

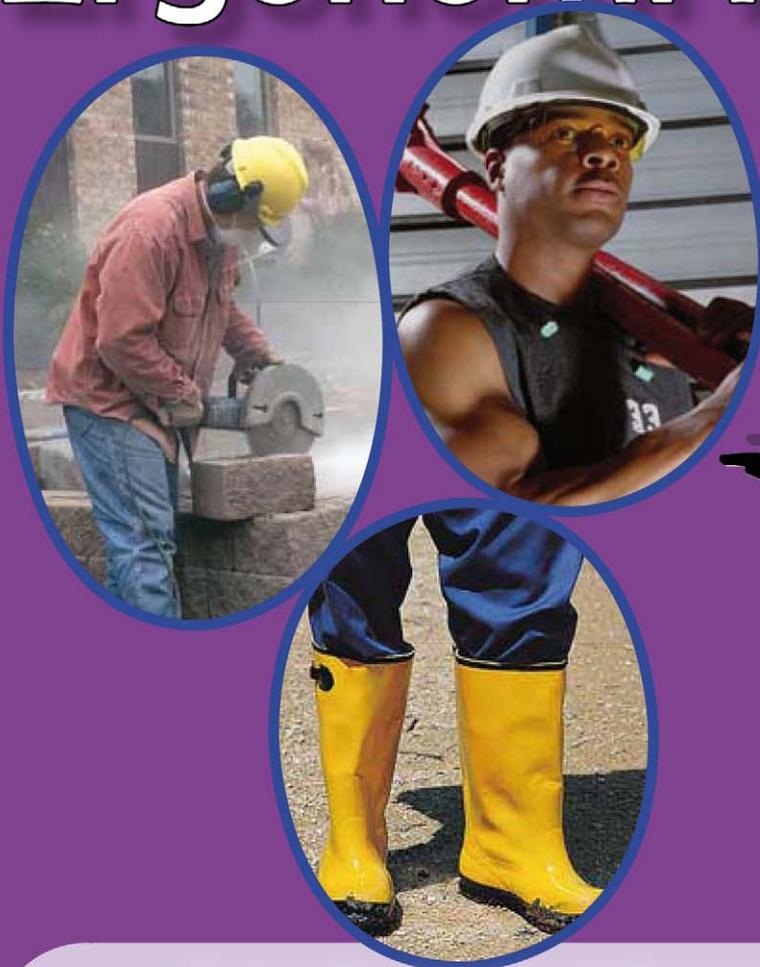


JILID 2

Bambang Suhadri

# Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi Industri

untuk Sekolah Menengah Kejuruan



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah

Departemen Pendidikan Nasional

Bambang Suhardi

# PERANCANGAN SISTEM KERJA DAN ERGONOMI INDUSTRI

JILID 2

**SMK**



**Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan**  
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah  
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional  
Dilindungi Undang-undang

# PERANCANGAN SISTEM KERJA DAN ERGONOMI INDUSTRI JILID 2

## Untuk SMK

Penulis : Bambang Suhardi

Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

SUH SUHARDI, Bambang  
p Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi Industri Jilid 2  
untuk SMK oleh Bambang Suhardi ---- Jakarta : Direktorat  
Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal  
Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen  
Pendidikan Nasional, 2008.  
vi, 206 hlm  
Daftar Pustaka : Lampiran. A  
Daftar Istilah : Lampiran. B  
Daftar Tabel : Lampiran. C  
Daftar Gambar : Lampiran. D  
ISBN : 978-979-060-000-5  
ISBN : 978-979-060-002-7

Diterbitkan oleh

**Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan**

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah  
Departemen Pendidikan Nasional

Tahun 2008

## KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, telah melaksanakan kegiatan penulisan buku kejuruan sebagai bentuk dari kegiatan pembelian hak cipta buku teks pelajaran kejuruan bagi siswa SMK. Karena buku-buku pelajaran kejuruan sangat sulit di dapatkan di pasaran.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK. Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dengan ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat khususnya para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri untuk mengakses dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para peserta didik kami ucapkan selamat belajar dan semoga dapat memanfaatkan buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, 17 Agustus 2008  
Direktur Pembinaan SMK

# KATA PENGANTAR

Hanya karena petunjuk Allah SWT buku ini dapat diwujudkan. Penerapan ilmu Ergonomi dalam dunia industri di Indonesia masih jauh dari harapan. Banyak faktor yang menyebabkan kurang membudayanya penerapan ergonomi, salah satunya karena masih minimnya buku-buku ergonomi berbahasa Indonesia. Kondisi ini menyebabkan terhambatnya sosialisasi pembudayaan penerapan Ergonomi di masyarakat. Hal inilah yang mendorong penulis untuk mencoba menulis buku perancangan sistem kerja dan ergonomi industri.

Dalam penulisan buku ini penulis mencoba mengkaitkan ilmu ergonomi dengan perancangan sistem kerja di industri. Sehingga pembaca diharapkan bisa melihat peranan ilmu ergonomi dalam dunia kerja.

Buku ini disusun untuk dipergunakan bagi siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Dalam penyajiannya, penulis berusaha untuk menulis secara sistematis dan banyak menggunakan gambar-gambar sehingga pembaca menjadi lebih tertarik untuk mempelajari buku ini. Buku ini disusun menjadi 2 jilid, dimana jilid 1 terdiri dari 5 bab dan jilid 2 terdiri dari 4 bab.

Penulis menyadari bahwa buku perancangan sistem kerja dan ergonomi industri ini masih perlu disempurnakan, untuk itu berbagai kritik dan saran yang konstruktif dari semua pihak sangat diharapkan.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan buku ini. Semoga buku ini bisa memberikan banyak manfaat bagi semua pihak.

Bambang Suhardi

# DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
Sambutan Direktur Pembinaan SMK	
Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii

## JILID 1

<b>Bab I SISTEM PRODUKSI DAN PRODUKTIVITAS</b>	<b>I - 1</b>
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Konsep Dasar Sistem Produksi	2
1.2.1 Input	3
1.2.2 Proses Transformasi	5
1.2.3 Output	5
1.3 Produktivitas Kerja	6
1.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas	11
1.5 Cara Mengukur Produktivitas Kerja	12
1.6 Rangkuman	13
1.7 Soal	14
<b>Bab II ANALISA PERANCANGAN KERJA</b>	<b>II – 1</b>
2.1 Pendahuluan	1
2.2 Peta Kerja	1
2.2.1 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan	2
2.2.2 Peta Aliran Proses	10
2.2.3 Peta Proses Regu Kerja	14
2.3 Pengukuran Kerja	15
2.4 Penentuan Ukuran Sampel	18
2.5 Rangkuman	21
2.6 Soal	21
<b>Bab III ERGONOMI</b>	<b>III – 1</b>
3.1 Pendahuluan	1
3.2 Ergonomi	2
3.2.1 Ruang Lingkup Ergonomi	3
3.2.2 Resiko Karena Kesalahan Ergonomi	3
3.2.3 Identifikasi Resiko	5
3.2.4 Cumulative Trauma Disorder	6
3.2.5 Sikap Tubuh	9
3.2.6 Posisi Kerja	10

3.2.7 Mengenali Sumber Penyebab Keluhan Muskuloskeletal	15
3.3 Konsep Antropometri	16
3.3.1 Alat Ukur Antropometri	17
3.3.2 Cara Pengukuran	19
3.3.3 Data Antropometri	21
3.3.4 Antropometri pada Posisi Duduk	27
3.3.5 Persentile	35
3.3.6 Data Antropometri untuk Perancangan Produk	37
3.4 Rangkuman	38
3.5 Soal	38

#### **Bab IV TELAAH METODE**

IV – 1

4.1 Pendahuluan	1
4.2 Prinsip-prinsip Ekonomi Gerakan	2
4.2.1 Tubuh Manusia dan Gerakan-gerakannya	3
4.2.2 Tata Letak Tempat Kerja dan Gerakan-gerakan	4
4.2.3 Perancangan Peralatan dan Gerakan-gerakan	5
4.3 Penerapan Ekonomi Gerakan	8
4.3.1 Eliminasi Kegiatan	8
4.3.2 Kombinasi Gerakan atau Aktivitas Kerja	9
4.3.3 Penyederhanaan Kegiatan	9
4.4 Studi Gerakan untuk Menganalisa Kerja	10
4.5 Perbaikan dengan Ekonomi Gerakan	29
4.5.1 Mengurangi Jumlah Gerakan	30
4.5.2 Lakukan Gerakan Bersamaan Waktunya	39
4.5.3 Mempermudah Gerakan	45
4.6 Contoh Aplikasi Perbaikan Kerja	48
4.6.1 Penyederhanaan	48
4.6.2 Penggabungan	49
4.6.3 Penghapusan	52
4.6.4 Penataan Tempat Kerja	53
4.6.5 Pemborosan Karena Proses	59
4.7 Rangkuman	60
4.8 Soal	61

#### **Bab V WAKTU SET UP**

V - 1

5.1 Pendahuluan	1
5.2 Pengurangan Waktu Set Up	2
5.3 Teknik Kecepatan Set Up	3
5.3.1 Pisahkan Kegiatan Set Up Eksternal dan Internal	3
5.3.2 Memperbaiki Kegiatan Set Up Internal	4
5.3.3 Memperbaiki Kegiatan Set Up Eksternal	9
5.4 Rangkuman	11
5.5 Soal	11

<b>Bab VI MATERIAL HANDLING</b>	<b>VI – 1</b>
6.1 Pendahuluan	1
6.2 Peralatan Material Handling	2
6.2.1 Conveyor	2
6.2.2 Cranes dan Hoists	4
6.2.3 Truck	6
6.3 Manual Material Handling	8
6.3.1 Manual Material Handling Menurut OSHA	9
6.3.2 Batasan Beban yang Boleh Diangkat	13
6.3.3 Pindahan Material Secara Teknis	15
6.3.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi MMH	16
6.3.5 Cara Mengangkat Beban	18
6.3.6 Faktor Resiko Kecelakaan Kerja MMH	23
6.3.7 Penanganan Resiko Kerja MMH	23
6.4 Metode Analisa Postur Kerja OWAS	24
6.5 Material Handling Bahan Kimia Berbahaya	33
6.6 Rangkuman	34
6.7 Soal	35
<b>Bab VII LINGKUNGAN KERJA FISIK</b>	<b>VII – 1</b>
7.1 Pendahuluan	1
7.2 Temperatur	1
7.2.1 Lingkungan Kerja Panas	2
7.2.2 Pengaruh Temperatur Terhadap Kesehatan dan Keselamatan Kerja	4
7.2.3 Penilaian Lingkungan Kerja Panas	5
7.2.4 Pengendalian Lingkungan Kerja Panas	7
7.3 Kebisingan	9
7.3.1 Seberapa Keras Suara yang Terlalu Keras?	10
7.3.2 Anatomi Telinga Manusia	10
7.3.3 Suara di Tempat Kerja	11
7.3.4 Jenis Kebisingan	14
7.3.5 Nilai Ambang Batas	16
7.3.6 Pengaruh Kebisingan	17
7.3.7 Sumber Kebisingan	18
7.3.8 Pengukuran Kebisingan	20
7.3.9 Mengendalikan Tingkat Kebisingan	22
7.4 Pencahayaan	26
7.4.1 Definisi dan Istilah yang Dipakai	27
7.4.2 Hukum Kuadrat Terbalik	29
7.4.3 Jenis-jenis Sistem Pencahayaan	30
7.4.4 Komponen Pencahayaan	34
7.4.5 Dampak Penerangan yang Tidak Baik	37
7.4.6 Merancang Sistem Pencahayaan	37
7.4.7 Pendekatan Aplikasi Penerangan di Tempat Kerja	39
7.4.8 Pemasangan Lampu Penerangan	41

7.5	Getaran	42
7.5.1	Pengaruh Getaran	43
7.5.2	NAB Getaran	43
7.5.3	Pengendalian Getaran	44
7.6	Bau-bauan	45
7.7	Radiasi Non Ionisasi	46
7.7.1	Gelombang Mikro	46
7.7.2	Sinar Ultraviolet	47
7.7.3	Sinar Infra Merah	48
7.7.4	Sinar Laser	48
7.8	Ventilasi	49
7.8.1	Prinsip Sistem Ventilasi	49
7.8.2	Tempat Kerja Berbahaya	50
7.8.3	Permasalahan Ventilasi di Industri	50
7.9	Bahan Berbahaya Beracun	59
7.9.1	Penanganan Bahan Kimia Berbahaya	60
7.9.2	Penyimpanan Bahan Kimia Berbahaya	61
7.9.3	Dampak Jangka Pendek dan Jangka Panjang	63
7.9.4	Label Bahan Kimia	66
7.9.5	Lembar Data Keselamatan Bahan	67
7.10	Rangkuman	69
7.11	Soal	69

## **Bab VIII ALAT PELINDUNG DIRI**

		VIII – 1
8.1	Pendahuluan	1
8.2	Bahaya di Tempat Kerja	1
8.3	Evaluasi Bahaya di Tempat Kerja	3
8.4	Aktivitas Kerja di Industri	3
8.5	Pemilihan APD di Perusahaan	6
8.6	Jenis-jenis APD	7
8.6.1	Alat Pelindung Kepala	8
8.6.2	Hats/Cap	9
8.6.3	Kacamata	10
8.6.4	Goggles	11
8.6.5	Perisai Muka	12
8.6.6	Alat Pelindung Telinga	14
8.6.7	Alat Pelindung Pernapasan	18
8.6.8	Alat Pelindung Tangan	22
8.6.9	Alat Pelindung Kaki	25
8.6.10	Pakaian Pelindung	28
8.6.11	Sabuk Pengaman	29
8.6.12	Alat Pelindung untuk Pekerjaan Las	31
8.6.13	Alat Pelindung Lutut	35
8.6.14	Back and Lumbar Support Belts	36
8.7	Pemeliharaan APD	37
8.8	Rangkuman	37
8.9	Soal	38

<b>Bab IX STASIUN KERJA KOMPUTER</b>	<b>IX – 1</b>
9.1 Pendahuluan	1
9.2 Gangguan Kesehatan Pemakaian Komputer	2
9.2.1 Gangguan pada Bagian Mata dan Kepala	3
9.2.2 Gangguan pada Lengan dan Tangan	3
9.2.3 Gangguan pada Leher, Pundak dan Punggung	5
9.3 Cara Menanggulangi Gangguan Kesehatan/Kelelahan	5
9.3.1 Menghindari CTS	5
9.3.2 Menghindari Kelelahan	5
9.4 Peralatan pada Stasiun Kerja Komputer	15
9.4.1 Mouse	16
9.4.2 Layar Komputer	16
9.4.3 Keyboard	17
9.4.4 Meja Komputer	18
9.5 Sikap Kerja Tidak Benar	19
9.6 Pengaturan Stasiun Kerja Komputer	21
9.6.1 Tempat Kerja	22
9.6.2 Keyboard	23
9.6.3 Mouse	26
9.6.4 Monitor	29
9.6.5 Kursi	30
9.6.6 Penopang Kaki	32
9.6.7 Bantalan Punggung	33
9.6.8 Pemegang Dokumen	34
9.6.9 Tudung Pelindung	34
9.7 Pandangan Menyilaukan	35
9.8 Cara Berkomputer	37
9.9 Kebisingan dan Radiasi	37
9.10 Rangkuman	38
9.11 Soal	39
LAMPIRAN :	
Daftar Pustaka	A
Daftar Istilah	B
Daftar Gambar	C
Daftar Tabel	D

# **BAB VI**

## ***MATERIAL HANDLING***

### **6.1 Pendahuluan**

Masalah utama dalam produksi ditinjau dari segi kegiatan/proses produksi adalah Bergeraknya material dari satu tingkat ke tingkat proses produksi berikutnya. Hal ini terlihat sejak material diterima di tempat penerimaan, kemudian dipindahkan ke tempat pemeriksaan dan selanjutnya disimpan di gudang. Pada bagian proses produksi juga terjadi perpindahan material yang diawali dengan mengambil material dari gudang, kemudian diproses pada proses pertama dan berpindah pada proses berikutnya sampai akhirnya dipindah ke gudang barang jadi. Untuk memungkinkan proses produksi dapat berjalan dibutuhkan adanya kegiatan pemindahan material yang disebut dengan *Material Handling*.

Aktivitas material handling di industri biasanya dilakukan dengan menggunakan alat/mesin atau menggunakan tenaga manusia. Pada bab ini akan dibahas mengenai *material handling* dengan menggunakan alat dan *manual material handling*. Pada bab ini pembahasan mengenai penanganan *material handling* B3 tidak dibahas secara mendalam, karena buku ini dipakai oleh siswa sekolah menengah kejuruan jurusan teknik mesin. Dengan mempelajari bab ini para siswa diharapkan paham akan macam-macam peralatan *material handling* dan mengetahui penggunaan dari peralatan tersebut sesuai dengan jenis industrinya. Selain itu para siswa diharapkan mampu untuk melakukan *manual material handling* secara benar.

## 6.2 Peralatan *Material Handling*

Tulang punggung sistem *material handling* adalah peralatan *material handling*. Sebagian besar peralatan yang ada mempunyai karakteristik dan harga yang berbeda. Semua peralatan *material handling* diklasifikasikan ke dalam tiga tipe utama yaitu: *Conveyor* (ban berjalan), *Crane* (derek), dan *trucks* (alat angkut/kereta).

### 6.2.1 *Conveyor*

*Conveyor* digunakan untuk memindahkan material secara kontinyu dengan jalur yang tetap.

#### Keuntungan *Conveyor* :

- a. Kapasitas tinggi sehingga memungkinkan untuk memindahkan material dalam jumlah besar.
- b. Kecepatan dapat disesuaikan.
- c. Penanganan dapat digabungkan dengan aktivitas lainnya seperti proses dan inspeksi.
- d. Serba guna dan dapat ditaruh di atas lantai maupun di atas operator.
- e. Bahan dapat disimpan sementara antar stasiun kerja.
- f. Pengiriman/pengangkutan bahan secara otomatis dan tidak memerlukan bantuan beberapa operator.
- g. Tidak memerlukan gang.

#### Kerugian *Conveyor* :

- a. Mengikuti jalur yang tetap sehingga pengangkutan terbatas pada area tersebut.
- b. Kerusakan pada salah satu bagian *conveyor* akan menghentikan aliran proses.
- c. *Conveyor* ada pada tempat yang tetap, sehingga akan mengganggu gerakan peralatan bermesin lainnya.

Pada lingkungan industri, terdapat beberapa tipe *conveyor* yang biasa dipergunakan, antara lain *belt conveyor*, *roller conveyor*, *screw conveyor*, *chain conveyor*, dan sebagainya. Gambar berikut ini merupakan contoh conveyor.



Belt Curve Conveyors



Gambar 6.1 Conveyor

## 6.2.2 *Cranes* dan *Hoists*

*Cranes* (derek) dan *Hoists* (kerekan) adalah peralatan di atas yang digunakan untuk memindahkan beban secara terputus-putus dengan area terbatas.

### Keuntungan:

- a. Dimungkinkan untuk mengangkat dan memindahkan benda.
- b. Keterkaitan dengan rantai kerja/produksi sangat kecil.
- c. Rantai kerja yang berguna untuk kerja dapat dihemat dengan memasang peralatan *handling* berupa *cranes*.

### Kerugian *Cranes* dan *Hoists*

- a. Membutuhkan investasi yang besar.
- b. Pelayanan terbatas pada area yang ada.
- c. Crane hanya bergerak pada arah garis lurus dan tidak dapat dibuat berputar/belok.
- d. Pemakaian tidak dapat maksimal sesuai yang diinginkan karena crane hanya digunakan untuk periode waktu yang pendek setiap hari kerja.

Tipe *cranes* dan *hoists* juga banyak macamnya. Tipe *cranes* terdiri dari: *jib crane*, *bridge crane*, *gantry crane*, *tower crane*, *stacker crane*, dan sebagainya. Berikut ini gambar dari *crane*.



Gambar 6.2 Crane

Beberapa contoh hoists ditunjukkan pada gambar 6.4 di bawah ini:



Gambar 6.3 Hoists

### 6.2.3 Trucks

Trucks yang digerakkan tangan atau mesin dapat memindahkan material dengan berbagai macam jalur yang ada. Termasuk dalam kelompok truck antara lain, forklift trucks, fork trucks, trailer trains, automated guided vehicles (AGV), dan sebagainya.

#### Keuntungan:

- a. Perpindahan tidak menggunakan jalur yang tetap, oleh sebab itu dapat digunakan di mana-mana selama ruangan dapat untuk dimasuki trucks.
- b. Mampu untuk loading, unloading dan mengangkat kecuali memindahkan material.
- c. Karena gerakannya tidak terbatas, memungkinkan untuk melayani tempat yang berbeda.

#### Kerugian:

- a. Tidak mampu menangani beban yang berat.
- b. Mempunyai kapasitas yang terbatas setiap pengangkutan.
- c. Memerlukan gang
- d. Sebagian besar trucks harus dijalankan oleh operator
- e. Trucks tidak bisa melakukan tugas ganda.

Beberapa macam jenis truck industri ada pada gambar 6.4, gambar 6.5 dan gambar 6.6



Gambar 6.4 *Hand Truck*



Gambar 6.5 *Fork Lift Truck*



Gambar 6.6 *Automated Guided Vehicles (AGV)*

### **6.3 Manual Material Handling**

Meskipun telah banyak mesin yang digunakan pada berbagai industri untuk mengerjakan tugas pemindahan, namun jarang terjadi otomasi sempurna di dalam industri. Disamping pula adanya pertimbangan ekonomis seperti tingginya harga mesin otomasi atau juga situasi praktis yang hanya memerlukan peralatan sederhana. Sebagai konsekuensinya adalah melakukan kegiatan manual di berbagai tempat kerja. Bentuk kegiatan manual yang dominan dalam industri adalah *Manual Material Handling (MMH)*.

Definisi *Manual Material Handling (MMH)* adalah suatu kegiatan transportasi yang dilakukan oleh satu pekerja atau lebih dengan melakukan kegiatan pengangkatan, penurunan, mendorong, menarik, mengangkat, dan memindahkan barang.

Selama ini pengertian MMH hanya sebatas pada kegiatan *lifting* dan *lowering* yang melihat aspek kekuatan vertikal. Padahal kegiatan MMH tidak terbatas pada kegiatan tersebut diatas, masih ada kegiatan *pushing* dan *pulling* di dalam kegiatan MMH. Kegiatan MMH yang sering dilakukan oleh pekerja di dalam industri antara lain :

1. Kegiatan pengangkatan benda (*Lifting Task*)
2. Kegiatan pengantaran benda (*Carrying Task*)
3. Kegiatan mendorong benda (*Pushing Task*)
4. Kegiatan menarik benda (*Pulling Task*)

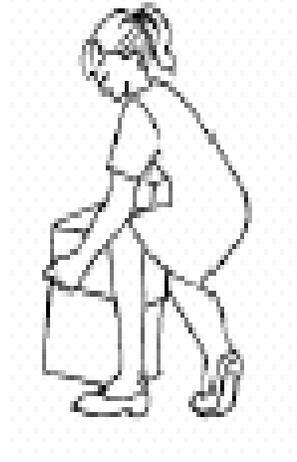
Pemilihan manusia sebagai tenaga kerja dalam melakukan kegiatan penanganan material bukanlah tanpa sebab. Penanganan material secara manual memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut :

- ↪ Fleksibel dalam gerakan sehingga memberikan kemudahan pemindahan beban pada ruang terbatas dan pekerjaan yang tidak beraturan.
- ↪ Untuk beban ringan akan lebih murah bila dibandingkan menggunakan mesin.
- ↪ Tidak semua material dapat dipindahkan dengan alat.

### **6.3.1 Manual Material Handling Menurut OSHA**

Aktivitas *manual material handling* merupakan sebuah aktivitas memindahkan beban oleh tubuh secara manual dalam rentang waktu tertentu. Berbeda dengan pendapat di atas menurut *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)* mengklasifikasikan kegiatan *manual material handling* menjadi lima yaitu :

1. Mengangkat/Menurunkan (*Lifting/Lowering*)  
Mengangkat adalah kegiatan memindahkan barang ke tempat yang lebih tinggi yang masih dapat dijangkau oleh tangan. Kegiatan lainnya adalah menurunkan barang.



Gambar 6.7 Kegiatan Mengangkat/Menurunkan

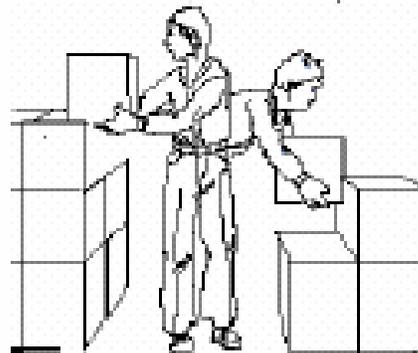
2. Mendorong/Menarik (*Push/Pull*)  
Kegiatan mendorong adalah kegiatan menekan berlawanan arah tubuh dengan usaha yang bertujuan untuk memindahkan obyek. Kegiatan menarik kebalikan dengan itu.



Gambar 6.8 Kegiatan Mendorong/Menarik

3. Memutar (*Twisting*)

Kegiatan memutar merupakan kegiatan MMH yang merupakan gerakan memutar tubuh bagian atas ke satu atau dua sisi, sementara tubuh bagian bawah berada dalam posisi tetap. Kegiatan memutar ini dapat dilakukan dalam keadaan tubuh yang diam.



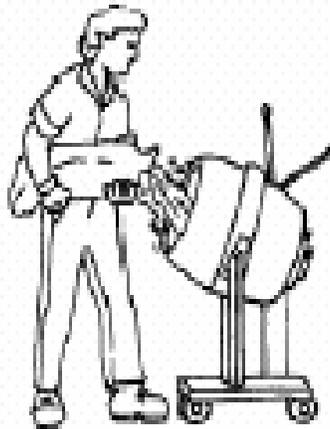
Gambar 6.9 Kegiatan Memutar

4. *Membawa (Carrying)*  
Kegiatan membawa merupakan kegiatan memegang atau mengambil barang dan memindahkannya. Berat benda menjadi berat total pekerja.



Gambar 6.10 Kegiatan Membawa

5. *Menahan (Holding)*  
Memegang obyek saat tubuh berada dalam posisi diam (statis)



Gambar 6.11 Kegiatan Menahan

### 6.3.2 Batasan Beban yang Boleh Diangkat

Dalam rangka untuk menciptakan suasana kerja yang aman dan sehat maka perlu adanya suatu batasan angkat untuk operator. Berikut ini dijelaskan beberapa batasan angkat secara legal dari berbagai negara bagian benua Australia yang dipakai untuk industri. Batasan angkat ini dipakai sebagai batasan angkat secara internasional. Batasan angkat tersebut, yaitu:

- a. Pria dibawah usia 16 tahun, maksimum angkat adalah 14 kg.
- b. Pria usia 16 – 18 tahun, maksimum angkat 18 kg
- c. Pria usia lebih dari 18 tahun, tidak ada batasan angkat.
- d. Wanita usia 16 – 18 tahun, maksimum angkat 11 kg
- e. Wanita usia lebih dari 18 tahun, maksimum angkat 16 kg

Batasan angkat ini dapat membantu untuk mengurangi rasa nyeri, ngilu pada tulang belakang bagi para wanita (*back injuries incidence to women*). Disamping itu akan mengurangi ketidaknyamanan kerja pada tulang belakang, terutama bagi operator untuk pekerjaan berat.

Komisi keselamatan dan kesehatan kerja di Inggris, pada tahun 1982 juga telah mengeluarkan peraturan yang berkaitan dengan cara pengangkatan material/benda kerja.

Tabel 6.1 Tindakan yang Harus Dilakukan Sesuai Dengan Batas Angkat

Batas Angkat (Kg)	Tindakan
Dibawah 16	Tidak ada tindakan khusus yang perlu diadakan
16 - 34	Prosedur administrasi dibutuhkan untuk mengidentifikasi ketidakmampuan seseorang dalam mengangkat beban tanpa menanggung resiko yang berbahaya kecuali dengan perantaraan alat bantu tertentu
34 - 55	Sebaiknya Operator yang terpilih dan terlatih. Menggunakan sistem pemindahan material secara terlatih. Harus dibawah pengawasan supervisor
Diatas 55	Harus memakai peralatan mekanis. Operator yang terlatih dan terpilih. Pernah mengikuti pelatihan kesehatan dan keselamatan kerja dalam industri. Harus dibawah pengawasan ketat

Berikutnya lembaga *the National Occupational Health and Safety Commission (Worksafe Australia)* pada bulan Desember 1986 membuat peraturan untuk pemindahan material secara aman.

Tabel 6.2 Tindakan yang Harus Dilakukan Sesuai Dengan Batas Angkatnya

Level	Batas Angkat (Kg)	Tindakan
1	= 16	Tidak diperlukan tindakan khusus
2	16 – 25	Tidak diperlukan alat dalam mengangkat Ditekankan pada metode angkat
3	25 – 34	Tidak diperlukan alat dalam mengangkat Dipilih job redesign
4	> 34	Harus dibantu dengan peralatan mekanis

### 6.3.3 Pemindahan Material Secara Teknis

Beberapa penyelesaian secara teknis untuk pemindahan material secara manual adalah sebagai berikut:

1. Pindahkan beban yang berat dari mesin ke mesin yang telah dirancang dengan menggunakan *roller* (ban berjalan)
2. Gunakan meja yang dapat digerakkan naik turun untuk menjaga agar bagian permukaan dari meja kerja dapat langsung dipakai untuk memasukkan lembaran logam ataupun benda kerja lainnya kedalam mesin.
3. Tempatkan benda kerja yang besar pada permukaan yang lebih tinggi dan turunkan dengan bantuan gaya gravitasi
4. Berikan peralatan yang dapat mengangkat, misalnya; pada ujung belakang truk untuk memudahkan pengangkatan material, dengan demikian tidak diperlukan lagi alat angkat (crane).
5. Desainlah kotak (tempat benda kerja) dengan disertai handel yang ergonomis sehingga mudah pada waktu mengangkat.
6. Aturlah peletakan fasilitas sehingga semakin memudahkan metodologi angkat benda pada ketinggian permukaan pinggang.
7. Berilah tanda atau angka pada beban sesuai dengan beratnya.

### 6.3.4 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi MMH

Semua aktivitas *manual handling* melibatkan faktor-faktor sebagai berikut:

#### 1. Karakteristik Pekerja

Karakteristik pekerja masing-masing berbeda dan mempengaruhi jenis dan jumlah pekerjaan yang dapat dilakukan. Karakteristik pekerja terdiri dari:

- a. Fisik, yang meliputi ukuran pekerja secara umum seperti usia, jenis kelamin, antropometri, dan postur tubuh.
- b. Kemampuan sensorik, ukuran kemampuan sensorik pekerja yang meliputi penglihatan, pendengaran, kinestetik, sistem keseimbangan dan *proprioceptive*.
- c. Motorik, ukuran kemampuan motorik/gerak pekerja yang meliputi kekuatan, ketahanan, jangkauan, dan karakter kinematis.
- d. Psikomotorik, mengukur kemampuan pekerja menghadapi proses mental dan gerak seperti memproses informasi, waktu respon, dan koordinasi
- e. Personal, ukuran nilai dan kepuasan pekerja dengan melihat tingkah laku, penerimaan resiko, persepsi kebutuhan ekonomi, dll
- f. Training/pelatihan, ukuran kemampuan pendidikan pekerja dalam training formal atau keterampilan dalam menangani instruksi MMH.
- g. Status kesehatan
- h. Aktivitas dalam waktu luang

## 2. Karakteristik Material

Karakteristik material atau bahan, meliputi:

- a. Beban, ukuran berat benda, usaha yang dibutuhkan untuk mengangkat, maupun momen inersia benda.
- b. Dimensi, atau ukuran benda seperti lebar, panjang, tebal, dan bentuk benda baik itu kotak, silinder, dll.
- c. Distribusi beban, ukuran letak unit CG dengan reaksi pekerja untuk membawa dengan satu atau dua tangan.
- d. Kopling, cara membawa benda oleh pekerja berkaitan dengan tekstur, permukaan, atau letak.
- e. Stabilitas beban, ukuran konsistensi lokasi CM

## 3. Karakteristik Tugas/Pekerjaan

Karakteristik tugas ini meliputi kondisi pekerjaan *manual material handling* yang akan dilakukan. Terdiri dari :

- a. Geometri tempat kerja, termasuk didalamnya jarak pergerakan, langkah yang harus ditempuh, dll.
- b. Frekuensi, waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan termasuk frekuensi pekerjaan yang dilakukan.
- c. Kompleksitas pekerjaan, termasuk didalamnya ketepatan penempatan, tujuan aktivitas maupun komponen pendukungnya.
- d. Lingkungan kerja, seperti suhu, pencahayaan, kebisingan, getaran, bau bauan, juga daya tarik kaki.

#### 4. Sikap Kerja

Penanganan manual material handling juga melibatkan metode kerja atau sikap dalam menyelesaikan pekerjaan/tugas. Pengamatan meliputi pada :

- a. Individu, merupakan ukuran metode operasional, seperti kecepatan, ketepatan, cara/postur saat memindahkan.
- b. Organisasi, berkaitan dengan organisasi kerja seperti luas bangunan pabrik, keberadaan tenaga medis, maupun utilitas kerjasama tim.
- c. Administrasi, seperti sistem insentif untuk keselamatan kerja, kompensasi, rotasi kerja maupun pengendalian dan pelatihan keselamatan.

Aktivitas *manual material handling* banyak digunakan karena memiliki fleksibilitas yang tinggi, murah dan mudah diaplikasikan. Akan tetapi berdasar data diatas dapat diambil kesimpulan bahwa aktivitas *manual material handling* juga diikuti dengan resiko apabila diterapkan pada kondisi lingkungan kerja yang kurang memadai, alat yang kurang mendukung, dan sikap kerja yang salah. Penelitian yang dilakukan NIOSH (NIOSH, 1981) memperlihatkan sebuah statistik yang menyatakan bahwa dua -pertiga dari kecelakaan akibat tekanan berlebihan, berkaitan dengan aktivitas menaikkan barang (*lifting loads activity*).

### 6.3.5 Cara Mengangkat Beban

Dalam sistem kerja angkat dan angkut, sering dijumpai nyeri pinggang sebagai akibat kesalahan dalam mengangkat maupun mengangkut, baik itu mengenai teknik maupun berat/ukuran beban. Nyeri pinggang dapat pula terjadi sebagai sikap paksa yang disebabkan karena penggunaan sarana kerja yang tidak sesuai dengan ukuran tubuhnya. Kondisi demikian menggambarkan tidak adanya keserasian antara ukuran tubuh pekerja dengan bentuk dan ukuran sarana kerja, sehingga terjadi

pembebanan setempat yang berlebihan di daerah pinggang dan inilah yang menyebabkan nyeri pinggang akibat kerja. Berikut ini cara mengangkat beban yang salah.



a



b



c

d

Gambar 6.12 Cara Mengangkat yang Salah (a - d)

Gambar 6.13 tersebut menggambarkan cara kerja mengangkat galon air yang salah. Dengan posisi mengangkat tersebut bisa menimbulkan cedera pada punggung. Sebab ada hentakan ketika mengangkat galon (posisi c). Sedangkan urutan cara mengangkat galon yang benar ada pada Gambar 6.14 berikut ini.



a



b



c



d



e

Gambar 6.13 Cara Mengangkat yang Benar (a - e)

Cara untuk mengurangi resiko cedera yang mungkin timbul saat Mengangkat beban yaitu:

- ❖ Usahakan untuk tidak mengangkat beban melebihi batas Kemampuan dan jangan mengangkat beban dengan Gerakan cepat dan tiba-tiba.
- ❖ Tempatkan beban sedekat mungkin dengan pusat tubuh. Karena makin dekat beban, makin kecil pengaruhnya dalam memberi tekanan pada punggung, bahu dan lengan. Makin dekat beban maka makin mudah untuk menstabilkan tubuh.
- ❖ Tempatkan kaki sedekat mungkin dengan beban saat mulai mengangkat dan usahakan dalam posisi seimbang Tekuk lutut dalam posisi setengah jongkok sampai sudut paling nyaman.
- ❖ Jaga sikap punggung dan bahu tetap lurus, artinya tidak membungkuk, menyamping atau miring.

- ❖ Turunkan beban dengan menekuk lutut dalam posisi setengah jongkok dengan sudut paling nyaman.

### **6.3.6 Faktor Resiko Kecelakaan Kerja MMH**

Faktor resiko diasosiasikan dengan jumlah tugas yang dapat menyebabkan cedera *musculoskeletal*. Faktor resiko digunakan untuk menganalisa tugas manual (*manual task*). *Manual task* atau *manual material handling* memiliki interaksi yang kompleks antara pekerja dan lingkungan kerja. Faktor resiko kemudian dikategorikan menjadi tiga bagian yaitu :

1. Tekanan langsung kepada tubuh.  
Hal ini meliputi faktor seperti tingkat tekanan pada *muscular*, postur/sikap kerja, pengulangan pekerjaan, getaran peralatan dan lama waktu kerja.
2. Kontribusi faktor resiko yang secara langsung mempengaruhi tuntutan kerja  
Hal ini meliputi layout area kerja, penggunaan alat, penanganan beban. Jika komponen ini di desain ulang pengaruh dari tekanan dapat dikurangi.
3. Memodifikasi faktor resiko dapat memberi masukan pada perubahan sikap kerja sehingga akibat dari faktor resiko dapat dikurangi.

### **6.3.7 Penanganan Resiko Kerja *Manual Material Handling***

Kondisi berbahaya yang diakibatkan oleh sikap kerja *manual material handling* yang tidak tepat tentunya harus dicegah dan ditangani dengan baik. Penanganan dan pencegahan akan lebih mudah dilakukan setelah mengetahui faktor resiko dari *manual material handling* diatas. Menurut laporan NIOSH (1981) ada enam prosedur umum dalam menangani resiko kecelakaan/cedera akibat tindakan *manual material handling* yang tidak tepat, yaitu :

1. Identifikasi pekerjaan dengan kejadian yang menyebabkan cedera *musculoskeletal* tinggi dan rata-rata kepelikan tinggi dengan analisa statistik dari data medis.
2. Observasi pekerjaan yang dicurigai dan untuk tiap beban yang akan diangkat harus diketahui berat serta metode pengangkatan.
3. Evaluasi tingkat resiko pengangkatan dengan menghitung nilai AL dan MPL dan membandingkannya dengan berat beban yang diangkat.
4. Mengembangkan pengendalian keteknikan dengan peralatan *manual handling*, mengemas ulang beban dalam berat yang lebih ringan, mengatur ulang area kerja.
5. Mengajukan pengendalian administratif. Hal yang dapat dilakukan adalah dengan menambah pekerja untuk mengurangi frekuensi pengangkatan, melakukan penjadwalan kerja, mengembangkan pelatihan untuk mensosialisasikan teknik pengangkatan yang tepat, serta meningkatkan prosedur seleksi dan penempatan pekerja dengan lebih baik.
6. Mengimplementasikan solusi paling mungkin dan mengevaluasi efektifitas dengan pengecekan kesehatan.

## 6.4. Metode Analisa Postur Kerja OWAS

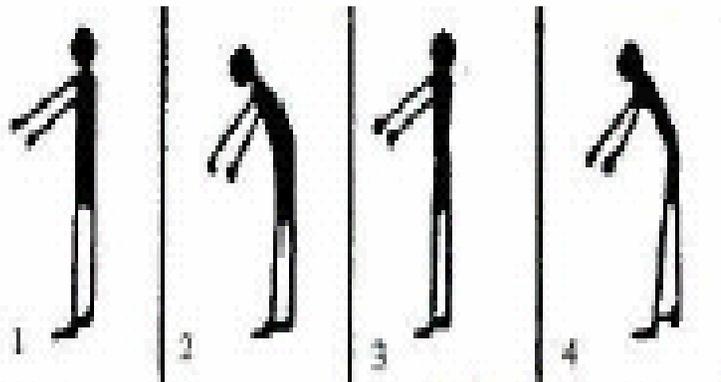
OWAS merupakan sebuah metode analisa postur kerja dengan melakukan evaluasi postur kerja yang mengakibatkan cedera *musculoskeletal* (Karhu dkk, 1981). Metode ini mulai berkembang pada awal tahun tujuh puluhan di perusahaan *Ovako Oy Finlandia* (sekarang Fundia Wire). Metode ini mulai dikembangkan pertama kali oleh Karhu Dkk, yang didasarkan pada klasifikasi yang sederhana dan sistematis dari sikap kerja yang dikombinasikan dengan pengamatan dari tugas selama bekerja.

Metode OWAS mengkodekan sikap kerja pada bagian punggung, tangan, kaki, dan berat beban. Masing-masing bagian memiliki klasifikasi sendiri-sendiri. Metode ini cepat dalam mengidentifikasi sikap/postur kerja yang berpotensi

menimbulkan kecelakaan. Kecelakaan kerja yang menjadi perhatian adalah cedera *musculoskeletal*.

Prosedur OWAS dilakukan dengan melakukan observasi untuk mengambil data postur, beban/tenaga, dan fase kerja. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengkodean berdasar data tersebut. Evaluasi penilaian didasarkan pada skor dari tingkat bahaya postur kerja yang ada. Kemudian dihubungkan dengan kategori tindakan yang harus diambil. Klasifikasi postur kerja dari metode OWAS adalah pada pergerakan tubuh bagian belakang (*back*), lengan (*arms*), dan kaki (*legs*). Setiap postur tubuh tersebut terdiri dari 4 postur bagian belakang, 3 postur lengan, dan 7 postur kaki. Berat beban yang dikerjakan juga dilakukan penilaian mengandung skala 3 point.

#### Bagian Belakang (*Back*)

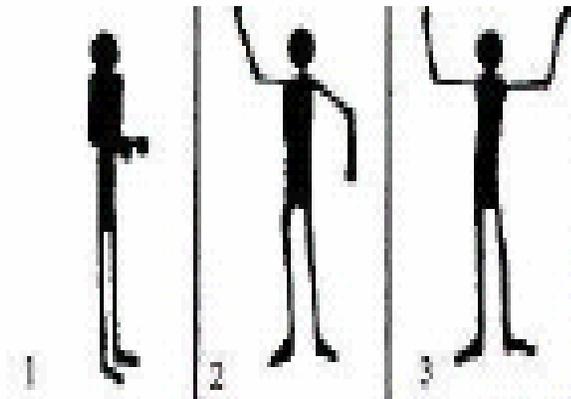


Gambar 6.14 Postur Tubuh Bagian Belakang (*Back*)

Tabel 6.3 Skor Bagian Belakang (*Back*)

Pergerakan	Skor
Lurus/tegak	1
Bungkuk ke depan	2
Miring ke samping	3
Bungkuk ke depan dan miring ke samping	4

Bagian Lengan (*Arms*)

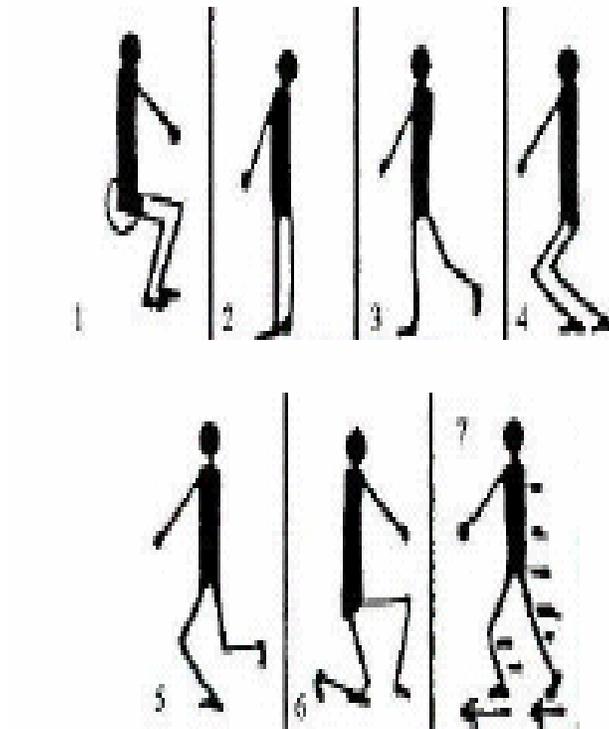


Gambar 6.15 Postur Tubuh Bagian Lengan (*Arms*)

Tabel 6.4 Skor Bagian Lengan (*Arms*)

Pergerakan	Skor
Kedua tangan di bawah bahu	1
Satu tangan pada atau di atas bahu	2
Kedua tangan pada atau diatas bahu	3

## Bagian Kaki (Legs)

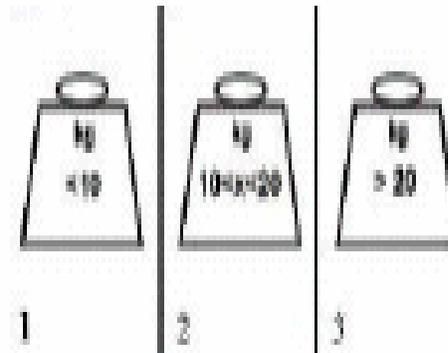


Gambar 6.16 Postur Tubuh Bagian Kaki (Legs)

Tabel 6.5 Skor Bagian Kaki (Legs)

Pergerakan	Skor
Duduk	1
Berdiri dengan kedua kaki lurus	2
Berdiri dengan bertumpu pada satu kaki lurus	3
Berdiri atau jongkok dengan kedua lutut	4
Berdiri atau jongkok dengan satu lutut	5
Berlutut pada satu atau dua lutut	6
Berjalan atau bergerak	7

## Beban (Load)



Gambar 6.17 Ukuran Beban (Load)

Tabel 6.6 Skor Berat Beban OWAS

Beban/Load	Skor
< 10 kg	1
< 20 kg	2
> 20 kg	3

Dibawah ini adalah perihal penjelasan tentang klasifikasi sikap agar membedakan sikap masing-masing klasifikasi.

### 1. Sikap Punggung

- **Membungkuk**  
Penilaian sikap kerja diklasifikasikan membungkuk jika terjadi sudut yang terbentuk pada punggung minimal sebesar  $20^{\circ}$  atau lebih. Begitu pula sebaliknya jika perubahan sudut kurang dari  $20^{\circ}$ , maka dinilai tidak

membungkuk. Adapun posisi leher dan kaki tidak termasuk dalam penilaian batang tubuh (punggung).

## 2. Sikap Lengan

- Yang dimaksud sebagai lengan adalah dari lengan atas sampai tangan.
- Penilaian terhadap posisi lengan yang perlu diperhatikan adalah posisi tangan.

## 3. Sikap Kaki

- Duduk  
Pada sikap ini adalah duduk dikursi dan semacamnya.
- Berdiri bertumpu pada kedua kaki lurus  
Pada sikap ini adalah kedua kaki dalam posisi lurus/tidak bengkok dimana beban tubuh menumpu kedua kaki.
- Berdiri bertumpu pada satu kaki lurus  
Pada sikap ini adalah beban tubuh bertumpu pada satu kaki yang lurus (menggunakan satu pusat gravitasi lurus), dan satu kaki yang lain dalam keadaan menggantung (tidak menyentuh lantai). Dalam hal ini kaki yang menggantung untuk menyeimbangkan tubuh dan bila jari kaki yang menyentuh lantai termasuk sikap ini.
- Berdiri bertumpu pada kedua kaki dengan lutut ditekuk  
Pada sikap ini adalah keadaan posture setengah duduk yang telah umum diketahui yaitu keadaan lutut ditekuk dan beban tubuh bertumpu pada kedua kaki. Lutut dikategorikan ditekuk jika sudut yang terbentuk adalah  $\leq 150^{\circ}$ .
- Berdiri bertumpu pada satu kaki dengan lutut ditekuk  
Pada sikap ini dalam keadaan ini berat tubuh bertumpu pada satu kaki dengan lutut ditekuk (menggunakan pusat gravitasi pada satu kaki dengan lutut ditekuk).
- Berlutut pada satu atau kedua lutut  
Pada sikap ini dalam keadaan satu atau kedua lutut menempel pada lantai.

- Berjalan  
Pada sikap ini adalah gerakan kaki yang dilakukan termasuk gerakan ke depan, belakang, menyamping, dan naik turun tangga.

#### 4. Berat beban

- Dalam hal ini yang membedakan adalah berat beban yang diterima dalam satuan kilogram (Kg). Berat beban yang diangkat lebih kecil atau sama dengan 10 Kg ( $W \leq 10 \text{ Kg}$ ), lebih besar dari 10 Kg dan lebih kecil atau sama dengan 20 Kg ( $10 \text{ Kg} < W \leq 20 \text{ Kg}$ ), lebih besar dari 20 Kg ( $W \geq 20 \text{ Kg}$ ).

Hasil dari analisa sikap kerja OWAS terdiri dari empat level skala sikap kerja yang berbahaya bagi para pekerja.

Tabel 6.7 Empat Level Sikap Kerja

KATEGORI	1	Pada sikap ini tidak masalah pada sistem musculoskeletal. Tidak perlu perbaikan.
:		
KATEGORI	2	Pada sikap ini berbahaya pada sistem musculoskeletal (sikap kerja mengakibatkan pengaruh ketegangan yang signifikan). Perlu perbaikan dimasa yang akan datang.
:		
KATEGORI	3	Pada sikap ini berbahaya bagi sistem musculoskeletal (sikap kerja mengakibatkan pengaruh ketegangan yang sangat signifikan). Perlu perbaikan segera mungkin.
:		
KATEGORI	4:	Pada sikap ini berbahaya bagi sistem musculoskeletal (sikap kerja ini mengakibatkan resiko yang jelas). Perlu perbaikan secara langsung/saat ini.

Berikut ini merupakan tabel kategori tindakan kerja OWAS secara keseluruhan, berdasarkan kombinasi klasifikasi sikap dari punggung, lengan, kaki, dan beban berat.

Tabel 6.8 Kategori Tindakan Kerja OWAS

Back	Arms	1			2			3			4			5			6			7			Legs
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	Load
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	X
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2	
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	

Tabel di atas menjelaskan mengenai klasifikasi postur-postur kerja ke dalam kategori tindakan. Sebagai contoh postur kerja dengan kode 2352, maka postur kerja ini merupakan postur kerja dengan kategori tindakan dengan derajat perbaikan level 4, yaitu pada sikap ini berbahaya bagi sistem *musculoskeletal* (sikap kerja ini mengakibatkan resiko yang jelas). Perlu perbaikan secara langsung/saat ini.

### Contoh Gerakan



Gambar 6. 18 Posisi Sikap Pekerja

- ▶ **Kode Sikap Punggung : 4**  
Bungkuk ke depan dan Menyamping.
- ▶ **Kode Sikap Lengan : 1**  
Kedua lengan berada di bawah bahu
- ▶ **Kode Sikap Kaki : 3**  
Berdiri bertumpu pada satu kaki
- ▶ **Kode Berat Beban : 1**  
Berat beban 3,5 Kg

**Kode Sikap OWAS : 4 1 3 1**

## **6.5 *Material Handling* Bahan Kimia Berbahaya**

Keamanan pengangkutan bahan kimia berbahaya sangat penting, agar terhindar dari malapetaka bagi tenaga kerja, kerusakan harta maupun kerugian jiwa termasuk alat angkutan. Dalam kegiatan transportasi bahan kimia berbahaya, bahaya utama adalah bahaya kebakaran dan ledakan. Dalam pengangkutannya perlu dipertimbangkan faktor-faktor antara lain:

- a. Pengaturan muatan secara keseluruhan.
- b. Pengaruh gerakan alat pengangkutan dalam cuaca yang tidak baik.
- c. Pengaruh perubahan suhu.
- d. Kelembaban terhadap keselamatan bahan kimia yang diangkut dan lain-lain.

Dalam pengangkutan bahan kimia berbahaya, pengemudi ataupun setiap orang yang terlibat dalam proses pengangkutan harus dibekali pengetahuan tentang bahaya bahan kimia yang diangkut dan upaya pencegahannya, tindakan bila terjadi kebocoran, kebakaran atau kecelakaan dan alamat untuk meminta pertolongan.

Penyimpanan dan pembuangan sisa bahan kimia berbahaya tidak sama dengan pembuangan bahan buangan lainnya. Bahan kimia berbahaya yang akan dibuang hendaknya diolah terlebih dahulu, dikemas dalam drum, botol, kaleng, truk, tangki atau lainnya dengan tanda dan label yang jelas.

## 6.6 Rangkuman

Masalah utama yang sering terjadi di industri adalah aktivitas perpindahan material dari satu proses menuju ke proses berikutnya. Perpindahan tersebut dikenal dengan nama material handling. Jenis peralatan material handling diantaranya: conveyor, crane, hoist, dan truk. Masing-masing alat material handling tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan.

Manual material handling adalah suatu kegiatan transportasi yang dilakukan oleh satu pekerja atau lebih dengan melakukan kegiatan pengangkatan, penurunan, mendorong, menarik, mengangkat, dan memindahkan barang.

Faktor-faktor yang mempengaruhi manual material handling yaitu:

- ❖ Karakteristik pekerja
- ❖ Karakteristik material
- ❖ Karakteristik tugas
- ❖ Sikap kerja

## 6.7 Soal

- ❖ Apa yang dimaksud dengan material handling, manual material handling.
- ❖ Sebutkan kerugian dan keuntungan pemakaian conveyor dalam aktivitas material handling.
- ❖ Sebutkan kerugian dan keuntungan pemakaian crane dan hoist dalam aktivitas material handling.
- ❖ Sebutkan kerugian dan keuntungan pemakaian truk dalam aktivitas material handling.

# **BAB VII**

## **LINGKUNGAN KERJA FISIK**

### **7.1 Pendahuluan**

Industrialisasi akan selalu diikuti oleh penerapan teknologi tinggi, penggunaan bahan dan peralatan yang semakin kompleks dan rumit. Penerapan teknologi tinggi dan penggunaan bahan dan peralatan yang beraneka ragam dan kompleks tersebut sering tidak diikuti oleh kesiapan SDM. Keterbatasan manusia sering menjadi faktor penentu terjadinya musibah seperti: kecelakaan, kebakaran, peledakan, pencemaran lingkungan dan timbulnya penyakit akibat kerja.

Pada tempat kerja, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi lingkungan kerja seperti: kebisingan, temperatur, pencahayaan, getaran, bau-bauan, radiasi, bahan berbahaya beracun, ventilasi. Semua faktor tersebut dapat menimbulkan gangguan terhadap suasana kerja dan berpengaruh terhadap kesehatan dan keselamatan kerja. Lingkungan kerja yang nyaman sangat dibutuhkan oleh pekerja untuk dapat bekerja secara optimal dan produktif. Dengan mempelajari bab ini, para siswa diharapkan mengetahui faktor-faktor lingkungan kerja yang bisa mempengaruhi kesehatan dan keselamatan kerja.

### **7.2 Temperatur**

Untuk negara dengan empat musim, rekomendasi untuk *comfort zone* pada musim dingin adalah suhu ideal berkisar antara 19-23°C dengan kecepatan udara antara 0,1-0,2 m/det dan pada musim panas suhu ideal antara 22-24°C dengan kecepatan udara antara 0,15-0,4 m/det serta kelembaban antara 40-60% sepanjang tahun. 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 antara 40-50%; perbedaan suhu permukaan < 4°C.

### 7.2.1 Lingkungan Kerja Panas

Pekerja di dalam lingkungan panas, seperti di sekitar *furnaces*, peleburan, boiler, oven, tungku pemanas atau bekerja di luar ruangan di bawah terik matahari dapat mengalami tekanan panas. Selama aktivitas pada lingkungan panas tersebut, tubuh secara otomatis akan memberikan reaksi untuk memelihara suatu kisaran panas lingkungan yang konstan dengan menyeimbangkan antara panas yang diterima dan luar tubuh dengan kehilangan panas dan dalam tubuh. Selanjutnya faktor-faktor yang menyebabkan pertukaran panas di antara tubuh dengan lingkungan sekitarnya adalah panas konduksi, panas konveksi, panas radiasi dan panas penguapan. Berikut ini aktivitas-aktivitas kerja pada lingkungan kerja yang panas, yaitu aktivitas kerja pada industri pengecoran logam.



Gambar 7.1 Pekerja Mengawasi Tungku Peleburan Logam

Pada gambar 7.1 tersebut seorang pekerja sedang mengawasi tungku peleburan logam. Kondisi ini menyebabkan pekerja terpapar panas. Kondisi kerja pada gambar 7.2 juga tidak berbeda jauh dengan kondisi kerja pada gambar 7.1. Pekerja pada kondisi ini juga selama jam kerja terpapar panas.



Gambar 7.2 Mengambil Cairan Logam dari Tungku

Pekerja di lingkungan panas dapat beraklimatisasi untuk mengurangi reaksi tubuh terhadap panas (*heat strain*). Pada proses aklimatisasi menyebabkan denyut jantung lebih rendah dan laju pengeluaran keringat meningkat. Khusus untuk pekerja yang baru di lingkungan panas diperlukan waktu aklimatisasi selama 1-2 minggu. Jadi, aklimatisasi terhadap lingkungan panas sangat diperlukan pada seseorang yang belum terbiasa dengan kondisi tersebut. Aklimatisasi tubuh terhadap panas memerlukan sedikit *liquid* tetapi lebih sering minum. Tablet garam juga diperlukan dalam proses aklimatisasi. Seorang tenaga kerja dalam proses aklimatisasi hanya boleh terpapar 50% waktu kerja pada tahap awal, kemudian dapat ditingkatkan 10% setiap hari.

## 7.2.2 Pengaruh Temperatur Terhadap Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Secara lebih rinci gangguan kesehatan akibat paparan suhu lingkungan panas yang berlebihan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Gangguan perilaku dan performansi kerja seperti, terjadinya kelelahan, sering melakukan istirahat curian dan lain-lain.
2. Dehidrasi.  
Dehidrasi adalah suatu kehilangan cairan tubuh yang berlebihan yang disebabkan baik oleh penggantian cairan yang tidak cukup maupun karena gangguan kesehatan. Pada kehilangan cairan tubuh <1,5% gejalanya tidak nampak, kelelahan muncul lebih awal dan mulut mulai kering.
3. *Heat Rash*  
Keadaan seperti biang keringat atau keringat buntat, gatal kulit akibat kondisi kulit terus basah. Pada kondisi ini pekerja perlu beristirahat pada tempat yang lebih sejuk dan menggunakan bedak penghilang keringat.
4. *Heat Syncope atau Fainting*  
Keadaan ini disebabkan karena aliran darah ke otak tidak cukup karena sebagian besar aliran darah dibawa ke permukaan kulit atau *perifer* yang disebabkan karena paparan suhu tinggi.
5. *Heat Cramps*  
Keadaan ini terjadi karena pekerja berkeringat terlalu banyak dan minum air terlalu banyak. Gejala otot yang kejang dan sakit. Cara menanggulangi adalah dengan minum cairan elektrolit (garam) seperti: gatorade, pocari sweet.
6. Kelelahan karena panas  
Penyebab adalah turunnya volume air darah karena dehidrasi (terlalu banyak berkeringat dan tidak cukup

minum). Gejala : lemah lesu, lelah, kantuk; berkeringat dingin dan pucat; banyak berkeringat; pusing; mual; dan pingsan. Cara mengatasi, jika pekerja sadar, istirahatkan di tempat yang sejuk; beri minum yang mengandung elektrolit. Jika pekerja pingsan, segera cari bantuan medis. Jangan diberi minum jika pekerja pingsan.

#### 7. Stroke karena panas

Penyebab karena tubuh kepanasan sebab pekerja tidak dapat berkeringat. Kondisi ini dapat mematikan. Gejala kulit kering dengan bercak merah panas atau tampak kebiru-biruan, kehilangan orientasi (bingung), kejang-kejang, pingsan, suhu tubuh yang cepat naik. Penanggulangan: cari bantuan medis segera, pindahkan yang bersangkutan ke tempat yang sejuk, copot alat-alat pelindung yang dipakainya, gunakan handuk basah atau air dan kipas untuk mendinginkannya sambil menunggu paramedis.

### 7.2.3 Penilaian Lingkungan Kerja Panas

Metode terbaik untuk menentukan apakah tekanan panas di tempat kerja menyebabkan gangguan kesehatan adalah dengan mengukur suhu inti tubuh pekerja yang bersangkutan. Normal suhu inti tubuh adalah  $37^{\circ}\text{C}$ , mungkin mudah dilampaui dengan akumulasi panas dan konveksi, konduksi, radiasi dan panas metabolisme. Apabila rerata suhu inti tubuh pekerja  $> 38^{\circ}\text{C}$ , diduga terdapat pemaparan suhu lingkungan panas yang dapat meningkatkan suhu tubuh tersebut. Selanjutnya harus dilakukan pengukuran suhu lingkungan kerja

Pengukuran suhu lingkungan kerja bisa menggunakan termometer ruangan digital. Termometer ruangan ini mempunyai ketelitian sampai  $0.1^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 7.3 Termometer Ruangan Digital

Menurut penyelidikan untuk berbagai tingkat temperatur akan memberikan pengaruh yang berbeda-beda seperti berikut:

- ☺  $\pm 49\text{ }^{\circ}\text{C}$ : Temperatur yang dapat ditahan sekitar 1 jam, tetapi jauh diatas tingkat kemampuan fisik dan mental. Lebih kurang 30 derajat Celcius: aktivitas mental dan daya tanggap mulai menurun dan cenderung untuk membuat kesalahan dalam pekerjaan. Timbul kelelahan fisik.
- ☺  $\pm 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ : Aktivitas mental dan daya tanggap mulai menurun dan cenderung untuk membuat kesalahan dalam pekerjaan, timbul kelelahan fisik.
- ☺  $\pm 24\text{ }^{\circ}\text{C}$ : Kondisi optimum
- ☺  $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ : Kelakuan fisik yang *extrem* mulai muncul.

Harga-harga diatas tidak mutlak berlaku untuk setiap orang karena sebenarnya kemampuan beradaptasi tiap orang berbeda-beda, tergantung di daerah bagaimana dia biasa hidup. Orang yang biasa hidup di daerah panas berbeda kemampuan beradaptasinya dibandingkan dengan mereka yang hidup di daerah dingin atau sedang. Tichauer telah menyelidiki pengaruh terhadap produktifitas para pekerja penenunan kapas, yang

menyimpulkan bahwa tingkat produksi paling tinggi dicapai pada kondisi temperatur 75°F – 80°F (24°C - 27°C)

## 7.2.4 Pengendalian Lingkungan Kerja Panas

Untuk mengendalikan pengaruh pemaparan tekanan panas terhadap tenaga kerja perlu dilakukan koreksi tempat kerja, sumber-sumber panas lingkungan dan aktivitas kerja yang dilakukan. Secara ringkas teknik pengendalian terhadap pemaparan tekanan panas di perusahaan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Mengurangi faktor beban kerja dengan mekanisasi
2. Mengurangi beban panas radiasi dengan cara:
  - Menurunkan temperatur udara dan proses kerja yang menghasilkan panas.
  - Relokasi proses kerja yang menghasilkan panas.
  - Penggunaan tameng panas dan alat pelindung yang dapat memantulkan panas
3. Mengurangi temperatur dan kelembaban.  
Cara ini dapat dilakukan melalui ventilasi pengenceran (*dilution ventilation*) atau pendinginan secara mekanis (*mechanical cooling*). Cara ini telah terbukti secara dramatis dapat menghemat biaya dan meningkatkan kenyamanan.
4. Meningkatkan pergerakan udara.  
Peningkatan pergerakan udara melalui ventilasi buatan dimaksudkan untuk memperluas pendinginan evaporasi, tetapi tidak boleh melebihi 0,2 m/det. Sehingga perlu dipertimbangkan bahwa menambah pergerakan udara pada temperatur yang tinggi (> 40°C) dapat berakibat kepada peningkatan tekanan panas.
5. Pembatasan terhadap waktu pemaparan panas dengan cara:

- Melakukan shift pekerjaan pada tempat panas pada pagi dan sore hari.
  - Penyediaan tempat sejuk yang terpisah dengan proses kerja untuk pemulihan.
  - Mengatur waktu kerja-istirahat secara tepat berdasarkan beban kerja
6. Pakaian pelindung  
Pakaian khusus berbahan reflektif atau pakaian pendingin dapat melindungi pekerja dari panas yang berlebihan.
  7. Air  
Karena mekanisme 'haus' atau keinginan minum tubuh terkadang tidak cukup dirangsang oleh hilangnya cairan tubuh melalui keringat, penting untuk menjadwalkan minum sekitar setengah gelas tiap setengah jam.
  8. Pendidikan  
Pekerja harus diajari bagaimana mengenali gejala penyakit yang berhubungan dengan panas dan bagaimana melakukan pertolongan pertama pada kasus tersebut. Mereka harus tahu mengapa penyakit dapat timbul dan bagaimana mencegahnya.
  9. Penyesuaian  
Proses ini berarti membiarkan tubuh secara bertahap menyesuaikan diri dengan panas. Proses ini menyebabkan suhu tubuh yang lebih rendah saat bekerja dan istirahat, keringat yang lebih banyak, detak jantung yang lebih lambat dan konsumsi oksigen yang lebih rendah. Karena hasil dari proses ini dapat hilang dengan cepat, pekerja harus mengalaminya lagi jika kembali dari libur yang lebih panjang dari seminggu.

## 7.3 Kebisingan

Apakah kebisingan? Apakah pembicaraan dengan teman dan keluarga termasuk kebisingan? Apakah musik termasuk kebisingan? Apakah mesin pabrik yang bekerja dengan kecepatan tinggi termasuk kebisingan?

Yang membedakan antara musik dengan suara pabrik adalah apakah suara tersebut diinginkan. Pada kebanyakan kasus musik adalah suara yang diinginkan, sedangkan suara pabrik adalah suara yang tidak diinginkan. Kendati musik adalah suara yang diinginkan dalam intensitas tinggi dapat merusak pendengaran seperti suara pabrik. Efek kebisingan terhadap kesehatan tergantung dari kerasnya suara dan apakah suara tersebut diinginkan atau tidak.

Kualitas suara ditentukan oleh frekuensi dan intensitasnya. Frekuensi suara dinyatakan dengan jumlah getaran tiap detik, atau Hertz (Hz). Sedang intensitas suara merupakan besarnya tekanan suara, yang dalam pengukuran sehari-hari dinyatakan dalam perbandingan logaritmis dan menggunakan satuan desibel (dB).

Frekuensi suara di bawah 20 Hz disebut sebagai infrasonik, sedang di atas 20.000 Hz merupakan gelombang ultrasonik. Frekuensi antara 20 – 20.000 Hz, dapat didengar oleh telinga manusia. Untuk komunikasi percakapan secara normal, diperlukan frekuensi antara 250 – 3000 Hz.

Rangsang suara yang berlebihan atau tidak dikehendaki (bising), yang dijumpai di pabrik atau tempat-tempat yang ramai akan mempengaruhi fungsi pendengaran. Berbagai faktor seperti intensitas, frekuensi, jenis atau irama bising, lama pemajanan serta lama waktu istirahat antar dua periode pemajanan, sangat menentukan dalam proses terjadinya ketulian atau kurang pendengaran akibat bising. Demikian juga faktor kepekaan tiap pekerja, seperti umur, pemajanan bising sebelumnya, kondisi kesehatan, penyakit telinga yang pernah diderita, perlu pula dipertimbangkan dalam menentukan gangguan pendengaran akibat bising.

### 7.3.1 Seberapa Keras Suara yang Terlalu Keras?

Cara sederhana untuk menentukan apakah tingkat suara yang ada di tempat kerja terlalu keras adalah:

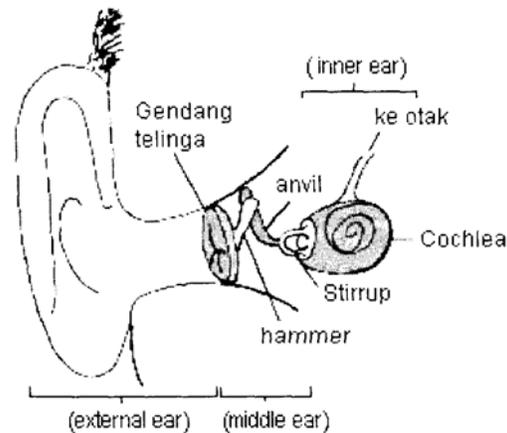
- ❖ Jika anda harus berteriak atau berbicara keras dari jarak rentangan tangan untuk dapat dimengerti oleh lawan bicara anda.
- ❖ Jika telinga anda berdengung jika anda meninggalkan lokasi kerja.
- ❖ Jika anda kesulitan menangkap pembicaraan biasa setelah kerja
- ❖ Jika anda merasa pusing atau mengantuk karena kebisingan
- ❖ Jika rekan kerja anda juga memiliki masalah yang sama atau telah diperiksa dokter didiagnosa mengalami gangguan pendengaran.

### 7.3.2 Anatomi Telinga Manusia

Telinga manusia dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu bagian luar (*outer ear*), bagian tengah (*middle ear*) dan bagian dalam (*inner ear*). Ketiga bagian telinga tersebut memiliki komponen-komponen berbeda dengan fungsi masing-masing dan saling berkelanjutan dalam menanggapi gelombang suara yang berada di sekitar manusia.

Tulang berbentuk spiral di bagian dalam telinga disebut cochlea yang dilapisi sel rambut yang halus. Gelombang bunyi dihantarkan dari telinga bagian luar ke telinga bagian tengah dan telinga bagian dalam. Pada telinga bagian dalam, gelombang tekan menggerakkan sel rambut, yang lalu mengirim signal ke otak, melalui jaringan syaraf, tentang suara yang didengar telinga.

Kebisingan dengan intensitas tinggi akan merusak sel rambut di bagian dalam telinga dan mengurangi kemampuan telinga untuk mendengar dan menghantarkan informasi ke otak. Jika sel rambut ini rusak, tidak dapat diperbaiki, sehingga kehilangan pendengaran yang terjadi akan permanen.



Gambar 7.4 Struktur Telinga Manusia

### 7.3.3 Suara di Tempat Kerja

Suara dalam pembahasan Kesehatan dan Keselatan Kerja akan difokuskan pada potensi gelombang suara sebagai salah satu bahaya lingkungan potensial bagi pekerja di tempat kerja beserta teknik-teknik pengendaliannya.

#### Sumber Suara

Beberapa jenis sumber suara di dalam lingkungan kerja:

- a. Suara mesin

Jenis mesin penghasil suara di tempat kerja sangat bervariasi, demikian pula karakteristik suara yang dihasilkan. Contoh sumber kebisingan di perusahaan baik dari dalam maupun dari luar perusahaan seperti:

- ❖ Mesin pembangkit tenaga listrik seperti genset, mesin diesel, generator
- ❖ Mesin-mesin produksi
- ❖ Mesin potong, gergaji, serut di perusahaan kayu



Gambar 7.5 Mesin Penyerut Kayu

- b. Benturan antara alat kerja dan benda kerja  
Proses menggerinda permukaan metal dan umumnya pekerjaan penghalusan permukaan benda kerja, penyemprotan, pengupasan cat, pengelingan, memalu dan pemotongan seperti proses penggergajian kayu dan *metal cutting*. Kondisi ini akan menimbulkan kebisingan. Penggunaan gergaji bundar (*circular blades*) dapat menimbulkan tingkat kebisingan antara 80 dB – 120 dB. Gambar di bawah ini memperlihatkan proses benturan

antara alat kerja dan benda kerja. Gambar 7.6 adalah proses memotong besi. Proses ini sangat bising sekali, apalagi kalau pekerja tidak memakai alat pelindung diri.



Gambar 7.6 Aktivitas Memotong Besi

Sedangkan gambar 7.7 merupakan aktivitas menggerinda logam. Menggerinda ini merupakan cara untuk menghaluskan permukaan logam. Kondisi kerja menggerinda ini juga menimbulkan suara yang bising.



Gambar 7.7 Kegiatan Menggerinda

- c. Aliran material  
Aliran gas, air atau material-material cair dalam pipa distribusi material di tempat kerja, apalagi yang berkaitan dengan proses penambahan tekanan dan pencampuran sedikit banyak akan menimbulkan kebisingan di tempat kerja.

### **7.3.4 Jenis Kebisingan**

Suara bisa berubah menjadi salah satu bahaya apabila menimbulkan gangguan secara:

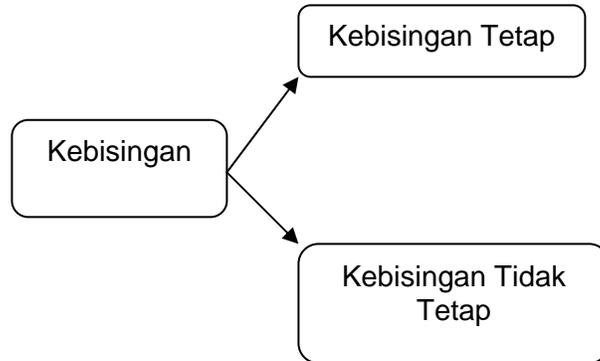
- a. Fisik (menyakitkan telinga pekerja)
- b. Psikis (mengganggu konsentrasi dan kelancaran komunikasi)

Pada kondisi ini suara sudah berubah menjadi polutan. Polutan tersebut dikenal dengan nama kebisingan.

*National Institute of Occupational Safety & Health* (NIOSH) mendefinisikan status suara di mana suara berubah menjadi polutan apabila:

1. Suara-suara dengan tingkat kebisingan lebih besar dari 104 dB.
2. Kondisi kerja yang mengakibatkan seorang karyawan harus menghadapi tingkat kebisingan lebih besar dari 85 dBA selama lebih dari 8 jam

Kebisingan di lingkungan kerja dibagi menjadi dua jenis, yaitu kebisingan tetap dan kebisingan tidak tetap.



Gambar 7.8 Jenis Kebisingan

Kebisingan Tetap dalam prakteknya akan dibagi menjadi dua macam kebisingan, yaitu:

- Kebisingan dengan frekuensi terputus  
Kebisingan ini berupa nada-nada murni pada frekuensi yang beragam. Misal, suara mesin, suara kipas, dan sebagainya.
- *Broad band noise*  
Kebisingan dengan frekuensi terputus dan *broad band noise* sama-sama digolongkan dengan kebisingan tetap. Perbedaannya adalah *broad band noise* terjadi pada frekuensi yang lebih bervariasi.

Kebisingan Tidak Tetap dalam prakteknya dibagi menjadi tiga macam kebisingan, yaitu:

- Kebisingan fluktuatif  
Kebisingan yang selalu berubah-ubah selama rentang waktu tertentu

- *Intermittent noise*  
Merupakan kebisingan yang terputus-putus dan besarnya dapat berubah-ubah, contohnya kebisingan lalu lintas.
- *Impulsive noise*  
Kebisingan ini ditimbulkan oleh suara-suara berintensitas tinggi (memekakkan telinga) dalam waktu relatif singkat, misalnya suara ledakan senjata api dan alat-alat sejenisnya.

### 7.3.5 Nilai Ambang Batas

Kebisingan dapat menyebabkan dampak jangka pendek maupun jangka panjang pada pendengaran. Untuk menanggulangi kebisingan di pabrik, beberapa negara menetapkan Nilai Ambang Batas (NAB) kebisingan.

Nilai Ambang Batas kebisingan di tempat kerja adalah intensitas suara tertinggi yang merupakan nilai rata-rata, yang masih dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan hilangnya daya dengar yang menetap untuk waktu kerja terus menerus tidak lebih dari 8 jam sehari dan 40 jam seminggu.

Berikut ini batas waktu pemaparan kebisingan per hari yang direkomendasikan oleh Departemen Tenaga Kerja Republik Indonesia pada tahun 1999.

Tabel 7.1 Batas Waktu Pemaparan Kebisingan Per Hari Kerja

Batas Waktu Pemaparan Per Hari Kerja		Intensitas Kebisingan Dalam dBA
8	Jam	85
4		88
2		91
1		94
30	Menit	97
15		100
7,5		103
3,75		106
1,88		109

Batas Waktu Pemaparan Per Hari Kerja		Intensitas Kebisingan Dalam dBA
0,94		112
28,12	Detik	115
14,06		118
7,03		121
3,52		124
1,76		127
0,88		130
0,44		133
0,22		136
0,11		139

### 7.3.6 Pengaruh Kebisingan

Secara umum pengaruh kebisingan ini dapat dibagi menjadi dua yang didasarkan pada tinggi rendahnya intensitas kebisingan dan lamanya waktu pemaparan. Pertama, pengaruh pemaparan kebisingan intensitas tinggi (di atas NAB) dan kedua, adalah pengaruh pemaparan kebisingan intensitas rendah (di bawah NAB):

#### a. Pengaruh Kebisingan Intensitas Tinggi

Pada kondisi ini terjadi kerusakan pada indera pendengaran yang dapat menyebabkan penurunan daya dengar baik yang bersifat sementara maupun bersifat permanen atau ketulian.

Pengaruh kebisingan akan sangat terasa apabila jenis kebisingannya terputus-putus dan sumbernya tidak diketahui.

Secara fisiologis, kebisingan dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti, meningkatnya tekanan darah dan denyut jantung, resiko serangan jantung meningkat, gangguan pencernaan.

## b. Pengaruh Kebisingan Intensitas Rendah

Tingkat kebisingan intensitas rendah atau di bawah NAB banyak ditemukan di lingkungan kerja seperti perkantoran, ruang administrasi perusahaan dll. Dampak dari kebisingan ini secara fisiologis tidak merusak pendengaran. Namun, kondisi ini sering menyebabkan penurunan performansi kerja, sebagai salah satu penyebab stress dan gangguan kesehatan lainnya. Stress ini dapat mengakibatkan terjadinya kelelahan dini, kegelisahan dan depresi. Secara spesifik stress karena kebisingan ini akan mengakibatkan hal-hal sebagai berikut:

- ❖ Stress menuju keadaan cepat marah, sakit kepala, dan gangguan tidur
- ❖ Gangguan reaksi psikomotor
- ❖ Kehilangan konsentrasi
- ❖ Gangguan komunikasi antara lawan bicara
- ❖ Penurunan performansi kerja yang kesemuanya itu akan bermuara pada kehilangan efisiensi dan produktivitas kerja.

## 7.3.7 Sumber Kebisingan

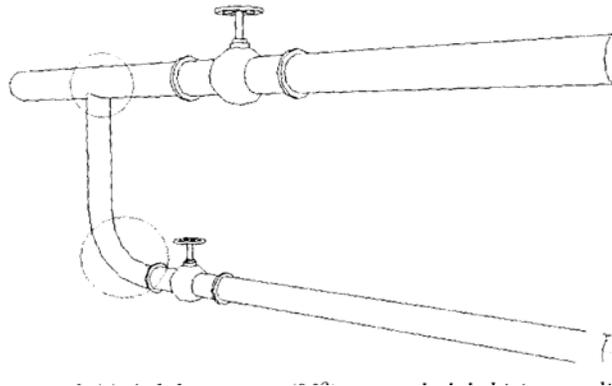
Suara atau bunyi ini diukur dengan satuan yang disebut *desibel*. Satuan *desibel* diukur dari 0 hingga 140, atau bunyi terlemah yang manusia masih bisa mendengar hingga tingkat bunyi yang dapat menyebabkan kerusakan permanen pada telinga manusia. Kata *desibel* biasa disingkat 'dB' dan mempunyai 3 skala : A, B, dan C. Skala yang terdekat dengan pendengaran manusia adalah skala A atau 'dBA'.

Berikut ini adalah beberapa tingkat kebisingan beberapa sumber suara yang bisa dijadikan sebagai acuan untuk menilai tingkat keamanan kerja:

- ❖ Percakapan biasa ( 45 – 60 dB )
- ❖ Bor listrik ( 88 – 98 dB )
- ❖ Suara anak ayam di peternakan ( 105 dB )
- ❖ Gergaji mesin ( 110 – 115 dB )
- ❖ Musik rock metal ( 115 dB )
- ❖ Sirene ambulans ( 120 dB )
- ❖ Teriakan awal seseorang yang menjerit kesakitan ( 140 dB )
- ❖ Pesawat terbang jet ( 140 dB )

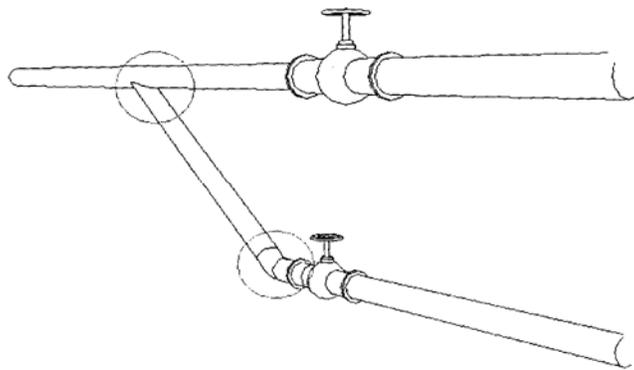
Sumber kebisingan yang berasal dari industri antara lain:

- ❖ Industri perkayuan
- ❖ Pekerjaan pemipaan
- ❖ Pertambangan batu bara dan logam.



Gambar 7.9 Belokan Tajam (90°) akan Menambah Kebisingan Aliran

Pipa yang dibuat dengan belokan tajam seperti pada gambar 7.9 ini akan menimbulkan suara yang bising. Kebisingan ini terjadi karena ada benturan aliran. Kondisi tidak berbeda juga terjadi pada gambar 7.10, dimana ada penambahan sudut kemiringan. Dengan semakin banyak sudut kemiringan, maka suara bising akan menjadi lebih kuat.



Gambar 7.10 Penambahan Sudut Kemiringan Pembelokan Aliran

### 7.3.8 Pengukuran Kebisingan

Untuk mengukur tingkat kebisingan ini, ada dua cara yang bisa dilakukan, yaitu:

#### **Pengukuran Langsung**

Pada pengukuran ini digunakan alat *Sound Level Meter*. Alat ini dapat mengukur intensitas kebisingan antara 40 – 130 dBA pada frekuensi antara 20 – 20.000 Hz. Sebelum dilakukan pengukuran harus dilakukan countour map lokasi sumber suara dan sekitarnya. Selanjutnya pada waktu pengukuran *Sound*

*Level Meter* di pasang pada ketinggian  $\pm$  (140 – 150 m) atau setinggi telinga.



Gambar 7.11 Sound *Level Meter*

### **Pengukuran pada Penerima Suara**

Jenis pengukuran ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa rerata intensitas suara yang diterima oleh pekerja selama jam kerja. Hal ini didasarkan pengalaman bahwa tidak seluruh waktu kerja, pekerja bekerja pada tempat yang sama melainkan sering berpindah-pindah tempat. Sehingga pekerja juga tidak menerima suara dari satu sumber suara yang tinggi. Dengan demikian jenis pengukuran ini lebih dimaksudkan untuk mengurangi pengaruh pemaparan kebisingan orang per orang.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah dosimeter. Dosimeter adalah alat yang dipakai untuk mengukur tingkat kebisingan yang dialami pekerja selama shiftnya. Alat ini dapat mengukur selama shift 8, 10, 12 jam, atau berapapun lamanya. Dosimeter dipasang pada sabuk pinggang dan sebuah mikrophone kecil dipasang dekat telinga. Dosimeter mengukur jumlah bunyi yang didengar pekerja selama shiftnya. Meter tingkat suara dan dosimeter akan memberikan hasil berupa angka yang dapat dibandingkan dengan aturan batas maksimum

( 85 dBA untuk shift selama 8 jam, 40 jam per minggu – batasnya akan lebih rendah untuk waktu kerja yang lebih lama).

Desibel diukur pada skala khusus, yang disebut skala logaritma, dimana setiap penambahan 3 desibel berarti intensitas suara berlipat dua. Berarti, peningkatan dari 90 dBA ke 93 dBA berarti suaranya dua kali lebih keras daripada 90 dBA, peningkatan dari 90 dBA ke 96 dBA berarti suaranya empat kali lebih keras daripada 90 dBA. Hal penting untuk diingat adalah peningkatan kecil pada desibel berarti peningkatan besar pada kerasnya suara dan makin parahnya kerusakan yang dapat diakibatkannya pada telinga.



Gambar 7.12 Noise Dosimeter

### 7.3.9 Mengendalikan Tingkat Kebisingan

Jika tingkat kebisingan diatas 85 dBA untuk shift selama 8 jam, 40 jam per minggu, hukum mengharuskan perusahaan untuk mengurangi tingkat kebisingan yang ada.

a. Pengendalian Teknik di sumber suara adalah cara yang paling efektif untuk mengurangi tingkat kebisingan. Tindakan yang harus dilakukan pertama-tama adalah sumber suara terkeras. Pengendalian teknik yang dapat dikerjakan adalah sebagai berikut:

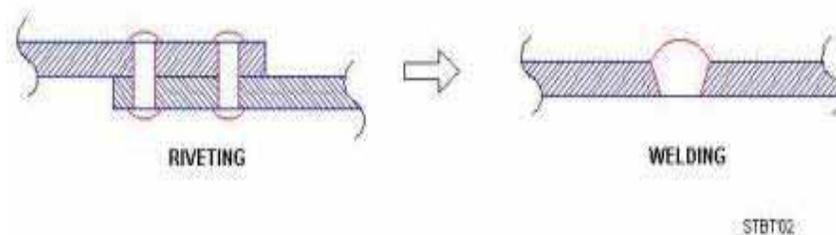
1. Mendesain kembali peralatan untuk mengurangi kecepatan atau benturan dari bagian yang bergerak, memasang peredam pada lubang pemasukan dan pembuangan, mengganti peralatan yang lama dengan peralatan baru yang mempunyai desain lebih baik.
2. Merawat peralatan dengan baik, mengganti bagian yang aus dan memberikan pelumas pada semua bagian bergerak.
3. Mengisolasi peralatan dengan menjauhkannya dari pekerja, atau menutupinya.
4. Memasang peredam getaran dengan menggunakan bantalan karet agar bunyi yang ditimbulkan oleh getaran dan bagian logam dapat dikurangi; dengan mengurangi ketinggian dari tempat barang yang jatuh ke bak atau ban berjalan.
5. Bahan penyerap bunyi dapat digantung di tempat kerja untuk menyerap bunyi di tempat tersebut

Implementasi prinsip-prinsip pengendalian bahaya untuk resiko yang disebabkan oleh kebisingan.

#### Penggantian (*substitution*)

1. Mengganti mesin-mesin lama dengan mesin baru dengan tingkat kebisingan yang lebih rendah.

2. Mengganti "jenis proses" mesin (dengan tingkat kebisingan yang lebih rendah) dengan fungsi proses yang sama, contohnya pengelasan digunakan sebagai penggantian proses *riveting* (gambar 7.13). Proses *riveting* ini akan mengakibatkan pelat kerja ketika mendapat getaran akan mengeluarkan bunyi yang berisik. Pelat yang digabung menjadi bergetar.



Gambar 7.13 Penggantian *Riveting* dengan *Welding*

#### Pemisahan (*separation*)

1. Pemisahan fisik  
Memindahkan mesin (sumber kebisingan) ke tempat yang lebih jauh dari pekerja.
  2. Pemisahan waktu (*time separation*)  
Mengurangi lamanya waktu yang harus dialami oleh seorang pekerja untuk berhadapan dengan kebisingan. Rotasi pekerjaan dan pengaturan jam kerja termasuk dua cara yang biasa digunakan.
- b. Pengendalian administratif untuk mengurangi efek kebisingan adalah dengan cara:
1. Larangan memasuki kawasan dengan tingkat kebisingan tinggi tanpa alat pengaman.

2. Larangan/peringatan untuk terus mengenakan *personnel protective equipment* selama berada di dalam tempat dengan tingkat kebisingan tinggi.
3. Dengan menggilir pekerja supaya waktu pemajanan dan tingkat kebisingan yang diterima oleh pekerja masih sesuai dengan nilai ambang batas. Misalnya seorang pekerja terkena pemaparan yang terdiri dari berbagai intensitas dan waktu yang berbeda, maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \dots\dots\dots 7.1$$

**yang hasilnya tidak melebihi 1**

di mana:

C = total waktu pemaparan pada tingkat suara tertentu

T = total waktu yang diperkenankan

Contoh:

Seorang pekerja bekerja pada 91 dBA selama 3 jam, pada 88 dBA selama 2 jam, 94 dBA selama 1 jam, dan 100 dBA selama 0,5 jam.

Jika dihitung, maka angka pemaparan kumulatif adalah:

$$\frac{3}{2} + \frac{2}{4} + \frac{1}{1} + \frac{0,5}{0,25}$$

= 5 lebih dari 1

Karena angka pemaparan kumulatif lebih dari 1, atau melebihi batas yang diperkenankan, maka

perlu dilakukan pengaturan waktu pemaparan. Secara administratif dapat diatur agar pekerja tersebut hanya bekerja di tempat dengan kebisingan 91 dBA selama 0,25 jam, 88 dBA selama 0,5 jam, 94 dBA selama 0,15 jam, dan 100 dBA selama 0,10 jam, sehingga pemaparan kumulatif menjadi:

$$\frac{0,25}{2} + \frac{0,50}{4} + \frac{0,15}{1} + \frac{0,10}{0,25}$$

= 0,8 kurang dari 1

Pengendalian secara administratif ini dapat dipertimbangkan penggunaannya, akan tetapi sangat terbatas dalam praktek pelaksanaannya.

- c. Pemakaian alat pelindung diri. Langkah yang paling baik untuk melindungi pendengaran adalah melalui pengendalian secara teknis. Akan tetapi, cara ini tidak selalu dapat dilakukan, sehingga alternatif terakhir diperlukan pemakaian alat pelindung telinga. Tergantung dari jenis, bahan dan cara pemakaiannya, alat pelindung telinga tersebut dapat mengurangi kebisingan sampai 30 dBA.

## 7.4 Pencahayaan

Cahaya merupakan satu bagian berbagai jenis gelombang elektromagnetis yang terbang ke angkasa. Gelombang tersebut memiliki panjang dan frekuensi tertentu, yang nilainya dapat dibedakan dari energi cahaya lainnya dalam spektrum elektromagnetisnya.

Cahaya dipancarkan dari suatu benda dengan fenomena sebagai berikut:

- Pijar padat dan cair memancarkan radiasi yang dapat dilihat bila dipanaskan sampai suhu 1000K. Intensitas meningkat dan penampakan menjadi semakin putih jika suhu naik.
- Muatan Listrik: Jika arus listrik dilewatkan melalui gas maka atom dan molekul memancarkan radiasi dimana spektrumnya merupakan karakteristik dari elemen yang ada.
- Electro luminescence: Cahaya dihasilkan jika arus listrik dilewatkan melalui padatan tertentu seperti semikonduktor atau bahan yang mengandung fosfor.
- Photoluminescence: Radiasi pada salah satu panjang gelombang diserap, biasanya oleh suatu padatan, dan dipancarkan kembali pada berbagai panjang gelombang. Bila radiasi yang dipancarkan kembali tersebut merupakan fenomena yang dapat terlihat maka radiasi tersebut disebut *fluorescence* atau *phosphorescence*.

### 7.4.1 Definisi dan Istilah yang Dipakai

Dalam pencahayaan ada beberapa istilah yang harus dipahami. Istilah-istilah yang sering dipakai, yaitu:

- ❖ Lumen: Satuan *flux* cahaya; *flux* dipancarkan didalam satuan unit sudut padatan oleh suatu sumber dengan intensitas cahaya yang seragam satu *candela*. Satu *lux* adalah satu *lumen* per meter persegi. *Lumen* (lm) adalah kesetaraan fotometrik dari *watt*, yang memadukan respon mata “pengamat standar”.  $1 \text{ watt} = 683 \text{ lumens}$  pada panjang gelombang 555 nm.
- ❖ Efficacy Beban Terpasang: Merupakan iluminasi/terang rata-rata yang dicapai pada suatu bidang kerja yang

datar per *watt* pada pencahayaan umum didalam ruangan yang dinyatakan dalam *lux/W/m<sup>2</sup>*.

- ❖ Perbandingan *Efficacy* Beban Terpasang: Merupakan perbandingan *efficacy* beban target dan beban terpasang.
- ❖ *Luminaire*: *Luminaire* adalah satuan cahaya yang lengkap, terdiri dari sebuah lampu atau beberapa lampu, termasuk rancangan pendistribusian cahaya, penempatan dan perlindungan lampu-lampu, dan dihubungkannya lampu ke pasokan daya.
- ❖ *Lux*: Merupakan satuan metrik ukuran cahaya pada suatu permukaan. Cahaya rata-rata yang dicapai adalah rata-rata tingkat *lux* pada berbagai titik pada area yang sudah ditentukan. Satu *lux* setara dengan satu *lumen* per meter persegi.
- ❖ Tinggi *mounting*: Merupakan tinggi peralatan atau lampu diatas bidang kerja.
- ❖ *Efficacy* cahaya terhitung: Perbandingan keluaran *lumen* terhitung dengan pemakaian daya terhitung dinyatakan dalam *lumens* per watt.
- ❖ Indeks Ruang: Merupakan perbandingan, yang berhubungan dengan ukuran bidang keseluruhan terhadap tingginya diantara tinggi bidang kerja dengan bidang titik lampu.
- ❖ *Efficacy* Beban Target: Nilai *efficacy* beban terpasang yang dicapai dengan efisiensi terbaik, dinyatakan dalam *lux/W/m<sup>2</sup>*.
- ❖ Faktor pemanfaatan (UF): Merupakan bagian flux cahaya yang dipancarkan oleh lampulampu, menjangkau bidang kerja. Ini merupakan suatu ukuran efektivitas pola pencahayaan.

- ❖ Intensitas Cahaya dan Flux: Satuan intensitas cahaya I adalah *candela* (cd) juga dikenal dengan *international candle*. Satu *lumen* setara dengan *flux* cahaya, yang jatuh pada setiap meter persegi (m<sup>2</sup>) pada lingkaran dengan radius satu meter (1m) jika sumber cahayanya isotropik 1-*candela* (yang bersinar sama ke seluruh arah) merupakan pusat isotropik lingkaran. Dikarenakan luas lingkaran dengan jari-jari r adalah  $4\pi r^2$ , maka lingkaran dengan jari-jari 1m memiliki luas  $4\pi m^2$ , dan oleh karena itu *flux* cahaya total yang dipancarkan oleh sumber 1- cd adalah  $4\pi$ lm. Jadi *flux* cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya isotropik dengan intensitas I adalah:

$$\text{Flux cahaya (lm)} = 4\pi \times \text{intensitas cahaya (cd)} \dots 7.1$$

Perbedaan antara *lux* dan *lumen* adalah bahwa *lux* berkenaan dengan luas areal pada mana *flux* menyebar 1000 *lumens*, terpusat pada satu areal dengan luas satu meter persegi, menerangi meter persegi tersebut dengan cahaya 1000 *lux*. Hal yang sama untuk 1000 *lumens*, yang menyebar ke sepuluh meter persegi, hanya menghasilkan cahaya suram 100 *lux*.

## 7.4.2 Hukum Kuadrat Terbalik

Hukum kuadrat terbalik mendefinisikan hubungan antara pencahayaan dari sumber titik dan jarak. Rumus ini menyatakan bahwa intensitas cahaya per satuan luas berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari sumbernya (pada dasarnya jari-jari).

$$E = I/d^2 \dots\dots\dots 7.2$$

- Dimana
- E = Emisi cahaya
  - I = Intensitas cahaya
  - D = jarak

Bentuk lain dari persamaan ini yang lebih mudah adalah:

$$E_1 d_1^2 = E_2 d_2^2 \quad \dots\dots\dots 7.3$$

Jarak diukur dari titik uji ke permukaan yang pertama-tama kena cahaya – kawat lampu pijar jernih, atau kaca pembungkus dari lampu pijar yang permukaannya seperti es.

Contoh

Jika seseorang mengukur 10 lm/m<sup>2</sup> dari sebuah cahaya bola lampu pada jarak 1 meter, berapa kerapatan flux pada jarak setengahnya?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} E_{1m} &= (d_2 / d_1)^2 * E_2 \\ &= (1,0 / 0,5)^2 * 10 \\ &= 40 \text{ lm/m}^2 \end{aligned}$$

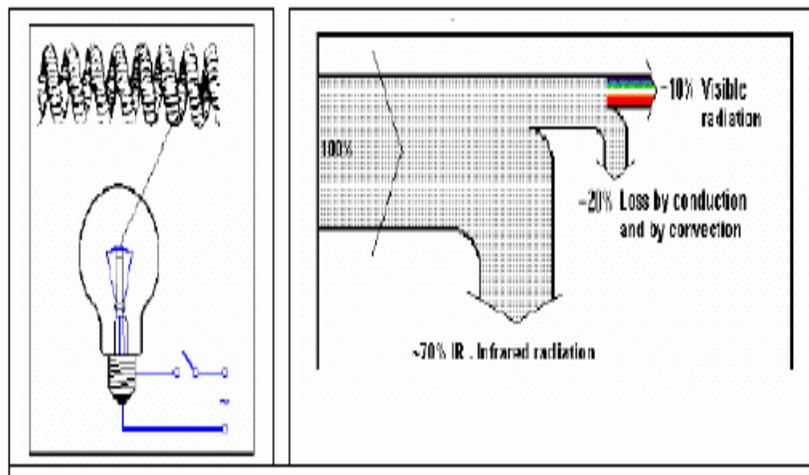
### 7.4.3 Jenis-Jenis Sistim Pencahayaan

Bagian ini menjelaskan berbagai jenis dan komponen sistim pencahayaan.

#### Lampu Pijar (GLS)

Lampu pijar bertindak sebagai ‘badan abu-abu’ yang secara selektif memancarkan radiasi, dan hampir seluruhnya terjadi pada daerah nampak. Bola lampu terdiri dari hampa udara atau berisi gas, yang dapat menghentikan oksidasi dari kawat pijar tungsten, namun tidak akan menghentikan penguapan. Warna gelap bola lampu dikarenakan tungsten yang teruapkan mengembun pada permukaan lampu yang relatif

dingin. Dengan adanya gas *inert*, akan menekan terjadinya penguapan, dan semakin besar berat molekulnya akan makin mudah menekan terjadinya penguapan. Untuk lampu biasa dengan harga yang murah, digunakan campuran argon nitrogen dengan perbandingan 9/1. Krypton atau Xenon hanya digunakan dalam penerapan khusus seperti lampu sepeda dimana bola lampunya berukuran kecil, untuk mengimbangi kenaikan harga, dan jika penampilan merupakan hal yang penting. Gas yang terdapat dalam bola pijar dapat menyalurkan panas dari kawat pijar, sehingga daya hantar yang rendah menjadi penting. Lampu yang berisi gas biasanya memadukan sekering dalam kawat timah. Gangguan kecil dapat menyebabkan pemutusan arus listrik, yang dapat menarik arus yang sangat tinggi. Jika patahnya kawat pijar merupakan akhir dari umur lampu, tetapi untuk kerusakan sekering tidak begitu halnya.



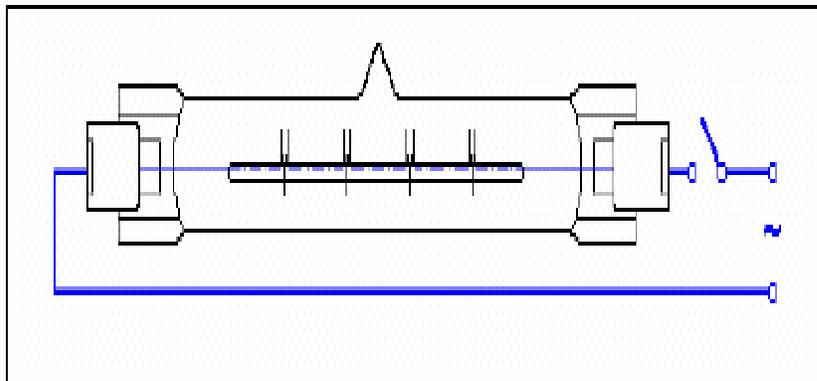
Gambar 7. 14 Lampu Pijar dan Diagram Alir Energi Lampu Pijar

Ciri-ciri:

- *Efficacy* – 12 lumens/Watt
- Indeks Perubahan Warna – 1A
- Suhu Warna - Hangat (2.500K – 2.700K)
- Umur Lampu – 1-2.000 jam

## Lampu Tungsten – Halogen

Lampu halogen adalah sejenis lampu pijar. Lampu ini memiliki kawat pijar tungsten seperti lampu pijar biasa yang digunakan di rumah, tetapi bola lampunya diisi dengan gas halogen. Atom tungsten menguap dari kawat pijar panas dan bergerak naik ke dinding pendingin bola lampu. Atom tungsten, oksigen dan halogen bergabung pada dinding bola lampu membentuk molekul oksihalida tungsten. Suhu dinding bola lampu menjaga molekul oksihalida tungsten dalam keadaan uap. Molekul bergerak ke arah kawat pijar panas dimana suhu tinggi memecahnya menjadi terpisah-pisah. Atom tungsten disimpan kembali pada daerah pendinginan dari kawat pijar – bukan ditempat yang sama dimana atom diuapkan. Pemecahan biasanya terjadi dekat sambungan antara kawat pijar tungsten dan kawat timah molibdenum dimana suhu turun secara tajam.



Gambar 7.15 Lampu Halogen Tungsten

### Ciri-ciri:

- *Efficacy* – 18 lumens/Watt
- Indeks Perubahan Warna – 1A
- Suhu Warna – Hangat (3.000K-3.200K)
- Umur Lampu – 2-4.000 jam

#### Kekurangan:

- Lebih mahal
- IR meningkat
- UV meningkat
- Masalah *handling*

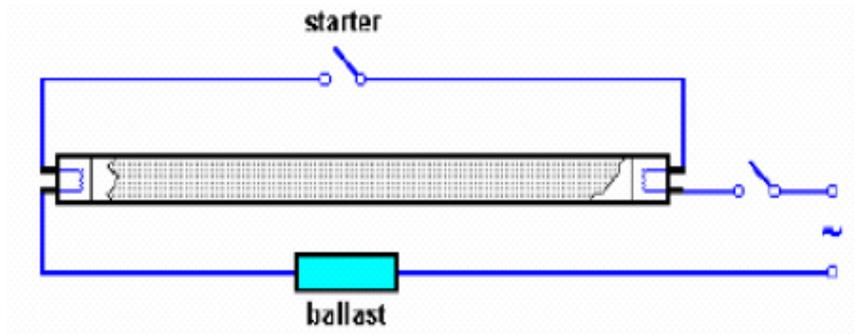
#### Kelebihan:

- Lebih kompak
- Umur lebih panjang
- Lebih banyak cahaya
- Cahaya lebih putih (suhu warna lebih tinggi)

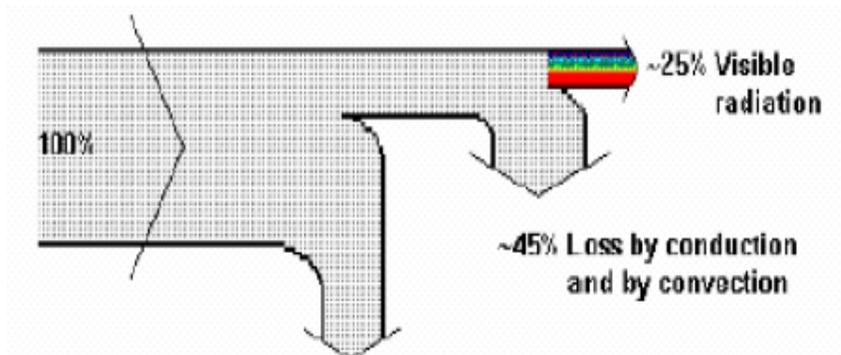
### **Lampu Neon**

Lampu neon, 3 hingga 5 kali lebih efisien daripada lampu pijar standar dan dapat bertahan 10 hingga 20 kali lebih awet. Dengan melewatkan listrik melalui uap gas atau logam akan menyebabkan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan komposisi kimia dan tekanan gasnya. Tabung neon memiliki uap merkuri bertekanan rendah, dan akan memancarkan sejumlah kecil radiasi biru/ hijau, namun kebanyakan akan berupa UV pada 253,7nm dan 185nm.

Bagian dalam dinding kaca memiliki pelapis tipis fosfor, hal ini dipilih untuk menyerap radiasi UV dan meneruskannya ke daerah nampak. Proses ini memiliki efisiensi sekitar 50%. Tabung neon merupakan lampu 'katode panas', sebab katode dipanaskan sebagai bagian dari proses awal. Katodenya berupa kawat pijar tungsten dengan sebuah lapisan barium karbonat. Jika dipanaskan, lapisan ini akan mengeluarkan elektron tambahan untuk membantu pelepasan. Lapisan ini tidak boleh diberi pemanasan berlebih sebab umur lampu akan berkurang. Lampu menggunakan kaca soda kapur yang merupakan pemancar UV yang buruk. Jumlah merkurnya sangat kecil, biasanya 12 mg. Lampu yang terbaru menggunakan amalgam merkuri, yang kandungannya sekitar 5 mg. Hal ini menyebabkan tekanan merkuri optimum berada pada kisaran suhu yang lebih luas. Lampu ini sangat berguna bagi pencahayaan luar ruangan karena memiliki *fitting* yang kompak.



Gambar 7.16 Lampu Neon



Gambar 7.17 Diagram Alir Energi Lampu Neon

## 7.4.4 Komponen Pencahayaan

### *Luminer/ Reflektor*

Elemen yang paling penting dalam perlengkapan cahaya, selain dari lampu, adalah *reflektor*. *Reflektor* berdampak pada banyaknya cahaya lampu mencapai area yang diterangi dan juga pola distribusi cahayanya. *Reflektor* biasanya menyebar (dilapisi cat atau bubuk putih sebagai penutup) atau *specular*

(dilapis atau seperti kaca). Tingkat pemantulan bahan *reflektor* dan bentuk *reflektor* berpengaruh langsung terhadap efektifitas dan efisiensi *fitting*. Tabel berikut menggambarkan *reflektan* sebagai persentase cahaya.

Tabel 7.2 Reflektan sebagai Persentase Cahaya

Bahan Warna	Reflektan (%)
Putih	100
Alumunium, kertas putih	80 – 85
Warna gading, kuning lemon, kuning dalam, hijau muda, biru pastel, pink, pale, krim	60 – 65
Hijau lime, abu-abu plae, pink, orange dalam, <i>bluegrey</i>	30 – 35
Biru langit, kayu pale	40 – 45
Pale oakwood, semen kering	30 - 35
Merah dalam, hijau rumput, kayu, hijau daun, coklat	20 – 25
Biru gelap, merah purple, coklat tua	10 - 15
Hitam	0

Tabel berikut menyajikan karakteristik kinerja *luminer* yang umum digunakan:

Tabel 7.3 Karakteristik Kinerja Pencahayaan dari Luminer yang Umum digunakan

Jenis Lampu	Lum / Watt		Indeks Perubahan Warna	Penerapan	Umur (Jam)
	Kisaran	Rata-Rata			
Lampu pijar	8 - 18	14	Baik sekali	Rumah, restoran, penerangan umum	1000
Lampu neon	46 - 60	50	Lapisan w.r.t yang baik	Kantor, pertokoan, rumah sakit, rumah	5000
Lampu neon kompak	40 - 70	60	Sangat baik	Hotel, pertokoan, rumah, kantor	8000 – 10.000
Merkuri tekanan tinggi (HPMV)	44 - 57	50	Cukup	Penerangan umum di pabrik, garasi, tempat parkir mobil, penerangan berlebihan	5000
Lampu halogen	18 - 24	20	Baik sekali	Peraga, penerangan berlebihan, arena pameran, area konstruksi	2000 – 4000
Sodium tekanan tinggi (HPSV) SCN	67 - 121	90	Cukup	Penerangan umum di pabrik, gudang, penerangan jalan	6000 – 12.000

## 7.4.5 Dampak Penerangan yang Tidak Baik

Penerangan yang tidak didesain dengan baik akan menimbulkan gangguan atau kelelahan penglihatan selama kerja. Pengaruh dan penerangan yang kurang memenuhi syarat akan mengakibatkan:

1. Kelelahan mata sehingga berkurangnya daya dan efisiensi kerja.
2. Kelelahan mental.
3. Keluhan pegal di daerah mata dan sakit kepala di sekitar mata.
4. Kerusakan indra mata dan lain-lain.

Selanjutnya pengaruh kelelahan pada mata tersebut akan bermuara kepada penurunan performansi kerja, termasuk:

1. Kehilangan produktivitas
2. Kualitas kerja rendah
3. Banyak terjadi kesalahan
4. Kecelakaan kerja meningkat

## 7.4.6 Merancang Sistem Pencahayaan

Setiap pekerjaan memerlukan tingkat pencahayaan pada permukaannya. Pencahayaan yang baik menjadi penting untuk menampilkan tugas yang bersifat visual. Pencahayaan yang lebih baik akan membuat orang bekerja lebih produktif. Membaca buku dapat dilakukan dengan 100 to 200 lux. Hal ini merupakan pertanyaan awal perancang sebelum memilih tingkat pencahayaan yang benar. CIE (*Commission International de*

*l'Eclairage*) dan IES (*Illuminating Engineers Society*) telah menerbitkan tingkat pencahayaan yang direkomendasikan untuk berbagai pekerjaan. Nilai nilai yang direkomendasikan tersebut telah dipakai sebagai standar nasional dan internasional bagi perancangan pencahayaan (Tabel diberikan dibawah).  
 Pertanyaan kedua adalah mengenai kualitas cahaya. Dalam kebanyakan konteks, kualitas dibaca sebagai perubahan warna. Tergantung pada jenis tugasnya, berbagai sumber cahaya dapat dipilih berdasarkan indeks perubahan warna.

Tabel 7.4 Area Kegiatan dan Tingkat Penerangan

	Tingkat Penerangan (Lux)	Area Kegiatan
Pencapaian umum untuk ruangan dan area yang jarang digunakan dan/atau tugas-tugas atau visual sederhana	20	Layanan penerangan yang minimum dalam area sirkulasi luar ruangan, pertokoan di daerah terbuka, halaman tempat penyimpanan
	50	Tempat pejalan kaki dan panggung
	70	Ruang boiler
	100	Halaman trafo, ruangan tungku
	150	Area sirkulasi di industri, pertokoan dan ruang penyimpan
Pencapaian umum untuk interior	200	Layanan penerangan yang minimum dalam tugas
	300	Meja dan mesin kerja ukuran sedang, proses umum dalam industri kimia dan makanan, kegiatan membaca dan membuat arsip
	450	Gantungan baju, pemeriksaan, kantor untuk menggambar, perakitan mesin dan bagian yang halus, pekerjaan warna, tugas menggambar kritis
	1500	Pekerjaan mesin dan di atas meja yang sangat halus, perakitan mesin presisi kecil

		dan instrumen; komponen elektronik, pengukuran dan pemeriksaan. Bagian kecil yang rumit (sebagian mungkin diberikan oleh tugas pencahayaan setempat)
Pencahayaan tambahan setempat untuk tugas visual yang tepat	3000	Pekerjaan berpresisi dan rinci sekali, misal instrumen yang sangat kecil, pembuatan jam tangan, pengukiran

### 7.4.7 Pendekatan Aplikasi Penerangan di Tempat Kerja

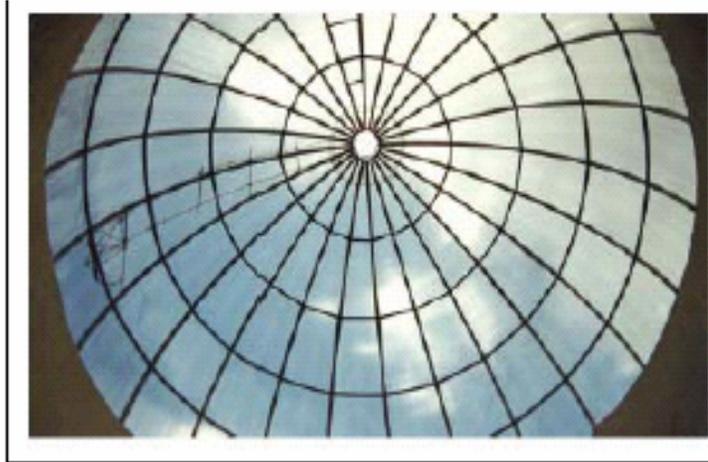
Aplikasi penerangan di tempat kerja, secara umum dapat dilakukan melalui empat pendekatan yaitu:

1. Desain tempat kerja untuk menghindari masalah penerangan  
Kebutuhan intensitas penerangan bagi pekerja harus selalu dipertimbangkan pada waktu mendesain bangunan, pemasangan mesin-mesin, alat dan sarana kerja. Desain instalasi penerangan harus mampu mengontrol cahaya kesilauan, pantulan dan bayang-bayang serta untuk tujuan kesehatan dan keselamatan kerja
2. Identifikasi dan penilaian problem dan kesulitan penerangan.  
Agar masalah penerangan yang muncul dapat ditangani dengan baik, faktor-faktor yang harus diperhitungkan adalah: sumber penerangan, pekerja dalam melakukan pekerjaannya, jenis pekerjaan yang dilakukan dan lingkungan kerja secara keseluruhan.
3. Penggunaan pencahayaan alami siang hari  
Manfaat dari pemakaian cahaya alami pada siang hari sudah dikenal dari pada cahaya listrik, namun cenderung terjadi peningkatan pengabaian terutama pada ruang kantor modern yang berpenyejuk dan perusahaan komersial seperti hotel, plaza perbelanjaan dll.

- Sebuah rancangan yang bagus yang memadukan kaca atap dengan bahan FRP bersamaan dengan langit-langit transparan dan tembus cahaya dapat memberikan pencahayaan bagus bebas silau; langit-langit juga akan memotong panas yang datang dari cahaya alami.
- Pemakaian *atrium* dengan kubah FRP pada arsitektur dasar dapat menghilangkan penggunaan cahaya listrik pada lintasan gedung-gedung tinggi.
- Cahaya alam dari jendela harus juga digunakan. Walau begitu, hal ini harus dirancang dengan baik untuk menghindari silau. Rak cahaya dapat digunakan untuk memberikan cahaya alami tanpa silau.



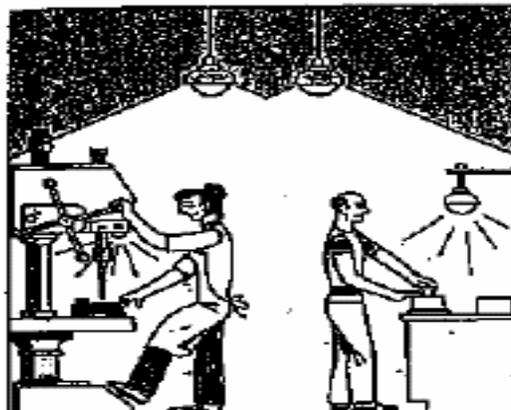
Gambar 7.18 Pencahayaan Siang Hari dengan Polycarbon



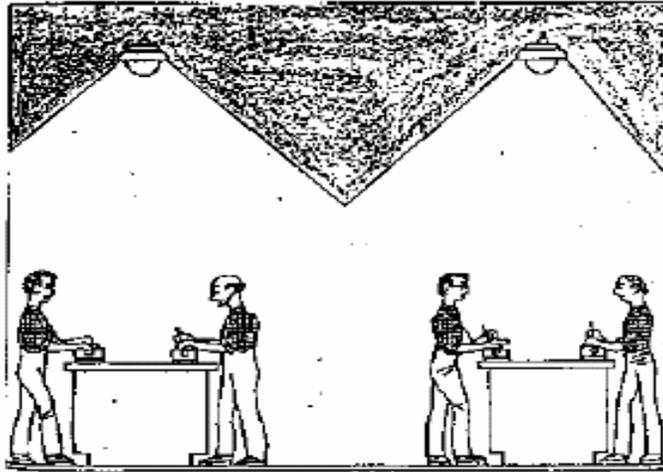
Gambar 7.19 Atrium dengan Kubah FRP

#### 7.4.8 Pemasangan Lampu Penerangan

Berikut ini ada beberapa pemasangan lampu penerangan yang tepat dan tidak menimbulkan silau serta bayang/bayang pada bidang kerja.



Gambar 7. 20 Kombinasi Lampu Utama dan Tambahan



Gambar 7.21 Lampu Dipasang di Atas Pekerja

## 7.5 Getaran

Getaran adalah gerakan yang teratur dari benda atau media dengan arah bolak-balik dari kedudukan keseimbangan. Getaran terjadi saat mesin atau alat dijalankan dengan motor, sehingga pengaruhnya bersifat mekanis. Alat untuk mengukur getaran dinamakan vibrasi meter.

Getaran mekanis dibedakan berdasar jenis pajanannya. Terdapat 2 bentuk, yaitu:

1. Getaran seluruh badan  
Akibat guncangan dari mesin, kendaraan atau traktor
2. Getaran alat lengan atau gerakan pada tangan dan lengan

### **7.5.1 Pengaruh Getaran**

Secara umum getaran yang diterima pekerja akan mengakibatkan gangguan pada saat bekerja. Pengaruh getaran itu adalah sebagai berikut:

- ❖ Gangguan kenikmatan dalam bekerja
- ❖ Mempercepat terjadinya kelelahan
- ❖ Gangguan kesehatan

Sedangkan bagian tubuh dari pekerja yang terpapar getaran meliputi seluruh badan dan pada bagian lengan dan tangan. Pengaruh getaran pada seluruh badan akan mengakibatkan:

- ❖ Penglihatan kabur, sakit kepala, gemetaran
- ❖ Kerusakan organ pada bagian dalam.

Pengaruh getaran pada lengan dan tangan dapat menimbulkan:

- ❖ Sakit kepala, dan sakit pada persendian dan otot lengan
- ❖ Indera perasa pada jari-jari menurun fungsinya
- ❖ Terbentuk noda putih pada punggung jari/telapak tangan

### **7.5.2 Nilai Ambang Batas (NAB) Getaran**

Untuk mengetahui pengaruh getaran terhadap kesehatan kerja, maka perlu diketahui nilai ambang batas dari getaran ini. Cara untuk mengetahui nilai ambang batas dilakukan dengan mengukur getaran yang ada kemudian dibandingkan dengan NAB yang diijinkan. Berikut ini NAB getaran berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: KEP-51/MEN/1999.

Tabel 7.5 Nilai Ambang Batas Getaran untuk Pemajanan Lengan dan Tangan

Jumlah Waktu Pemajanan per Hari Kerja	Nilai Percepatan Pada Frekuensi Dominan	
	m/det <sup>2</sup>	Gram
4 jam - < 8 jam	4	0,4
2 jam - < 4 jam	6	0,61
1 jam - < 2 jam	8	0,81
< 1 jam	12	1,22

### 7.5.3 Pengendalian Getaran

Pengendalian getaran pada industri ada beberapa cara, diantaranya adalah sebagai berikut:

#### 1. Pengendalian Teknis

- ❖ Memakai peralatan kerja yang rendah intensitas getarannya (dilengkapi dengan peredam)
- ❖ Menambah peredam diantara tangan dan alat, misalnya membalut pegangan alat dengan karet.
- ❖ Merawat peralatan dengan teratur dengan mengganti bagian-bagian yang aus atau memberi pelumasan.
- ❖ Meletakkan peralatan dengan teratur alat yang diletakkan di atas meja yang tidak stabil dan kuat dapat menimbulkan getaran di sekelilingnya.
- ❖ Menggunakan *remote control*, tenaga kerja tidak terkena paparan getaran, karena dikendalikan dari jauh.

#### 2. Pengendalian Administrasi

Dengan cara mengatur waktu kerja, misalnya:

- ❖ Merotasi pekerjaan. Apabila terdapat suatu pekerjaan yang dilakukan oleh 3 orang, maka dengan mengacu pada NAB yang ada, paparan getaran tidak sepenuhnya mengenai salah seorang, tetapi bergantian, dari A, B, dan C.

A B C      A B C      A B C

- ❖ Mengurangi jam kerja, sehingga sesuai dengan NAB yang berlaku

### 3. Pengendalian Medis

Pada saat awal, dan kemudian pemeriksaan berkala setiap 5 tahun sekali. Sedangkan untuk kasus yang berlanjut, maka interval yang diambil adalah 2 – 3 tahun sekali.

### 4. Pemakaian Alat Pelindung Diri

Pengurangan paparan dapat dilakukan dengan menggunakan sarung tangan yang telah dilengkapi peredam getar (busa).

## 7.6 Bau-bauan

Adanya bau-bauan disekitar tempat kerja dapat dianggap sebagai pencemaran, apalagi kalau bau tersebut sedemikian rupa sehingga dapat mengganggu konsentrasi bekerja. Bau-bauan yang terjadi terus menerus bisa mempengaruhi kepekaan penciuman. Contoh bau di industri, misalnya bau asap pembakaran batubara, bau limbah industri yang menyengat, dan sebagainya.

Temperatur dan kelembaban merupakan dua faktor lingkungan yang mempengaruhi kepekaan penciuman. Untuk mengatasi masalah bau ini perlu dipasang AC dan ventilasi supaya terjadi pertukaran udara. Dengan adanya pertukaran udara / sirkulasi dalam ruangan tersebut baik, maka bau-bauan tersebut bisa dihilangkan minimal bisa dikurangi.

## 7.7 Radiasi Non-Ionisasi

Radiasi non-ionisasi adalah radiasi dengan energi yang cukup untuk mengeluarkan elektron atau molekul tetapi energi tersebut tidak cukup untuk membentuk ion baru. Radiasi ini berupa gelombang-gelombang elektromagnetik seperti gelombang-gelombang mikro, ultraviolet, sinar infra merah, dan sinar laser.

### 7.7.1 Gelombang Mikro

Istilah gelombang mikro dipergunakan untuk spektrum gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang antara  $3 \times 10^{-3}$  sampai  $3 \times 10^8$  meter atau frekuensi antara  $1 \times 10^{-3}$  sampai  $3 \times 10^{13}$  Hertz. Kegunaan gelombang ini untuk televisi, gelombang radio, radar atau kegunaan peralatan industri.

Gelombang mikro dapat berpengaruh terhadap tenaga kerja yang bekerja di daerah sumber radiasi. Radiasi gelombang mikro yang pendek ( $< 1$  cm) akan diabsorpsi oleh permukaan kulit sehingga kulit seperti terbakar. Gelombang mikro yang lebih panjang ( $> 1$  cm) dapat menembus ke jaringan kulit yang lebih dalam. Pada frekuensi tertentu dapat berpengaruh terhadap sistem saraf sentral. Penanganan dengan cara menggunakan NAB. Sehingga dengan mengetahui NAB maka pihak industri bisa mengatur jam kerja karyawan. Berikut ini tabel NAB.

Tabel 7.6 Nilai Ambang Batas Frekuensi Radio/Gelombang Mikro

Frekuensi	Power Density (nW/cm <sup>2</sup> )	Kekuatan Medan Listrik (V/m)	Kekuatan Medan Magnet (A/m)	Rata-rata Waktu Pemajanan (menit)
30 kHz – 100 kHz	-	614	163	6
100 kHz – 3 MHz	-	614	16,3/f	6
3 MHz – 30 MHz	-	1842/f	16,3/f	6
30 MHz – 100 MHz	-	61,4	16,3/f	6
100 MHz – 300 MHz	1	61,4	0,163	6
300 MHz – 3 GHz	f/300	-	-	6
3 GHz – 15 GHz	10	-	-	6
15 GHz – 300 GHz	10	-	-	616.000/f <sup>1,2</sup>

## 7.7.2 Sinar Ultraviolet

Sinar ultraviolet mempunyai panjang gelombang antara 240 nm – 320 nm. Sumber sinar ultraviolet selain sinar matahari, juga dihasilkan pada kegiatan pengelasan, lampu-lampu pijar, pengerjaan laser, dan lain-lain.

Pengaruh sinar ultraviolet di lingkungan kerja terutama terhadap kulit dan mata. Pada kulit dapat mengakibatkan *erythema*, yaitu bercak merah yang abnormal pada kulit. Sedangkan pada mata dapat mengakibatkan *fotoelektrika*. Pencegahan dapat dilakukan dengan cara menghindari kemungkinan mata terpapar sinar ultraviolet atau menggunakan kaca mata yang tidak tembus sinar tersebut.

Tabel 7.7 Waktu Pemajanan Radiasi Sinar Ultra Violet yang Diperkenankan

Masa Pemajanan per hari	Iradiasi Efektif ( E eff) – W/cm <sup>2</sup>
8 jam	0,1
4 jam	0,2
2 jam	0,4
1 jam	0,8
30 menit	1,7
15 menit	3,3
8 menit	5
5 menit	10
1 menit	50
30 detik	100
10 detik	300
1 detik	3000
0,5 detik	6000
0,1 detik	30000

### 7.7.3 Sinar Infra Merah

Sinar infra merah dihasilkan dari benda-benda pijar seperti dapur atau tanur atau bahan-bahan pijar lainnya. Sinar ini menyebabkan katarak pada lensa mata. Untuk mencegah gangguan pada mata, antara lain memakai kaca mata kobalt biru pada waktu menuangkan cairan logam pijar.

### 7.7.4 Sinar Laser

Sinar laser adalah emisi energi tinggi yang dihasilkan dari kegiatan pengelasan, pemotongan, pelapisan, alat-alat optis, pembuatan mesin-mesin mikro dan operasi kedokteran. Bahan yang digunakan, untuk menghasilkan sinar laser antara lain, berupa bahan laser gas (helium – Neon, Argon, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub><sup>+</sup>) laser kristal padat (ND<sup>3</sup>, C<sub>2</sub><sup>3+</sup>) dan laser semikonduktor.

Pengaruh utama dari sinar laser terhadap kesehatan pekerja yaitu terhadap mata dan kulit. Dapat menyebabkan

kerusakan mata yang berupa efek termis pada retina, sehingga terjadi kerusakan retina dan mengakibatkan kebutaan. Untuk mencegah kelainan kulit, maka batas aman radiasi yaitu  $1,0 \text{ W/cm}^2$ , sedangkan untuk keselamatan mata, batas radiasi dianggap aman sebesar  $0,001 \text{ W/cm}^2$  pada diameter pupil 3 mm dan  $0,002 \text{ W/cm}^2$  pada diameter pupil 7 mm.

## 7.8 Ventilasi

Ventilasi industri atau pertukaran udara di dalam industri merupakan suatu metode yang digunakan untuk memelihara dan menciptakan udara sesuai dengan kebutuhan proses produksi atau kenyamanan pekerja. Ventilasi ini juga digunakan untuk menurunkan kadar suatu kontaminan di udara tempat kerja sampai batas yang tidak membahayakan bagi keselamatan dan kesehatan kerja.

### 7.8.1 Prinsip Sistem Ventilasi

Prinsip sistem ventilasi yang digunakan dalam suatu industri adalah membuat suatu proses pertukaran udara di dalam ruang kerja. Pertukaran udara dicapai dengan cara memindahkan udara dari tempat kerja dan mengganti dengan udara segar yang dilakukan secara bersama-sama.

Pertukaran udara secara mekanik dilakukan dengan cara memasang sistem pengeluaran udara (*exhaust system*) dan pemasukan udara (*supply system*) dengan menggunakan fan. *Exhaust system* dipasang untuk mengeluarkan udara beserta kontaminan yang ada di sekitar ruang kerja, biasanya ditempatkan di sekitar ruang kerja atau dekat dengan sumber dimana kontaminan dikeluarkan. *Supply system* dipasang untuk memasukkan udara ke dalam ruangan, umumnya digunakan untuk menurunkan tingkat konsentrasi kontaminan di dalam lingkungan kerja.

## 7.8.2 Tempat Kerja Berbahaya

Terdapat beberapa tempat kerja yang dalam proses kegiatan di lokasi tersebut merupakan sumber bahaya. Bahaya tersebut timbul akibat debu yang dihasilkan dari aktivitas proses produksi dan temperatur panas. Lokasi kerja tersebut yaitu:

- ❖ Tempat peleburan, penuangan dan pengecoran logam.
- ❖ Tempat penimbangan bahan cat, penuangan larutan, pengadukan bahan cat, dan tempat pencucian tangki-tangki kotor pada industri cat.
- ❖ Tempat-tempat solder dan pengelasan pada industri elektronik.
- ❖ Tempat pengisian, pengangkutan bahan dengan menggunakan *conveyor* pada industri semen.
- ❖ Tempat pengecatan pada industri otomotif.
- ❖ Tempat-tempat pengerjaan logam seperti gerinda logam, pemotongan logam dan penghalusan permukaan logam.
- ❖ Tempat dimana bahan-bahan yang sangat beracun dikerjakan.
- ❖ Tempat-tempat pengerjaan kayu, penggergajian.

## 7.8.3 Permasalahan Ventilasi di Industri

Banyak industri kurang memperhatikan sistem ventilasi dalam menciptakan kondisi lingkungan kerja yang sesuai dengan kebutuhan proses produksi maupun kenyamanan pekerja. Jika pemasangan sistem ventilasi tidak tepat dapat menyebabkan ketidaknyamanan atau bahkan dapat menurunkan kondisi kesehatan pekerja.

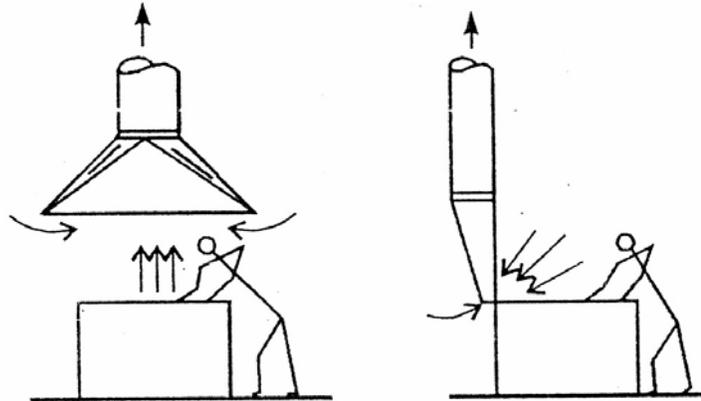
Permasalahan yang berkaitan dengan sistem ventilasi di dalam industri, dimana kondisi lingkungan kerja tidak sesuai dengan kebutuhan proses produksi dan kenyamanan pekerja, disebabkan karena:

### **A. Tidak ada perlengkapan sistem ventilasi**

Dengan tidak adanya perlengkapan sistem ventilasi pada suatu mesin/peralatan waktu proses sedang berlangsung, maka pengenceran terhadap kontaminan atau panas yang ditimbulkan oleh sumber akan berlangsung secara alami. Pertukaran udara secara alami disebabkan kekuatan angin yang masuk melalui lubang jendela/pintu, pengaruh pertukaran udara lewat ventilasi atap, atau karena kecepatan dan arah angin. Pancaran debu, uap logam, ataupun gas sukar untuk dikendalikan hanya dengan pertukaran udara secara alami.

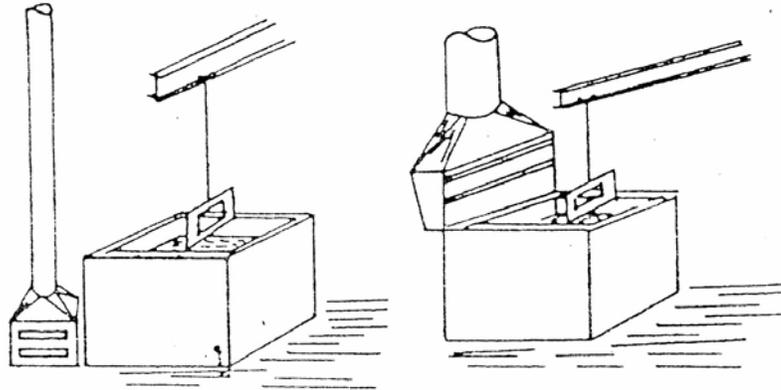
### **B. Sistem ventilasi yang ada kurang memadai**

- a. Pemilihan tipe ventilasi tidak tepat dan tidak sesuai dengan kebutuhan. Contoh, pada suatu proses dipasang *canopyhood* dengan tujuan agar kontaminan yang dipancarkan dari sumber dapat dikeluarkan dan tidak mencemari tenaga kerja. Karena cara kerja dari pekerja yang salah, yaitu di bawah *canopyhood* dan dekat dengan sumber kontaminan seperti pada gambar A, maka selama pekerja melakukan pekerjaan akan selalu terpapar oleh kontaminan yang dipancarkan oleh sumber. Tipe ventilasi yang cocok seperti pada gambar B.



Gambar 7.22 Pemasangan *Canopyhood*

- b. Pemasangan sistem ventilasi yang tidak tepat. Contoh gambar C menunjukkan pemasangan sistem ventilasi tipe slot yang dipasang di bawah tangki proses pencelupan yang berisi solven yang mudah menguap (amyl acetate). Tujuan dari pemasangan sistem ventilasi tipe ini untuk mengamankan lingkungan tempat kerja dari bahaya kebakaran/ledakan. Namun ditinjau dari kesehatan dan keselamatan kerja, tipe ini tidak memadai, karena tenaga kerja akan terpapar oleh amyl acetate. Untuk itu maka sistem pemasangan ventilasi slot tersebut harus dipasang di atas dan sejajar dengan permukaan tangki seperti gambar D.

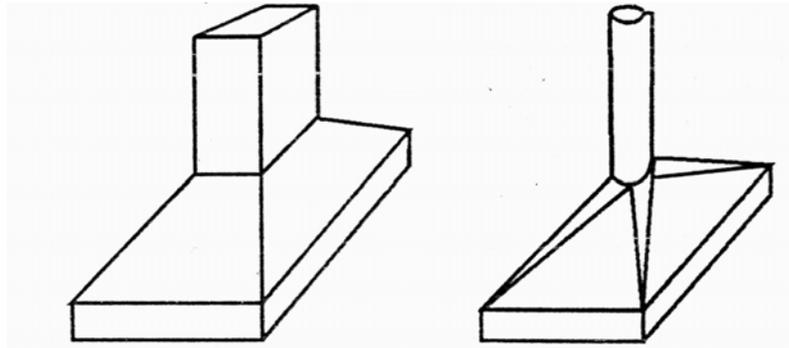


Gambar 7.23 Ventilasi Sistem Slot

- c. Pemasangan sistem ventilasi yang tidak sempurna  
 Apabila udara yang dikeluarkan ke tempat terbuka dari suatu sistem ventilasi mengandung sejumlah kontaminan, sedang sistem ventilasi tanpa dilengkapi dengan alat pembersih seperti *scrubber*, *cyclone*, *bag house filter* dan lain-lain, kemungkinan udara tersebut sebagian akan masuk kembali dan mencemari lingkungan kerja. Demikian pula yang jatuh di luar industri, meskipun dalam jumlah kecil namun lama kelamaan akan mengendap dan menumpuk yang akhirnya menyebabkan gangguan kesehatan

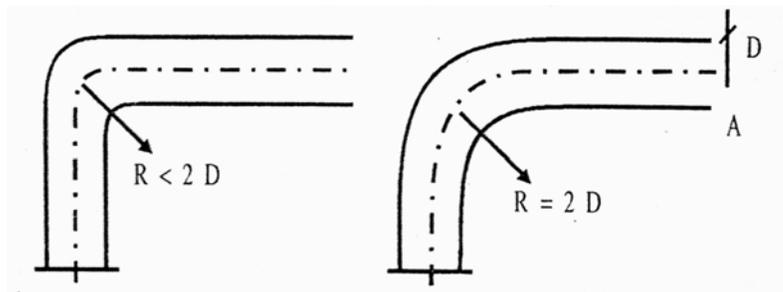
### C. Perencanaan Pipa-Pipa (*ductwork*) yang Tidak Baik

- a. Beberapa industri telah memasang sistem ventilasi pada proses-proses tertentu yang diperkirakan sebagai sumber dipancarkannya kontaminan, dengan pipa yang berbentuk segi empat seperti pada gambar E, sedang bentuk pipa yang baik adalah pipa bulat seperti pada gambar F.



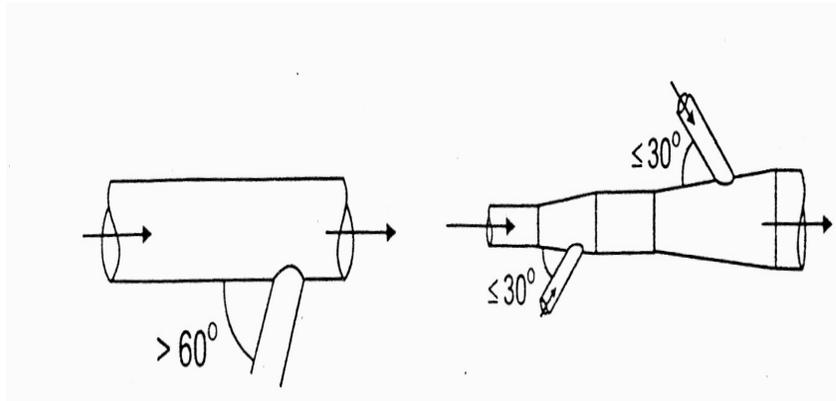
Gambar 7.24 Ductwork

- b. Ada pipa-pipa yang harus dibuat membelok (*elbow*) yang belum banyak diperhatikan dalam pemasangannya seperti terlihat pada gambar G. Bentuk *elbow* yang baik bila jari-jari *elbow* lebih besar dari diameter *duct*, seperti pada gambar H.



Gambar 7.25 Pipa Membelok

- c. Pada pembuatan pipa-pipa cabang, banyak yang berbuat kekeliruan, seperti pada gambar I. Bentuk pipa-pipa cabang yang baik bila sudut antara pipa induk dengan pipa cabang sebesar  $30^\circ$  atau kurang seperti pada gambar J.



Gambar 7.26 Bentuk Pipa Cabang

#### D. Pemilihan Fan

Banyak perusahaan memasang fan yang tidak tepat, baik bentuk maupun tenaga yang diperlukan. Akibatnya kekuatan hisap di dalam duct sangat kecil, demikian pula capture velocity, sehingga sistem ventilasi ini tidak dapat menghisap seluruh kontaminan yang dipancarkan dari sumber, bahkan kontaminan yang ada dihamburkan ke luar dan mencemari udara lingkungan kerja.

#### Pemilihan Sistem Ventilasi di Industri

Beberapa contoh tipe sistem ventilasi yang dapat digunakan untuk keperluan operasi di dalam suatu industri.

##### A. *Comfort Ventilation*

Pertukaran udara adalah merupakan suatu cara dimana bagian dalam suatu ruangan dipanaskan atau didinginkan, atau mengubah kelembaban udara, untuk mengendalikan suatu proses atau membuat keadaan menjadi nyaman.

Pertukaran udara untuk membuat keadaan menjadi nyaman dikenal sebagai *comfort ventilation*. Contoh penggunaan air condition untuk meningkatkan perasaan nyaman dan enak selama bekerja. Rasa nyaman dalam hal ini, dipandang suatu keharusan dari pada suatu kebutuhan.

#### B. *Dilution Ventilation*

Beban panas yang tinggi, pancaran gas atau uap atau kontaminan lain di dalam suatu ruangan dapat dikendalikan dengan cara memasukkan udara segar ke dalam ruangan tersebut (terjadi pengenceran), dan menghisap ke luar udara kontaminan dari lingkungan kerja. Cara ini disebut *dilution ventilation*. Cara ini sangat baik untuk mengendalikan beban panas, sering kali dapat digunakan dan berhasil dengan baik untuk mengendalikan uap bahan kimia organik di udara tempat kerja, atau dari larutan-larutan yang menguap pada suhu kamar.

#### C. *Local Exhaust Ventilation*

Tujuannya untuk mengeluarkan udara kontaminan dari sumber tanpa memberi kesempatan kepada kontaminan untuk mengadakan difusi dengan udara di dalam lingkungan kerja. Umumnya *local exhaust ventilation* ditempatkan sangat dekat dengan sumber emisi. Penggunaannya lebih menguntungkan dibandingkan dengan dilution ventilation. Dengan menghisap ke luar kontaminan dari lingkungan kerja dan mengendapkan kontaminan dalam suatu kolektor, berarti membuat *local exhaust ventilation* ditempatkan sangat dekat dengan sumber emisi. Penggunaannya lebih menguntungkan dibandingkan dengan *dilution ventilation*. Dengan menghisap ke luar kontaminan dari lingkungan kerja dan mengendapkan kontaminan dalam suatu kolektor, berarti membuat pabrik lebih bersih.

#### D. *Exhausted Enclosure*

Kecepatan yang sangat tinggi dari kontaminan yang dipancarkan dari suatu sumber dan merupakan bahan yang

sangat beracun harus dikendalikan dengan proses isolasi, dan selanjutnya untuk ventilasi pada ruang tersebut dilakukan menggunakan pengendalian jarak jauh. Tenaga kerja yang sewaktu-waktu masuk ke ruangan tersebut perlu menggunakan alat pelindung diri dilengkapi *breathing apparatus*.

#### E. Clean Room Ventilation

Beberapa proses industri harus mengusahakan agar debu di dalam ruangan kerja tetap dalam keadaan biasa seperti keadaan di luar ruangan adalah merupakan suatu masalah. Pada pembuatan *gyroscopes* misalnya, dan juga penggunaan instrumen lain yang memerlukan akurasi tinggi dikerjakan di dalam ruangan yang bersih

Sistem pertukaran udara dari beberapa kamar yang saling berhubungan dipasang filter yang mempunyai efisiensi tinggi untuk memberi udara segar yang ditempatkan sedekat mungkin dengan tempat kerja.

Filter mungkin akan menutup salah satu dinding (sisi ruangan) atau atap ruangan, dan dibuat lubang di salah satu sisi atau di lantai ruangan untuk mengeluarkan kontaminan.



Gambar 7.27 Ventilasi di Pabrik

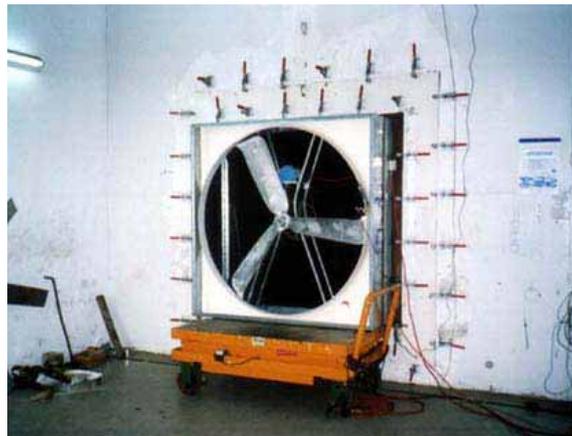
Sedangkan gambar di bawah ini adalah contoh dari fan yang ada di pabrik.



a



b



c

Gambar 7.28 Fan (a, b, c)

## 7.9 Bahan Berbahaya Beracun (B3)

Bahan berbahaya khususnya bahan kimia adalah bahan-bahan yang pada suatu kondisi tertentu dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan, pada setiap tingkat pekerjaan yang dilakukan (penyimpanan, pengangkutan, penggunaan, pembuatan dan pembuangan).

Bahan kimia berbahaya dapat dikelompokkan menjadi:

1. Mudah meledak  
Bahan kimia ini terdiri padatan atau cairan, atau campurannya sebagai akibat suatu perubahan (reaksi kimia, gesekan, tekanan, panas, atau perubahan lainnya) menjadi bentuk gas yang berlangsung dalam proses yang relatif singkat disertai dengan tenaga perusakan yang besar, pelepasan tekanan yang besar serta suara yang keras.
2. Mudah terbakar  
Jika bahan kimia mengalami suatu reaksi oksidasi pada suatu kondisi tertentu, akan menghasilkan nyala api. Tingkat bahaya ditentukan dari titik bakarnya. Makin rendah titik bakar bahan tersebut semakin berbahaya.
3. Beracun  
Merupakan bahan kimia dalam jumlah relatif sedikit, dapat mempengaruhi kesehatan manusia atau bahkan menyebabkan kematian, apabila terabsorpsi tubuh manusia melalui injeksi. Sifat racun dari bahan dapat berupa kronik atau akut dan sering tergantung pada jumlah bahan tersebut yang masuk ke dalam tubuh.
4. Korosif  
Terdiri dari senyawa asam-asam alkali dan bahan-bahan kuat lainnya. Mengakibatkan kerusakan pada logam-logam bejana atau penyimpan. Senyawa asam alkali mengakibatkan luka bakar pada tubuh, merusak mata, merangsang kulit dan sistem pernafasan.

5. Oksidator  
Bahan yang sangat reaktif memberikan oksigen. Sering menyebabkan terjadinya kebakaran dengan bahan-bahan lainnya.
6. Reaktif  
Bahan kimia yang mudah bereaksi dengan bahan lain. Proses ini diikuti pelepasan panas dan menghasilkan gas-gas yang mudah terbakar atau keracunan, atau korosi.  
Sifat reaktif dari bahan kimia ini dibedakan menjadi dua jenis:
  - ❖ Reaktif terhadap air. Mengeluarkan panas dan gas yang mudah terbakar.
  - ❖ Reaktif terhadap asam. Menghasilkan panas dan gas yang mudah terbakar atau gas-gas beracun serta bersifat korosif.
7. Radioaktif  
Bahan kimia yang memiliki kemampuan untuk memancarkan sinar radioaktif seperti: sinar alfa, beta, gamma, netron. Berbahaya bagi tubuh.

Suatu bahan kimia dikatakan berbahaya apabila memiliki satu atau lebih sifat-sifat bahaya yang terdapat dalam bahan kimia tersebut.

### **7.9.1 Penanganan Bahan Kimia Berbahaya**

Cara penanganan yang sering dilakukan adalah melalui pemahaman sifat-sifat fisik, kimia dan racun dari suatu bahan. Untuk memudahkan pengenalan dan penanggulangan resiko bahaya yang mungkin terjadi, maka kita perlu mengetahui:

## **A. Data Bahan Kimia**

Data ini meliputi: nama bahan, penggunaan, uraian bahaya, uraian penanganan, sifat bahan, rumus kimia, sifat fisik, korosifitas, reaksi-reaksi bahaya, informasi bahan mudah terbakar, reaktifitas, sifat racun, sifat biologis, pengaruh paparan dan informasi radiasi.

Kriteria utama dalam pengenalan sifat bahan kimia adalah NAB, daerah konsentrasi mudah terbakar (LEL dan UEL), titik nyala, titik bakar, titik didih dan tingkat bahaya dengan mengacu pada standar NFPA (*National Fire Protection Agency*).

## **B. Tanda dan Label Bahan Kimia Berbahaya**

Tanda dan label ini diperlukan apabila bahan-bahan kimia berbahaya dikemas dalam kemasan, atau diangkat menggunakan alat transportasi. Pemasangan tanda dan label pada kemasan bahan kimia berbahaya merupakan salah satu tindakan pencegahan.

### **7.9.2 Penyimpanan Bahan Kimia Berbahaya**

Usaha-usaha yang bisa dilakukan untuk menyimpan bahan kimia berbahaya adalah sebagai berikut:

#### **1. Bahan mudah meledak**

- ❖ Tempat penyimpanan bahan kimia mudah meledak, udara dalam ruangan harus baik dan bebas dari kelembaban.
- ❖ Tempat penyimpanan harus terletak jauh dari bangunan lainnya, dan jauh dari keramaian untuk menghindarkan pengaruh korban apabila terjadi ledakan. Ruangan harus terbuat dari bahan yang kokoh dan tetap dikunci sekalipun tidak digunakan. Lantai harus terbuat dari bahan yang tidak menimbulkan loncatan api.

- ❖ Penerangan tempat ini harus terbuat dari penerangan alami atau listrik anti ledakan.

## 2. Bahan yang mengoksidasi

Bahan ini kaya oksigen, membantu dan memperkuat proses pembakaran. Beberapa dari bahan ini membebaskan oksigen pada suhu penyimpanan, sedangkan yang lain masih perlu pemanasan. Jika wadah dari bahan ini rusak, isinya mungkin bercampur dengan bahan yang mudah terbakar dan merupakan sumber terjadinya nyala api. Risiko ini dapat dicegah dengan membuat tempat penyimpanan secara terpisah dan diisolasi.

Penyimpanan bahan kimia yang mengoksidasi kuat dekat cairan yang mudah terbakar, sangat berbahaya. Untuk keamanannya, harus menjauhkan semua bahan yang dapat menyala dari bahan-bahan yang mengoksidasi. Tempat penyimpanan harus sejuk dan dilengkapi dengan pertukaran udara yang baik serta bangunan tahan api.

## 3. Bahan kimia mudah terbakar

Hidrogen, propane, butana, etilene, asetilene, hidrogen sulfida, gas arang batu dan etana merupakan gas yang mudah terbakar. Asam sianida dan sianogen dapat terbakar dan beracun. Bahan kimia cair yang mudah menyala dikelompokkan atas titik nyalanya.

Tempat penyimpanan harus cukup sejuk, dengan tujuan mencegah nyala jika uapnya tercampur udara. Daerah penyimpanan harus terletak jauh dari sumber panas dan terhindar dari bahaya kebakaran. Dalam penyimpanannya, harus dipisahkan dari bahan oksidator kuat atau dari bahan yang dapat terbakar sendiri. Instalasi listrik tempat penyimpanan harus dihubungkan ke tanah dan diperiksa secara berkala.

#### 4. Bahan kimia beracun

Kemasan bahan kimia beracun tidak mungkin dibuat sempurna, sehingga terjadi kebocoran-kebocoran, dan uap bahan kimia beracun yang masuk ke udara perlu pertukaran udara yang baik. Tempat penyimpanan bahan kimia ini harus sejuk dengan pertukaran udara yang baik, tidak kena sinar matahari langsung, jauh dari sumber panas dan harus dipisahkan dengan bahan kimia lainnya.

#### 5. Bahan kimia korosif

Bahan kimia yang bersifat korosif antara lain asam florida, asam klorida, asam nitrat, asam semut dan asam perklorat. Bahan ini dapat merusak kemasannya dan bocor keluar atau menguap ke udara. Bahan yang menguap ke udara dapat bereaksi dengan bahan organik atau bahan kimia lainnya, yang bereaksi keras dengan uap air dan menimbulkan kabut asam yang mengganggu kesehatan tenaga kerja. Bahan ini harus didinginkan diatas titik bekunya.

Tempat penyimpanan bahan kimia ini harus terpisah dari bangunan lainnya, terbuat dari dinding dan lantai yang tahan korosi dan tidak tembus serta dilengkapi fasilitas penyalur tumpahan.

### **7.9.3 Dampak Jangka Pendek dan Jangka Panjang**

Efek dari bahan kimia beracun terhadap tubuh dapat terjadi dalam jangka pendek (akut) ataupun jangka panjang (kronis). Efek yang akut tampak seketika setelah anda keracunan bahan kimia. Efeknya ada yang ringan, seperti gatal-gatal di hidung atau tenggorokan atau berat seperti kerusakan mata atau pingsan karena menghirup asap beracun. Gangguan kesehatan dari efek yang kronis timbul bertahun-tahun kemudian. Efek ini biasanya ditimbulkan oleh kontak dengan bahan berbahaya dalam waktu yang lama. Efeknya biasanya permanen.

Beberapa jenis bahan kimia menyebabkan efek yang akut dan kronis sekaligus. Contohnya, menghirup uap pelarut akan menyebabkan kantuk seketika. Jika seseorang menghirup uap pelarut tersebut dalam waktu yang lama (beberapa tahun) dapat mengakibatkan rusaknya hati.

Tabel 7.8 Gejala dan Penyebab

Gejala	Penyebab
KEPALA: pusing, kantuk	Pelarut, cat, ozon, asap (termasuk rokok)
Mata: merah, berair, gatal, rasa lelah	Asap, gas dan uap, debu, radiasi ultraviolet, cat, cairan pembersih
HIDUNG & TENGGOROKAN: bersin-bersin, batuk, radang tenggorokan	Asap, ozon, pelarut, debu, cat, cairan pembersih
DADA & PARU-PARU: asma, batuk, sesak napas, kanker paru-paru	Debu logam, debu asap, pelarut, cat, cairan pembersih
PERUT: mual, muntah, sakit perut	Debu logam, pelarut, cat, menghirup timbal dalam waktu lama
KULIT: merah, kering, gatal, kanker kulit	Pelarut, radiasi, chromium, nikel, detergen dan cairan pembersih, cat
SYARAF: tegang, emosi, lesu, tremor	Berhubungan dengan pelarut atau timbal dalam waktu lama,
ALAT REPRODUKSI: PRIA: mengurangi jumlah sperma, merusak sperma WANITA: merusak siklus menstruasi, keguguran, merusak sel telur atau bayi dalam kandungan	Timbal, tluea dan pelarut lainnya, radiasi, etil oxida

Tabel 7.9 Dosis: Apa yang Mempengaruhi Resiko

Faktor yang menentukan apakah pekerja yang berhubungan dengan bahan kimia akan sakit	Contoh
Kadar racun dari bahan kimia	Semakin beracun suatu bahan, semakin besar kemungkinan gangguan kesehatan, bahkan untuk dosis kecil. Metil alkohol yang dapat menyebabkan kebutaan, lebih beracun dibandingkan dengan etil alkohol, yang digunakan untuk minuman beralkohol
Jumlah bahan kimia yang terkontak dengan pekerja (di udara atau tersentuh kulit atau mulut)	Aseton adalah pelarut yang juga dipakai sebagai penghilang cat kuku. Dalam jumlah besar, zat ini dapat membahayakan pekerja
Berapa lama pekerja berhubungan dengan bahan kimia tersebut	Seseorang mungkin menggunakan bahan kimia yang sama selama setengah jam sehari, yang lain selama 8 jam sehari. Seseorang mungkin menggunakan selama sebulan.
Bagaimana proses masuknya bahan kimia ke dalam tubuh	Beberapa jenis bahan kimia seperti pestisida paration sangat beracun dan dapat masuk ke tubuh melalui kulit, pernapasan, atau saluran pencernaan. Asbes paling berbahaya jika terhirup. Misalnya, sebuah rumah menggunakan asbes sebagai insulasi, namun asbes tersebut tidak diganggu dan menjadi debu di udara, dia tidak akan menyebabkan sakit
Faktor individu (keturunan, ukuran tubuh, umur, perokok atau bukan, peminum atau bukan, alergi, pengaruh bahan kimia lain)	Timbal lebih berbahaya pada anak kecil dibandingkan pada orang dewasa karena efeknya pada pertumbuhan otak dan

	syaraf. Apabila dua orang bekerja dengan asbes dan salah satunya perokok, maka si perokok lebih mudah terserang kanker paru-paru dibanding yang lain
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 7.9.4 Label Bahan Kimia

Apa yang diinformasikan label bahan kimia? Label bahan kimia hanya perlu mencantumkan informasi:

1. Identitas produk, seperti nama dagang bahan tersebut.
2. Peringatan bahaya termasuk jenis bahaya apa yang ditimbulkannya (contoh: dapat merusak paru-paru atau ginjal).
3. Nama dan alamat dari pembuat.

Beberapa label mungkin menyertakan informasi tambahan, menggunakan kata-kata "awas" atau "berbahaya bila terhirup"

**Contoh:**

#### **NATRIUM HIDROKSIDA**

#### **SODA API**

**RACUN !      BERBAHAYA !  
DAPAT MENYEBABKAN LUKA BAKAR  
MEMATIKAN JIKA TERHIRUP**

Jangan terkena mata, kulit, atau pakaian. Hindari menghirup debunya. Simpan di tempat rapat. Gunakan ventilasi yang cukup. Cuci tangan setelah bekerja

**EFEK JIKA TERLALU BANYAK KONTAK** : Jika termakan akan

menyebabkan gatal atau luka di mulut. Jika tersentuh kulit atau mata akan menyebabkan gatal atau luka parah.

**PERTOLONGAN PERTAMA** : Jika tertelan, jangan dipaksakan muntah; jika penderita sadar, beri banyak minum. Diikuti dengan minum cuka encer, sari buah, atau putih telur yang dicampur air. Jika tersentuh, segera basuh mata atau kulit dengan air selama 15 menit, sambil melepaskan baju dan sepatu yang terkena. Cuci pakaian tersebut sebelum digunakan kembali.

CAS NO.[1310.73.2]

Banyak informasi yang seringkali tidak terdapat pada label bahan kimia, yakni :

1. Apa yang harus dilakukan jika bahan kimia tersebut tumpah
2. Bagaimana menyimpannya dengan aman
3. Bagaimana melindungi diri sendiri dari efek yang membahayakan kesehatan

**Ingat** : Semua produk kimia di tempat kerja seharusnya mempunyai label. Jika bahan tersebut dituangkan ke tempat yang lebih kecil dan dibawa ke bagian lain, bahan tersebut harus diberi label.

### 7.9.5 Lembar Data Keselamatan Bahan

Lembaran ini berisi informasi tentang karakteristik dan tingkat keselamatan dari bahan kimia yang dipakai di tempat kerja. Informasi tersebut biasanya ditulis oleh pemasok atau pembuat bahan kimia.

Apa yang bisa saya dapatkan dari lembaran data keselamatan bahan? Lembaran ini dibagi dalam beberapa bagian. Tiap bagian berisi berbagai informasi tentang suatu bahan kimia. Tabel di bawah ini menunjukkan informasi-informasi yang bisa didapat dari lembaran tersebut.

Tabel 7.10 Lembar Data Keselamatan Bahan

Pertanyaan	Apa yang dicari	Bagian dari lembaran data
Siapa yang membuat?	Nama perusahaan pembuat	Bagian I
Bahan apa ini?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daftar isi</li> <li>• Siapa yang membuat</li> </ul>	Identitas isi
Apakah bahan ini dapat mengganggu kesehatan?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efek terhadap tubuh</li> <li>• Gejala bahaya kanker</li> <li>• Pertolongan pertama</li> </ul>	Data bahaya terhadap kesehatan
Apakah bahan ini berbahaya?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahaya kebakaran dan ledakan</li> <li>• Bahan-bahan lain yang tidak boleh tercampur dengannya</li> <li>• Stabilitas bahan</li> </ul>	Bahaya kebakaran dan ledakan Data reaktivitas Peringatan khusus
Bagaimana cara melindungi diri dari efek bahan tersebut?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peralatan pelindung yang harus digunakan</li> <li>• Cara mengukur efek</li> <li>• Cara menggunakan</li> </ul>	Cara mengukur Peringatan khusus Prosedur jika tumpah
Bagaimana menggunakannya?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan dan penyimpanan yang aman</li> <li>• Prosedur jika tumpah dan kebakaran</li> <li>• Cara</li> </ul>	Peringatan untuk penggunaan dan penyimpanan. Prosedur jika tumpah

	pembuangan	
Dimana bisa didapatkan keterangan lebih lanjut?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nama dan nomor telepon</li> </ul>	Bagian I

## 7.10 Rangkuman

Pada tempat kerja terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi lingkungan kerja. Faktor tersebut antara lain: temperatur, kebisingan, pencahayaan, getaran, bau-bauan, radiasi, B3, dan ventilasi. Faktor-faktor tersebut bisa secara sendiri-sendiri atau bersama-sama menurunkan tingkat produktivitas kerja. Karena faktor-faktor tersebut bisa menimbulkan gangguan terhadap suasana kerja dan berpengaruh terhadap kesehatan dan keselamatan kerja. Untuk itu lingkungan kerja perlu dirancang secara nyaman, supaya pekerja bisa bekerja secara optimal dan produktif.

## 7.11 Soal

- ❖ Mengapa temperatur bisa mengakibatkan penurunan produktivitas kerja.
- ❖ Sebutkan gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh temperatur yang sangat panas.
- ❖ Ada berapa cara untuk mengendalikan lingkungan kerja yang panas.
- ❖ Sebutkan gangguan kesehatan yang ditimbulkan oleh lingkungan kerja yang bising.
- ❖ Apa yang dimaksud dengan pengendalian teknik untuk mengurangi tingkat kebisingan.

- ❖ Bagaimana caranya memanfaatkan pencahayaan alami.
- ❖ Apa yang dimaksud dengan getaran.
- ❖ Sebutkan gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh getaran dari mesin.
- ❖ Sebutkan gangguan kesehatan yang ditimbulkan oleh tingkat penerangan yang tidak memadai di tempat kerja.
- ❖ Apa yang dimaksud dengan ventilasi.

# **BAB VIII**

## **ALAT PELINDUNG DIRI**

### **8.1 Pendahuluan**

Dalam suatu aktivitas industri, paparan dan risiko bahaya yang ada di tempat kerja tidak selalu dapat dihindari. Usaha pencegahan terhadap kemungkinan penyakit akibat kerja dan kecelakaan kerja harus senantiasa diupayakan.

Apabila beberapa alternatif pengendalian (secara teknik dan administratif) mempunyai beberapa kendala, pilihan untuk melengkapi tenaga kerja dengan alat pelindung diri adalah suatu keharusan. Alat pelindung diri (APD) adalah "seperangkat alat yang digunakan tenaga kerja untuk melindungi sebagian atau seluruh tubuhnya dari adanya potensi bahaya/kecelakaan". APD tidaklah secara sempurna dapat melindungi tubuh, akan tetapi dapat mengurangi tingkat keparahan yang mungkin terjadi. Pengendalian ini sebaiknya tetap dipadukan dan sebagai pelengkap pengendalian teknis maupun pengendalian administratif.

Bab ini akan membahas mengenai bahaya di tempat kerja, evaluasi bahaya di tempat kerja, aktivitas kerja di industri, pemilihan APD di tempat kerja, jenis-jenis APD serta perawatan APD secara umum.

### **8.2 Bahaya di Tempat Kerja**

Bahaya di tempat kerja adalah segala sesuatu di tempat kerja yang dapat melukai pekerja, baik secara fisik maupun mental.

- Bahaya terhadap keselamatan adalah yang dapat mengakibatkan kecelakaan dan luka secara langsung.  
Contoh: benda-benda panas dan lantai yang licin.
- Bahan kimia berbahaya adalah gas, uap, cairan, atau debu yang dapat membahayakan tubuh.  
Contoh: bahan-bahan pembersih dan pestisida.
- Ancaman bahaya lainnya adalah hal-hal berbahaya, yang belum termasuk dalam kategori diatas, yang dapat melukai atau mengakibatkan sakit. Bahaya ini terkadang tidak tampak jelas karena tidak mengakibatkan masalah kesehatan dalam waktu dekat.  
Contoh: kebisingan, penyakit menular, gerakan yang berulang-ulang.

Tabel 8.1 Bahaya di Tempat Kerja

BAHAN KIMIA BERBAHAYA	ANCAMAN BAHAYA LAINNYA	BAHAYA TERHADAP KESELAMATAN
Pelarut/pembersih	Kebisingan	Listrik
Asam/bahan yang menyebabkan iritasi	Radiasi	Kebakaran/ledakan
Debu (asbes, silika, kayu)	Gerakan yang berulang-ulang	Mesin-mesin tanpa pelindung
Logam berat (timah hitam, arsenik, air raksa)	Posisi tubuh yang tidak nyaman	Mengangkat benda-benda yang berat
Polusi udara	Panas / dingin	Pengaturan tempat kerja (berantakan, penyimpanan barang yang tidak baik)
Pestisida	Penyakit menular	Kendaraan bermotor
Resin	Stres / pelecehan	
	Beban kerja / irama kerja	

## 8.3 Evaluasi Bahaya di Tempat Kerja

Aktivitas utama dalam mengevaluasi bahaya di tempat kerja adalah :

- a. Pengamatan di lokasi terhadap proses produksi dan cara kerja.
- b. Wawancara dengan pekerja dan supervisor.
- c. Survei terhadap lingkungan kerja, peralatan, dan pekerja.
- d. Penelaahan terhadap dokumen yang diperlukan dari perusahaan.
- e. Pengukuran dan monitor terhadap efek bahaya bagi pekerja.
- f. Perbandingan dari hasil monitor terhadap peraturan yang ada dan/atau merekomendasikan petunjuk mengenai batas-batas yang harus diikuti untuk meningkatkan keselamatan kerja

## 8.4 Aktivitas Kerja di Industri

Berikut ini aktivitas-aktivitas kerja di industri yang rawan terhadap kecelakaan kerja. Kondisi rawan kecelakaan kerja ini bisa terjadi karena lingkungan kerja yang berisiko misalnya lingkungan kerja yang sangat panas, menggunakan alat-alat yang berbahaya serta tidak adanya alat pelindung diri pada industri yang bersangkutan. Lingkungan kerja seperti pada gambar di bawah ini sangat rawan terhadap kecelakaan kerja. Pada gambar tersebut diperlihatkan para pekerja pada industri pengecoran logam. Pekerja pada industri ini bekerja tanpa memakai alat pelindung diri, padahal kondisi kerjanya berkaitan dengan benda-benda yang sangat panas.



Gambar 8.1 Peleburan Logam

Pekerja sedang bekerja di tungku peleburan logam. Kondisi kerja yang cukup panas dan logam yang meleleh ini juga sangat menyilaukan mata. Sementara pekerja tidak memakai APD seperti: sarung tangan, sepatu, dan kacamata.



Gambar 8.2 Pande Besi

Pekerja pande besi ini juga rawan terkena kecelakaan kerja. Misalnya tangan terkena api atau percikan bara. Kondisi kerja seperti ini mengharuskan pekerja untuk memakai APD supaya bisa menghindarkan dari bahaya yang diakibatkan oleh pekerjaan.



Gambar 8.3 Pekerjaan Las

Sedangkan gambar 8.3 menunjukkan seorang pekerja sedang mengelas. Pekerjaan las ini rawan terhadap bahaya panas dan api dari las juga sangat menyilaukan mata. Oleh karena itu pekerja harus memakai sarung tangan dan perisai muka.

Gambar 8.4 menggambarkan seorang pekerja sedang menggerinda besi. Resiko bahaya yang ditimbulkan dari pekerjaan ini adalah suara yang bising. Suara bising yang terus menerus bisa mengakibatkan gangguan pendengaran pada pekerja tersebut. Supaya pekerja bisa menghindari resiko, maka pekerja ketika melakukan pekerjaannya harus memakai tutup telinga.



Gambar 8.4 Menggerinda

## 8.5 Pemilihan APD di Perusahaan

Langkah-langkah yang penting diperhatikan sebelum menentukan APD yang akan digunakan adalah:

1. Inventarisasi potensi bahaya yang dapat terjadi  
Langkah ini sebagai langkah awal agar APD yang digunakan sesuai kebutuhan.
2. Menentukan jumlah APD yang akan disediakan  
Jumlah tenaga kerja yang terpapar langsung menjadi prioritas utama. Dalam menentukan jumlah bergantung pula pada jenis APD yang digunakan sendiri-sendiri atau APD yang dapat dipakai bergiliran.
3. Memilih kualitas/mutu dari APD yang akan digunakan  
Penentuan mutu akan menentukan tingkat keparahan kecelakaan/penyakit akibat kerja yang dapat terjadi. Penentuan mutu suatu APD dapat dilakukan melalui proses pengujian di laboratorium.

APD yang telah dipilih hendaknya memenuhi ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

- ❖ Dapat memberikan perlindungan terhadap bahaya.
- ❖ Berbobot ringan.
- ❖ Dapat dipakai secara fleksibel (tidak membedakan jenis kelamin).
- ❖ Tidak menimbulkan bahaya tambahan.
- ❖ Tidak mudah rusak.
- ❖ Memenuhi ketentuan dari standar yang ada.
- ❖ Pemeliharaan mudah.
- ❖ Penggantian suku cadang mudah.
- ❖ Tidak membatasi gerak.
- ❖ Rasa tidak nyaman tidak berlebihan.
- ❖ Bentuknya cukup menarik.

## **8.6 Jenis-Jenis APD**

Jenis-jenis APD yang paling banyak dan sering dipakai di perusahaan. Peralatan APD ini, misalnya: helm, topi, kacamata, perisai muka, dan lain sebagainya. Berikut ini penjelasan APD dan gambarnya.

### 8.6.1 Alat Pelindung Kepala

Topi pelindung (helm). Berguna untuk melindungi kepala dari benda-benda keras yang terjatuh, pukulan, benturan kepala, dan terkena arus listrik.



Gambar 8.5 Pekerja Memakai Helm

Sedangkan model helm atau topi pengaman ini, banyak sekali jenisnya. Gambar di bawah ini memperlihatkan jenis-jenis helm



Gambar 8.6 APD Helm

### 8.6.2 *Hats/Cap*

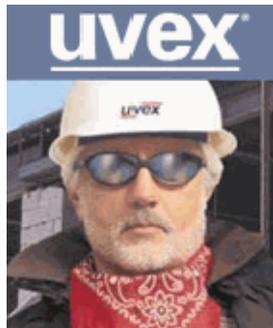
Berguna untuk melindungi kepala (rambut) dari kotoran debu mesin-mesin berputar. Biasanya terbuat dari katun.



Gambar 8.7 APD Hats/Cap

### 8.6.3 Kacamata

Berguna untuk melindungi mata dari partikel-partikel kecil, debu dan radiasi gelombang elektromagnetik, kilatan cahaya atau sinar yang menyilaukan. Digunakan pada tingkat bahaya yang rendah.



Gambar 8.8 Pekerja Memakai Kacamata

Macam-macam bentuk kacamata ada pada gambar di bawah



Gambar 8.9 APD Kacamata

### 8.6.4 Goggles

Digunakan untuk melindungi mata dari gas, uap, debu dan percikan larutan kimia. Bahan dapat terbuat dari plastik yang transparan dengan lensa yang dilapisi kobalt untuk melindungi bahaya radiasi gelombang elektromagnetik non ionisasi dan kesilauan atau lensa yang terbuat dari kaca yang dilapisi timah hitam untuk melindungi dari radiasi gelombang elektromagnetik dan mengion.



Gambar 8.10 Pekerja Memakai *Goggles*

Gambar di bawah ini memperlihatkan berbagai bentuk *goggles* yang ada di pasaran.

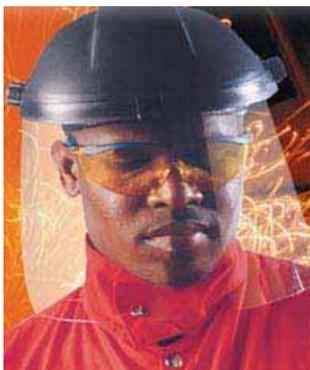




Gambar 8.11 APD Goggles

### 8.6.5 Perisai Muka

Digunakan untuk melindungi mata atau muka. Dapat dipasang pada helm atau pada kepala langsung. Dapat pula dipegang dengan tangan.



Gambar 8.12 Pekerja Memakai Perisai Muka

Berikut ini macam/macam APD perisai muka. Biasanya APD perisai muka banyak dipakai untuk pekerjaan las.





Gambar 8.13 APD Perisai Muka

### 8.6.6 Alat Pelindung Telinga

Berguna untuk mengurangi intensitas suara yang masuk ke dalam telinga. Alat pelindung ini ada dua yaitu: *ear plug* dan *ear muff*.



Gambar 8.14 Pekerja Memakai Pelindung Telinga

APD telinga ini dibagi menjadi dua macam, yaitu: *ear plug* dan *ear muff*.

### **Sumbat telinga (*Ear Plug*)**

Dapat mengurangi intensitas suara 10 s/d 15 dB.  
Dibedakan oleh dua jenis, yaitu:

#### *Ear plug* sekali pakai (*disposable plug*)

Terbuat dari kaca halus (*glass down*), plastik yang dilapis *glass down*, lilin yang berisi katun wool, busa *polyurethane*. *Ear plug* jenis ini biasanya disediakan beberapa buah untuk satu periode bagi seorang pekerja.



Gambar 8.15 *Ear Plugs* Sekali Pakai

### Reusable Plug

Terbuat dari plastik yang dibentuk permanen atau karet. Untuk jenis ini *ear plug* dicuci setiap selesai digunakan dan disimpan dalam tempat yang steril. Kelebihan *ear plug* dibandingkan *ear muff* adalah mudah untuk dibawa dan disimpan karena kepraktisannya. *Ear plug* tidak mengganggu apabila digunakan bersama-sama dengan kacamata dan helm.



Gambar 8.16 *Reusable Plug*

## Tutup Telinga (*Ear Muff*)

Alat ini dapat melindungi bagian luar telinga (daun telinga) dan alat ini lebih efektif dari sumbat telinga, karena dapat mengurangi intensitas suara hingga 20 s/d 30 dB. Terbuat dari cup yang menutupi daun telinga. Agar tertutup rapat, pada tepi cup dilapisi dengan bantalan dari busa.



Gambar 8.17 Macam-macam *Ear Muff*

### 8.6.7 Alat Pelindung Pernapasan

Berguna untuk melindungi pernapasan terhadap gas, uap, debu atau udara yang terkontaminasi di tempat kerja yang dapat bersifat racun, korosi ataupun rangsangan. Alat pelindung pernapasan ini ada dua, yaitu: masker dan respirator.

#### Masker

Masker untuk melindungi debu/partikel-partikel yang lebih besar yang masuk ke dalam pernapasan, dapat terbuat dari kain dengan ukuran pori-pori tertentu.



Gambar 8.18 Pekerja Memakai Masker

## Respirator

Respirator, berguna untuk melindungi pernapasan dari debu, kabut, uap logam, asap dan gas.



Gambar 8.19 Pekerja Memakai Respirator

Gambar di bawah ini memperlihatkan jenis-jenis respirator yang ada di pasaran.





Gambar 8.20 APD Respirator

Sedangkan bagian-bagian respirator ada pada gambar 8. 21 di bawah ini.



Gambar 8. 21 Bagian-Bagian Respirator dan Cara Pemakaian

### 8.6.8 Alat Pelindung Tangan

Berguna untuk melindungi tangan dan bagian-bagiannya dari benda-benda tajam/goresan, bahankimia (padat/larutan), benda-benda panas/dingin atau kontak arus listrik. Sarung tangan dapat terbuat dari karet (melindungi tangan dari paparan bahan kimia dan arus listrik), kulit (melindungi tangan dari benda tajam, goresan), kain/katun (melindungi tangan dari benda panas/dingin atau goresan). Sarung tangan untuk mengurangi dari paparan getar yang tinggi adalah sarung tangan kulit yang dilengkapi dengan bahan peredam getar (busa).

#### Sarung Tangan untuk Mekanik

Sarung tangan ini dipakai untuk pekerjaan permesinan. Berikut ini beberapa model sarung tangan untuk mekanik:



Gambar 8.22 Sarung Tangan Mekanik

## **General Purpose Gloves**

Jenis dari *general purpose gloves* ini banyak sekali, diantaranya sebagai berikut:



Gambar 8.23 *General Purpose Gloves*

## **Sarung Tangan untuk Pekerjaan Kimia**

Pemakaian sarung tangan untuk pekerjaan yang berkaitan dengan zat-zat kimia memerlukan bahan yang khusus.

Sarung tangan ini harus mampu melindungi tangan dari zat-zat kimia tersebut. Bahan harus tidak tembus, berikut ini model dari sarung tangan untuk pekerjaan yang berkaitan dengan zat-zat kimia.



Gambar 8.24 Sarung Tangan untuk Pekerjaan Kimia

### 8.6.9 Alat Pelindung Kaki

Berguna untuk melindungi kaki dan bagian-bagiannya dari benda-benda terjatuh. Benda-benda tajam/potongan kaca, larutan kimia, benda panas dan kontak listrik. Dapat terbuat dari kulit yang dilapisi asbes atau Cr (bagi pekerja pengecoran logam/baja) Sepatu keselamatan kerja yang dilengkapi dengan baja di ujungnya dan sepatu karet anti hantaran listrik.



Gambar 8.25 Pekerja Memakai Sepatu

Berikut ini model sepatu keselamatan kerja yang bisa dipakai oleh para pekerja.

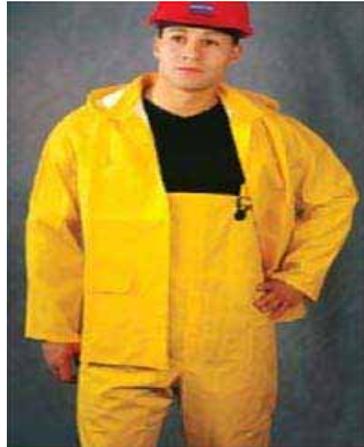




Gambar 8. 26 APD Sepatu

## 8.6.10 Pakaian Pelindung

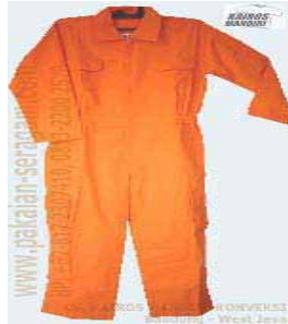
Berguna untuk menutupi seluruh atau sebagian dari percikan api, panas, suhu, dingin, cairan kimia, dan minyak. Bahan dapat terbuat dari kain dril, kulit, plastik, asbes atau kain yang dilapisi alumunium. Bentuknya dapat berupa apron (menutupi sebagian tubuh yaitu mulai dada sampai lutut), celemek atau pakaian terusan dengan celana panjang dan lengan panjang.



Gambar 8.27 Pekerja Memakai Pakaian Pelindung

Berikut ini model pakaian pelindung





Gambar 8.28 Model Pakaian Pelindung

### 8.6.11 Sabuk Pengaman

Berguna untuk melindungi tubuh dari kemungkinan terjatuh, biasanya digunakan pada pekerjaan konstruksi dan memanjat tempat tinggi. Alat ini terdiri dari tali pengaman dan harus dapat menahan beban seberat 80 kg. Berikut ini beberapa gambar sabuk pengaman dan *carabin*.



Gambar 8.29 Safety Harnesses

Sedangkan gambar di bawah ini merupakan perlengkapan yang lainnya.



Gambar 8.30 *Roofers and Construction Fall Protection Kits*



Gambar 8.31 *Anchorage Connectors*



Gambar 8.32 Carabiners

### 8.6.12 Alat Pelindung Untuk Pekerjaan Las

Peralatan pelindung yang dipakai pada pekerjaan las yaitu: sarung tangan, perisai muka, kaca mata las, dan jaket. Berikut ini gambar dari peralatan tersebut.

#### Sarung Tangan

Sarung tangan dipakai untuk melindungi tangan dari panas. Berikut ini sarung tangan untuk pekerjaan las.





Gambar 8.33 Sarung Tangan Untuk Pekerjaan Las

### **Perisai Muka**

Alat ini dipakai untuk melindungi muka dari percikan api dan melindungi mata dari silau. Berikut ini beberapa model perisai muka.





Gambar 8.34 Perisai Muka

## Kacamata Las

Kacamata las dipakai untuk melindungi mata dari percikan api dan silau dari sinar api las. Model kacamata las seperti gambar di bawah ini.



Gambar 8.35 Kacamata Las

## Jaket

Jaket dipakai untuk menahan panas pada tangan dan tubuh akibat panas pengelasan. Berikut ini model jaket untuk pekerjaan las.





Gambar 8.36 Model Jaket Las

### 8.6.13 Alat Pelindung Lutut / *Knee Pads*

Berguna untuk melindungi tempurung lutut dari benturan ketika bekerja. Berikut ini gambar pelindung lutut



Gambar 8.37 Model Pelindung Lutut

### 8.6.14 *Back and Lumbar Support Belts*

Alat ini dipakai untuk melindungi pinggang dan tulang belakang. Alat ini dipakai ketika pekerja mengangkat atau mendorong beban. Berikut ini beberapa alat *back and lumbar support belts*.



Gambar 8.38 *Back and Lumbar Support Belts*

## 8.7 Pemeliharaan APD

Secara umum pemeliharaan APD dapat dilakukan antara lain dengan:

1. Mencuci dengan air sabun, kemudian dibilas dengan air secukupnya. Terutama untuk helm, kaca mata, ear plug, sarung tangan kain/kulit/karet
2. Menjemur di panas matahari untuk menghilangkan bau, terutama pada helm.
3. Mengganti *filter/cartridge* nya untuk respirator.

## 8.8 Rangkuman

Dalam suatu aktivitas industri, paparan atau risiko bahaya yang ada di tempat kerja tidak selalu dapat dihindari. Oleh karena itu langkah yang paling aman adalah memakai APD. APD adalah seperangkat alat yang digunakan tenaga kerja untuk melindungi sebagian atau seluruh tubuhnya dari adanya potensi bahaya atau kecelakaan kerja. Bahaya di tempat kerja adalah segala sesuatu di tempat kerja yang dapat melukai pekerja, baik secara fisik maupun mental.

Jenis-jenis APD banyak macamnya, antara lain alat pelindung kepala, alat pelindung mata dan muka, alat pelindung telinga, alat pelindung pernapasan, alat pelindung tangan, alat pelindung kaki, pakaian pelindung, sabuk pengaman, alat pelindung untuk pekerjaan las, alat pelindung lutut, dan *back and lumbar support belts*. Alat pelindung kepala terdiri dari helm dan topi. Alat pelindung mata dan muka terdiri dari: kacamata, goggles, perisai muka. Alat pelindung telinga ada dua macam, yaitu *ear plug* dan *ear muff*. Alat pelindung pernapasan ada dua, masker dan respirator. Alat pelindung tangan adalah sarung

tangan. Alat pelindung untuk pekerjaan las meliputi: sarung tangan, perisai muka, jaket, dan kacamata las.

## 8.9 Soal

- ❖ Apakah alat pelindung diri itu.
- ❖ Sebutkan potensi bahaya pada industri pengecoran logam.
- ❖ Sebutkan potensi bahaya pada pekerjaan pengelasan.
- ❖ Alat pelindung diri apa saja yang dibutuhkan pada pekerjaan las.
- ❖ Alat pelindung diri apa saja yang dibutuhkan mekanik pada lomba balap mobil formula 1.

# BAB IX

## STASIUN KERJA KOMPUTER

### 9.1 Pendahuluan

Pemakaian komputer saat ini sudah jauh berbeda dibandingkan dengan 7 hingga 10 tahun yang lalu. Hampir semua aspek pekerjaan baik di sektor bisnis dan perkantoran maupun industri telah memanfaatkan dukungan teknologi dan perangkat komputer dengan karakteristik masing-masing. Faktor kecepatan, kemudahan dan efisiensi menjadi daya tarik untuk memanfaatkan teknologi komputer.



Gambar 9.1 Perangkat Komputer

Frekuensi dan durasi/waktu interaksi kita dengan komputer akan semakin bertambah. Frekuensi dan durasi

interaksi ditentukan juga dengan jenis pemakaian, pekerjaan atau profesi dari pemakai komputer tersebut.

Meningkatnya interaksi antara pekerja dengan perangkat komputer di satu sisi menggembirakan. Karena penyelesaian pekerjaan dengan komputer akan menjadi efektif dan efisien. Pemakaian komputer di samping menguntungkan, juga harus diwaspadai dampaknya terhadap kesehatan. Meskipun kesehatan kerja dipengaruhi oleh banyak faktor, tetapi bagi orang yang memiliki intensitas pemakaian komputer tinggi, komputer menjadi faktor penyebab gangguan kesehatan paling tinggi.

Bab ini akan membahas gangguan kesehatan akibat pemakaian komputer yang salah, cara-cara mengatasi gangguan kesehatan tersebut dan panduan penataan *workstation* komputer sesuai kaidah ergonomi. Dengan mempelajari bab ini para siswa mengetahui ancaman kesehatan akibat penggunaan komputer yang salah, mengetahui cara mengatasi gangguan kesehatan, dan mengetahui peralatan-peralatan pada komputer yang sesuai dengan kaidah ergonomi.

## **9.2 Gangguan Kesehatan Pemakaian Komputer**

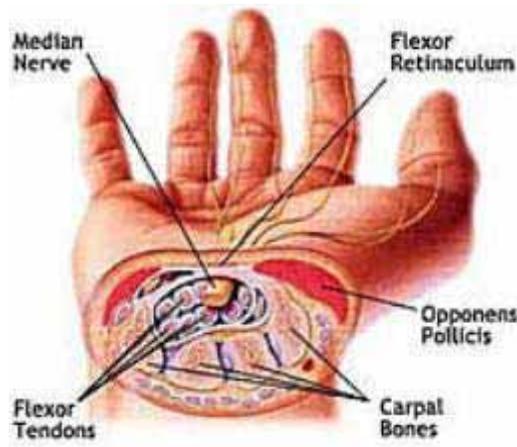
Gangguan kesehatan yang disebabkan oleh intensitas pemakaian komputer cenderung pada gangguan atau cedera tingkat rendah. Cedera ini muncul dalam jangka waktu yang lama akibat proses yang salah dan berulang dalam waktu lama ketika menggunakan komputer. Gangguan kesehatan yang umum terjadi meliputi gangguan saraf, gangguan penglihatan, cedera otot dan pergelangan, dan lain-lain. Gangguan tersebut rata-rata diakibatkan kurangnya aliran darah serta ketegangan di bagian tubuh tertentu secara terus menerus dan berulang. Gangguan kesehatan akibat pemakaian komputer yang salah dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu:

## 9.2.1 Gangguan Pada Bagian Mata dan Kepala

Gangguan pada bagian mata dan kepala sering disebut dengan *computer vision syndrome*, mulai dari nyeri atau sakit kepala, mata kering dan iritasi, mata lelah, hingga gangguan yang lebih serius dan lebih permanen. Gangguan pada mata yang lebih serius seperti kemampuan fokus mata menjadi lemah, penglihatan kabur (*astigmatisma*, *myopi*, *presbyopi*), pandangan ganda, hingga disorientasi warna.

## 9.2.2 Gangguan Pada Lengan dan Tangan

Gangguan pada bagian lengan dan telapak tangan mulai nyeri pada pergelangan tangan karena gangguan pada otot tendon di bagian pergelangan, nyeri siku, hingga cedera yang lebih serius seperti *Carpal Tunnel Syndrome* (CTS). CTS yaitu terjepitnya syaraf di bagian pergelangan yang menyebabkan nyeri di sekujur tangan. CTS harus segera diatasi sebelum terlambat, karena pada stadium lanjut tindakan operasi harus dilakukan. Berikut ini gambar CTS.

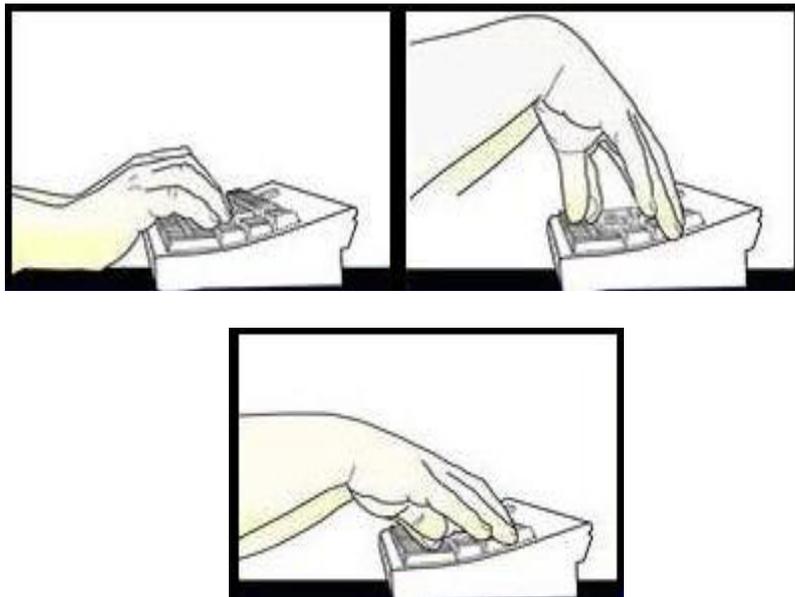


Gambar 9.2 *Carpal Tunnel Syndrome*

Penyebab CTS adalah sebagai berikut:

- ❖ Pekerjaan berulang-ulang.
- ❖ Pemakaian tenaga berlebihan
- ❖ Tekanan terus-menerus
- ❖ Getaran

Berikut ini beberapa aktivitas mengetik dengan *keyboard* yang bisa menyebabkan CTS.



Gambar 9.3 Aktivitas yang Menyebabkan CTS

### **9.2.3 Gangguan Pada Leher, Pundak dan Punggung**

Kelompok gangguan lainnya berupa nyeri pada bagian leher, pundak, punggung dan pinggang. Nyeri di bagian ini sering pula mengakibatkan gangguan nyeri di bagian paha dan betis.

## **9.3 Cara Menanggulangi Gangguan Kesehatan/Kelelahan**

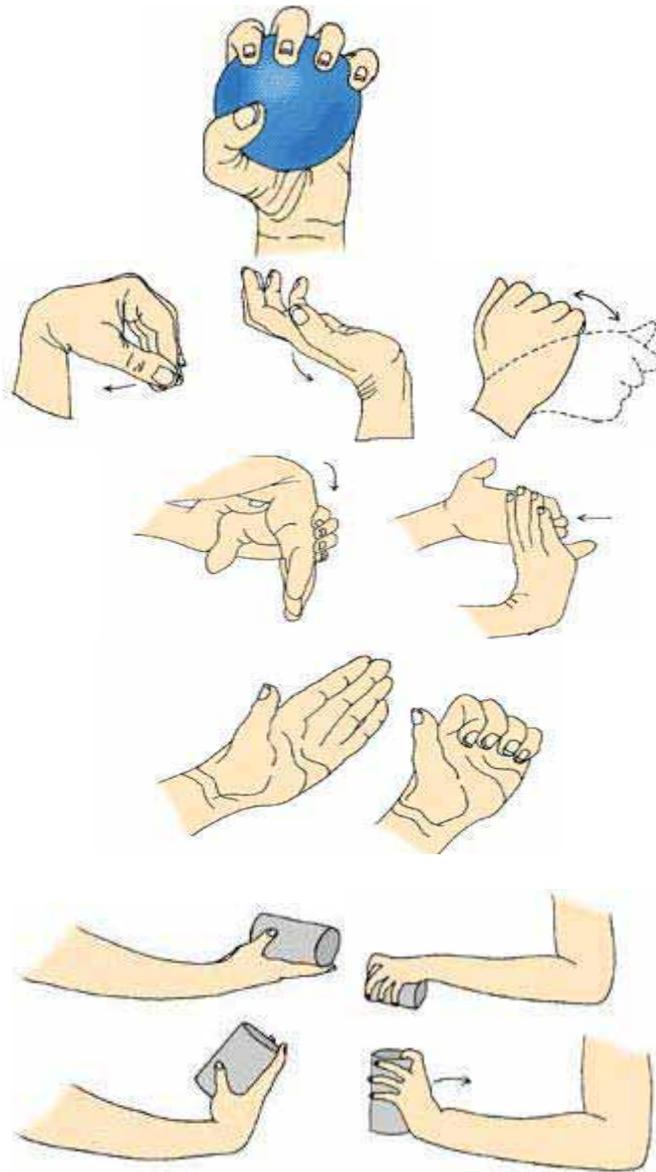
Ada beberapa cara/latihan yang bisa dikerjakan untuk menghindari gangguan kesehatan seperti menghindari CTS dan untuk menghindari kelelahan.

### **9.3.1 Menghindari CTS**

CTS ini terjadi pada daerah tangan, maka aktivitas untuk menghindari CTS juga berkaitan dengan daerah tangan. Gambar 9.4 berikut ini menunjukkan gerakan-gerakan yang dilakukan tangan untuk menghindari CTS.

### **9.3.2 Menghindari Kelelahan**

Tenaga kerja yang bekerja dengan menggunakan komputer sering merasa lelah dan cepat bosan. Kondisi ini kalau tidak segera diatasi bisa menurunkan produktivitas kerja. Rasa lelah muncul karena tenaga kerja bekerja secara monoton. Pekerja bekerja menghadap ke layar monitor komputer secara terus menerus. Berikut ini beberapa cara untuk mengatasi dan mengurangi rasa lelah yang dialami oleh operator komputer.



Gambar 9.4 Gerakan Tangan Untuk Menghindari CTS

## Rasa Lelah pada Bahu

Rasa lelah pada bahu ini terjadi karena operator bekerja dengan kondisi bahu yang statis. Kondisi statis mengakibatkan bahu menjadi tegang dan akhirnya muncul rasa lelah dan sakit pada kedua bahu.

## Cara Mengatasi

Angkat kedua bahu sampai mendekati telinga, tahan dan ulangi. Lakukan gerakan ini beberapa kali, kemudian pelan-pelan gerakan bahu secara melingkar pada satu arah, kemudian lakukan sebaliknya (gambar 9.5)



Gambar 9.5 Gerakan Bahu

Supaya bahu terasa lebih rileks maka operator komputer perlu melakukan gerakan sebagai berikut:

1. Duduk dengan punggung lurus pada kursi.

2. Bernafas secara teratur akan mengangkat bahu pada setiap tarikan nafas.
3. Kemudian hembuskan nafas akan membuat bahu menjadi rileks.



Gambar 9.6 Bernafas dan Mengontrol Sikap Tubuh

### Rasa Lelah pada Leher

Operator komputer sering mengalami rasa sakit di leher dan kepala. Kondisi ini terjadi karena operator terus menerus melihat layar monitor.

### Cara Mengatasi

Gerakan kepala ke arah belakang sampai posisi dagu tegak sejajar dengan lantai. Cara ini baik untuk otot sekitar leher,

untuk membantu leher dan bahu berada dalam keadaan lurus (gambar 9.7)



Gambar 9.7 Penarikan Leher

### Rasa Lelah pada Punggung Bagian Tengah

Operator komputer sering mengalami rasa lelah dan sakit pada posisi punggung bagian tengah. Rasa lelah ini semakin cepat terjadi apabila operator menggunakan kursi dan meja komputer yang tidak sesuai dengan kaidah-kaidah ergonomi. Misalnya meja yang terlalu tinggi atau kursi yang terlalu rendah.

### Cara Mengatasi

Tarik punggung dengan siku. Sama artinya dengan menekan tulang belikat bersama-sama. Tahan sebentar, kemudian bentangkan kedua lengan di sekitar badan seperti hendak merangkul (gambar 9.8)



Gambar 9.8 Rangkulan Bertekanan Pada Punggung Bagian Tengah

### Rasa Lelah pada Pergelangan Tangan

Aktivitas pekerjaan dengan menggunakan komputer sering menimbulkan rasa sakit pada pergelangan tangan. Kondisi ini terjadi karena posisi *keyboard* tidak sejajar dengan tangan.

### Cara Mengatasi

Pertama-tama, gerakan tangan secara melingkar dengan pelan, pertama di satu arah, kemudian sebaliknya. Berikutnya, regangkan lengan bawah dengan menggerakkan telapak tangan menurun kemudian naik (Gambar 9.9)



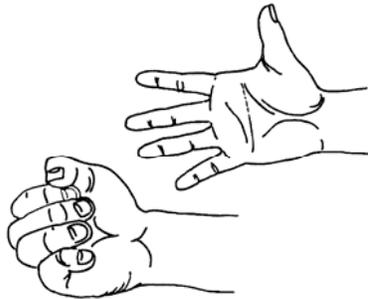
Gambar 9.9 Perputaran dan Peregangan Pergelangan Tangan

### Rasa Lelah pada Jari Tangan

Operator komputer sering mengalami rasa sakit pada jari-jari tangan. Hal ini disebabkan penggunaan jari tangan untuk menekan tut *keyboard*.

### Cara Mengatasi

Kepalkan jari dan tahan untuk beberapa detik, kemudian regangkan jari tersebut. Ulangi beberapa kali, dan selesaikan mengguncangkan tangan dan jari dengan lemah lembut (gambar 9.10)



Gambar 9.10 Kepalkan dan Regangan Jari

### Rasa Lelah pada Pinggang

Operator komputer yang duduk dalam jangka waktu cukup lama akan mengalami rasa sakit pada pinggang.

### Cara Mengatasi

Berdiri dengan kaki meregang secara terpisah pada suatu jarak yang nyaman, dan letakkan tangan pada punggung

bagian bawah. Regangkan secara lemah lembut dengan arah melengkung, tahan dan kembali memposisikan badan tegak lurus (gambar 9.11)



Gambar 9.11 Regangan Punggung Bagian Bawah

### Rasa Lelah pada Pergelangan Kaki

Posisi duduk statis yang dilakukan operator komputer mengakibatkan rasa lelah pada pergelangan kaki. Kondisi ini kalau dibiarkan dalam jangka waktu lama akan mengakibatkan kesemutan pada kaki.

### Cara Mengatasi

Gerakkan kaki melingkar dengan perlahan-lahan. Lakukan pada satu arah dan kemudian sebaliknya. Gerakkan kaki dengan gerakan menunjuk dan lenturkan. Ulangi pada satu kaki lainnya (gambar 9.12)



Gambar 9.12 Gerakan Melingkar, Melentur dan Menunjuk pada Mata Kaki

### Gangguan pada Mata

Masalah yang sering dialami oleh operator komputer adalah gangguan pada mata. Operator komputer dalam melakukan pekerjaan banyak menggunakan mata untuk melihat obyek pada layar monitor komputer. Rasa tidak nyaman pada mata meliputi rasa pedih, gatal dan pandangan jadi kabur.

### Cara Mengatasi

#### *Penyembunyian*

Tutupkan tangan pada mata serta tahan selama satu menit. Istirahat ini melindungi mata dari cahaya.



Gambar 9.13 Penyembunyian

### *Mengejapkan*

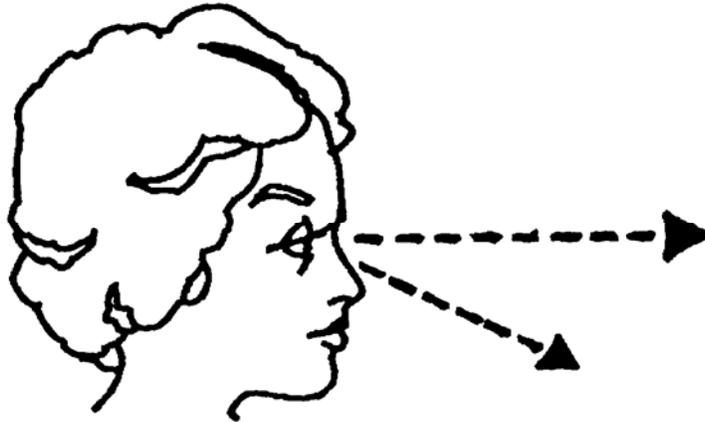
Sering mengejapkan mata akan membantu mata menjadi lembab. Gerakan mengejapkan mata juga dapat membantu mencegah rasa gatal dan membantu membersihkan mata.



Gambar 9.14 Mengejapkan Mata

### *Pemfokusan Kembali*

Mengubah pandangan di layar pada suatu obyek sejauh 20 kaki



Gambar 9.15 Pemfokusan Kembali

## **9.4 Peralatan Pada Stasiun Kerja Komputer**

Peralatan yang dipergunakan pada stasiun kerja komputer ini meliputi: mouse, keyboard, layar / monitor, meja komputer. Masing-masing dari peralatan tersebut jenisnya bermacam-macam.

### 9.4.1 Mouse

*Mouse* ini merupakan alat untuk menggerakkan *cursor*. Bentuk *mouse* ini juga mengalami perubahan bentuk. Perubahan bentuk itu untuk mengakomodasikan kenyamanan bagi pengguna. Berikut ini gambar *mouse* yang banyak beredar di pasar Indonesia serta gambar *mouse* yang beredar di pasar luar negeri.



Gambar 9.16 *Mouse*

### 9.4.2 Layar Komputer

Layar komputer atau monitor adalah peralatan untuk menampilkan obyek yang akan ditampilkan. Obyek tersebut bisa tulisan, angka, ataupun gambar. Bentuk layar komputer juga terus mengalami perubahan. Gambar berikut memperlihatkan bentuk layar monitor.



Gambar 9.17 Monitor

### 9.4.3 Keyboard

*Keyboard* adalah peralatan untuk input. Perkembangan bentuk keyboard saat ini juga mengikuti kaidah-kaidah ergonomi.



Gambar 9.18 Keyboard

#### 9.4.4 Meja Komputer

Meja komputer ini merupakan peralatan untuk meletakkan layar monitor, CPU, *keyboard* dan *printer*.



a



b

Gambar 9.19 Meja Komputer (a, b)

## 9.5 Sikap Kerja Tidak Benar

Operator komputer sering bekerja dengan posisi tubuh tidak sesuai dengan prinsip ergonomi. Akibatnya operator komputer ini akan merasa cepat lelah. Kondisi ini kalau dibiarkan dalam jangka waktu yang cukup lama akan berdampak pada kesehatan. Berikut ini beberapa postur kerja tidak sesuai dengan kaidah ergonomi.



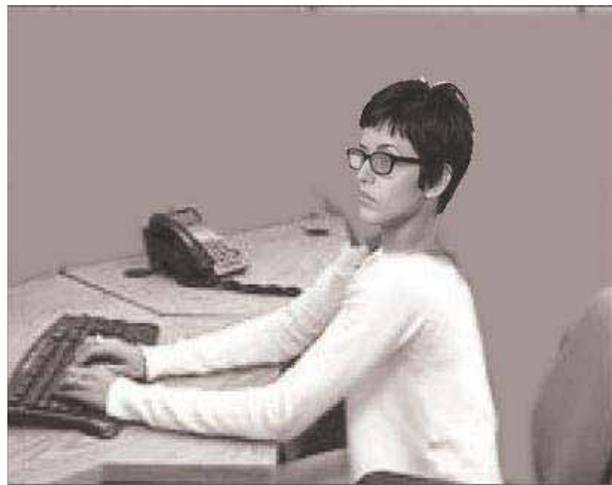
Gambar 9.20 Posisi Kerja Membungkuk

Posisi kerja seperti gambar di atas, menurut prinsip ergonomi adalah cara kerja yang salah. Posisi kerja ini mengakibatkan rasa sakit pada tengkuk, bahu dan punggung. Gambar 9.21 di bawah ini memperlihatkan posisi kerja yang dipaksakan untuk duduk tegak. Dengan posisi duduk tegak tapi letak monitor ada di bawah, menyebabkan operator harus memaksa kepala untuk menunduk. Dalam waktu yang lama, akan menimbulkan rasa sakit pada leher.



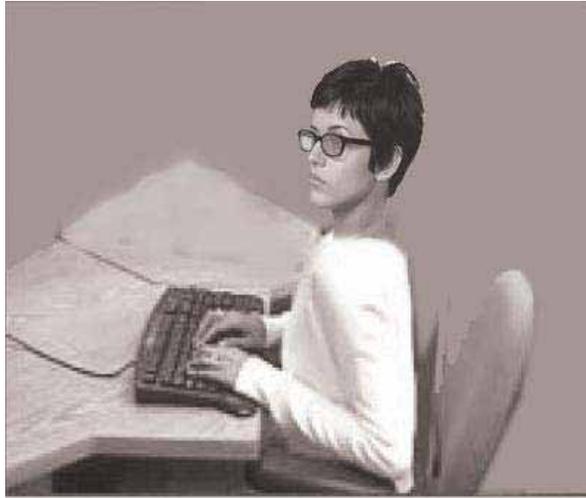
Gambar 9.21 Posisi Kerja Duduk Tegak dengan Kepala Menunduk

Letak keyboard yang terlalu jauh ini mengakibatkan posisi tangan ketika mengetik harus menjangkau ke depan (gambar 9.22). Kondisi ini mengakibatkan rasa lelah pada lengan bagian atas.



Gambar 9.22 Letak *Keyboard* Terlalu Jauh

*Keyboard* terlalu dekat menyebabkan rasa lelah pada lengan atas karena waktu mengetik lengan atas harus menggantung selain itu posisi lengan bawah menjadi tidak alamiah.



Gambar 9.23 Letak *Keyboard* Terlalu Dekat

## 9.6 Pengaturan Stasiun Kerja Komputer

Mengoperasikan komputer dengan menerapkan prinsip-prinsip ergonomi merupakan cara yang tepat dalam menghindari ketidaknyamanan. Ketidaknyamanan ini pada akhirnya akan menimbulkan gangguan kesehatan. Berikut ini panduan cara kerja dan pengaturan tempat maupun perangkat kerja yang akan menghindarkan dari ketidaknyamanan mengoperasikan komputer.

## 9.6.1 Tempat Kerja

Bagaimana mengatur elemen atau komponen tempat kerja sehingga sesuai dengan kebutuhan merupakan faktor paling penting untuk mendapatkan kondisi kerja yang nyaman. Pikirkan dan tentukan bagaimana layout dan posisi terbaik perangkat kerja yang diperlukan. Bagaimana memanfaatkan tempat kerja secara efektif. Langkah ini akan dapat menghemat waktu dan tenaga dalam menyelesaikan pekerjaan.

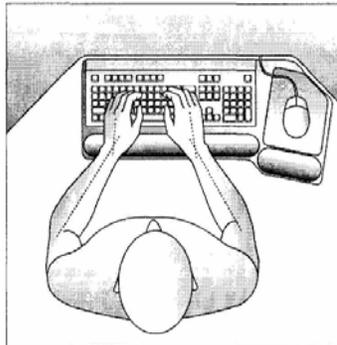
### Pastikan bahwa:

- ❖ Cukup tempat di meja untuk menata posisi yang paling nyaman untuk CPU, *monitor*, *keyboard*, *mouse*, *printer*, penyangga buku, dan piranti lainnya.
- ❖ Atur meja dengan mempertimbangkan bagaimana perangkat itu akan digunakan. Perangkat paling sering digunakan seperti *mouse*, tempatkan di posisi paling mudah dijangkau.
- ❖ Atur pencahayaan ruang kerja secara optimal. Cahaya terlalu kuat mengakibatkan tampilan monitor tidak tajam. Cahaya rendah potensi menyebabkan gangguan pada mata. Hindari lampu yang menyorot langsung ke monitor karena akan memunculkan pantulan di layar. Usahakan posisi sejajar terhadap jendela, jangan berhadapan atau membelakangi.
- ❖ Buku, laporan, atau bahan cetakan yang diperlukan dalam bekerja sebaiknya diletakkan di dekat monitor. Bisa di bawah atau disampingnya.

## 9.6.2 *Keyboard*

Sebagai perangkat input, perangkat ini mutlak diperlukan dan selalu kita pegang ketika kita bekerja dengan komputer. Untuk pemakaian yang nyaman usahakan dalam posisi sebagai berikut:

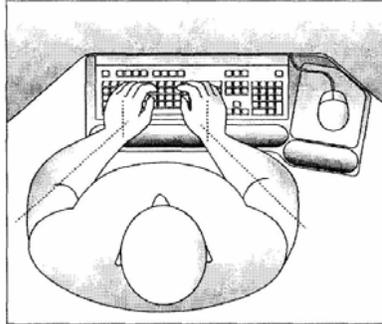
- ❖ Posisikan keyboard sehingga lengan anda dalam posisi relaks dan nyaman, lengan bagian depan dalam posisi horizontal.
- ❖ Pundak dalam posisi relaks tidak tegang dan terangkat ke atas.
- ❖ Pergelangan tangan harus lurus, tidak menekuk ke atas atau ke bawah.
- ❖ Ketika mengetik tangan harus ikut bergeser ke kiri kanan sehingga jari tidak dipaksa meraih tombol-tombol yang dimaksud.
- ❖ Jangan memukul tombol, tekan tombol secara halus sehingga tangan dan jari tetap relaks.
- ❖ Perimbangkan untuk memanfaatkan *keyboard* ergonomik yang dirancang untuk dapat diatur sesuai ukuran jari dan posisi lengan.
- ❖ Manfaatkan *fitur shortcut* dan *macro* untuk melakukan suatu aktivitas di komputer. Misal; Ctrl + C untuk menyimpan. *Shortcut / macro* akan mampu mengurangi aktivitas penekanan tombol. Seperti penjelasan di atas, postur dan posisi yang salah dalam pemakaian *keyboard* maupun *mouse* potensi menyebabkan gangguan CTS.



Gambar 9.24 *Keyboard QWERTY*

*Keyboard* paling baik bagi kebanyakan orang adalah *keyboard* standar QWERTY yang ada di semua komputer. *Layout keyboardnya* membuat kebanyakan pengguna memencet tombol tanpa menyimpangkan pergelangan tangan antara satu dengan yang lain.

Operator komputer dengan bahu yang besar atau gemuk sekali mungkin kesulitan dalam menggunakan *keyboard* QWERTY. Karena jenis tubuh ini cenderung memaksa siku untuk keluar, hal ini akan mengubah posisi netral pergelangan tangan (gambar 9.25).



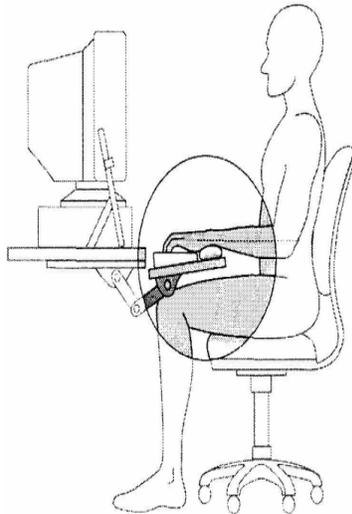
Gambar 9.25 Orang Gemuk dengan *Keyboard* QWERTY

Untuk pekerja dengan jenis tubuh ini, *keyboard* alternatif seperti *keyboard split* mungkin sangat tepat. Sebelum mengganti *keyboard*, yakinkan bahwa alternatif tersebut akan mengurangi penyimpangan pergelangan tangan (gambar 9.26)



Gambar 9.26 *Keyboard Split*

Pergelangan tangan harus lurus seperti menggambar garis-garis khayal melalui pusat siku, meluas melalui ujung jari dan pergelangan tangan. Garis-garis khayal harus paralel dengan lantai. Papan *keyboard* harus menghilangkan *legs* dan harus pada ketinggian tertentu agar dapat menjaga lengan bawah paralel dengan lantai (gambar 9.27)

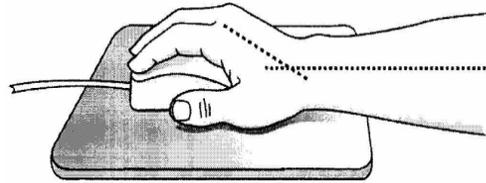


Gambar 9.27 Posisi Papan *Keyboard*

### 9.6.3 *Mouse*

- ❖ Tempatkan *mouse* dekat dan di permukaan yang sama dengan *keyboard*, sehingga dapat diraih dan digunakan tanpa harus meregangkan tangan ke posisi yang berbeda.

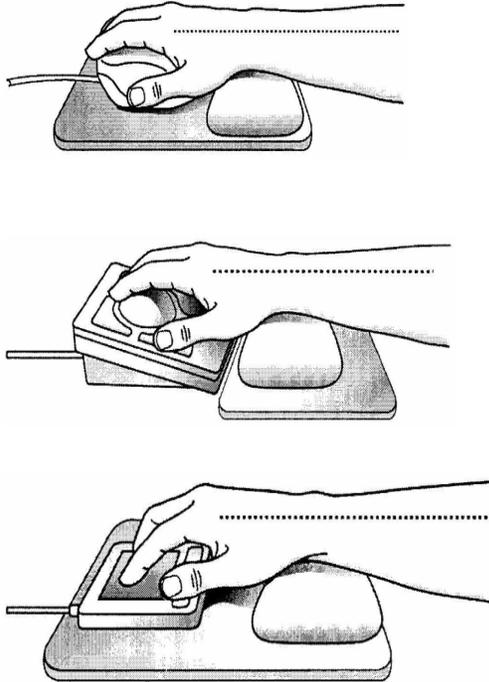
- ❖ Pegang *mouse* secara ringan dan klik dengan tegas. Gerakkan *mouse* dengan lengan, jangan hanya dengan pergelangan. Jangan tumpukan pergelangan atau lengan bagian depan di meja ketika menggerakkan *mouse* .
- ❖ Untuk jenis *rolling-ball mouse*, bersihkan secara periodik karena *mouse* yang kotor akan mengganggu pergerakan kursor dan menyebabkan pergelangan tangan menjadi tegang.
- ❖ Pertimbangkan untuk menggunakan *scroll-point mouse*, sehingga gerakan *scrolling* di layar dapat lebih mudah dilakukan.
- ❖ Gunakan *optical mouse* untuk memperoleh gerakan kursor yang lebih presisi. Pekerjaan di bidang CAD/grafis sebaiknya menggunakan *mouse* jenis ini. Usaha untuk mengarahkan kursor secara presisi akan cenderung meningkatkan ketegangan di otot lengan dan bahu.



Gambar 9.28 Perluasan Peregangan Tangan yang Tidak Diinginkan

Peralatan input non *keyboard* harus dipilih berdasarkan pada pekerjaan dan yang memberikan kenyamanan, sikap netral. Bayangkan, sebuah garis digambar melalui pusat pergelangan tangan. Garis ini harus paralel dengan lantai. Gambar 9.28 memeragakan perluasan pergelangan tangan yang tidak diinginkan.

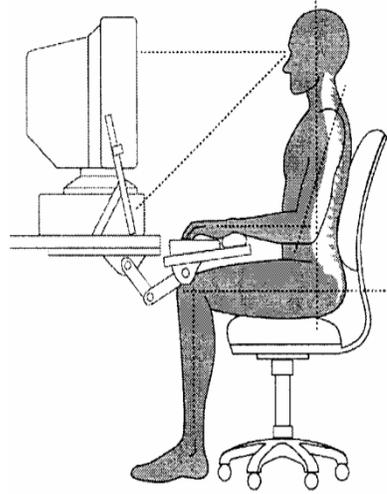
Gambar 9.29 ini memeragakan sikap pergelangan yang baik dalam menggunakan *mouse*, *trackball* dan *touchpad*. Peralatan input harus dilokasikan segera di sebelah kanan atau kiri *keyboard*, pada ketinggian yang sama dengan *keyboard* dan masih dalam jangkauan yang dekat seperti *keyboard*.



Gambar 9.29 Posisi Pergelangan Tangan yang Baik

## 9.6.4 Monitor

- ❖ Posisi layar monitor sedemikian rupa sehingga dapat meminimalkan pantulan cahaya dari lampu, jendela atau sumber cahaya lain. Apabila tidak memungkinkan untuk mengatur posisi layar monitor, pertimbangkan untuk memasang filter di depan layar monitor.
- ❖ Untuk kenyamanan, atur monitor sehingga mata sama tingginya dengan tepi atas layar, sekitar 5-6 cm di bawah bagian atas casing monitor. Monitor yang terlalu rendah akan menyebabkan leher dan pundak nyeri.
- ❖ Atur posisi sehingga jarak anda dan monitor berkisar 50 – 60 cm. Monitor yang terlalu dekat mengakibatkan mata tegang, cepat lelah, dan potensi gangguan penglihatan.
- ❖ Posisi monitor tepat lurus di depan anda, jangan sampai memaksa kepala anda menoleh untuk melihat layar.
- ❖ Sedikit tengadahkan monitor sehingga bagian atas monitor sedikit ke belakang.
- ❖ Atur level *brightness* dan *contrast* monitor senyaman mungkin. Jangan terlalu redup, jangan terlalu terang. Ketika kondisi cahaya di ruang berubah, sesuaikan lagi *brightness* dan *contrast* monitor.
- ❖ Bersihkan layar monitor secara periodik. Layar yang kotor akan menimbulkan efek pantulan dan tampilan buram.
- ❖ Apabila anda mengalami kesulitan untuk melihat tampilan layar dengan jarak 50 – 60 cm, coba besarkan tampilan atau resolusi layar. Apabila resolusi 1024 x 768 terlalu kecil, ubah ke 800 x 600. Atur warna dan ukuran font apabila perlu.



Gambar 9.30 Posisi Monitor Terhadap Mata

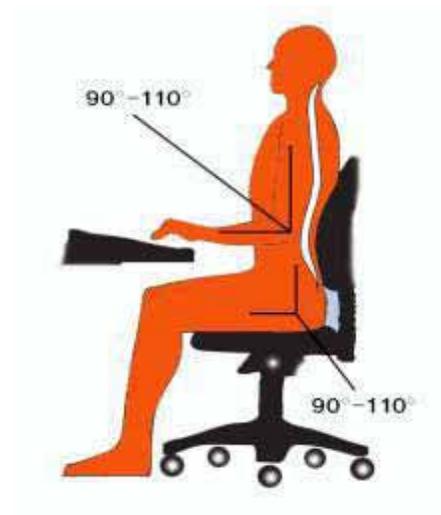
### 9.6.5 Kursi

Kursi salah satu komponen penting di tempat kerja anda. Kursi yang baik akan mampu memberikan postur dan sirkulasi yang baik dan akan membantu menghindari ketidaknyamanan. Pilih kursi yang nyaman, dapat diatur, dan memiliki penyangga punggung.

#### Pengaturan Kursi

- ❖ Paha anda dalam posisi horizontal dan punggung bagian bawah atau pinggang anda terdukung. Tanpa ini, punggung dan pinggang anda berpotensi mendapatkan gangguan.

- ❖ Bila kursi kurang dapat diatur, bagian bawah punggung dapat dibantu dengan diberi bantal.
- ❖ Telapak kaki harus dapat menumpu secara rata di lantai ketika duduk dan ketika menggunakan *keyboard*. Apabila tidak dapat maka kursi mungkin terlalu tinggi dan perlu memanfaatkan penyangga kaki.
- ❖ Kadang-kadang ubah posisi duduk selama bekerja karena duduk dalam posisi tetap dalam jangka lama akan mempercepat ketidaknyamanan.



Gambar 9.31. Posisi Duduk yang Baik

### 9.6.6 Penopang Kaki

Kaki harus ditopang dan paha setidaknya paralel dengan lantai. Kondisi ini akan membantu menjaga paha dan lutut pada sudut 90 derajat. Jika kursi ditinggikan dan kaki tidak lagi menyentuh lantai, maka penopang atau ganjalan kaki direkomendasikan untuk membawa lantai tersebut menyentuh kaki. Sebaiknya ganjalan kaki dibuat dengan permukaan anti selip, yang mempunyai berat cukup agar posisinya tidak berubah-ubah. Cukup luas untuk mengakomodasi kedua kaki.



Gambar 9.32 Penopang Kaki

Tujuan penopang kaki ini adalah:

- a. Memberikan suatu sandaran untuk kaki bagi orang bertubuh pendek.
- b. Menyediakan variasi posisi untuk kaki pada saat berdiri
- c. Memberikan dukungan pada salah satu kaki dengan waktu tertentu sebagai variasi.

### 9.6.7 Bantalan Punggung

Tujuan dari bantalan punggung ini untuk melindungi bagian bawah tulang belakang. Idealnya, perlindungan terhadap tulang belakang bagian bawah harus sudah menjadi bagian dari kursi itu sendiri. Pada desain kursi yang ergonomis, terdapat bagian kursi yang dapat digerakan secara memutar pada berbagai macam sudut.



Gambar 9.33 Bantalan Punggung

### 9.6.8 Pemegang Dokumen

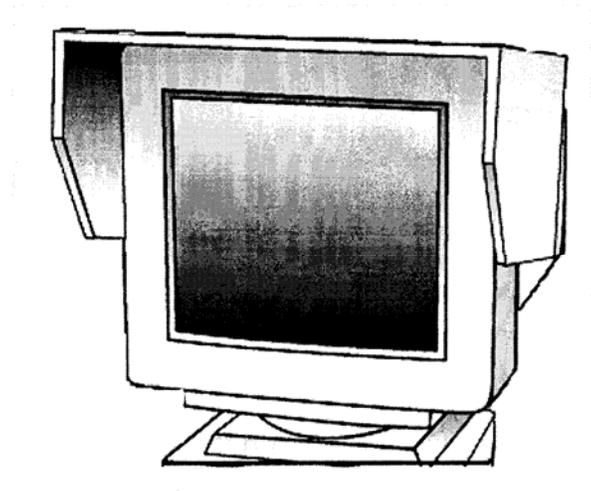
Pemegang dokumen dapat membantu dalam penempatan material yang tepat. Juga, menjaga obyek yang sering digunakan dalam jarak jangkauan yang nyaman.



Gambar 9.34 Pemegang Dokumen

### 9.6.9 Tudung Pelindung

Pelindung ini untuk mengurangi cahaya yang menyilaukan atau pantulan cahaya pada layar komputer. Tudung pelindung merupakan suatu metode untuk menangani sumber pantulan cahaya yang terjadi, karena alat ini mampu mengurangi kecerahan dan ketajaman gambar dari layar.

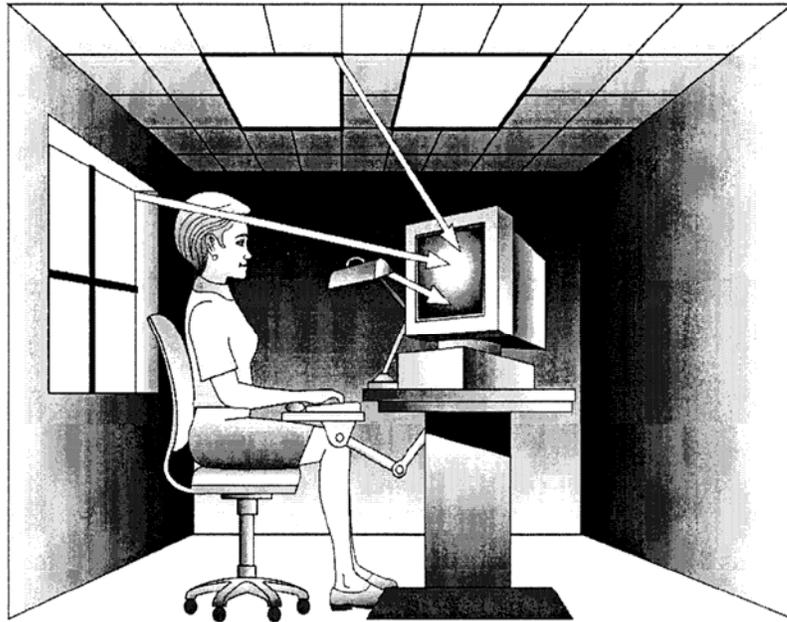


Gambar 9.35 Tudung Monitor

## 9.7 Pandangan Menyilaukan

Pandangan menyilaukan yang terjadi pada layar monitor dapat juga menjadi suatu masalah jika hal ini menyebabkan mata membuat penyesuaian yang tidak disadari dari pemantulan itu. Memperkecil atau menghapuskan pandangan menyilaukan adalah penting, dan bisa dilakukan dengan beberapa cara.

1. Sedikit meningkatkan atau menurunkan atau memutar suatu monitor dapat menyebabkan pandangan menyilaukan berkurang banyak.
2. Lihat barang-barang yang menyebabkan pandangan menyilaukan dan memantulkan cahaya dalam bidang visi ( seperti bingkai gambar yang terbuat dari gelas/kaca, potongan yang besar barang-barang perhiasan, dan sebagainya) dan hilangkan barang-barang seperti itu.
3. Penutup jendela (kerai, korden) diperkenankan tetapi perlu disesuaikan ketika terjadi perubahan cahaya.



Gambar 9.36 Sumber Silau

Sumber gangguan cahaya meliputi:

1. Jendela
2. Cahaya dari belakang
3. Lampu lantai
4. Cahaya dari komputer lain
5. Kaca
6. Cahaya langit

## 9.8 Cara Berkomputer

Berikut ini pedoman untuk bekerja dengan menggunakan fasilitas komputer.

- ☆ Variasi dalam bekerja dan istirahat atau break secara periodik. Hal ini untuk mengurangi kemungkinan kelelahan dan ketidaknyamanan. Ikuti aturan 20/20/20, yaitu setiap 20 menit bekerja, break selama 20 detik, dengan alihkan pandangan ke jarak  $\pm$  6 meter.
- ☆ Mengambil napas merupakan fungsi yang otomatis, tetapi ketika berkonsentrasi di depan layar monitor cenderung sering menahan napas, terlebih apabila pekerjaan diburu waktu. Ambil beberapa detik untuk menarik napas panjang.
- ☆ Jangan lupa kedipkan mata saat memandang layar komputer. Ketika memandang layar monitor, kita cenderung lebih jarang berkedip daripada ketika kita bekerja dalam jarak dekat lainnya, misal: menulis surat di kertas, dan lain-lain. Berkediplah dengan penuh dan sering. Bisa dipertimbangkan juga untuk memasang *reminder* atau pengingat di layar.

## 9.9 Kebisingan dan Radiasi

Perangkat komputer merupakan perangkat elektronik yang telah didesain untuk digunakan di lingkungan perkantoran yang tenang. Standar kebisingan yang aman untuk pemakaian perangkat elektronik adalah 40-45 dB di jarak 1 m dari sumber. Untuk perangkat komputer saat ini, sumber kebisingan utama lebih pada CPU. Dahulu monitor CRT memegang peran penting sebagai sumber kebisingan, tetapi saat ini monitor hadir dengan *sweep rate* frekuensi tinggi (30 Khz atau lebih) hingga monitor LCD yang lebih tenang dan ramah. Kebisingan dari CPU

sebagian besar disebabkan suara *colling fan* baik *cooling fan* *power unit*, *processor*, *display adapter* dan piringan *harddisk*.

Langkah antisipasi tentunya adalah pemilihan perangkat yang memenuhi standar kebisingan yang ditetapkan. Khususnya untuk perangkat CPU rakitan, perlu dicermati aspek ini. Untuk perangkat yang telah kita miliki, dapat dipertimbangkan untuk menata letak CPU sehingga dapat mengurangi tingkat kebisingannya.

Radiasi dari perangkat komputer lebih pada komponen VDT atau *Visual Display Terminal* dalam hal ini monitor. Seperti halnya televisi, radiasi berupa gelombang elektromagnetik dihasilkan dari monitor, dari bagian CRT (*Cathode ray tubes*) dan komponen elektronis lainnya. Tetapi berdasarkan riset, kontribusi radiasi baik jenis ionizing maupun no-ionizing dari pemakaian perangkat VDT (monitor) selama rata-rata 8 jam/hari sangatlah kecil dibandingkan dengan kontribusi radiasi dari *consumer product* lainnya.

## 9.10 Rangkuman

Sekarang ini pemakaian komputer sudah merambah ke segala bidang. Tidak ketinggalan bidang manufaktur juga menggunakan fasilitas komputer, misalnya mesin CNC. Perlu diperhatikan juga bahwa penggunaan komputer yang tidak tepat bisa menyebabkan gangguan kesehatan.

Gangguan kesehatan pada pemakaian komputer ini meliputi: gangguan pada bagian mata dan kepala, gangguan pada lengan dan tangan, gangguan pada leher, pundak dan punggung. Cara yang paling efektif untuk mengurangi gangguan ini adalah dengan menerapkan prinsip ergonomi dalam mengatur stasiun kerja komputer ini.

## 9.11 Soal

- ❖ Sebutkan kesalahan-kesalahan yang selama ini saudara lakukan ketika mengoperasikan komputer.
- ❖
- ❖ Apa yang saudara rasakan/keluhkan ketika mengoperasikan komputer.
- ❖
- ❖ Apakah saudara sudah merasa nyaman menggunakan meja komputer saat ini.
- ❖
- ❖ Apakah saudara merasa nyaman dengan bentuk keyboard komputer saat ini
- ❖
- ❖ Coba sekarang terapkan prinsip-prinsip ergonomi untuk mengatur peralatan komputer yang anda miliki.





### **Sandaran Lengan**

Catatan : sandaran lengan dapat menjadi pilihan untuk orang-orang tertentu. Hati-hati, sebaiknya, sandaran lengan tidak menghalangi kursi jika didekatkan dengan meja atau *keyboard*.

Apakah sandaran lengan tersedia pada kursi ?      Ya      tidak

Dapatkah sandaran lengan tersebut digerakkan?      Ya      tidak

Apakah sandaran lengan tersebut fleksibel ?      Ya      tidak

### **Stabilitas/Mobilitas**

Apakah dasar kursi anda mempunyai 5 cabang ?      Ya      tidak

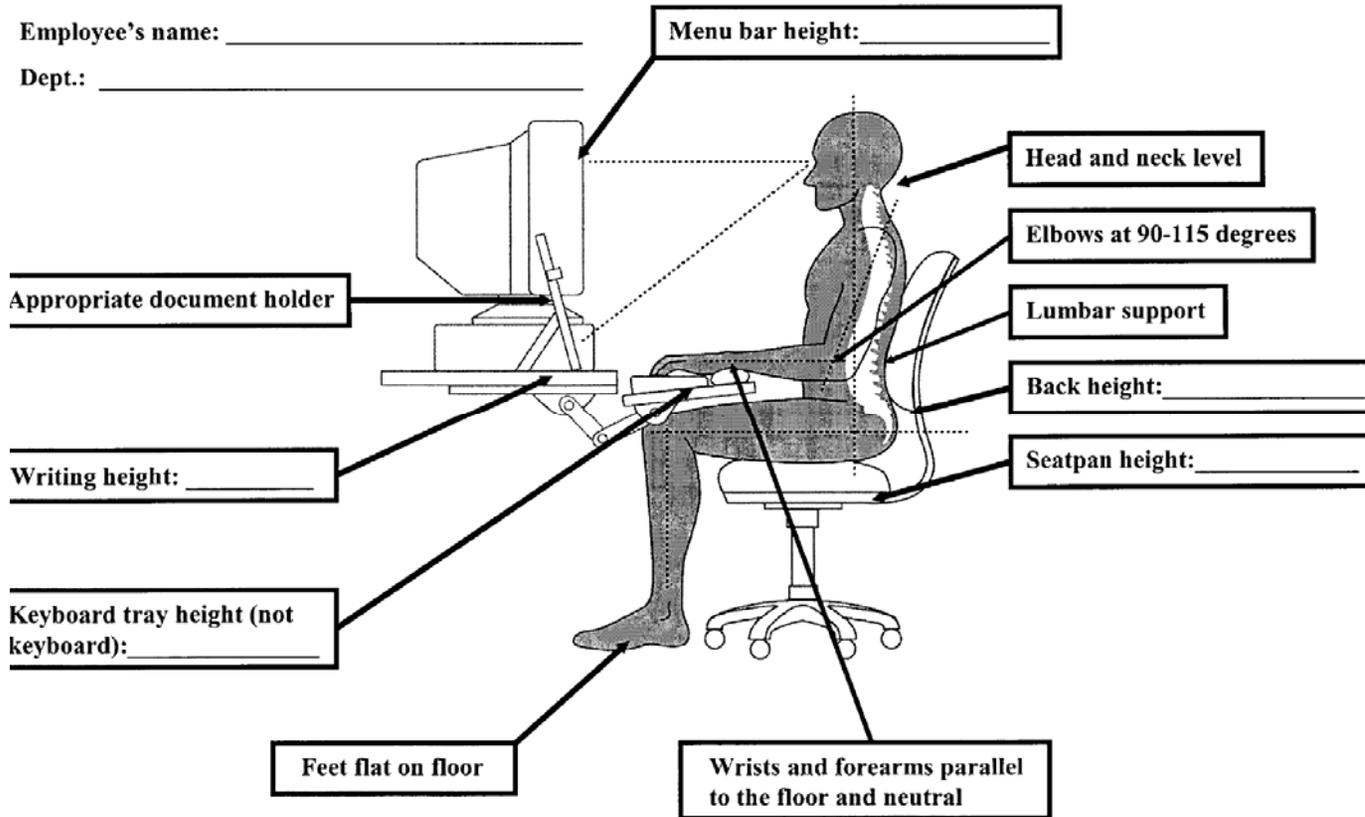
Apakah cabang tersebut stabil?      Ya      tidak

Apakah cabang tersebut dapat diputar?      Ya      tidak

Apakah cabang tersebut dapat digerakkan dengan mudah ?  
Ya      tidak

Komentar tambahan : \_\_\_\_\_







## DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, David C., 1986, *The Practice and Management of Industrial Ergonomics* New Jersey : Prentice Hall Inc.
- A.M., Madyana., 1996, *Analisis Perancangan Kerja.*, Jilid 1, Yogyakarta, Penerbit Universitas Atma Jaya
- Bridger, R. S., 1995, *Introduction to Ergonomics*. New York: McGraw-Hill
- Chaffin, Don B., Anderson, Gunnar B.J., 1991, *Occupational Biomechanics*, Second Edition, New York, John Wiley & Sons.Inc
- DHHS (NIOSH) Publication.1997, *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors : A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back*, U.S. Department of Health And Human Services
- Fagarasanu, M and Kumar, S., 2002, Measurement instrument and Data Collection of Construct and Bias in Ergonomics Research, *INDUSTRIAL ERGONOMICS*. 30 (2002). Page 355-369.
- Herjanto, Eddy., 1999, *Manajemen Produksi & Operasi*, Edisi Kedua, Jakarta, Grasindo
- Kansal, A., Pennathur, A., Mital, A. 1999, Nonfatal Occupational injuries in The United States Part II - Back Injurtres. *INDUSTRIAL ERGONOMICS*. 25 (1999). Page 131-150.
- Karhu, O., Harkonen, R., Sorvali, P. and Vepsailanen, P., 1981, Observing Working Posture in Industry: Example of OWAS Application, *APPLIED ERGONOMICS*. 12 (1981). Page 13-17.
- Kroemer, Karl H.E., Kroemer, Anne D., 2001, *Office Ergonomics*, New York, Taylor & Francis

- Leclerc, A., Niedhammer, I., Sandret, N., Roy, O.H., 1999, Manual Material Handling and Related Occupational Hazards: A National Survey in France., *INDUSTRIAL ERGONOMICS*. 24 (1999). Page 365-377
- McCormick, E.J. and M.S, Sanders. *Human Factors in Engineering and Design* 7<sup>th</sup> ed. New York : McGraw-Hill Inc, 1993.
- Nurmianto, Eko.,1996, *Ergonomi, Konsep Dasar Dan Aplikasinya*, Edisi Pertama, Jakarta, Guna Widya
- Panero, Julius., Zelnik, Martin., 2003, *Dimensi Manusia & Ruang Interior*, Jakarta, Erlangga
- Pulat, B.M., Alexander, David C., 1992, *Industrial Ergonomics Case Studies*, Singapore, McGraw-Hill, Inc
- Pulat, B Mustafa., 1992, *Fundamentals of Industrial Ergonomics*, Oklahoma, School of Industrial Engineering University of Oklahoma
- Purnomo, Hari., 2004, *Perencanaan & Perancangan Fasilitas*, Yogyakarta, Graha Ilmu
- Suma'mur, P.K., 1984, *Higine Perusahaan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: CV Masagung
- Suhardi, Bambang., Astuti, R.D., Jatmiko, Brury., 2005, *Analisis Pengaruh Kebisingan, Temperatur dan Pencahayaan Terhadap Produktivitas Kerja Pengeleman Amplop Secara Manual*, Penelitian Jurusan Teknik Industri UNS, Unpublished
- Suhardi, Bambang., Astuti, R.D., Triyono, 2006, *Analisis Sikap Kerja Pekerja Manual Material Handling UD. Tetap Semangat Dengan Metode OWAS*, Surakarta, Penelitian Jurusan Teknik Industri UNS, Unpublished
- Suhardi, Bambang., Astuti, R.D., Purwaningtyas, Yunita., 2007, *Perancangan Sikap Kerja Manual Material Handling di Bagian Gudang PT. Sukoharjo Makmur Abadi Dengan Metode OWAS*

*dan Rula*, Surakarta, Penelitian Jurusan Teknik Industri UNS, Unpublished

Suhardi, Bambang., Astuti, R.D., Handayani, Indri., 2007, *Perancangan Kursi Operator Mesin Inspeksi Dengan Pendekatan Antropometri*, Surakarta, Penelitian Jurusan Teknik Industri UNS, Unpublished

Suhardi, Bambang., Astuti, R.D., Kuswidiyanto, Aries., 2007, *Usulan Rancangan Meja dan Kursi Operator Bor Stasiun Handwork Dengan Pendekatan Antropometri*, Surakarta, Penelitian Jurusan Teknik Industri UNS, Unpublished

Sutalaksana dkk., 2006, *Teknik Tata Cara Kerja*, Bandung, Jurusan Teknik Industri ITB

Suzaki, Kiyoshi., 1992, *Tantangan Industri Manufaktur, Penerapan Perbaikan Berkesinambungan*, Jakarta, PQM Consultants

Tambunan, Sihar Tigor Benjamin., 2005, *Kebisingan di Tempat Kerja (Occupational Noise)*, Yogyakarta, Penerbit Andi

Tarwaka, Solichul Bakri, Lilik Sudiajeng. *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktifitas*. Surakarta: Uniba Press, 2004

Tim Penulis, 2003, *Bunga Rampai, Hiperkes & KK*, Semarang, BP Undip

Wignjosoebroto, Sritomo. *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya: Guna Widya 1995

## DAFTAR ISTILAH

<i>Antropometri</i>	= Pengetahuan yang menyangkut pengukuran tubuh manusia khususnya dimensi tubuh
<i>Awkward posture</i>	= Sikap kerja yang salah, canggung, di luar Kebiasaan, dan beresiko menimbulkan kecelakaan kerja
<i>Brightness distribution</i>	= Menunjukkan jangkauan dari luminansi dalam daerah penglihatan
<i>Carpals</i>	= Tulang pada pergelangan tangan
<i>Cartilage</i>	= Sambungan tulang rawan
<i>Cervical</i>	= Bagian tulang belakang paling atas berjumlah 7 ruas
<i>Coccygeal</i>	= Bagian tulang belakang paling bawah berjumlah 4 ruas
<i>Coding postures</i>	= Proses transformasi dari data video atau gambar menjadi kode sikap kerja sesuai dengan metode OWAS
<i>Cumulative Trauma Disorder</i>	= Penyakit yang timbul akibat akumulasi dari kerusakan kecil pada jaringan tubuh yang terjadi berulang-ulang
<i>Ergonomi</i>	= Suatu aturan atau norma dalam sistem kerja
<i>Fibula</i>	= Tulang betis
<i>Femur</i>	= Tulang paha

<i>Glare</i>	= Cahaya yang menyilaukan
<i>Low back pain (LBP)</i>	= Rasa nyeri pada bagian punggung bawah
<i>Lux</i>	= Satuan metric ukuran cahaya pada suatu permukaan
<i>Manual material handling</i>	= Bentuk transportasi barang yang dikerjakan dengan tenaga manusia untuk melakukan pengangkatan, mendorong, menarik, dan membawa barang
<i>Material handling</i>	= Kegiatan untuk melakukan pemindahan Barang
<i>Musculoskeletal disorder</i>	= Cedera pada otot, urat syaraf, urat daging, tulang, persendian tulang, tulang rawan yang disebabkan oleh aktivitas kerja
<i>Musculoskeletal system</i>	= Sistem gerak anggota tubuh yang tersusun oleh sistem otot dan sistem tulang
<i>Metacarpals</i>	= Tulang pada telapak tangan
Nilai Ambang Batas Kebisingan	= Intensitas suara tertinggi yang merupakan nilai rata-rata yang masih dapat diterima pekerja tanpa mengakibatkan hilangnya daya dengar yang menetap untuk waktu kerja terus menerus tidak lebih dari 8 jam sehari dan 40 jam seminggu
<i>Patella</i>	= Tempurung lutut
<i>Pelvis</i>	= Tulang pinggul
<i>Persentil</i>	= Nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau

*Twisting*                      dibawah nilai tersebut  
= Sikap kerja dengan posisi tulang belakang  
berputar ke samping kanan dan kiri

## DAFTAR TABEL

1.1	Beberapa Contoh Sistem Produksi Jasa dan Manufaktur
1.2	Ukuran Produktivitas
2.1	Nilai Z
3.1	Tabel Resiko
3.2	Persentil dan Perhitungan
3.3	Kuesioner Nordic Body Map
4.1	Elemen Gerakan Therbligs
4.2	Uraian Gerakan Menulis
4.3	Penilaian Gerakan
4.4	Derajat Kesukaran Gerakan Dua Tangan Secara Bersamaan
4.5	Perbaikan Proses Pengeboran
5.1	Pemilahan Kegiatan External dan Internal Set Up
6.1	Tindakan yang Harus Dilakukan Sesuai Dengan Batas Angkat
6.2	Tindakan yang Harus Dilakukan Sesuai Dengan Batas Angkat
6.3	Skor Bagian Belakang (Back)
6.4	Skor Bagian Lengan (Arms)
6.5	Skor Bagian Kaki (legs)
6.6	Skor Berat Beban OWAS
6.7	Empat Level Sikap Kerja
6.8	Kategori Tindakan Kerja OWAS
7.1	Batas Waktu Pemaparan Kebisingan Per hari Kerja
7.2	Reflektan sebagai Persentase Cahaya
7.3	Karakteristik Kinerja Pencahayaan dari Luminer yang Umum digunakan
7.4	Area Kegiatan dan Tingkat Penerangan
7.5	Nilai Ambang Batas Getaran untuk Pemajanan Lengan dan Tangan
7.6	NAB Frekuensi Radio/Gelombang Mikro
7.7	Waktu Pemajanan Radiasi Sinar Ultra Violet yang Diperkenankan
7.8	Gejala dan Penyebab
7.9	Dosis: Apa yang Mempengaruhi Resiko
7.10	Lembar Data Keselamatan Bahan
8.1	Bahaya di Tempat Kerja

## DAFTAR GAMBAR

- 1.1 Bagan Input Output
- 1.2 A. Kurva Kenaikan Produktivitas  
B. Kurva Penurunan Biaya
- 2.1 Aktivitas Sistem Kerja
- 2.2 Stasiun Kerja 1
- 2.3 Stasiun Kerja 2
- 2.4 Stasiun Kerja 3
- 2.5 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Departemen 1
- 2.6 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Departemen 2
- 2.7 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Departemen 3
- 2.8 Peta Aliran Proses Merakit Steker
- 2.9 Peta Aliran Proses Membungkus Steker
- 2.10 Peta Aliran Proses Memasukkan Kotak Kecil dalam Dos Besar
- 2.11 Peta Proses Regu Kerja
- 3.1 Contoh CTD
- 3.2 Sikap Tubuh Paling Baik
- 3.3 *Bad: Arm above Shoulder* (Sikap Tubuh Tidak Baik)
- 3.4 Posisi Kerja Mendongak
- 3.5 Posisi Kerja Menjangkau
- 3.6 Posisi Kerja Menunduk
- 3.7 Pekerjaan Membungkuk
- 3.8 Pekerjaan Dengan Jongkok
- 3.9 Pekerjaan Dengan Berlutut
- 3.10 Mengambil Benda Dengan Jari
- 3.11 Gerakan Meremas
- 3.12 Goniometer Untuk Mengukur Sudut
- 3.13 Jenis-jenis Antropometer
- 3.14 Kursi Antropometri
- 3.15 Mengukur Lebar Telapak Tangan
- 3.16 Penggunaan Antropometer Papan Kepala Bergeser
- 3.17 Penggunaan Antropometer Dengan Sistem Grid dan Board di Sudut
- 3.18 Ukuran Tubuh Manusia yang Sering Digunakan untuk Merancang Produk
- 3.19 Antropometri Struktural Posisi Berdiri dan Duduk
- 3.20 Antropometri Struktural Kepala, Wajah, Tangan dan Kaki
- 3.21 Antropometri Fungsional/Dinamis
- 3.22 Antropometri Fungsional Posisi Kerja
- 3.23 Tulang Duduk dalam Posisi Duduk
- 3.24 Potongan Tulang Duduk pada Bagian Posterior
- 3.25 Dimensi Antropometri untuk Perancangan Kursi
- 3.26 Tempat Duduk Terlalu Tinggi
- 3.27 Tempat Duduk Terlalu Rendah
- 3.28 Landasan Tempat Duduk Terlalu Lebar

- 3.29 Landasan Tempat Duduk Terlalu Sempit
- 3.30 Sandaran Punggung
- 3.31 Nordic Body Map
- 4.1 Tahapan dalam Telaah Metode Kerja
- 4.2 Distribusi Beban Kegiatan Kerja antara Tangan & Kaki Guna Mengoperasikan Suatu Peralatan Kerja
- 4.3 Dimensi Standard dari Normal dan Maksimum Area Kerja dalam 3 Dimensi
- 4.4 Multiple Spindle Air Operated yang Mampu Mengencangkan 5 Buah Mur Sekaligus dalam Satu Langkah Kerja
- 4.5 Pekerja Sedang Mencari Peralatan Obeng
- 4.6 Aktivitas Memilih Obeng
- 4.7 Aktivitas Memegang
- 4.8 Gerakan Menjangkau
- 4.9 Gerakan Membawa dengan Beban
- 4.10 Gerakan Memegang untuk Memakai
- 4.11 Gerakan Tangan Melepas Mur
- 4.12 Gerakan Mengarahkan Mur dan Clamp
- 4.13 Merakit
- 4.14 Melepas Rakit
- 4.15 Kode Warna Menghindari Kesalahan
- 4.16 Menangani Beberapa Mesin Sekaligus
- 4.17 Pergantian Cetakan dengan Cepat
- 4.18 Set Up Cepat pada Mesin Injeksi Plastik
- 4.19 Menghapuskan Transportasi yang Tidak Perlu
- 4.20 Lembar Periksa
- 4.21 Petunjuk Kerja Maupun Alat Kerja Tersedia
- 4.22 Alat Bantu Kerja Berada di Dekat Lokasi Kegiatan
- 4.23 Alat Kerja Digantung
- 4.24 Tempat Khusus untuk Setiap Benda
- 4.25 Kontrol Visual
- 4.26 Penerapan Kontrol Visual untuk Standard Produksi
- 4.27 Penerapan Kontrol Visual pada Penataan Alat Kerja
- 4.28 Kontrol Visual untuk Material Handling
- 5.1 Pengurangan Kegiatan Penyetelan
- 5.2 Penerapan Standarisasi Alat Bantu
- 5.3 Penerapan Operasi Set Up Paralel di tempat Kegiatan
- 5.4 Kegiatan Set Up Paralel pada Mesin Kempa
- 5.5 Perbaikan Cara Bongkar Pasang
- 5.6 Penataan Tempat Kerja
- 5.7 Kereta Khusus untuk Cetakan
- 6.1 Conveyor
- 6.2 Crane
- 6.3 Hoists
- 6.4 Hand Truck
- 6.5 Fork Lift Truck
- 6.6 AGV
- 6.7 Kegiatan Mengangkat/Menurunkan
- 6.8 Kegiatan Mendorong/Menarik
- 6.9 Kegiatan Memutar
- 6.10 Kegiatan Membawa
- 6.11 Kegiatan Menahan

- 6.12 Cara Mengangkat yang Salah
- 6.13 Cara Mengangkat yang Benar
- 6.14 Postur Tubuh Bagian Belakang
- 6.15 Postur Tubuh Bagian Lengan
- 6.16 Postur Tubuh Bagian Kaki
- 6.17 Ukuran Beban
- 6.18 Posisi Sikap Pekerja
- 7.1 Pekerja Mengawasi Tungku Peleburan Logam
- 7.2 Mengambil Cairan Logam dari Tungku
- 7.3 Termometer Ruang Digital
- 7.4 Struktur Telinga Manusia
- 7.5 Mesin Penyerut Kayu
- 7.6 Aktivitas Memotong Besi
- 7.7 Kegiatan Menggerinda
- 7.8 Jenis Kebisingan
- 7.9 Belokan Tajam akan Menambah Kebisingan Aliran
- 7.10 Penambahan Sudut Kemiringan Pembelokan Aliran
- 7.11 Sound Level Meter
- 7.12 Noise Dosimeter
- 7.13 Penggantian Riveting dengan Welding
- 7.14 Lampu Pijar dan Diagram Alir Energi Lampu Pijar
- 7.15 Lampu Halogen Tungsten
- 7.16 Lampu Neon
- 7.17 Diagram Alir Energi Lampu Neon
- 7.18 Pencahayaan Siang Hari dengan Polycarbon
- 7.19 Atrium dengan Kubah FRP
- 7.20 Kombinasi Lampu Utama dan Tambahan
- 7.21 Lampu Dipasang di Atas Pekerja
- 7.22 Pemasangan Canopyhood
- 7.23 Ventilasi Sistem Slot
- 7.24 Ductwork
- 7.25 Pipa Membelok
- 7.26 Bentuk Pipa Cabang
- 7.27 Ventilasi di Pabrik
- 7.28 Fan
- 8.1 Peleburan Logam
- 8.2 Pande Besi
- 8.3 Pekerjaan Las
- 8.4 Menggerinda
- 8.5 Pekerja Memakai Helm
- 8.6 APD Helm
- 8.7 APD Hats/Cap
- 8.8 Pekerja Memakai Kacamata
- 8.9 APD Kacamata
- 8.10 Pekerja Memakai Goggles
- 8.11 APD Goggles
- 8.12 Pekerja Memakai Perisai Muka
- 8.13 APD Perisai Muka
- 8.14 Pekerja Memakai Pelindung Telinga
- 8.15 Ear Plugs Sekali Pakai
- 8.16 Reusable Plug

- 8.17 Macam-macam Ear Muff
- 8.18 Pekerja Memakai Masker
- 8.19 Pekerja Memakai Respirator
- 8.20 APD Respirator
- 8.21 Bagian-bagian Respirator dan Cara Pemakaian
- 8.22 Sarung Tangan Mekanik
- 8.23 General Purpose Gloves
- 8.24 Sarung Tangan untuk Pekerjaan Kimia
- 8.25 Pekerja Memakai Sepatu
- 8.26 APD Sepatu
- 8.27 Pekerja Memakai Pakaian Pelindung
- 8.28 Model Pakaian Pelindung
- 8.29 Safety Harnesses
- 8.30 Roofers and Construction Fall Protection Kits
- 8.31 Anchorage Connectors
- 8.32 Carabiners
- 8.33 Sarung Tangan untuk Pekerjaan Las
- 8.34 Perisai Muka
- 8.35 Kacamata Las
- 8.36 Model Jaket Las
- 8.37 Model Pelindung Lutut
- 8.38 Back and Lumbar Support Belts
- 9.1 Perangkat Komputer
- 9.2 Carpal Tunnel Syndrome
- 9.3 Aktivitas yang Menyebabkan CTS
- 9.4 Gerakan Tangan untuk Menghindari CTS
- 9.5 Gerakan Bahu
- 9.6 Bernafas dan Mengontrol Sikap Tubuh
- 9.7 Penarikan Leher
- 9.8 Rangkulan Bertekanan pada Punggung Bagian Tengah
- 9.9 Perputaran dan Peregangan Pergelangan Tangan
- 9.10 Kepalan dan Regangan Jari
- 9.11 Regangan Punggung Bagian Bawah
- 9.12 Gerakan Melingkar, Melentur dan Menunjuk pada Mata Kaki
- 9.13 Penyembunyian
- 9.14 Mengejapkan Mata
- 9.15 Pemfokusan Kembali
- 9.16 Mouse
- 9.17 Monitor
- 9.18 Keyboard
- 9.19 Meja Komputer
- 9.20 Posisi Kerja Membungkuk
- 9.21 Posisi Kerja Duduk Tegak dengan Kepala Menunduk
- 9.22 Letak Keyboard Terlalu Jauh
- 9.23 Letak Keyboard Terlalu dekat
- 9.24 Keyboard QWERTY
- 9.25 Orang Gemuk dengan Keyboard QWERTY
- 9.26 Keyboard Split
- 9.27 Posisi Papan Keyboard
- 9.28 Perluasan Peregangan Tangan yang Tidak Diinginkan
- 9.29 Posisi Pergelangan Tangan yang Baik

- 9.30 Posisi Monitor Terhadap Mata
- 9.31 Posisi Duduk yang Baik
- 9.32 Penopang Kaki
- 9.33 Bantalan Punggung
- 9.34 Pemegang Dokumen
- 9.35 Tudung Monitor
- 9.36 Sumber Silau

ISBN 978-979-060-000-5

ISBN 978-979-060-002-7

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 19,778.00