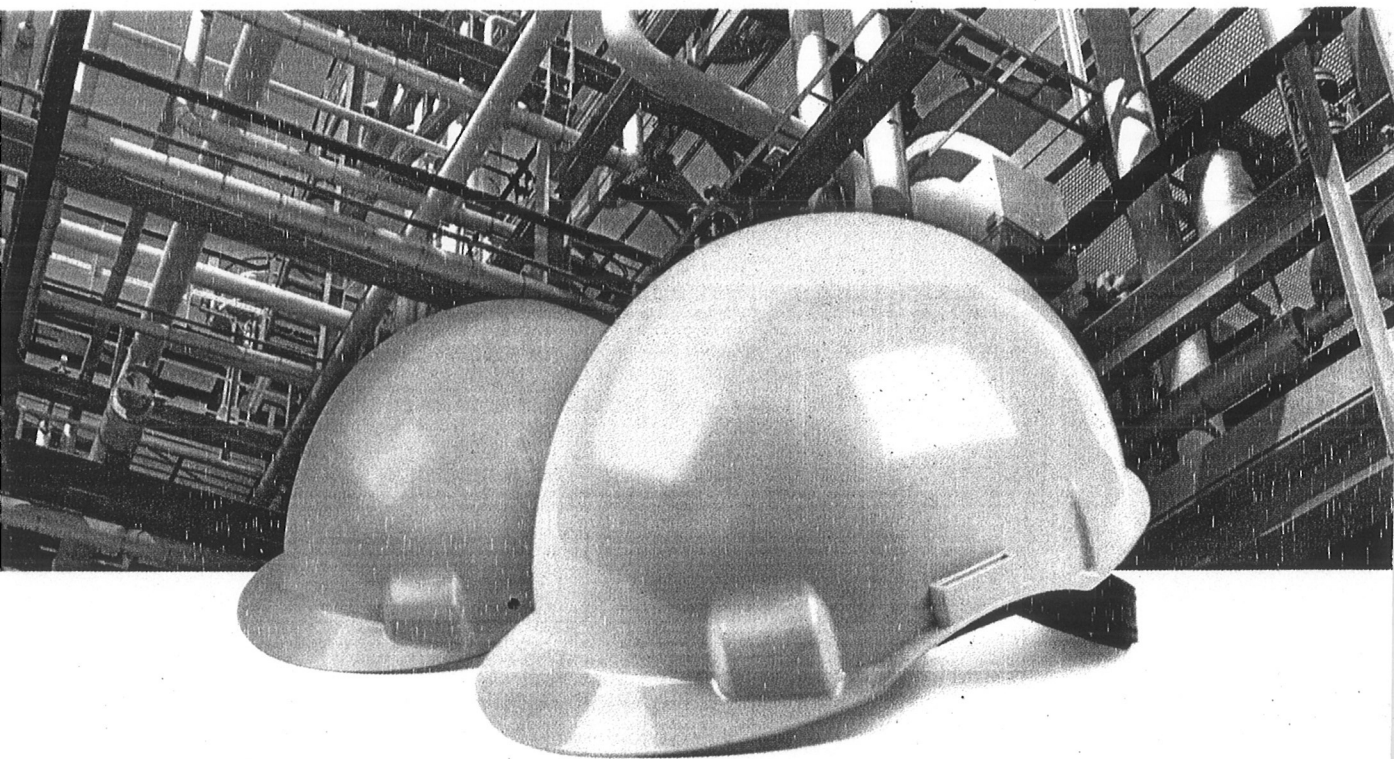


Indah Rachmatiah Siti Salami, dkk.

KESEHATAN DAN KESELAMATAN LINGKUNGAN KERJA



Gadjah Mada University Press

KESEHATAN DAN KESELAMATAN LINGKUNGAN KERJA

INDAH RACHMATIAH SITI SALAMI, dkk.

GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

KESEHATAN DAN KESELAMATAN LINGKUNGAN KERJA

Penulis:

Indah Rachmatiah Siti Salami, dkk

Korektor:

Utari

Desain sampul:

Pram's

Tata letak isi:

Juli Soemirat

Diterbitkan dan dicetak oleh:

Gajah Mada University Press

Anggota IKAPI

Ukuran : 18,6 x 25 cm; xxv + 369 hlmn

ISBN : 978-979-420-978-3

1609196-C1E

Redaksi:

Jl. Grafika No. 1, Bulaksumur

Yogyakarta, 55281

Telp./Fax.: (0274) 561037

www.ugmpress.ugm.ac.id | gmupress@ugm.ac.id

Cetakan Pertama : Maret 2015

Cetakan Kedua : September 2016

2249.127.09.16

Hak Penerbitan © 2016 Gajah Mada University Press

Dilarang mengutip dan memperbanyak tanpa izin tertulis dari penerbit, sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apa pun, baik cetak, photoprint, microfilm, dan sebagainya.

PRAKATA

Industrialisasi selain meningkatkan kesejahteraan, juga diharapkan tidak mengganggu kesehatan pekerja pada khususnya dan masyarakat pada umumnya. Bahan baku sintesis yang tergolong berbahaya dan beracun (B3) pertama kali selalu memasuki industri, sebelum dibuang ke lingkungan dan memajani masyarakat serta ekosistem secara umum. Bahan B3 sedemikian, bertambah tiap tahunnya dengan ribuan jenis. Uji toksikologi untuk mengetahui dampaknya terhadap kesehatannya sering kali hanya sebatas uji jangka pendek atau akut saja sehingga tidak diketahui efek yang sebenarnya dalam jangka panjang. Oleh karena itu, penting dipantau dan dikendalikan dampak kesehatan dan keselamatan pekerja dan lingkungan di industri, yang akan terpajan jangka panjang terhadap zat sedemikian. Untuk dapat melakukan hal ini, diperlukan pengetahuan tentang kesehatan dan keselamatan lingkungan kerja dengan sangat mendasar.

Selain itu, penyakit yang disebabkan bahan B3 di industri banyak tidak dapat disembuhkan atau *irreversible* sehingga proses pencegahannya menjadi lebih penting. Pencegahan seperti ini banyak sekali menghendaki pengetahuan kerekayasaan, dengan mengendalikan kontaminan pada sumbernya di lingkungan kerja secara khusus dan lingkungan secara umum.

Selain penyakit di dunia industri, juga banyak terjadi kecelakaan yang menimbulkan cacat bagi tenaga kerja sehingga menambah kerugian dan mengurangi produktivitas negara. Bagi Indonesia, saat ini angka kecelakaan dilaporkan masih tergolong kelompok pertama tertinggi di dunia (ILO).

Atas dasar itu semua, buku ini ditulis sebagai buku referensi utama untuk mereka yang bekerja di industri bidang kesehatan dan keselamatan lingkungan kerja dan membantu pembaca memperbaiki lingkungan kerja. Adapun bahan dihimpun dari berbagai sumber dan pengalaman laboratorium higiene industri dan toksikologi di ITB.

Tiada lain harapan para penulis adalah agar buku ini dapat memberi manfaat. Selain itu, kami juga ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya pada semua pihak yang membantu proses penulisan ini, terutama Laboratorium Higiene Industri dan Toksikologi-ITB beserta para asisten akademiknya.

Bandung, Januari 2015

Tim Penulis

DAFTAR KONTRIBUTOR

Prof. Em. Ir. Wiranto Arismunandar, M.Sc.

Prodi Teknik Mesin ITB

- Pengajar, peneliti, pembimbing peserta Magister Keselamatan dan Kesehatan Lingkungan Kerja, Prodi Teknik Lingkungan-ITB, khususnya Bidang Keselamatan Mesin di Industri.
- Konsultan industri nasional dan internasional.

Prof. Dr. dr. Retno W. Soebaryo, Sp.KK(K)

Prodi Ilmu Kesehatan Kulit dan Kelamin FKUI

- Ketua Kelompok Studi Dermatosis Akibat Kerja, merupakan bagian khusus Perhimpunan Dokter Spesialis Ilmu Kesehatan Kulit dan Kelamin (PERDOSKI), mempunyai komisariat/perwakilan daerah di seluruh universitas negeri di Indonesia.

Dr. Poppy Intan Tjahaja, M.Sc.

Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN)

- Peneliti dan pengajar Radioaktivitas Lingkungan, Keselamatan dan Kinetika Radiasi Pengan.
- Staf pengajar Program Magister Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja, Bidang Keselamatan Radioaktivitas, Teknik Lingkungan ITB.

Prof. Em. dr. Juli Soemirat, M.P.H., Ph.D.

Prodi Teknik Lingkungan ITB

- Pengajar, peneliti, dan pembimbing peserta Program S-2 dan S-3 bidang Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja, Toksikologi, Manajemen Mutu, dan Analisis Risiko Kesehatan.

Dr. Ir. Dwina Roosmini, M.S.

- Staf pengajar dan peneliti Prodi Teknik Lingkungan ITB.
- Ketua Prodi Pascasarjana Teknik Lingkungan.
- Staf pengajar Program Magister Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja, Bidang Keselamatan Kimiawi, Biomonitoring.

- Pengajar dan pembimbing peserta Program S-2 dan S-3 Bidang Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja.

Ir. Indah Rachmatiah Siti Salami, M.Sc., Ph.D.

- Staf pengajar dan peneliti Prodi Teknik Lingkungan ITB.
- Mantan Ketua Prodi Pascasarjana Teknik Lingkungan.
- Koordinator Magister Bidang Keselamatan dan Kesehatan Lingkungan.
- Pengajar, peneliti, dan pembimbing peserta Program S-2 dan S-3 Bidang Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja, Toksikologi Akutik, dan SMK3.

Dr. Ir. Katharina Oginawati, M.S.

- Staf pengajar dan peneliti Prodi Teknik Lingkungan ITB.
- Peneliti dan pengajar Analisis Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja dan Toksikologi Lingkungan Kerja.
- Pengajar dan pembimbing peserta Program S-2 dan S-3 Bidang Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja.

Herto Dwi Ariesyady, S.T., M.T., Ph.D.

- Kaprodi Teknik Lingkungan ITB, pengajar dan peneliti Prodi Teknik Lingkungan ITB.
- Kepala Laboratorium Higiene Industri dan Toksikologi ITB.
- Wakil Kepala UPT Keamanan, Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan ITB.
- Pengajar dan pembimbing peserta Program S-2 dan S-3 Bidang Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja.

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
DAFTAR KONTRIBUTOR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xxii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Sejarah Perkembangan K3	2
1.1.1 Perkembangan Produksi	6
1.1.2 Revolusi Industri	6
1.1.3 Perkembangan Peraturan K3	7
1.2 Perkembangan K3 Di Indonesia	8
1.3 Konsep Dasar K3/Higiene Industri	11
1.3.1 Identifikasi Faktor Bahaya dalam Lingkungan Kerja	11
1.3.2 Evaluasi	12
1.3.3 Pengelolaan Umum	14
1.3.3.1 Pengelolaan pada Sumber dan Jalur	14
1.3.3.2 Pengelolaan pada Penerima	17
1.3.4 Pengendalian Khusus	18
1.3.5 Pengendalian Secara Manajerial	18
1.3.6 Pengendalian Secara Medis	19
1.3.7 Pendidikan dan Pelatihan	19
1.4 Kecelakaan Industri di Indonesia	20
1.5 OHSAS Sebagai Sistem Mutu K3	23
1.6 Soal Latihan	23
1.7 Pustaka	25
BAB 2 PELARUT	27
2.1 Pendahuluan	27
2.2 Klasifikasi Pelarut	28
2.2.1 Pelarut Organik	28
2.2.1.1 Pelarut Hidrokarbon Alifatik	30
2.2.1.2 Pelarut Hidrokarbon Alisiklik	31
2.2.1.3 Pelarut Hidrokarbon Aromatik	31
2.2.1.4 Pelarut Organik Hidrokarbon Terhalogenasi	33
2.2.1.5 Pelarut Golongan Alkohol	34
2.2.1.6 Pelarut Golongan Ester	34
2.2.1.7 Pelarut Organik dari Golongan Keton	35
2.2.1.8 Pelarut Organik dari Golongan Eter	35
2.2.1.9 Pelarut Golongan Glikol	35
2.2.1.10 Pelarut Golongan Nitro-hidrokarbon	35

2.2.1.11	Pelarut Golongan Aldehida	36
2.3	Bahaya Potensial Pelarut	37
2.4	Bahaya Kebakaran dan Ledakan	40
2.5	Pencemaran Udara	40
2.6	Evaluasi	42
2.7	Pengendalian	43
2.7.1	Substitusi dengan Pelarut Aman	43
2.7.2	Isolasi dan Ventilasi	44
2.7.3	Respirator	44
2.7.4	Pencegahan kontak kulit	44
2.8	Pelarut Mudah Terbakar Serta Bahayanya	45
2.8.1	<i>Flash Point</i>	45
2.8.1.1	Batas Nilai Daya Bakar dan Daya Ledak	46
2.8.2	Pengendalian Pelarut Mudah Terbakar	47
2.8.2.1	Menuang Pelarut	48
2.8.2.2	<i>Grounding</i> dan <i>Bonding</i>	48
2.8.3	Pembuangan Limbah	49
2.8.4	Pengendalian Kebakaran dan Ledakan	49
2.8.5	Pelatihan dan Sertifikasi Kerja di Lingkungan Panas	49
2.8.6	Poster, Label, Dan Tag	51
2.9	Pustaka	52
BAB 3	PNEUMOCONIOSIS	53
3.1	Debu Industri	54
3.2	Efek Debu Terhadap Kesehatan	55
3.2.1	Komposisi Debu	56
3.2.2	Konsentrasi Debu	57
3.2.3	Ukuran dan Bentuk Partikel	57
3.2.4	Lama Paparan	58
3.3	Jenis Pneumoconiosis	58
3.3.1	Silicosis	58
3.3.2	Asbestosis	60
3.3.3	Antracosisilicosis	62
3.3.4	<i>Black Lung</i>	62
3.3.5	Pneumoconiosis Lainnya	63
3.4	Bahaya Lain dari Debu, Embun, dan Uap Logam	63
3.4.1	Efek Fisiologis	64
3.4.1.1	Keracunan Pb	64
3.4.1.2	Keracunan Berilium	64
3.4.1.3	Demam Logam	65
3.4.1.4	Alergi	65
3.4.2	Bakteri dan Jamur	66
3.4.3	Debu Radioaktif	66
3.4.4	Debu Pengganggu	66

3.5	Evaluasi	66
3.5.1	Pengukuran	67
3.5.1.1	Pengukuran Kontaminan Udara	67
3.5.1.2	Spirometri	68
3.6	Pengendalian	74
3.6.1	Substitusi	74
3.6.2	Isolasi	74
3.6.3	<i>Local Exhaust Ventilation (LEV)</i> /Ventilasi Setempat	75
3.6.4	Ventilasi Umum	75
3.6.5	Metode Basah	76
3.6.6	Alat Pengaman Diri (APD)	76
3.7	Pustaka	77
BAB 4	PENYAKIT KULIT AKIBAT KERJA (PKAK)	79
4.1	Pendahuluan	79
4.2	Definisi	80
4.3	Penyebab	80
4.3.1	Golongan Zat Kimia	80
4.3.1.1	Beberapa Contoh Iritan Primer	81
4.3.1.2	Beberapa Contoh Penyumbat Pori-Pori	81
4.3.1.3	Contoh Beberapa <i>Sensitizer</i>	81
4.3.2	Golongan Zat Mekanis	82
4.3.3	Golongan Zat Fisis	82
4.3.4	Golongan Racun Tanaman	82
4.3.5	Golongan Zat Biologis	82
4.4	Langkah Menuju Diagnosis	83
4.4.1	Wawancara atau Anamnesis	83
4.4.2	Pemeriksaan Fisik	84
4.4.3	Pemeriksaan Penunjang	84
4.4.4	Kunjungan Tempat Kerja (<i>Plant Visit</i>)	84
4.4.5	Penatalaksanaan	84
4.5	PKAK	85
4.5.1	PKAK Noninfeksi	85
4.5.2	PKAK Infeksi	90
4.5.2.1	Dermatofita	90
4.5.2.2	Kandidosis Kutis	91
4.5.3	PKAK Berupa Luka Bakar	91
4.6	Pengendalian	92
4.7	Soal Latihan	93
4.8	Pustaka	93
	Lampiran	94
BAB 5	KEBISINGAN	97
5.1	Pendahuluan	97
5.2	Identifikasi	98

5.2.1	Unsur-Unsur Kebisingan	98
5.2.1.1	Intensitas/Tekanan (<i>Sound Intensity/ Pressure</i>) ...	98
5.2.1.2	Frekuensi dan Panjang Gelombang	101
5.2.1.3	Lama Paparan	103
5.2.2	Dampak Kebisingan	104
5.2.2.1	Dampak terhadap Pendengaran	105
5.2.2.2	Dampak Psikologis	106
5.2.3	Mekanisme Pendengaran	106
5.2.3.1	Ketulian	107
5.3	Evaluasi	109
5.3.1	Pengukuran Kebisingan	109
5.3.2	Pengukuran Ketajaman Pendengaran	111
5.3.3	Peraturan Mengenai Kebisingan di Tempat Kerja	114
5.4	Pengendalian/Pengelolaan	116
5.4.1	Pengendalian secara Teknis	117
5.4.2	Cara Medis	118
5.4.3	Pengendalian dengan Manajemen	119
5.4.4	Pengendalian dengan Pendidikan dan Pelatihan	119
5.5	Pencatatan Hasil (<i>Record Keeping</i>)	120
5.6	Pustaka	120
BAB 6	KONSEP DASAR K3 RADIASI PENGION	122
6.1	Pendahuluan	122
6.1.1	Struktur Atom	122
6.1.2	Nomor Massa	123
6.1.3	Nomor Atom	123
6.1.4	Isotop	124
6.2	Pengertian Istilah	124
6.2.1	Radiasi Pengion	124
6.2.1.1	Radiasi Alpha (α)	125
6.2.1.2	Radiasi Beta (β)	126
6.2.1.3	Radiasi Neutron	127
6.2.1.4	Radiasi Gamma (γ)	127
6.2.1.5	Radiasi Sinar-X	128
6.2.2	Peluruhan Radioaktif	128
6.2.3	Satuan Ukuran Radiasi	130
6.2.3.1	Aktivitas atau Radioaktivitas	130
6.2.3.2	Paparan atau Eksposur	131
6.2.3.3	Dosis Absorpsi atau Dosis Serap	131
6.2.3.4	Dosis Ekuivalen	131
6.3	Waktu Paruh	133
6.4	Efek Radiasi	134
6.4.1	Efek Nonstokastik	134
6.4.2	Efek Stokastik	136

6.5	Bahaya Radiasi	138
6.5.1	Radiasi Eksternal	138
6.5.2	Radiasi Internal	139
6.6	Evaluasi	140
6.6.1	Pengukuran Radiasi Lingkungan	140
6.6.1.1	Ionisasi dalam Gas	141
6.6.1.2	Ionisasi dan Eksitasi pada Bahan Padat	141
6.6.1.3	Pengukuran Paparan Radiasi Personil	142
6.6.2	Perbandingan dengan Standar	143
6.7	Dasar Pengamanan	146
6.7.1	Pengendalian Bahaya Radiasi Eksterna	146
6.7.1.1	Waktu	146
6.7.1.2	Jarak	147
6.7.1.3	Perisai	148
6.7.2	Pengendalian Bahaya Kontaminasi (Radiasi Internal)	151
6.7.2.1	<i>Derived Air Concentration (DAC)</i>	151
6.7.2.2	Nilai Batas Lepasn Untuk Kontaminasi Permukaan	152
6.8	Prinsip Pengelolaan Limbah Radioaktif	152
6.8.1	Pengumpulan dan Pengelompokan	153
6.8.2	Pengolahan	153
6.8.3	Penyimpanan Sementara	153
6.8.3.1	Limbah Radioaktif Tingkat Rendah dan Sedang	153
6.8.3.2	Limbah Radioaktif Tingkat Tinggi	154
6.8.4	Penyimpanan Lestari	154
6.9	Pustaka	154
BAB 7	RADIASI ELEKTROMAGNETIK	156
7.1	Umum	156
7.2	Klasifikasi	158
7.3	Sumber EMR	159
7.4	Pengukuran	160
7.5	Spektrum EMR	160
7.6	Deskripsi Kuantitatif	160
7.6.1	Pencahayaan	164
7.6.2	Nilai Ambang Batas Iluminasi	164
7.6.3	Faktor-Faktor Penentu Iluminasi yang Baik	165
7.7	Evaluasi	166
7.8	Pengendalian	166
7.9	Soal Latihan	178
7.10	Pustaka	178
BAB 8	TEMPERATUR DAN TEKANAN EKSTREM	180
8.1	Pendahuluan	180
8.1.1	Temperatur Ekstrem	180

8.1.2	Tekanan Ekstrem	181
8.2	Identifikasi	182
8.2.1	Pengertian tentang Temperatur Ekstrem	182
8.2.2	Mekanisme Panas Tubuh	183
8.2.3	Efek Panas Ekstrem pada Manusia	183
8.2.4	Efek Dingin Ekstrem pada Manusia	186
8.2.5	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Efek Temperatur Ekstrem	187
8.2.6	Pengertian tentang Decompression Sickness (DCS)	188
8.2.6.1	<i>Decompression Sickness</i> Akibat Penyelaman	188
8.2.6.2	<i>Decompression Sickness</i> Akibat Ketinggian	188
8.2.6.3	Faktor-Faktor Penentu DCS	189
8.3	Evaluasi	190
8.3.1	Pengukuran Tekanan Panas	190
8.3.2	Indikator Tekanan Panas	191
8.3.3	Evaluasi Tekanan Ekstrem	196
8.4	Pencegahan dan Pengendalian	198
8.4.1	Pencegahan Temperatur Ekstrem	198
8.4.2	Pengendalian Tekanan Ekstrem	200
8.4.3	Pencegahan Tekanan Ekstrem	202
8.4.4	Pengobatan	202
8.5	Pustaka	203
BAB 9	ERGONOMI	204
9.1	Pendahuluan	204
9.2	Identifikasi	208
9.2.1	Kerja Statik dan Dinamis	209
9.2.2	Kelelahan Kerja	210
9.2.3	<i>The Ergonomics Awareness Checklist</i>	211
9.3	Evaluasi	213
9.3.1	Evaluasi Aktivitas Tangan dan Lengan Bawah	214
9.3.2	Kelainan Muskulo-Skeletal Akibat Kerja	216
9.3.3	Evaluasi Vibrasi	218
9.4	Yang Baik Bagi Orang dan yang Baik Bagi Mesin	221
9.5	Pengendalian dan Pencegahan	221
9.5.1	Aspek Postur Tubuh	222
9.5.2	Perbaikan Tempat Kerja	222
9.5.3	Pengendalian Rekayasa	223
9.5.3.1	Alternatif Perbaikan Perkakas	224
9.5.3.2	<i>Display</i>	225
9.5.3.3	Desain Kontrol	225
9.5.4	Perbaikan Kinesiologi/Gerak	226
9.5.5	Pelatihan	229
9.5.6	Perbaikan Administratif	232

9.6	Monitoring dan Evaluasi	232
9.7	Pustaka	232
BAB 10	KECELAKAAN KERJA	234
10.1	Pendahuluan	234
10.2	Perkembangan Sejarah Kecelakaan Kerja Dan Keselamatan	235
10.3	Penyebab Kecelakaan Kerja	237
10.3.1	Teori Domino	237
10.3.1.1	<i>Multiple Causation Theory</i>	238
10.3.1.2	<i>The Pure Chance Theory</i>	238
10.3.1.3	<i>Biased Liability Theory</i>	239
10.3.1.4	<i>Accident Proneness Theory</i>	239
10.3.1.5	<i>The Energy Transfer Theory</i>	239
10.3.1.6	<i>The "Symptoms Versus Causes" Theory</i>	239
10.3.1.7	<i>Structure Of Accidents</i>	239
10.3.2	Penyebab Kecelakaan	240
10.4	Kerugian pada Kecelakaan Kerja	241
10.4.1	Cedera dan Kematian	242
10.4.2	Kehilangan Hari dan Jam Kerja	243
10.4.3	Kerugian/Kerusakan Properti Atau Peralatan	245
10.4.4	Biaya Kecelakaan	245
10.4.5	Perkiraan Biaya Kecelakaan	248
10.5	Evaluasi pada Kecelakaan Kerja	250
10.5.1	Indikator Kinerja Keselamatan	250
10.5.2	Investigasi Kecelakaan	252
10.5.3	Pelaporan Kecelakaan	254
10.6	Pengendalian dan Pencegahan Kecelakaan Kerja	255
10.6.1	Pengendalian Kecelakaan	255
10.6.2	Penentuan Risiko	256
10.6.3	Penerapan SMK3	258
10.7	Peningkatan Kesadaran akan Keselamatan	259
10.7.1	Bagi Perusahaan	259
10.7.2	Bagi pekerja	260
10.8	Pustaka	261
BAB 11	KESELAMATAN MEKANIS DAN PENCEGAHAN KECELAKAAN DI INDUSTRI	263
11.1	Pendahuluan	263
11.2	Identifikasi Faktor Penyebab Kecelakaan	267
11.2.1	Faktor Bahaya dan Kecelakaan di Industri	267
11.2.2	Identifikasi Faktor Bahaya dan Penyebab Kecelakaan	267
11.3	Keselamatan Mekanis di Industri	270
11.3.1	Keselamatan Personel	271
11.3.2	Kondisi Mesin dan Peralatan	272
11.3.3	Lingkungan Kerja	272
11.3.4	Kebakaran dan Penanggulangannya	273

11.4	Pengendalian Bahaya dan Kecelakaan	275
11.5	Keselamatan Industri Proses dan Manufaktur	276
11.6	Keselamatan Ruang Terbatas (<i>Confined Spaces</i>)	278
11.7	Keselamatan Pekerjaan Konstruksi	279
11.8	Keselamatan Alat-Alat Angkat, Elevator, dan Konveyor	280
11.9	Pustaka	281
BAB 12	VENTILASI INDUSTRI	282
12.1	Umum	282
12.2	Ventilasi Umum/ <i>General Ventilation</i> , Ventilasi Pengenceran / <i>Dilution Ventilation</i>	283
12.2.1	Contoh Perhitungan Q untuk Mengencerkan Kontaminan	285
12.2.2	Menghitung Q untuk Mencegah Kebakaran dan Ledakan	288
12.3	Ventilasi Setempat/ <i>Local Exhaust Ventilation</i>	290
12.3.1	<i>Hood</i> atau Kap	292
12.3.1.1	Macam-Macam <i>Hood</i>	292
12.3.1.2	Efektivitas <i>Hood</i>	294
12.3.1.3	Penempatan <i>Hood</i>	296
12.3.2	Perpipaan	296
12.3.3	Pembersih Udara	296
12.3.4	Fan	298
12.4	Evaluasi	300
12.5	Pengendalian/Pemeliharaan dan Operasi Ventilasi	302
12.6	Soal Latihan	302
12.7	Pustaka	302
BAB 13	RESPIRATOR	304
13.1	Bahaya Udara di Lingkungan Kerja	305
13.2	Klasifikasi Respirator	307
13.2.1	Respirator Pembersih Udara	309
13.2.1.1	Respirator Mekanik Penyisih Partikel	310
13.2.1.2	Respirator Penyisih Gas dan Uap	310
13.2.1.3	Respirator Penyisih Partikel Uap dan Gas	311
13.2.1.4	Pemilihan dan Jenis Cartridge dan Canister ...	311
13.2.2	Respirator dengan Suplai Udara	315
13.2.2.1	<i>Airline Respirator</i>	315
13.2.2.2	<i>Self Contained Breathing Apparatus</i>	318
13.2.2.3	Kombinasi <i>Airline Supply</i> dan <i>Self Contained Breathing Apparatus</i>	320
13.3	Pemilihan Jenis Respirator	320
13.4	Pustaka	324
BAB 14	TOKSIKOLOGI LINGKUNGAN KERJA	325
14.1	Pendahuluan	325
14.2	Toksistas Bahan Kimia	326

14.2.1	Portal Entri Bahan Kimia	327
14.2.2	Klasifikasi Efek	329
14.2.3	Jenis Efek Berbahaya	329
14.3	Identifikasi	333
14.4	Evaluasi	333
14.4.1	Gejala/Efek Akibat B3	335
14.4.2	Penelitian Toksikologi	337
14.4.3	Penentuan Dosis Aman bagi Manusia	338
14.5	Pengendalian	340
14.5.1	Standar Kualitas Udara Higienis	340
14.5.2	<i>Threshold Limit Values</i>	341
14.5.3	Konsentrasi yang Dapat Diterima/ <i>Acceptable Concentration (AC)</i>	342
14.5.4	Standar Kualitas Lainnya	343
14.6	Pustaka	343
BAB 15	SISTEM PENGELOLAAN KEDARURATAN	345
15.1	Pendahuluan	345
15.2	Identifikasi	347
15.2.1	Pengenalan Bahan dan Proses Berbahaya	347
15.3	Evaluasi	349
15.3.1	Analisis Risiko	350
15.4	Pengendalian/Pengelolaan	352
15.4.1	Pengelolaan Limbah B3	353
15.4.2	Pelatihan HAZWOPER	353
15.5	Efek Kesehatan	354
15.6	Transportasi dan Label	354
15.7	Dasar-Dasar Perencanaan Sistem Pengelolaan Kedaruratan (RPK)	358
15.7.1	Pedoman Lapangan	360
15.7.2	Pemeliharaan RPK	360
15.7.2.1	Mekanisme Pemeliharaan RPK Agar Tetap <i>Up to Date</i>	361
15.8	Pengendalian Kedaruratan	362
15.8.1	Kontrol/Pengendalian Kerekayasaan	362
15.8.2	Kontrol Administrative	362
15.8.3	Pengendalian Keamanan Setempat	362
15.8.4	Komunikasi	363
15.9	Soal Latihan	363
15.10	Pustaka	364
	Lampiran	365

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Ciri-Ciri Model Piramida Penduduk	10
Tabel 1.2	Penentuan Kategori Penduduk	10
Tabel 1.3	Tindak Pengamanan yang Dapat Diambil pada Setiap Lokasi	15
Tabel 1.4	Jumlah Kecelakaan Kerja di Indonesia, 2003–2007	21
Tabel 1.5	Contoh Form MSDS	24
Tabel 2.1	Jenis-Jenis Pelarut dan Kegunaannya	29
Tabel 2.2	Sifat Fisika Berbagai Jenis Pelarut	36
Tabel 2.3	Senyawa Organik Berdasarkan Nilai <i>Vapor Hazard</i>	37
Tabel 2.4	Konsentrasi Aman Pelarut dalam Tubuh Pekerja	41
Tabel 2.5	Penetrasi Jenis Pelarut Melalui Sarung Tangan Pelindung	45
Tabel 2.6	Nilai Daya Bakar	47
Tabel 3.1	Karakteristik Debu Respirabel	55
Tabel 3.2	Laju Endap Partikel Debu Silika	57
Tabel 3.3	Beberapa Jenis Pneumoconiosis, Penyebabnya, dan Reaksi Paru-paru	58
Tabel 3.4	Kandungan Silika Bebas dalam Berbagai Material	59
Tabel 3.5	Nilai Ambang Batas Beberapa Jenis Debu Mineral di Industri	61
Tabel 3.6	Ukuran Debu dan Kecepatan Endapnya di Udara	63
Tabel 3.7	NAB, TLV berbagai Penyebab Pneumoconiosis	67
Tabel 3.8	Konsentrasi Debu Terespirasi	68
Tabel 3.9	NAB bagi Debu yang Respirabel	68
Tabel 3.10	Hasil Spirometri pada Pekerja Batu Bara dan Nonbatu Bara	73
Tabel 4.1	Risiko Pekerjaan Terkait dengan Iritasi	87
Tabel 4.2	Material Sarung Tangan bagi Berbagai Zat Kimia	93
Tabel 5.1	Hubungan Antara SP, SPL, dan Rasio Energi Suara/Energi Referensi	102
Tabel 5.2	Jenis-Jenis Dampak Kebisingan	105
Tabel 5.3	Gradasi Gangguan Pendengaran Berdasarkan Kesulitan Berkomunikasi	106
Tabel 5.4	Faktor Koreksi Usia bagi Pekerja Pria	112
Tabel 5.5	Kategori Ketulian	114
Tabel 5.6	NAB Kebisingan Berdasarkan Kepmenaker No 51 Tahun 1999	115
Tabel 5.7	NAB Kebisingan di Amerika Serikat Berdasarkan ACGIH	115
Tabel 5.8	Contoh Cara Teknis Pengendalian Kebisingan	117
Tabel 6.1	Panjang Gelombang (λ) Beberapa Jenis Gelombang Elektromagnetik	127
Tabel 6.2	Faktor Bobot (w_r) Untuk Berbagai Jenis Radiasi	132
Tabel 6.3	Faktor Bobot Jaringan (w_t) untuk Beberapa Jaringan Tubuh	133

Tabel 6.4	Dosis Serap dan Efek Radiasi yang Ditimbulkan	136
Tabel 6.5	Risiko Kanker Mematikan	137
Tabel 6.6	Toksisitas Isotop Radioaktif	140
Tabel 6.7	Persyaratan Laboratorium untuk Penggunaan Radioisotop Berdasarkan Radiotoksitasnya	140
Tabel 6.8	Baku Tingkat Radioaktivitas di Lingkungan dan Batas Masukan Tahunan Menurut SK Kepala Bapeten No 2 1999	144
Tabel 6.9	Nilai Batas Dosis Radiasi Tahunan	145
Tabel 6.10	Nilai $t_{1/2}$ dan $t_{1/10}$ untuk Timbal dan Air	150
Tabel 6.11	NBL untuk Kontaminasi Permukaan	152
Tabel 7.1	Contoh Barang yang Memancarkan Gelombang EMR	158
Tabel 7.2	Unit Fisis EMR	162
Tabel 7.3	Batas Pencahayaan Minimal	165
Tabel 7.4	Daya Tembus EMR Lewat Kulit	166
Tabel 7.5	Sinar Ultraviolet, Sumber, Penggunaan, Efek Kesehatan, Evaluasi, serta Pengendaliannya	168
Tabel 7.6	Sinar Inframerah, Sumber, Penggunaan, Efek Kesehatan, Evaluasi, serta Pengendaliannya	169
Tabel 7.7	Sinar <i>Microwave</i> , Sumber, Penggunaan, Efek Kesehatan, Evaluasi, serta Pengendaliannya	170
Tabel 7.8	Cahaya, Sumber, Penggunaan, Efek Kesehatan, Evaluasi, serta Pengendaliannya	171
Tabel 7.9	RADAR, Sumber, Penggunaan, Efek Kesehatan, Evaluasi, serta Pengendaliannya	172
Tabel 7.10	Gelombang Radio, Sumber, Penggunaan, Efek Kesehatan, Evaluasi, serta Pengendaliannya	173
Tabel 7.11	LASER, Sumber, Penggunaan, Efek Kesehatan, Evaluasi, serta Pengendaliannya	174
Tabel 7.12	Media Tipikal dalam Pembuatan Sinar Laser	175
Tabel 7.13	TLV Sinar Laser	176
Tabel 7.14	TLV ACGIH Untuk Sinar Laser	176
Tabel 7.15	TLV Medan Magnet Statis	176
Tabel 7.16	TLV Subradiofrekuensi (<30Hz) Medan Magnet	177
Tabel 7.17	TLV Medan Listrik Statik dan Sub-radiofrekuensi (<30Hz)	177
Tabel 7.18	TLV Radio-frekuensi dan <i>Microwave</i> , Medan Listrik	177
Tabel 7.19	TLV Radio-frekuensi dan <i>Microwave, Induced and Contact Radiofrequency Currents Maximum Currents (mA)</i>	178
Tabel 8.1	Pengaruh Suhu Lingkungan terhadap Manusia	184
Tabel 8.2	NAB Tekanan Panas Lingkungan Kerja	192
Tabel 8.3	Evaluasi Nilai Belding dan Hatch	194
Tabel 8.4	Indeks Menggigil/ <i>Shiver Index</i>	196
Tabel 8.5	Tanda-Tanda dan Gejala <i>Decompression Sickness</i>	197
Tabel 8.6	Batas Waktu Paparan pada Kondisi Dingin	200
Tabel 9.1	Contoh Perbedaan Pekerjaan dengan Tugas	207
Tabel 9.2	Format Mencari Prioritas	211

Tabel	9.3	Prinsip Perhitungan Skor	212
Tabel	9.4	Contoh Perhitungan Skor Total	212
Tabel	9.5	<i>Checklist</i> Berisi Skor Setiap Tugas	212
Tabel	9.6	Aktivitas Tangan	215
Tabel	9.7	<i>Rating</i> Tingkat Aktivitas Tangan	215
Tabel	9.8	<i>Estimation of Normalized Peak Force for Hand Forces</i>	215
Tabel	9.9	Limit Total Paparan Per Hari	219
Tabel	9.10	Manusia Versus Mesin	221
Tabel	9.11	Jarak Ketinggian dari atas Lantai	222
Tabel	9.12	Pedoman Jarak Bahan/Alat Kerja Maksimum dari Pekerja	223
Tabel	9.13	Tipe Kesalahan Pekerja dalam Pengoperasian Mesin	226
Tabel	9.14	Variabel Kerja, Pekerja, dan Lingkungan dalam Angkat Junjung	227
Tabel	9.15	Maksimum Berat (LBS) yang Dapat Diterima untuk Diangkat oleh Laki-laki	227
Tabel	9.16	Limit Berat yang Layak (LBS) untuk Pekerjaan Angkat Junjung ...	227
Tabel	9.17	TLV untuk Mengangkat ≤ 2 Jam Per Hari dengan ≤ 60 Angkutan Per Jam	228
Tabel	9.18	TLV untuk Mengangkat > 2 Jam Per Hari dengan > 12 dan ≤ 30 Angkutan Per Jam	229
Tabel	9.19	TLV untuk Mengangkat > 2 Jam Per Hari dengan > 30 dan ≤ 360 Angkutan Per Jam	229
Tabel	10.1	Jumlah Kasus Kecelakaan Kerja di Indonesia	235
Tabel	10.2	Jumlah Kasus Kecelakaan dan Kompensasi yang Dibayarkan (1995–1999)	235
Tabel	10.3	Contoh <i>Unsafe Acts</i> dan <i>Unsafe Conditions</i>	240
Tabel	10.4	Klasifikasi Bagian Tubuh dan Jenis Jejas Cedera	243
Tabel	10.5	Contoh Kerugian Rata-rata Tahunan untuk Beberapa Kegiatan Perusahaan	247
Tabel	10.6	Peran dan Tanggung Jawab dalam Investigasi Kecelakaan	254
Tabel	10.7	Skor Risiko dan Tindak Lanjut yang Diperlukan	258
Tabel	11.1	Tiga Jenis Kecelakaan yang Lazim Terjadi pada Industri Kimia ...	265
Tabel	11.2	Efek Arus Listrik dalam Tubuh Manusia	270
Tabel	11.3	Persentase Sumber Penyala Penyebab Kebakaran	272
Tabel	11.4	Penanggulangan dan Pengendalian Proses Kecelakaan	276
Tabel	12.1	Tabel Konversi Perhitungan <i>Generation Rate</i>	286
Tabel	12.2	Sifat Kontaminan dan Kecepatan Udara dalam Perpipaian	291
Tabel	12.3	<i>Minimum Control Velocity</i> bagi Berbagai Kondisi Generasi Kontaminan	295
Tabel	12.4	Perbedaan Penting Antara GV dan LEV	299
Tabel	12.5	Jenis Uji dan Alasan Uji Sistem Ventilasi	300
Tabel	13.1	Warna <i>Canister/Cartridge</i> Berdasarkan Jenis Kontaminan di Udara	314
Tabel	13.2	Uji Kecocokan Respirator	324
Tabel	14.1	Klasifikasi Toksisitas Bahan Kimia	327
Tabel	14.2	Nilai Ambang Batas Biologis dan Bagi Ekskreta	328

Tabel	14.3	Hubungan Gender dengan Laju Respirasi dan <i>Tidal Volume</i>	329
Tabel	14.4	Jenis Industri, Zat Toksik, dan Organ Target	330
Tabel	14.5	Contoh Perhitungan Aditif	334
Tabel	14.6	Klasifikasi Kriteria TLVs ACGIH, bagi Manusia dan Hewan	342
Tabel	15.1	Contoh Beberapa Musibah dan Kedaruratan	345
Tabel	15.2	Nilai Ambang Kuantitas Bahan Kimia	347
Tabel	15.3	Ketentuan Kriteria Klasifikasi B3	348
Tabel	15.4	Klasifikasi Potensi Bahaya Kebakaran	350
Tabel	15.5	Contoh Metode Penentuan Risiko Kualitatif dan Kuantitatif	351
Tabel	15.6	Contoh Tabel Matriks Robinson	352

DAFTAR GAMBAR

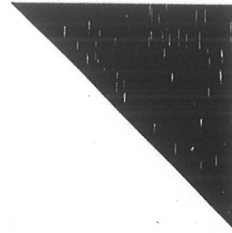
Gambar	1.1	Hygiea	2
Gambar	1.2	Bernardino Ramazzini	4
Gambar	1.3	James Watt	6
Gambar	1.4	Bentuk dan Model Piramida Penduduk	9
Gambar	1.5	Tiga Alternatif Lokasi Pengamanan: Sumber, Jalur, dan Penerima	15
Gambar	1.6	Skema Kegiatan K3	22
Gambar	2.1	Rumus Bangun Pelarut Organik	30
Gambar	2.2	Struktur Kimia Benzena	32
Gambar	2.3	Struktur Kimia Toluena	32
Gambar	2.4	Struktur Kimia Xilena	33
Gambar	2.5	Hubungan LEL dan UEL dengan NAB, Titik Didih, dan Kurva Tekanan Uap	46
Gambar	2.6	Contoh Sebuah Wadah Pelarut yang Aman/ <i>Safety Container</i>	48
Gambar	2.7	Menuang Pelarut, <i>Bonding</i> dan <i>Grounding</i> Untuk Mencegah Kebakaran/ Ledakan	50
Gambar	2.8	Contoh <i>Tag</i> dan Label	51
Gambar	3.1	Fraksi Ukuran Debu Terdeposisi pada Bagian Paru-paru	56
Gambar	3.2	Asbestos Menutupi Dinding Alveoli	61
Gambar	3.3	Asbes Menusuk pada Sel Mesothelium/Selaput Paru-Paru, dan Mesote-lioma, Kanker Selaput Paru-Paru	62
Gambar	3.4	Proses Inspirasi dan Ekspirasi pada Pernafasan	69
Gambar	3.5	Perubahan Tekanan Pada Alveoli pada Proses Inspirasi dan Ekspirasi	69
Gambar	3.6	Kapasitas dan Volume Paru-paru	71
Gambar	3.7	Suatu <i>Glovebox</i>	75
Gambar	3.8	Ventilasi Setempat/LEV; Kontaminan Langsung Diisap Keluar	75
Gambar	3.9	Alat pengaman Diri Total, Mengatasi Zat Karsinogenik, dan Metode Basah	76
Gambar	3.10	Alat Pengaman Diri Demolisi Asbestos dan Pengerjaan Laboratorium	77
Gambar	4.1	Foto-foto DKI Akibat Mencuci	85
Gambar	4.2	Patogenesis Dermatitis Kontak Iritan	86
Gambar	4.3	Kaitan Waktu Paparan dengan Terjadinya Dermatitis Kontak Iritan	86
Gambar	4.4	Foto Penderita DKA karena Sarung Tangan Karet dan Semen	86
Gambar	4.5	Tampak Depan Laki-laki	88
Gambar	4.6	Tampak Belakang Laki-laki	88
Gambar	4.7	Tampak Depan Perempuan	89
Gambar	4.8	Tampak Belakang Perempuan	89
Gambar	4.9	Foto Penderita Dermatitis	90

Gambar	4.10	Pancuran Air Pembasuh Tubuh dan Mata	92
Gambar	5.1	Keluhan-Keluhan tentang Pencemaran di Jepang menurut Jenisnya	98
Gambar	5.2	Respons Relatif pada Pembebanan A, B, dan C	100
Gambar	5.3	Respons Relatif pada Skala A dan D	100
Gambar	5.4	Gelombang Sinusoidal	102
Gambar	5.5	Garis Bentuk Kenyaringan	103
Gambar	5.6	Struktur Organ Pendengaran Manusia	107
Gambar	5.7	<i>Sound Level Meter</i>	110
Gambar	5.8	<i>Noise Dosimeter</i>	110
Gambar	5.9	Pengukuran Paparan Kebisingan Menggunakan <i>Noise Dosimeter</i> ..	111
Gambar	5.10	Hubungan antara Ketajaman Pendengaran dan Faktor Usia	111
Gambar	5.11	Contoh Audiogram Pasien	112
Gambar	5.12	Mekanisme Paparan Kebisingan dari Sumber ke Penerima	116
Gambar	5.13	<i>Ear Muffs</i>	118
Gambar	5.14	<i>Ear Plugs</i>	118
Gambar	6.1	Struktur Atom Unsur Zn	123
Gambar	6.2	Kemampuan Penetrasi Partikel α , β , dan γ dalam Materi	126
Gambar	6.3	Grafik Fungsi Perubahan Aktivitas terhadap Waktu	130
Gambar	6.4	Kurva Eliminasi Bahan Radioaktif dari dalam Tubuh	134
Gambar	6.5	Hubungan antara Dosis Radiasi dan Efek Biologi pada Efek Nonstokastik	135
Gambar	6.6	Hubungan antara Dosis Radiasi dan Risiko Efek Radiasi pada Efek Stokastik	137
Gambar	6.7	Contoh Alat Ukur Radiasi dengan Detektor <i>Ionization Chamber</i> dan Detektor GM	141
Gambar	6.8	Contoh Detektor Sintilasi	142
Gambar	6.9	<i>TLD badge</i>	143
Gambar	6.10	Perisai untuk Berbagai Jenis Radiasi	149
Gambar	6.11	Perubahan Laju Dosis Radiasi Gamma dengan Ketebalan Perisai ..	150
Gambar	7.1	Gelombang Elektromagnetik	156
Gambar	7.2	Spektrum Sinar dari Cahaya	159
Gambar	7.3	Spektrum Gelombang Elektromagnetik	161
Gambar	7.4	Intensitas Relatif Spektrum EMR saat Pengelasan dan Cahaya Matahari	162
Gambar	7.5	Kurva Sensitasi Relatif Kesilauan bagi Rerata Mata Manusia	163
Gambar	7.6	Skema Mata Manusia, Lensa, Memberi Bayangan pada Retina	163
Gambar	7.7	Standar Kurva Eritema	167
Gambar	7.8	Oven <i>Microwave</i>	171
Gambar	7.9	Pembuatan Sinar Laser yang Pertama dari Kristal Rubi	176
Gambar	8.1	Pengaruh Tekanan Panas terhadap Fungsi Tubuh	184
Gambar	8.2	<i>Globe Thermometer</i>	191
Gambar	8.3	<i>Sling Psychrometer</i>	191
Gambar	8.4	Indeks Temperatur Efektif	193
Gambar	8.5	Penentuan Indeks Belding Hatch	195

Gambar	8.6	Mekanisme Kerja <i>Vortex Tube</i>	198
Gambar	8.7	Pekerja yang Menggunakan <i>Vortex Tube</i>	199
Gambar	9.1	Skema Interaksi Ilmu Multidisiplin	206
Gambar	9.2	Konsep Dasar dalam Ergonomi	207
Gambar	9.3	Grafik TLV Aktivitas Tangan	216
Gambar	9.4	Skema Faktor-Faktor Penentu Terjadinya Kelainan Muskulo-Skeletal Akibat Kerja	218
Gambar	9.5	Aksis X,Y, dan Z Dalam Pengukuran Vibrasi	220
Gambar	9.6	Vibrasi Tangan, Lengan, dan Seluruh Tubuh/ <i>WBV</i>	220
Gambar	9.7	Memperlihatkan Peralatan Tangan yang Lengkung Sesuai Lengkung Tangan sehingga Tangan Tidak Membengkok saat Kerja	224
Gambar	9.8	Sikap Tubuh pada Langkah Satu, Dua, dan Tiga dalam Angkat Junjung	230
Gambar	9.9	Sikap Tubuh Langkah Empat, Lima, dan Enam saat Angkat Junjung	231
Gambar	10.1	Teori Domino Heinrich	237
Gambar	10.2	<i>Bird Accident Ratio Study</i>	244
Gambar	10.3	<i>Bird's Iceberg Accident Cost</i>	247
Gambar	10.4	Elemen Pelaporan Kecelakaan dan Sistem Investigasi	255
Gambar	11.1	Statistik Kecelakaan menurut NIOSH	264
Gambar	11.2	Statistik Kecelakaan Per 100000 Pekerja Menurut NIOSH	264
Gambar	11.3	Jenis Kerugian Akibat Kecelakaan di Pabrik Hidrokarbon	265
Gambar	11.4	Jenis Kecelakaan di Industri Minyak dan Gas Bumi	265
Gambar	11.5	Penyebab Cedera Kecelakaan di Industri Minyak dan Gas Bumi	266
Gambar	11.6	Anggota Tubuh yang Cedera pada Kecelakaan di Industri Minyak dan Gas Bumi	266
Gambar	11.7	Hubungan antara Berbagai Faktor Penyebab Kebakaran	274
Gambar	12.1	Lokasi <i>Inlet</i> dan <i>Outlet</i> Udara yang Baik	284
Gambar	12.2	Aliran Udara Menjauh dari Zona Pernapasan Pekerja	290
Gambar	12.3	LEV dengan Kap Jamak/ <i>Multiple Hood</i>	291
Gambar	12.4	Macam-Macam <i>Hoods</i>	292
Gambar	12.5	<i>Hoods</i> : 1= <i>capturing hood</i> ; 2= <i>receiving Hood</i> ; 3= <i>complete/ partial enclosure hood</i> , dan 4= <i>glovebox</i>	294
Gambar	12.6	Efektivitas Hood pada <i>Flanged</i> dan <i>Nonflanged Hoods</i>	294
Gambar	12.7a	Lokasi <i>Hood</i> yang Benar dan Tidak Benar	297
Gambar	12.7b	Lokasi <i>Hood</i> yang Benar dan Tidak Benar	298
Gambar	12.8	Jenis-Jenis Fan	299
Gambar	12.9	<i>Hot Wire</i> , dan Anemometer Berputar untuk Pengukuran pada Bukaan yang Besar	300
Gambar	12.10	<i>Smoke Tube Untuk Tracer Test</i>	301
Gambar	12.11	Tachometer untuk Mengukur Kecepatan Putaran/rpm	301
Gambar	12.12	Ammeter Voltmeter, untuk Mengukur Daya <i>Fan/Horsepower</i>	301
Gambar	13.1	Respirator <i>Tight-Fitting</i>	308
Gambar	13.2	Respirator <i>Loose-Fitting Facepiece</i>	309

Gambar	13.3	<i>Cartridge</i>	312
Gambar	13.4	Jenis <i>Chin Canister</i>	312
Gambar	13.5	Jenis <i>Front/Back Canister</i>	313
Gambar	13.6	Penggunaan <i>Canister</i> Jenis <i>Front</i>	313
Gambar	13.7	Respirator Pembersih Udara <i>Half Mask</i> (Kiri) dan <i>Full Facepiece</i> (Kanan)	314
Gambar	13.8	<i>Powered Air-Purifying Respirator</i> Jenis <i>Tight Fitting Full Facepiece</i> (Kiri) dan <i>Tight Fitting Half Facepiece</i> (Kanan)	315
Gambar	13.9	Regulator Aliran Udara Respirator sesuai Kebutuhan	317
Gambar	13.10	<i>Airline Respirator</i>	318
Gambar	13.11	Respirator Jenis <i>Self Contained Breathing Apparatus</i> dengan Konfigurasi Kebutuhan Bertekanan (<i>Pressure-Demand</i>)	319
Gambar	13.12	Respirator Jenis Kombinasi <i>Airline Supply</i> yang Dilengkapi dengan Tambahan Silinder Udara	320
Gambar	13.13	Diagram Alir Pemilihan Jenis Respirator	322
Gambar	13.14	<i>Qualitative Fit Testing</i>	323
Gambar	14.1	Skema Evaluasi Paparan Kimiawi	336
Gambar	14.2	Posisi Dosis RfD, NOEL, NOAEL, LOEL, LOAEL, LD, dalam Kurva Dosis-Respons	339
Gambar	14.3	Pendekatan Interdisiplin dalam Pengendalian Karsinogen	341
Gambar	15.1	Label B3 di Indonesia	355
Gambar	15.2	Label B3, Department of Transportation, USA	356
Gambar	15.3	Contoh Penulisan Label Informasi Bahan Berbahaya	357
Gambar	15.4	Contoh Penulisan Label B3	357
Gambar	15.5	Contoh APD dan Peralatan Ukur yang Mungkin Diperlukan	358

KESEHATAN DAN KESELAMATAN LINGKUNGAN KERJA



Selain meningkatkan kesejahteraan, industrialisasi juga diharapkan tidak mengganggu kesehatan pekerja pada khususnya dan masyarakat pada umumnya. Bahan baku sintetis yang tergolong berbahaya dan beracun (B3) pertama kali selalu memasuki industri sebelum dibuang ke lingkungan dan memajani masyarakat serta ekosistem secara umum. Bahan B3 itu bertambah tiap tahunnya dengan ribuan jenis. Uji toksikologi untuk mengetahui dampaknya terhadap kesehatan sering kali hanya sebatas uji jangka pendek atau akut saja sehingga tidak diketahui efek yang sebenarnya dalam jangka yang panjang. Oleh karena itu, penting untuk memantau dan mengendalikan dampak kesehatan dan keselamatan pekerja dan lingkungan di industri yang akan terpajan jangka panjang terhadap zat demikian. Untuk dapat melakukan hal ini, diperlukan pengetahuan tentang kesehatan dan keselamatan lingkungan kerja dengan sangat mendasar.

Selain itu, penyakit yang disebabkan bahan B3 di industri banyak yang tidak dapat disembuhkan atau *irreversible* sehingga proses pencegahannya menjadi lebih penting. Pencegahan seperti ini banyak sekali menghendaki pengetahuan kerekayasaan dengan mengendalikan kontaminan pada sumbernya di lingkungan kerja secara khusus dan lingkungan secara umum.

Selain penyakit di industri, juga banyak terjadi kecelakaan yang menimbulkan cacat bagi tenaga kerja sehingga menambah kerugian dan mengurangi produktivitas negara. Bagi Indonesia, saat ini angka kecelakaan dilaporkan masih tergolong sebagai kelompok pertama tertinggi di dunia (ILO).



Gadjah Mada University Press

Jl. Grafika No. 1, Kampus UGM, Yogyakarta 55281

Telp./Fax.: 0274 561037, gmupress@ugm.ac.id | www.gmup.ugm.ac.id

f gmupress @gmupress

ISBN 978-979-420-978-3



9 789794 209783

BAB 5

KEBISINGAN

Herto Dwi Ariesyady

5.1. PENDAHULUAN

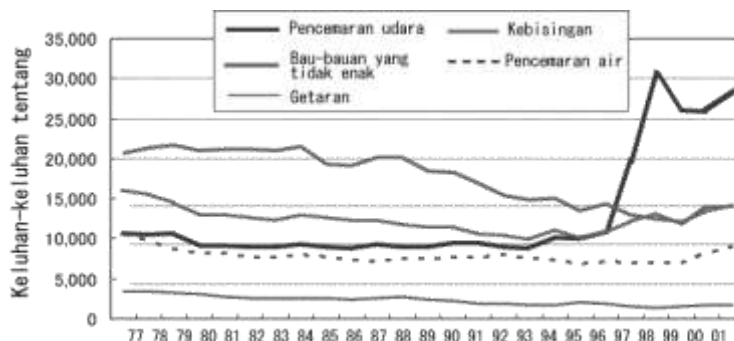
Kebisingan didefinisikan sebagai "suara yang tidak dikehendaki" (1), misalnya suara yang menghalangi terdengarnya suara-suara yang diinginkan, seperti musik, perbincangan, perintah, dan sebagainya atau yang menyebabkan rasa tidak nyaman bagi tubuh. Bising merupakan bahaya golongan fisika yang terdapat di lingkungan kerja sebagai efek samping pemakaian peralatan/perlengkapan kerja seperti mesin dan proses yang dilakukan. Efek utama yang menyertai kehadiran bising ini ialah kemungkinan timbulnya ketulian pada pekerja yang dipengaruhi oleh lamanya paparan dan karakteristik bising tersebut. Di antara pencemaran lingkungan yang lain, pencemaran/polusi kebisingan dianggap istimewa dalam sifat-sifat sebagai berikut.

1. Penilaian pribadi dan penilaian subjektif sangat menentukan untuk mengenali suara sebagai pencemaran kebisingan atau tidak.
2. Kerusakan yang diakibatkan kebisingan ini (kecuali bising lalu lintas) bersifat lokal dan sporadis dibandingkan dengan pencemaran air dan pencemaran udara.

Secara ilmiah, bising didefinisikan sebagai sensasi yang diterima telinga sebagai akibat fluktuasi tekanan udara "*superimposing*" tekanan atmosfer/udara yang *steady*. Telinga akan merespons fluktuasi kecil-kecil ini dengan sensitivitas yang sangat besar. Bising juga diartikan sebagai sejenis vibrasi/energi yang dikonduksikan dalam media udara, cairan, padatan, tidak tampak, dan dapat memasuki telinga serta menimbulkan sensasi pada alat dengar.

Mengenai sifat 1 di atas, ada masalah mengenai bagaimana menempatkan kebisingan antara tingkat penilaian subjektif seorang individu yang menangkapnya sebagai "kebisingan" dan tingkat fisik yang dapat diukur secara objektif. Sementara itu, untuk sifat 2, sering kali tidak terdapat perbedaan jelas antara siapa/apa penyebabnya dan siapa orang yang terpaparnya, seperti halnya sering terjadi pada kasus kebisingan dengan multisumber kebisingan seperti di tempat umum, rekreasi, dan industri padat mesin. Pada contoh kasus pencemaran di Jepang, meskipun jumlah keluhan yang tercatat di kota-kota besar akibat

kebisingan selama beberapa tahun terakhir ini telah berkurang, kebisingan masih merupakan masalah besar dari keluhan-keluhan yang disampaikan masyarakat (Gambar 5.1).



Gambar 5.1 Keluhan-Keluhan tentang Pencemaran di Jepang Menurut Jenisnya (2)

Gangguan kebisingan ini terjadi tidak hanya di lingkungan industri, tetapi juga terdeteksi di beberapa kegiatan lainnya, seperti lalu lintas, hotel, dan institusi pendidikan (3, 4, 5).

5.2. IDENTIFIKASI

5.2.1. Unsur-Unsur Kebisingan

Apabila *keyboard* dari piano ditekan, seseorang menangkap "nyaringnya", "tingginya", dan "nada" suara yang dipancarkan. Ini merupakan tolok ukur yang menyatakan mutu sensorial dari suara dan dikenal sebagai "tiga unsur dari suara". Akan tetapi, di dalam ruang kerja, karakteristik kebisingan yang perlu dikenali ditekankan pada:

- intensitas/tekanan (*sound intensity/pressure*);
- frekuensi; dan
- durasi eksposur yang diterima pekerja terhadap bising.

Ketiga karakteristik tersebut diperlukan karena:

- semakin keras suara, semakin tinggi intensitas;
- frekuensi tinggi lebih berbahaya daripada frekuensi rendah karena telinga manusia lebih sensitif terhadap frekuensi tinggi; dan
- semakin lama durasi eksposur, semakin besar kerusakan yang diderita mekanisme pendengaran.

5.2.1.1 Intensitas/Tekanan (*Sound Intensity/Pressure*)

Intensitas didefinisikan sebagai aliran energi per satuan luas. Intensitas suara akan semakin kecil bilamana sumber suara semakin jauh karena luas permukaan total yang harus

dilalui semakin besar. Intensitas terkecil rata-rata yang dapat memberikan rangsangan pendengaran pada organ telinga ialah 10^{-12} watt/m² pada frekuensi 1000 Hz.

Tekanan suara adalah sejumlah fluktuasi tekanan udara yang dihasilkan oleh sumber suara. Manusia dapat mendengar suara pada tekanan antara 0,0002 sampai 2.000 dynes/cm². Jadi, kebisingan yang didengar orang berkisar antara yang terhalus yang dapat didengar manusia sehat disebut ambang dengar (*threshold of hearing*), yaitu sebesar 0,0002 dynes/cm²; kebisingan yang beribu kali lipat besarnya dapat mencapai ambang sakit (120–140 dB), bahkan melebihi ambang sakit ini, suatu kisaran jarak yang sangat luas. Oleh karena itu, dipakai unit desibel (dB) sebagai satuan untuk mengukurnya. Nilai dB merupakan logaritmik perbandingan antara intensitas/tekanan suara dengan nilai ambang intensitas/tekanan, di mana nilai ambang intensitas dan tekanan berturut-turut adalah 10^{-12} watt/m² dan 2×10^{-5} N/m² (0,0002 dynes/cm).

Besaran yang umum dipakai untuk menyatakan tingkat kebisingan dalam suatu rentang waktu tertentu ialah Leq (L-ekuivalen). Leq adalah tingkat kebisingan kontinu dengan skala tertentu yang ekuivalen terhadap kandungan energi dan fluktuasi kebisingan dalam suatu rentang waktu pengamatan (2). Perhitungan desibel dapat dilakukan dengan persamaan (5.1) dan (5.2) sebagai berikut:

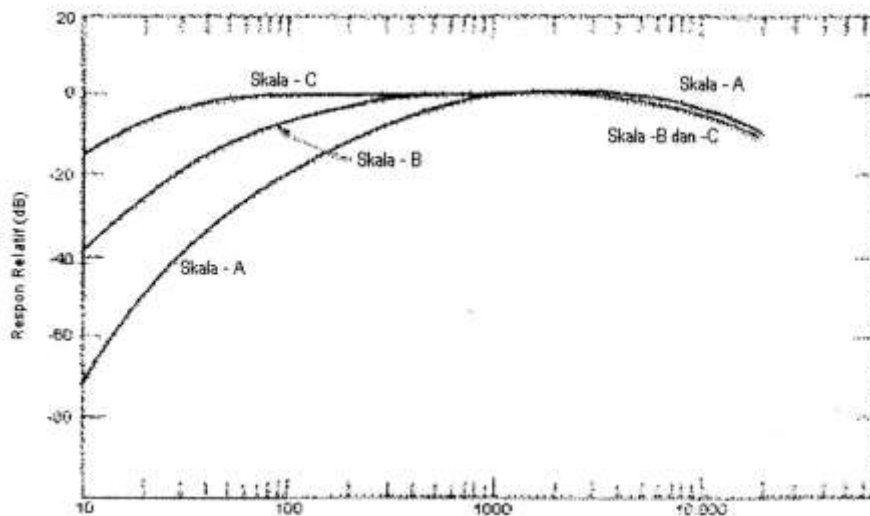
$$dB = 10 \log_{10} \frac{I_1}{I_0} \quad (5.1)$$

di mana: I_1 = intensitas suara terukur, I_0 = nilai ambang intensitas suara

$$dB = 20 \log_{10} \frac{P_1}{P_0} \quad (5.2)$$

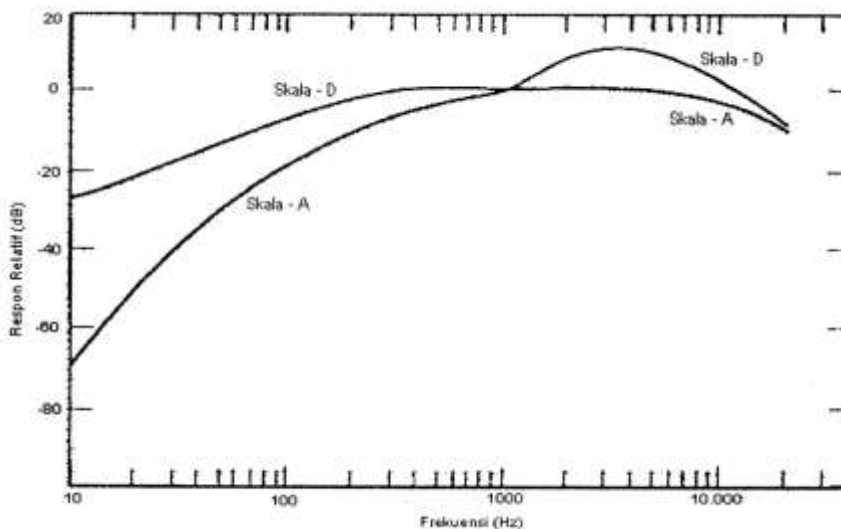
di mana: P_1 = tekanan suara terukur, P_0 = nilai ambang tekanan suara

Dari persamaan-persamaan di atas jelas tampak bahwa satuan dB merupakan perbandingan terhadap ambang dengar atau tingkat energi bising terhadap energi pada ambang dengar. Nilai dB selanjutnya mempunyai tiga skala, yakni skala A, B, dan C. Skala A lebih peka terhadap suara pada frekuensi tinggi dan merupakan respons yang paling cocok dengan kapasitas dengar manusia. Oleh karena itu, skala ini selalu digunakan untuk penilaian eksposur pekerja terhadap kebisingan. Skala B dan C digunakan untuk evaluasi kebisingan mesin dalam rangka pengendalian kebisingan. Kedua skala ini lebih baik dalam mengukur kebisingan pada frekuensi rendah. Respons relatif skala pembebanan kebisingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Respons Relatif pada Pembebanan A, B, dan C (6)

Skala lain yang pernah direkomendasikan ialah Skala-D (lihat Gambar 5.3) yang menyerupai respons manusia terhadap kebisingan di sekitar bandar udara. Pada gambar tersebut terlihat pula kurva Skala-A sebagai pembanding. Gambar 5.3 ini memperlihatkan bahwa energi suara pada frekuensi rendah dieliminasi oleh sistem Skala-D tidak sebanyak yang dieliminasi oleh Skala-A. Di samping itu, Skala-D bahkan menambah energi suara yang berada pada rentang frekuensi tinggi antara 1.000 Hz sampai 12.000 Hz. Dengan demikian, hasil pengukuran dengan Skala-D akan selalu lebih tinggi daripada jika menggunakan Skala-A. Skala D ini dikembangkan berdasarkan penelitian terhadap kebisingan hanya di sekitar bandar udara.



Gambar 5.3 Respons Relatif pada Skala A dan D (6)

Apabila kebisingan dinyatakan dalam tekanan, Tabel 5.1 berikut memperlihatkan hubungan antara nilai tekanan suara (*sound pressure*, SP), tingkat tekanan suara (*sound pressure level*, SPL), dan rasio energi suara per energi referensi. Dari Tabel 5.1 terlihat bahwa setiap perubahan SP sebesar 10 kali, dB bertambah sebesar 20.

5.2.1.2 Frekuensi dan Panjang Gelombang

Tekanan udara akan berfluktuasi sesuai dengan kepadatan/densitas partikel-partikel yang ada di dalamnya. Bilamana partikel-partikel ini padat, tekanan udara akan bertambah, sedangkan bilamana partikel-partikel jarang, tekanan akan berkurang. Gejala yang disebabkan oleh perubahan tekanan ini disebut gelombang suara. Suatu gelombang suara memancar dengan kecepatan suara dengan gerakan seperti gelombang. Jarak antara dua titik geografis (yaitu dua titik di antara mana tekanan suara maksimum dari suatu suara murni dihasilkan) yang dipisahkan hanya oleh satu periode dan yang menunjukkan tekanan suara yang sama dinamakan "panjang gelombang" yang dinyatakan sebagai λ (m). Kemudian, apabila tekanan suara pada titik sembarangan berubah secara periodik, jumlah naik-turunnya periodik ini secara berulang dalam satu detik dinamakan "frekuensi", yang dinyatakan sebagai f (Hz, lihat Gambar 5-4). Setiap frekuensi suara memengaruhi tekanan suara total/intensitas secara keseluruhan. Suara-suara berfrekuensi tinggi ialah suara tinggi, sedangkan yang berfrekuensi rendah ialah suara rendah. Hubungan antara kecepatan suara c (m/s), gelombang λ , dan frekuensi f dinyatakan sebagai berikut (Pers. (5.3)):

$$c = f \times \lambda \quad (5.3)$$

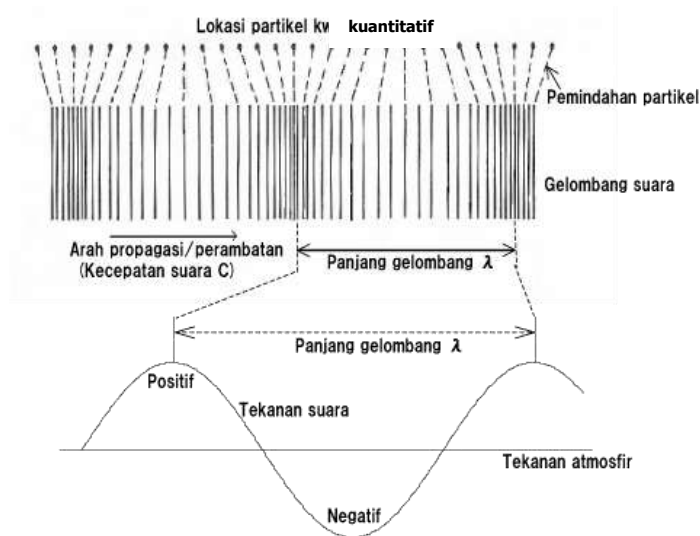
Panjang gelombang dari suara yang dapat didengar adalah beberapa sentimeter sampai sekitar 20 m. Objek yang menghasilkan suara di lingkungan kita umumnya berada dalam lingkup ini. Kualitas suara yang dipengaruhi oleh kasarnya permukaan-permukaan yang memantulkan suara dan tingginya pembatas perambatan serta faktor-faktor lainnya akan berbeda karena adanya variasi perbandingan dari panjang gelombang terhadap dimensi objek. Oleh karena itu, permasalahan kebisingan di dalam lingkungan akan menjadi kompleks.

Rentang frekuensi suara yang bisa terdengar oleh rata-rata manusia ialah 20–20.000 Hz, tetapi mudah tidaknya suatu suara bisa didengar memang tergantung pada frekuensinya. Suara percakapan manusia berada pada rentang 300–3.000 Hz. Tes-tes pendengaran psikiatris menghasilkan garis bentuk kenyaringan seperti terlihat pada Gambar 5.5. Kurva ini dibentuk

Tabel 5.1 Hubungan antara SP, SPL, dan Rasio Energi Suara/Energi Referensi [1]

Jenis Lokasi/Kegiatan	SP(μ bar)	SPL (dB)	Rasio Energi Suara/Energi Referensi
Hutan	0,0002	0	10^0
Hutan	0,00063	10	10^1
Kamar tidur/perpustakaan	0,002	20	10^2
Bisik-bisik pada jarak 5 ft	0,0063	30	10^3
Kantor, ruang tamu	0,02	40	10^4
Permukiman	0,063	50	10^5
Bercakap-cakap pada jarak 3 ft	0,2	60	10^6
Kereta api barang	0,63	70	10^7
Mobil pada jarak 30 ft	1,0	74	$10^{7.4}$
Restoran, pabrik	2,0	80	10^8
<i>Subway, printing</i>	6,3	90	10^9
<i>Electric furnace</i>	20	100	10^{10}
<i>Woodworking</i>	63	110	10^{11}
<i>Hydraulic press</i>	200	120	10^{12}
Pesawat jet	2.000	140	10^{14}
Peluncuran roket	200.000	180	10^{18}

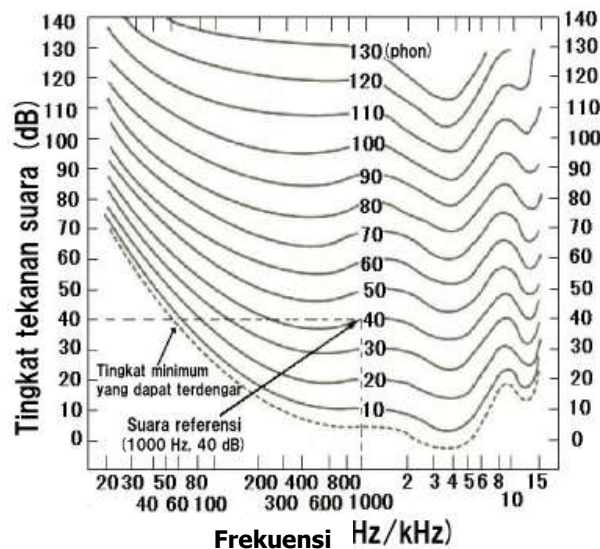
dengan menggunakan frekuensi 1000 Hz dan intensitas sebesar 40 dB sebagai referensi untuk suara murni dan mengeplot suara referensi ini dengan tingkat-tingkat yang bisa didengar dari kenyaringan yang sama pada berbagai frekuensi.



Gambar 5.4 Gelombang Sinusoidal (7)

Seperti diperlihatkan pada Gambar 5.5, kenyaringan suara yang diterima oleh telinga manusia bervariasi sesuai dengan tingkat tekanan suara dan frekuensi. Bahkan, dalam lingkup yang bisa terdengar, frekuensi-frekuensi yang sangat rendah dan tinggi sulit untuk ditangkap sehingga diperlukan kepekaan tinggi sebesar 1–5 kHz. Telinga manusia lebih sensitif terhadap frekuensi tinggi. Oleh karena itu, frekuensi tinggi lebih membahayakan kemampuan dengar daripada frekuensi rendah.

Apabila tingkat kenyaringan dari suatu suara pada suatu titik tertentu dikurangi, suara menjadi tidak dapat terdengar. Tingkat kenyaringan ini akan berbeda sesuai dengan frekuensinya. Tingkat ini diindikasikan sebagai tingkat minimum yang bisa terdengar (garis titik-titik) pada Gambar 5.5. Tingkat minimum yang bisa terdengar pada 20 dB atau lebih dianggap sebagai kesulitan pendengaran.



Gambar 5.5 Garis Bentuk Kenyaringan (7)

5.2.1.3. Lama Paparan

Jenis bising dibedakan juga berdasarkan lama/durasi paparannya. Paparan bising yang semakin lama menjadikan potensi kerusakan organ pendengaran juga semakin besar (1). Berdasarkan karakteristik durasi dan frekuensinya, jenis bising dibagi atas kelompok-kelompok sebagai berikut.

- Bising kontinu dengan spektrum frekuensi luas (*steady wide band noise*), yaitu bising konstan yang meliputi suatu jelajah frekuensi yang lebar dan dalam batas amplitude kurang lebih 5 dB(A) untuk periode waktu 0,5 detik. Misalnya, bising dalam ruang mesin.
- Bising kontinu dengan spektrum frekuensi sempit (*steady narrow band noise*), yaitu bising konstan dari sebagian besar energi bunyi yang terpusat pada frekuensi tertentu saja, misalnya bising dari gergaji bundar atau katup gas.
- Bising impulsif (*impact noise*), yaitu kejutan singkat yang berulang, memiliki perubahan tekanan melebihi 40 dB(A), dalam waktu cepat dan membuat efek kejutan. Misalnya, bising *riveting*.
- *Intermittent noise*, yaitu bising yang terputus, tidak berlangsung terus menerus, tetapi ada periode relatif tenang. Misalnya, bising lalu lintas pesawat di bandara.

5.2.2. Dampak Kebisingan

Kebisingan dapat menimbulkan berbagai efek. Kebisingan tinggi dan rendah akan menimbulkan efek yang berbeda. Secara umum, efek kebisingan dapat meliputi hal-hal sebagai berikut (3, 8, 9, 10, 11, 12).

- Efek psikologis seperti terkejut, terganggu, tidak dapat konsentrasi, tidur, dan relaksasi dapat memengaruhi kenyamanan kerja dan keselamatan kerja.
- Gangguan komunikasi seperti menurunkan kinerja dan keamanan.
- Efek fisiologis seperti menaikkan tekanan darah dan detak jantung, mengurangi ketajaman pendengaran, sakit telinga, mual, kendali otot terganggu, dan lain-lain.

Berdasarkan pengaruhnya terhadap manusia, bising dapat dibagi atas:

1. Bising yang mengganggu (*irritating noise*), yaitu bising yang terjadi dengan intensitas yang tidak terlalu keras. Contoh: mendengkur.
2. Bising yang menutupi (*masking noise*), yaitu bising yang menghalangi pendengaran sehingga secara tidak langsung akan berdampak buruk terhadap kesehatan dan keselamatan kerja.
3. Bising yang merusak (*damaging noise*), yaitu bising dengan tingkat yang telah melebihi nilai ambang batas (NAB) sehingga akan merusak organ dan fungsi pendengaran.

Kebisingan dapat menurunkan kemampuan berkomunikasi, menimbulkan gangguan tidur serta kerja peredaran darah, memengaruhi kesehatan mental, menurunkan produktivitas kerja, menyebabkan gangguan kenyamanan, dan mengubah perilaku sosial pekerja. Tabel 5.2 memperlihatkan dampak kebisingan terhadap badan dan kejiwaan pekerja tersebut secara umum.

Tabel 5.2 Jenis-Jenis Dampak Kebisingan (7)

Jenis		Uraian
Akibat-akibat badaniah	Kehilangan pendengaran	Perubahan ambang batas sementara akibat kebisingan, perubahan ambang batas permanen akibat kebisingan.
	Akibat-akibat fisiologis	Rasa tidak nyaman atau stres meningkat, tekanan darah meningkat, sakit kepala, bunyi dering.
Akibat-akibat psikologis	Gangguan emosional	Kejengkelan, kebingungan.
	Gangguan gaya hidup	Gangguan tidur atau istirahat, hilang konsentrasi waktu bekerja, membaca, dsb.
	Gangguan pendengaran	Merintangi kemampuan mendengarkan TV, radio, percakapan, telpon, dsb.

Pada suatu lingkungan kerja, bising dapat meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan kerja. Kecelakaan kerja ini biasanya terjadi akibat pekerja mengalami kesulitan dalam

mendengar dan mengartikan perintah kerja atau tanda peringatan dan mengalihkan perhatian atau mengganggu konsentrasi pekerja. Efek kebisingan akan berbeda bagi setiap pekerja yang tergantung pada kepekaan pekerja, usia, total energi yang diterima, lamanya paparan, masa kerja, riwayat penyakit telinga, konsumsi obat-obatan, dan tentunya karakteristik bising yang diterima. Oleh karena itu, memang kegiatan pencatatan dan pemeliharaan dokumen kesehatan menjadi sangat penting untuk melihat potensi perkembangan kerusakan telinga pada seorang pekerja. Beberapa dampak kesehatan yang telah teridentifikasi bisa timbul pada lingkungan kerja mencakup beberapa hal sebagai berikut.

5.2.2.1. Dampak terhadap Pendengaran

Dampak kebisingan di industri terutama dipusatkan pada dampak terhadap pendengaran. Kerusakan pendengaran dapat berupa seperti berikut ini.

1. Kerusakan pendengaran atau ketulian (*hearing impairment*)
Hal ini terjadi akibat terhalangnya secara mekanis transmisi suara ke telinga bagian dalam (*conductive hearing loss*) atau kerusakan sel-sel rambut pada koklea, yaitu bagian dari telinga dalam (*sensorineural hearing loss*).
2. *Noise-induced hearing loss* (NIHL)
NIHL sering terdapat pada pekerja yang mengalami paparan kebisingan secara frekuen, biasanya diakibatkan oleh durasi paparan bising tingkat tinggi yang lama. Gejala awal penyakit ini ialah penurunan kemampuan pekerja untuk mendengarkan suara dengan frekuensi yang tinggi. Penanganan yang lambat atas gejala ini akan menyebabkan penurunan pendengaran secara total termasuk kesulitan mendeteksi suara dengan frekuensi rendah. Kerusakan akibat NIHL biasanya bersifat permanen dan kehilangan kemampuan pendengaran secara total dapat terjadi walaupun tanpa paparan jangka panjang.
3. Tinnitus
Tinnitus adalah sensasi dengung, desis, atau dentang pada telinga yang terjadi jika terdapat paparan yang berlebihan. Risiko tinnitus akan meningkat secara substansial jika bising yang dipaparkan berupa bising impulsif. Biasanya kondisi tinnitus juga merupakan gejala awal bahwa fungsi pendengaran sudah mengalami penurunan.
4. Gangguan komunikasi
Kebisingan di lingkungan kerja tentunya akan mengganggu komunikasi di antara pekerja. Komunikasi akan berjalan dengan baik jika tingkat suara yang diterima 10 dB lebih besar daripada tingkat suara pada lingkungan sekitar. Penurunan gangguan komunikasi tentunya akan bervariasi sesuai dengan lingkungan kerja pekerja tersebut dan dikelompokkan sebagai berikut (Tabel 5.3).

Tabel 5.3 Gradasi Gangguan Pendengaran Berdasarkan Kesulitan Berkomunikasi (13)

Gradasi	Parameter
Normal	Tidak mengalami kesulitan dalam percakapan biasa (6 m)
Sedang	Kesulitan dalam percakapan sehari-hari mulai jarak > 1,5 m
Menengah	Kesulitan dalam percakapan keras sehari-hari mulai jarak > 1,5 m
Berat	Kesulitan dalam percakapan keras/berteriak pada jarak > 1,5 m
Sangat berat	Kesulitan dalam percakapan keras/berteriak pada jarak < 1,5 m
Tuli total	Kehilangan kemampuan pendengaran dalam berkomunikasi

5.2.2.2. Dampak Psikologis

Bising, bahkan pada tingkat yang sangat kecil bisa berperan sebagai *stressor* (seperti dering telepon secara berulang-ulang atau dengungan dari peralatan elektronik) walaupun memang sering kali berkombinasi dengan faktor pencetus lainnya, seperti halnya:

- sifat/karakter bising, seperti volume dan nada bising;
- kompleksitas tugas pekerja, misalnya gangguan percakapan orang lain akan mengganggu pekerja pada pekerjaan yang memerlukan konsentrasi yang tinggi;
- jenis pekerjaan;
- jabatan pekerja;
- kondisi tubuh pekerja; pada kondisi tubuh yang lelah, bising bisa menjadi kontributor stres pekerja.

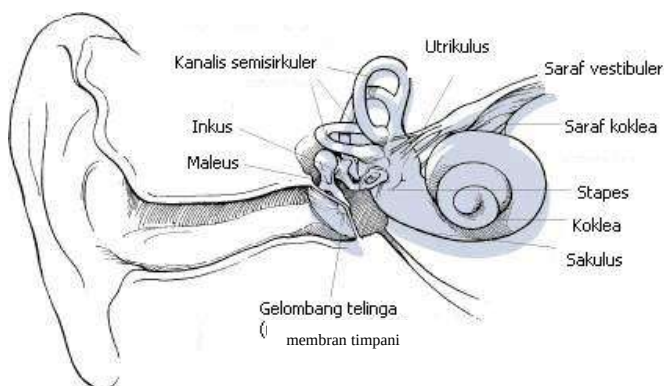
5.2.3. Mekanisme Pendengaran

Untuk memahami mekanisme terjadinya gangguan pendengaran, perlu diketahui anatomi telinga manusia secara garis besar. Telinga manusia dapat mendengar karena terdiri atas tiga bagian besar (Gambar 5.6).

- Telinga luar, terdiri atas daun telinga dan lubang luar telinga sampai pada membrana timpani. Telinga luar akan menerima dan meneruskan gelombang suara ke dalam telinga tengah.
- Telinga tengah, terdiri atas membrana timpani, yang melekat pada tiga tulang kecil maleus, inkus, stapes, dan berakhir pada membrana oval. Seluruh telinga tengah berisi udara dan berhubungan dengan rongga mulut lewat tube Eustachius. Getaran yang diterima oleh membrana timpani diteruskan oleh tiga tulang kecil pada membrana oval.

- Telinga dalam terdiri atas *tube* berspiral seperti rumah siput berisi cairan. Getaran dari membrana oval akan diteruskan pada cairan. Cairan ini akan bervibrasi yang menstimulasi rambut sel yang berada pada dinding spiral, meneruskan impuls saraf ini ke saraf otak pendengaran. Paparan yang lama dalam taraf kebisingan tinggi dapat merusak sel rambut dan sel saraf yang halus, menyebabkan ketulian. Ketulian sejenis ini juga terjadi karena usia lanjut.

Pengenalan sifat dan akibat kebisingan ini kemudian akan digunakan untuk melakukan evaluasi paparan kebisingan di industri dan lingkungan kerja lainnya.



Gambar 5.6 Struktur Organ Pendengaran Manusia [14]

5.2.3.1. Ketulian

Ketulian merupakan berkurangnya ketajaman pendengaran dibandingkan dengan orang normal sebesar 15 dB untuk golongan usia yang sama. Pengaruh utama kebisingan terhadap kesehatan ialah kerusakan pada indera pendengar yang dapat menyebabkan ketulian progresif. Pengaruh ini sangat penting bagi higiene perusahaan dan kesehatan kerja. Efek kebisingan pada pendengaran biasanya bersifat sementara dan pemulihan dapat terjadi secara cepat. Namun apabila seseorang berada terus menerus di tempat yang bising dan terpajan pada kebisingan itu, dan tidak mendapatkan kesempatan untuk pemulihan, orang tersebut akan kehilangan daya dengar yang sifatnya menetap dan tidak dapat pulih kembali. Ketulian biasanya dimulai pada frekuensi sekitar 4.000 Hz yang kemudian meningkat dan meluas ke frekuensi di sekitarnya dan akhirnya mengenai frekuensi yang digunakan untuk percakapan.

Berdasarkan sifatnya, ketulian dibagi menjadi dua jenis (11, 15).

- (1) Ketulian permanen, disebabkan oleh penyakit, usia, obat, trauma, dan kebisingan. Ketulian karena bising disebut trauma akustik.
- (2) Ketulian temporer yang merupakan ketulian akibat paparan bising, dapat pulih setelah istirahat dalam beberapa menit, jam, hari tergantung parahnya paparan yang diterima dan kondisi fisik orang. Walaupun demikian, ketulian temporer akan menjadi

permanen bila terus-menerus terekspos bising (paparan terhadap bising bisa didapat di rumah, tempat umum, rekreasi, musik, industri, dll.).

Berdasarkan penyebabnya, ketulian ada dua macam.

- (1) Ketulian konduktif, disebabkan peralatan konduksi rusak akibat trauma dan sakit.
- (2) Ketulian sensorineural, disebabkan persarafan rusak, akibat trauma, sakit, kebisingan, dan usia (*presbycusis*).

Ketulian konduktif disebabkan peralatan yang mengonduksikan vibrasi/getaran suara rusak akibat banyak hal seperti kecelakaan dan penyakit. Penyakit yang sering ditemukan di Indonesia ialah penyakit telinga tengah disebabkan bakteri yang masuk ke dalam telinga lewat tuba Eustachi. Infeksi ini akan mengakibatkan terkumpulnya nanah di dalam telinga tengah. Karena tekanan di telinga tengah menjadi cukup tinggi, terjadi robekan pada membrana timpani dan nanah akan keluar dari telinga luar. Penyakit (*otitis media*) ini banyak ditemukan pada anak Indonesia. Bila robekan membrana timpani tidak dapat pulih dengan sempurna, maka konduksi tidak dapat berlangsung, dan akan terjadi ketulian konduktif. Juga apabila sendi di antara ketiga tulang kecil itu menjadi kaku atau terjadi perlekatan setelah sembuh dari radang, maka getaran suara tidak dapat diteruskan ke membrana ovale dan menyebabkan ketulian. Ketulian seperti ini yang disebut ketulian konduktif, karena getaran suara tidak dapat disalurkan/dikonduksikan.

Ketulian sensorineural disebabkan oleh kerusakan saraf pendengaran. Sekalipun bising dikonduksikan, tetapi karena saraf sudah rusak, maka orang tidak dapat lagi mendengarnya. Kerusakan ini dapat terjadi mulai dari sel rambut pada koklea atau pada saraf pendengaran yang lebih besar lagi. Penyebabnya dapat berupa usia, obat, kelumpuhan saraf, dll.

Ketulian juga ditentukan oleh faktor lain selain penyebab, yakni faktor penentu seperti:

- kepekaan individu;
- usia pekerja;
- obat yang dimakan,
- total energi yang diterima;
- spektrum frekuensi yang diterima;
- lama eksposur/lama kerja; dan
- karakteristik bising: kontinu, *intermiten*, *impact noise*.

Derajat ketulian dikelompokkan sebagai berikut (13).

- a. Normal, jika terjadi peningkatan ambang dengar antara 0 dan 25 dB(A).
- b. Tuli ringan, jika terjadi peningkatan ambang dengar sebesar 26–40 dB(A).
- c. Tuli sedang, jika terjadi peningkatan ambang dengar sebesar 41–60 dB(A).
- d. Tuli berat, jika terjadi peningkatan ambang dengar sebesar 61–90 dB(A).

5.3. EVALUASI

5.3.1 Pengukuran Kebisingan

Untuk keperluan evaluasi, kebisingan perlu diukur. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui tingkat kebisingan dan paparannya terhadap pekerja bermanfaat dalam identifikasi dan evaluasi lokasi kerja yang menimbulkan masalah kebisingan, pekerja yang terpapar dan jenis pengendalian yang harus dilakukan. Pengukuran bisa dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut.

1. Penentuan kebisingan ruang kerja (*overall level*) di lokasi pengukuran, digunakan *sound level meter* (Gambar 5.7).
2. Penentuan tekanan suara ekuivalen pada lokasi tertentu, digunakan *integrated sound level meter*.
3. Untuk mengukur kebisingan pada setiap frekuensi, digunakan *sound level meter* yang dilengkapi dengan *frequency analyzer*.
4. Penentuan eksposur kebisingan yang diterima pekerja. Perlu dilakukan selama setiap pekerja bekerja dalam ruang dan waktu. Karena standar/NAB eksposur dilakukan atas dasar pembebanan waktu, pengukuran eksposur (pengumpulan data) juga didasarkan pada jumlah jam yang diterima di setiap lokasi kebisingan. Alat yang dipakai disebut *noise dosimeter*, dengan satuan, dBA (Gambar 5.8). Pada saat pengukuran, mikrofon *noise dosimeter* ini ditempatkan pada daerah pendengaran pekerja sehingga bisa mewakili tingkat kebisingan yang diterima selama jam kerja (Gambar 5.9).
5. Pengukuran kepekaan pendengaran, digunakan *audiometer*. Uji menggunakan alat ini disebut dengan uji audiometri. Hasil pengukuran menggunakan *audiometer* cukup baik karena intensitas yang dihasilkan alat ini dapat dikontrol secara akurat. *Audiometer* dibagi atas dua jenis, yaitu *wide-range audiometer* yang digunakan untuk keperluan klinis dan diagnostik serta *limited-range audiometer* yang dipakai untuk menentukan tingkat ambang pendengaran orang dewasa yang bekerja di industri.



Gambar 5.7 *Sound Level Meter* (16)



Gambar 5.8 *Noise Dosimeter* (16)

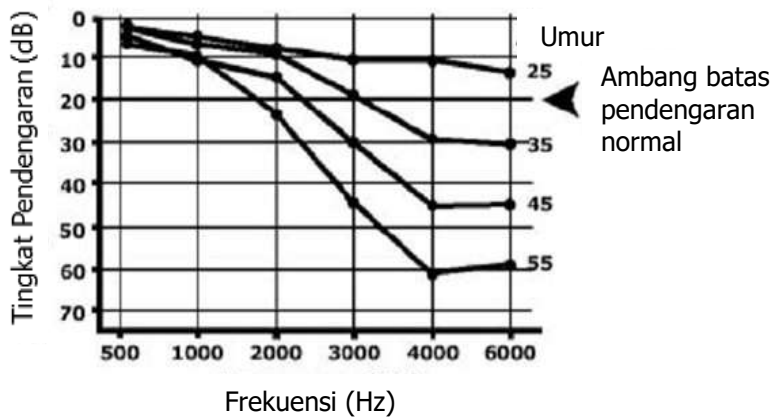


Gambar 5.9 Pengukuran Paparan Kebisingan Menggunakan *Noise Dosimeter* (17)

5.3.2. Pengukuran Ketajaman Pendengaran

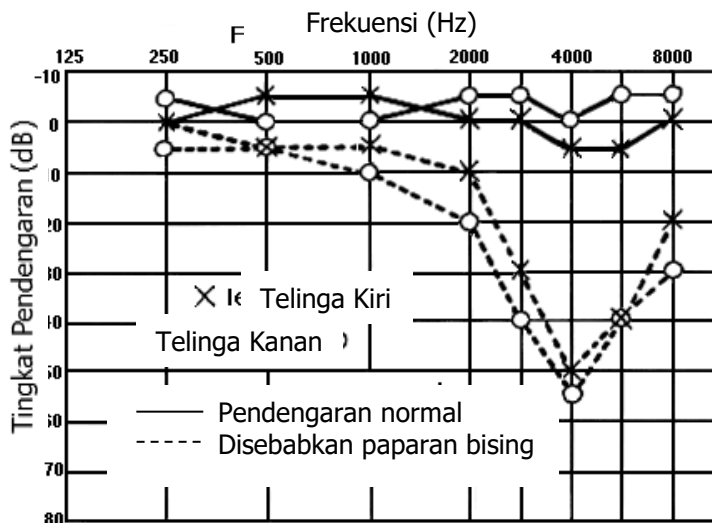
Untuk keperluan evaluasi, selain taraf kebisingan ruang kerja, ketajaman pendengaran sebagai dampak kebisingan terhadap pekerja juga perlu diukur dengan audiometer. Audiometri dilakukan dalam ruang yang kedap suara, segera setelah selesai bekerja. Ketajaman pendengaran akan menurun sesuai dengan peningkatan usia seseorang seperti terlihat pada Gb 5.10 berikut ini. Oleh karena itu, perlu dilakukan koreksi terhadap usia yang bertujuan untuk melihat seberapa besar terjadi pergeseran batas pendengaran. Koreksi usia ini di dalam penghitungan hasil audiometer sudah dilakukan NIOSH sejak tahun

1972 dan terus dikembangkan sampai saat ini sehingga terdapat beberapa metode koreksi usia, seperti NIOSH 1972, OSHA 1983, NIOSH 1998, dan MSHA 1999 (13).



Gambar 5.10 Hubungan Antara Ketajaman Pendengaran dan Faktor Usia (18)

Contoh hasil pengukuran ketajaman pendengaran berupa audiogram dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.11 Contoh Audiogram Pasien (19)

Sebagai acuan untuk melakukan koreksi usia, dapat digunakan Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Faktor Koreksi Usia bagi Pekerja Pria (20)

Usia (tahun)	Frekuensi Tes Audiometri (Hz)				
	1.000	2.000	3.000	4.000	6.000
<20	5	3	4	5	8
21	5	3	4	5	8
22	5	3	4	5	8
23	5	3	4	6	9
24	5	3	5	6	9
25	5	3	5	7	10
26	5	4	5	7	10
27	5	4	6	7	11
28	6	4	6	8	11
29	6	4	6	8	12
30	6	4	6	9	12
31	6	4	7	9	13
32	6	5	7	10	14
33	6	5	7	10	14
34	6	5	8	11	15
35	7	5	8	11	15
36	7	5	9	12	16
37	7	6	9	12	17
38	7	6	9	13	17
39	7	6	10	14	18
40	7	6	10	14	19
41	7	6	10	14	20
42	8	7	11	16	20
43	8	7	12	16	21
44	8	7	12	17	22
45	8	7	13	18	23
46	8	8	13	19	24
47	8	8	14	19	24
48	9	8	14	20	25
49	9	9	15	21	26
50	9	9	16	22	27
51	9	9	16	23	28
52	9	10	17	24	29
53	9	10	18	25	30
54	10	10	18	26	31
55	10	10	19	27	32

Usia (tahun)	Frekuensi Tes Audiometri (Hz)				
	1.000	2.000	3.000	4.000	6.000
56	10	10	20	28	34
57	10	10	21	29	35
58	10	10	22	31	36
59	10	10	22	32	37
>60	10	10	23	33	38

Setelah koreksi terhadap usia ini dilakukan, langkah berikutnya ialah menentukan tingkat ketulian yang dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori seperti tampak pada Tabel 5.5 berikut ini.

Wangsaatmaja (1989) yang menyelidiki pengaruh kebisingan terhadap pendengaran para pekerja di suatu pabrik tekstil menemukan bahwa pengaruh usia terhadap pergeseran ambang pendengaran tidak terlalu berpengaruh. Pergeseran ambang pendengaran lebih banyak dipengaruhi oleh tingkat kebisingan terutama kebisingan yang dihasilkan dari mesin produksi (21). Hal yang sama juga diperoleh dari penelitian yang dilakukan di industri senjata pada Departemen Tempa dan Cor serta Divisi Kendaraan Khusus. Tingkat kebisingan yang tinggi (dapat mencapai > 100 dB(A)) menyebabkan terjadinya pergeseran dan penurunan batas pendengaran bagi pekerja. Tingkat risiko pergeseran batas pendengaran pada pekerja di kedua departemen ini 1,3–2,7 kali lebih besar daripada kelompok tidak terpapar, sedangkan pada Divisi Kendaraan Khusus, tingkat risiko ini bernilai 2,5 kali lebih besar daripada kelompok tidak terpapar (12, 22).

5.3.3. Peraturan Mengenai Kebisingan di Tempat Kerja

Proses evaluasi kebisingan dilakukan dengan memperbandingkan hasil pengukuran dengan Nilai Ambang Batas (NAB) yang berlaku. NAB kebisingan di industri telah diatur di dalam SK Menteri Tenaga Kerja No. Kep-51/Men/1999 yang mengatur lama kerja (waktu) yang diijinkan dalam taraf kebisingan tertentu. Selanjutnya untuk 8 jam kerja/hari dihitung rata-rata waktu pekerja terpajan terhadap setiap taraf kebisingan atau rata-rata pajanan yang dibebani waktu (*time weighted average concentration/TWA*). Selain peraturan tersebut, NAB kebisingan juga diatur dalam SK Menteri Kesehatan No. 1405/Menkes/SK/XI/2002. Baku mutu/nilai ambang batas bagi paparan kebisingan dinyatakan dalam lama kerja adalah sebagai berikut (Tabel 5.6 dan 5.7).

Tabel 5.5 Kategori Ketulian (1)

dB	Kelas	Tingkatan	Tingkat Pendengaran Rata-rata		Kemampuan mendengar	0 batas rendah ketulian edukasi <i>limit output audiometer</i>
-10						
0	A	Tidak signifikan	min	< dari	Tidak berkurang (tidak signifikan)	
-15						
30	B	<i>Slight</i>	15	30	Sedikit sulit	
45	C	<i>Mild</i>	30	45	Sering Kesulitan	
	D	<i>Marked</i>	45	60	Kesulitan	
60	E	<i>Severe</i>	60	80	Perlu amplifikasi	
80	F	<i>Extreme</i>	80		Dengan amplifikasi Tidak dapat mendengar	
100						

Tabel 5.6 NAB Kebisingan Berdasarkan Kepmenaker No. 51 Tahun 1999

Waktu Paparan per Hari		Intensitas Kebisingan (dBA)
8	Jam	85
4		88
2		91
1		94
30		97
15	Menit	100
7,5		103
3,75		106
1,88		109
0,94		112
28,12		115
14,06	Detik	118
7,03		121
3,52		124
1,76		127

Waktu Paparan per Hari		Intensitas Kebisingan (dBA)
0,88		130
0,44		133
0,22		136
0,11		139

Keterangan: Kebisingan tidak boleh melebihi 140 dB(A) walaupun sesaat.

Jika dilakukan suatu perbandingan, NAB kebisingan yang berlaku di Indonesia lebih ketat daripada NAB yang berlaku di Amerika Serikat (Tabel 5.7).

Tabel 5.7 NAB Kebisingan di Amerika Serikat Berdasarkan ACGIH (1)

Waktu Paparan per Hari	Intensitas Kebisingan (dBA)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1,5	102
1	105
0,5	110
<0,25	115

Keterangan: Untuk kebisingan yang impulsive, tidak boleh melampaui 140 dB.

Nilai intensitas kebisingan yang tercantum dalam peraturan-peraturan di atas ialah nilai intensitas kebisingan di ruang kerja, berlaku untuk durasi kerja selama 8 jam/hari dan 40 jam/minggu. TWA untuk kebisingan dihitung dengan persamaan (5.4) sebagai berikut.

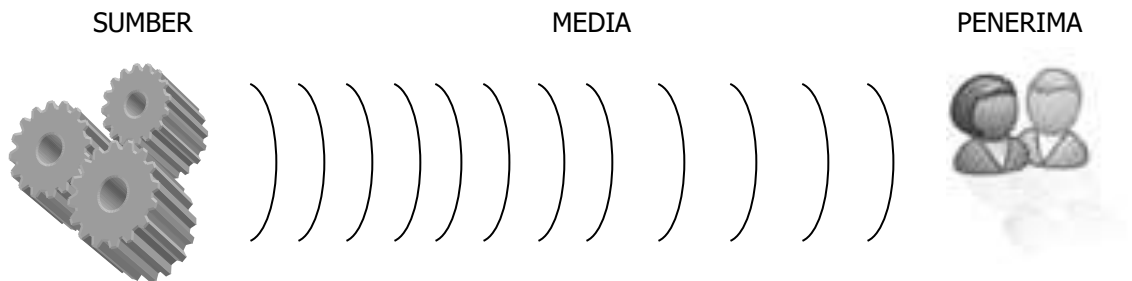
$$TWA = \sum \frac{T_i}{T_{TLV}} \quad (5.4)$$

di mana: T_i = lamanya eksposur pada suatu tingkat kebisingan
 T_{TLV} = lamanya eksposur yang diijinkan pada suatu tingkat
 (Tabel 5.6 dan 5.7)

5.4. PENGENDALIAN/PENGELOLAAN

Program perlindungan pendengaran dapat mencegah kerusakan pendengaran, meningkatkan status kesehatan fisik dan mental pekerja, meningkatkan produktivitas dan mengurangi kecelakaan dan penyakit akibat tekanan di industri. Pekerja harus melakukan program perlindungan pendengaran secara efektif dan berkesinambungan bilamana pekerja tersebut terpapar oleh bising pada nilai TWA (*time weighted average*) > 8 jam sebesar 85

dBA atau lebih. Pengendalian kebisingan di industri dapat dilakukan pada ketiga faktor terjadinya paparan kebisingan, yaitu pada sumber, *pathway*/media/jalur, dan penerima (Gambar 5.12).



Gambar 5.12 Mekanisme Paparan Kebisingan dari Sumber ke Penerima

Meskipun demikian, pengendalian direkomendasikan untuk dilakukan secara berurutan mulai dari yang paling efektif, yaitu:

- kurangi/hilangkan sumber kebisingan;
- pengendalian *pathway*: jarak antara sumber dan penerima diperjauh dengan perisai;
- perlindungan penerima dari bising (alat pengaman diri, APD).

Program perlindungan ini dapat dilakukan secara teknis, medis, manajemen, dan pendidikan serta pelatihan (diklat).

5.4.1. Pengendalian secara Teknis

Pengendalian secara teknis dapat dilakukan pada sumber kebisingan, media dan pada penerima (*receptor*) atau gabungan ketiganya. Beberapa contoh teknik pengendalian kebisingan dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5.8 Contoh Cara Teknis Pengendalian Kebisingan

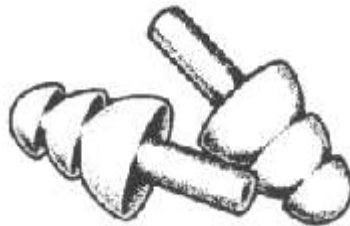
Sumber	Media	Penerima
Substitusi	Absorpsi/damping	Isolasi pekerja
Isolasi sumber	Perisai	Reduksi waktu kerja
	Perpanjang jarak ($I_1 r_1^2 = I_2 r_2^2$)	APD

Secara teknis, ada empat prinsip dasar pengendalian kebisingan di sumber dan media.

- Isolasi suara (*sound insulation*): mencegah transmisi bising dengan menempatkan peredam bising di sekitar sumber bising. Materi yang biasanya digunakan sebagai peredam ini adalah yang memiliki kerapatan yang tinggi seperti tembok, beton, logam dan lain-lain.

- Absorpsi suara (*sound absorption*): materi *porous* yang berfungsi sebagai "*noise sponge*" dengan mengubah energi suara menjadi energi panas. Materi yang umumnya dipakai, misalnya wol, busa, dan *fiberglass*.
- Peredam getaran (*vibration damping*): teknik ini dapat diterapkan pada permukaan bergetar yang lebar. Mekanisme kerja teknik ini ialah ekstraksi energi getaran dari permukaan tipis dan mengubahnya menjadi energi panas. Contoh materi yang biasanya digunakan ialah baja peredam.
- Isolasi getaran (*vibration isolation*): mencegah transmisi energi getar dari suatu sumber ke seorang penerima dengan menempatkan materi fleksibel seperti per kawat, karet, kayu, dan lain-lain.

Pengendalian secara teknis di penerima dapat digunakan dengan menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) di telinga pekerja, seperti *ear muffs* (Gambar 5.13) atau *ear plugs* (Gambar 5.14). Penggunaan APD tidak mengendalikan kebisingan, sering memberi rasa aman yang keliru karena bahaya kebisingan masih ada. APD hanya memberi perlindungan pada pekerja. APD biasanya digunakan hanya saat pekerja berada di lokasi pekerjaan dengan tingkat kebisingan di atas NAB. Jenis APD yang digunakan disesuaikan dengan kondisi kebisingan setempat dan kadang-kadang lebih dari satu jenis APD digunakan secara bersamaan jika memang diperlukan. APD yang digunakan haruslah memiliki kemampuan untuk mengendalikan kebisingan dalam 8 jam paparan dengan nilai TWA sebesar 85 dBA. Kinerja APD harus dievaluasi secara rutin untuk menilai perlu tidaknya pembaharuan dan penggantian jenis APD.



Gambar 5.13 *Ear Plugs* (17)



Gambar 5.14 *Ear Muffs* (17)

5.4.2. Cara Medis

Pengendalian secara medis misalnya dilakukan dengan cara berikut.

- Pemeriksaan ketajaman pendengaran secara periodik
Pemeriksaan ini dilakukan dengan melaksanakan program pengujian audiometri. Selain menguji ketajaman dan ketepatan pendengaran pekerja setiap saat, program ini juga dimaksudkan untuk mendidik pekerja mengenai pentingnya kesehatan fungsi pendengaran dan perlunya melindungi fungsi tersebut. Sasaran utama program ini ialah untuk pekerja yang terpapar kebisingan dengan nilai NAB lebih besar dari 85 dBA pada 8 jam paparan. Tentunya program ini tidak boleh memberatkan pekerja secara finansial sehingga pekerja aktif dalam mengikuti pemeriksaan pendengaran ini. Pengujian ini biasanya dilakukan minimal setiap 6 bulan sekali.
- Penempatan pekerja sesuai dengan kepekaan terhadap bising
Kegiatan ini tentunya bisa dilakukan jika pemeriksaan ketajaman pendengaran seperti disebut di atas sudah dilaksanakan. Penempatan pekerja sesuai dengan kepekaan pendengaran ini dimaksudkan karena sensitivitas organ telinga pekerja untuk setiap frekuensi kebisingan sangat bervariasi.
- Monitoring ketulian temporer
Ketulian permanen biasanya diakibatkan oleh ketulian temporer yang terjadi secara berulang-ulang. Oleh karena itu, cara efektif untuk mencegah ketulian permanen ialah dengan mencegah ketulian temporer. Dengan monitoring ini, juga bisa dilakukan identifikasi sumber kebisingan dan cara-cara pengendaliannya.

5.4.3. Pengendalian dengan Manajemen

Manajemen perusahaan bisa berupaya untuk mengurangi dampak negatif dari adanya sumber kebisingan, misalnya dengan:

- Reduksi waktu eksposur

Pengurangan waktu paparan ini dimaksudkan untuk menjaga agar nilai TWA 8 jam tidak melebihi 85 dBA sehingga kerusakan organ pendengaran bisa dicegah. Besar pengurangan waktu eksposur ini didasarkan pada NAB kebisingan pada Kepmenaker No. 51 Tahun 1999 (Tabel 5.6). Penentuan perlu tidaknya reduksi waktu eksposur ataupun tindakan pengendalian kebisingan lainnya didasarkan pada perhitungan TWA (Persamaan [5.4]).

Jika nilai $TWA > 1$, tindakan pengendalian kebisingan perlu dilakukan, misalnya dengan reduksi waktu eksposur.

Contoh perhitungan:

Suatu pekerja terpapar kebisingan selama 8 jam kerja dengan tingkat kebisingan sebesar 88, 91, 94 dan 97 dBA dengan lama paparan berturut-turut yaitu 3, 2, 2, dan 1 jam. Tentukan nilai TWA dan apakah tindakan pengendalian kebisingan perlu dilakukan?

Jawab:

	Tingkat Kebisingan (dBA)			
	88	91	94	97
T_i (jam)	3	2	2	1
T_{TLV} (jam)	4	2	1	0,5
TWA	$(3/4)+(2/2)+(2/1)+(1/0,5)=5,75$			

Karena nilai $TWA > 1$, tindakan pengendalian perlu dilakukan pada sumber/jalur/penerima, misalnya dengan reduksi waktu eksposur, terutama pada paparan kebisingan di atas 85 dBA.

5.4.4. Pengendalian dengan Pendidikan dan Pelatihan

Pekerja harus diberi pendidikan dan pelatihan mengenai kebisingan secara kontinu dan berkala dengan materi pendidikan yang disesuaikan dengan jenis pekerjaan dan pengalaman pelatihan sebelumnya. Pelatihan biasanya dilakukan setahun sekali dan materi pelatihan harus selalu diperbaharui sesuai dengan perkembangan ilmu dan pengalaman di lapangan. Materi diklat mencakup efek kebisingan pada pekerja, kegunaan pelindung telinga, jenis-jenis APD dan kelebihan/kekurangannya, kegunaan uji audiometri dan penjelasan prosedur pengujian.

5.5. PENCATATAN HASIL (*RECORD KEEPING*)

Kegunaan pencatatan adalah untuk membantu manajemen dalam mengenali dan memperbaiki lingkungan kerja yang memiliki bahaya kebisingan melalui penelusuran jejas/penyakit akibat kebisingan dan penyebabnya. Catatan ini harus selalu dipelihara secara akurat dan disimpan paling tidak selama 2–3 tahun. Semua pengukuran audiometri yang

mencakup nama pekerja, tanggal pengujian, nama penguji, dan tanggal kalibrasi alat harus turut dicatat dan disimpan secara aman. Manajemen juga harus mencatat secara akurat pengujian nilai tingkat tekanan suara latar (*background SPL*) di dalam ruang uji audiometri dan catatan ini harus disimpan selama pekerja tersebut bekerja di suatu perusahaan.

5.6. PUSTAKA

1. Olshifski, Julian B. and McElroy Frank E. 1971. *Fundamentals of Industrial Hygiene*. Chicago, Ill.: National Safety Council.
2. Environmental Pollution Control Center, Osaka Prefecture. 2010.
3. Dimalouw, Johand Aldo. 2002. "Pengaruh Kebisingan terhadap Tekanan Darah dan Detak Jantung Pada Polisi Lalu-Lintas (Studi Kasus: Polisi Lalu Lintas Gassus-Polisi Wilayah Kota Besar Bandung)". Dokumen Lab. HIT-ITB tahun 2002 (tidak diterbitkan).
4. Juniarti, Rachmi. 1998. "Evaluasi Tingkat Kebisingan di Salah Satu Hotel Berbintang Tiga di Kota Bandung". Dokumen Lab. HIT-ITB tahun 1998 (tidak diterbitkan).
5. Sadikin, Emir. 1991. "Studi Evaluasi Kebisingan di Kampus Universitas Parahyangan dan STIE YPKP Bandung". Dokumen Lab. HIT-ITB tahun 1998 (tidak diterbitkan).
6. Schultz, Theodore J. 1982. *Community Noise Rating* (2nd Edition). Essex, England: Applied Science Publishers.
7. http://www.menlh.go.id/apec_vc/osaka/eastjava/noise_id/1/page1.html, diakses 21 Januari 2011.
8. Cunniff, Patrick F. 1977. *Environmental Noise Pollution*. New York: John Wiley and Sons.
9. Smith, A. and Stephen Stansfeld. 1986. "Aircraft Noise Exposure, Noise Sensitivity, and Everyday Errors". *Environment and Behaviour*. 18(2):214–226.
10. Hofman, W. F., A. Kumar, and J. H. M. Tulen. 1995. "Cardiac Reactivity to Traffic Noise During Sleep in Man". *Journal of Sound and Vibration*. 179(4):577–589.
11. Roestam, A. 2004. "Program Konservasi Pendengaran di Tempat Kerja". *Cermin Dunia Kedokteran*. 144.
12. Bahar, Angreyni. 2008. "Analisis Risiko Kesehatan Terhadap Paparan Bising di Lingkungan Kerja Departemen Tempa dan Cor PT X". *Tesis*. Program Studi Teknik Lingkungan ITB.
13. Bucchari. 2007. "Kebisingan Industri dan *Hearing Conservation Program*". USU Repository.
14. <http://radenbeletz.com/informasi-penyakit-gangguan-telinga-hidung-tenggorokan.html>, diakses 21 Januari 2011.
15. Chen *et al.* 2007. "Evaluation of Auditory Fatigue in Combined Noise, Heat and Workload Exposure". *Industrial Health*. 45:527–534.
16. <http://www.skinc.com/sound.asp>, diakses 21 Januari 2011.
17. Sutton, Sydney Cheryl. 2010. "A Guide to Developing and Maintaining an Effective Hearing Conservation Program". <http://www.nonoise.org/hearing/hcp/hcp.htm>, diakses 21 Januari 2011.
18. <http://www.nehc.med.navy.mil>, diakses 9 April 2010.
19. <http://www.sfu.ca/sonic-studio/handbook/Audiogram.html>, diakses tanggal 21 Januari 2011.

20. <http://www.osha.gov>, diakses 3 Mei 2010.
21. Wangsaatmaja, Setiawan. 1989. "Pengaruh Kebisingan di Sebuah Pabrik Tekstil Terhadap Pendengaran Para Pekerja". Dokumen Lab. HIT-ITB tahun 1989 (tidak diterbitkan).
22. Adinegara. 2011. "Analisis Risiko Kesehatan Paparan Bising Terhadap Pekerja di Lingkungan Kerja PT X Menggunakan Model L-Q-E". *Tesis*. Program Studi Teknik Lingkungan ITB.