanan
4. Beban kerja mental
5. Kelelahan mental

### 3.7 *Human Computer Interface*

Pada masa sekarang ini, banyak pekerjaan manusia yang dialokasikan pada mesin, khususnya pekerjaan yang bersifat berulang. Perpindahan tugas ini dinamakan otomasi. Tahapan untuk merancang desain antarmuka yang efektif antara manusia dan mesin adalah sebagai berikut (Pulat, 1992):

1. Menetapkan dan mengetahui pengguna.
2. Menetapkan perencanaan sistem.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

3. Menetapkan perencanaan tugas.
4. Menggunakan rancangan pedoman yang terbaru.
5. Merancang *user interface*.
6. Mengembangkan *prototype*.
7. Pemilihan penerimaan *user*.
8. Melatih *user*.
9. Melakukan evaluasi rancangan.

Prinsip utama yang perlu diperhatikan dalam merancang tampilan antar-muka mesin adalah (Pulat, 1992):

- a. Kurangi kebutuhan mental dalam memproses informasi.
- b. Alokasikan fungsi pada pengguna mesin berdasarkan kemampuan relatif mereka.
- c. Mungkinkan pengguna untuk mengembangkan model mental yang efektif untuk menjalankan sistem operasi mesin.
- d. Buat sekonsistensi mungkin.
- e. Gunakan analogi fisik sebanyak analogi logika.
- f. Buat tampilan antar-muka berdasarkan ekspektasi dan *stereotype* pengguna.
- g. Pertimbangkan kompatibilitas respon stimuli.
- h. Seimbangkan antara kemudahan untuk dipelajari, kemudahan penggunaan dan fungsionalitas.

# BAB IV

## ANTROPOMETRI

### 4.1 Definisi Antropometri

Istilah antropometri berasal dari dua kata yaitu “*anthro*” yang artinya manusia dan “*metri*” yang artinya ukuran. Secara definitif antropometri dinyatakan sebagai studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia (Wignjosoebroto, 1995). Menurut Sanders dan McCormick (1987) serta Pheasant (1988) dan Pulat (1992), antropometri adalah pengukuran dimensi tubuh atau karakteristik fisik tubuh lainnya relevan dengan desain tentang sesuatu yang dipakai orang (Tarwaka *et al*, 2004). Antropometri secara luas digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam interaksi manusia. Data antropometri akan menentukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang dan manusia yang akan mengoperasikan produk tersebut.

### 4.2 Aplikasi Perancangan

Data antropometri yang dikumpulkan dapat diaplikasikan secara luas dalam berbagai bidang perancangan, antara lain (Wignjosoebroto, 1995):

1. Perancangan area kerja (*work station*, interior mobil, dan lain-lain).
2. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, *equipment*, perkakas (*tools*) dan sebagainya.
3. Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer, dan lain-lain.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

4. Perancangan lingkungan kerja fisik seperti pelayanan publik, ruangan kerja, dan sebagainya.

### 4.3 Alat Pengukuran dan Teknik

Anthropometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur jarak, ketinggian dan sudut suatu titik dari suatu posisi acuan tertentu (Pulat, 1992). Realisasinya, alat ini berguna sebagai alat bantu untuk mendesain atau mengetahui posisi alat-alat atau instrumen pengendali dari suatu mesin atau sistem kerja terhadap posisi operatornya.

### 4.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Data Antropometri

Secara umum, manusia memiliki bentuk dan dimensi ukuran tubuh yang berbeda-beda. Beberapa faktor yang mempengaruhi dimensi ukuran tubuh manusia, adalah (Wignjosoebroto, 1995) :

1. Umur

Manusia akan tumbuh bertambah besar seiringan seiring dengan bertambahnya umur yaitu sejak awal lahir sampai berumur 20 tahun. Berdasarkan penelitian yang dilakukan di USA diperoleh kesimpulan bahwa laki-laki tumbuh dan bertambah tinggi sampai umur 21,2 tahun dan wanita sampai dengan umur 17,3 tahun, meskipun terdapat sekitar 10% yang masih bertambah tinggi hingga umur 23,5 tahun bagi laki-laki dan 21,1 tahun bagi wanita (Roche dan Davila, 1972 dalam Wignjosoebroto, 1995). Setelah mencapai umur tersebut tidak terjadi lagi pertumbuhan, namun sekitar umur 40 tahunan manusia akan mengalami penurunan ataupun penyusutan.

2. Jenis kelamin

Dimensi ukuran tubuh laki-laki umumnya lebih besar dibandingkan wanita, kecuali beberapa bagian tubuh tertentu seperti pinggul, dan sebagainya.

3. Suku/ bangsa

Setiap suku, bangsa atau kelompok etnik memiliki karakteristik fisik yang berbeda satu dengan lainnya. Salah satu pengaruhnya yaitu gaya hidup yang berbeda, jenis makanan dan sebagainya.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

### 4. Posisi tubuh

Sikap atau posisi tubuh berpengaruh terhadap dimensi ukuran tubuh, sehingga posisi standar harus diterapkan untuk survei pengukuran. Posisi tubuh dikenal dua cara pengukurannya yaitu :

- a. Pengukuran dimensi struktur tubuh.
- b. Pengukuran dimensi fungsional tubuh.

### 5. Cacat tubuh

Data antropometri khusus diperlukan untuk merancang produk bagi orang-orang cacat seperti kursi roda, kaki atau tangan palsu, dan lain-lain.

### 6. Tebal atau tipisnya pakaian yang dikenakan

Iklim yang berbeda akan mempengaruhi variasi yang berbeda-beda dalam bentuk rancangan dan spesifikasi pakaian. Sehingga dimensi manusia akan berbeda-beda dari satu tempat dengan tempat lainnya.

### 7. Kehamilan

Kondisi kehamilan akan mempengaruhi dimensi ukuran dan bentuk tubuh wanita. Hal tersebut memerlukan perhatian yang khusus terhadap perancangan produk yang dirancang.

## 4.5 Data Antropometri

Data antropometri dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu dimensi struktural dan dimensi fungsional.

### 4.5.1 Dimensi Struktural

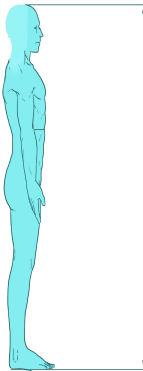
Data antropometri yang termasuk pada dimensi struktural adalah berat badan, tinggi badan, tinggi duduk, panjang kepala, tinggi lutut duduk, tinggi popliteal duduk, tinggi siku duduk, lebar duduk, lebar siku, tebal paha, tinggi mata duduk jangkauan tangan kedepan, panjang tangan, dan panjang kaki (Pulat, 1992). Data-data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.2.

# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Tabel 4.1** Karakteristik Berat

Subjek		Persentil					
		5th		50th		95th	
		kg	lb	kg	lb	kg	lb
<b>Pria</b>							
	Penduduk sipil USA	58	128	75	165	98	216
	Personil militer Italia	57,6	127	70,25	155	85,1	187
	Penduduk sipil Jepang	46,1	101	60,2	132	74,3	163
	Personil militer Turki	51	112	64,6	142	78,2	172
<b>Wanita</b>							
	Penduduk sipil USA	46	101	62,4	137	89,4	197
	Penduduk sipil Inggris	46,6	102	60,4	133	79,4	175
	Penduduk sipil Jepang	39,8	87	51,3	113	62,8	158

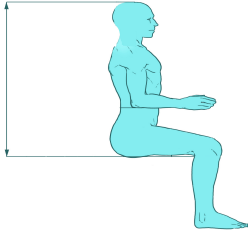
**Tabel 4.2** Tinggi Berdiri



Subjek		Persentil					
		5th		50th		95th	
		cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>							
	Penduduk sipil USA	162	63,7	173	68,1	185	72,8
	Personil militer Italia	160,2	63,1	170,8	67,2	180,8	71,2
	Penduduk sipil Jepang	155,8	61,4	165,3	65,1	174,8	68,9
	Personil militer Turki	160,6	63,2	169	66,5	179,2	70,5
<b>Wanita</b>							
	Penduduk sipil USA	150	59	160	63	170	66,9
	Penduduk sipil Inggris	149,5	58,7	160,1	63	171,2	67,4
	Penduduk sipil Jepang	145,3	57,2	153,2	60,3	161,1	63,4

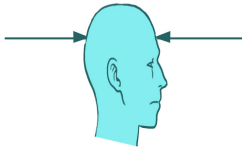
# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Tabel 4.3** Tinggi Duduk



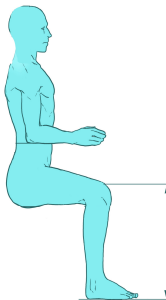
Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>						
Penduduk sipil USA	84	33,1	91	35,8	97	38,2
Personil militer Italia	84,3	33,2	89,7	35,3	94,8	37,3
Angkatan Udara Jerman	86,1	33,9	91,3	35,9	96,5	38
Personil militer Turki	84,8	33,3	89,7	35,3	95,1	37,5
<b>Wanita</b>						
Penduduk sipil USA	79	31,1	85	33,5	91	35,8
Penduduk sipil Swedia	82,3	32,4	87,3	34,4	92,2	36,3

**Tabel 4.4** Panjang Kepala



Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>						
Angkatan Udara USA	18,8	7,4	19,9	7,8	21	8,2
Personil militer Italia	18,2	7,2	19,3	7,6	20,4	8
Personil militer Turki	17,5	6,9	18,6	7,3	19,7	7,7
<b>Wanita</b>						
Angkatan Udara USA	17,3	6,8	18,4	7,3	19,5	7,7

**Tabel 4.5** Tinggi Lutut, Duduk

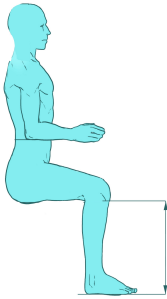


Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>						
Penduduk sipil USA	49	19,2	54	21,2	59	23,2
Personil militer Italia	49,2	19,3	53,4	21	57,9	22,7
<b>Wanita</b>						
Penduduk sipil USA	46	18,1	50	19,7	55	21,6



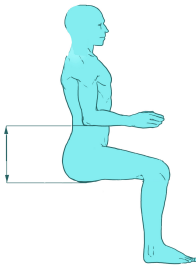
# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Tabel 4.6** Tinggi Popliteal, Duduk



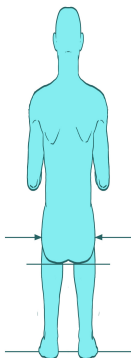
Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>						
Penduduk sipil USA	39	15,3	44	17,3	49	19,3
Personil militer Italia	36,6	14,4	40,3	15,9	44,2	17,4
Angkatan Udara Jerman	40,4	15,8	43,8	17,2	47,4	18,7
<b>Wanita</b>						
Penduduk sipil USA	36	14,1	40	15,7	45	17,7

**Tabel 4.7** Tinggi Siku Duduk



Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>						
Penduduk sipil USA	19	7,5	24	9,4	30	11,8
Personil militer Italia	18,8	7,4	22,5	8,9	26,2	10,3
Penerbang Prancis	22	8,6	25,6	10	28,8	11,3
<b>Wanita</b>						
Penduduk sipil USA	18	7,1	23	9	28	11
Penduduk sipil Swedia	19,2	7,6	23	9	26,7	10,5

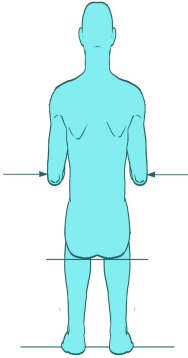
**Tabel 4.8** Lebar Pantat Duduk



Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>						
Penduduk sipil USA	31	12,2	36	14,1	40	15,7
Personil militer Italia	32,7	12,9	35,7	14	38,7	15,2
Penerbang Prancis	33,9	13,3	36,8	14,5	39,5	15,6
<b>Wanita</b>						
Penduduk sipil USA	31	12,2	36	14,1	43	16,9

# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Tabel 4.9** Lebar Antar Siku



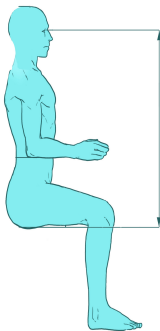
Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>						
Penduduk sipil USA	35	13,8	42	16,5	51	20,1
Kadet Angkatan Udara USA	38,3	15	42,4	16,7	46,7	18,3
<b>Wanita</b>						
Penduduk sipil USA	31	12,2	38	14,9	49	19,3
Angkatan Udara USA	33,8	13,3	38,4	15,1	43,4	17,1

**Tabel 4.10** Tebal Paha



Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>						
Penduduk sipil USA	11	4,3	15	5,9	18	7,1
<b>Wanita</b>						
Penduduk sipil USA	10	3,9	14	5,5	18	7,1

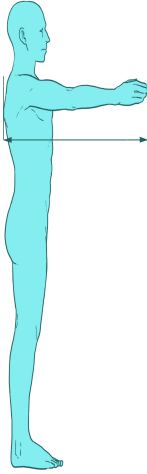
**Tabel 4.11** Tinggi Mata, Duduk



Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>						
Angkatan Udara USA	76,2	30	81	31,8	86,1	33,9
Personil militer Italia	73,1	28,8	78	30,6	82,9	32,6
Penerbang Prancis	77,5	30,5	83,4	32,9	87,7	34,5
<b>Wanita</b>						
Angkatan Udara USA	68,7	27	73,7	29	78,8	31

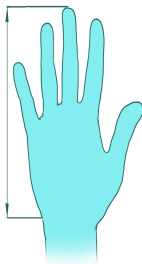
## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Tabel 4.12** Jangkauan Tangan ke Depan



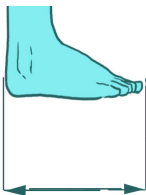
Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>						
Kadet Angkatan Udara USA	83,1	32,7	89,4	35,2	96	37,7
Pengemudi bus/ supir	83,6	32,9	90,7	35,6	97,5	38,4
<b>Wanita</b>						
Pilot Angkatan Udara USA	75,4	29,8	80,8	31,8	86,6	34,1

**Tabel 4.13** Panjang Tangan



Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>						
Angkatan Udara USA	17,8	7	19,1	7,55	20,5	8,1
Personil militer Italia	17,6	6,9	19	7,5	20,4	8
Penerbang Prancis	17,7	6,95	19,2	7,6	20,4	8
<b>Wanita</b>						
Angkatan Udara USA	16,9	6,7	18,4	7,3	20,1	7,9
Penduduk sipil Swedia	16,3	6,4	17,9	7,1	19,6	7,7

**Tabel 4.14** Panjang Kaki



Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>						
Angkatan Udara USA	23,8	9,3	26,2	10,3	28,2	11,1
Personil militer Italia	24,6	9,7	26,5	10,4	28,4	11,2
Penerbang Prancis	24,7	9,7	26,5	10,4	28,5	11,2
Penduduk sipil Jepang	22,8	9	24,4	9,6	26	10,2
<b>Wanita</b>						
Penduduk Sipil USA	22,1	8,7	24,1	9,5	26,2	10,3
Penduduk sipil Swedia	22,8	8,9	24,6	9,7	26,3	10,3
Penduduk sipil Jepang	21,1	8,3	22,6	8,9	24,1	9,5

# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

## 4.5.2 Dimensi Fungsional

Data antropometri yang termasuk dalam jenis ini adalah tinggi dan panjang tiarap, tinggi jongkok dan, tinggi dan panjang merangkak. Semua data antropometri tersebut tercantum pada Tabel 4.15 sampai Tabel 4.18 (Pulat, 1992).

**Tabel 4.15** Tinggi Tiarap (A)

Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>						
Angkatan Udara USA	31,2	12,3	36,8	14,5	41,6	16,3

**Tabel 4.16** Panjang Tiarap (B)

Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>						
Angkatan Udara USA	215,1	84,7	228,8	90	243,3	95,8

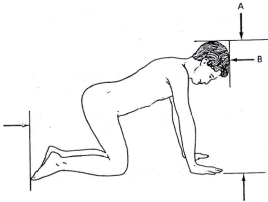
**Tabel 4.17** Tinggi Jongkok



Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
Personil Angkatan Udara USA	103,6	40,8	110,7	43,6	119,4	47

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Tabel 4.18** Panjang Merangkak



Subjek	Persentil					
	5th		50th		95th	
	cm	in.	cm	in.	cm	in.
<b>Pria</b>						
Angkatan Udara USA	31,2	12,3	36,8	14,5	41,6	16,3

Koefisien korelasi untuk data antropometri (orang dewasa US) tercantum dalam Tabel 4.19 (Pulat, 1992).

**Tabel 4.19** Koefisien Korelasi Data Antropometri

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Age	-	0,223	0,048	-0,023	0,039	-0,055	0,091	-0,072	0,233	0,287
2 Weight	0,113	-	0,533	0,457	0,497	0,431	0,481	0,370	0,835	0,799
3 Stature	-0,028	0,515	-	0,927	0,914	0,849	0,801	0,728	0,334	0,257
4 Chest height	-0,028	0,483	0,949	-	0,897	0,862	0,673	0,731	0,271	0,183
5 Waist height	-0,033	0,422	0,923	0,930	-	0,909	0,607	0,762	0,308	0,238
6 Crotch height	-0,093	0,359	0,856	0,866	0,905	-	0,467	0,788	0,264	0,190
7 Sitting height	-0,054	0,457	0,786	0,681	0,580	0,453	-	0,398	0,312	0,239
8 Poplitea height	-0,102	0,299	0,841	0,843	0,883	0,880	0,485	-	0,230	0,172
9 Shoulder circumference	0,091	0,831	0,318	0,300	0,261	0,212	0,291	0,183	-	0,810
10 Chest/bust circumference	0,259	0,832	0,240	0,245	0,203	0,147	0,171	0,114	0,822	-
11 Waist circumference	0,262	0,856	0,224	0,212	0,142	0,132	0,167	0,068	0,720	0,804
12 Buttock circumference	0,105	0,922	0,362	0,334	0,278	0,217	0,347	0,149	0,741	0,766
13 Biacromial breadth	0,003	0,452	0,378	0,335	0,339	0,282	0,349	0,616	0,555	0,401
14 Waist breadth	0,214	0,852	0,287	0,260	0,215	0,195	0,216	0,133	0,715	0,801
15 Hip breadth	0,105	0,809	0,414	0,380	0,342	0,283	0,376	0,221	0,632	0,647
16 Head circumference	0,110	0,412	0,294	0,251	0,233	0,188	0,287	0,194	0,327	0,340
17 Head length	0,054	0,261	0,249	0,218	0,208	0,170	0,244	0,175	0,204	0,196
18 Head breadth	0,112	0,305	0,133	0,097	0,089	0,066	0,132	0,075	0,245	0,271
19 Face length	0,119	0,228	0,275	0,220	0,226	0,199	0,253	0,193	0,162	0,172
20 Face breadth	0,233	0,453	0,190	0,160	0,142	0,099	0,185	0,098	0,401	0,421

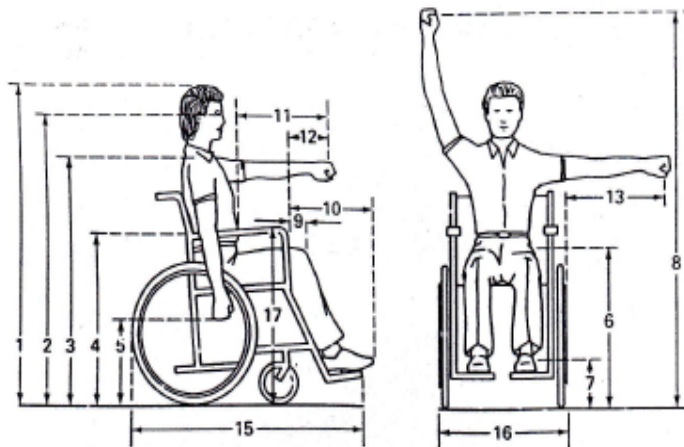
## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Tabel 4.19** Koefisien Korelasi Data Antropometri (lanjutan)

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 Age	0,234	0,219	0,149	0,146	0,194	0,095	0,118	0,190	0,189	0,089
2 Weight	0,824	0,886	0,495	0,168	0,770	0,403	0,304	0,290	0,264	0,358
3 Stature	0,279	0,360	0,456	0,329	0,348	0,331	0,318	0,136	0,267	0,199
4 Chest height	0,216	0,289	0,412	0,266	0,276	0,284	0,284	0,085	0,222	0,162
5 Waist height	0,238	0,336	0,409	0,293	0,318	0,306	0,297	0,123	0,225	0,200
6 Crotch height	0,221	0,246	0,380	0,277	0,225	0,294	0,280	0,089	0,205	0,172
7 Sitting height	0,236	0,383	0,384	0,277	0,379	0,294	0,275	0,136	0,248	0,146
8 Poplitea height	0,186	0,201	0,327	0,249	0,181	0,235	0,253	0,087	0,185	0,189
9 Shoulder circumference	0,775	0,717	0,581	0,719	0,606	0,330	0,248	0,525	0,217	0,313
10 Chest/bust circumference	0,796	0,674	0,370	0,706	0,551	0,273	0,204	0,235	0,176	0,273
11 Waist circumference	-	0,722	0,382	0,886	0,600	0,281	0,149	0,267	0,174	0,310
12 Buttock circumference	0,852	-	0,396	0,668	0,893	0,310	0,214	0,238	0,180	0,269
13 Biacromial breadth	0,288	0,355	-	0,401	0,361	0,311	0,239	0,178	0,266	0,211
14 Waist breadth	0,936	0,849	0,327	-	0,576	0,292	0,168	0,263	0,182	0,296
15 Hip breadth	0,724	0,895	0,340	0,760	-	0,265	0,183	0,188	0,155	0,215
16 Head circumference	0,309	0,330	0,251	0,310	0,288	-	0,692	0,430	0,273	0,299
17 Head length	0,158	0,195	0,179	0,164	0,166	0,779	-	0,115	0,311	0,113
18 Head breadth	0,265	0,252	0,188	0,268	0,227	0,521	0,058	-	0,174	0,497
19 Face length	0,129	0,186	0,187	0,151	0,161	0,315	0,289	0,148	-	0,144
20 Face breadth	0,412	0,394	0,278	0,410	0,364	0,464	0,131	0,660	0,206	-

### 4.6 Data Antropometri Pengguna Kursi Roda

Data antropometri bagi pengguna kursi roda dapat dilihat selengkapnya pada Tabel 4.20.



## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Tabel 4.20** Data Antropometri Pengguna Kursi Roda

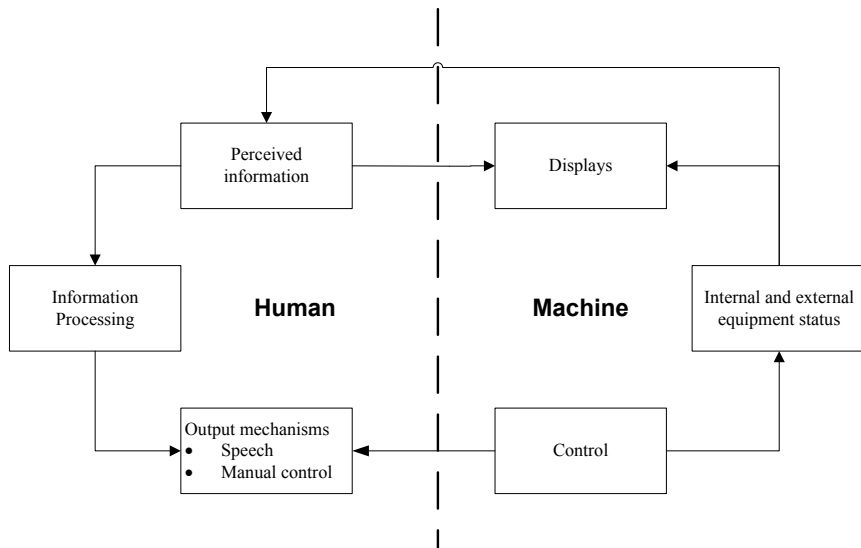
Dimension	Men				Women			
	Percentile			SD	Percentile			SD
	5th	50th	95th		5th	50th	95th	
1 Floor to vertex	1260	1335	1410	45	1180	1265	1355	53
2 Floor to eye	1150	1220	1290	43	1080	1160	1235	50
3 Floor to shoulder	965	1080	1100	40	910	985	1065	47
4 Floor to elbow	625	685	745	37	610	670	730	36
5 Floor to knuckle	370	435	500	41	330	405	480	45
6 Floor to top of thigh	620	650	680	18	565	600	635	21
7 Floor to top of foot	120	150	180	19	165	190	215	16
8 Floor to vertical grip reach	1550	1665	1785	71	1460	1570	1680	67
9 Knee from front of chair	80	140	200	37	55	120	180	37
10 Toes from front of chair	360	435	505	43	305	370	435	40
11 Forward grip reach from abdomen	370	455	540	51	330	410	490	49
12 Forward grip reach from front of chair	250	315	385	41	175	240	305	39
13 Sideways grip reach from side of chair (shoulder-grip length)	580	645	710	38	520	580	640	37
14 Shoulder breadth (bideltoid)	390	445	500	33	330	380	420	30
		Minimum		Mean	Maximum			
15 Overall length of wheelchair		915		1075	1445			
16 overall breadth of wheelchair		560		615	645			
17 Height of armrests		705		735	770			

# BAB V

## PERANCANGAN SISTEM MANUSIA MESIN

### 5.1 Sistem Manusia Mesin

Ergonomis, desainer, dan insinyur sering menghadapi permasalahan yang melibatkan perencanaan fungsional dalam kombinasi manusia dan peralatan (Pulat, 1992). Model manusia-obyek memanifestasikan dirinya sendiri dalam lingkungan industri sebagai model manusia-mesin.



**Gambar 5.1** Sistem Tertutup Manusia-Mesin Pulat, 1992

Sumber : Pulat, 1992

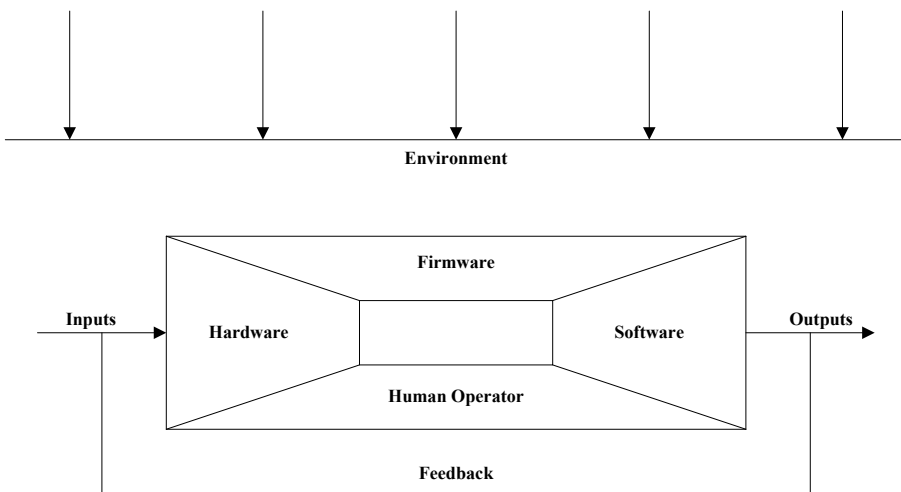


## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Elemen-elemen utama dalam sistem manusia-mesin adalah sebagai berikut (Pulat, 1992):

- a. Lingkungan
- b. *Hardware*
- c. *Software*
- d. *Firmware*
- e. Manusia
- f. Tugas

Hubungan antar masing-masing elemen tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.2.



**Gambar 5.2** Elemen-Elemen Utama Sistem Manusia Mesin

Berdasarkan level penggunaan dan pengendalian mesin, Sanders dan McCormick mengklasifikasikan sistem ke dalam tiga jenis yaitu (Pulat, 1992):

- a. Sistem manual
- b. Sistem mekanik
- c. Sistem otomatis

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Kombinasi antara manusia dan mesin diperlukan karena kedua memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Perbedaan Antara Manusia dan Mesin (Pulat, 1992)

No.	Karakteristik	Manusia	Mesin
1.	Efisiensi energi	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Rendah (10-25%)</li> <li>b. Meningkat jika pekerjaan didistribusikan daripada dikerjakan bersama-sama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Relatif tinggi (120-135 kg)/ (2,5-30 KVA)</li> <li>b. Relatif konstan dan tidak terpengaruh beban kerja</li> </ul>
2.	Kelelahan dan <i>downtime</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Berdasarkan penilaian energi, secara umum adalah kelelahan kognitif (20% dalam 2 jam pertama; menurun secara logaritmik)</li> <li>b. Membutuhkan istirahat harian dan libur</li> <li>c. Berbagai permasalahan personal (cedera, kesehatan, absen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Tidak terjadi kelelahan dalam periode diantara waktu perawatan</li> <li>b. <i>Preventive maintenance</i> dibutuhkan secara periodik</li> <li>c. Tidak memiliki kebutuhan personal</li> </ul>
3.	Perbedaan dalam karakteristik hasil	Variasi sebesar 100-150% mungkin terjadi	Hanya jika dirancang untuk menjadi berbeda

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

4.	Kecepatan reaksi	$\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ detik	Memiliki rentang meliputi delay yang pendek hingga panjang mulai dari penerimaan sinyal hingga permulaan gerakan
5.	Pengolahan sinyal	<p>a. Secara umum satu arah, dapat berpindah-pindah antara beberapa tugas</p> <p>b. Periode <i>refractory</i> maksimum 0,3 detik</p>	<p>a. Dapat mencapai 24 arah input/ output; dapat ditingkatkan; mampu melaksanakan <i>multitasking</i></p> <p>b. Dibatasi oleh periode <i>refractory</i></p>
6.	Kebutuhan sosial/ psikologis	<p>a. Sensitifitas emosional terhadap struktur tugas –disederhanakan/ ditingkatkan; seluruh bagian</p> <p>b. Efek katup sosial</p>	-
7.	Kecerdasan	<p>a. Dapat menggunakan penilaian dalam menghadapi permasalahan yang tidak terduga</p> <p>b. Dapat mengantisipasi permasalahan</p>	<p>a. Tidak memiliki kemampuan penilaian untuk kejadian yang tidak terduga</p> <p>b. Pengambilan keputusan dibatasi oleh program kendali</p>

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

8.	Ingatan	<p>a. Tidak memiliki batasan kapasitas</p> <p>b. Tidak dapat diaplikasikan</p> <p>c. Kemampuan melupakan yang diarahkan sangat terbatas</p> <p>d. Kemampuan memasukkan sangat terbatas</p>	<p>a. Memori dibatasi oleh fasilitas pengendali</p> <p>b. Partisi memori mungkin dilakukan untuk meningkatkan efisiensi penyimpanan/ pengambilan data</p> <p>c. Dapat melupakan secara cepat dengan sebuah perintah</p>
9.	Penalaran	Penalaran induktif	Memiliki penalaran deduktif yang baik, akan tetapi penalaran induktif yang buruk
10.	Pergerakan pergelangan tangan	<p>Berputar <math>\approx 180^\circ</math></p> <p>Lemparan <math>\approx 180^\circ</math></p> <p>Olengan <math>\approx 90^\circ</math></p>	<p>Berputar <math>\sim 100-575^\circ</math> 35-600°/detik</p> <p>Lemparan <math>\sim 40-360^\circ</math> 30-320°/detik</p> <p>Olengan <math>\sim 100-530^\circ</math> 30-300°/detik</p> <p>Perlintasan kanan-kiri (tidak biasa) 1000 mm, 4800 mm/detik</p> <p>Perlintasan atas-bawah 150 mm, 400 mm/detik</p>

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

11.	Lengan	<p>a. Lengan tersambung dengan bahu dan siku sebagai titik perputarannya</p> <p>b. Dua lengan</p> <p>c. Rentang perlintasan kanan-kiri: 432-876 mm Rentang perlintasan atas-bawah: 1016-1828 mm Rotasi atas-bawah: rata-rata 249°</p>	<p>a. Salah satu dari empat tipe utama: <i>Rectangular</i> <i>Cylindrical</i> <i>Spherical</i> <i>Articulated</i></p> <p>b. Satu atau lebih lengan</p> <p>c. Perlintasan kanan-kiri: 100-6000 mm 100-1500 mm/detik</p> <p>Perlintasan atas-bawah: 50-4800 mm 50-5000 mm/detik Rotasi atas-bawah: 25-330° 10-170°/detik</p>
-----	--------	---	--

### 5.2 Analisis Tugas

Analisis tugas dilakukan terhadap setiap sub fungsi dari susunan dasar tugas, persyaratan pengetahuan dan keterampilan, jenis pekerjaan dan potensi kesalahan. Kombinasi tugas dinyatakan dalam urutan waktu. Untuk mempermudah analisis, sebuah tugas dapat dipecah menjadi beberapa sub-tugas jika diperlukan. Semua informasi tersebut ditabulasikan bagi setiap fungsi operasional untuk mempermudah perekaman data seperti: frekuensi, kategori dan siklus waktu dari tugas. Data yang telah direkam dapat dimanfaatkan sebagai bahan analisis untuk mengalokasikan tugas kepada personil yang tepat berdasarkan tingkat keterampilannya (Pulat, 1992).

### 5.3 Perencanaan Waktu

Perencanaan waktu melibatkan fungsi sistem berdasarkan beban sementara. Tujuan perencanaan waktu adalah untuk mengidentifikasi

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

sumber daya, serta memastikan bahwa sistem manusia-mesin dapat mencapai tujuan dalam jangka waktu yang direncanakan (Pulat, 1992).

### 5.4 Perencanaan Sumber Daya Manusia

Terdapat empat langkah utama dalam merencanakan sumber daya manusia (Pulat, 1992):

- a. Pengembangan kebutuhan staf
- b. Penyeleksian
- c. *Training*
- d. Tindakan lanjut

### 5.5 Perancangan yang Rinci dan Akuisisi

Tahapan ini berfungsi untuk mengevaluasi rancangan yang telah dibuat. Tujuan tahapan ini adalah untuk menghilangkan rencana-rencana yang tidak diperlukan sehingga didapatkan keputusan akhir yang efisien. Fase akuisisi termasuk merincikan, mengembangkan dan menyiapkan semua alat, *software* dan sumber daya yang diperlukan (Pulat, 1992).

### 5.6 Pengujian

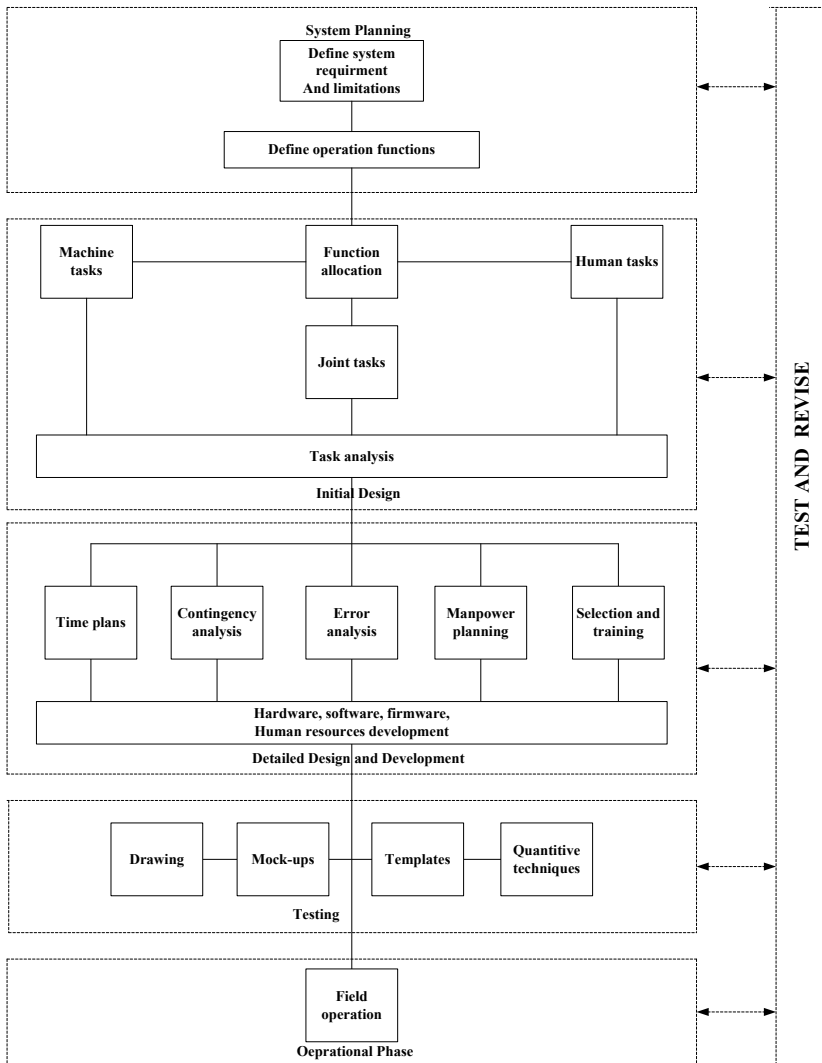
Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa (Pulat, 1992):

- a. Kebutuhan sistem telah terpenuhi
- b. Cacat dapat diperbaiki dengan cepat
- c. Fitur yang tidak diinginkan tidak digunakan dalam perencanaan
- d. Memutuskan desain yang paling bagus
- e. Terdapat interaksi pada manusia dengan alat.

### 5.7 Sintesis Rancangan

Elemen-elemen utama dalam siklus pengembangan sistem dapat dilihat pada Gambar 5.3 (Pulat, 1992).

# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI



**Gambar 5.3** Elemen-Elemen Utama dalam Siklus Pengembangan Sistem Pulat, 1992  
 Sumber : Pulat, 1992

# **BAB VI**

## **PERANCANGAN AREA KERJA**

### **6.1 Pendahuluan**

Salah satu tugas utama dari ergonomi industri adalah merancang area kerja. Konsep area kerja meliputi kontinum yang sangat luas, mulai dari stasiun alat mengasah sederhana sampai ke sebuah ruang kendali untuk memantau aktivitas produksi dari jarak jauh.

### **6.2 Prinsip Umum Perancangan Area Kerja**

Perancangan area kerja didasarkan pada beberapa prinsip umum. Prinsip-prinsip tersebut adalah sebagai berikut (Pulat, 1992):

1. **Pertimbangkan kebutuhan fungsional**  
Kebutuhan sistem yang berkaitan dengan kebutuhan fungsionalitas disaring hingga tahapan terkecil, yaitu tugas perorangan dan peralatan yang harus dipatuhi.
2. **Pertimbangkan visibilitas**  
Visibilitas dari display utama dan tambahan, sistem kendali, peralatan, pekerja lainnya dan area kerja memiliki tingkat kepentingan utama dalam perancangan.
3. **Pertimbangkan kemampuan mendengar pekerja**  
Kemampuan pekerja dalam mendengar sinyal suara dari berbagai sumber input informasi suara seperti: buzzers, alarm dan berbagai jenis display audio lainnya (baik yang berada di dalam maupun diluar area kerja) harus menjadi bahan pertimbangan dalam perancangan area kerja.



## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

### 4. Pertimbangkan *clearance*

*Clearance* yang cukup akan menghasilkan kenyamanan bagi pekerja serta kemudahan dalam menjangkau dan mengoperasikan peralatan. Selain itu *clearance* juga menghindarkan pekerja dari potensi kecelakaan kerja.

### 5. Pertimbangkan kebutuhan jangkauan dan manipulasi

Prinsip ini merupakan dasar bagi penentuan dimensi/ ukuran yang terkait dengan peralatan, operasi kendali, penyesuaian kursi dan lainnya. Kebutuhan tersebut dapat ditentukan berdasarkan ukuran persentil 5th dari jangkauan tangan ke depan. Posisi penempatan item lain yang juga berkaitan dengan jarak jangkauan antara lain: Keranjang tempat komponen, peralatan, komponen, alat bantu, kabinet dan petunjuk operasi.

### 6. Pertimbangan stereotip populasi

Perancang harus memeriksa stereotip pekerja terlebih dahulu sebelum melakukan perancangan. Praktek ini berguna untuk menjaga penempatan relatif dari perlengkapan, peralatan dan komponen bagi area pekerjaan yang mirip.

### 7. Pertimbangkan faktor psikososial

Area kerja yang tidak teratur, tidak menyenangkan dan tidak menarik dapat membuat pekerja frustrasi. Sebaliknya area kerja yang teratur, reliabel, sederhana, aman dan menarik akan memotivasi pekerja. Manusia lebih memilih display/ peralatan kendali yang kompatibel.

### 8. Spesifikasikan faktor lingkungan

Area kerja harus mampu melindungi pekerja dari efek lingkungan yang tidak diinginkan seperti: panas, kelembapan, kebisingan, pencahayaan, silau, getaran dan suhu dingin

### 9. Selidiki kemungkinan untuk standarisasi

Standarisasi menawarkan banyak keuntungan seperti: penghematan biaya pengembangan hardware, waktu pelatihan yang lebih pendek, mengurangi kemungkinan terjadinya *error* oleh operator.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

### 10. Pertimbangkan sistem secara keseluruhan

Hubungan operasional dalam sebuah sistem mendefinisikan lokasi relatif dari berbagai area kerja. Hubungan tersebut juga mendefinisikan kebutuhan peralatan pada masing-masing posisi kerja.

### 11. Desain untuk pemeliharaan

Metode terbaik untuk memastikan fitur perawatan area kerja adalah menyelidiki desain dari sudut pandang insinyur perawatan, seolah-olah aktivitas perawatan sedang dilaksanakan.

### 12. Izinkan berbagai postur kerja

Postur kerja operator harus bisa bergantian antara duduk dan berdiri. Hal ini mungkin membutuhkan tinggi permukaan kerja dan dimensi kerja lainnya yang dapat disesuaikan.

### 13. Minimumkan bahaya

Potensi kecelakaan pada area kerja harus diminimasi. Sebagai contoh, gesekan yang tinggi antara tapak sepatu/ sandal dan lantai dapat menghindarkan pekerja dari bahaya tergelincir dan jatuh.

### 14. Pertimbangkan lokasi komponen kerja yang tetap

Lokasi yang tetap untuk peralatan, material dan alat kendali akan menghilangkan elemen gerak yang tidak efektif seperti mencari dan memilih.

### **6.2.1 Perancangan Untuk Individu Ekstrim**

Prinsip-prinsip penggunaan data antropometri diterapkan dalam perancangan untuk individu ekstrim, perancangan yang dapat disesuaikan, dan perancangan untuk rata-rata populasi. Idealnya dalam setiap perancangan, hal utama yang patut menjadi perhatian adalah agar rancangan tersebut dapat dipergunakan oleh sebagian besar populasi yang akan menggunakannya. Akan tetapi karena begitu besarnya variasi dimensi tubuh manusia, akan sangat sulit untuk dapat mengakomodasi kebutuhan seluruh populasi. Karena itulah digunakan prinsip maksimum atau minimum (ekstrim) dalam perancangan. Perancangan dengan menggunakan nilai populasi maksimum adalah strategi yang tepat digunakan apabila nilai

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

maksimum dari suatu fasilitas dapat mengakomodasi sejumlah besar populasi. Contohnya adalah perancangan lebar dan tinggi pintu, meja kerja, lebar kursi, dan lain-lain, menggunakan persentil 95 untuk dimensi tubuh yang bersesuaian dengan rancangan yang dibuat. Sebaliknya strategi nilai populasi minimum diberikan kepada peralatan atau fasilitas dengan tujuan yang sama yaitu agar sebagian besar populasi dapat menggunakan fasilitas tersebut dengan nyaman. Misalnya perancangan tinggi kursi atau jarak panel-panel kontrol, menggunakan persentil 5 untuk dimensi tubuh yang bersesuaian dengan kebutuhan rancangan. Keterbatasan dari konsep perancangan ini adalah bahwa ada sebagian kecil populasi yang tidak terakomodasi oleh rancangan yang dibuat.

### 6.2.2 Perancangan yang dapat disesuaikan

Rancangan yang dapat disesuaikan adalah konsep yang paling ideal di dalam perancangan area kerja, agar didapatkan tingkat produktivitas yang paling optimal antara pekerja dan pekerjaannya. Pendekatan yang paling sering digunakan untuk mendapatkan rancangan yang dapat disesuaikan adalah sebagai berikut:

1. Penyesuaian area kerja.

Penataan area kerja perlu diperhatikan sedemikian rupa agar setiap individu yang ada di dalam suatu sistem kerja dapat dapat menjangkau objek atau benda kerja dengan mudah.

2. Penyesuaian posisi pekerja relatif terhadap tempat kerja.

Ketinggian kursi yang dapat diatur dapat membantu operator yang memiliki perbedaan dimensi tinggi tubuh. Operator yang bekerja dengan posisi berdiri terus menerus dapat dibantu dengan menyediakan bangku dengan ketinggian seukuran posisi berdiri. Menyediakan tempat mengistirahatkan kaki juga perlu dipertimbangkan bagi kursi/meja yang tidak dilengkapi dengan alat penopang kaki. Sandaran lengan perlu dipertimbangkan untuk menjaga posisi tangan tetap dapat bekerja dengan efektif tanpa mengalami kelelahan yang berlebihan.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

### 3. Penyesuaian alat dan benda kerja.

Ketersediaan alat bantu seperti jig dan fixture, clamp akan sangat mempermudah pekerja dalam bekerja. Gravity box membantu membawa komponen-komponen produk ke dalam area jangkauan normal operator. Perlu juga disediakan meja yang dapat dinaikkan-turunkan, alat menaik dan menurunkan barang yang dapat disesuaikan dengan postur tubuh setiap operator.

Meskipun konsep perancangan seperti ini sangat dianjurkan, seringkali dalam hal teknis maupun biaya, sulit untuk bisa membuat rancangan yang mampu mengakomodasi rentang nilai populasi mulai dari persentil 5 hingga persentil 95.

### 6.2.3 Perancangan Untuk Rata-Rata Populasi

Sebelumnya perlu dijelaskan bahwa tidak ada istilah “*average individual*”. Istilah ini mengatakan bahwa merupakan suatu kesalahan dalam perancangan suatu tempat kerja ataupun produk jika berdasarkan pada dimensi yang hipotesis yaitu menganggap bahwa semua dimensi adalah merupakan rata-rata. Walaupun hanya dalam penggunaan satu dimensi saja, seperti misalnya jangkauan ke depan, maka penggunaan rata-rata (50 persentil) dalam penyesuaian pemasangan suatu alat kontrol akan menghasilkan bahwa 50% populasi akan tidak mampu menjangkaunya. Selain dari itu, jika seseorang mempunyai dimensi pada rata-rata populasi, katakanlah tinggi badan, maka belum tentu bahwa dia berada pada rata-rata populasi untuk dimensi lainnya.

Perancangan dengan prinsip nilai rata-rata ini dipilih apabila perancangan dengan menggunakan kedua konsep sebelumnya tidak mungkin untuk dilaksanakan dan sebaiknya hanya dilakukan untuk peralatan atau fasilitas yang tidak kritis atau membahayakan baik dalam jangka waktu pendek ataupun panjang. Misalnya meja kasir di supermarket, dapat dirancang ketinggiannya menggunakan persentil 50 dari dimensi tinggi pinggang misalnya, sehingga fasilitas ini masih bisa digunakan secara nyaman oleh sebagian besar populasi.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Dalam aplikasi data antropometri untuk merancang suatu permasalahan khusus, terdapat beberapa saran ergonomi yang perlu diperhatikan, sebagai berikut:

- Tentukan ukuran tubuh yang penting dalam desain (misalnya tinggi duduk, tinggi mata, tinggi siku duduk, dll).
- Definisikan populasi yang akan menggunakan desain tersebut (misalnya anak-anak, wanita, etnis dari negara tertentu, kelompok umur, dll)
- Tentukan prinsip dasar yang akan digunakan (misalnya desain untuk individu ekstrim, rata-rata atau yang dapat disesuaikan).
- Pilih berbagai macam ukuran persentil yang sesuai (5%, 50%, 95%, dll).
- Jika ada kondisi khusus yang dibutuhkan misalnya menggunakan pakaian tertentu, berikan nilai kelonggarannya.
- Buat mockup dari desain tersebut.

### 6.3 Postur Kerja

Postur kerja merupakan titik penentu dalam menganalisa keefektivan dari suatu pekerjaan. Apabila postur kerja yang dilakukan oleh operator sudah baik dan ergonomis maka dapat dipastikan hasil yang diperoleh oleh operator tersebut akan baik. Akan tetapi bila postur kerja operator tersebut salah atau tidak ergonomis maka operator tersebut akan mudah kelelahan dan terjadinya kelainan pada bentuk tulang operator tersebut. Apabila operator mudah mengalami kelelahan maka hasil pekerjaan yang dilakukan operator tersebut juga akan mengalami penurunan dan tidak sesuai dengan yang diharapkan.

### 6.4 Metode Penilaian Postur Tubuh

Metode Penilaian postur tubuh bertujuan untuk mengetahui cedera muskuloskeletal yang dialami oleh pekerja. Dengan adanya metode-metode penilaian postur tubuh, dapat digunakan untuk mengetahui atau mengurangi risiko cedera muskuloskeletal pada pekerja. Metode-metode penilaian postur tubuh adalah sebagai berikut :

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

### 6.4.1 Manual Task Risk Assessment (MANTRA)

Metode *manual task risk assessment* dikembangkan oleh Robin (2004). Pengembangan metode MANTRA bertujuan untuk mengukur risiko cedera muskuloskeletal yang dialami oleh pekerja pada stasiun kerja. Penilaian metode MANTRA dilakukan dengan pemberian kode-kode setiap karakteristik pada metode tersebut. Karakteristik yang diukur dalam metode *manual task risk assessment* adalah sebagai berikut :

#### 1. Total Time

Waktu total mengacu pada lamanya waktu yang akan digunakan dalam melakukan pekerjaan. Kode ini akan sama pada anggota tubuh lainnya. Tabel 6.1 menjelaskan bobot skor penilaian waktu total yang dibutuhkan operator dalam melakukan pekerjaan per hari.

**Tabel 6.1 Total Time**

1	2	3	4	5
0-2 hours/day	2-4 hours/day	4-6 hours/day	6-8 hours/day	8-10 hours/day

#### 2. Repetition

*Repetition* melibatkan waktu siklus pendek dan durasi sebagai faktor risiko karena pemuatan yang tak terelakkan dari keadaan yang sama selama melakukan pekerjaan. Pekerjaan yang dilakukan untuk jangka waktu yang sangat panjang dengan gangguan yang sama tanpa memperhatikan durasi waktu siklus. Pengurangan risiko berkaitan dengan pekerjaan yang melibatkan waktu siklus yang lama dan durasi kerja yang pendek.

Waktu siklus mengacu pada durasi pekerjaan yang dilakukan lebih dari satu kali tanpa henti. Kode waktu siklus bervariasi pada setiap daerah tubuh. Pekerjaan yang dilakukan sekali tanpa pengulangan maka kode waktu siklusnya minimum. Durasi didefinisikan sebagai lama atau panjangnya waktu dalam pekerjaan berulang yang dilakukan tanpa istirahat atau gangguan dari pekerjaan lainnya. Kode durasi akan sama untuk semua daerah pada pekerjaan tertentu. Kode waktu siklus dan durasi dikombinasikan untuk memberikan skor pada pekerjaan berulang tersebut. Tabel 6.2 merupakan bobot skor berdasarkan lamanya durasi pekerjaan yang dilakukan oleh operator dan Tabel 6.3 merupakan bobot skor terhadap waktu siklus pekerjaan.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Tabel 6.2** *Duration*

1	2	3	4	5
< 10 minutes	10-30 minutes	30 min-1 hours	1-2 hours	> 2 hours

**Tabel 6.3** *Cycle Time*

1	2	3	4	5
> 5 minutes	1-5 minutes	30 s - 1 min	10-30 s	< 10 s

**Tabel 6.4** Matrik Pengkombinasian Durasi dan Waktu

Cycle Time	Duration				
	1	2	3	4	5
1	1	1	2	3	4
2	1	2	3	4	4
3	2	3	4	4	5
4	2	3	4	5	5
5	3	4	5	5	5

Tabel 6.4 menjelaskan hasil matrik yang didapatkan terhadap pengkombinasian durasi dan waktu siklus. Berdasarkan hasil matrik tersebut didapatkan faktor risiko pengulangan dengan skor-skor yang telah ditetapkan.

### 3. *Exertion Risk Factor*

Faktor risiko pengerahan tenaga merupakan kombinasi dari faktor kekuatan (*force*) dengan kecepatan (*speed*).

#### ***Force***

Faktor risiko pada pengerahan tenaga didefinisikan dalam laporan MANTRA telah diperluas sehingga gaya dan kecepatan dari pergerakan terpisah. Pengerahan tenaga dalam alat ini memerlukan penilaian kekuatan yang diberikan dalam masing-masing daerah selama pekerjaan yang relative terhadap kekuatan maksimal yang diberikan. Penilaian perlu diperhatikan karena penilaian harus dibuat relatif terhadap kekuatan kemampuan dari setiap bagian daripada kekuatan yang mutlak, kekuatan relatif kecil memerlukan penilaian

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

yang maksimal jika diberikan oleh kelompok otot kecil misalnya jari. Penilaian gaya yang dibutuhkan harus dinilai dari durasi pengerahan tenaga. Skor gaya maksimum harus sesuai dengan kekuatan maksimum yang memungkinkan jika kekuatan yang diberikan lebih besar maka penilaian gaya harus dikurangi sesuai dengan pekerjaannya. Tabel 6.5 merupakan skor-skor yang terdapat kekuatan berdasarkan tingkatan kekuatan yang digunakan oleh masing-masing operator dalam melakukan pekerjaan.

**Tabel 6.5** *Force*

1	2	3	4	5
Minimal force		Moderate force		Maximal force

### *Speed*

Pergerakan kecepatan diidentifikasi sebagai faktor risiko yang terpisah dengan risiko yang dimunculkan ketika dalam pekerjaan melibatkan gerakan yang cukup lambat. Pekerjaan dengan melibatkan kekuatan statis pada daerah tersebut berkontribusi terjadinya risiko cedera muskuloskeletal dan pekerjaan yang membutuhkan gerakan cepat memiliki risiko cedera yang lebih tinggi. Penilaian dilakukan melibatkan semua gerakan-gerakan dalam pekerjaan yang berulang-ulang. Tabel 6.6 menjelaskan skor penilaian yang terdapat pada kriteria kecepatan. Skor yang didapatkan berdasarkan kecepatan yang dikerahkan oleh operator dalam bekerja.

**Tabel 6.6** *Speed*

1	2	3	4	5
Slow Movements	Moderately paced	Little or no movement-static posture	Fast and smooth movements	Fast, jerky movement



## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Tabel 6.7** *Exertion Risk Factor*

Speed	Force				
	1	2	3	4	5
1	1	1	2	3	4
2	1	2	3	4	4
3	2	3	4	4	5
4	2	3	4	5	5
5	3	4	5	5	5

Tabel 6.7 merupakan faktor risiko pengerahan tenaga. Faktor risiko tersebut diperoleh dari hasil pengkombinasian kriteria kekuatan dengan kecepatan. Berdasarkan hasil pengkombinasian tersebut didapatkan kategori skor akhir pada risiko pengerahan tenaga.

### ***Awkwardness***

*Awkwardness* dapat juga didefinisikan secara umum yaitu risiko cedera yang terjadi dalam pekerjaan melibatkan postur tubuh sehingga terjadi penyimpangan dari pergerakan. Risiko cedera yang lebih tinggi dapat terjadi dalam kombinasi. Dalam *awkwardness* harus mempertimbangkan postur tubuh yang dapat mengakibatkan kejanggalan. Tabel 6.8 merupakan skor penilaian pada kriteria kejanggalan postur tubuh. Penentuan skor berdasarkan jenis kejanggalan yang terjadi pada tubuh operator.

**Tabel 6.8** *Awkwardness*

1	2	3	4	5
All postures close to neutral	Moderately deviations from neutral in one direction only	Moderate deviations in more than one direction	Near end range of motion posture in one direction	Near end range of motion in more than one direction

### ***Vibration***

Getaran merupakan faktor risiko yang memberikan kontribusi dalam menimbulkan cedera terutama pada punggung, leher dan otot bawah. Sehingga pemberian bobot pekerjaan pada kerja manual harus sesuai dengan kondisi seluruh tubuh. Sehingga, penilaian setiap pekerjaan

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

yang diakibatkan dari getaran harus disesuaikan dengan proporsi pekerjaan. Tabel 6.9 menjelaskan bobot penilaian getaran. Skor didapatkan berdasarkan besarnya getaran yang diterima oleh tubuh operator.

**Tabel 6.9** *Vibration*

1	2	3	4	5
None	Minimal	Moderate amplitude	Large amplitude	Severe amplitude

Faktor risiko pengerahan tenaga didapatkan dengan mengkombinasikan antara faktor kekuatan dengan kecepatan begitu juga dengan risiko terhadap pekerjaan pengulangan didapatkan dari hasil kombinasi durasi dengan waktu siklus. Penilaian risiko kumulatif didapatkan dengan penjumlahan faktor-faktor tersebut, yaitu :

*Total Time + Repetition Risk Factor + Exertion + Awkwardness + Vibration*

Nilai risiko kumulatif merupakan jumlah dari setiap penilaian yang diberikan sehingga memungkinkan skor dengan rentang 5 sampai 25. Pekerjaan dengan menerapkan metode manual tersebut dapat mengendalikan risiko yang melewati batas atas, antara lain :

1. Nilai kombinasi dari faktor risiko *exertion* adalah 5.
2. Jumlah dari nilai *exertion* dengan *awkwardness* adalah 8 atau lebih.
3. Nilai kombinasi risiko kumulatif adalah 15 atau lebih.

### **6.4.2 Rapid Upper Limb Assessment (RULA)**

*Rapid upper limb assessment* (RULA) merupakan metode dalam penilaian postur tubuh untuk mengidentifikasi cedera muskuloskeletal terutama pada badan bagian atas yang didesain oleh Lynn Mc Atamney dan Nigel Corlett (1993). Metode ini juga berguna untuk mengetahui nilai postur tubuh pekerja dengan cara mengambil sampel dari suatu pekerjaan yang dianggap memiliki risiko kecelakaan muskuloskeletal yang dapat dialami oleh pekerja dengan melakukan penilaian. Jika

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

penilaian tersebut tidak sesuai dengan prinsip ergonomi maka perlu dilakukan perbaikan yaitu dengan menggunakan metode RULA. Tujuan metode RULA adalah untuk mengidentifikasi pekerjaan yang menggunakan otot yang berhubungan dengan postur tubuh.

Metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) menggunakan penilaian dengan mengamati diagram postur tubuh dan memiliki tiga tabel penilaian untuk mengetahui faktor risiko yang dialami oleh pekerja sehingga dapat dilakukan evaluasi terhadap faktor risiko tersebut. Berikut ini yang merupakan faktor beban eksternal (*external load factors*) yang dapat menyebabkan faktor risiko adalah sebagai berikut :

1. Jumlah gerakan.
2. Kerja otot statis.
3. Gaya atau kekuatan.
4. Postur kerja yang ditentukan oleh perlengkapan dan perabotan.
5. Waktu kerja tanpa istirahat.

Penilaian faktor beban eksternal dalam metode RULA tersebut dikembangkan untuk, yaitu (Mc Atemney dan Corlett, 1993) :

1. Mengidentifikasi kerja otot dalam postur tubuh yang menggunakan kekuatan atau tenaga dalam melakukan kerja secara berulang-ulang yang dapat menimbulkan cedera atau kelelahan otot.
2. Memberikan penyaringan kerja yang memiliki risiko yang cukup tinggi pada tubuh bagian atas sehingga dapat mengakibatkan timbulnya gangguan.
3. Memberikan hasil yang dapat berfungsi dengan penggabungan dengan metode penilaian ergonomi.

Metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) menggunakan diagram postur tubuh sehingga untuk mempermudah penilaiannya, metode ini melakukan pembagian segmen tubuh menjadi dua grup yaitu grup A dan B. Penjelasan penilaian postur tubuh berdasarkan grup tersebut dapat dijelaskan berikut, yaitu :

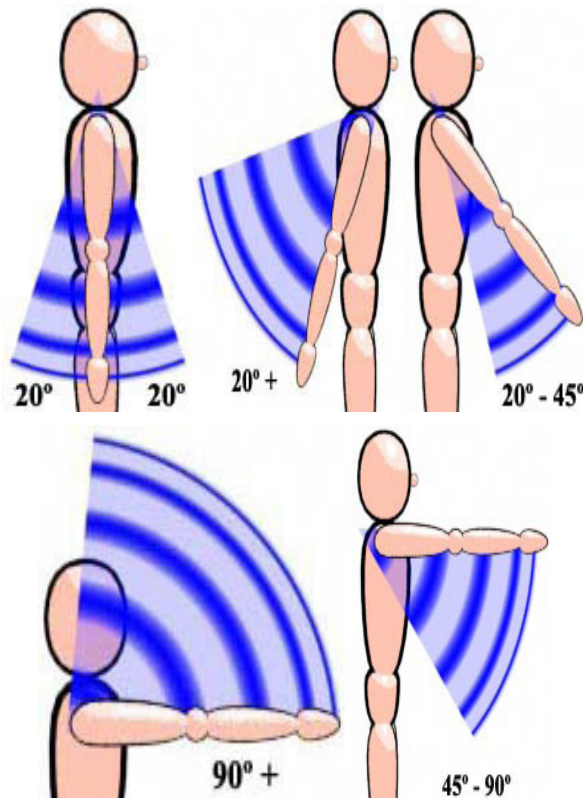
# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

## A. Penilaian Postur Tubuh Grup A

Penilaian postur grup A yaitu mengkombinasikan postur tubuh bagian atas yang terdiri dari lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*), pergelangan tangan (*wrist*), dan perputaran pergelangan tangan (*wrist twist*).

### 1. Lengan Atas (*Upper arm*)

Penilaian pada lengan atas (*upper arm*) merupakan penilaian yang dilakukan pada sudut yang dibentuk oleh lengan atas pada saat melakukan pekerjaan. Sudut yang terbentuk tersebut diukur berdasarkan posisi batang tubuh.



Gambar 6.1. Postur tubuh lengan atas (*upper arm*)

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Gambar 6.1 menjelaskan bentuk posisi lengan atas operator. Berdasarkan bentuk posisi tersebut didapatkan sudut-sudut. Sudut-sudut tersebut dijadikan acuan dalam penilaian dengan metode RULA.

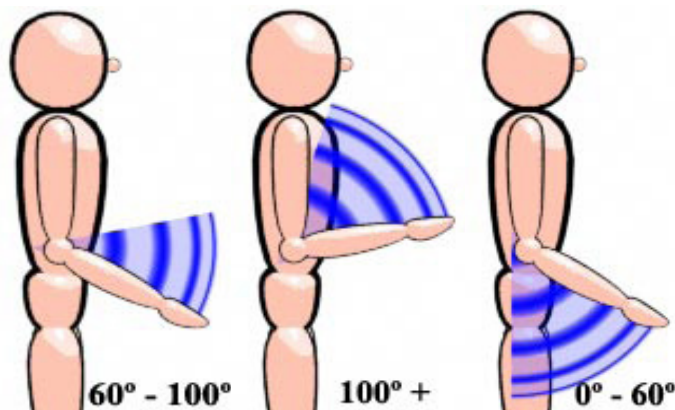
**Tabel 6.10** Skor penilaian bagian lengan atas (*upper arm*)

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
20° (ke depan maupun kebelakang dari tubuh)	1	+1 jika bahu naik +1 jika lengan berputar atau bengkok
> 20° (kebelakang) atau 20-45°	2	
45-90°	3	
>90°	4	

Tabel 6.10 merupakan skor penilaian postur tubuh lengan atas. Skor penilaian didapatkan dari besarnya pergerakan sudut yang dibentuk oleh operator. Penambahan skor lengan atas juga dapat terjadi apabila posisi lengan berputar atau bengkok dan posisi bahu naik.

### 2. Lengan Bawah (*Lower arm*)

Penilaian pada lengan bawah (*lower arm*) merupakan penilaian yang dilakukan pada saat sudut yang dibentuk oleh lengan bawah (*lower arm*) pada saat melakukan pekerjaan. Sudut yang dibentuk tersebut berdasarkan posisi batang tubuh.



**Gambar 6.2** Postur tubuh lengan bawah (*lower arm*)

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Gambar 6.2 menjelaskan sudut-sudut yang dibentuk lengan bawah operator pada saat melakukan pekerjaan. Skor penilaian lengan bawah didapatkan berdasarkan besarnya sudut pergerakan yang terbentuk. Skor-skor penilaian lengan bawah dapat dilihat pada Tabel 6.11.

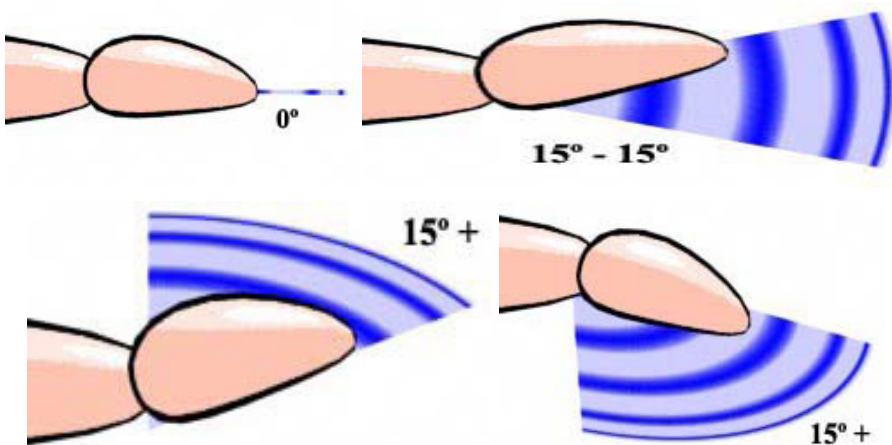
**Tabel 6.11** Skor penilaian bagian lengan bawah (*lower arm*)

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
60-100°	1	Jika lengan bawah bekerja melewati garis tengah atau keluar dari sisi tubuh
<60° atau >100°	2	

Tabel 6.11 merupakan skor penilaian postur tubuh lengan bawah. Skor penilaian didapatkan dari besarnya pergerakan sudut yang dibentuk oleh operator. Penambahan skor lengan bawah juga dapat terjadi apabila posisi lengan bawah bekerja melewati garis tengah atau keluar dari sisi tubuh.

### 3. Pergelangan Tangan (*wrist*)

Penilaian pada pergelangan tangan (*wrist*) merupakan penilaian yang dilakukan pada saat sudut yang dibentuk oleh pergelangan tangan (*wrist*) pada saat melakukan pekerjaan. Gambar 6.3 menunjukkan sudut yang dibentuk pergelangan tangan pada saat operator melakukan pekerjaan.



**Gambar 6.3** Postur tubuh pergelangan tangan (*wrist*)

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Tabel 6.12** Skor penilaian bagian pergelangan tangan (*wrist*)

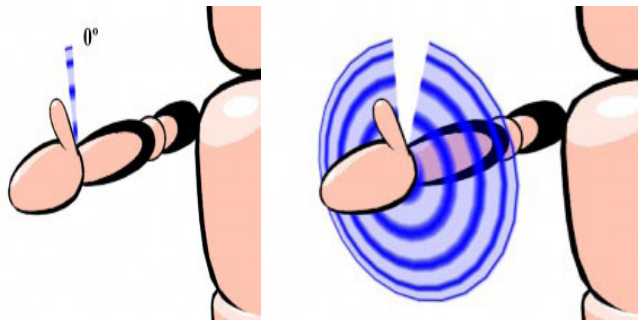
Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
Posisi netral	1	+1 Jika pergelangan tangan putaran menjauhi sisi tengah
0-15° (ke atas maupun ke bawah)	2	
> 15° (ke atas maupun ke bawah)	3	

Tabel 6.12 merupakan skor penilaian pergelangan tangan. Skor penilaian didapatkan dari besarnya sudut pergelangan tangan yang dibentuk oleh operator. Penambahan skor pergelangan tangan juga dapat terjadi apabila pergelangan tangan mengalami perputaran yang menjauhi sisi tengah.

### 4. Perputaran Pergelangan Tangan (*wrist twist*)

Penilaian pada perputaran pergelangan tangan (*wrist twist*) merupakan penilaian yang dilakukan oleh perputaran pergelangan tangan selama melakukan pekerjaan. Untuk putaran pada pergelangan tangan (*wrist twist*) dalam posisi netral diberi skor :

- 1 = Posisi tengah dari putaran
- 2 = Pada atau dekat dari putaran.



**Gambar 6.4** Postur tubuh pada perputaran pergelangan tangan (*wrist twist*)

Gambar 6.4 memperlihatkan posisi yang dibentuk oleh perputaran pergelangan. Posisi yang dibentuk oleh perputaran pergelangan tangan dibagi 2, yaitu posisi tengah dari putaran dan posisi dekat dari putaran. Nilai grup A didapatkan berdasarkan pengamatan terhadap postur tubuh bagian atas yaitu lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower*

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

*arm*), pergelangan tangan (*wrist*), dan perputaran pergelangan tangan (*wrist twist*) dimasukkan kedalam tabel penilaian postur grup A.

**Tabel 6.13** Skor grup A

<i>Upper Arm</i>	<i>Lower Arm</i>	<i>Wrist</i>							
		1		2		3		4	
		<i>Wrist twist</i>		<i>Wrist twist</i>		<i>Wrist twist</i>		<i>Wrist twist</i>	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	3	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	7	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabel 2.13 merupakan skor penilaian pada grup A. Penilaian grup A diperoleh dari pengkombinasian keempat bagian tubuh operator yang berada dalam kategori grup A. Hasil skor penilaian dari grup A terjadi penambahan skor. Penambahan skor terjadi akibat adanya aktivitas yang dilakukan oleh operator dalam melakukan pekerjaan. Penambahan skor tersebut berdasarkan kategori aktivitas yang terjadi. Tabel 6.14 menjelaskan aktivitas-aktivitas yang dilakukan oleh operator. Aktivitas-aktivitas tersebut memiliki skor yang dapat mempengaruhi hasil penilaian pada grup A.



## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Tabel 6.14** Skor aktivitas

<b>Aktivitas</b>	<b>Skor</b>	<b>Keterangan</b>
Postur Statik	+ 1	Satu atau lebih bagian tubuh statis/diam
Pengulangan	+ 1	Tindakan dilakukan berulang-ulang lebih dari 4 kali per menit

**Tabel 6.15** Skor beban

<b>Beban</b>	<b>Skor</b>	<b>Skor Perubahan</b>
< 2 kg	0	-
2 kg - 10 kg	1	+ 1 Jika postur statis dan dilakukan berulang-ulang
> 10 kg	2	-

Tabel 6.15 merupakan skor penambahan hasil pengkombinasian grup A. Penambahan skor berdasarkan berat beban yang diangkat oleh bagian tubuh grup tersebut. Skor perubahan juga dapat terjadi pada skor beban apabila postur tubuh operator dalam keadaan statis dilakukan berulang-ulang.

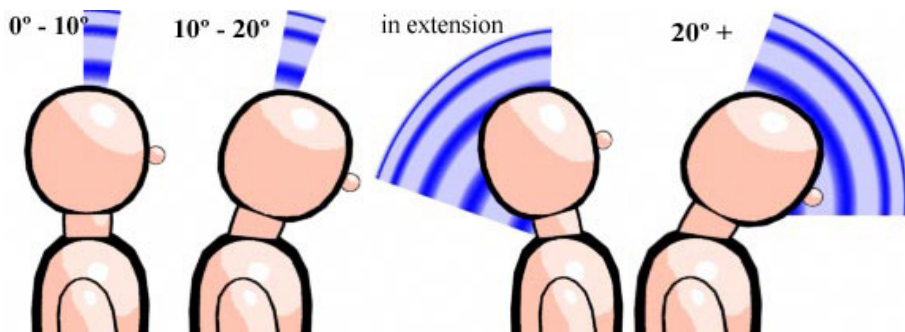
### **B. Penilaian postur tubuh grup B**

Penilaian postur tubuh grup B terdiri atas leher (*neck*), batang tubuh (*trunk*), dan kaki (*legs*).

#### **1. Leher (*neck*)**

Penilaian pada leher merupakan penilaian yang dilakukan terhadap leher pada saat operator melakukan pekerjaan dengan melakukan kegiatan ekstensi pada sudut tertentu. Gambar 6.5 merupakan bentuk-bentuk posisi leher yang terbentuk pada saat operator melakukan pekerjaan.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI



Gambar 6.5 Postur tubuh bagian leher (*neck*)

Tabel 6.16 Skor bagian leher (*neck*)

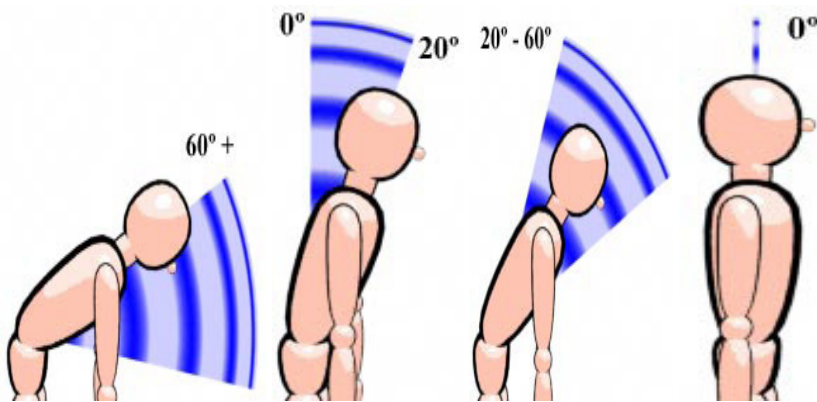
Pergerakan	Skor	Skor perubahan
0-10°	1	+ 1 jika leher berputar/bengkok
10-20°	2	
> 20°	3	+ 1 batang tubuh bengkok
Ekstensi	4	

Tabel 6.16 menjelaskan skor penilaian pada bagian leher. Skor penilaian didapatkan berdasarkan besar sudut yang terbentuk leher pada saat operator melakukan pekerjaan. Skor bagian leher tersebut dapat mengalami perubahan apabila keadaan leher berputar atau bengkok dan posisi batang tubuh bengkok.

### 2. Batang Tubuh (*trunk*)

Penilaian terhadap batang tubuh merupakan penilaian yang dilakukan pada saat sudut yang terbentuk dari tulang belakang tubuh dengan kemiringan yang sudah diklasifikasi dalam melakukan pekerjaan. Gambar 6.6 merupakan posisi batang tubuh dalam melakukan pekerjaan. Posisi batang tubuh pada saat bekerja tersebut dapat membentuk sudut-sudut. Skor yang diperoleh oleh batang tubuh dapat dilihat pada Tabel 6.17.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI



Gambar 6.6 Postur bagian batang tubuh (*trunk*)

Tabel 6.17 Skor bagian batang tubuh (*trunk*)

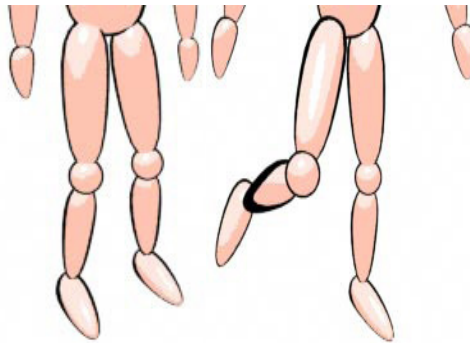
Pergerakan	Skor	Skor perubahan
Posisi normal (90°)	1	+ 1 jika leher berputar/bengkok
0-20°	2	
20-60°	3	+ 1 batang tubuh
> 60°	4	bungkuk

Tabel 6.17 merupakan skor penilaian bagian batang tubuh operator. Skor diperoleh berdasarkan sudut yang dibentuk oleh operator. Perubahan skor batang tubuh terjadi apabila posisi leher berputar atau bengkok dan posisi batang tubuh bungkuk.

### 3. Kaki (*legs*)

Penilaian pada kaki (*legs*) merupakan penilaian yang dilakukan terhadap posisi kaki dalam posisi normal/seimbang atau bertumpu dengan satu kaki lurus pada saat melakukan pekerjaan. Gambar 6.7 merupakan posisi kaki operator dalam melakukan pekerjaan. Pemberian skor tergantung pada posisi kaki yang dapat dibentuk oleh operator. Posisi kaki operator dalam bekerja terbagi dua, yaitu seimbang dan tidak seimbang.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI



**Gambar 6.7** Posisi kaki (*legs*)

**Tabel 6.18** Skor bagian kaki (*legs*)

Pergerakan	Skor
Posisi normal/seimbang	1
Tidak seimbang	2

Tabel 6.18 menjelaskan skor yang diperoleh dari posisi kaki operator. Pemberian skor berdasarkan pergerakan yang ditimbulkan kaki pada saat bekerja. Nilai pada grup B yang didapatkan berdasarkan pengamatan terhadap leher (*neck*), batang tubuh (*trunk*), dan kaki (*legs*) dimasukkan kedalam tabel penilaian postur grup B sehingga didapatkan skor. Pemberian skor pada grup B dapat dilihat pada Tabel 6.19.

**Tabel 6.19** Skor grup B

<i>Neck</i>	<i>Trunk Postur Score</i>											
	1		2		3		4		5		6	
	<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Tabel 6.19 merupakan skor penilaian pada grup B. Penilaian grup B diperoleh dari pengkombinasian keempat bagian tubuh operator yang berada dalam kategori grup B. Hasil skor penilaian dari grup B terjadi penambahan skor. Penambahan skor terjadi akibat adanya aktivitas yang dilakukan oleh operator dalam melakukan pekerjaan. Penambahan skor tersebut berdasarkan kategori aktivitas yang terjadi. Tabel 6.20 menjelaskan aktivitas-aktivitas yang dilakukan oleh operator. Aktivitas-aktivitas tersebut memiliki skor yang dapat mempengaruhi hasil penilaian pada grup B.

**Tabel 6.20** Skor aktivitas

Aktivitas	Skor	Keterangan
Postur statik	+ 1	Satu atau lebih bagian tubuh statis/diam
Pengulangan	+ 1	Tindakan dilakukan berulang-ulang lebih dari 4 kali per menit

Penambahan skor juga dapat terjadi berdasarkan beban pada aktivitas yang dilakukan. Tabel 6.21 menjelaskan penambahan skor beban yang diangkat oleh operator. Skor beban juga dapat mengalami perubahan apabila postur tubuh statis dan dilakukan berulang-ulang.

**Tabel 6.21** Skor Beban

Beban	Skor	Skor Perubahan
< 2 kg	0	-
2 kg - 10 kg	1	+ 1 Jika postur statis dan dilakukan berulang-ulang
> 10 kg	2	-

Untuk mendapatkan skor akhir (*grand score*) maka dilakukan pengkombinasian antara postur tubuh grup A dan grup B.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Tabel 6.22** *Grand Total Score Table*

<i>Score Group A</i>	<i>Score Group B</i>						
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
+8	5	5	6	7	7	7	7

Tabel 6.22 merupakan hasil matrik yang didapatkan dari pengkombinasian grup A dengan grup B. Berdasarkan hasil tersebut maka didapatkan kategori tindakan.

**Tabel 6.23** *Kategori Tindakan RULA*

<b>Kategori Tindakan</b>	<b>Level Risiko</b>	<b>Tindakan</b>
1-2	Minimum	Aman
3-4	Kecil	Diperlukan beberapa waktu ke depan
5-6	Sedang	Tindakan dalam waktu dekat
7	Tinggi	Tindakan sekarang juga

Tabel 6.23 merupakan hasil akhir yang diperoleh dari metode RULA. Hasil yang didapatkan yaitu tingkatan level risiko. Kategori tindakan yang perlu diatasi secepatnya dan dalam waktu dekat dilakukan berdasarkan tingkatan level risiko.



# BAB VII

## PERANCANGAN LINGKUNGAN KERJA

Lingkungan kerja yang nyaman sangat dibutuhkan oleh pekerja agar dapat bekerja secara optimal. Oleh karena itu lingkungan kerja harus ditangani atau didesain sedemikian rupa sehingga menjadi kondusif terhadap pekerja dalam melakukan aktivitasnya. Faktor-faktor fisik yang ada di lingkungan industri berikut ini akan dibahas secara seksama agar dapat dijadikan evaluasi dalam melihat respon pekerja terhadap paparan lingkungan kerja.

### 7.1 Pencahayaan

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

Kemampuan mata untuk melihat objek dengan jelas ditentukan oleh ukuran objek, derajat kontras dengan sekelilingnya, luminensi (*brightness*), dan lamanya waktu untuk melihat objek tersebut. Silau (*glare*) merupakan masalah yang umum pada stasiun kerja komputer dan membuat operator merasa tidak nyaman, di samping itu bisa menyebabkan efek negatif pada produktivitas. Cahaya yang menyilaukan ini terjadi jika cahaya yang berlebihan mencapai mata. Silau dapat dibagi menjadi 2 kategori, yaitu:



## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

- Cahaya menyilaukan yang tidak menyenangkan (*discomfort glare*). Cahaya ini mengganggu tetapi tidak terlalu mengganggu kegiatan visual. Cahaya ini juga dapat meningkatkan kelelahan dan menyebabkan sakit kepala.
- Silau yang mengganggu (*disability glare*)  
Cahaya ini secara berkala mengganggu penglihatan dengan adanya penghamburan cahaya dalam lensa mata. Orang lanjut usia kurang dapat menerima cahaya ini, contohnya : mengendarai mobil menghadap matahari jika matahari ada pada horizon atau harus melihat ke sumber cahaya tersebut.

Sumber-sumber *glare* antara lain:

- Lampu-lampu tanpa pelindung yang dipasang terlalu rendah.
- Jendela-jendela besar pada permukaan tepat pada mata.
- Lampu atau cahaya dengan terang yang berlebihan.
- Pantulan dari permukaan terang.

Untuk mengurangi silau, bayangan, dan kekaburan yang disebabkan oleh cahaya matahari yang menyilaukan maka jendela yang mendapatkan cahaya matahari langsung harus ditutup. Stasiun kerja komputer seharusnya diletakkan pada posisi sehingga silau yang berasal dari jendela dan pencahayaan dari atas tidak dipantulkan pada layar komputer. Pelindung layar bisa dipasang untuk melindungi layar dari refleksi baik secara menyeluruh maupun sebagian, selain itu *anti-glare filter* juga dapat dipasang pada layar komputer. Metode lain yang digunakan untuk mereduksi silau (*glare*) adalah reduksi luminansi sumber cahaya, jauhkan sumber cahaya dari garis pandang, posisikan jendela pada jarak yang sama dari aktivitas pekerja, buat kanopi di atas jendela, gunakan peralatan dengan permukaan yang dapat mendifusikan cahaya, posisikan kembali area kerja dan sumber cahaya untuk meminimasi refleksi cahaya, serta gunakan level menengah untuk iluminasi secara umum.

Setiap jenis pekerjaan membutuhkan tingkat pencahayaan optimum yang berbeda. Tingkat pencahayaan yang optimum ini dipengaruhi oleh preferensi pekerja seperti *visual acuity*, pengukuran visibilitas, tegangan otot syaraf, frekuensi kedipan, dan perubahan denyut jantung. Dalam merancang sistem pencahayaan, maka hal-hal yang harus diperhatikan adalah (Grandjean, 1988):

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

- Hindari penempatan sumber cahaya langsung (*direct light sources*) pada area pandang pekerja.
- Hindari penggunaan cat/warna yang memantulkan cahaya pada mesin atau meja kerja pekerja.
- Gunakan pencahayaan difusi untuk memberikan atmosfer kerja yang baik.
- Gunakan semakin banyak lampu, masing-masing dengan daya yang rendah, dibandingkan dengan penggunaan sedikit lampu dengan daya yang besar.
- Hindari penempatan sumber cahaya pada area 30° dari NLS (*Normal Line of Sight*).
- Hindari sumber cahaya yang tidak stabil.

### 7.2 Kebisingan

Kebisingan (*noise*) adalah setiap suara atau bunyi-bunyian yang tidak dikehendaki oleh telinga pendengarnya. Suatu kebisingan sebenarnya terdiri dari campuran sejumlah gelombang sederhana dari berbagai frekuensi. Nada kebisingan terutama ditentukan oleh frekuensi suara yang ada. Kebisingan didefinisikan sebagai suara pada amplitudo tertentu yang menyebabkan gangguan atau menghambat komunikasi. Suara dapat diukur secara objektif, tetapi kebisingan merupakan fenomena subjektif. Christina (1999) mengatakan bahwa kebisingan tersebut adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dalam kenyamanan lingkungan. Jadi pada dasarnya, kebisingan adalah suara/bunyi yang tidak diinginkan dan mengganggu orang yang mendengarnya.

Suatu kebisingan sebenarnya terdiri dari campuran sejumlah gelombang sederhana dari berbagai frekuensi. Nada kebisingan terutama ditentukan oleh frekuensi suara yang ada. Kebisingan timbul akibat adanya suara yang berbentuk gelombang akustik. Gelombang akustik dapat didefinisikan sebagai fluktuasi tekanan dalam sebuah medium elastis. Menurut Leisle L. Doelle (1972) bising merupakan semua bunyi yang mengalihkan perhatian, mengganggu, atau berbahaya bagi kegiatan sehari-hari (kerja, istirahat, hiburan, atau belajar).

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Secara umum, bising menghasilkan gangguan yang jauh lebih besar pada malam hari daripada siang hari. Seseorang cenderung mengabaikan bising yang dihasilkannya sendiri bila bising tersebut secara wajar menyertai pekerjaan, contohnya: bising mesin tik atau mesin kerja.

1. Kebisingan dapat dibagi menjadi tiga menurut sumbernya yaitu (Wisnu, 1995):
  - Kebisingan impulsif, yaitu kebisingan yang datangnya tidak secara terus menerus.
  - Kebisingan kontinu, yaitu kebisingan yang datang terus menerus dan dalam waktu yang cukup lama.
  - Kebisingan semi kontinu (*intermittent*), yaitu kebisingan kontinu yang hanya sebentar kemudian hilang dan muncul lagi.

### 7.2.1 Karakteristik Bising

Beberapa karakteristik bising adalah intensitas atau tekanan, frekuensi, dan durasi. Ketiga karakteristik ini merupakan faktor-faktor penting dalam evaluasi pengaruh bising terhadap pendengaran manusia. Makin keras bising, makin tinggi intensitasnya. Suara bising berfrekuensi tinggi lebih merusak pendengaran dibandingkan dengan suara bising yang berfrekuensi rendah. Makin lama pemaparan bising, makin besar daya rusaknya terhadap mekanisme pendengaran manusia.

Sensitivitas pendengaran manusia tidak sama terhadap semua frekuensi, sehingga tingkat tekanan suatu nada murni tertentu, pada frekuensi yang berbeda akan memberikan kesan tingkat kekerasan suara yang berbeda pada telinga manusia. Secara umum, telinga manusia kurang sensitif pada frekuensi rendah (di bawah 1000 Hz) dan lebih sensitif pada frekuensi di atasnya. Sensitivitas telinga pada frekuensi yang berbeda tergantung pada efisiensi impedansi sesuai dengan *ossicle auditory* dan respons struktur *cochlea*. Sensitivitas pendengaran terbesar berada di antara 1000 Hz – 4000 Hz. Pemilihan kata sensitivitas telinga maksudnya ialah kekerasan kebisingan tergantung pada frekuensinya sama dengan level tekanan suaranya. Semakin tua usia maka semakin kecil frekuensi yang ditangkap oleh telinga. Kemampuan mendengar suara dengan frekuensi tinggi

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

biasanya yang menyusut terlebih dahulu. Kehilangan pendengaran ini terletak pada saraf *cochlea* daripada level ossicular dan tidak dapat diperbaiki lagi.

Besarnya pengaruh kebisingan pada manusia akan bergantung pada frekuensinya. Besarnya tingkat kebisingan yang masih termasuk dalam batas toleransi bergantung pada jenis kegiatan yang dilakukan dan fungsi/kegunaan ruang, selain itu bergantung pula pada ketentuan dari masing-masing negara. Tetapi biasanya dipakai ketentuan standar yang dikeluarkan oleh organisasi SI. Kriteria bising ditetapkan berdasarkan adanya gangguan yang menyangkut fisiologis dan psikologis terhadap manusia. Gangguan fisiologis terjadi karena tubuh menerima tingkat tekanan suara pada frekuensi dan waktu tertentu sehingga mengganggu fungsi dari beberapa organ yang ada. Gangguan psikologis terjadi karena keadaan pribadi dari seorang penerima suara yang mana tiap manusia mempunyai ukuran yang berbeda-beda untuk tingkat kekerasan suara tertentu. Oleh karena itu perlu diadakan penetapan suatu nilai tertentu yang dapat menjadi ukuran dari maksimum yang diperbolehkan agar manusia tidak terganggu akibat bising yang ditimbulkan oleh suatu sumber suara.

Beberapa faktor yang berpengaruh pada gangguan kualitas kebisingan diantaranya adalah:

- Faktor akustik, meliputi: level suara, frekuensi, durasi, kompleksitas spektral, fluktuasi pada level suara, fluktuasi pada frekuensi, dan waktu peningkatan kebisingan.
- Faktor non akustik, meliputi : pengalaman masa lalu dengan kebisingan, aktivitas pendengar, kejadian kebisingan yang dapat diprediksi, kepentingan kebisingan, kepribadian pendengar, sikap pada sumber kebisingan, waktu per tahun, waktu per hari, dan tipe lokal.

### 7.2.2 Pengaruh Kebisingan Terhadap Manusia

Suatu bunyi apakah diinginkan atau tidak oleh seseorang tidak hanya tergantung pada kekerasan bunyi tetapi juga pada frekuensi, kesinambungan, waktu terjadinya, dan isi informasi, dan juga pada aspek subjektif seperti asal bunyi dan keadaan pikiran dan temperamen penerima. Kekuatan tubuh manusia untuk secara efektif menyesuaikan dengan lingkungan yang bising sangat mengagumkan,

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

terutama bila bisingnya kontinyu, tidak terlampau keras, dan tidak membawa informasi yang berarti, yaitu pembicaraan yang jelas (*intelligible*) atau musik yang dapat dikenal (*identifiable*). Bising yang cukup keras, di atas sekitar 70 dB, dapat menyebabkan kegelisahan (*nervousness*), kurang enak badan, kejenuhan mendengar, sakit lambung, dan masalah peredaran darah. Bising yang sangat keras di atas 85 dB dapat menyebabkan kemunduran yang serius pada kondisi kesehatan seseorang pada umumnya dan bila berlangsung lama, kehilangan pendengaran sementara atau permanen dapat terjadi. Bising yang berlebihan dan berkepanjangan terlihat dalam masalah-masalah kelainan seperti penyakit jantung, tekanan darah tinggi, dan luka perut.

Pengaruh bising yang merusak pada efisiensi kerja dan produksi telah dibuktikan secara statistik dalam beberapa bidang industri. Produksi turun dan pekerja-pekerja membuat lebih banyak kesalahan bila dipengaruhi oleh bising dengan tingkat tinggi, di atas sekitar 80 dB untuk waktu yang lama, tetapi ini tidak berarti bahwa jika lingkungan akustik suatu ruang kerja terlampau sunyi, produksi turun dan pekerja-pekerja melakukan lebih banyak kesalahan. Ini membuktikan bahwa bising dalam jumlah tertentu mudah ditolerir dan sebenarnya sejumlah bising dibutuhkan untuk mempertahankan kesehatan jiwa. Tiap orang yang mendapat kesempatan untuk untuk berada beberapa saat dalam ruang yang tak tembus suara (*soundproof*) seperti ruang gema (*anechoic room*) di mana bunyi yang terlemah tidak dapat tembus, mengetahui bahwa manusia tidak dapat mentolerir lingkungan yang sama sekali tidak tembus suara untuk waktu yang berapa lama pun. Bukan kesunyian yang dibutuhkan tetapi ketenangan tiadanya gangguan dan bukan sama sekali tidak ada bunyi. Tanggapan manusia terhadap kebisingan sangat dipengaruhi oleh keadaan fisik dan psikologis, sifat-sifat suara, waktu kejadiannya, serta jenis pekerjaan yang sedang dihadapi seseorang.

Menurut Walworth (1973) dalam Nilda (2000), pengaruh kebisingan terhadap manusia antara lain adalah:

- Secara psikologis, kebisingan dapat mengejutkan, mengganggu, dan mengacaukan konsentrasi, tidur serta relaksasi.
- Mengganggu percakapan, sehingga dapat mempengaruhi penampilan kerja dan keselamatan.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

- Secara fisiologis, kebisingan mengakibatkan ketulian, atau sakit telinga, rasa mual, dan mereduksi *muscular control*. Yang dimaksud dengan ketulian adalah berkurangnya kemampuan untuk mendengar dibandingkan dengan manusia normal. Hal ini disebabkan oleh kerusakan pada telinga bagian tengah atau telinga bagian dalam. Ketulian bisa bersifat menetap (*permanent*), sementara (*temporer*), atau kombinasi dari keduanya. Ketulian menetap biasanya disebabkan karena proses ketuaan, penyakit, luka, atau pemaparan kebisingan yang tinggi dalam jangka panjang. Sedangkan ketulian sementara adalah akibat pemaparan kebisingan yang tinggi dalam jangka pendek (selama beberapa jam saja). Periode penyembuhan dari ketulian sementara ini bisa berlangsung beberapa menit, jam, atau hari, atau lebih lama lagi, tergantung pada ketahanan setiap individu, tingginya tingkat kebisingan, dan lamanya pemaparan. Tabel 7.1 memperlihatkan beberapa efek yang menimpa manusia akibat kebisingan.

**Tabel 7.1** Efek kebisingan pada manusia

<b>Tingkat Suara dBA</b>	<b>Efek pada manusia</b>
130	Threshold of pain
90 - 130	Daerah gangguan dominan fisiologis
60 - 90	Arousal area, efek fisio-psikologis
0 - 60	Daerah gangguan dominan psikologis
0	Threshold of hear

(Grandjean, 1988)

### 7.2.3 Pengaruh Kebisingan Terhadap Performansi Kerja Manusia

Pada situasi-situasi tertentu, manusia kadang-kadang justru membutuhkan suara yang dapat didengar/dinikmati (misalnya radio, tape recorder, dan lain-lain) dalam menyelesaikan suatu pekerjaan, tetapi di lain pihak ada manusia yang menganggap hal ini justru menimbulkan kebisingan yang dapat mengganggu penyelesaian suatu pekerjaan. Namun umumnya jika tugas-tugas yang berhubungan dengan jiwa manusia itu tidak melibatkan suara-suara yang dapat

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

didengar, maka pengaruh kebisingan terhadap performansi kerja manusia sulit ditemukan. Juga karena hal ini menyangkut tingkah laku dan tabiat manusia yang rumit serta sulitnya menentukan bagaimana jenis-jenis kebisingan lain mempengaruhi macam-macam pekerjaan yang berlainan pula. Dalam kenyataan yang ada ternyata menunjukkan bahwa :

- Kebisingan mantap tanpa mengandung arti khusus tidak terlihat mempengaruhi performansi kerja manusia kecuali kalau tingkat tekanan suara bobot A-nya melampaui 90 dB(A).
- Ledakan-ledakan kebisingan yang tidak teratur memperlihatkan lebih bersifat merusak daripada kebisingan mantap, meskipun tingkat tekanan suara bobot A-nya lebih rendah dari 90 dB(A). Oleh karena itu kebisingan jenis ini dapat mengganggu terhadap performansi kerja manusia.
- Komponen-komponen kebisingan frekuensi tinggi di atas sekitar 1000 Hz – 2000 Hz, lebih dapat menimbulkan gangguan terhadap performansi kerja manusia dibandingkan dengan komponen-komponen kebisingan frekuensi rendah.
- Kebisingan lebih mungkin mengurangi akurasi kerja/kualitas kerja daripada mengurangi kuantitas kerja total.
- Kebisingan tidak mempengaruhi laju kerja secara keseluruhan.
- Kerja-kerja yang kompleks (misalnya: pekerjaan yang membutuhkan konsentrasi tinggi dan ketelitian) lebih mungkin mendapatkan kerugian akibat kebisingan daripada kerja-kerja yang sederhana.

### 7.2.4 Nilai Ambang Batas

OSHA (1983) dalam Pulat (1992) menetapkan nilai ambang batas/ NAB (*permissible noise exposure*) kebisingan bagi orang yang bekerja di industri (lihat Tabel 7.2). Tingkat yang diizinkan tergantung pada lamanya bekerja.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Tabel 7.2** *Permissible Noise Exposures* Menurut OSHA

Sound Level (dB(A))	Permissible time (hr)
80	32
85	16
90	8
95	4
100	2
105	1
110	0.5
115	0.25
120*	0.125*
125*	0.063*
130*	0.031*

(Pulat, 1992)

\*Kebisingan di atas 115 dB(A) tidak diizinkan tanpa menghiraukan lamanya; tetapi jika hal ini terjadi, dapat dimasukkan dalam perhitungan “*noise dose*”.

Untuk tingkat bunyi yang tidak tercantum pada tabel di atas, waktu kerja yang diizinkan (*allowed time*) dapat dihitung dengan persamaan berikut (Nilda, 2000):

$$t = 480 / 2^{0,2(L_A - 90)}$$

di mana :

t = Waktu yang diizinkan, jam

$L_A$  = Tingkat kebisingan aktual, dB(A)

Indonesia menggunakan standar kebisingan berdasarkan ketentuan yang berlaku (Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja No.SE.01/MEN/1978 tentang nilai ambang batas untuk iklim kerja dan nilai ambang batas untuk kebisingan di tempat kerja), yang menetapkan (Nilda, 2000): ***Nilai Ambang Batas untuk kebisingan di tempat kerja adalah intensitas tertinggi dan merupakan nilai rata-rata yang masih dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan kehilangan***



## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

***daya dengar yang tetap untuk waktu kerja terus menerus tidak lebih dari 8 jam kerja sehari dan 40 jam seminggu. Besarnya intensitas kebisingan tersebut adalah 85 dB(A).***

Berdasarkan penelitian kebisingan yang telah dilakukan oleh US Air Force, standar kebisingan maksimum adalah (Nilda, 2000):

- 85 – 95 dB untuk frekuensi 500, 1000, 2000, dan 4000 Hz
- 35 – 60 dB untuk frekuensi 4000 Hz dan di atas 4000 Hz

pada daerah terbuka selama 8 jam kerja. Pada batas ini pekerja memperlihatkan produktivitas yang baik. Standar di Indonesia menyatakan bahwa untuk kebisingan dengan frekuensi 500, 1000, 2000, dan 4000 Hz selama 8 jam kerja per hari, intensitas kebisingan tersebut tidak boleh melebihi 85 dB untuk tiap tingkat frekuensi tersebut (Suma'mur, 1976).

### **7.3 Getaran**

Getaran Mekanis adalah getaran-getaran yang ditimbulkan oleh alat-alat mekanis yang sebagian dari getaran ini sampai ke tubuh manusia sehingga dapat menimbulkan akibat-akibat yang tidak diinginkan oleh tubuh manusia. Besarnya getaran ditentukan oleh intensitas, frekuensi getaran, dan lamanya getaran itu berlangsung. Tubuh manusia memiliki frekuensi alami di mana apabila frekuensi ini beresonansi dengan frekuensi getaran akan menimbulkan gangguan-gangguan antara lain: mempengaruhi konsentrasi kerja, mempercepat timbulnya kelelahan, dan menyebabkan timbulnya berbagai penyakit seperti gangguan terhadap syaraf, tulang, peredaran darah, dan lain-lain.

### **7.4 Iklim dalam Ruangan**

Temperatur udara, kelembaban, dan panas yang teradiasi saling berhubungan satu sama lain sehingga cukup sulit untuk mengendalikan kondisi ketiga variabel tersebut (Tiffin, 1958 dalam Nilda, 2000). Kondisi optimum bagaimanapun bervariasi dan dipengaruhi oleh jenis pekerjaan. Ada empat variabel lingkungan yang berhubungan secara khusus dengan kenyamanan dan performansi sehari-hari yaitu temperatur udara (kering dan basah), kelembaban nisbi, panas radiasi, dan kecepatan aliran udara (Suma'mur, 1984).

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Untuk negara dengan empat musim, rekomendasi untuk zona kenyamanan termal pada musim dingin adalah dengan temperature ideal berkisar antara 19-23°C dengan kecepatan udara antara 0,15-0,4 m/det serta kelembaban antara 40-60% sepanjang tahun (WHS, 1992; Grantham, 1992 dan Grandjean, 1993). Sedangkan untuk Negara dengan dua musim seperti Indonesia, rekomendasi tersebut perlu mendapat koreksi. Sedangkan kaitannya dengan suhu panas lingkungan kerja, Grandjean (1993) memberikan batas toleransi suhu tinggi sebesar 35-40°C; kecepatan udara 0,2 m/det; kelembaban udara antara 40-50%; perbedaan suhu permukaan < 4°C. Aliran udara adalah hal terpenting dalam lingkungan yang hangat atau cukup panas karena membantu tubuh menukar panas dengan udara, dengan mempercepat proses konveksi dan evaporasi panas. Tingkat temperatur yang nyaman bagi manusia bervariasi. Hal tersebut dipengaruhi oleh musim, umur, jenis kelamin, dan lokasi geografis (Tiffin, 1958 dalam Nilda, 2000). Temperatur tubuh normal adalah berkisar antara 37°C.

Kelembaban berhubungan erat dengan suhu, bila kelembaban meningkat maka daerah *comfort zone* akan menurun, misalnya pada 80 % kelembaban, maka suhu yang ideal adalah antara 18,5 – 24°C. Kelembaban yang ideal adalah 50 %. Kondisi temperatur ideal yang disebut 'zona nyaman' untuk pekerjaan dominan mental (seperti pekerjaan kantor) di daerah tropik adalah 26°C – 27°C (Sastrowinoto, 1985). Kelembaban yang nyaman untuk ruangan yang panas seperti di daerah tropis adalah berkisar 40 % hingga 50 % (Grandjean, 1988).

Dengan demikian jelaslah bahwa iklim ruangan yang tidak dikendalikan dengan baik akan berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan pekerja dan gangguan kesehatan, sehingga dapat meningkatkan beban kerja, mempercepat munculnya kelelahan dan keluhan subjektif serta menurunkan produktivitas kerja.

### 7.5 Warna

Warna yang dimaksud di sini adalah warna dinding dan langit-langit ruang kerja. Warna selain berpengaruh terhadap kemampuan mata untuk melihat objek, juga memberikan pengaruh yang lain yaitu warna memiliki sifat yang afektif atau dapat membangkitkan perasaan. Setiap warna seolah-olah mempunyai karakter tersendiri diantaranya warna merah bersifat merangsang, warna kuning memberikan kesan luas,

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

terang, dan leluasa, warna hijau atau biru memberikan kesan sejuk, aman, dan menyegarkan, warna gelap memberikan kesan sempit, dan warna yang terang memberikan kesan leluasa. Pengaturan warna ruangan kerja perlu diperhatikan dengan artian bahwa hal ini harus disesuaikan dengan kegiatan kerjanya karena secara psikologis ini nanti akan menguntungkan.

### 7.6 Bau-Bauan

- a. Adanya bau-bauan akan dapat mengganggu konsentrasi orang bekerja.
- b. Temperatur dan kelembaban merupakan dua faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi kepekaan penciuman.
- c. Oleh karena itu pemakaian *Air Conditioner* (AC) yang tepat merupakan salah satu cara yang bisa dipergunakan untuk menghilangkan bau-bauan yang mengganggu di sekitar tempat kerja.
- d. Cara lainnya untuk mengatasi bau-bauan adalah kebersihan tempat kerja, penempatan zat kimia atau gas-gas beracun yang berbau menyengat secara terpisah dari tempat kerja.

# **BAB VIII**

## **PERANCANGAN DISPLAY DAN KONTROL**

Pada masa sekarang ini, informasi merupakan hal mutlak yang dibutuhkan manusia. Misalnya, seorang pilot harus mengetahui bagaimana mesin-mesin pesawat bekerja, seorang pegawai pabrik harus terus menerus memantau status proses produksinya, dan seorang pengemudi memerlukan petunjuk atas kondisi jalan atau lingkungan yang akan dilewatinya. Dalam sistem ini komunikasi terjadi antara manusia sebagai salah satu subsistem, dengan subsistem lain seperti mesin, proses, dan jalan. Komunikasi ini adalah dua arah, karena manusia harus mengambil tindakan atas dasar informasi yang diterimanya [Gales, 1987].

Display merupakan interface (perangkat antar muka) untuk menyampaikan informasi dari mesin, proses atau lingkungan kepada manusia. Display dapat menyampaikan informasi dengan berbagai cara. Contohnya: Jika mesin mempunyai lampu yang akan menyala jika mesin telah selesai dengan operasinya, maka berarti mesin menggunakan display yang menyampaikan informasinya melalui penglihatan manusia (visual display).

Visual display adalah alat penyalur informasi kepada manusia yang ditampilkan secara visual. Secara fungsional, display yang baik adalah display yang mampu mengkombinasikan antara kecepatan, ketepatan dan kepekaan pada saat menyalurkan informasi yang diperlukan [Galer, 1987]. Agar dapat memenuhi ketiga fungsi tersebut, suatu

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

display harus memenuhi tiga kriteria dasar yang akan menentukan rancangan akhir dari display, lokasi display dan jenis display yang sesuai. Ketiga kriteria tersebut adalah:

a. *Detection* (pendeteksian)

Suatu visual display harus mampu dilihat (*visible*). Untuk mencapai kriteria tersebut, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain jarak pandang yang dihubungkan dengan ukuran display keseluruhan, sudut pandang, adanya paralaks, pandangan kontras dengan lingkungan sekitar (misalnya terdapat papan iklan atau pepohonan), pengaruh cahaya yang menyilaukan, dan penerangan yang sesuai.

b. *Recognition* (pengenalan)

Setelah display dapat dideteksi, selanjutnya suatu display harus dapat dikenali dan dibaca. Faktor inilah yang perlu mendapat perhatian khusus dari ahli ergonomi. Hal-hal yang perlu diperhatikan berkaitan dengan kriteria ini antara lain bentuk display, ukuran karakter atau gambar dalam display, warna, serta kontras antara warna gambar/karakter dan warna latar belakang. Sifat mudah dikenali dan mudah dibaca dari suatu display untuk tujuan tertentu biasanya erat kaitannya dengan waktu.

c. *Understanding* (pemahaman)

Kriteria ketiga yang harus dipenuhi adalah suatu display harus dibuat sejelas mungkin, dalam arti harus mudah dipahami. Pemakaian simbol atau kode-kode yang tepat sangatlah penting sehingga tidak menimbulkan kesalahan persepsi. Pemahaman terhadap display tergantung pada dua hal:

1. Kata-kata atau simbol-simbol yang digunakan mungkin terlalu rumit. Kata-kata yang terlalu panjang, tidak umum, atau istilah-istilah teknis akan lebih sulit dimengerti dibandingkan kata-kata yang pendek, umum dan bukan istilah teknis. Penyingkatan kadang-kadang dapat memperpendek kata atau kalimat secara efektif, tetapi harus tetap dipilih dengan hati-hati karena mungkin justru bisa membuat display sulit dimengerti, membingungkan, bahkan menimbulkan salah interpretasi. Demikian juga dengan penggunaan kode, simbol atau gambar.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

2. Jika pemakai hanya memiliki sedikit pengetahuan dasar mengenai data atau informasi yang diperlukannya, pemahaman juga akan sulit dicapai. Misalnya display pada motor yang menginformasikan kondisi baterai yang melemah. Informasi ini tidak akan efektif/berguna jika pemakai tidak mengetahui apa sebenarnya kegunaan baterai tersebut.

### 8.1 KETAJAMAN MATA (*VISUAL ACUITY*)

Fungsi yang penting sekali dari mata adalah kemampuannya memisahkan secara terperinci mengenai apa yang dilihatnya, yang disebut “ketajaman visual” (*visual acuity*). *Visual acuity* adalah kemampuan mata untuk membedakan secara cermat detil suatu objek dan pelatarannya, yang sebagian besar tergantung dari daya akomodasi mata. Akomodasi menunjukkan kemampuan lensa mata untuk memusatkan sinar cahaya (*light rays*) pada retina atau kemampuan lensa mata untuk menyesuaikan diri dengan kondisi sumber informasi yang ditangkapnya. Kemampuan untuk menyesuaikan diri ini secara fisis dilihat dari menebal atau menipisnya lensa mata. Ada batas derajat lensa dapat mengakomodasi objek. Tetapi kemampuan itu sangat ditentukan oleh letaknya titik fokus terhadap retina pada saat lensa tidak berakomodasi, jadi tidak hanya tergantung pada titik fokus dari kornea. Ada beberapa batasan dari kemampuan indera penglihatan manusia untuk dapat berinteraksi dengan baik antara manusia dengan alat atau mesinnya.

Salah satu ukuran untuk menyatakan ketajaman mata adalah dengan melihat rasio kemampuan mata seseorang terhadap kemampuan mata normal. Mata normal biasanya dapat melihat detil dengan baik pada jarak 20 feet atau 6 meter. Ukuran *visual acuity* dinyatakan dalam rasio terhadap kemampuan normal ini. Misalkan seseorang memiliki *visual acuity* 20/30, berarti ia dapat melihat detil dengan baik pada jarak 20 feet, sedangkan mata normal dapat melihatnya dalam jarak 30 feet. *Visual acuity* dipengaruhi oleh banyak hal diantaranya kekontrasan, panjang gelombang spektrum (warna) dan kecepatan.

*Visual acuity* (VA) akan meningkat sesuai dengan algoritma tingkat penerangan objek. Pada malam hari dimana lingkungan sekitarnya gelap, maka dengan meningkatnya penerangan, VA akan

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

meningkat hingga suatu titik maksimum dan akan menurun jika semakin terang dan berkilau. Jika tingkat penerangan yang optimum sudah didapatkan maka untuk meningkatkan jarak baca dilakukan dengan menambah ukuran huruf. Selain itu pada umumnya tajam visual bertepatan dengan kekuatan memecahkan soal yang dihadapi oleh sistem optik. Hal tersebut tergantung pada terangnya dan kepada jenis tuntutan visual seperti terlihat di bawah ini:

- a. Tajam visual meningkat sejalan dengan meningkatnya cerah pada bidang visual serta mencapai maksimum pada 5000 asb. Diantara 1 – 5000 asb peningkatannya lebih dari 150 %.
- b. Tajam visual meningkat sejalan dengan membesarnya perbedaan cerah antara objek dan pelatarannya. Jika kedua cerah itu sama, sedikit saja perubahan pada nilai relatifnya akan mengakibatkan perbedaan besar pada tajam visual.
- c. Tajam visual akan lebih baik pada objek yang gelap di atas pelataran yang terang daripada terhadap objek yang terang di atas pelataran gelap.

Faktor-faktor yang mempengaruhi visual acuity:

1. Tingkat luminansi (kebenderangan/tingkat penerangan)  
Secara umum ketajaman dan sensitivitas terhadap kontras meningkat dengan peningkatan level cahaya atau penerangan latar belakang (*background*) dan kemudian merata. Dengan tingkat pencahayaan yang tinggi, kerucut (*cone*) dapat digerakkan, sehingga menghasilkan ketajaman dan sensitivitas tertinggi.
2. Kekontrasan  
Jika target pandang berada dalam suatu lingkungan pandang yang menenggelamkannya seperti di tengah keramaian objek-objek lain atau karena warnanya tidak kontras dengan lingkungannya maka yang terjadi adalah derau pandang. Kejadian ini menuntut mata untuk berkonsentrasi buat mengarahkan pandangannya ke tempat target yang merupakan suatu pekerjaan yang melelahkan. Ada dua rumus yang cukup berguna dalam mendefinisikan kontras, yaitu :

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

$$\text{Luminous Contrast (LC)} = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max}}$$

$$\text{Contrast Ratio (CR)} = \frac{L_{\max}}{L_{\min}}$$

$L_{\max}$  = Luminansi maksimum pada objek

$L_{\min}$  = Luminansi minimum pada objek

Berbagai macam pengukuran kontras ini dapat dikonversikan satu sama lainnya. Contohnya: jika diberikan rasio kontras (Contrast Ratio) maka:

$$\text{Luminous Contrast} = \frac{(CR - 1)}{CR}$$

$$\text{Modulation Contrast} = \frac{(CR - 1)}{(CR + 1)}$$

### 3. Exposure Time

Exposure time adalah waktu yang diperlukan mata untuk memfokuskan pada objek yang bergerak. Secara umum di bawah kondisi pencahayaan yang tinggi, ketajaman meningkat dengan ditingkatkannya exposure time sampai 100 atau 200 ms dan kemudia merata.

### 4. Gerakan Objek (target motion)

Pergerakan target/objek atau pengamat (atau keduanya) menurunkan ketajaman visual. Dynamic visual acuity adalah kemampuan untuk menerima perbedaan visual pada kondisi bergerak.

### 5. Umur

Ketajaman visual dan sensitivitas terhadap kontras akan mengalami kemunduran dengan bertambahnya umur. Kemunduran ini pada umumnya dimulai sesudah umur 40 dan



## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

akan berlanjut terus sampai akhir hidup kita. Pada umur 75 tahun, kemunduran ketajaman adalah sekitar 0.6 atau 20/30 Snellen Acuity (Pitts, 1982). Cukup dikatakan bahwa jika orang tua menggunakan visual display maka display seharusnya dirancang sesuai dengan mereka yaitu untuk melengkapi target yang besar dan pencahayaan yang memadai. Display yang demikian akan lebih mudah lagi bagi orang muda untuk menggunakannya dengan baik.

### 6. Latihan

Sudut pandang (visual angle) diukur pada minutes of arc atau second of arc. Setiap 360° dari suatu lingkaran dapat dibagi ke dalam 60 min of arc dan setiap menit dapat dibagi ke dalam 60 s of arc. Rumus untuk menghitung sudut pandang adalah:

$$\text{Visual Angle} = \frac{3438xH}{D}$$

$$\text{Visual Acuity} = \frac{1}{\text{Visual Angle}}$$

dimana:

H : tinggi objek

D : jarak objek dari mata

H dan D harus dalam satuan yang sama seperti inchi, feet, milimeter.

### 8.2 PEKA TERHADAP KONTRAS (*CONTRAST SENSITIVITY*)

Peka kontras adalah kemampuan untuk mengenali perbedaan walau minimal dalam kecerahan. Kepekaan ini bervariasi sebagai berikut:

- Kepekaan lebih besar terhadap area yang kecil daripada yang besar.
- Kepekaan lebih besar terhadap perbatasan yang jelas daripada perubahan yang gradual.
- Kepekaan meningkat bersamaan dengan meningkatnya cerah dari lingkungan dan terbesar dalam lingkup 200 – 1000 asb.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

- d. Kepekaan lebih besar jika bagian luar dari bidang visual lebih lengkap dari pada yang di pusat, dengan nilai maksimum di sekitar 1200 – 1500 asb di pusatnya dan 100 – 130 asb di bagian luar bidang visualnya.

Sensitivitas terhadap kekontrasan (*contrast sensitivity*) dipengaruhi oleh faktor-faktor yang sama dengan *visual acuity*. Rumus untuk mencari kekontrasan yaitu dengan Modulation Contrast:

$$MC = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}}$$

*Modulation Contrast* ini disebut juga Michelson Contrast. *Modulation Contrast* akan mengisi nilai 0 dan 1. Hal ini dapat dikurangi, contohnya: melalui penggunaan abu-abu sebagai pengganti putih. Ambang kontras (*threshold contrast*) dapat dikonversikan ke dalam *contrast sensitivity* yaitu dengan rumus:

$$\text{Contrast Sensitivity} = \frac{1}{\text{Threshold Contrast}}$$

Ambang kontras yang terendah akan menghasilkan *contrast sensitivity* yang tertinggi.

### 8.3 ADAPTASI

Adaptasi adalah kemampuan mata untuk dapat menyesuaikan diri pada kondisi sumber pencahayaan sumber informasi. Kemampuan ini disebabkan oleh fungsi sel-sel fotoreseptor yang ada pada retina, yaitu sel-sel antena dan sel-sel kerucut. Sel antena berfungsi pada kondisi pencahayaan tinggi. Pada keadaan gelap sensitivitas dari sistem visual meningkat sepanjang waktu dan kita dapat melihat objek-objek yang suram. Terdapat dua fase dalam proses adaptasi terhadap kegelapan yaitu fase pertama sekitar 5 menit untuk menggambarkan adaptasi terhadap sel kerucut (cone) dan fase kedua sekitar 30 –35 menit untuk menggambarkan adaptasi terhadap sel balok/batang (rod). Sensitivitas absolut dari mata akan menurun ketika terkena tingkat

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

cahaya yang tinggi. Adaptasi terhadap cahaya (*light adaptation*) menjadi lebih cepat dibandingkan dengan adaptasi terhadap gelap (*dark adaptation*).

### 8.4 PEMBEDAAN WARNA

Ada tiga jenis cone yang sensitif untuk panjang gelombang cahaya tertentu yang terpusat pada warna-warna dasar (merah, hijau, biru). Karena cone harus aktif untuk dapat melihat warna maka pada kondisi gelap, pandangan warna akan berkurang atau tidak terjadi. Pada penggunaannya, warna-warna tertentu mempunyai daya pandang yang lebih kuat dari warna lainnya. Tetapi keberadaan suatu warna di lingkungan warna lain yang cukup luas misalnya sebuah bulatan hijau pada suatu permukaan berwarna coklat akan cepat terlihat meskipun keduanya bukan merupakan warna-warna yang mengundang. Perbedaan warna juga disebabkan oleh fungsi sel-sel fotoreseptor pada retina. Sel batang hanya mampu membedakan warna hitam dan putih. Sedangkan sel kerucut mampu membedakan semua warna.

Warna mempunyai fungsi dalam:

- a. Menciptakan kontras warna dan mengesiapkan mata.
- b. Menciptakan lingkungan psikologis yang optimal.

Dan untuk tujuan yang lebih terperinci warna dipergunakan untuk:

- a. Membantu dalam mencari informasi yang dibutuhkan.

Penggunaan jenis warna sebaiknya tidak boleh lebih dari 6 jenis warna, jika digunakan hanya satu jenis warna maka proses mencari akan lebih mudah, bila menggunakan lebih banyak warna akan memperlambat proses pencarian yang dilakukan. Penggunaan warna lebih dari 6 jenis secara drastis bisa menurunkan kecepatan pencarian informasi (Human Factor International, 1998).

- b. Menggunakan warna untuk pengkodean.
- c. Membantu mendapatkan perhatian.
- d. Menunjukkan keterkaitan.

Warna yang sejenis dari tombol atau peralatan sebaiknya digunakan untuk menunjukkan kesamaan kelompok tersebut.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

### 8.5 MEMBACA

Membaca bukan hanya aktivitas pengenalan huruf dan ketajaman visual semata tetapi juga melibatkan gerakan mata kompleks yang dipengaruhi oleh karakteristik fisis. Membaca juga tergantung pada isi bacaan. Membaca juga dapat mengakibatkan kelelahan pada mata karena mata harus memindahkan fokus pandangannya secara cepat.

### 8.6 PERSEPSI

Persepsi adalah kemampuan untuk memahami informasi visual yang datang. Sedangkan kecepatan persepsi adalah waktu yang terpakai antara melihat suatu objek dengan persepsi visualnya. Kecepatan persepsi meningkat bersamaan dengan meningkatnya derajat cerahnya serta derajat kontras antara objek dengan pelatarannya.

Tajam visual, peka visual, dan kecepatan persepsi ternyata memiliki ketergantungan yang serupa pada tingkat cerah serta beda cerah antara objek dengan pelatarannya. Dalam praktek hal itu berarti bahwa perbaikan dalam tajam visual secara serentak dibarengi pula oleh meningkatnya peka kontras dan kecepatan persepsi. Hasil percobaan laboratorium dari Lukiesh menunjukkan bahwa peningkatan kadar cahaya menimbulkan kenaikan tajam visual, peka kontras, dan penurunan ketegangan otot.

### 8.7 TEKS

Kita seharusnya familiar dengan perbedaan diantara beberapa kriteria human faktor yang berhubungan dengan teks:

1. *Visibility* (jarak penglihatan)

Adalah kualitas suatu huruf atau simbol yang membuatnya kelihatan berbeda dengan latar belakangnya (lingkungan sekelilingnya).

2. *Legibility* (sifat mudah dibaca)

Adalah atribut dari huruf-huruf *alphanumeric* yang memungkinkan untuk setiap huruf tersebut dapat diidentifikasi terhadap yang lain. Hal ini tergantung kepada ciri-cirinya seperti *stroke-width*, bentuk/jenis huruf, kontras dan illumination.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

### 3. *Readability* (dapat dibaca, menarik untuk dibaca)

Adalah suatu kualitas yang memungkinkan pengenalan isi informasi dari material ketika material tersebut disajikan melalui huruf-huruf *alphanumeric* dalam kelompok yang berarti, seperti kata-kata, kalimat-kalimat atau *continuous text*. Hal ini lebih banyak tergantung pada spasi dari huruf-huruf dan kelompok huruf, kombinasinya ke dalam kalimat-kalimat atau bentuk-bentuk lainnya seperti spasi diantara baris, margin dan lain-lain.

### 8.8 STROKE-WIDTH

*Stroke-width* terdiri dari suatu huruf *alphanumeric*, biasanya dinyatakan sebagai rasio ketebalan stroke terhadap tinggi huruf atau angka romawi. Efek-efek dari *stroke-width* adalah berhubungan dengan latar belakang yang alami (black on white atau white on black) dan dengan pencahayaan (*illumination*). Fenomena ini disebut penerangan/penyinaran (*irradiation*). Hal ini menyebabkan huruf-huruf putih pada latar belakang hitam kelihatannya “menyebar” ke dalam daerah berdekatan, tetapi tidak demikian apabila sebaliknya. Jadi secara umum huruf hitam di atas putih seharusnya lebih tebal (mempunyai rasio yang lebih rendah) dibandingkan dengan huruf putih di atas hitam. Meskipun interaksi/hubungan ini belum sepenuhnya dipahami, beberapa generalisasi dapat ditawarkan. Beberapa asumsi dari kontras yang baik adalah:

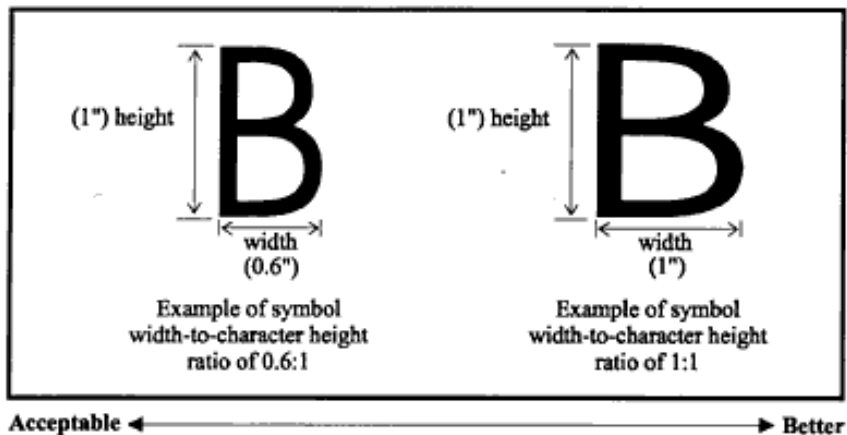
1. Dengan pencahayaan (*illumination*) yang lumayan baik, rasio yang memuaskan untuk material cetak:  
Untuk black on white = 1:6 – 1:8  
Untuk white on black = 1:8 – 1:10
2. Jika pencahayaan dikurangi, huruf-huruf tebal relatif lebih dapat dibaca dibandingkan yang tipis (hal berlaku baik untuk black on white maupun white on black).
3. Dengan pencahayaan pada level rendah atau kontras yang rendah dengan latar belakang, huruf-huruf cetak yang lebih disukai adalah tipe boldface (yang ditebalkan) dengan rasio *stroke-width to height* yang rendah (seperti 1:5)

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

4. Untuk huruf-huruf yang sangat bercahaya, rasio dapat dikurangi menjadi 1:12 sampai 1:20
5. Untuk huruf-huruf hitam pada latar belakang yang sangat bercahaya, dibutuhkan stroke yang sangat tipis.

### 8.9 RASIO LEBAR-TINGGI HURUF (*WIDTH TO HEIGHT RATIO*)

Hubungan antara lebar dan tinggi dari suatu huruf *alphanumeric* yang lengkap digambarkan sebagai rasio lebar-tinggi dan dinyatakan seperti gambar di bawah ini:



Gambar 8.1 Rasio lebar dan tinggi huruf

Jenis-jenis huruf dikelompokkan ke dalam 4 kelas utama yaitu:

1. Roman

Jenis huruf ini merupakan kelas yang lebih umum. Huruf ini mempunyai serifs (sedikit hiasan).

2. Gothic

Huruf-huruf jenis ini mempunyai strokewidth yang seragam dan tanpa serifs (gaya huruf ini disebut juga sans serifs).

3. Script

Gaya (style) dari jenis ini adalah menirukan tulisan tangan modern dan digunakan seperti pada undangan perkawinan.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

### 4. Block letter

Gaya huruf ini menyerupai tulisan tangan manuscript Jerman pada abad ke-15.

Jenis huruf Roman lebih banyak digunakan untuk teks material konvensional dan dikumpulkan/diset pada huruf-huruf kapital dan huruf-huruf kecil. Huruf Roman ini lebih mudah dibaca. Penampilan dari huruf Roman ini dapat diubah dengan menjadikannya italic atau boldface.

*Italic* : untuk penekanan, untuk judul (titles), untuk mengindikasikan penggunaan kata-kata yang spesial.

**Boldface** : digunakan untuk heading dan label, dalam beberapa contoh untuk penekanan spesial dan untuk membantu agar lebih mudah dibaca di bawah kondisi pembacaan yang kurang.

Satuan ukuran dari huruf dinyatakan dalam points (pt). 1 point (pt) = 1/72 in (0,35 mm). Perkiraan yang terdekat dari tinggi huruf kapital dalam points, 1 pt ekuivalen dengan 1/100 in (0,25) dibandingkan 1/72 in.

### 8.10 PEMBACAAN JARAK JAUH (DISTANCE READING)

Umumnya diasumsikan bahwa legibility dan readability dari huruf-huruf alphanumeric adalah sama pada jarak yang berbeda jika ukuran dari huruf-huruf ditingkatkan/meningkat untuk penglihatan jauh sehingga visual angle terhadap mata adalah sama. Rumus yang dikembangkan oleh The National Bureau of Standards (Howett, 1983) untuk menentukan stroke-width dari huruf-huruf agar dapat dibaca oleh orang pada jarak yang berbeda dengan skor Snellen Acuity yang berbeda.

Rumus untuk menyatakan hubungan antara ukuran huruf dengan jarak pengamatan terhadap objek adalah:

$$W_s = 1.45 \times 10^{-5} \times S \times d$$

$$H_L = W_s / R$$

Keterangan:

$W_s$  = lebar garis pembentuk huruf

$H_L$  = tinggi huruf

$S$  = nilai denominator ketajaman Snellen

$d$  = jarak pembacaan

$R$  = rasio lebar garis pembentuk huruf dengan tinggi huruf

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

Hal lain yang patut diperhatikan dalam pembuatan teks, simbol dan display adalah:

- a. Mudah dilihat
- b. Mudah dibedakan
- c. Mudah dibaca (dimengerti)
- d. Tahan lama
- e. Standar
- f. Mudah dikenali





# **BAB IX**

## **PERANCANGAN PRODUK DAN ALAT BANTU INFORMASI**

### **9.1 Perancangan Produk**

Salah satu fokus utama dalam ergonomi adalah perancangan yang disesuaikan untuk manusia. Produk diproduksi agar sering digunakan oleh manusia, maka desain produk harus disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi manusia. Secara umum, terdapat enam tahapan bagi perancangan yang disesuaikan untuk manusia:

1. Definisikan kebutuhan pengguna.
2. Deskripsikan kebutuhan fungsional secara rinci.
3. Lakukan task analysis.
4. Merancang user interface.
5. Mengembangkan produk.
6. Pengujian produk oleh pengguna.

#### **9.1.1 Panduan Perancangan Produk**

Berikut ini merupakan panduan bagi perancangan produk untuk meningkatkan aspek efisiensi, faktor-faktor manusia dan keselamatan dalam penggunaannya.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

**Konsep Desain Secara Umum.** Area utama dari fokus perancangan produk adalah:

1. Desain untuk kehandalan → Produk harus mampu menampilkan performansi yang handal pada saat penggunaan.
2. Desain untuk kenyamanan → Produk harus mampu memberikan kenyamanan bagi pemakainya pada saat penggunaan. Beberapa variabel yang dapat mempengaruhi kenyamanan penggunaan antara lain: berat produk, jumlah tenaga yang dibutuhkan saat pengoperasian, tegangan pada jaringan lunak, ukuran pegangan tangan dan jarak ruangan.
3. Desain untuk ketahanan → Produk harus mampu beroperasi dengan baik selama umur pakainya, dengan asumsi produk tersebut dipakai secara normal.
4. Desain untuk *usability* → *Usability* adalah fungsi dari kemampuan produk untuk memenuhi tujuan pembuatan dan kenyamanan penggunaannya. Produk harus mampu memenuhi tujuan pembuatannya dan nyaman pada saat digunakan.
5. Desain untuk efisiensi penggunaan → Produk akan lebih efektif dan lebih mudah diterima oleh pengguna jika lebih mudah digunakan.

Sebagai tambahan bagi panduan diatas, manual pengoperasian produk harus mudah dibaca dan dipahami. Ilustrasi yang akurat dapat mendukung hal tersebut. Alih bahasa manual pengoperasian sebaiknya dilakukan jika produk akan digunakan di negara lain.

**Panduan Spesifik.** Hal ini dikembangkan dari teori umum sistem manusia-mesin dan keterbatasan dari elemen manusia dalam sistem tersebut. Perancang produk harus memahami calon pengguna dan reliabilitas performansi dalam berbagai lingkungan kerja yang berbeda dengan baik.

Beberapa penyebab cedera berat yang perlu diperhatikan pada saat merancang produk:

- Agen-agen lingkungan seperti suara keras, pencemar air dan zat kimia yang mampu mengendap selama berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

- Benturan fisik dengan sebuah objek.
- Tegangan berlebihan yang terlokalisasi akibat kebutuhan pekerjaan, seperti penggunaan sendi pada postur yang janggal secara berulang-ulang.

### 9.1.2 *Product Liability*

Persaingan bisnis yang semakin ketat telah mengubah hubungan antara perusahaan manufaktur dengan konsumen. Filosofi lama *caveat emptor* (biarkan pembeli waspada) berubah menjadi *caveat venditor* (penjual yang waspada). Atmosfer dari aktivitas perancangan lama yang menekankan pada aspek teknis yang ketat seperti: *manufacturability*, *marketability*, desain elemen dan sirkuit mesin, kekuatan material dan mekanika mulai mendapat tantangan. Didukung oleh peraturan perundang-undangan, konsumen meminta sebagai tambahan aspek teknis, produk harus mampu memenuhi ekspektasi sosial.

**Asuransi bagi *Product Liability*.** Perusahaan manufaktur mungkin saja telah melakukan segala hal yang mungkin dilakukan dengan memanfaatkan semua informasi yang ada untuk merancang sebuah produk yang aman digunakan, akan tetapi hal tersebut tetap tidak menghilangkan peluang terjadinya kecelakaan. Oleh karena itu tinjauan internal terhadap desain produk dapat dilengkapi dengan asuransi *product liability* untuk meminimasi risiko tuntutan konsumen. Jenis asuransi ini biasanya disediakan oleh pihak lain (bukan internal perusahaan) dan menawarkan kompensasi atas kerusakan yang ditimbulkan oleh produk. Sebagai tambahan, pihak asuransi biasanya juga menyediakan pelayanan lain seperti: minimasi risiko *product liability*, pengendalian kerugian, investigasi klaim konsumen dan bantuan hukum.

**Konsep *Product Liability* dan Penyebab Klaim.** Dua dasar hukum bagi *product liability* adalah prinsip kontrak dan hukum gugatan. Sebuah kontrak yang sah akan bersifat mengikat dan apabila dilanggar akan menimbulkan konsekuensi. Perjanjian muncul dari hubungan langsung antara kedua belah pihak. Untuk kasus penjualan, garansi dapat tersurat maupun tersirat dan keduanya memiliki efek legal. Berdasarkan konsep ini pelanggan yang telah membeli produk

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

boleh saja menuntut pihak penjual jika produk tersebut tidak sesuai dengan deskripsi pada saat dijual.

Hukum gugatan ditetapkan berdasarkan standar tindakan yang dapat diterima oleh manusia. Salah satu teori dalam hukum gugatan adalah kelalaian. Kelalaian berkaitan dengan kegagalan perawatan. Gugatan merupakan kontrak independen yang salah. Gugatan hukum menetapkan standar tindakan yang dapat diterima manusia. Salah satu teori gugatan adalah kelalaian. Kelalaian berkaitan dengan kegagalan yang terjadi akibat kurangnya perhatian/ perawatan.

Di Amerika Serikat, terdapat tiga teori dimana *product liability* dapat dikenakan pada manufaktur dan penjual:

1. Kelalaian
2. Pelanggaran dari garansi yang tersurat atau tersirat
3. *Liability* ketat akibat perbuatan melawan hukum

**Minimasi Resiko *Liability*.** Perancang produk harus memperhatikan potensi kecelakaan pada pengguna dan orang-orang disekitarnya. Jika pencegahan terhadap segala kemungkinan bahaya tidak memungkinkan, maka peringatan harus dicantumkan pada label produk, buku panduan penggunaan dan semua materi yang terkait dengan produk.

### 9.2 *Design for Maintainability*

*Design for maintainability* fokus terhadap peninjauan siklus desain perlengkapan untuk meningkatkan ketersediaan fungsi perlengkapan tersebut dapat digunakan dalam waktu yang lama. Tujuan dari *design for maintainability* adalah sebagai berikut:

1. Meminimasi:
  - *Down time*
  - Waktu perawatan
  - Kerusakan peralatan
  - Kerusakan pada personel
  - Biaya perawatan total
2. Memaksimasimalkan ketersediaan peralatan.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

### 9.2.1 Fitur-Feat *Design for maintainability*

Fitur-fitur *design for maintainability* sudah harus dikembangkan sejak tahap desain konseptual produk. Pada tahap awal desain, faktor-faktor seperti aksesibilitas, visibilitas, ketentuan pemecahan masalah, pelumasan dan faktor sejenis lainnya sudah harus ditentukan. *Maintainability* berkaitan erat dengan perawatan. Oleh karena itu, pengetahuan akan tipe aktivitas perawatan perlu dipahami untuk menentukan fitur-fitur *design for maintainability*.

Secara umum, terdapat dua tipe aktivitas perawatan:

#### 1. *Preventive maintenance*

Perawatan produk dilakukan secara berkala. Tipe perawatan ini membantu produk untuk selalu bekerja dalam kondisi baik meskipun harus sering mengalami shutdown untuk waktu yang singkat. Jika ditinjau dari segi biaya, tipe perawatan ini relatif lebih efisien.

#### 2. *Preventive maintenance*

Aktivitas perawatan baru dilakukan apabila produk sudah mati total. Tipe penjadwalan ini tidak membutuhkan penjadwalan, akan tetapi sumber daya yang diperlukan untuk aktivitas perawatan harus tersedia setiap saat.

Prosedur perawatan haruslah terdokumentasi dengan baik, oleh karena itu sebagai tambahan instruksi perawatan, skematik dan diagram alur juga disarankan untuk memperjelas proses aktivitas perawatan. Beberapa fitur *design for maintainability* yang dapat digunakan untuk mendukung dan meningkatkan performansi aktivitas perawatan adalah sebagai berikut (Pulat, 1992):

1. Posisikan akses poin tangan, lengan dan tubuh sedemikian rupa sehingga meminimumkan potensi kontak dengan sumber energi (listrik, panas, elemen-elemen mesin yang bergerak).
2. Sediakan pelindung bagi elemen-elemen mesin yang bergerak dan sudut-sudut yang tajam.
3. Sediakan sistem pengaman pada akses terhadap peralatan atau komponen yang dialiri arus tinggi.
4. Tempatkan peralatan kendali sejauh mungkin dari tegangan tinggi.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

5. Rancang alat pemegang untuk komponen yang mungkin terbalik atau tergelincir sehingga melukai pekerja.
6. Sediakan sistem pengaman pada peralatan hidrolik untuk mencegah jatuhnya beban jika terjadi kegagalan hidrolik.
7. Posisikan akses peralatan pada permukaan yang terbuka.
8. Posisikan akses peralatan pada sisi yang sama dengan display dan sistem kendali.
9. Peralatan yang sering memerlukan perawatan harus diletakkan pada posisi yang mudah diakses.
10. Beri warna yang berbeda pada setiap kabel untuk mempermudah *troubleshooting*.
11. Sediakan label peringatan untuk setiap akses ke tegangan tinggi atau bahan-bahan berbahaya.
12. Pertimbangkan ketersediaan komponen pengganti.
13. Susun modul-modul sehingga setiap unit dapat disesuaikan, diperiksa dan dilumasi secara terpisah.
14. Sambungan hasil solder harus dipisahkan dengan jarak yang memadai.
15. Kontak *plug-in* yang dioperasikan dengan tangan lebih cocok bagi aktivitas perawatan.
16. *Alignment pin*, lubang kunci, kunci dan hal lain yang sejenis harus memfasilitasi kesejajaran konektor yang tepat.
17. Sediakan paling tidak 9 cm (3,5 in.) bukaan bagi akses satu tangan.
18. *Quick-connect handle* dapat membantu operasi penanganan material jika pegangan permanen tidak diinginkan.
19. Posisikan pegangan sedemikian rupa sehingga pusat massa unit yang diangkat berada di bawah pegangan.
20. Tandai komponen yang memerlukan perawatan sehingga bisa diidentifikasi dengan cepat.
21. Gunakan pengkodean untuk membedakan tempat pengujian dan pelayanan.
22. Gunakan pengencang seminimum mungkin sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan.

# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

## 9.2.2 Performansi *Troubleshooting*

Efektivitas perawatan tidak hanya bergantung pada fitur *design for maintainability* saja tetapi juga dari keefektifan performansi *troubleshooting* yang dilakukan manusia. Karakteristik performansi *troubleshooting* dapat membantu identifikasi fitur *design for maintainability* yang mungkin belum terpikirkan oleh perancang. Terdapat dua hal yang mempengaruhi performansi *troubleshooting*, yaitu: pengetahuan teknis dan pemahaman terhadap hubungan diantara subsistem, lokasi terjadinya permasalahan serta kompleksitas peralatan.

## 9.3 Perancangan *Hand Tool*

Peralatan manual (*hand tool*) mengembangkan kemampuan manusia untuk melakukan pekerjaan yang tidak mungkin dilakukan dengan hanya menggunakan anggota tubuh saja. Beberapa contoh *hand tool* adalah obeng, gergaji dan mesin solder. Pertimbangan utama dalam perancangan *hand tool* adalah potensi penggunaannya. Sebuah *hand tool* tidak akan ada nilainya sampai benda itu dapat memenuhi tujuan perancangannya. Perancangan *hand tool* ini juga tidak mengesampingkan keamanan dan keselamatan dari pengguna.

### 9.3.1 Dampak Muskuloskeletal

Dampak muskuloskeletal merupakan resiko terbesar dari penggunaan *hand tool*. Beberapa *hand tool* bahkan dapat menyebabkan dampak signifikan pada jaringan tubuh. Dampak umum yang dapat dirasakan terjadi pada jaringan otot. Tingkat aktivitas otot pada tangan dan resultan tarikan tendon bergantung pada pengaturan genggamannya serta antropometri tangan dan pergelangannya.

### 9.3.2 Panduan Berdasarkan Rancangan *Hand Tool*

Terdapat beberapa panduan yang dikembangkan berdasarkan konsep perancangan *hand tool*:

1. Sesuaikan pegangan untuk membantu genggamannya → Distribusikan gaya disepanjang tangan dan hindari konsentrasi gaya pada satu area kecil.



## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

2. Perkirakan ruang jarak pegangan untuk mengoptimalkan *grip span* → *Grip span* adalah jarak antara dua pegangan yang butuh digenggam dengan kekuatan. Kekuatan genggam wanita setengah dari pria dan terdapat variasi nilai kekuatan genggam pada gender yang sama. Jika pegangan berbentuk melingkar, diameter optimal untuk menghasilkan kekuatan genggam maksimum adalah sekitar 4 cm (1,57 in.).
3. Perkirakan ruang bagi jari → Untuk keamanan pada saat pengoperasian. Analisis penggunaan dan data antropometri jari tangan dapat digunakan sebagai panduan.
4. Minimasi tegangan yang terkonsentrasi pada jaringan lunak → Tegangan yang terkonsentrasi pada area kecil di telapak tangan dapat mengganggu aliran darah dan fungsi syaraf. Hindari penggunaan pegangan yang kecil, sempit dan pendek. Alur jari pada pegangan juga dapat memfokuskan tegangan karena jarang sekali jari-jari pemakai dapat sesuai dengan alur tersebut.
5. Lindungi tangan dari energi luar → Pegangan harus dapat melindungi tangan dari energi luar seperti panas, dingin, getaran dan kejutan listrik. Pegangan harus terisolasi dari potensi panas atau kejutan listrik. Pegangan dari karet yang dapat ditekan akan membantu mengurangi transmisi getaran ke tangan dan membantu pengenggaman.

### 9.3.3 Pedoman Berdasarkan Penggunaan *Hand Tool*

Berikut pedoman yang fokus terhadap faktor penggunaan alat:

1. Jaga kelurusan pergelangan tangan → Hal ini merupakan pertimbangan utama dalam desain *hand tool*. Penggunaan *hand tool* dengan posisi pergelangan tangan yang membengkok dapat menyebabkan terjadinya *Cumulative Trauma Disorder* (CTD).
2. Gunakan sarung tangan dengan hati-hati → Sarung tangan membutuhkan ruang tambahan bagi jari dan tangan, mengurangi ketangkasan tangan, gaya yang bisa digunakan pada saat menggunakan sarung tangan lebih kecil, sarung tangan yang lapang dapat tersangkut pada elemen mesin yang berputar dan bisa memberikan sensasi yang salah mengenai genggamannya yang kuat.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

3. Cegah peralatan slip pada saat digunakan → Pegangan dari logam atau plastik dengan permukaan yang rata dapat menjadi licin dalam lingkungan kerja yang panas dan lembab.
4. Hindari pengulangan gerakan jari → Jari tidak seharusnya digunakan untuk membuka dan menutup pegangan tool pada saat penggunaan. Mekanisme pegas dapat membantu hal ini.
5. Meminimasi beban statis pada tangan dan lengan → Peralatan berat tidak seharusnya digunakan untuk waktu pengerjaan yang lama. Jika akan digunakan dalam waktu pengerjaan lama, bobot peralatan seharusnya tidak melebihi 0,5 kg. Titik pusat massa peralatan harus dekat dengan tangan untuk meminimasi kemungkinan slip dan berputar saat penggunaan. Lingkungan kerja harus diatur sedemikian rupa sehingga peralatan digunakan dengan posisi siku dekat dengan badan dan tidak perlu diangkat.

### 9.4 Rancangan Label dan Tanda

Rancangan label dan tanda harus dapat memastikan bahwa pesan bisa ditangkap dengan cepat oleh pekerja tanpa mengalami kebingungan. Berikut ini merupakan beberapa rekomendasi bagi perancangan label dan tanda untuk meningkatkan efisiensi pengiriman informasi (Pulat, 1992):

1. Setiap label atau tanda harus jelas dan memiliki fungsi yang sesuai dengan tujuan perancangannya.
2. Gunakan pesan yang jelas dan pasti, hindari kata-kata yang ambigu. Sedapat mungkin gunakan kalimat aktif.
3. Jika memungkinkan, gunakan label atau tanda yang telah terstandarisasi.
4. Label yang diukir seharusnya tidak ditempatkan pada area yang memungkinkan terjadinya penumpukan debu dan korosi.
5. Tempatkan label dan tanda pada tempat yang tidak sulit dibaca walaupun terkena pantulan dan bayangan.
6. Label pada permukaan yang melengkung harus bisa terbaca, paling tidak pada satu titik yang nyaman.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

7. Judul dan pesan singkat harus menggunakan huruf kapital.
8. Keterbacaan bisa ditingkatkan dengan menggunakan bingkai disekeliling label.

# BAB X

## TOPIK KHUSUS

Bab ini menjelaskan beberapa topik khusus yang menarik dan sering dibahas dalam bidang ergonomi. Topik tersebut dipilih berdasarkan tingkat kepentingannya dalam lingkungan industri. Mengingat bahwa terdapat cukup banyak topik-topik yang berhubungan dengan ergonomi industri, maka Bab ini hanya akan membahas beberapa topik saja, yaitu: *human error*, alat bantu performansi kerja, perancangan untuk lansia dan ergonomi bagi manufaktur tingkat lanjut.

### **10.1 Human Error**

Kesalahan (*error*) yang disebabkan oleh manusia disebut sebagai kesalahan manusia (*human error*). Meister (1971) menyatakan bahwa sekitar 20%-50% kegagalan yang terjadi dalam suatu sistem disebabkan oleh *human error*. *Human error* memiliki hubungan keterkaitan dengan analisis keandalan manusia (*Human Reliability Analysis*). *Human reliability* adalah kemampuan manusia untuk menyelesaikan suatu tugas dengan sukses dalam jangka waktu tertentu, berdasarkan beberapa syarat atau ketentuan (Meister, 1971). Sedangkan menurut Swain dan Guttman, *human reliability* adalah probabilitas dari kinerja yang benar dalam suatu sistem pada jangka waktu tertentu tanpa membandingkannya dengan cara lain. Setiap perilaku atau tindakan yang berada diluar batas penerimaan *human reliability* dikategorikan sebagai *human error*. *Human error* didefinisikan sebagai suatu keputusan atau tindakan yang dapat

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

mengurangi atau setidaknya berpotensi untuk mengurangi efektifitas, keamanan atau performansi suatu sistem (Mc. Cormick, 1993). Namun pada penyelidikan lebih lanjut *human error* dapat dikategorikan sebagai ketidaksesuaian kerja yang bukan hanya akibat dari kesalahan manusia, tetapi juga karena adanya kesalahan pada perancangan dan prosedur kerja.

*Human error* dapat disebabkan oleh berbagai hal diantaranya adalah:

1. Perilaku yang tidak benar.
2. Kemampuan pekerja lebih rendah dibandingkan yang dibutuhkan pekerjaan.
3. Kebosanan atau stres yang berlebihan.
4. Pekerjaan yang dirancang tidak sesuai bagi manusia.
5. Pelatihan yang tidak sesuai atau tidak tepat.

### 10.1.1 Klasifikasi *Human Error*

*Human error* dapat diklasifikasikan ke dalam 2 kategori, yakni berdasarkan perilaku dasar dan tipe operasi. Berdasarkan perilakunya, Swain membagi *human error* menjadi 2 yakni:

1. *Error of omission* → Operator tidak mengerjakan suatu proses dalam sebuah sistem. Kesalahan ini terjadi karena kurangnya pelatihan atau tekanan yang terlalu berlebihan pada operator.
2. *Error of commission* → Operator melaksanakan semua proses yang harus dilakukan namun tidak mengerjakannya dengan benar. Kesalahan ini disebabkan oleh kesalahan pelaksanaan prosedur atau karena tidak dapat menyelesaikan pekerjaan tepat waktu.

Sementara berdasarkan tipe operasinya, Meister membagi *human error* menjadi 6 yakni:

1. Kesalahan operasi.
2. Kesalahan perakitan.
3. Kesalahan perancangan.
4. Kesalahan inspeksi.
5. Kesalahan instalasi.
6. Kesalahan perawatan.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

### 10.1.2 Metode-Metode *Human Reliability Assessment* (HRA)

Beberapa metode yang dapat digunakan sebagai *human reliability assessment* antara lain:

1. *Operability methods*, metode ini meramalkan keandalan kinerja pada pekerjaan yang berhubungan dengan pengoperasian alat. Beberapa metode yang termasuk dalam metode ini adalah :

a. Metode THERP (*Technique for Human Error Rate Prediction*), menggunakan basis data probabilitas kesalahan yang dimodifikasi oleh penilai melalui pertimbangan dari ahli dengan memperhatikan status dan berbagai faktor yang menentukan performansi. Tahapan analisis dengan metode ini adalah sebagai berikut:

- 1) Dekomposisi aktivitas menjadi elemen-elemennya
- 2) Penentuan nilai *human error probability* untuk setiap elemen
- 3) Penilaian efek dan faktor performansi untuk setiap elemen
- 4) Perhitungan *human error probability* untuk seluruh aktivitas

Metode ini memiliki kemampuan untuk menganalisis aktivitas-aktivitas dengan probabilitas rendah, dimana didalamnya terdapat tingkat motivasi dan infrastruktur yang tinggi untuk mencapai keandalan tinggi.

b. Metode HECA (*Human Error and Criticality Analysis*), digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas kritis manusia yang berhubungan dengan *human error* dan akan memberikan informasi tentang keandalan dan keamanan sistem. Proses analisis metoda ini terdiri dari 4 langkah umum yakni analisis aktivitas, pembuatan pohon kejadian, estimasi HEP dan analisis lembar kerja HECA. Berbeda dengan metode THERP, metode HECA dilakukan berdasarkan prosedur standar seperti SOP.

c. Metode HEART (*Human Error Assessment and Reduction Technique*), Langkah awal perhitungan pada metode ini adalah melakukan kategorisasi aktivitas menjadi kategori umum oleh penilai. Metode ini telah dikembangkan secara komputerisasi yang memungkinkan perhitungan secara otomatis, sehingga

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

penilai dapat langsung melihat efek dari penilaian proporsi. Selain itu fluktuasi acak yang ditimbulkan oleh kesalahan perhitungan dapat dicegah melalui penjaminan kualitas prosedur dan validasi serta verifikasi dari program komputer yang telah dikembangkan.

- d. Metode JHEDI (*Justified Human Error Data Information*), valid bagi aktivitas-aktivitas yang memiliki tingkat signifikansi tinggi, termasuk pengendalian administratif. Untuk aktivitas dengan kategori *error of commission*, analisis dengan metode ini dapat memberikan performansi yang buruk.

Selain beberapa metode diatas, terdapat pula beberapa metode lain yang biasa digunakan seperti AIR *Data Store*, TEPPS (*Technique for Establishing Personel Performance Standards*), Metode Pontecorvo, HOS (*Human Operator Simulator*), ORACLE (*Operations Research and Critical Link Evaluator*) dan SAINT (*Systems Analysis of Integrated Networks of Tasks*).

2. *Maintenance methods*, dikembangkan untuk meramalkan keandalan kinerja dari proses perawatan/ *maintenance*. Beberapa metode yang biasa digunakan adalah ERUPT (*Elementary Reliability Unit Parameter Technique*), *Personel Reliability Index* dan metode prediksi MIL-HDBK 472.

Cara yang paling efektif untuk mengendalikan *human error* adalah dengan perancangan kerja yang ergonomis. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, *human error* paling sering disebabkan oleh perancangan kerja yang tidak sesuai dengan penggunaanya. Manusia membuat kesalahan lebih sedikit pada lingkungan yang sesuai dengan ekspektasi serta lingkungan dimana mereka dapat bekerja dengan efektif. Cara lain yang biasa digunakan adalah dengan mengganti operator. Penerapan cara ini adalah bahwa kinerja operator yang buruk karena faktor pribadi seperti kurang tangkas, penglihatan yang kurang, tuli parsial atau kemampuan yang kurang memadai. Operator yang lebih mahir akan melakukan kesalahan yang lebih sedikit.

# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

## 10.2 Alat Bantu Performansi Kerja

Alat bantu performansi kerja berfungsi untuk meningkatkan kinerja manusia dalam melaksanakan pekerjaannya. Menurut Rifkin dan Everheart, alat bantu performansi kerja adalah suatu perangkat atau dokumen yang menyediakan informasi yang diperlukan untuk melaksanakan tugas secara efektif. Pada kebanyakan instansi, alat bantu performansi kerja juga digunakan untuk membantu meningkatkan kapasitas penjualan serta mempertahankan informasi dan membuatnya tetap tersedia selama proses. Alat bantu performansi kerja akan mengurangi jumlah keputusan yang diperlukan dalam melakukan suatu pekerjaan, dengan memberikan panduan langkah demi langkah dari solusi yang memungkinkan. Menurut Swezey, pekerjaan yang dapat dibantu dengan alat bantu performansi kerja adalah pekerjaan yang melibatkan kalkulasi, kebutuhan memori yang ketat, keakuratan, keputusan yang sulit dan penilaian dari beberapa orang. Alat bantu performansi kerja juga sesuai untuk pekerjaan yang berulang dan membosankan.

Adapun beberapa keuntungan dalam penggunaan alat bantu performansi kerja adalah sebagai berikut:

1. Mengurangi *error*/ kesalahan.
2. Meningkatkan kecepatan performansi.
3. Mengurangi kebutuhan pelatihan.

Alat bantu performansi kerja yang efektif untuk mengurangi kebutuhan pelatihan. Berbagai macam *error* juga dapat dikurangi dengan menggunakan alat bantu performansi kerja. Selain itu kecepatan performansi akan semakin meningkat karena operator tidak perlu mengulang kembali pekerjaan yang tidak tepat.

Dalam merancang suatu alat bantu performansi kerja maka terdapat beberapa ketentuan diantaranya :

1. Pengembangan jenis alat bantu performansi kerja harus konsisten dengan penggunaan yang diharapkan serta tujuan yang telah ditetapkan.
2. Gunakan kata dan kalimat yang singkat serta spesifik.
3. Gunakan simbol dan singkatan yang dikenali pengguna.



## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

4. Periksa keefektifan sebelum digunakan.
5. Mengandung fakta, bukan opini atau asumsi. Kombinasikan dengan informasi terkait.
6. Bagian-bagian yang penting ditandai menggunakan warna, spasi, garis batas dan lain-lain.
7. Jangan mengulang-ulang informasi.
8. Rancang alat bantu performansi kerja sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu pekerjaan penggunanya.
9. Cantumkan dengan jelas judul, nomor versi (diperlukan dalam penggunaan *software*) serta tujuan.
10. Jika alat bantu performansi kerja terdiri atas beberapa bagian, cantumkan masing-masing bagiannya.
11. Gunakan notasi yang seragam.
12. Tempatkan contoh penggunaan dekat dengan tulisan yang dimaksud.
13. Tulisan dan diagram harus dapat terbaca dan mudah dibaca dengan jelas.
14. Pastikan jarak margin yang cukup antara tulisan dan baris.
15. Periksa kembali sebelum akan dicetak.
16. Pastikan pengguna yang ditargetkan menggunakan alat bantu performansi kerja.

### 10.3 Perancangan bagi Lansia

Perancangan untuk lansia dilakukan karena masih cukup banyak ditemui orang-orang berusia lanjut yang masih bekerja dilingkungan industri. Selain itu juga terdapat banyak produk yang target pasarnya adalah kaum lanjut usia atau manula. Peningkatan teknologi serta fasilitas-fasilitas kesehatan meningkatkan usia harapan hidup. Peningkatan usia harapan hidup mengakibatkan semakin banyaknya jumlah lansia. Bertambahnya jumlah penduduk lanjut usia juga memicu munculnya fasilitas pelayanan bagi penduduk lanjut usia. Penduduk lanjut usia takkan dapat dengan leluasa menggunakan fasilitas manusia pada umumnya, karena penduduk lanjut usia memiliki berbagai keterbatasan dalam beraktivitas. Oleh karena itu,

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

fasilitas yang akan digunakan oleh penduduk lanjut usia sebaiknya dirancang secara khusus dengan menerapkan aplikasi ergonomi yang menggunakan pendekatan antropometri tubuh dan fisiologi penduduk lanjut usia. Hal ini dikarenakan kecenderungan kondisi fisik penduduk lanjut usia yang semakin menurun seperti kekuatan tulang dan juga otot.

Perancangan fasilitas bagi lansia tidak boleh dilakukan secara sembarangan karena akan berdampak langsung pada penggunanya yaitu penduduk usia lanjut, sehingga perlu diperhatikan beberapa parameter khusus sebelum melakukan perancangan. Adapun beberapa parameter yang harus diperhatikan dalam melakukan perancangan untuk usia lanjut adalah sebagai berikut :

### 1. Karakteristik sensorik

Seiring bertambahnya usia maka kemampuan sensorik manusia akan semakin menurun. *Visual acuity* akan terus menurun pada rentang usia 15 hingga 90 tahun. Kemampuan adaptasi terhadap gelap pun tidak akan seefektif biasanya pada usia 60 hingga 89 tahun. Selain itu kemampuan sensorik lain seperti indera pendengaran dan penciuman juga akan semakin menurun seiring bertambahnya usia.

### 2. Karakteristik kognitif

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Schaie, kemampuan kognitif manusia akan tetap baik sebelum memasuki usia 60 tahun. Setelah melewati usia tersebut manusia akan mulai mengalami kekurangan kemampuan intelektual, kemampuan berpikir, ingatan, serta kecepatan dalam memahami sesuatu. Namun semakin tua manusia maka akan lebih sering mengandalkan pengalaman serta pertimbangannya. Hal ini menyebabkan penduduk lanjut usia lebih selektif.

### 3. Karakteristik fisik dan psikomotorik

Kekuatan manusia pada umumnya akan terus menurun setelah memasuki usia paruh baya. Hampir 50% dari kekuatan manusia akan berkurang saat memasuki usia 65 tahun. Namun kekuatan tangan hanya akan berkurang sebanyak 16%. Perilaku psikomotorik akan melambat seiring bertambahnya usia. Gelombang otak dari

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

orang berusia lanjut juga akan melambat sehingga menyebabkan waktu reaksi terhadap rangsangan pun melambat.

### 4. Respon termoregulasi

Termoregulasi adalah pengaturan fisiologis tubuh manusia terkait keseimbangan antara produksi dan pelepasan panas sehingga suhu tubuh dapat dipertahankan secara konstan. Keseimbangan suhu tubuh diregulasi oleh mekanisme fisiologis dan perilaku. Pada orang lanjut usia kemampuan ini akan semakin menurun sehingga perlu diperhatikan pula dalam perancangan.

### 5. Sikap dan kebiasaan kerja

Orang lanjut usia hanya dapat fokus pada satu macam kegiatan, sehingga tidak cocok untuk kegiatan yang dilakukan secara bersamaan. Dalam melakukan suatu kegiatan sebaiknya disesuaikan dengan tingkat kecepatan orang lanjut usia, karena mereka memerlukan waktu untuk memahami dan bereaksi terhadap suatu kegiatan. Dalam melakukan perancangan maka sebaiknya memperhatikan kebiasaan pergerakan orang lanjut usia sehingga tidak memerlukan waktu lama untuk memahami dan beradaptasi pada hal yang baru.

### 10.4 Ergonomi pada Manufaktur Tingkat Lanjut

Ergonomi adalah ilmu tentang kerja dan hampir semua / sebagian besar kerja berada di lingkungan industri termasuk industri manufaktur. Secara umum penerapan ergonomi di semua industri sama namun karena terdapat karakteristik yang berbeda-beda pada setiap jenis industri, maka penerapan ergonomi juga akan berbeda-beda dan memiliki ciri khas tersendiri. Karakter utama dalam manufaktur tingkat lanjut adalah otomasi. Implementasi hal ini dapat dilihat pada proses fabrikasi, perakitan dan *material handling*. Beberapa contoh penerapan otomasi dalam manufaktur adalah “integrasi komputer ke dalam proses manufaktur (CIM)”.

Dalam bidang manufaktur, CIM memiliki peran yang sangat penting. CIM muncul pada akhir 1970-an dan awal 1980-an sebagai landasan dalam proses manufaktur pada setiap jenis tipe produksi. Pada CIM terdapat manajemen dan pergerakan informasi manufaktur

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

yang otomatis mulai dari perancangan produk, penerimaan pesanan, dan proses manufaktur hingga distribusi.

### 10.4.1 Efek Otomasi

Otomasi memberikan pengaruh yang besar terhadap pekerjaan manusia. Efek-efek utama yang ditimbulkan oleh otomasi dalam pekerjaan manusia diantaranya:

1. Terjadi fragmentasi pekerjaan.
2. Memerlukan kendali penuh dari *supervisor*.
3. Memerlukan pelatihan.
4. Penggantian peran tenaga kerja.
5. Penurunan otonomi.
6. Meningkatkan ketergantungan terhadap hal lain seperti perawatan dan tenaga kerja tak langsung.
7. Perlu memperhatikan keamanan.
8. Menyebabkan perpindahan pekerja.
9. Menyebabkan kebosanan dan *stress*.

### 10.4.2 Stasiun Kerja Robotik

Sejak tahun 1980-an mulai banyak diterapkan sistem robotik pada industri manufaktur. Robot lebih banyak digunakan daripada tenaga kerja manusia karena memiliki nilai lebih dari segi ekonomi, konsistensi dan keakuratannya. Hal ini berlaku terutama bagi pekerjaan yang bersifat monoton, memiliki tekanan dan berbahaya. Pada beberapa kasus, kekurangan tenaga kerja juga menyebabkan penggunaan robot. Penggunaan robot sebenarnya sangat berpotensi besar menyebabkan pengangguran.

Penggunaan robot dapat mengurangi ketegangan psikologis, tapi biasanya *stress* dapat diperoleh saat melakukan pemrograman robot dan pada saat pelatihan sistem robotik. Para pekerja perlu mendapatkan pelatihan mengenai pemrograman dan penggunaan sistem robotik. Petugas perawatan harus meningkatkan kemampuan penanganan robotnya, sementara operator produksi hanya dibutuhkan dalam mengerjakan proses yang tidak bisa dikerjakan robot seperti

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

*loading* dan *unloading*. Namun operator produksi akan menghabiskan lebih banyak waktu untuk mengawasi jalannya produksi oleh sistem robotik.

# **BAB XI**

## **KESELAMATAN DAN KESEHATAN INDUSTRI**

Keselamatan dan kesehatan kerja adalah salah satu bentuk upaya untuk menciptakan tempat kerja yang aman, sehat, bebas dari pencemaran lingkungan, sehingga dapat melindungi dan bebas dari kecelakaan kerja dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan produktivitas kerja. Kecelakaan kerja tidak saja menimbulkan korban jiwa tetapi juga kerugian materi bagi pekerja dan perusahaan serta dapat mengganggu proses produksi secara menyeluruh, merusak lingkungan yang pada akhirnya akan berdampak pada masyarakat luas. Keselamatan dan kesehatan merupakan tema yang paling erat kaitannya dengan ergonomi.

Kesehatan kerja adalah spesialisasi dalam ilmu kesehatan/kedokteran yang bertujuan agar pekerja/ masyarakat pekerja bisa memperoleh derajat kesehatan semaksimal mungkin, baik secara fisik, mental, maupun sosial. Kondisi tersebut dapat dicapai melalui usaha-usaha preventif dan kuratif terhadap penyakit/ gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh faktor-faktor pekerjaan dan lingkungan kerja. Sementara itu, keselamatan kerja adalah keselamatan yang berkaitan dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan, dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja dan lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaan (Sumakmur, 1993).

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

### 11.1 Undang-Undang dan Badan Keselamatan dan Kesehatan

Undang-undang penting yang mengacu pada keselamatan dan kesehatan adalah *Occupational Safety and Health Act* (OSHAct). Undang-undang ini biasa disebut sebagai *William-Steiger act*, diajukan pada akhir tahun 1970 dan disahkan pada tanggal 28 April 1971. OSHAct berisi tentang penyediaan keselamatan dan kesehatan kondisi kerja bagi seluruh pekerja. Berbagai organisasi bermunculan sebagai akibat dari undang-undang ini. Salah satunya adalah *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA). OSHA merupakan organisasi yang bertanggungjawab mengatur dan menegakkan standar keselamatan dan kesehatan. Dalam pelaksanaannya, OSHA didukung oleh *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) dengan OSHA *Compliance Officer* sebagai pengawasnya. Selain organisasi-organisasi tersebut terdapat juga *Occupational Safety and Health Review Commission* (OSHRC). Organisasi ini mendengarkan dan mengelola laporan terkait pelanggaran standar keselamatan dan kesehatan.

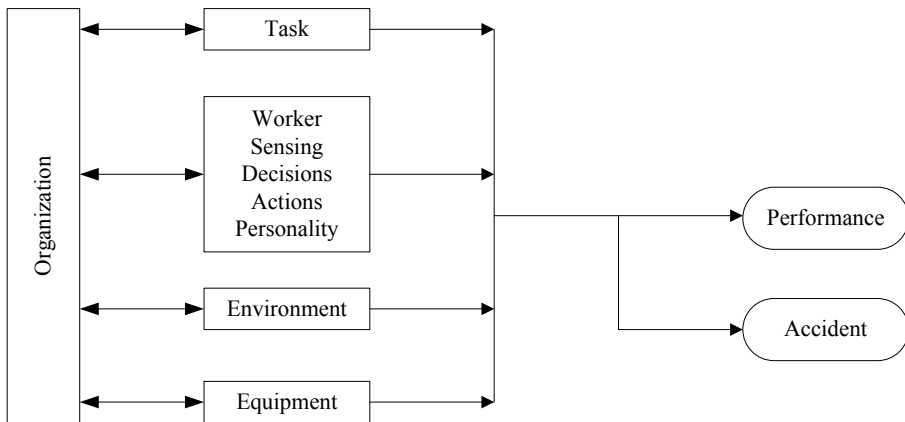
Menurut OSHAct, seorang karyawan memiliki dua tanggung jawab utama yakni:

1. Kewajiban umum → Menciptakan lingkungan kerja yang aman dan bebas dari bahaya kematian atau bahaya fisik serius.
2. Kewajiban khusus → Menyimpan data mengenai luka, penyakit, dan kematian yang berhubungan dengan kerja, serta menyimpan data terkait karyawan yang terserang zat racun dan berbahaya.

### 11.2 Model Kecelakaan

Kecelakaan dapat menyebabkan bahaya fisik kepada manusia. Sebuah kecelakaan dapat disebabkan oleh berbagai hal yang kompleks dan melibatkan banyak pihak dan faktor. Berdasarkan perilaku manusia, Ramsey mengusulkan 4 tingkatan model urutan kecelakaan. Secara khusus, probabilitas terjadinya kecelakaan menjadi lebih besar jika tahapan perilaku persepsi, kognitif, penetapan keputusan dan kemampuan untuk menghindari menghasilkan konsekuensi negatif. Beberapa faktor utama yang mempengaruhi kinerja keselamatan suatu perusahaan dapat dilihat pada gambar 13.1 berikut.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI



**Gambar 11.1** Faktor Utama dari Kinerja Keselamatan

Sebuah kecelakaan dapat disebabkan oleh hal-hal yang sederhana atau kompleks. Tindakan sederhana yang tidak aman dalam pengoperasian alat dapat menyebabkan kecelakaan. Kondisi yang tidak aman dalam pekerjaan, lingkungan peralatan, dan struktur organisasi juga dapat menyebabkan kecelakaan. Kombinasi dari tindakan yang tidak aman dan kondisi yang tidak aman akan mengakibatkan kecelakaan yang fatal.

### 11.3 Kondisi yang Tidak Aman

Kondisi tidak aman merupakan dasar terjadinya suatu kecelakaan. Beberapa kondisi yang terakumulasi dapat berpotensi untuk menimbulkan bahaya lain. Beberapa kondisi yang berpotensi untuk menimbulkan bahaya antara lain:

1. *Industrial Fire* → Industri yang menggunakan api dalam proses operasinya dapat berpotensi menimbulkan kebakaran.
2. *Material Handling* → Perpindahan material secara manual dapat menyebabkan luka pada operatornya. Bahkan perpindahan material secara mekanik dapat menyebabkan kecelakaan yang fatal karena kejatuhan material.
3. *Machine Guarding* → Mesin-mesin yang digunakan dalam industri memiliki potensi untuk menimbulkan bahaya apabila tidak ada



## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

penjagaan dan pengawasan khusus pada saat pengoperasian mesin tersebut.

4. Bahaya Listrik → Listrik yang berlebihan dapat menyebabkan kebakaran dan juga menyebabkan operator tersengat.
5. Pengelasan → Bahaya utama dari pengelasan adalah ancaman kesehatan, api, ledakan, bahaya bagi mata dan bahaya ruang tertutup.
6. *Heat Treating* → Perlakuan panas diberikan pada besi untuk menambah kekuatan, kekerasan, daya tahan serta dampak panas dan korosi. Kondisi lingkungan kerja yang panas mengharuskan pekerja untuk mengenakan pakaian khusus.
7. Proses Penghapusan Chip → Pada proses ini terdapat fluida yang berbahaya bagi kesehatan pekerja misalnya kontak langsung dengan kulit akan mengakibatkan dermatitis.
8. *Cotton Operation* → Proses operasi benang dapat menyebabkan bahaya yang harus dikendalikan mulai dari proses pemintalan hingga penenunan. Debu dari benang dapat menyebabkan *byssinosis* yang menyebabkan nafas semakin pendek, batuk-batuk, sakit dibagian dada.
9. Penambangan Bawah Tanah, proses penambangan memiliki bahaya yang serius seperti keracunan gas berbahaya dan longsor.
10. Kondisi Lainnya → Seperti pada proses pewarnaan, pengecoran, pembuatan gelas, eksplorasi petroleum, produksi plastik, dan lain-lain.

### 11.4 Perilaku yang Tidak Aman

Tidak hanya kondisi kerja saja yang harus diperhatikan dalam usaha untuk menjaga keselamatan dan kesehatan kerja. Perilaku setiap individu juga harus dikendalikan agar keseluruhan pekerjaan menjadi aman. Dengan mengasumsikan keamanan lingkungan kerja telah tercapai, maka seseorang juga harus bertindak lebih hati-hati agar aman dari segala hal yang menimbulkan bahaya. Beberapa faktor personal yang dapat mempengaruhi keamanan kerja adalah sebagai berikut:

1. Pendidikan.
2. Pelatihan.
3. Motivasi.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

4. Kepuasan kerja.
5. Sikap.

### 11.5 Evaluasi Kinerja Keselamatan

Kinerja keselamatan dapat dievaluasi dengan membandingkan antara kinerja keselamatan pada suatu periode dengan periode lainnya. Untuk melakukan evaluasi dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut:

1. Tingkat frekuensi,

$$\text{accident frequency rate} = \frac{\text{number of accidents} \times 1.000.000}{\text{person hours of job exposure}}$$

Persamaan tersebut menghitung frekuensi kecelakaan pada suatu periode per satu juta *person-hour* pekerjaan. Hal yang sama juga berlaku untuk persamaan berikut ini hanya saja yang dihitung bukan frekuensi kecelakaan tetapi frekuensi cedera parah:

$$\text{disabling injury frequency rate} = \frac{\text{number of disabling injuries} \times 1.000.000}{\text{worker hours of job exposure}}$$

2. Tingkat keparahan cedera

$$\text{disabling injury severity rate} = \frac{\text{Total days charged} \times 1.000.000}{\text{worker hours of job exposure}}$$

3. Rata-rata hari yang terpakai akibat cedera

$$\text{average days charged} = \frac{\text{total days charged}}{\text{number of disabling injuries}}$$

atau,

$$\text{average days charged} = \frac{\text{injury severity rate}}{\text{injury frequency rate}}$$

4. Tingkat kejadian

Hampir sama dengan persamaan yang digunakan untuk menghitung *accident frequency rate*, hanya saja faktor pengalinya bukan 1 000 000 tetapi 200 000. Nilai tersebut (200 000) setara dengan jam kerja 100 pekerja *full-time* selama satu tahun:

$$100 \text{ worker} \times 40 \text{ hour/week} \times 50 \text{ week/year} = 200.000 \text{ hours/year}$$

# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

## 11.6 Toksikologi Industri

Toksikologi industri adalah cabang ilmu dalam bidang keselamatan dan kesehatan kerja yang mempelajari efek bahaya zat kimia pada sistem biologis. Bahan kimia merupakan permasalahan besar bagi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja. Pembuangan bahan kimia dapat menyebabkan konsekuensi serius bagi tenaga kerja dan masyarakat maupun lingkungan sekitar.

### 11.6.1 Klasifikasi Racun

Klasifikasi racun dapat dibagi berdasarkan cara racun masuk kedalam tubuh manusia. Dalam lingkungan industri, senyawa racun dapat masuk kedalam tubuh melalui 3 cara yaitu :

1. Inhalasi (pernafasan), racun dalam bentuk gas akan dapat dengan mudah masuk kedalam tubuh manusia melalui proses pernafasan.
2. Absorsi (penyerapan), penyerapan terjadi pada kulit manusia apabila bersentuhan langsung dengan zat racun.
3. Proses menelan melalui mulut, racun pada proses ini akan dapat menyerang organ-organ didalam tubuh seperti ginjal, hati dan lain-lain.

### 11.6.2 Metode Pengawasan

Terdapat dua cara yang dapat ditempuh untuk mengawasi penyebaran racun atau zat berbahaya yakni melalui pengawasan lingkungan dan pengawasan biologi. Pengawasan lingkungan dilakukan dengan mengawasi hal-hal yang dapat menimbulkan zat berbahaya bagi pekerja dari luar. Sedangkan pengawasan biologi dilakukan dengan mengawasi zat-zat yang masuk kedalam tubuh manusia dan membahayakan tubuh manusia dari dalam.

## 11.7 Menghindari Bahaya

Bahaya dapat dihindari oleh suatu industri dengan beberapa cara, diantaranya adalah:

1. Pelaksanaan.
2. Modifikasi perilaku.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

3. Campur tangan *engineering*.
4. Pendekatan kuantitatif.
5. Inspeksi.
6. Dukungan administrasi.
7. Pelacakan kinerja.

### 11.8 Alat Pelindung Diri

Alat pelindung diri digunakan oleh pekerja untuk melindungi tubuhnya dari benda asing berbahaya yang mungkin dapat terjadi selama bekerja. Benda asing tersebut dapat berupa gas, asap, debu, partikel yang melayang, benda jatuh atau zat kimia. Alat pelindung diri yang disarankan dalam pekerjaan industri melindungi tubuh dari kepala hingga kaki pekerja. Beberapa contoh alat pelindung diri yang dapat digunakan pekerja adalah sebagai berikut.

1. Perlindungan kepala. Alat yang biasa digunakan adalah helm untuk melindungi dari suara, panas, listrik dan kejatuhan material.
2. Perlindungan mata. Alat untuk melindungi mata dari berbagai benda asing yang dapat masuk, biasanya berupa kacamata pengaman.
3. Perlindungan pendengaran. Melindungi pekerja dari kebisingan atau suara yang terlalu keras selama proses industri. Contoh alat yang biasa digunakan adalah *earplugs* dan  *earmuffs*.
4. Perlindungan wajah. Biasanya berupa masker wajah, helm las dan topi. Helm las dapat digunakan melindungi dari panas, listrik dan cipratan lelehan besi panas.
5. Perlindungan pernafasan. Biasanya menggunakan masker khusus yang melindungi tubuh dari masuknya gas-gas beracun dan asap.
6. Perlindungan badan. Alat untuk melindungi tubuh dari api, panas ekstrim, dingin ekstrim, tumbukan, radioaktif, serta zat lain yang berbahaya bagi tubuh.
7. Perlindungan jari dan tangan. Melindungi dari zat kimia, panas, dingin, sayatan, abrasi dan listrik. Alat yang biasa digunakan adalah sarung tangan.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

8. Perlindungan kaki. *Safety shoes* dapat melindungi kaki dari bahaya tumbukkan, listrik dan api.
9. Perlindungan dari kejatuhan. Sabuk pengaman dan jaring pengaman dapat digunakan untuk pekerja yang bekerja di atas ketinggian.

# BAB XII

## ANALISIS PEKERJAAN

Analisis pekerjaan diperlukan untuk mengevaluasi kelayakan suatu pekerjaan. Dalam melakukan analisis pekerjaan dapat dilakukan dengan menggunakan *checklist* analisis pekerjaan. Komponen yang biasanya terdapat dalam *checklist* analisis pekerjaan serta contoh dari komponen- komponen tersebut adalah sebagai berikut:

### 12.1 Karakteristik Tempat Kerja

1. Luas tempat kerja berada diatas daerah jangkauan yag normal
2. Tidak memiliki izin yang cukup dalam penanganan dan perawatan suatu pekerjaan
3. Tempat kerja yang tidak dapat diakses dalam penggunaan alat perpindahan material
4. Kursi yang tidak bisa diatur, dengan sandaran kursi yang tidak layak dan tidak memiliki sandaran kaki.
5. Display yang sulit dibaca.

### 12.2 Beban Persepsi

1. Sinyal suara terlalu susah didengar atau terlalu keras
2. Adanya cacat yang terlalu kecil dan susah dilihat
3. Memerlukan penentuan jarak kritis
4. Memerlukan pergerakan mata yang terlalu sering

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

5. Angka, huruf dan symbol yang berada diluar jarak baca yang disarankan

### **12.3 Beban Mental**

1. Pelabelan yang tidak sesuai dengan fungsi dari benda yang ditampilkan
2. Terdapat beberapa penamaan yang mirip
3. Adanya singkatan yang tidak umum
4. Memerlukan interpolasi
5. Skema pengkodean yang tidak konsisten

### **12.4 Lingkungan**

1. Adanya bunyi yang berlebihan dan mengganggu
2. Suara tidak dapat terdengar jelas karena adanya bunyi yang mengganggu
3. Suara pada proses pemesinan sangat keras sehingga dapat menyebabkan pendengaran sakit
4. Terdapat cahaya yang silau pada area kerja
5. Lantai yang licin

### **12.5 Peralatan Khusus**

1. Tombol dan mesin yang tidak berlabel
2. Display yang ditampilkan terlalu gelap
3. Peralatan listrik yang tidak terjaga
4. Kebutuhan terhadap tenaga yang besar dalam mengoperasikan peralatan
5. Peralatan manual yang berpotensi menyebabkan luka

### **12.6 Kebutuhan Fisik**

1. Terlalu sering mengangkat benda berat
2. Pekerjaan memerlukan cara mengangkat yang sulit

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

3. Pekerjaan membuat postur tubuh yang tidak nyaman
4. Terlalu sering membungkuk saat melakukan pekerjaan
5. Pekerja harus mendorong atau menarik kereta, kotak, dan lain-lain yang memerlukan tenaga yang besar

### 12.7 Metode Kerja

1. Kebutuhan gerak yang tidak sesuai secara anatomi
2. Memerlukan gerak yang sangat presisi
3. Memerlukan gerakan yang mendadak saat bekerja
4. Penggunaan peralatan manual yang tidak sesuai dengan posisi tangan
5. Pembagian kerja diantara anggota tubuh tidak seimbang

### 12.8 Perawatan

1. Area pengawasan berada dekat dengan daerah bertegangan listrik tinggi
2. Komponen yang besar dapat menghalangi arus komponen yang kecil
3. Kabel yang tidak teratur sehingga susah diperiksa dan diperbaiki
4. Kabel penghubung yang tidak memiliki warna, bentuk dan kode tertentu
5. Kabel penghubung yang berada pada jarak yang tidak jauh dari area kerja sehingga gampang terlepas saat operator bekerja

### 12.9 Lainnya

1. Waktu kerja dan istirahat yang tidak teratur
2. Alat bantu performansi kerja yang tidak layak
3. Kurangnya motivasi
4. Tidak adanya umpan balik dari *output* produksi
5. Pelatihan karyawan yang tidak cukup



# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

## DAFTAR PUSTAKA

1. F. H. Bonjer. 1962. Actual energy expenditure in relation to the physical working capacity, *Ergonomics* 5 (1): 29-31.
2. Galer, I.A.R. , 1987. "Applied ergonomics handbook". Butterworths, London.
3. Grandjean, Etienne, *Fitting The Task to The Man, A Textbook of Occupational Ergonomics*, Taylor & Francis, London, 1988.
4. Grantham, D. 1992. Occupational Health and Safety. Guidebook for the WHSO.Merino Lithographics Moorooka Queensland, Australia.
5. I Dewa Putu Sutjana (2006). Hambatan Dalam Penerapan K3 Dan Ergonomi Di Perusahaan. Seminar Ergonomi Dan K3, 29 Juli 2006, Surabaya.
6. Lynn, McAtamney and E Nigel Corlett. 1993. *RULA: a survey method for the investigation of world-related upper limb disorders*. Institute for Occupational Ergonomics, University of Nottingham, University Park, Nottingham.
7. McCormick, Ernest J & Mark S. Sanders, *Human Factors in Engineering and Design*, McGraw Hill, Inc, New York, 1993.
8. Meister, D. 1971. *Human Factors: Theory and Practice*. Wiley-Interscience, New York.
9. NIOSH. 1981. *Work Practices Guide for Manual Lifting*, NIOSH Technical report No. 81-122, US Department of Health and Human Services. Cincinnati: National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH).
10. Nurmiyanto, Eko, *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Guna Widya Pt., Jakarta, 1996.
11. OSHA. 1970. *Occupational Safety and Health Administration*. United States Department of Labor
12. Pheasant, S. 1988. *Body Space. Anthropometry, Ergonomics and Design*, Taylor & Francis, London.

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

13. Pulat, B. Mustafa, *Fundamental of Industrial Ergonomics*, Waveland Press. Inc., Illinois, 1996.
14. Pulat, B. Mustafa. 1992. *Fundamental of Industrial Ergonomics*, AT&T Network Systems, Oklahoma City Works and School of Industrial Engineering, University of Oklahoma.
15. Robin, Burgess-Limerick PhD CPE. 2004. *Manual Risk Assessment Tool (ManTRA) V2.0*. School of Human Movement Studies, The University of Queensland, Australia.
16. Tarwaka.Bakri, Solichul HA dan Sudiajeng, Lilik (2004). *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Surakarta: UNIBA PRESS.
17. Wignjosoebroto, Sritomo (1995). *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu (Teknik Analisis Untuk Peningkatan Produktivitas Kerja)*. Surabaya : Guna Widya.
18. Workplace health and Safety (WHS) 1992. *Indoor Air Quality, A Guide for Healthy and Safe Workplace*. Queensland Government, Australia.

# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

# Index

### A

Antropometri iv, ix, x, 6, 39, 40, 41, 48,  
49, 50, 141  
Awkwardness x, 68, 69, 142

### B

Batasan angkat 24, 141  
Biomekanika iii, vii, 18, 19, 21, 24, 141

### C

Cedera kerja 141  
Contrast sensitivity 142  
CTD's 142  
Cumulative Trauma Disorder (CTDs)  
141

### D

Display 95, 100, 137, 138, 142

### E

Electromyography (EMG) 141  
Ergonomi i, iii, vi, vii, 3, 4, 7, 9, 11, 126,  
140, 141  
Ergonomi Informasi 141  
Exertion Risk Factor x, 66, 68, 142  
Exposure time 99, 142  
Exteroceptor iii, 29, 141

### F

Faktor Risiko 23, 141  
Fatigue 17, 142

### G

Getaran v, 68, 92, 142

### H

Human Centred Approach (HCA) 1, 2,  
141  
Human Computer Interface iv, 37, 141  
Human error 119, 120, 141  
Human Integrated System 141

### I

Iklim dalam ruangan 142

### J

Job Severity Index (JSI) 141

### K

Kardiovaskular 5, 7, 141  
Kebisingan v, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 142  
Kognitif iv, 6, 36, 141  
Konsumsi energi 13, 141

### L

Luminansi 99, 142

### M

ManTra 142  
Manual Material Handling iii, 23, 141,  
142  
Manual Material Handling (MMH) 141  
Mata v, vii, ix, 29, 30, 31, 45, 97, 141  
Maximum Permissible Limit (MPL) 141  
Musculoskeletal 7, 141

### O

Otomatisasi iii, 2, 141

# PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

## **P**

Pencapaian v, 83, 142  
Perancangan Area Kerja iv, 59, 141  
Persepsi v, vi, vii, 36, 103, 137, 142  
Postur Kerja iv, 64, 141  
Produktivitas 140, 141  
Psikomotor 7, 141

## **R**

RULA x, 69, 70, 72, 81, 140, 142

## **S**

Sistem Manusia Mesin iv, vii, 51, 52,  
141  
Sistem Manusia-Mesin (SMM 141

## **T**

Technology Centred Design (TCA) 141  
Telinga vii, 32, 33, 141

## **V**

Visual Acuity v, 142

## **W**

Warna v, vii, 31, 93, 102, 142

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI

### RIWAYAT PENULIS



Hilma Raimona Zadry, PhD saat ini bertugas sebagai salah seorang staf pengajar pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang. Penulis memperoleh gelar sarjana (S1) dari Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Bandung (ITB) pada tahun 2002, *Master of Engineering* (S2) dari Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia (UTM) dan S3 pada bidang ergonomi dari *Department of Engineering Design and Manufacture Faculty of Engineering* Universiti Malaya (UM). Mata kuliah yang diampu antara lain Analisis dan Perancangan Sistem Kerja, Ergonomi Industri, Ergonomi Kognitif, Sistem Pengembangan Produk, Rekayasa Faktor Manusia dalam Sistem Industri dan Aplikasi Ergonomi Industri. Bidang penelitian yang tengah didalami mencakup fisiologi kerja, antropometri dan perancangan produk. Penulis dapat dihubungi melalui email [hilma@ft.unand.ac.id](mailto:hilma@ft.unand.ac.id).

## PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI



Dr.Eng. Lusi Susanti saat ini bertugas sebagai salah seorang staf pengajar pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang. Penulis memperoleh gelar sarjana (S1, 2000) dari Jurusan Teknik Industri Universitas Andalas, *Master of Engineering* (S2, 2004) dan *Doctor of Engineering* (S3, 2008) dalam bidang *Environment and Life Engineering* di Toyohashi University of Technology, Japan. Mata kuliah yang diampu antara lain Ergonomi Industri, Analisis dan Perancangan Sistem Kerja, Ergonomi Kognitif, Ergonomi Lingkungan, Metodologi Penelitian, Rekayasa Faktor Manusia dalam Sistem Industri. Bidang penelitian yang tengah didalami mencakup lingkungan iklim dalam ruangan, antropometri dan perancangan produk. Penulis dapat dihubungi melalui email [lushi@ft.unand.ac.id](mailto:lushi@ft.unand.ac.id).



Berry Yuliandra, M.T, saat ini bertugas sebagai salah seorang staff pengajar di Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat. Menyelesaikan pendidikan sarjana (S1) di Jurusan Teknik Industri Universitas Andalas tahun 2011 dan program pascasarjana (S2) dengan bidang keahlian Rekayasa Sistem Manufaktur di Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas pada tahun 2014. Selain aktif mengajar dan menulis buku, penulis juga telah menghasilkan beberapa jurnal yang diterbitkan pada tingkat nasional maupun internasional.