

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA LINGKUNGAN INDUSTRI DAN MANUFAKTUR

Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc. M.Si



Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc. M.Si

Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Industri dan Manufaktur

**Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta
Tahun-2018**

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA LINGKUNGAN INDUSTRI DAN MANUFAKTUR

Buku Ajar
Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Industri
dan Manufaktur

Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta

Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc. M.Si



Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta

Tahun 2018

Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Reda Rizal

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA LINGKUNGAN
INDUSTRI DAN MANUFaktur/Reda Rizal.

--Jakarta: Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian
Pada Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional
"Veteran" Jakarta (LPPM UPNVJ), 2018.
v, 210 hlm: 21 cm

Bibliografi hlm. 211
ISBN 978-602-73114-1-1

1. KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
LINGKUNGAN INDUSTRI DAN MANUFaktur I. Judul

© Hak pengarang dan penerbit dilindungi Undang-Undang
Cetakan Pertama Tahun 2015
Cetakan Edisi-2 Tahun 2016
Cetakan Edisi-3 Tahun 2017
Cetakan Edisi-4 Tahun 2018

Pengarang: Reda Rizal
Dicetak oleh: Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada
Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta
Jl. R.S. Fatmawati, Pondok Labu, Jakarta Selatan 12450
Telp./Fax. 021-7656971 Ext. 234
e-mail: lppm@upnvj.ac.id

KATA PENGANTAR

Globalisasi kegiatan industri manufaktur dan perdagangan saat ini memberikan dampak persaingan sangat ketat dalam segala aspek khususnya ketenagakerjaan yang mempersyaratkan adanya perlindungan atas keselamatan dan kesehatan kerja. Untuk meningkatkan efektivitas perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja, maka pelaksanaannya harus melibatkan unsur manajemen, para pekerja atau buruh, serikat pekerja dan serikat buruh dalam rangka mencegah dan mengurangi kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Untuk menjamin tercapainya derajat kesehatan yang baik pada pekerja dan terjaminnya pencapaian produktivitas kerja, maka dalam penugasan kerja/pekerja perlu ada keseimbangan antara beban kerja, beban tambahan akibat lingkungan kerja, dan kapasitas kerja.

Berdasarkan terminologi keselamatan dan kesehatan kerja industri yaitu pekerja industri dan manufaktur harus bekerja dalam keadaan selamat (tidak celaka) dan dalam kondisi sehat (tidak terserang penyakit) secara berkelanjutan. Terdapat dua aspek yang dibahas dalam matakuliah keselamatan dan kesehatan kerja industri dan manufaktur ini yaitu aspek keselamatan pekerja dan aspek kesehatan pekerja di lingkungan industri dan manufaktur.

Tergantung pada tipologi kegiatan industri dan manufaktur dimana pekerja bekerja, dimana kedua aspek tersebut (keselamatan dan kesehatan) dibahas secara simultan dalam kegiatan industri. Contoh tipologi kegiatan industri yang berdampak negative terhadap keselamatan dan kesehatan adalah “perusahaan industri kimia”, karena bahan kimia berbahaya dapat mencelakai pekerja (aspek keselamatan) dan bahan kimia berbahaya dapat menimbulkan penyakit atau keracunan (aspek kesehatan) pada pekerja. Namun, terdapat pula beberapa jenis tipologi kegiatan industri yang lebih fokus membahas aspek keselamatan kerja saja, contoh; industri property membangun gedung bertingkat, maka pekerja dihadapkan pada risiko kecelakaan (tertimpa material berat), dan juga terdapat pula beberapa jenis tipologi kegiatan industri yang lebih fokus

membahas aspek kesehatan kerja saja, contoh; industri farmasi yang mengolah bahan baku kimia menjadi obat-obatan, maka pekerja dihadapkan pada risiko kesehatan (keracunan dan sakit).

Buku Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Industri dan manufaktur akan memberikan pengetahuan secara umum kepada mahasiswa tentang: gangguan lingkungan kerja terhadap kesehatan dan kemampuan kerja, keselamatan dan kesehatan industri, kesehatan lingkungan kerja industri, penyakit akibat kerja, higiene industri dan manufaktur, faktor lingkungan kerja industri dan manufaktur, faktor fisika dalam higiene industri dan manufaktur, kebisingan di lingkungan kerja, iklim lingkungan kerja industri dan manufaktur, pencahayaan di lingkungan kerja, vibrasi (getaran) di lingkungan kerja, faktor kimia udara di lingkungan kerja, faktor biologi di lingkungan tempat kerja, nilai ambang batas, faktor kelelahan kerja, dampak negatif polutan gas industri terhadap kesehatan pekerja, bagaimana mekanisme masuknya bahan kimia berbahaya dan beracun (B₃) di lingkungan kerja industri ke dalam tubuh manusia, sanitasi lingkungan kerja industri dan manufaktur, dan bagaimana proses adaptasi pekerja dalam lingkungan kerja industri dan manufaktur.

Substansi buku ini jauh dari kesempurnaan sebagaimana makna Sunatullah; bahwa tidak ada sesuatu apapun di dunia ini yang sempurna selain kesempurnaan Allah subhana wata'ala. Kritik dan saran pembaca, penulis harapkan guna meminimumkan ketidaksempurnaan (*entropy*) tulisan buku ini di masa datang.

Ucapan terimakasih disampaikan kepada semua pihak yang dapat memanfaatkan seluruh isi buku ini.

Kota Tangerang Selatan, Januari 2018

Penulis

Reda Rizal



Daftar Isi

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
Pengaruh Lingkungan Kerja pada Kesehatan dan Kemampuan Kerja	1
Keselamatan dan Kesehatan Industri Manufaktur	12
Kesehatan Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur	20
Penyakit Akibat Kerja di Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur	30
Higiene Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur	33
Faktor Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur	37
Faktor Fisika dalam Higiene Lingkungan Industri dan Manufaktur	44
Bising dan Faktor Kebisingan lingkungan kerja Industri dan Manufaktur	48
Iklim Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur	71
Faktor Pencahayaan di Lingkungan Kerja	81
Faktor Vibrasi (getaran) di Lingkungan Kerja	88
Faktor Kimia Udara di Lingkungan Kerja	94
Faktor Biologi di Lingkungan Tempat Kerja	133
Faktor Kelelahan Kerja	136
Dampak Negatif Polutan Gas Industri Terhadap Kesehatan Pekerja	140
Masuknya Bahan Kimia Berbahaya dan Beracun (B3) di Lingkungan Kerja Industri ke Dalam Tubuh Manusia	143
Sanitasi Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur	152
Adaptasi Pekerja Dalam Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur	161
Industri Binatu- <i>Drycleaning</i> dan Risiko Kesehatan Lingkungan	163
Standar Oeko-tex dan Ekolabel Pada Industri Tekstil dan Produk Tekstil	183
Daftar Pustaka	196
Glosarium	200
Indeks	205



Daftar Gambar

Gambar 1.	Kegiatan Industri Konstruksi Mengeluarkan Debu	7
Gambar 2.	Kegiatan Industri dan Manufaktur Menggunakan Larutan Kimia	8
Gambar 3.	Pakaian Pelindung Diri Pekerja pada Industri Konstruksi	10
Gambar 4.	Hubungan Manusia dengan Lingkungan Kerja dan Tindak Pencegahan Bahaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja	14
Gambar 5.	Konsep Upaya Penerapan Higiene Industri	15
Gambar 6.	Kegiatan Industri Manufaktur Mengeluarkan Debu Logam	25
Gambar 7.	Kegiatan Industri Manufaktur Mengeluarkan Gas	25
Gambar 8.	Kegiatan Industri Manufaktur Mengeluarkan Gas	26
Gambar 9.	Mekanisme Paparan Polutan Udara	28
Gambar 10.	Kegiatan Konstruksi yang Mengeluarkan Getaran	47
Gambar 11.	Kegiatan Konstruksi yang Mengeluarkan Getaran	47
Gambar 12.	Model Stressor-Strain/Ketegangan dalam Bekerja	52
Gambar 13.	Tanda area dengan bising (<i>noise</i>)	59
Gambar 14.	<i>Sound Level Meter</i> alat ukur kebisingan	59
Gambar 15.	Kebisingan di Tempat Kerja	61
Gambar 16.	Pengukuran Tingkat Kebisingan di tempat kerja	62
Gambar 17.	Hasil Audiometri	64
Gambar 18.	Hubungan Temperatur Lingkungan, Waktu Pemaparan dan Performa Kerja	72
Gambar 19.	Biohazard Symbol	133
Gambar 20.	Proses Seleksi Pakaian Sebelum Pencucian	165
Gambar 21.	Alir Proses Pencucian Laundry dan Dryclean	166
Gambar 22.	Mesin Cuci <i>Laundry and Dryclean</i>	165
Gambar 23.	Proses Pemeriksaan Pakaian Sebelum dan Setelah Pencucian	168



Daftar Tabel

Tabel 1.	Metode Pengawasan Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur	27
Tabel 2.	Nilai Ambang Batas Kebisingan di Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur	57
Tabel 3.	Rangkuman Hasil Penghitungan Rata-rata Nilai Kebisingan Pada Pabrik Pemintalan-1	65
Tabel 4.	Rangkuman Hasil Penghitungan Rata-rata Nilai Kebisingan Pada Pabrik Pemintalan-2	67
Tabel 5.	Rangkuman Hasil Penghitungan Rata-rata Nilai Kebisingan Pada Pabrik Pemintalan-3	69
Tabel 6.	Nilai Ambang Batas Iklim Kerja ISBB yang Diperkenankan	78
Tabel 7.	Contoh Hasil Pengukuran dan Penghitungan ISBB, RH dan Iluminasi	79
Tabel 8.	Hasil Pengukuran Rata-rata Temperatur Ruang Kerja Metode ISBB	80
Tabel 9.	Hasil Pengukuran Rata-rata Iluminasi dalam Ruangan Kerja	87
Tabel 10.	Nilai Ambang Batas Getaran Untuk Pemaparan Lengan dan Tangan	88
Tabel 11.	Nilai Ambang Batas Radiasi Frekuensi Radio dan Gelombang Mikro	89
Tabel 12.	Waktu Pemaparan Radiasi Sinar Ultra Ungu yang Diperkenankan	90
Tabel 13.	NAB Pemaparan Medan Magnit Statis yang Diperkenankan	92
Tabel 14.	NAB Medan Magnit Untuk Frekuensi 1 – 30 kHz	93
Tabel 15.	Pencemar Udara di Lingkungan Kerja dan Dampaknya pada Kesehatan Pekerja Industri dan Manufaktur	102
Tabel 16.	Faktor Kimia, NAB dan Bahaya Kesehatan Pekerja	110
Tabel 17.	Jenis Industri Manufaktur dan Bahaya Bahan Kimia Lingkungan Kerja Industri	126
Tabel 18.	Standard Penggunaan Energi/Jam pada Keadaan Kegiatan Otot yang Berbeda	154

Tabel 19.	Usia Pekerja dan Persentase Kebutuhan Kalori Untuk Bekerja	155
Tabel 20.	Jenis Kegiatan dan Lama Kerja/Aktivitas Pekerja	156
Tabel 21.	Kebutuhan Zat Makanan bagi Pekerja	157
Tabel 22.	Kebutuhan Kalori Sehari-hari yang Dianjurkan untuk Orang <i>Standard</i>	158
Tabel 23.	Penyesuaian Kalori Menurut Tingkat Kegiatan Pekerja	159
Tabel 24.	Limbah dan Pencemaran Lingkungan Selama Proses Produksi Industri Tekstil	188
Tabel 25.	Sumber Limbah dan Pencemaran pada Proses Produksi Tekstil	189
Tabel 26.	Standar Konsumsi Air pada Berbagai Jenis Proses Produksi Tekstil	191
Tabel 27.	Rerata Konsumsi Air pada Berbagai Jenis Proses Produksi Tekstil	192
Tabel 28.	Sumber dan Jenis Limbah Padat Pada Proses Produksi Tekstil	192
Tabel 29.	Kondisi dan Proses Produksi Tekstil	195

Pengaruh Lingkungan Kerja pada Kesehatan dan Kemampuan Kerja

Terminology keselamatan dan kesehatan kerja lingkungan industri adalah; pekerja industri yang bekerja dalam keadaan selamat (tidak ada kecelakaan kerja) dan dalam kondisi sehat (tidak terserang penyakit) secara berkelanjutan. Terdapat dua aspek yang dibahas dalam matakuliah keselamatan dan kesehatan kerja (K3) lingkungan industri ini yaitu aspek keselamatan pekerja dan aspek kesehatan pekerja.

Tergantung pada jenis dan tipe kegiatan industri dimana pekerja bekerja, dimana kedua aspek tersebut (keselamatan dan kesehatan) dibahas secara simultan dalam kegiatan industri. Sebagai contoh tipe kegiatan industri yang berdampak negative terhadap keselamatan dan kesehatan adalah “perusahaan industri kimia”. Karena jenis bahan baku yang digunakan dan produk yang dihasilkan berupa bahan kimia berbahaya dapat mencelakai pekerja (dampak celaka) dan material kimia berbahaya (dampak racun) dapat menimbulkan penyakit atau keracunan (dampak tidak sehat/penyakit) pada pekerja.

Terdapat pula beberapa jenis tipologi kegiatan industri yang lebih fokus membahas aspek keselamatan kerja saja. Sebagai contoh; industri property membangun gedung bertingkat, maka pekerja dihadapkan pada risiko kecelakaan (tertimpa material berat, tersayat dan luka). Ada pula beberapa jenis tipologi kegiatan industri yang lebih fokus membahas aspek kesehatan kerja saja. Sebagai contoh; industri farmasi yang mengolah bahan baku kimia menjadi obat-obatan, maka pekerja dihadapkan pada risiko kesehatan (keracunan dan sakit).

Globalisasi kegiatan industri dan perdagangan saat ini memberikan dampak persaingan sangat ketat dalam segala

aspek khususnya ketenagakerjaan yang mempersyaratkan adanya perlindungan atas keselamatan dan kesehatan kerja.

Untuk meningkatkan efektivitas perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja, maka pelaksanaannya harus melibatkan unsur manajemen, para pekerja atau buruh, serikat pekerja atau serikat buruh dalam rangka mencegah dan mengurangi kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja (PAK).

Untuk menjamin tercapainya derajat kesehatan yang baik pada pekerja dan terjaminnya keselamatan kerja dalam pencapaian produktivitas kerja, maka pada penugasan kerja bagi pekerja perlu ada keseimbangan antara beban kerja, beban tambahan akibat lingkungan kerja, dan kapasitas kerja.

Beban Kerja

Pekerjaan merupakan beban kerja yang ditanggung oleh seorang pekerja. Beban kerja tersebut meliputi; beban kerja secara fisik, beban mental spiritual yang dirasakan selama bekerja dan beban sosial. Sebagai contoh; 1) beban kerja secara fisik bagi seorang pekerja kuli bangunan atau kuli angkut barang (*porter*) akan lebih besar jika dibandingkan dengan beban kerja secara fisik bagi seorang pekerja kantor yang melayani masyarakat banyak (*staff officer* atau *customer services*), 2) beban **mental** psikologis yang dialami oleh seorang pekerja kantor yang melayani banyak orang (*staff officer* atau *customer services*) akan lebih besar jika dibandingkan dengan beban mental yang dirasakan pekerja kuli bangunan atau kuli angkut barang (*porter*), dan 3) beban social yang ditanggung oleh pekerja yang tidak memiliki keahlian sesuai bidang pekerjaannya akan menanggung beban social yang lebih besar dibanding pekerja yang terlatih dan memiliki kemampuan, pengalaman dan keterampilan.

Upaya penerapan konsep keselamatan dan kesehatan kerja (K₃) pada contoh kegiatan kuli angkut atau porter tersebut di atas dapat dilakukan dengan salah satu cara, yaitu; mengganti

alat kerja menggunakan anggota badan atau tubuh pekerja (*porter*) dengan menggunakan alat kereta dorong.

Beban Kerja Tambahan Sebagai Akibat Pengaruh Kondisi Lingkungan Kerja Industri

Pekerjaan yang dilakukan pada suatu lingkungan kerja industri tertentu dapat mengakibatkan timbulnya beban kerja tambahan pada jasmani (beban fisik) dan mental psikologis (tekanan mental) pekerja. Sebagai contoh pada pekerja kuli bangunan; selain mendapat beban kerja secara fisik atas aktivitas pekerjaannya, maka ada kalanya pekerja kuli bangunan tersebut mendapat beban kerja tambahan pada saat dia mendapatkan perlakuan yang kurang baik dari majikannya (misanya dia dibentak atau dimarahi majikannya karena sering melakukan kesalahan pada saat bekerja).

Faktor lingkungan kerja yang secara umum menjadi beban kerja tambahan tersebut adalah sebagai berikut:

1. **Faktor Fisik**; berupa suhu lingkungan kerja, kelembaban ruang kerja, tekanan udara ataupun kekurangan oksigen dalam ruang kerja, penerangan pada ruang kerja yang kurang memadai, adanya radiasi sinar, adanya vibrasi mekanis, dan kebisingan yang bersumber dari putaran mesin atau alat kerja lainnya.
2. **Faktor Kimia**; berupa gas yang berbau menyengat, uap bahan kimia yang menyesakkan nafas, debu kimia berbahaya yang dapat terhirup/terhisap, kabut yang berasal dari asap pembakaran batubara, fume yang berasal dari material produksi atau hasil-hasil reaksi kimiawi yang dapat terhisap dan lain sebagainya.
3. **Faktor Biologi**; berupa golongan tumbuhan yang berbulu tajam misalnya bamboo yang dapat menimbulkan gatal-gatal, hewan ternak yang mengeluarkan bau menyengat,

mikrobiologi berupa jamur yang mudah menular pada kulit pekerja, bakteri yang dapat mengganggu kesehatan makanan, dan ngengat yang dapat mengganggu kenyamanan pekerja dan lain sebagainya.

4. **Faktor fisiologis;** berupa pengaruh bentuk, model dan konstruksi mesin yang besar dan tinggi yang dapat memaksa pekerja harus jinjit (menaikkan kaki tinggi-tinggi) dalam bekerja, peralatan bantu untuk kerja yang tidak sesuai postur tubuh pekerja, sikap pekerja tidak sesuai dengan standard dan cara kerja yang tidak mengikuti prosedur operasional standar (*standard operational procedure* = SOP).
5. **Faktor mental psikologis;** berupa suasana kerja harmonis, hubungan diantara para pekerja yang rukun dan hubungan pekerja dengan pengusaha yang harmonis akan mendorong terciptanya kondisi lingkungan kerja yang berkeselamatan baik dan berkeselamatan.

Strategi untuk menciptakan suasana kerja yang serasi, selaras dan berkeselamatan dengan lingkungan kerja menuju kerja sehat dan produktif adalah sebagai berikut:

1. Pada ruang kerja yang tipologi pekerjaan yang monoton sebaiknya menggunakan suara musik yang selaras dengan pekerjaan dan kondisi tempat kerja. Suara music yang dapat meningkatkan gairah kerja, memberikan kesegaran pada otak, otot dan urat saraf sehingga dapat meningkatkan gairah kerja atau setidaknya music dapat meminimumkan kejenuhan dalam bekerja;
2. Membuat dan memberikan sinar penerangan ruang yang dapat diatur tingkat intensitasnya (iluminasi yang sesuai *standard*);

3. Membuat desain interior ruang kerja sedemikian rupa atau dekorasi warna-warni atau warna yang selaras dengan tipologi pekerjaan dan lingkungan area tempat kerja;
4. Mengendalikan keberadaan bahan-bahan kimia berbahaya dan beracun (B3) yang dapat mengancam dan membahayakan kesehatan pekerja;
5. Membuat suhu udara lingkungan ruang kerja yang segar, nyaman dengan jumlah oksigen yang standard dan dapat mendorong peningkatan semangat kerja dan gairah kerja menuju produktivitas kerja yang tinggi dan derajat kesehatan yang baik;
6. Menciptakan dan membina keserasian hubungan social antar para pekerja, antara pengusaha dengan masyarakat yang berada di sekitar lokasi pabrik/industri;
7. Menciptakan dan membina keserasian hubungan antara manusia (pekerja) dengan mesin-mesin dan peralatan kerja serta factor lingkungan kerja lainnya.

Faktor-faktor yang dapat menimbulkan penyakit akibat kerja (PAK)

1. **Faktor Golongan Fisik**
 - a. Suara; intensitas suara yang tinggi di lingkungan kerja industri dapat menimbulkan ketulian pada pekerja maupun manusia yang berada di sekitar sumber suara bising. Intensitas bising yang tinggi di lingkungan kerja dapat mengganggu kenyamanan bekerja dan dapat pula menurunkan produktivitas kerja.
 - b. Radiasi; misal sinar ultra ungu atau *ultra violet* (UV) yang dapat menimbulkan efek sakit mata belek

(*conjunctivities photo electric*), mata perih dan atau mata berair;

- c. Radiasi; sinar infra merah dapat menimbulkan sakit atau penyakit mata katarak (*cataract*);
- d. Radiasi; sinar radioaktif yang dapat mempengaruhi darah, aliran darah dan susunan kimia dalam darah;
- e. Suhu naik; kenaikan suhu lingkungan ruang kerja dapat mengakibatkan dehidrasi, berkeringat, kelelahan pada saat bekerja sehingga dapat mengganggu kesehatan dan produktivitas kerja;
- f. suhu udara lingkungan kerja yang terlalu dingin akan mengakibatkan kedinginan, menggigil (*frost-bite*), dan dapat membekukan aliran darah;
- g. Tekanan udara naik dapat meminimumkan jumlah oksigen di dalam ruang kerja sehingga dapat memicu sesak nafas dan pingsan;
- h. Bau-bauan yang berada diluar batas toleransi pekerja dapat mengakibatkan timbulnya mual dan pusing serta bahkan dapat memicu muntah-muntah;
- i. Penerangan dapat mengganggu indera penglihatan atau sinar silau sehingga dapat memicu terjadinya kecelakaan kerja;
- j. Getaran yang bersumber dari getaran mekanis mesin dan peralatan kerja industri dapat menyebabkan terjadinya ketidaksatabilan dalam bekerja, dapat pula menurunkan daya konsentrasi pada saat bekerja. Jika konsentrasi pikiran dan penglihatan tidak focus dapat memicu terjadinya kecelakaan kerja.



Gambar 1. Kegiatan Industri Konstruksi Mengeluarkan Debu

2. **Faktor Golongan Kimia**

- a. Debu; dapat menimbulkan penyakit pneumoconiosis ataupun silicosis, bersin, batuk, sesak nafas, mata belekan, katarak dan lain sebagainya;
- b. Uap; dapat menimbulkan penyakit dermatitis; keracunan; dan penyakit metal fume disease;
- c. Gas; dapat menimbulkan penyakit keracunan gas CO, keracunan gas Hidrokarbon (HC), keracunan gas Methane, H₂S, keracunan gas Ammonia dan lain sebagainya;
- d. Larutan kimia; dapat menimbulkan berbagai penyakit dermatitis atau keracunan;
- e. Kabut; misal semprotan racun kimia untuk pembasmi serangga yang dapat menimbulkan keracunan melalui system pernafasan;
- f. Awan; dapat mempengaruhi visibilitas penglihatan dan mengganggu indera penglihatan sehingga dapat memicu terjadinya kecelakaan kerja;
- g. Fume; dapat menimbulkan batuk, sesak nafas dan dapat pula menimbulkan penyakit keracunan.
- h. Asap; dapat menimbulkan sakit batuk, sesak nafas, dalam konsentrasi tinggi dapat mempengaruhi visibilitas penglihatan dan mengganggu indera

penglihatan sehingga dapat memicu terjadinya kecelakaan kerja.



Gambar 2. Kegiatan Industri dan Manufaktur Menggunakan Larutan Kimia

3. Faktor Golongan Infeksi

- Antrax dan Brucella; adalah jenis penyakit yang ditimbulkan oleh kegiatan penyamakan kulit ataupun dapat pula berasal dari peternakan hewan sapi dan lain sebagainya.

4. Faktor Golongan Fisiologis

- a. Konstruksi mesin yang tidak sesuai dengan anatomi tubuh pekerja;
- b. Sikap badan pada saat bekerja yang tidak sesuai dengan standard;
- c. Kelelahan akibat keliru atau salah cara melakukan pekerjaan.

5. Faktor Golongan Mental Psikologis

- a. Hubungan kerja yang tidak harmonis, baik dengan sesama rekan kerja maupun dengan atasan, atau telah terjadi tekanan mental sebelum berangkat kerja (misal ketidakharonisan hubungan keluarga di rumah).

- b. Keadaan lingkungan kerja yang menjenuhkan dan membosankan ataupun kondisinya monoton.

Pencegahan Terjadinya Gangguan atau Ancaman Terhadap Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Lingkungan Industri:

1. Substitusi

- Mengganti bahan berbahaya dengan barang yang tidak berbahaya; misal mengganti bahan kimia *Trichloro ethylene* dan *Chlorofluoro Carbon* (CFC) dan bahan kimia berbahaya lainnya. Mengganti bahan larutan *therephthalic acid* dengan chip *therephthalic acid* pada industry polyester.

2. Ventilasi Umum

- Memasang ventilasi dan mengoperasikannya untuk mensirkulasikan udara bersih ke dalam ruang kerja berdasarkan perhitungan standard dalam ruang kerja, dimana konsentrasi bahan kimia berbahaya (*pollutant*) harus berada di bawah nilai ambang batas (NAB) kesehatan.

3. Local Exhauster

- Memasang exhaust-fan dan mengoperasikannya untuk menghisap bahan-bahan kimia berbahaya dari dalam lingkungan kerja ke luar ruangan kerja.

4. Isolasi

- Melakukan isolasi kegiatan operasi atau proses produksi dalam perusahaan industri yang dapat membayakan para pekerja dan masyarakat; misal mengisolasi campuran besin dengan bahan *Tetra Ethyl Lead* (TEL), percikan api atau sumber api lainnya.

5. Pakaian Pelindung

- Menggunakan pakaian pelindung diri yang layak pakai seperti; masker, kaca mata *googles*, sarung tangan, tabung oksigen, sepatu, topi, helmet dan lain sebagainya.



Gambar 3. Pakaian Pelindung Diri Pekerja pada Industri Konstruksi

6. Pemeriksaan Kesehatan Sebelum Kerja

- Pemeriksaan terhadap kesehatan pekerja sebelum masuk bekerja dimaksudkan untuk mengetahui calon pekerja, apakah kondisi kesehatannya telah sesuai dengan pekerjaan yang akan diberikan (lolos uji fisik dan mental yang dilakukan oleh dokter).

7. Pemeriksaan Kesehatan Secara Berkala

- Pemeriksaan secara berkala terhadap kesehatan setiap pekerja dimaksudkan untuk mengevaluasi kesehatan para pekerja. Pemeriksaan kesehatan para pekerja terkait dengan vektor penyakit di tempat kerja atau di lingkungan kerja, gangguan kesehatan akibat kerja. Pemeriksaan kesehatan secara berkala

dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat kelainan pada tubuh pekerja selama mereka bekerja.

8. Pemberitahuan dan Penjelasan tentang Peraturan Kerja Sebelum Melakukan Kerja

- Pemberitahuan kepada seluruh pekerja dan memberikan penjelasan tentang peraturan kerja atau *standard operational procedure* (SOP), dimaksudkan untuk mengingatkan para pekerja untuk selalu mematuhi dan mentaati semua peraturan kerja. Hal ini dimaksudkan agar para pekerja selalu bekerja hati-hati agar terhindar dari bahaya kecelakaan kerja dan penyakit yang ditimbulkan akibat kerja.

9. Pendidikan dan Latihan Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja

- Memberikan pendidikan dan pelatihan secara berkala terkait dengan aspek keselamatan dan kesehatan kerja agar pekerja selalu hati-hati dan waspada dalam setiap saat melaksanakan pekerjaannya.

Kemampuan Kerja

Kapasitas kerja adalah tingkat kemampuan kerja dari seseorang tenaga kerja untuk dapat melaksanakan pekerjaannya dengan baik dan dalam keadaan selamat serta kesehatan tubuh yang baik.

Tingkat kemampuan tenaga kerja untuk melakukan pekerjaan sesuai bidangnya dapat dinilai dari aspek:

1. Keterampilan tenaga kerja dalam bekerja
2. Keserasian tenaga kerja dengan alat dan teknologi serta lingkungannya dalam bekerja
3. Keadaan gizi tenaga kerja pada saat bekerja
4. Jenis kelamin tenaga kerja
5. Usia tenaga kerja
6. Ukuran tubuh dan atau postur tubuh tenaga kerja

Keselamatan dan Kesehatan Industri Manufaktur

Keselamatan dan kesehatan kerja (K₃) adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja (Permenaker No. 5 tahun 2018 tentang K₃).

Definisi industri adalah aktivitas atau kegiatan yang merubah (*transform*) *material* (bahan baku) dan *energy* menjadi *product* (barang jadi atau barang ½ jadi) dan atau jasa (*sevices*). Industri manufaktur adalah aktivitas atau kegiatan yang mentransformasikan material dan energy menjadi produk. Sedangkan industri jasa adalah aktivitas atau kegiatan yang transformasi material & atau energy menjadi *services* (pelayanan, pariwisata, perhotelan, perbankan, rumahsakit, transportasi, ekonomi kreatif, music, teater dan lain sebagainya). Manufaktur adalah kegiatan industry yang merubah *material* menjadi *product* (barang jadi) menggunakan system perakitan.

Di dalam ilmu keselamatan dan kesehatan industri (*industrial safety and health*) terdapat 3 (tiga) disiplin ilmu yang terlibat yaitu:

1. Safety Engineering.
2. Industrial Medicine.
3. Industrial Hygiene.

Safety Engineering ilmu keselamatan dan kesehatan kerja yang berkaitan dan berhubungan dengan 3 (tiga) hal yaitu:

1. *Safe Construction* yaitu keterkaitan antara aspek keselamatan pekerja dengan bentuk konstruksi mesin, peralatan kerja dan lingkungan kerja.

2. *Safe Work Processes* yaitu keterkaitan antara aspek keselamatan pekerja dengan bentuk kerja, cara kerja, cara kerja mesin, peralatan kerja dan lingkungan kerja.
3. *Safe Practices* yaitu keterkaitan antara aspek keselamatan pekerja dengan pelatihan-pelatihan kerja pada operasional mesin, peralatan kerja dan lingkungan kerja.

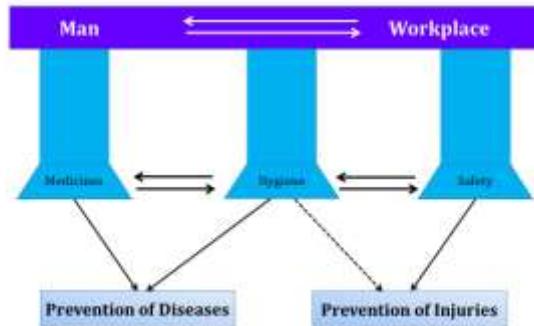
Industrial Medicine ilmu keselamatan dan kesehatan kerja yang berkaitan dan berhubungan dengan kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

1. Mengevaluasi kemampuan pekerja untuk melakukan pekerjaannya.
2. Memonitor dan menjaga kesehatan pekerja dengan mengurangi risiko pekerjaan yang berakibat pada kecelakaan kerja dan penyebaran penyakit akibat kerja.
3. Membantu mengurangi beban psikologis yang berkaitan dengan bidang pekerjaan.
4. Memberikan saran kepada pimpinan manajemen tentang dengan masalah-masalah keselamatan dan kesehatan di tempat kerja dan proses-proses kerja yang terkait dengan ancaman keselamatan kerja.

Industrial Hygiene adalah ilmu keselamatan dan kesehatan kerja yang berkaitan dan berhubungan dengan kegiatan industri:

1. Rekognisi atau pengenalan terhadap sumber-sumber bahaya kerja industri dan dan ancaman kesehatan manusia (pekerja dan masyarakat) di lingkungan industri.
2. Mengantisipasi sumber-sumber bahaya yang timbul di lingkungan kerja industri.
3. Mengevaluasi sumber bahaya di lingkungan industri.
4. Mengontrol sumber bahaya pada:
 - a. Pada input bahan baku utama, bahan baku pembantu, mesin dan peralatan produksi serta peralatan kerja;

- b. Pada sumber pemicu timbulnya polutan (*energy-lost*) dan limbah (*waste = material use-less*) aktivitas proses produksi.



Gambar 4. Hubungan Manusia dengan Lingkungan Kerja dan Tindak Pencegahan Bahaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Kemajuan dan kecanggihan berbagai teknologi industri ternyata menimbulkan dampak negative berupa:

1. Munculnya permasalahan-permasalahan baru pada lingkungan kehidupan.
2. Munculnya kasus berisiko tinggi pada manusia (pekerja dan masyarakat) dan lingkungan hidup.
3. Banyaknya terjadi kasus kecelakaan kerja yang merugikan masyarakat.
4. Munculnya berbagai bencana pada manusia dan lingkungan hidup.

Dampak kemajuan dan kecanggihan teknologi industri ternyata telah menimbulkan dampak negative berjangka panjang terhadap:

1. Penurunan derajat kesehatan manusia (pekerja dan masyarakat) serta kesehatan lingkungan;
2. Penurunan tingkat kesejahteraan manusia (pekerja dan masyarakat);

3. Penurunan kuantitas dan kualitas air, penurunan kualitas udara, dan penurunan kualitas tanah beserta kualitas biota (flora-fauna-mikrobiologi) yang hidup di dalamnya.



Gambar 5. Konsep Upaya Penerapan Higiene Industri

Mengenal Bentuk Pekerjaan dan Lingkungan Kerja

Mengenal secara jelas bahaya lingkungan yang berhubungan dengan pekerjaan (*work operation* dan *standard operational procedures* = SOP) dan pemahaman terhadap efek atau dampak negative akibat kerja terhadap para pekerja maupun masyarakat di sekitarnya

Tujuan pengenalan bentuk-bentuk pekerjaan dan lingkungan kerja industri adalah untuk mengetahui:

1. Jenis dan besarnya risiko bahaya yang akan timbul baik bahaya kesehatan maupun ancaman/bahaya kecelakaan dalam bekerja.
 - a. Jenis bahaya secara fisika-kimia-biologi-ergonomic, dan lain sebagainya.

- b. Besar bahaya; konsentrasi/kadar (*concentrate - dose*) yang terdapat di dalam media lingkungan kerja (air, udara, biologi, tanah).
2. Sumber bahaya dan area kerja yang berisiko:
 - o Sumber bahaya pada material, proses produksi, kerja mesin dan peralatan lainnya.
3. Pekerja yang akan terkena risiko atau pekerja yang berisiko:
 - a. Pekerja
 - b. Unit kerja

Metode yang dapat digunakan untuk mengenali dan atau mengetahui tipologi pekerjaan dan lingkungan kerja:

1. Buku laporan data kecelakaan kerja; laporan ini dapat digunakan untuk mengantisipasi kejadian kecelakaan pada setiap area bahaya. Laporan tentang bagaimana proses terjadinya bahaya dan pekerja yang berpotensi dapat digunakan untuk mengantisipasi terjadinya kecelakaan kerja.
2. Buku laporan hasil-hasil pemeriksaan fisik setiap pekerja; materi laporan ini dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi kondisi-kondisi kronis.
3. Pengumuman kepada karyawan; dokument dan pengumuman ataupun pemberitahuan tentang pengelolaan lingkungan kerja, pada beberapa kasus berguna untuk kegiatan sosialisasi K₃;
4. Inspeksi ke lapangan; untuk melakukan pengecekan terhadap mesin dan proses-proses produksi oleh para ahli, atau inspeksi langsung keliling lingkungan kerja untuk memperoleh informasi terkait aspek K₃;
5. Melakukan diskusikan dengan para tenaga ahli, baik ahli industri, ahli permesinan, ahli lingkungan, dan ahli kesehatan untuk mencari solusi mengatasi permasalahan keselamatan dan kesehatan kerja (K₃).

6. dan lain sebagainya

Tindakan Antisipasi:

Antisipasi adalah serangkaian tindakan kegiatan yang dilakukan untuk mengantisipasi kemungkinan-kemungkinan potensi bahaya yang ada di tempat kerja dan potensi bahaya yang akan muncul secara tiba-tiba pada saat bekerja. Adapun cara-cara melakukan antisipasi kemungkinan-kemungkinan potensi bahaya kerja antara lain adalah:

1. Menentukan lingkup masalah K₃ yang akan dibahas;
 - a. Area atau wilayah kerja.
 - b. Jenis-jenis bahaya kerja yang akan timbul.
 - c. Pekerja yang akan terkena bahaya.
2. Mengumpulkan data potensi bahaya berdasarkan atas;
 - a. Data primer: hasil-hasil observasi, hasil sampling dan pengujiannya, hasil analisis kuesioner yang telah disebar sebelumnya.
 - b. Data sekunder: hasil riset yang relevan dengan konteks K₃, studi literature, kajian terhadap berbagai laporan penelitian lainnya.
3. Membuat laporan tertulis yang berisi antara lain;
 - a. Berupa daftar seluruh potensi bahaya
 - b. Hasil analisis data berupa matriks yang menghubungkan antara factor lingkungan kerja dengan bahaya atau tidak ada bahaya.

Tindakan Evaluasi:

Tindakan evaluasi adalah melakukan pengukuran dan analisis (insitu, lapangan, laboratorium) terhadap bahaya-bahaya (*hazardous*) yang terdapat di tempat kerja/lingkungan kerja.

Tindakan Pengendalian:

Adalah tindakan koreksi terhadap bahaya-bahaya (*hazards*) yang **teridentifikasi** sebelumnya, dan melakukan langkah-langkah perbaikan.

Tujuan Higiene Industri:

1. Sebagai alat untuk mencapai derajat kesehatan pekerja yang setinggi-tingginya, sehingga dapat dicapai pula “kesejahteraan pekerja” (sejahtera ekonomi dan sejahtera social, sejahtera bathin, sehat).
2. Sebagai alat untuk meningkatkan produksi yang berlandaskan pada meningkatnya “efisiensi kerja” dan “produktivitas kerja” (pekerja dan industri). Pekerja bertindak efisien dan efektif, serta produktif. Industri beroperasi dengan efisien-efektif dan produktif. Sehingga pekerja dan perusahaan industri sama-sama memperoleh keuntungan ekonomi dan sehat (simbiosis mutualisme).
3. Tenaga kerja/pekerja terlindung dari berbagai risiko akibat bahaya lingkungan kerja. Pekerja sehat/tidak celaka akan menghemat biaya berobat, dan perusahaan/industri memperoleh predikat “*zero accident*” yang akan meningkatkan daya saing industri di dunia internasional.

Terdapat beberapa alasan mengapa perlu mempelajari Higiene Industri:

1. Bahwa bahaya selalu ada dan mengancam pekerja di tempat kerja setiap saat.
2. Bahwa pekerja adalah merupakan *asset (modal capital)* perusahaan industri.
3. Bahwa banyak kejadian atau kasus penyakit dan *injury* (celaka atau cedera) terjadi akibat bekerja di dunia industri.
4. Bahwa apabila efisiensi kerja pekerja menurun, maka efisiensi industri juga ikut menurun, sehingga perusahaan industri akan merugi.
5. Bahwa apabila produktivitas pekerja menurun, maka produktivitas industri juga ikut menurun, sehingga perusahaan industri akan merugi.

6. Bahwa perusahaan industri akan mengalami kerugian yang tidak ternilai jumlahnya jika terjadi peningkatan kasus penyakit akibat kerja dan meningkatnya ketidakhadiran (*absent*) pekerja karena sakit yang diakibatkan oleh bahaya yang timbul/terjadi di tempat kerja.
7. Peraturan perundangan mengharuskan perusahaan industri untuk meningkatkan kesehatan pekerja.
8. Bahwa mengabaikan hak pekerja untuk tetap sehat berarti melanggar HAM (hak asasi manusia).
9. Bahwa higiene industri merupakan salah satu metode yang efektif untuk mengelola lingkungan kerja dan pekerja dalam upaya menekan tingkat kejadian *injury* (kecelakaan atau cedera) dan penyakit akibat kerja (PAK).

Kesehatan Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur

Kesehatan lingkungan kerja industri adalah derajat kesehatan komponen-komponen lingkungan (udara, air, tanah, biota) di sekitar area kerja lingkungan industri yang dapat mempertahankan dan meningkatkan derajat kesejahteraan para pekerja.

Sejarah perkembangan industri dan tenaga kerja; bahwa manusia dalam peradabannya selalu berusaha untuk meningkatkan kesejahteraan hidupnya. Melihat perkembangan industri dan kegiatan produksi batang, mulai dari kegiatan produksi rumah tangga (*home industry*), produksi industri kerajinan (*hand-made industry*) sampai pada kegiatan industri dengan produksi sistem pabrik modern. Revolusi industri ditandai dengan adanya penggunaan mesin-mesin serba cepat dan teknologi canggih, sehingga membutuhkan banyak bahan baku (sumber daya alam) dan membutuhkan banyak tenaga kerja (sumber daya manusia). Keadaan ini berakibat terjadinya angka kecelakaan kerja sangat tinggi dan munculnya berbagai penyakit akibat kerja (PAK).

Definisi Kesehatan Kerja menurut komisi gabungan *international labour organization* dan *world health organization* (ILO/WHO) tahun 1995 adalah: suatu upaya untuk mempertahankan dan meningkatkan derajat kesejahteraan fisik, mental dan sosial yang setinggi-tingginya

bagi pekerja di semua jabatan, pencegahan penyimpangan kesehatan diantara pekerja yang disebabkan oleh kondisi pekerjaan, perlindungan pekerja dalam pekerjaannya dari risiko akibat faktor yang merugikan kesehatan, penempatan dan pemeliharaan pekerja dalam suatu lingkungan kerja yang diadaptasikan dengan kapabilitas fisiologi dan psikologi; dan diringkaskan sebagai adaptasi pekerjaan kepada manusia dan setiap manusia kepada jabatannya.

Fokus utama upaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah untuk mencapai tiga tujuan :

1. Mempertahankan dan meningkatkan derajat kesehatan pekerja dan meningkatkan produktivitas serta efisiensi dalam bekerja dan berkarya.
2. Memperbaiki kondisi lingkungan kerja dan pekerjaan yang mendukung K₃.
3. Mengembangkan organisasi kerja dan budaya kerja ke arah yang mendukung K₃ di tempat kerja dan dalam mengerjakan yang demikian itu juga meningkatkan suasana sosial yang positif dan operasi yang lancar dan dapat meningkatkan produktivitas perusahaan.

Kesehatan kerja dalam sistemnya terdiri atas 4 (empat) sub-sistem:

1. Promosi Kesehatan Pekerja,
2. Higiene Industri,
3. Ergonomi Industri,
4. Pengembangan Organisasi Kerja dan Budaya Kerja yang mendukung kesehatan

Penyakit Akibat Kerja

Penyakit akibat kerja (PAK) adalah penyakit yang disebabkan oleh berbagai faktor berbahaya yang ada di dalam lingkungan kerja industri. Secara umum potensi bahaya lingkungan kerja bersumber dari 3 (tiga) factor umum yaitu:

1. Factor teknis; yaitu bahaya yang berasal dari penggunaan peralatan kerja dan cara melakukan pekerjaan itu sendiri.

2. Factor lingkungan; yaitu bahaya yang berasal dari penggunaan bahan baku produksi, bahan baku pembantu, proses produksi, hasil produksi, limbah dan polutan.
3. Factor manusia; yaitu kesehatan pekerja yang tidak berada dalam kondisi kesehatan primer.

Ditinjau dari sejarah, bahwa penyakit akibat kerja telah diketahui sejak lama yaitu:

1. Pada masa kerajaan Mesir kuno misalnya; ditemukan bahwa kesehatan para petani dan kesehatan para pekerja pencelupan tekstil, ternyata mereka menderita penyakit yang sama.
2. Pada masa kerajaan Yunani dan Romawi kuno misalnya; telah terjadi keracunan Pb (racun timah hitam), keracunan Co (copper = racun tembaga) pada para pekerja tambang.
3. Paracelsus; yang merupakan ahli kesehatan industri pertama di dunia telah menemukan berbagai jenis penyakit akibat pengaruh logam berat.
4. Bernardino Ramazzini; ahli ilmu kesehatan kerja, telah menulis buku yang membahas tentang “penyakit akibat kerja dan cara pencegahannya”
5. Dengan adanya masa revolusi industri yang menimbulkan berbagai masalah lingkungan, maka muncul pemikiran-pemikiran untuk membuat aturan-aturan guna mempertahankan dan meningkatkan kesejahteraan para pekerja industri.

Perbedaan antara penyakit akibat kerja (*occupational disease*) dengan penyakit karena hubungan kerja (*work related disease*) adalah sebagai berikut:

1. Penyakit Akibat Kerja (*occupational disease*)
 - a. Factor pekerjaan menjadi factor etiologi yang predominant
 - b. Berkaitan antara penyebab dan efek (sebab-akibat) antara potensi bahaya dan penyakit.

- c. Factor penyebab murni dari pekerjaan dan lingkungan kerja.
- d.
- 2. Penyakit Karena Hubungan Kerja (work related disease)
 - a. Factor pekerjaan berinteraksi dengan factor-faktor lain sehingga timbul penyakit.
 - b. Factor penyebab merupakan multi factorial (penyebab ganda atau kompleks)

Higiene Industri:

Hygiene industri adalah ilmu yang berupaya untuk mempelajari, mengevaluasi dan mengontrol pengaruh-pengaruh dari lingkungan kerja industri yang menyebabkan timbulnya berbagai penyakit, gangguan pada kesehatan, ancaman keselamatan, kenyamanan bekerja para pekerja tersebut.

Dengan adanya hygiene industri, maka dilakukanlah penilaian-penilaian terhadap faktor-faktor penyebab penyakit dalam lingkungan kerja industri melalui pengukuran yang hasilnya dapat digunakan sebagai dasar tindakan korektif terhadap lingkungan kerja industri.

Kesehatan Kerja Industri:

Bertujuan untuk memperoleh derajat kesehatan setinggi-tingginya (bagi pekerja industri), dengan usaha-usaha preventif dan kuratif terhadap penyakit dan gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh faktor-faktor pekerjaan dan lingkungan kerja

Tujuan Utama Kesehatan Kerja Industri:

- 1. Sebagai alat untuk dapat mencapai derajat kesehatan tenaga kerja yang setinggi-tingginya dan kasus kecelakaan kerja yang serendah-rendahnya berlangsung secara berkelanjutan.

2. Sebagai alat untuk meningkatkan produksi dan produktivitas serta kesejahteraan pekerja secara berkelanjutan dengan memperhatikan lingkungan kerja yang memenuhi persyaratan K₃.

Gangguan Kesehatan dan Daya Kerja

Agar pekerja berada dalam keserasian yang sebaik baiknya, maka perlu adanya keseimbangan di antara:

1. Beban kerja (fisik, mental, sosial, ekonomi, budaya)
2. Beban tambahan akibat dari lingkungan kerja fisik, kimia, biologi, fisiologis, mental psikologis
3. **Kapasitas kerja** (tergantung keterampilan, keserasian-fitness, keadaan gizi, jenis kelamin, usia, dan ukuran tubuh).

Timbulnya penyakit akibat kerja pada lingkungan industri dapat dikelompokkan dalam berbagai akibat:

1. Akibat Pengaruh Lingkungan Fisik
2. Akibat Pengaruh Lingkungan Kimia
3. Akibat Pengaruh Lingkungan Biologi (infeksi)
4. Akibat Pengaruh Fisiologi
5. Akibat Pengaruh Mental Psikologis

Penyebab Timbulnya Penyakit akibat kerja dapat dikelompokkan dalam:

1. **Akibat Pengaruh Lingkungan fisik:**
 - a. Suara (pekak, tuli)
 - b. Radiasi sinar radioaktif (kulit, susunan darah)
 - c. Radiasi infra merah (katarak pada lensa)
 - d. Suhu (heat stroke, frost bite)
 - e. Sinar (penerangan lemah, kelainan pada mata dan kelelahan, penerangan karena silau, mudah kecelakaan).

2. **Akibat Pengaruh Lingkungan Kimia:**
- a. Debu: pneumoconiosis (silicosis, asbestosis)
 - b. Uap: metal fume fever, penyakit kulit, keracunan
 - c. Gas CO: kurang O₂ terbentuk carboxy haemoglobine
 - d. Larutan: penyakit kulit



Gambar 6. Kegiatan Industri Manufaktur Mengeluarkan Debu Logam



Gambar 7. Kegiatan Industri Manufaktur Mengeluarkan Gas



Gambar 8. Kegiatan Industri Manufaktur Mengeluarkan Gas

3. **Akibat Pengaruh Lingkungan Biologi:** infeksi penyakit kulit yang disebabkan oleh bibit penyakit anthrax dan brucella pada pekerja industri penyamakan kulit, industri kulit dan industri kerajinan kulit.
4. **Akibat Pengaruh Lingkungan fisiologis:** yang diakibatkan oleh peralatan yang tidak anatomis, akan melelahkan dan merubah fisik pekerja.
5. **Akibat Pengaruh mental, psikologis:** yang diakibatkan oleh hubungan kerja yang tidak baik, membosankan (kerja monoton).

Diagnosa penyakit yang diakibatkan oleh lingkungan kerja (PAK) adalah berbeda dengan diagnosa penyakit umum. Pemeriksaan klinis terhadap para pekerja tidaklah cukup, dan harus pula diteliti **tempat** kerja dan **cara** kerja pekerja, melakukan wawancara dan mengisi kuesioner untuk mengetahui keadaan pekerja sebelum kerja, mempelajari bagaimana kebiasaan hidup para pekerja (merokok, alkohol,

kopi, narkoba dan hal lain yang mendukung diagnose penyakit).

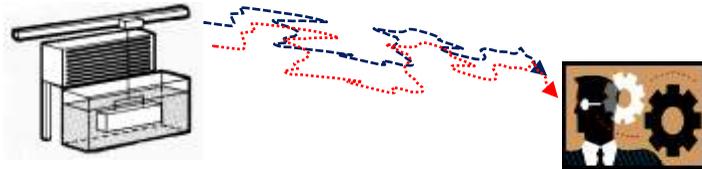
Langkah-langkah Penelitian PAK

1. **Riwayat penyakit dan riwayat pekerjaan**, diteliti sejak timbul gejala sejak dini dan perkembangan penyakit selanjutnya yang dikaitkan dengan pekerjaan (sejak awal, sebab ada kemungkinan dapat diakibatkan oleh pekerjaan terdahulu, sebelumnya).
2. **Pemeriksaan klinis**, untuk menentukan tanda dan gejala yang sesuai suatu sindrom, contoh: *Pneumoconiosis*, keracunan Pb (noda timah hitam pada gusi).
3. **Pemeriksaan laboratorium** untuk memastikan dugaan yang diperoleh dari pemeriksaan klinis, dengan memeriksa darah, air seni, faeces dll, Rontgen, untuk menentukan penyakit paru-paru *pneumo-coniosis*).
4. **Pemeriksaan ruang kerja** yang ada kaitannya dengan penyebab penyakit dari lingkungan kerja, contoh *pneumoconiosis* harus diteliti kadar debu yang terkandung dalam udara di daerah pernafasan pekerja (*breathing zone*) diameter 5-10 micron.

Tabel 1. Metodologi Pengawasan Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur

Pada Sumber	Di Lingkungan Kerja	Pada Penerima
Substitusi bahan	Pemeliharaan lingkungan agar bersih (<i>good house keeping</i>)	Berikan training, penyuluhan
Perubahan proses produksi	Bangun/dibuatkan ventilasi umum	Rotasi pekerja
Menghentikan proses produksi	Perlebar jarak sumber dan penerima	Ruangan khusus (AC)
Isolasi proses produksi	Kontrol terus menerus	Pasang alat pemantauan (<i>film badge</i>)

Metoda basah	Program maintenance terus menerus	Perlindungan individu (<i>respirator</i>)
	Pembatas/ penghalang	Pemeliharaan kesehatan



Gambar 9. Mekanisme Paparan Polutan Udara

Bagaimana caranya melakukan pengontrolan lingkungan kerja selama periode pekerjaan itu berlangsung (dikaitkan dengan risiko yang terjadi apabila penanganannya kurang benar). Di dalam pengawasan, akan dibahas mengenai potensi dari risiko-risiko yang ditemukan dalam kegiatan industri terhadap kesehatan pekerja dan usaha-usaha yang perlu dilakukan untuk mengurangi risiko tersebut sekecil mungkin.

Kompetensi yang harus dimiliki oleh Peneliti PAK

1. Mampu **mengenal** faktor-faktor lingkungan kerja **industri** yang memberikan pengaruh kepada: kesehatan pekerja, kenyamanan bekerja.
2. Mampu **mengevaluasi** lingkungan kerja tersebut yaitu dengan melalui pengukuran-pengukuran.
3. Menyimpulkan apa yang diperlukan untuk **mengurangi/mengontrol** pengaruh-pengaruh tersebut.

Aspek Jenis/Bidang Pekerjaan

1. Mengenali lingkungan kerja dan bagaimana pengaruhnya terhadap kesehatan pekerja yang dapat dikelompokkan dalam 4 kategori.

- a. Aspek Kimia: cair, debu, asap, uap, gas
 - b. Aspek Fisika: elektromagnet, radiasi, ionisasi, bising, vibrasi, panas, tekanan
 - c. Aspek Biologi: insekta, fungi, bakteri, virus, infeksius
 - d. Aspek Ergonomi: hubungan antara alat yang digunakan pekerja, disesuaikan dengan organ tubuh (bentuk), kerja monoton.
2. Melakukan evaluasi terhadap hasil penelitian lingkungan kerja dan memberikan pendapat usulan perbaikan yang disesuaikan dengan standar yang berlaku.
 3. Melakukan kontrol/pengawasan terhadap bahaya yang timbul pada lingkungan kerja.

Aspek Pelaksanaan pekerjaan

1. Pengumpulan data primer dan sekunder dari industri yang bersangkutan
2. Analisis data dan rekomendasi dari hasil data yang diperoleh
3. Penentuan hal-hal yang perlu dilakukan melalui pengontrolan dan pengukuran
4. Tindakan yang perlu diambil sehubungan dengan hasil pengukuran yang dilakukan.

Penyakit Akibat Kerja di Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur

Berdasarkan Surat Keputusan Presiden Indonesia Nomor 22 Tahun 1993 Tentang Penyakit Yang Timbul Karena Hubungan Kerja, maka berikut ini adalah sebanyak 31 kelompok Penyakit Akibat Kerja (PAK) yang sering terjadi pada lingkungan kerja di Indonesia.

1. Penyakit Pneumokoniosis yang disebabkan debu mineral pembentuk jaringan parut (silikosis, antrakosilikosis, asbestosis) dan silikotuberkulosis yang silikosisnya merupakan faktor utama penyebab cacat atau kematian.
2. Penyakit paru dan saluran pernafasan (bronhopulmoner) yang disebabkan oleh debu logam keras/logam berat.
3. Penyakit paru dan saluran pernafasan (bronhopulmoner) yang disebabkan oleh debu kapas, flag, henep, dan sisal (*bissinosis*).
4. Asma akibat kerja yang disebabkan oleh penyebab sensitisasi dan zat perangsang yang dikenal yang berada dalam proses pekerjaan.
5. Alveolitis allergika yang disebabkan oleh faktor dari luar sebagai akibat penghirupan debu organik.
6. Penyakit yang disebabkan berilium atau persenyawaannya yang beracun.
7. Penyakit yang disebabkan cadmium (Cd) atau persenyawaannya yang beracun.
8. Penyakit yang disebabkan fosfor (P) atau persenyawaannya yang beracun.
9. Penyakit yang disebabkan oleh khrom (Cr-6) atau persenyawaannya yang beracun.
10. Penyakit yang disebabkan oleh mangan (Mn) atau persenyawaannya yang beracun.

11. Penyakit yang disebabkan oleh arsen (As) atau persenyawaannya yang beracun.
12. Penyakit yang disebabkan oleh air raksa (Hg) atau persenyawaannya yang beracun.
13. Penyakit yang disebabkan oleh timbal (Pb) atau persenyawaannya yang beracun.
14. Penyakit yang disebabkan oleh flour (F) atau persenyawaannya yang beracun.
15. Penyakit yang disebabkan oleh karbon disulfide (CS₂).
16. Penyakit yang disebabkan oleh derivate halogen dari persenyawaan hidrokarbon alifatik atau aromatic yang beracun.
17. Penyakit yang disebabkan oleh benzene atau homolognya yang beracun.
18. Penyakit yang disebabkan oleh derivate nitro dan amina dari benzene atau homolognya yang beracun.
19. Penyakit yang disebabkan oleh nitrogliserin atau ester asam nitrat lainnya.
20. Penyakit yang disebabkan oleh alcohol, glikol, atau keton.
21. Penyakit yang disebabkan oleh gas atau uap penyebab asfiksia atau keracunan seperti karbon monoksida (CO), hidrogensianida (HCN), hidrogen sulfide, atau derivatnya yang beracun, amoniak (NH₃), seng (Zn), braso, dan nikel (Ni).
22. Kelainan pendengaran yang disebabkan oleh kebisingan.
23. Penyakit yang disebabkan oleh getaran mekanik (kelainan-kelainan otot, urat, tulang persendian, pembuluh darah tepi atau syaraf tepi).
24. Penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan dalam udara yang bertekanan lebih.
25. Penyakit yang disebabkan oleh radiasi elektromagnetik dan radiasi mengion.
26. Penyakit kulit (dermatosis) yang disebabkan oleh penyebab fisik, kimiawi, atau biologik.
27. Kanker kulit epiteloma primer yang disebabkan oleh ter, pic, bitumen, minyak mineral, antrasena atau persenyawaan, produk atau residu dari zat tersebut.

28. Kanker paru atau mesotelioma yang disebabkan oleh asbes.
29. Penyakit infeksi yang disebabkan oleh virus, bakteri atau parasit yang didapat dalam suatu pekerjaan yang memiliki resiko kontaminasi khusus
30. Penyakit yang disebabkan oleh suhu tinggi atau rendah atau panas radiasi atau kelembaban udara tinggi
31. Penyakit yang disebabkan bahan kimia lainnya termasuk obat-obatan.

Higiene Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur

Higiene Industri adalah ilmu pengetahuan yang membahas tentang kesehatan lingkungan industri yang meliputi tahapan-tahapan rekognisi (*recognize*) atau pengenalan, antisipasi, evaluasi, dan pengendalian terhadap factor-factor lingkungan kerja industry yang berpengaruh terhadap K₃, sehingga para pekerja/buruh dan termasuk masyarakat sekitar lingkungan industri dapat terhindar dari dampak negative penggunaan bahan baku, alat peralatan teknologi mesin, proses-proses produksi dan peralatan kerja industry dan manufaktur.

Ilmu pengetahuan tentang Hygiene Industri muncul sebagai akibat adanya kesenjangan antara pertumbuhan ekonomi yang baik dengan angka kecelakaan kerja yang relative tinggi dan angka kesakitan akibat kerja cukup tinggi pada lingkungan kerja industry dan manufaktur. Pertumbuhan ekonomi disebabkan oleh adanya penambahan penduduk (*population*), kenaikan permintaan produksi barang dan realisasi kenaikan produksi (*production*), peningkatan penggunaan energy (*power*), perluasan penggunaan lahan (*land-use*) dan semakin bertambah banyaknya jumlah limbah dan zat pencemar (*waste and pollution*) yang timbulkan oleh kegiatan industri.

Konsep hygiene industry terdiri atas 3 tahapan kegiatan yaitu:

1. Pengenalan lingkungan industry
2. Penilaian lingkungan industry
3. Pengendalian lingkungan industri

Mengenali dan mengetahui bahaya Faktor Lingkungan Kerja Industri dan manufaktur.

Pengenalan terhadap factor-factor yang ada di lingkungan kerja industry dan manufaktur, timbul sebagai akibat penggunaan teknologi proses produksi yang meliputi; pengetahuan dan pengertian tentang berbagai jenis bahaya

dan pengaruh atau akibat yang dapat ditimbulkan kepada kesehatan tenaga kerja pabrik/manufaktur/industry, maupun masyarakat konsumen produk industry.

Untuk Mengetahui Bahaya Faktor Lingkungan Kerja Industri, para pekerja perlu mempelajari:

1. Diagram alir kegiatan operasional industry dan proses-proses produksi.
2. Kondisi lingkungan kerja kegiatan operasional industry dan proses produksi (pada setiap tahapan kerja/proses produksi).
3. Jenis, sifat dan karakteristik bahan baku utama, bahan baku pembantu, produk hasil antara (produk setengah jadi) produk samping, hasil produk finishing (*final product*), dan sisa produksi atau limbah padat/cair/gas/pollutant yang timbul selama proses produksi maupun pada system industri.
4. *Standard Operational Procedure* (SOP) melakukan kerja, SOP produksi, Jurnal-jurnal teknik, jurnal industry terkait.
5. Keluhan dari tenaga kerja, keluhan dari tetangga/masyarakat di sekitar pabrik/industry, keluhan dari konsumen penerima produk.

Dalam mengenali lingkungan industri perlu memperhatikan aspek-aspek sebagai berikut:

1. Teknologi dan alat-peralatan penanggulangan apa saja yang sudah tersedia dan dipergunakan?
2. Bentuk bahan baku utama (material), bahan baku pembantu (material) yang digunakan industry dan bagaimana material tersebut digunakan/diproses.
3. Berapa orang jumlah tenaga kerja yang terpapar dan bekerja di setiap tahapan proses produksi?

Manfaat yang diperoleh pada saat mengenali lingkungan kerja industri adalah:

1. Mengetahui secara kualitatif factor bahaya lingkungan kerja pabrik/manufaktur/industry.

2. Mengetahui tindakan lebih lanjut (misal; mengukur, pengukuran dan menentukan alat ukur serta metode ukur).
3. Mengetahui secara kuantitatif jumlah pekerja yang terpajan factor bahaya lingkungan kerja pabrik/manufaktur/industry.

Penilaian terhadap Lingkungan Kerja Industri:

Penilaian terhadap Lingkungan Kerja Industri pada konteks K₃ dimaksudkan untuk mengetahui secara kualitatif tingkat bahaya dari suatu factor bahaya lingkungan kerja yang timbul dengan metode pengukuran, pengambilan sampel (sampling) serta analisis di laboratorium, kemudian dibandingkan dengan NAB (nilai ambang batas) sebagai Standar Baku Mutu.

Manfaat yang dapat diperoleh dari adanya kegiatan penilaian lingkungan kerja industri adalah:

1. Sebagai dasar untuk menyatakan kondisi kualitas lingkungan kerja industri (risiko dan bahaya K₃).
2. Sebagai dasar untuk menerapkan teknik pengendalian bahaya lingkungan kerja industri, dan untuk meminimumkan dampak negative dari pengaruh lingkungan/teknologi/alat-peralatan kerja.
3. Sebagai dasar untuk perencanaan (merencanakan) penggunaan alat-alat penanggulangan (kontrol) bahaya lingkungan kerja industri.
4. Sebagai dasar untuk membantu (analisis korelasi) mengkorelasikan penyakit dengan lingkungan kerja.
5. Sebagai dokumen untuk inspeksi, monitoring, evaluasi system kerja dalam lingkungan industri.

Maksud diadakannya penilaian terhadap kondisi lingkungan kerja kndustri:

1. *Engineering Surveillance*; yaitu untuk mengetahui efektivitas teknologi/mesin dan alat-alat peralatan kerja tersebut dalam meminimumkan bahaya lingkungan kerja industry.

2. Legal Surveillance; untuk memeriksa apakah telah dipatuhinya atau telah ditaatinya dana tau telah dilaksanakannya peraturan-perundangan K3.
3. Epidemiolog dan Penelitian Medis; untuk mengetahui kadar/jumlah zat/jumlah pencemar/keadaan yang representative mewakili kondisi lingkungan kerja industry dimana pekerja melaksanakan pekerjaan.

Pengendalian lingkungan kerja industri dimaksudkan untuk:

1. Penerapan metode dan teknik tertentu untuk meminimumkan tingkat factor bahaya lingkungan kerja industry sampai batas yang masih dapat ditolerir oleh manusia dan lingkungannya dengan Nilai Ambang Batas (NAB).
2. Nilai Ambang Batas Bahan Kimia adalah batas kadar rata-rata dari bahan kimia dalam lingkungan kerja industry, agar tenaga kerja yang bekerja paling lama 8 jam/hari dan atau 40 jam/minggu tidak mengalami gangguan kesehatan ataupun gangguan kenyamanan kerja.

Teknik dan Metode Pengendalian Lingkungan Kerja Industri:

1. Pengendalian Secara Teknis; melalui tindakan teknis dan menggunakan peralatan mekanik guna meniadakan/meminimumkan potensi bahaya lingkungan kerja industry (dengan cara: eliminasi, isolasi, perbaikan proses, perubahan proses, pembuatan ventilasi, pemasangan alat pengaman).
2. Pengendalian Secara Administratif; menggunakan teknik manajemen/pengelolaan (mengatur rotasi kerja, mengatur route kerja, pelatihan tenaga kerja, pembatasan jumlah jam kerja di lingkungan tertentu).
3. Alat Pelindung Diri (APD); sebagai upaya terakhir dalam upaya melindungi tenaga kerja apabila pengendalian teknis dan administrative hasilnya belum optimal. Fungsi mengisolasi tenaga kerja dari sumber bahaya.

Faktor Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur

Industri adalah suatu aktivitas kegiatan yang mengolah (memproses) bahan mentah (*resources*) atau bahan baku menjadi barang-barang/produk jadi (*products*) ataupun jasa/layanan (*services*). Jadi, kegiatan industri adalah “menghasilkan produk/barang dan atau jasa/layanan”. Sedangkan manufaktur adalah suatu aktivitas kegiatan yang mengolah (memproses) bahan mentah (*resources*) atau bahan baku menjadi barang-barang/produk jadi (*products*).

Sesuai dengan hukum alam, bahwa segala sesuatu proses-proses kegiatan di muka bumi “tidak ada yang sempurna”, maka setiap kegiatan pasti menghasilkan “ketidaksempurnaan”. Ketidaksempurnaan dapat berakibat pada “Kecelakaan” dan “Kesakitan” “ketidakamanan”, “ketidanyaknyamanan” kerja di dalam lingkungan industri dan atau industri manufaktur tersebut.

Kegiatan apa sajakah yang masuk dalam kategori Industri dan atau industri manufaktur? berdasarkan definisi di atas maka yang termasuk kegiatan industri dan atau industri manufaktur adalah sebagai berikut:

1. Industri manufaktur: adalah kegiatan industri yang menghasilkan produk/benda/barang yang bermanfaat bagi konsumen/masyarakat.
2. Industri pariwisata: adalah kegiatan industri yang memberikan jasa/layanan lingkungan alam ataupun lingkungan buatan.
3. Industri perhotelan (hotel); adalah kegiatan yang menghasilkan layanan penginapan dan tempat peristirahatan.

4. Industri perbankan (bank); adalah kegiatan yang menghasilkan jasa atau layanan keuangan dan perbankan.
5. Industri tahu-tempe; adalah kegiatan yang menghasilkan produk tahu-tempe.
6. Industri jamu; adalah kegiatan yang menghasilkan produk obat-obatan berbentuk jamu.
7. Industri restoran; adalah kegiatan yang menghasilkan produk makanan dan minuman serta jasa jamuan dan makanan.
8. Industri konstruksi; adalah kegiatan yang menghasilkan produk bangunan gedung bertingkat, rumah, jembatan, mesin, peralatan, jalan, saluran air dan lain sebagainya.
9. Industri kimia; adalah kegiatan industry yang mengolah bahan-bahan kimia atau yang menghasilkan produk kimia.
10. Kegiatan-kegiatan lain sebagainya.

Kegiatan-kegiatan industri tersebut di atas yang menggunakan sumber daya alam dan lingkungan hidup, teknologi, peralatan kerja dan menghasilkan produk/barang dan atau jasa/layanan, berpotensi memberikan dampak negative terhadap keselamatan dan kesehatan para pekerja.

Kemudian, apa yang menjadi “masalah” (*problem*) di dalam atau pada kegiatan industry tersebut? Masalahnya adalah:

1. Terjadi kecelakaan kerja pada manusia akibat bekerja
2. Terjadi atau timbul penyakit pada manusia akibat bekerja.
3. Terjadi kesakitan (sakit) pada manusia seperti terpapar racun, radiasi, bising, panas, getaran yang menjadi bagian dari factor-faktor lingkungan kerja industri.

Sehingga dengan demikian maka kita harus mencari penyebab timbulnya masalah-masalah tersebut dan kemudian mencari solusi untuk meminimumkan masalah yang timbul atau risiko K_3 yang akan terjadi pada saat bekerja.

Hygiene industri adalah ilmu pengetahuan tentang kesehatan industri yang akan membahas bagaimana cara mengenali, mengetahui, mengevaluasi, mengendalikan/mengontrol, dan mengantisipasi faktor-faktor lingkungan kerja industri

(termasuk stress kerja) yang timbul di tempat kerja yang dapat mengakibatkan: ¹⁾“sakit/tidak sehat”, ²⁾“kecelakaan/tidak selamat”, ³⁾“ketidaknyamanan, ⁴⁾ketidaksejahteraan pada pekerja. Higiene industri tidak hanya terbatas untuk membahas aspek-aspek keselamatan dan kesehatan pada ¹⁾“pekerja” tetapi juga harus dikembangkan pada “konsumen” sebagai ²⁾“user” produk hasil industri, dan ³⁾“masyarakat” yang berada di sekitar pabrik/industri/manufaktur tersebut. Sehingga kegiatan industri harus mencegah terjadinya atau menimbulkan penyakit/sakit/kesakitan dan bahaya/kecelakaan pada masyarakat yang berada di lingkungan sekitar pabrik/industri/manufaktur tersebut.

Bagaimanakah cara mengelola faktor-faktor lingkungan kerja yang dapat mempengaruhi keselamatan dan kesehatan pekerja industri. Cara mengelola faktor-faktor lingkungan kerja industri adalah sebagai berikut:

1. Mengenali (kenal) seluruh faktor-faktor yang dapat menimbulkan permasalahan pada keselamatan dan kesehatan kerja (K₃) industri;
2. Mengetahui (tahu) secara detail penyebab timbulnya masalah-masalah pada keselamatan dan kesehatan kerja (K₃) industri;
3. Mengukur dan mengevaluasi (ukur dan evaluasi) faktor-faktor yang dapat menimbulkan permasalahan pada keselamatan dan kesehatan kerja (K₃) industri, melakukan sampling, dan melakukan analisis menggunakan standard-standard, baku mutu atau NAB (nilai ambang batas) yang berlaku sesuai regulasi/peraturan/hukum yang berlaku;
4. Mengantisipasi (antisipasi) dengan cara menghitung, mengukur dan memprediksi potensi bahaya dan risiko kerja (sakit-calaka) di lingkungan kerja industri tersebut.
5. Pengendalian (kontrol) semua faktor-faktor yang dapat menimbulkan permasalahan pada keselamatan dan kesehatan kerja (K₃) industry. Menggunakan 6 (enam)

metode pengendalian higienitas industri atau factor-faktor K_3 adalah sebagai berikut:

- a. Mengeliminir (eliminasi) atau memperkecil dan mempersempit terjadinya paparan bahaya di lingkungan kerja industri.
- b. Mengsubstitusi (substitusi) atau mengganti material bahan baku yang berbahaya dan tidak sehat dengan bahan baku yang aman dan sehat, atau melakukan penggantian teknologi/mesin dan peralatan produksi yang banyak menimbulkan bahaya.
- c. Mengisolasi (isolasi) atau membuat penghalang dan menghalangi sumber paparan bahaya terhadap pekerja.
- d. Mengontrol secara teknis (*engineering control*) dengan cara mengendalikan semua factor yang dapat menimbulkan bahaya pada titik sumber bahaya.
- e. Mengontrol secara administratif (*administrative control*) dengan cara pengendalian bahaya menggunakan metode ergonomi, catatan medis dan lain sebagainya.
- f. Menggunakan alat pelindung diri (APD); setiap pekerja diberikan APD dan diberikan pengetahuan dan pelatihan tentang APD dan bagaimana cara melindungi diri dari ancaman bahaya keselamatan dan kesehatan kerja di lingkungan industri.

Metode pengendalian K_3 pada aspek penggunaan APD adalah cara pengendalian K_3 yang paling terakhir untuk dilakukan, dan pengendalian K_3 yang terbaik adalah melaksanakan program aksi K_3 secara hierarkhi sebagaimana langkah-langkah pengendalian K_3 tersebut di atas.

Maksud dan tujuan kita mempelajari ilmu pengetahuan hygiene industri adalah untuk:

1. Meningkatkan derajat kesehatan pekerja industri, konsumen produk industri, kesehatan lingkungan kehidupan masyarakat sekitar industri.

2. Meningkatkan efisiensi ekologi dan industri (keuntungan ekonomi dan lingkungan).
3. Meningkatkan produktivitas pekerja dan industri (meningkatkan kesejahteraan sosial dan ekonomi)
4. Untuk meminimumkan timbulnya kecelakaan kerja di lingkungan kerja industri.
5. Mempelajari dan membahas tentang sanitasi perusahaan industri dalam kaitannya dengan aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3) yang nantinya akan mempengaruhi produktivitas kerja secara menyeluruh, baik produktivitas pekerja maupun produktivitas industri secara keseluruhan.
6. Pada pembahasan aspek kesehatan kerja akan dilakukan diagnosis penyakit dan tindak pengobatan yang akan diberikan.
7. Pencegahan risiko kesehatan dan kecelakaan kerja: dilakukan dengan cara perbaikan lingkungan kerja dan peningkatan derajat kesehatan pekerja serta kesehatan lingkungan (air-udara-tanah-makanan).

Penerapan hygiene industri pada factor lingkungan kerja industri meliputi 3 (tiga) tahapan aktivitas kegiatan yaitu: 1) pengenalan terhadap lingkungan kerja, 2) pengukuran dan penilaian terhadap kualitas lingkungan kerja industri, dan 3) pengendalian kualitas lingkungan kerja industri.

Pengenalan (mengenal dan mengetahui) terhadap risiko lingkungan kerja industri dapat dilakukan berbagai metode berikut;

1. Metode kualitatif untuk mengetahui kemungkinan risiko bahaya potensial dari setiap kegiatan proses produksi, baik bahaya/ancaman keselamatan akibat bekerja maupun bahaya kesehatan/penyakit akibat bekerja (PAK).
2. Metode kuantitatif untuk menentukan titik sumber bahaya dan lokasi potensi bahaya, mengukur tingkat bahaya, menentukan alat uji, dan metode pengujian

terhadap bahaya yang akan mengancam keselamatan maupun kesehatan para pekerja industri,

3. Mengetahui jumlah pekerja industri yang akan terpapar racun, virus, bakteri, penyakit dan terpapar bahaya-bahaya lainnya.

Penilaian terhadap Kualitas Lingkungan Kerja; dapat dilakukan pengukuran dengan cara pengambilan sampel dan analisis di laboratorium, sehingga dapat diketahui :

1. Kondisi kualitas lingkungan kerja industri, baik fisika, kimia, biologi, fisiologi dan psikologi social dan lain sebagainya.
2. Perlu atau tidaknya teknologi pengendalian risiko akibat kerja seperti APD dan lain sebagainya.
3. Ada atau tidak adanya korelasi antara kecelakaan kerja dengan kondisi kualitas lingkungan dan antara PAK (penyakit akibat kerja) dengan kondisi kualitas lingkungan
4. Dokumen untuk melakukan inspeksi apakah program aksi hygiene industri ataupun program keselamatan dan kesehatan kerja di lingkungan industri telah berjalan baik atautkah belum.

Pengendalian situasi dan kondisi lingkungan kerja: dapat dilakukan dengan cara penerapan metode dan teknik tertentu untuk menurunkan tingkat faktor bahaya lingkungan sampai pada batas toleransi yang dimiliki pekerja.

Pengujian Kualitas Lingkungan Kerja Industri bertujuan untuk:

1. Menentukan besaran paparan bahan kimia berbahaya terhadap pekerja oleh faktor lingkungan kerja industri.
2. Efektivitas alat pengendali kualitas lingkungan tempat kerja di perusahaan industri.
3. Meneliti tempat kerja dengan memperhatikan keluhan-keluhan yang dirasakan oleh pekerja selama mereka bekerja dan mempelajari gangguan-gangguan kesehatan pekerja.

4. Untuk riset pengembangan ilmu pengetahuan terkait kesehatan lingkungan kerja industri dan factor keselamatan dalam bekerja.
5. Untuk mencapai upaya peningkatan derajat kesehatan pekerja dan produktivitas pekerja dan produktivitas industri (apa ukuran produktivitas kerja..... ?)

Secara umum terdapat 5 (lima) faktor lingkungan kerja industri yang dapat mempengaruhi keselamatan dan kesehatan pekerja yaitu:

1. Lingkungan fisik ruang kerja berupa; suhu, penerangan, tekanan udara, kelembaban udara, dan kebisingan.
2. Lingkungan kimia yaitu zat-zat kimia apa saja yang terdapat di dalam suatu ruang kerja tersebut yang berbentuk gas, uap, larutan, debu dan lain sebagainya.
3. Lingkungan biologi yaitu jenis mikrobiologi apa saja yang terdapat di dalam suatu ruang kerja tersebut yang berbentuk bakteri, jamur, virus, sesuatu yang infeksius dan lain sebagainya.
4. Lingkungan fisiologis yaitu bentuk fisik cara bagaimana seseorang melakukan pekerjaan, dan pada waktu kerja apa seseorang melakukan pekerjaan dan lain sebagainya.
5. Lingkungan Psikologis atau Psikososial yaitu; membahas bagaimana kondisi lingkungan kerja secara psikologis, bagaimana hubungan kerja dengan rekan kerja maupun dengan atasan apakah terdapat hubungan kerja yang tidak harmonis, ataukah timbul stress kerja akibat beban kerja ataukah ketidaknyamanan bekerja disebabkan oleh pengaruh mesin dan peralatan produksi, ataukah ada stressor yang berasal dari lingkungan keluarga/rumah/tempat tinggal.

Faktor Fisika dalam Higiene Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur

Factor fisika lingkungan kerja industri adalah salah satu factor yang dapat memberikan pengaruh langsung ataupun pengaruh tak langsung terhadap kinerja pekerja dan industri secara umum. Factor fisika lingkungan kerja industri dalam tempo yang cukup lama dapat mempengaruhi kesehatan pekerja dan kesejahteraan para pekerja industri.

Berdasarkan atas Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 13 tahun 2011, maka yang disebut sebagai factor fisika adalah faktor di dalam tempat kerja yang bersifat fisika yang terdiri atas; i) iklim kerja, ii) kebisingan, iii) getaran, iv) gelombang mikro, v) sinar ultra ungu (*violet*), dan vi) medan magnet.

Nilai ambang batas (NAB) adalah nilai batas factor lingkungan kerja industri yang masih mampu ditenggang keberadaannya oleh seorang pekerja Indonesia, dan atau NAB adalah batas nilai tekanan factor fisika lingkungan kerja yang tidak mempengaruhi derajat kesehatan dan keselamatan pekerja selama melakukan pekerjaannya.

PERMENAKER No. 13/2011 Tentang Nilai Ambang Batas (NAB) Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja, mendefinisikan faktor fisika sebagai “faktor di dalam tempat kerja yang bersifat fisika yang dalam keputusan ini terdiri dari iklim kerja, kebisingan, getaran, gelombang mikro dan sinar ultra ungu”.

Kegunaan NAB:

1. Digunakan sebagai (pedoman) rekomendasi pada praktek higene perusahaan/industri dalam melakukan penatalaksanaan lingkungan kerja sebagai upaya untuk mencegah dampaknya terhadap kesehatan.
2. Sebagai kadar standar untuk perbandingan.
3. Sebagai pedoman untuk perencanaan proses produksi dan perencanaan teknologi pengendalian bahaya-bahaya di lingkungan kerja industri.

4. Menentukan pengendalian bahan proses produksi terhadap bahan yang lebih beracun dengan bahan yang sangat beracun.
5. Membantu menentukan diagnosis gangguan kesehatan, timbulnya penyakit-penyakit dan hambatan-hambatan efisiensi kerja akibat faktor kimiawi dengan bantuan pemeriksaan biologic.

Kategori NAB:

1. NAB rata-rata selama jam kerja; yaitu jumlah bahan kimia rata-rata di lingkungan kerja selama 8 jam/hari atau 40 jam/minggu dimana hamper semua tenaga kerja dapat terpajan berulang-ulang, sehari dalam melakukan pekerjaannya, tanpa mengakibatkan gangguan kesehatan maupun penyakit akibat kerja.
2. NAB batas paparan singkat; yaitu kadar tertentu bahan-bahan kimia di udara lingkungan kerja dimana hamper semua pekerja tidak dapat terpajan secara terus menerus dalam waktu yang singkat, yaitu tidak lebih dari 15 menit dan tidak lebih dari 4 kali pemajanan/hari kerja, tanpa menderita/mengalami gangguan iritasi, kerusakan atau perubahan jaringan yang kronis serta efek narcosis (pajanan singkat yang diperkenankan).
3. NAB tertinggi, yaitu kadar tertinggi bahan-bahan kimia di udara lingkungan kerja setiap saat yang tidak boleh dilewati selama melakukan pekerjaan (kadar tertinggi yang diperkenankan).

PERMENAKER No. 13/2011 Tentang Nilai Ambang Batas (NAB) Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja, mendefinisikan faktor fisika sebagai “faktor di dalam tempat kerja yang bersifat fisika yang dalam keputusan ini terdiri dari iklim kerja, kebisingan, getaran, gelombang mikro dan sinar ultra ungu”.

Kadar Tertinggi Diperkenankan yang selanjutnya disingkat KTD adalah kadar bahan kimia di udara tempat kerja yang tidak boleh dilampaui meskipun dalam waktu sekejap selama tenaga kerja melakukan pekerjaan

Tenaga Kerja adalah tiap orang yang mampu melakukan pekerjaan baik di dalam maupun di luar hubungan kerja guna menghasilkan jasa atau barang untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.

Faktor fisika adalah faktor di dalam tempat kerja yang bersifat fisika yang dalam keputusan ini terdiri dari iklim kerja, kebisingan, getaran, gelombang mikro, sinar ultra ungu, dan medan magnet.

Tempat kerja adalah tiap ruangan atau lapangan, tertutup atau terbuka, bergerak atau tetap dimana tenaga kerja bekerja, atau yang sering dimasuki tenaga kerja untuk keperluan suatu usaha dan dimana terdapat sumber atau sumber-sumber bahaya.

Iklim kerja adalah hasil perpaduan antara suhu, kelembaban, kecepatan gerakan udara dan panas radiasi dengan tingkat pengeluaran panas dari tubuh tenaga kerja sebagai akibat pekerjaannya.

Kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat- alat proses produksi dan atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran.

Getaran adalah gerakan yang teratur dari benda atau media dengan arah bolak- balik dari kedudukan keseimbangannya.

Radiasi frekuensi radio dan gelombang mikro (microwave) adalah radiasi elektro- magnetik den frekuensi 30 kilohertz sampai 300 Giga Hertz.

Radiasi ultra ungu (*Ultraviolet*) adalah radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang 180 nano meter sampai 400 nano meter (nm).

Sumber bahaya faktor fisika yang umum ditemui di tempat kerja industri adalah; i) Kebisingan, ii) Iklim kerja, iii) Pencahayaan, dan iv) Vibrasi.

Vibrasi:

Vibrasi didefinisikan sebagai getaran benda padat yang berasal dari sumber mekanis dan melakukan kontak fisik dengan manusia (Groothoff 2012).

PERMENAKER No. 13/2011, mendefinisikan getaran (vibrasi) sebagai “gerakan yang teratur dari benda atau media dengan

arah bolak-balik dari kedudukan keseimbangannya. PERMENAKER No. 13/2011 ini juga merinci NAB untuk Getaran / Vibrasi.



Gambar 10. Kegiatan Konstruksi yang Mengeluarkan Getaran



Gambar 11. Kegiatan yang Konstruksi Mengeluarkan Getaran

Bising dan Faktor Kebisingan di Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur

Kiely (1997:390) menjelaskan bahwa bising (*noise*) didefinisikan sebagai suatu bunyi atau suara yang tidak kehendaki (*unwanted sound*), konsekuensinya bahwa suara bising dapat dianggap sebagai suara yang tidak tepat pada ruang dan waktu yang tidak tepat. Derajat suara yang tidak dikehendaki tersebut (*unwantedness*) sangat tergantung kepada kondisi psikologik orang yang mendengarkan, sejak pengaruh bising dapat mengganggu (*annoyance*) terhadap hilangnya pendengaran (*hearing loss*).

Karena bising itu tidak dikehendaki, sifatnya adalah subyektif dan psikologis yaitu subyektif karena sangat tergantung kepada orang yang mendengarkan, sedangkan secara psikologik bising adalah penimbul stress (Sarwono, 1995:93).

Derajat kebisingan yang tinggi pada durasi waktu tertentu dapat berakibat hilangnya daya pendengaran baik secara permanen maupun secara temporer, dan ini terjadi pada pekerja-pekerja pabrik industri atau operator-operator mesin industri, dan juga terjadi pada ruang diskotik yang terpapar (*exposure*) dalam periode waktu yang cukup lama. Bising dapat didefinisikan sebagai bunyi yang tidak disukai, suara yang mengganggu atau bunyi yang menjengkelkan (Sastrowinoto, 1995 : 200). Suara bising dapat mengganggu konsentrasi pikiran, memperlamban waktu reaksi bahkan menurunkan daya reaksi/keterampilan dalam bekerja. Bising adalah semua bentuk suara yang tidak dikehendaki yang mengganggu pendengaran dalam lingkup frekuensi suara yang masih dapat didengar oleh manusia. Kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran (Kep-Menaker Nomor : 51/1999)

Menurut Doelle (1993 : 149), bahwa semua bunyi yang mengalihkan perhatian, mengganggu, atau berbahaya bagi kegiatan sehari-hari (kerja, istirahat, hiburan, atau belajar) dianggap sebagai bising, dan tiap bunyi yang tidak diinginkan oleh penerima dianggap sebagai bising. Apakah bunyi diinginkan atau tidak oleh seseorang tidak hanya akan tergantung pada kekerasan bunyi, tetapi juga pada frekuensi, kesinambungan, waktu terjadinya, dan isi informasi, dan juga pada aspek subyektif seperti asal bunyi dan keadaan pikiran serta temperamen penerima.

Bising yang cukup keras, diatas sekitar 70 dB, dapat menyebabkan kegelisahan (*nervousness*), kurang enak badan, kejenuhan mendengar, sakit lambung dan masalah peredaran darah. Doelle (1993 : 150). Selanjutnya dikatakannya pula bahwa bising yang sangat keras, di atas 85 dB, dapat menyebabkan kemunduran yang serius pada kondisi kesehatan seseorang pada umumnya; dan bila berlebihan dan berkepanjangan terlihat dalam masalah-masalah kelainan seperti penyakit jantung, tekanan darah tinggi, dan luka perut. Pengaruh bising yang merusak pada efisiensi kerja dan produksi telah dibuktikan secara statistik dalam beberapa bidang industri. Kapasitas produksi akan turun dan pekerja-pekerja membuat lebih banyak kesalahan bila dipengaruhi oleh tingkat kebisingan yang tinggi, di atas sekitar 80dB untuk waktu yang lama, tetapi ini tidak berarti bahwa manusia bekerja paling efisien dalam ruang yang tak tembus suara. Sebaliknya, juga diamati bahwa jika lingkungan akustik suatu ruang kerja terlampau sunyi, produksi turun dan pekerja-pekerja melakukan lebih banyak kesalahan. Ini membuktikan bahwa bising dalam jumlah atau tingkatan tertentu mudah ditolerir dan bahkan sejumlah bising dibutuhkan untuk mempertahankan kesehatan jiwa.

Skala standar yang digunakan untuk mengukur tekanan bunyi adalah skala logaritmik, yang disebut *skala decibel* (dB), dinamakan untuk menghormati Alexander Graham Bell (Doelle, 1993 : 17).

Bunyi adalah gelombang energi (getaran) yang merambat melalui media kenyal sampai kepada kepada telinga kita, dan

menggetarkan gendang telinga dan seterusnya hingga kita memperoleh rangsangan pendengaran. Energi suara yang besar pada sumber suara, akan berkurang terus selama perjalanannya untuk mencapai telinga, dan semakin jauh jarak rambatan, energinya semakin kecil dan akhirnya akan habis, dan bahkan mungkin akan habis sebelum mencapai telinga kita hingga kita tidak mendengarnya. Nada atau frekuensi suara yang menentukan keras atau lemahnya suara dinyatakan dalam cycle per detik (C/detik) atau Hertz (disingkat Hz). Suara yang dapat didengar oleh telinga manusia merentang antara 20 sampai 20.000 Hz, dan apabila kurang dari 20 C/detik suara itu akan lemah sekali dan akan kita rasakan hanya sebagai getaran saja (infra-suara), dan mungkin hanya bisa didengar oleh telinga hewan (Sastrowinoto 1985:198). Amplitudo menentukan kuat dan lemahnya tekanan suara (*sound pressure*), makin besar amplitudo dari suatu gelombang suara, maka semakin kuat pula tekanan suaranya. Satuan ukuran bagi tekanan suara ialah *Bel* (B), akan tetapi ukuran tersebut sebenarnya terlalu besar untuk dipergunakan pada kejadian yang biasa, oleh karena itu satuan Desibel (dB) lebih lazim dipergunakan (1 desibel = 1 dB = 0,1 B). Satu dB merupakan besarnya tekanan suara di tingkat ambang pendengaran pada frekuensi 1000 Hz, yaitu tekanan minimal yang masih dapat kita dengarkan sebagai bisikan lembut (ambang pendengaran = *hearing threshold*). Sudrajat (1998 : 99) menyebutkan, bahwa kualitas bunyi sangat ditentukan oleh frekuensi dan intensitas bunyi. Frekuensi adalah jumlah getaran per detik (Hertz yang disingkat dengan Hz) yakni jumlah gelombang yang sampai di telinga setiap detiknya. Kebisingan biasanya terjadi akibat campuran sejumlah gelombang dari berbagai macam frekuensi, sedangkan intensitas atau arus energi per satuan luas dinyatakan dalam suatu logaritmis yang disebut desibel (dB). Selanjutnya Sudrajat (1998:100) menyebutkan, bahwa kebisingan dalam ruang kerja akan dapat mempengaruhi kesehatan pekerja yang antara lain dapat menyebabkan kerusakan pada indera pendengaran dan bahkan sampai pada ketulian. Untuk itu apabila tingkat kebisingan melebihi 60 dB,

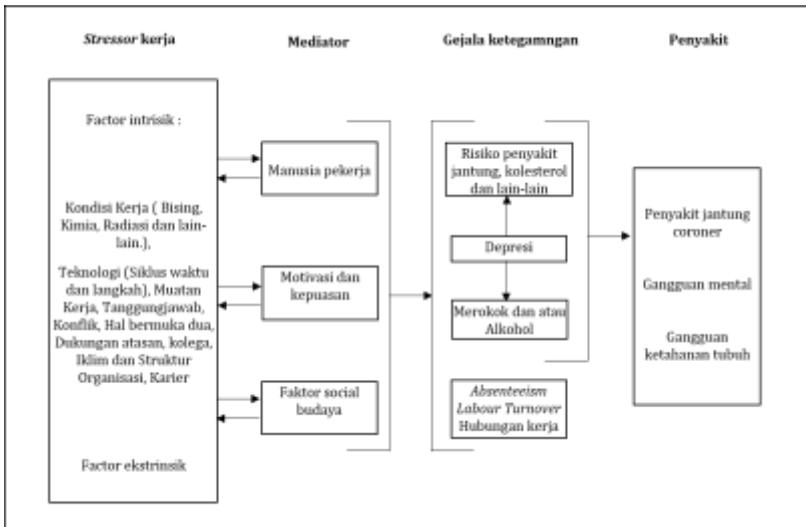
maka para pekerja yang ada didalam pabrik harus dilengkapi dengan alat pelindung telinga guna mencegah terjadinya gangguan terhadap kesehatan para pekerja. Disamping itu pula, suara bising dapat mengganggu proses komunikasi, dimana suasana bising akan memaksa para pekerja untuk berteriak saat berkomunikasi dengan pekerja lainnya, dan hal ini dapat menyebabkan timbulnya *miscommunication* dan menimbulkan ketidakharmonisan kerja tim, yang pada akhirnya dapat menurunkan gairah kerja serta penurunan produktivitas kerja.

58 (limapuluh delapan) eksperimen tentang pengujian hubungan bising dengan produktivitas; ditemukan 29 kasus kebisingan yang merintangai produktivitas kerja, dan 7 (tujuh) kasus kebisingan menambah atau mempertinggi produktivitas kerja, dan sisanya 22 (duapuluh dua) kasus kebisingan tidak menimbulkan pengaruh terhadap produktivitas kerja.(Gawron 1982 *dalam* Saal, 1995:450)

Menurut hasil penelitian Mc.Cormic *dalam* Saal (1995:450) menjelaskan beberapa efek pengaruh kebisingan terhadap performa kerja sebagai berikut ;

- a. Kecuali tugas jangka waktu singkat, kebisingan yang sangat keras (> 95 dBA) akan memberikan pengaruh terhadap performa kerja.
- b. Pada jenis pekerjaan yang sederhana dan dilakukan secara rutin kebisingan tidak merintangai performa kerja, dan dalam kenyataannya mungkin mempertinggi performa kerja.
- c. Performa kerja hanya akan diperlemah atau dipengaruhi oleh kebisingan bila kesulitan keseimbangan gerakan dalam bekerja.
- d. Reaksi waktu suara bising, bila suara bising datang secara tiba-tiba tanpa peringatan cukup memadai akan mempengaruhi performa kerja.

Suatu model tentang faktor “ketegangan fisik dan psikologis” dalam bekerja dikemukakan oleh Cooper & Marshal *dalam* Cooper (1990 : 11) sebagai berikut ;



Gambar 12. Model *Stressor-Strain* / Ketegangan Dalam Bekerja (Sumber: Cooper *et al.* 1990:11)

Dari Gambar 12 terlihat bahwa *stress* dalam bekerja dapat dipengaruhi oleh faktor intrinsik dan faktor ekstrinsik. Faktor intrinsik dapat berupa kondisi lingkungan kerja yang bising, banyak zat-zat kimia, kerja dengan sistem shift, sedangkan faktor ekstrinsik berupa motivasi kerja, kepuasan kerja, sehingga dapat menimbulkan gejala tekanan (*stress syptoms*) seperti risiko sakit jantung (*heart rate*), kolesterol, dan depresi. Dari gejala-gejala stress dalam bekerja tersebut akan menimbulkan berbagai penyakit dan gangguan kesehatan lainnya serta timbulnya kekacauan dalam ketahanan tubuh (*immune disorder*).

Grandjean (1988:289) menyatakan bahwa tekanan fisiologik yang ditimbulkan oleh pengaruh bising dalam ruangan kerja meliputi;

- a. Meningkatnya tekanan darah (*raising of the blood pressure*).
- b. Mempercepat detak jantung (*acceleration of heart rate*).
- c. Penyempitan pembuluh darah pada kulit (*contraction of the blood vessel of the skin*).
- d. Meningkatnya metabolisme (*increase in metabolism*).
- e. Melambatnya fungsi organ pencernaan makanan (*slowing down of the digestive organs*).
- f. Ketegangan otot meningkat (*increase muscular tension*).

Metode Pengukuran Tingkat Kebisingan pada Pabrik

Satu contoh pengukuran tingkat kebisingan lingkungan kerja di pabrik pemintalan benang pada system kerja pabrik selama 24 jam tanpa henti (*non-stop*) berproduksi adalah sebagai berikut.

Pengukuran tingkat kebisingan dalam ruang pabrik pemintalan khususnya pada bagian *ring spinning*, dilakukan dengan sebuah alat *Sound Level Meter* guna mengukur tingkat tekanan bunyi dB(A) selama 10 (sepuluh) menit untuk tiap pengukuran. Pembacaan dan pencatatan hasil pengukuran tingkat kebisingan dilakukan setiap 5 (lima) detik, sehingga dengan demikian terdapat hasil pencatatan tingkat kebisingan yang terjadi sebanyak = 10 menit (x 60 detik/menit) x satu kali pencatatan/5 detik = 120 kali pencatatan hasil.

Waktu pengukuran dilakukan selama aktivitas 24 jam (L_{Aeq})

dengan cara pengukuran yang disesuaikan dengan pembagian waktu *shift* kerja yang berlaku, yaitu : *shift* kerja pagi (pkl. 06.01 s/d 14.00), *shift* kerja siang (pkl. 14.01 s/d 22.00) dan *shift* kerja malam (pkl. 22.01 s/d 06.00).

Metode Penghitungan Tingkat Kebisingan

Metode 1). Kiely (1997 : 402) dengan persamaan sebagai berikut :.

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} t_i \right)$$

L_{Aeq} = *Equivalent Continuous Noise Level* atau Tingkat kebisingan Sinambung Setara dengan metode sampling (*the sampling methodology*), yaitu : nilai tingkat kebisingan yang berubah-ubah (fluktuatif) selama waktu tertentu yang setara dengan tingkat kebisingan dari kebisingan yang ajeg (*steady*) pada selang waktu yang sama.

T = Periode waktu pengukuran L_{Aeq} yang ditetapkan.

n = Jumlah sampel

L_i = Tingkat kebisingan pada sampel ke-i

t_i = fraksi total waktu

Metode 2). Bies & Hansen (1996:100), yang menggunakan persamaan untuk menghitung tingkat tekanan kebisingan dalam ruang kerja selama 8 jam, yang didasarkan pada : *The International Standard (ISO 1999)*, yaitu :

$$L_{Aeq8} = 10 \log_{10} \frac{1}{8} \left(t_1 10^{L_{A1}/10} + t_2 10^{L_{A2}/10} + \dots + t_m 10^{L_{Am}/10} \right)$$

L_{Aeq8} = *Equivalent Continuous Noise Level* atau Tingkat kebisingan Sinambung Setara selama 8 jam.

L_{A1} = Tingkat kebisingan pada pengukuran pertama

L_{A2} = Tingkat kebisingan pada pengukuran kedua

L_{Am} = Tingkat kebisingan pada pengukuran ke-m

t_1 = Waktu pemaparan pada lokasi ke-1

t_2 = Waktu pemaparan pada lokasi ke-2

t_m = Waktu pemaparan pada lokasi ke-m

Metode 3). Berdasarkan KEP.MENLH/48/11/1996, yang menggunakan persamaan sebagai berikut :*)

$$L_s = 10 \log_{10} \frac{1}{16} (10^{0.1.L_{06}} + \dots + 10^{0.1.L_{22}}) \rightarrow \text{untuk 16 jam}$$

$$L_m = 10 \log_{10} \frac{1}{8} (10^{0.1.L_{23}} + \dots + 10^{0.1.L_{05}}) \rightarrow \text{untuk 8 jam}$$

$$L_{sm} = 10 \log_{10} \frac{1}{24} (16 * 10^{0.1.L_s} + \dots + 8 * 10^{0.1.L_m}) \rightarrow \text{untuk 24 jam}$$

L_s = Nilai rata-rata tingkat kebisingan pada siang hari untuk durasi 16 jam

L_m = Nilai rata-rata tingkat kebisingan pada malam hari untuk durasi 8 jam

L_{sm} = Nilai rata-rata tingkat kebisingan untuk durasi 24 jam

Nilai L_{sm} yang dihitung dibandingkan dengan baku tingkat kebisingan yang ditetapkan oleh KEP-48/MENLH/11/1996 dengan toleransi 3 dB(A)

*) Metode ini hanya berlaku untuk mengukur tingkat kebisingan lingkungan industri dan tidak disebutkan untuk penggunaan pengukuran kebisingan dalam ruang kerja.

Dari ketiga metode penghitungan tingkat kebisingan tersebut di atas terlihat, bahwa persamaan yang digunakan adalah sama. Maka penulis mengambil persamaan sebagai berikut :

a) *Shift* Pagi (L_{sp}) =

$$10 \log_{10} \frac{1}{8} (10^{0.1.L_{06}} + 10^{0.1.L_{07}} + 10^{0.1.L_{08}} + \dots + 10^{0.1.L_{14}}) \text{ dB(A)} \rightarrow$$

untuk 8 jam.

b) *Shift* Siang (L_{ss}) =

$$10 \log_{10} \frac{1}{8} (10^{0.1.L_{15}} + 10^{0.1.L_{16}} + 10^{0.1.L_{17}} + \dots + 10^{0.1.L_{22}}) \text{ dB(A)} \rightarrow$$

untuk 8 jam.

c) *Shift* Malam (L_{sm}) =

$10 \log_{10} \frac{1}{8} (10^{0.1.L23} + 10^{0.1.L00} + 10^{0.1.L01} + \dots + 10^{0.1.L06}) \text{ dB(A)} \rightarrow$
untuk 8 jam.

Untuk mengetahui apakah tingkat kebisingan sudah melampaui nilai ambang batas yang ditetapkan, maka perlu dicari nilai L_{eq} untuk 24 jam dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_{eq} \text{ untuk 24 jam} = 10 \log_{10} \frac{1}{24} (8 * 10^{0.1.Lsp} + 8 * 10^{0.1.Lss} + 8 * 10^{0.1.Lsm})$$

Metode Evaluasi Tingkat Kebisingan

Nilai L_{eq} yang dihitung dibandingkan dengan nilai ambang batas (NAB) tingkat kebisingan yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 13 tahun 2011 tentang; Nilai Ambang Batas Faktor Fisika di Tempat Kerja.

Nilai Baku Mutu Kebisingan

Kebisingan atau *noise* didefinisikan sebagai suara yang memiliki potensi berbahaya terhadap keselamatan dan kesehatan seseorang. Selain itu, *AS/NZS Occupational Noise Management: Overview and General Requirement* mendefinisikan kebisingan sebagai semua suara (pada tempat kerja) baik diinginkan maupun tidak.

Sedangkan menurut PERMENAKER No. 13/2011, kebisingan adalah “semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran. Berikut di bawah ini adalah table Baku Mutu Kebisingan atau Nilai Ambang Batas (NAB) untuk kebisingan.

Tabel 2. Nilai Ambang Batas Kebisingan di Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur

Waktu Pemaparan per Hari		Intensitas Kebisingan (dBA)
8	Jam	85
4	Jam	88
2	Jam	91
1	Jam	94
30	Menit	97
15	Menit	100
7,5	Menit	103
3,75	Menit	106
1,88	Menit	109
0,94	Menit	112
28,12	Detik	115
14,06	Detik	118
7,03	Detik	121
3,52	Detik	124
1,76	Detik	127
0,88	Detik	130
0,44	Detik	133
0,22	Detik	136
0,11	Detik	139

Catatan : Tidak boleh terpajan lebih dari 140 dBA, walaupun sesaat.

Berdasarkan Tabel di atas dapat dijelaskan bahwa;

1. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 8 jam/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 85 dBA.
2. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 4 jam/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 88 dBA.
3. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 2 jam/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 91 dBA.
4. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 1 jam/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 94 dBA.
5. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 30 menit/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 97 dBA.
6. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 15 menit/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 100 dBA.
7. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 7,5 menit/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 103 dBA.
8. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 3,75 menit/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 106 dBA.
9. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 1,88 menit/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 109 dBA.
10. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 0,94 menit/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 112 dBA.
11. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 28,12 detik/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 115 dBA.
12. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 14,06 detik/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 118 dBA.

13. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 7,03 detik/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 121 dBA.
14. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 3,52 detik/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 124 dBA.
15. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 1,76 detik/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 127 dBA.
16. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 0,88 detik/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 130 dBA.
17. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 0,44 detik/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 133 dBA.
18. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 0,22 detik/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 136 dBA.
19. Jika jumlah waktu pemaparan kebisingan/hari adalah selama 0,11 detik/hari, maka NAB atau Intensitas Kebisingan yang diperkenankan adalah 139 dBA.
20. Tidak boleh terpapar lebih dari 140 dBA, walaupun sesaat.

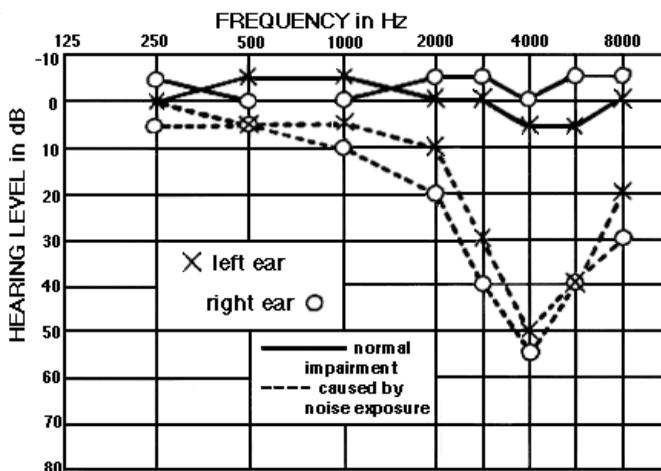


Gambar 13. Tanda area dengan bising (noise)



Gambar 14. Sound Level Meter alat ukur kebisingan

Penilaian tingkat kebisingan dapat dilakukan dalam berbagai cara, tergantung dari berbagai keadaan seperti tipe dan ukuran tempat kerja, jumlah pekerja, dan keberadaan catatan penilaian sebelumnya.



Gambar 15. Kebisingan di Tempat Kerja



Gambar 16. Pengukuran Tingkat Kebisingan di tempat kerja

Audiometri Skrining:

Kebisingan merupakan sesuatu yang umum ditemukan di lingkungan kerja industri dengan pekerjaan yang melibatkan alat berat/mesin seperti pabrik dan pertambangan.

Seringnya tanpa disadari kebisingan yang berlanjut secara terus menerus tersebut dapat mengakibatkan penurunan pendengaran bertahap. Untuk mencegah hal tersebut perusahaan perlu melakukan audiometri skrining kepada para pekerja secara rutin. Audiometri skrining atau *Screening Audiometry* adalah salah satu prosedur klinis yang dilakukan dokter dalam ruang lingkup Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K₃).

Melakukan audiometri skrining kepada para pekerja secara rutin merupakan salah satu kewajiban perusahaan untuk pencegahan gangguan pendengaran sekaligus sebagai langkah *monitoring* pengaruh tingkat kebisingan terhadap pekerja yang terpapar.

Tujuannya, untuk mengetahui adanya penurunan pendengaran sebelum gangguan tersebut dirasakan dengan jelas oleh pekerja

Pada umumnya, dokter perusahaan hanya bertugas melakukan audiometri skrining, apabila ditemukan adanya indikasi gangguan pendengaran maka dokter perusahaan akan merujuk pekerja tersebut pada dokter ahli THT-KL (Telinga

Hidung dan Tenggorokan - Kepala Leher) untuk menjalani audiometri diagnostik dan menjalani penanganan lebih lanjut.

Prosedur Awal Sebelum Pemeriksaan Audiometri Skrining:

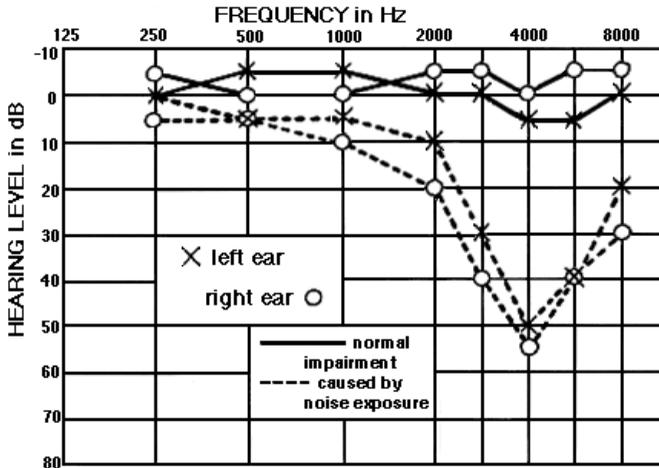
1. Siapkan audiometri pure-tone
2. Siapkan ruang/tempat kedap suara
3. Minta pekerja mengisi kuesioner:
 - a. Riwayat hobi/pekerjaan yang mempunyai paparan bising
 - b. Faktor resiko gangguan pendengaran (contoh: cedera kepala, penggunaan obat ototoksik, penyakit telinga, operasi telinga, riwayat tuli di keluarga)
 - c. Gejala yang berkaitan dengan gangguan pendengaran (contoh : tinnitus, secret telinga, pusing, gangguan komunikasi)
4. Pemeriksaan klinis
 - a. Periksa keadaan eksternal telinga
 - b. Periksa keadaan internal telinga dengan otoskopi
 - c. Pemeriksaan garpu tala
5. Pastikan pekerja bebas paparan bising 16 jam sebelum pemeriksaan untuk mengurangi risiko TTS (Temporary Threshold Shift)

Prosedur Pemeriksaan Audiometri Skrining:

1. Berikan penjelasan pada pekerja: “saya akan mengetes pendengaran saudara, anda akan mendengar beberapa bunyi dengan tingkat volume yang berbeda, setiap kali anda mendengar bunyi tekan tombolnya 1 kali, dengar dengan seksama”
2. Pastikan pekerja paham
3. Pastikan *earphone audiometer* terpasang dengan baik
4. Mulai dari frekuensi dan intensitas suara terendah. Frekuensi yang dites: 500 Hz, 1 KHz, 2 KHz, 3 KHz, 4 KHz, 6 KHz, 8 KHz. Intensitas suara yang dites dari 0 – 120 dBHL
5. Perhatikan pekerja saat pemeriksaan telah berjalan

Interpretasi analisis terhadap Hasil Audiometri:

Gambar hasil audiometri berikut menunjukkan perbedaan antara hasil pemeriksaan yang normal (garis lurus) dan hasil pemeriksaan dengan gangguan pendengaran akibat kebisingan (garis putus-putus).



Gambar 17. Hasil Audiometri

Gambaran hasil audiometri di atas menunjukkan pola khas gangguan pendengaran akibat kebisingan atau biasa dikenal dengan NIHL (*Noise Induced Hearing Loss*). Pola khas tersebut adalah cekungan dalam atau *deep V* pada frekuensi tinggi yang menunjukkan penurunan pendengaran pada frekuensi tersebut. Cekungan terdalam biasanya terdapat pada level 4000Hz.

Hasil Pengukuran dan Penghitungan Nilai atau Tingkat Kebisingan pada 3 (tiga) Pabrik Pemintalan Benang.

Berikut ini adalah sajian data nilai hasil penghitungan rata-rata tingkat kebisingan tiap titik pengukuran, dimana tiap satu titik pengukuran dilakukan pengujian kebisingan sebanyak 120 kali pengukuran.

Untuk menentukan nilai rata-rata tingkat kebisingan yang terjadi dihitung menggunakan rumus;

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} t_i \right)$$

Sehingga rangkuman hasil pengukuran tingkat kebisingan rata-rata pada tiap pabrik, tiap pergantian *shift* kerja adalah sebagai berikut;

Tabel 3. Rangkuman Hasil Penghitungan Rata-rata Nilai Kebisingan Pada Pabrik Pemintalan-1

No.	Shift Kerja	Nomor Mesin	dB(A)
1	I	041	94.98
2	I	054	96.16
3	I	050	94.56
4	I	095	94.09
5	I	087	95.06
6	II	083	96.06
7	II	029	95.87
8	II	071	95.19
9	II	031	95.18
10	II	033	94.87
11	III	039	93.62
12	III	042	94.93

13	III	032	94.95
14	III	045	95.05
15	III	056	94.63

Pengukuran dalam durasi waktu selama satu *shift* kerja memperoleh hasil sebagai berikut :

1. Shift Pagi (Lsp) :

=

$$10 \log_{10} \frac{1}{8} (10^{9.498} + 10^{9.616} + 10^{9.456} + 10^{9.409} + 10^{9.506})$$

$$= 10 \log_{10} \frac{1}{8} (16,774,930,780)$$

$$= 10 \log_{10} (2,096,866,348)$$

$$= 93,216 \text{ dBA}$$

2. Shift Siang (Lss) :

=

$$10 \log_{10} \frac{1}{8} (10^{9.606} + 10^{9.587} + 10^{9.519} + 10^{9.518} + 10^{9.487})$$

$$= 10 \log_{10} \frac{1}{8} (18,184,286,390)$$

$$= 10 \log_{10} (2,273,035,799)$$

$$= 93,566 \text{ dBA}$$

3. Shift Malam (Lsm) :

=

$$10 \log_{10} \frac{1}{8} (10^{9.362} + 10^{9.493} + 10^{9.495} + 10^{9.505} + 10^{9.463})$$

$$= 10 \log_{10} \frac{1}{8} (14,738,644,070)$$

$$= 10 \log_{10} (1,842,330,509)$$

$$= 92,654 \text{ dBA}$$

L_{eq} untuk 24 jam pada pabrik pemintalan-1 adalah =

$$\begin{aligned}
&= 10 \log_{10} \frac{1}{24} (8 * 10^{0.1.Lsp} + 8 * 10^{0.1.Lss} + 8 * 10^{0.1.Lsm}) \\
&= 10 \log_{10} \frac{1}{24} (8 * 10^{9.3216} + 8 * 10^{9.3566} + 8 * 10^{9.2654}) \\
&= 10 \log_{10} \frac{1}{24} (16,776,060,630 + 18,184,023,620 + 14,739,745,570) \\
&= 93,161 \text{ dB (A)}
\end{aligned}$$

Tabel 4. Rangkuman Hasil Penghitungan Rata-rata Nilai Kebisingan Pada Pabrik Pemintalan-2

No.	Shift Kerja	Nomor Mesin	dB(A)
1	I	115	92,49
2	I	130	93,37
3	I	059	91,24
4	I	043	92,89
5	I	060	93,73
6	II	057	91,80
7	II	058	91,82
8	II	138	91,93
9	II	127	92,97
10	II	040	91,60
11	III	047	93,62
12	III	140	91,99
13	III	136	91,57
14	III	062	92,30
15	III	134	93,95

Pengukuran dalam durasi waktu selama satu *shift* kerja memperoleh hasil sebagai berikut :

1. Shift Pagi (Lsp) :

$$\begin{aligned}
&= 10 \log_{10} \frac{1}{8} (10^{9.249} + 10^{9.337} + 10^{9.124} + 10^{9.289} + 10^{9.373}) \\
&= 10 \log_{10} \frac{1}{8} (9,658,389,861)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 10 \log_{10}(1,207,298,733) \\ &= 90,818 \text{ dBA} \end{aligned}$$

2. Shift Siang (Lss) :

$$\begin{aligned} &= 10 \log_{10} \frac{1}{8} (10^{9.180} + 10^{9.182} + 10^{9.193} + 10^{9.297} + 10^{9.160}) \\ &= 10 \log_{10} \frac{1}{8} (10,063,676,990) \\ &= 10 \log_{10} (1,257,959,624) \\ &= 90,997 \text{ dBA} \end{aligned}$$

3. Shift Malam (Lsm) :

$$\begin{aligned} &= 10 \log_{10} \frac{1}{8} (10^{9.362} + 10^{9.199} + 10^{9.157} + 10^{9.230} + 10^{9.395}) \\ &= 10 \log_{10} \frac{1}{8} (7,381,300,669) \\ &= 10 \log_{10} (922,662,583.6) \\ &= 89,65 \text{ dBA} \end{aligned}$$

L_{eq} untuk 24 jam pada pabrik pemintalan-2 adalah =

$$\begin{aligned} &= 10 \log_{10} \frac{1}{24} (8 * 10^{0.1.Lsp} + 8 * 10^{0.1.Lss} + 8 * 10^{0.1.Lsm}) \\ &= 10 \log_{10} \frac{1}{24} (8 * 10^{9.0818} + 8 * 10^{9.0997} + 8 * 10^{8.965}) \\ &= 10 \log_{10} \frac{1}{24} (3,387,885,249) \\ &= 91,497 \text{ dB (A)} \end{aligned}$$

Tabel 5. Rangkuman Hasil Penghitungan Rata-rata Nilai Kebisingan Pada Pabrik Pemintalan-3

No.	Shift Kerja	Nomor Mesin	dB(A)
1	I	069	94.81
2	I	064	95.66
3	I	061	96,13
4	I	065	96,16
5	I	059	96,26
6	II	071	96,14
7	II	058	96,11
8	II	056	96,10
9	II	063	95,69
10	II	068	96,03
11	III	057	96.33
12	III	055	96.83
13	III	070	95.60
14	III	062	96.22
15	III	060	95.94

Pengukuran dalam durasi waktu selama satu *shift* kerja memperoleh hasil sebagai berikut :

1. Shift Pagi (Lsp) :

$$\begin{aligned}
 &= 10 \log_{10} \frac{1}{8} \left(10^{9.481} + 10^{9.566} + 10^{9.613} + 10^{9.616} + 10^{9.626} \right) \\
 &= 10 \log_{10} \frac{1}{8} (20,191,690,930) \\
 &= 10 \log_{10} (2,523,961,366) \\
 &= 94,021 \text{ dBA}
 \end{aligned}$$

2. Shift Siang (Lss) :

$$\begin{aligned}
 &= 10 \log_{10} \frac{1}{8} \left(10^{9.614} + 10^{9.611} + 10^{9.610} + 10^{9.569} + 10^{9.603} \right) \\
 &= 10 \log_{10} \frac{1}{8} (21,356,025,470)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 10 \log_{10} (2,669,503,184) \\ &= 94,264 \text{ dBA} \end{aligned}$$

3. Shift Malam (Lsm) :

$$\begin{aligned} &= \\ &10 \log_{10} \frac{1}{8} (10^{9.633} + 10^{9.683} + 10^{9.560} + 10^{9.622} + 10^{9.594}) \\ &= 10 \log_{10} \frac{1}{8} (18,486,418,160) \\ &= 10 \log_{10} (2,310,802,270) \\ &= 93,638 \text{ dBA} \end{aligned}$$

L_{eq} untuk 24 jam pada pabrik pemintalan-3 adalah =

$$\begin{aligned} &= 10 \log_{10} \frac{1}{24} (8 * 10^{0.1.Lsp} + 8 * 10^{0.1.Lss} + 8 * 10^{0.1.Lsm}) \\ &= 10 \log_{10} \frac{1}{24} (8 * 10^{9.4021} + 8 * 10^{9.3638} + 8 * 10^{9.4264}) \\ &= \\ &10 \log_{10} \frac{1}{24} (20,192,495,140 + 18,488,002,320 + 21,354,528,510) \\ &= 93,982 \text{ dB (A)} \end{aligned}$$

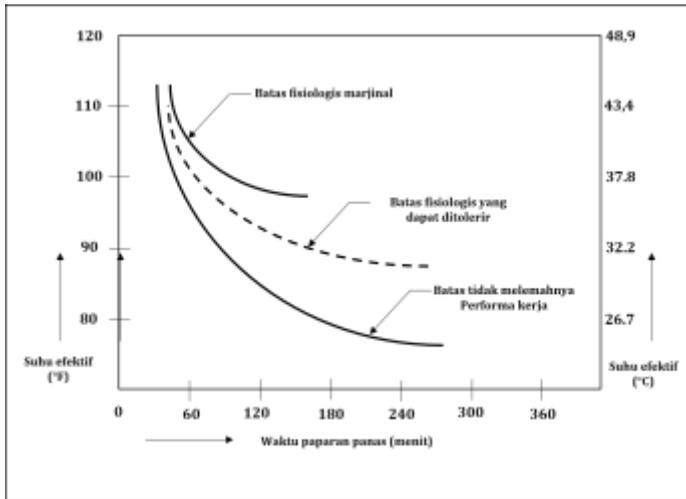
Iklim Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur

Iklim lingkungan kerja industry dan manufaktur adalah hasil perpaduan antara suhu, kelembaban, kecepatan gerakan udara dan panas radiasi dengan tingkat pengeluaran panas dari tubuh tenaga kerja sebagai akibat pekerjaannya (Kep Menaker Nomor : 51/1999). Iklim kerja adalah kondisi fisik lingkungan kerja yang dapat memberikan gangguan kesehatan kerja yang disebabkan oleh tekanan panas (*heat stress*) maupun tekanan dingin. (*cold stress*) (Depnaker, 1995:2)

Pada dasarnya ruang lingkup iklim kerja meliputi gangguan kesehatan kerja yang disebabkan oleh tekanan panas (*heat stress*) maupun tekanan dingin (*cold stress*), Iklim kerja merupakan salah satu faktor yang cukup dominan pengaruhnya terhadap kinerja sumberdaya manusia. Bahkan pengaruhnya tidak hanya terbatas pada kinerja, akan tetapi dapat lebih jauh lagi yaitu terhadap kondisi kesehatan dan keselamatan kerja.

Suhu dalam ruangan kerja industry dan manufaktur sangat mempengaruhi produktivitas dan kesehatan pekerja (Sudrajat, 1998:100), suhu yang tinggi dalam ruangan kerja bisa ditimbulkan oleh kondisi ruangan, mesin-mesin ataupun alat yang mengeluarkan panas serta panas yang bersumber dari sinar mata hari yang memanasi atap pabrik yang kemudian menimbulkan radiasi kedalam ruangan kerja.

Menurut Saal (1995 : 451), yang berkaitan dengan persoalan panas dan dingin dalam ruangan kerja, bahwa pada dasarnya toleransi terhadap akan menurun pada saat dengan meningkatnya penggunaan energi oleh pekerja, sehingga akan memberikan efek buruk pada aspek mental performa kerja.



Gambar 18. Hubungan Temperatur Lingkungan , Waktu pemaparan dan Performa kerja
(Sumber : Saal, 1995:451)

Dari Gambar 18 tersebut di atas dapat ditarik suatu informasi sebagai berikut;

Pada kondisi tekanan panas dalam ruangan kerja mencapai suhu di atas 37°C , pekerja hanya diperkenankan melakukan kegiatan dalam ruangan tersebut selama kurang lebih 2 (dua) jam, dan pada iklim kerja atau tekanan panas mencapai 43°C hanya memperbolehkan pekerja untuk bekerja selama kurang dari satu jam. Pada batas tersebut diatas yang ditunjukkan pada kurva batas fisiologis marginal (*marginal physiological limit*), yang berarti bahwa ; pekerja berada pada lingkungan dengan kondisi kesehatan yang marginal dan berbahaya bagi kesehatan pekerja.

Pada kondisi tekanan panas dalam ruangan kerja mencapai batas atas untuk tidak melemahnya performa pekerja (*upper limit for unimpaired mental performance*), bila pekerja berada dalam lingkungan kerja pada kisaran suhu dibawah 30°C , pekerja dapat melakukan kegiatannya selama 4,5 jam dalam ruangan tersebut. Sementara itu untuk batas toleransi fisiologis manusia (*tolerable physiological limit*) berada pada kisaran suhu antara $32,2^{\circ}\text{C}$ untuk waktu pemaparan 4,5 jam sampai 40°C untuk waktu pemaparan selama 15 menit. Dalam hal informasi gambar-5 tersebut diatas perlu diingat bahwa ketentuan tersebut menurut data fisiologis orang Amerika khususnya *U.S. Air Force*, dan belum tentu sesuai dengan kondisi fisiologis manusia Indonesia.

Hukum Dodson *dalam* Sarwono (1995:91) menyebutkan, bahwa kenaikan suhu sampai batas tertentu akan menimbulkan *arousal* yang merangsang persepsi, tetapi setelah melewati ambang tertentu, kenaikan suhu ini sudah mulai mengganggu suhu tubuh yang mengakibatkan terganggunya prestasi kerja.

Suhu lingkungan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan meningkatnya beban psikis (*stress*) sehingga akhirnya akan menurunkan konsentrasi perhatian (*attention*). Disebutkan oleh Sarwono, bahwa dimanapun manusia berada, entah itu di sekolah, di lapangan atau di dalam pabrik, maka efek suhu yang tinggi biasanya menimbulkan kejenuhan, kelelahan otot dan berkurangnya konsentrasi dan akan berpengaruh terhadap kemampuan bekerja. Bahkan timbulnya rasa lelah akibat panas dapat pula menimbulkan rasa mual, mau muntah, sakit kepala dan gelisah. Sehingga dampak langsung yang dapat dirasakan pekerja akibat lingkungan kerja yang terlalu panas adalah terganggunya produktivitas pekerja dan terganggu pula kuantitas serta kualitas produksi perusahaan.

Metode Pengukuran Iklim Kerja

Mengacu kepada buku *Manual of Methods for Ergonomic Research*, (Ingvar Holmer, 1985:54) yang menggunakan Indeks Suhu Basah Bola Globe (*Wet Bulb Globe Temperature*) yang di adopsi dari ISO 7243.

Pada metode ini WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*) menggunakan formulasi sebagai berikut :

- 1) $WBGT = 0.7 \times t(nwb) + 0.3 \times t(\text{globe})$ *without sunshine*
- 2) $WBGT = 0.7 \times t(nwb) + 0.2 \times t(\text{globe}) + 0.1 \times t(\text{air})$ *with sunshine*.

t(nwb) adalah *natural wet bulb* atau suhu bola basah alami yang diukur dengan suatu termometer yang bagian ujungnya dibalut dengan kain katun dan dibasahi dengan air suling.

t(globe) adalah suhu globe untuk mengukur panas radiasi, alat ini terdiri dari bola berongga dengan diameter 15 cm, yang terbuat dari bahan tembaga serta termometer gelas yang dalam rangkaiannya menempatkan lambung pada titik pusat bola berongga tersebut.

t(air) adalah suhu udara yang diukur menggunakan termometer kering.

Pada metode pengukuran ini dipergunakan serangkaian peralatan uji yang terdiri dari :

- 1) Psikrometer, adalah suatu alat pengukuran kelembaban, yang terdiri dari sebuah termometer kering dan termometer basah yang terangkai dengan suatu kipas yang dapat diputar secara manual ataupun diputar yang digerakkan oleh batere (*motor driven psychrometer*).

Cara penggunaannya :

Termometer basah yang dibalut dengan kain katun pada lambungnya dibasahi dengan air suling (aquades), kemudian kipas diputar, maka air raksa pada kolom termometer basah akan turun.

Pada saat penurunan air raksa mencapai posisi terendah, yang menandakan terjadinya keseimbangan antara tekanan parsial uap air pada permukaan katun dan tekanan uap air lingkungan, suhu basah dibaca, kemudian diikuti dengan pembacaan suhu kering pada termometer kering.

Pengukuran tersebut diulang 3 sampai 5 kali, nilai suhu basah (S_B) dan suhu kering (S_K) masing-masing adalah nilai rata-rata. Selanjutnya kelembaban relatif (R_H) dapat diperoleh dengan bantuan monogram, berdasarkan suhu basah dan suhu kering.

- 2) Termometer basah alami, adalah alat pengukur suhu basah alami yang terdiri dari termometer gelas yang lambungnya dibalut dengan kain katun yang bagian bawahnya selalu terendam air suling yang ditempatkan di dalam tabung gelas / erlenmeyer isi 125 cc.

Cara penggunaannya :

Peralatan yang sudah dirangkai dipaparkan pada lingkungan yang akan diukur selama 30 sampai 60 menit, kemudian air raksa pada kolom dibaca sebagai suhu basah alami (S_{BA}).

- 3) Termometer globe, adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu globe, alat ini terdiri dari bola berongga dengan diameter 15 cm, yang terbuat dari bahan tembaga serta termometer gelas yang dalam rangkaiannya menempatkan lambung pada titik pusat bola berongga tersebut.

Cara penggunaannya :

Alat yang telah dirangkai, kemudian dipaparkan pada tempat yang akan diukur, pemaparan selama 20 sampai 30 menit, kemudian air raksa pada kolom termometer dibaca sebagai suhu globe.

Metode penghitungan dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata dari seluruh titik pengukuran yang dilakukan dalam satu ruang, dimana para pekerja melakukan kegiatannya sehari-hari.

Untuk menilai tingkat tekanan panas dalam ruangan kerja, maka dalam penelitian ini menggunakan metode Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) yang biasa digunakan oleh Pusat Hiperkes dan Keselamatan Kerja Kementerian Tenaga Kerja.

Indeks Suhu Basah Bola ini mengacu kepada Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 13 tahun 2011 tentang; Nilai Ambang Batas Faktor Fisika di Tempat Kerja.

Metode Penghitungan

Penghitungan ISBB ini pada dasarnya menggunakan 3 (tiga) rumusan sesuai maksud pengukuran dan metode penghitungan berikut sama dengan yang dikemukakan oleh Ingvar Holmer (1985:54) yaitu seperti berikut :

- 1) Rumus yang digunakan dengan memperhitungkan radiasi sinar matahari (*outdoor*) untuk pengukuran tingkat tekanan panas di luar gedung.
$$ISBB = 0,7 S_{BA} + 0,2 S_G + 0,1 S_K$$
- 2) Rumus yang digunakan untuk pengukuran dalam gedung (*indoor*).

$$ISBB = 0,7 S_{BA} + 0,3 S_G$$

Keterangan :

ISBB = Indeks Suhu Basah dan Bola (satuan $^{\circ}C$)

S_{BA} = Suhu Basah Alami (satuan $^{\circ}C$)

S_G = Suhu Basah Globe (satuan $^{\circ}C$)

S_K = Suhu Kering (satuan $^{\circ}C$)

3) Rumus yang dikembangkan berdasarkan perpindahan lokasi kerja, yaitu adanya pekerja yang selama bekerja terpapar pada tingkat tekanan panas yang berbeda-beda, akibat keharusan berpindah lokasi selama jam kerja. Untuk ini harus ditetapkan tingkat tingkat tekanan panas rata-rata yang diterima pekerja selama jam kerja (ISBB rata-rata).

$$ISBB_{rata - rata} = \frac{(ISBB_1)(t_1) + (ISBB_2)(t_2) + \dots + (ISBB_n)(t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

ISBB.rata – rata = Tingkat tekanan panas yang diterima rata-rata selama waktu tertentu.

ISBB₁ = Tingkat tekanan panas pada lokasi 1

ISBB₂ = Tingkat tekanan panas pada lokasi 2

ISBB_n = Tingkat tekanan panas pada lokasi n

t₁ = Lama waktu pemaparan pada lokasi 1

t₂ = Lama waktu pemaparan pada lokasi 2

t_n = Lama waktu pemaparan pada lokasi n

Dalam penelitian ini, rumus yang digunakan terbatas pada penghitungan tingkat tekanan panas dalam ruang atau dalam gedung saja yaitu ;

$$\text{rumus ISBB} = 0,7 S_{BA} + 0,3 S_G$$

Metode evaluasi iklim kerja dengan ISBB

Nilai rata-rata ISBB yang dihitung dibandingkan dengan Nilai Ambang Batas iklim kerja yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 13 tahun 2011 tentang; Nilai Ambang Batas Faktor Fisika di Tempat Kerja seperti tabel berikut :

Nilai Ambang Batas (NAB) Iklim Kerja

Iklim kerja adalah hasil perpaduan antara suhu, kelembaban, kecepatan gerakan udara dan panas radiasi dengan tingkat pengeluaran panas dari tubuh tenaga kerja sebagai akibat pekerjaannya.

NAB Iklim Kerja adalah nilai ambang batas suhu, kelembaban, kecepatan gerakan udara dan panas radiasi di lingkungan kerja yang diperkenankan bagi pekerja.

Tabel 6. Nilai Ambang Batas Iklim Kerja ISBB yang Diperkenankan

Pengaturan waktu kerja setiap jam	ISBB (°C)		
	Beban Kerja		
	Ringan	Sedang	Berat
75% - 100%	31,0	28,0	-
50% - 75%	31,0	29,0	27,5
25% - 50%	32,0	30,0	29,0
0% - 25%	32,2	31,1	30,5

Indeks Suhu Basah dan Bola untuk di luar ruangan dengan panas radiasi:

$$ISBB = 0,7 \text{ Suhu basah alami} + 0,2 \text{ Suhu bola} + 0,1 \text{ Suhu kering.}$$

Indeks Suhu Basah dan Bola untuk di dalam atau di luar ruangan tanpa panas radiasi :

$$ISBB = 0,7 \text{ Suhu basah alami} + 0,3 \text{ Suhu bola.}$$

Catatan :

1. Beban kerja ringan membutuhkan kalori sampai dengan 200 Kilo kalori/jam.

2. Beban kerja sedang membutuhkan kalori lebih dari 200 sampai dengan kurang dari 350 Kilo kalori/jam.
3. Beban kerja berat membutuhkan kalori lebih dari 350 sampai dengan kurang dari 500 Kilo kalori/jam.

Hasil Pengukuran Iklim Lingkungan Pabrik Pemintalan Benang.

Berikut ini adalah sajian data nilai hasil penghitungan rata-rata temperatur ruangan kerja yang diukur menggunakan metode indeks suhu basah dan bola (ISBB) yang diukur pada tempat-tempat dimana pekerja melakukan kegiatan bekerja. Salah satu contoh hasil pengukuran dan penghitungan rata-rata temperatur ruangan kerja menggunakan ISBB yang bersamaan pengukurannya dengan pengukuran parameter iluminasi dan kelembaban ruangan (RH) adalah sebagai berikut;

Tabel 7. Contoh Hasil Pengukuran dan Penghitungan ISBB, RH dan Iluminasi

1. Titik Pengukuran ke- : 07
2. Waktu Pengukuran : Mulai Pukul 01.40

No.	Jenis Pengukuran	Hasil 5 x Pengukuran	Nilai rata-rata
1	Psikrometer :	-	-
	A. Suhu Kering (°C)	28,5 - 28,5 - 28,5 - 28,5 - 28,5	28,5°C (= 83,3°F)
	B. Suhu Basah (°C)	22,5 - 22,5 - 22,5 - 22,5 - 22,5	22,5°C (= 72,5°F)
2	Suhu Basah Alami (SBA) (°C)	30 - 30 - 30 - 30 - 30,5 - 31,5	-
3	Suhu Globe (SG) (°C)	29 - 30 - 29,5 - 31,5 - 32	-
4	Penerangan (lux)	100 - 95 - 120 - 95 - 190	120 lux

Penilaian Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) = (0,7 x SBA) + (0,3 x SG)

$$ISBB-1 = (0,7 \times 30) + (0,3 \times 29) = 29,7^{\circ}C$$

$$ISBB-2 = (0,7 \times 30) + (0,3 \times 30) = 30,00^{\circ}C$$

$$\text{ISBB-3} = (0,7 \times 30) + (0,3 \times 29,5) = 29,85^{\circ}\text{C}$$

$$\text{ISBB-4} = (0,7 \times 30,5) + (0,3 \times 31,5) = 30,72^{\circ}\text{C}$$

$$\text{ISBB-5} = (0,7 \times 31,5) + (0,3 \times 32) = 31,70^{\circ}\text{C}$$

Penilaian Kelembaban Ruang Kerja (*Relative Humidity* =RH);

Dengan memasukkan angka suhu kering (*Dry Bulb Temperature*) dan suhu basah (*Wet Bulb Temperature*) dalam satuan $^{\circ}\text{F}$ kedalam *Psychrometric Chart*, maka diperoleh RH = 69 %

Rangkuman hasil pengukuran tingkat tekanan panas yang terjadi dalam ruangan kerja pada tiap pabrik, tiap pergantian *shift* kerja adalah sebagai berikut;

Tabel 8. Hasil Pengukuran Rata-rata Temperatur Ruang Kerja Metode ISBB

No.	Shift	Pemintalan-1		Pemintalan-2		Pemintalan-3	
		Nomor Mesin	ISBB (°C)	Nomor Mesin	ISBB (°C)	Nomor Mesin	ISBB (°C)
1	I	041	31.85	115	30.70	069	30.20
2	I	054	30.55	130	30.85	064	29.85
3	I	050	30.70	059	29.70	061	29.85
4	I	095	30.55	043	30.35	065	30.20
5	I	087	30.60	060	32.00	059	29.85
6	II	083	31.05	057	29.85	071	29.85
7	II	029	31.85	058	30.35	058	29.85
8	II	071	32.00	138	30.35	056	30.00
9	II	031	31.85	127	30.70	063	30.35
10	II	033	31.85	040	29.85	068	29.85
11	III	039	29.70	047	31.85	057	30.00
12	III	042	30.00	140	30.35	055	30.35
13	III	032	29.85	136	29.85	070	30.20
14	III	045	30.72	062	30.35	062	29.85
15	III	056	31.70	134	32.15	060	30.05

Faktor Pencahayaan di Lingkungan Kerja

Iluminasi atau penerangan di lingkungan kerja merupakan cahaya penerangan yang digunakan untuk menerangi benda-benda kerja di tempat kerja (Depnaker 1995:2).

Tingkat penerangan (pencahayaan) mungkin memberikan efek yang lebih besar kepada performa kerja orang yang lebih tua dibanding pada pekerja yang lebih muda (Huges & Nelis, 1978 *dalam* Saal 1995:448).

Menurut Saal, (1995:448), pada hasil penelitiannya menyebutkan bahwa :

- a. Tingkat penerangan (pencahayaan) mungkin memberikan efek yang lebih besar kepada performa kerja orang tua dibanding pada pekerja yang lebih muda.
- b. Secara umum, meskipun para peneliti telah bekerja keras dalam mengembangkan model-model untuk menjelaskan efek penerangan terhadap performa, terdapat banyak faktor non visual yang juga berpengaruh seperti; motivasi kerja, pengetahuan, pengalaman, sifat-sifat pekerjaan.

Mc Cormic & Sanders *dalam* Grandjean (1988:247) mengemukakan hasil penelitiannya pada pabrik pemintalan di Amerika, bahwa perubahan atas iluminasi sebesar 170 lux menjadi 340 lux akan meningkatkan produktivitas pekerja sebesar 5% dan jumlah produk yang *reject* berkurang secara tajam serta biaya produksipun berkurang sebesar 24%. Saal, (1995 :455) menyebutkan bahwa, suatu komponen penting dari lingkungan kerja adalah apa yang kita sebut sebagai kondisi-kondisi kerja, aspek pekerjaan atau tempat kerja yang tidak secara langsung menentukan perilaku pekerja, tetapi lebih memberikan implikasi pada efektivitas perilaku; seperti reaksi yang baik dari para pekerja terhadap pekerjaannya. Berkaitan dengan hal ini, maka iluminasi atau pencahayaan yang kurang memadai di lingkungan kerja bukan saja akan

menambah beban kerja, karena mengganggu pelaksanaan pekerjaan, tetapi juga menimbulkan kesan yang kotor. Oleh karena itu menurut Sudrajat (1998:96) penerangan di lingkungan kerja harus cukup untuk dapat menciptakan lingkungan kerja yang higienis dan mendorong motivasi kerja yang baik terhadap pekerja.

Akibat dari kurangnya iluminasi di lingkungan kerja akan mengakibatkan timbulnya kelelahan fisik dan mental bagi para pekerja. Gejala kelelahan fisik dan mental ini menurut Sudrajat (1988:97) antara lain dapat berupa timbulnya rasa sakit kepala, menurunnya kemampuan intelektual, menurunnya konsentrasi berfikir dan kecepatan berfikir. Kurangnya intensitas pencahayaan di lingkungan kerja memaksa pekerja mendekatkan matanya ke obyek pekerjaan, hal ini akan memaksa proses akomodasi mata dan jika hal ini dibiarkan secara terus menerus maka akan menyebabkan penglihatan rangkap atau kabur. Kelelahan mata (lelah visual) akibat faktor iluminasi yang kurang memadai di lingkungan kerja akan mengakibatkan berkurangnya daya dan efisiensi kerja, kelelahan pada mental, kerusakan indera penglihatan, keluhan rasa pegal di sekitar mata dan sakit kepala di sekitar mata sehingga memungkinkan timbulnya bahaya kecelakaan kerja.

Untuk mengurangi kelelahan akibat pengaruh faktor iluminasi di lingkungan kerja, Sudrajat menyarankan agar dilakukan upaya-upaya sebagai berikut :

- a. Meningkatkan intensitas pencahayaan atau iluminasi dalam lingkungan kerja terutama pada daerah obyek kerja, dan besarnya sebaiknya dua kali lebih besar dibanding penerangan di luar tempat kerja. Disamping itu di bagian-bagian tempat kerja tertentu perlu ditambah dengan lampu-lampu tersendiri.
- b. Melakukan perbaikan kontras antara obyek kerja yang sedang dikerjakan dengan latar belakang obyek kerja tersebut. Misalnya cat tembok disekeliling ruang kerja

- berwarna kontras dengan obyek yang dikerjakan, dan sifat kontras ini tidak menimbulkan kesilauan pada mata.
- c. Dengan memperhatikan aspek kesilauan, pantulan cahaya dan peningkatan suhu di ruangan kerja. Lampu neon dengan adanya kisi-kisi pemecah sinar ternyata lebih memenuhi syarat karena mempunyai beberapa kelebihan seperti; efisiensi pemakaian energi, daya silau yang rendah, tidak banyak menimbulkan banyangan, dan peningkatan suhu ruangan relatif rendah.
 - d. Penempatan posisi sumber cahaya haruslah sedemikian rupa sehingga tidak langsung mengenai bidang yang mengkilap dan memantulkan sinar pada mata pekerja.
 - e. Pemilihan warna cat tembok, warna lantai dan warna langit-langit yang menimbulkan rasa sejuk dan nyaman bagi pekerja bila warna tersinari oleh pencahayaan ruangan.
 - f. Intensitas pencahayaan harus konstan dan tidak boleh berkedip-kedip yang dapat menimbulkan gangguan bagi pekerja, dan faktor iluminasi ini tidak boleh menimbulkan kenaikan suhu ruangan yang berlebihan.

Metode Pengukuran Iluminasi/Penerangan Ruang Kerja

Pada metode pengukuran intensitas pencahayaan atau penerangan terhadap obyek kerja ini dipergunakan peralatan *Lux Meter* yang terdiri dari dua komponen alat yaitu : elektrik sel dan skala luks.

Prinsip kerja alat ini adalah mengukur energi cahaya menjadi energi listrik, makin besar cahaya, maka semakin besar pula arus yang ditimbulkan. Arus listrik yang ditimbulkan tadi dipergunakan untuk menggerakkan angka digital yang dapat dibaca langsung pada layar monitor skala luks.

Cara penggunaannya ;

- 1) Buka penutup *photo sensor*, kemudian tekan tombol power ke posisi *ON*.
- 2) Sebelum alat digunakan, alat dikalibrasi terlebih dahulu dengan menekan *zero ADJ* sampai terbaca *000 zero ADJ* yang dilakukan pada setiap dimulainya pengukuran.
- 3) Lakukan pengukuran dengan menempatkan *photo sensor* pada tempat obyek kerja dimana para pekerja melakukan tugas sehari-harinya, dengan patokan dasar adalah sebatas pusat atau pinggang pekerja yang bekerja pada posisi berdiri. Setelah pengukuran selesai, kembalikan penutup *photo sensor* dan tekan tombol *power* ke posisi *OFF*.

Metode evaluasi intensitas penerangan ruangan kerja

Nilai rata-rata tiap titik pengukuran intensitas penerangan dengan alat lux meter dibandingkan dengan Peraturan Menteri Perburuahan No.7 Tahun 1964, tanggal 12 September 1964, tentang : Syarat Kesehatan, Kebersihan Serta Penerangan Dalam Tempat Kerja ; yaitu Pasal 14 ayat 1 sampai dengan ayat 9 yang berbunyi :

- a. Kadar penerangan diukur dengan alat-alat pengukur cahaya yang baik setinggi tempat kerja yang sebenarnya, atau setinggi perut untuk penerangan umum (± 1 meter).
- b. Penerangan darurat harus mempunyai kekuatan paling sedikit 5 lux (*0,5 feet candles*).
- c. Penerangan untuk halaman dan jalan-jalan dalam lingkungan perusahaan harus paling sedikit mempunyai 20 lux (*2 feet candles*).
- d. Penerangan yang cukup untuk pekerjaan-pekerjaan yang hanya membedakan barang kasar seperti :
 - 1) Mengerjakan bahan-bahan yang besar
 - 2) Mengerjakan arang atau batu
 - 3) Menyisihkan barang-barang yang besar
 - 4) Mengerjakan bahan tanah atau batu
 - 5) Gang-gang, tangga di dalam gedung yang selalu dipakai

- 6) Gudang-gudang untuk menyimpan barang-barang besar dan kasar harus paling sedikit mempunyai kekuatan 50 lux (5 *feet candles*)
- e. Penerangan yang cukup untuk pekerjaan-pekerjaan yang membedakan barang-barang kecil secara sepintas lalu seperti :
- 1) Mengerjakan barang-barang besi dan baja yang setengah selesai.
 - 2) Pemasangan yang kasar
 - 3) Penggilingan padi
 - 4) Pengupasan/pengambilan dan penyisihan bahan kapas
 - 5) Mengerjakan bahan-bahan pertanian lain yang kira-kira setingkat dengan titik 4).
 - 6) Kamar mesin dan uap
 - 7) Alat pengangkut orang dan barang
 - 8) Ruang-ruang penerimaan dan pengiriman dengan kapal
 - 9) Tempat penyimpan barang-barang sedang dan kecil
 - 10) Kakus, tempat mandi dan tempat kencing harus paling sedikit mempunyai 100 lux (10 *feet candles*)
- f. Penerangan yang cukup untuk pekerjaan membedakan barang-barang kecil yang agak teliti seperti :
- 1) Pemasangan alat-alat yang sedang (tidak besar)
 - 2) Pekerjaan mesin dan bubut yang kasar
 - 3) Pemeriksaan atau percobaan kasar terhadap barang-barang
 - 4) Menjahit tekstil atau kulit yang berwarna muda
 - 5) Pemasukan dan pengawetan bahan-bahan makanan dalam kaleng
 - 6) Pembungkusan daging
 - 7) Mengerjakan kayu
 - 8) Melapis perabot harus paling sedikit mempunyai kekuatan 200lux (20 *feet candles*)
- g. Penerangan yang cukup untuk pekerjaan perbedaan yang teliti dari pada barang-barang kecil dan halus seperti :
- 1) Pekerjaan mesin yang teliti
 - 2) Pemeriksaan yang teliti

- 3) Percobaan yang teliti dan halus
 - 4) Pembuatan tepung.
 - 5) Penyelesaian kulit dan penenunan bahan-bahan katun atau wol berwarna muda.
 - 6) Pekerjaan kantor yang berganti-ganti menulis dan membaca, pekerjaan arsip seleksi surat-surat harus paling sedikit mempunyai kekuatan 300 lux. (30 feet candles)
- h. Penerangan yang cukup untuk pekerjaan membedakan barang-barang halus dengan *contrast* yang sedang dan dalam waktu yang lama seperti :
- 1) Pemasangan yang halus
 - 2) Pekerjaan-pekerjaan mesin yang halus
 - 3) Pemeriksaan yang halus
 - 4) Penyemiran yang halus dan pemotongan gelas kaca
 - 5) Pekerjaan kayu yang halus (ukir-ukiran)
 - 6) Menjahit bahan-bahan wol yang berwarna tua
 - 7) Akuntan, pemegang buku, pekerjaan steno, mengetik atau pekerjaan kantor yang lama dan teliti harus mempunyai kekuatan antara 500 sampai 1000 lux (50 sampai 100 feet candles)
- i. Penerangan yang cukup untuk pekerjaan membedakan barang-barang yang sangat halus dengan *contrast* yang sangat kurang untuk waktu yang lama seperti :
- 1) Pemasangan yang ekstra halus (arloji dll.)
 - 2) Pemeriksaan yang ekstra halus (ampul obat)
 - 3) Percobaan alat-alat yang ekstra halus
 - 4) Tukang mas dan intan
 - 5) Penilaian dan penyisihan hasil-hasil tembakau
 - 6) Penyusunan huruf dan pemeriksaan copy dalam percetakan
 - 7) Pemeriksaan dan penjahitan bahan pakaian berwarna tua harus mempunyai kekuatan paling sedikit 1000 lux (100 feet candles).

Hasil Pengukuran Iluminasi Ruang Kerja Lingkungan Pabrik Pemintalan Benang.

Berikut ini adalah sajian data nilai rata-rata hasil pengukuran iluminasi dalam ruangan kerja pada tiap pabrik dan pada tiap *shift* kerja.

Tabel 9. Hasil Pengukuran Rata-rata Iluminasi Dalam Ruang Kerja

No.	Shift	Pemintalan-1		Pemintalan-2		Pemintalan-3	
		Nomor Mesin	Lux	Nomor Mesin	Lux	Nomor Mesin	Lux
1	I	041	125	115	130	069	175
2	I	054	99	130	140	064	155
3	I	050	85	059	155	061	175
4	I	095	150	043	120	065	155
5	I	087	110	060	110	059	120
6	II	083	165	057	175	071	185
7	II	029	115	058	185	058	158
8	II	071	85	138	160	056	152
9	II	031	80	127	130	063	169
10	II	033	120	040	165	068	165
11	III	039	100	047	170	057	165
12	III	042	95	140	100	055	175
13	III	032	120	136	100	070	160
14	III	045	95	062	175	062	185
15	III	056	190	134	160	060	190

Faktor Vibrasi (getaran) di Lingkungan Kerja

Getaran (vibrasi) sebagai “gerakan yang teratur dari benda atau media dengan arah bolak-balik dari kedudukan keseimbangannya. Vibrasi didefinisikan sebagai getaran benda padat yang berasal dari sumber mekanis dan melakukan kontak fisik dengan manusia (Groothoff 2012). Sedangkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 13 tahun 2011, mendefinisikan getaran (vibrasi) sebagai “gerakan yang teratur dari benda atau media dengan arah bolak-balik dari kedudukan keseimbangannya.

Tabel 10. Nilai Ambang Batas **Getaran** Untuk Pemaparan Lengan dan Tangan

Jumlah Waktu Pemaparan per Hari	Nilai Percepatan Pada Frekuensi Dominan	
	Meter Per Detik Kuadrat (m/detik ²)	Gravitasi
4 jam dan kurang dari 8 jam	4	0,40
2 jam dan kurang dari 4 jam	6	0,61
1 jam dan kurang dari 2 jam	8	0,81
Kurang dari 1 jam	12	1,22

Catatan :

1 Gravitasi = 9,81 (m/detik²)

Berdasarkan Tabel di atas dapat dijelaskan bahwa;

1. Jika jumlah waktu pemaparan Getaran/hari adalah selama 4 jam/hari dan kurang dari 8 jam/hari, maka NAB Getaran adalah 4 m/detik² pada keadaan gravitasi sebesar 0,40 m/detik².

2. Jika jumlah waktu pemaparan Getaran/hari adalah selama 2 jam/hari dan kurang dari 4 jam/hari, maka NAB Getaran adalah 6 m/detik² pada keadaan gravitasi sebesar 0,61 m/detik².
3. Jika jumlah waktu pemaparan Getaran/hari adalah selama 1 jam/hari dan kurang dari 2 jam/hari, maka NAB Getaran adalah 8 m/detik² pada keadaan gravitasi sebesar 0,81 m/detik².
4. Jika jumlah waktu pemaparan Getaran/hari adalah kurang dari 1 jam/hari, maka NAB Getaran adalah 12 m/detik² pada keadaan gravitasi sebesar 1,22 m/detik².

Tabel 11. Nilai Ambang Batas Radiasi Frekuensi Radio dan Gelombang Mikro

FREKUENSI	Power Density (mW/cm ²)	Kekuatan Medan Listrik (V/m)	Kekuatan Medan Magnit (A/m)	Waktu Paparan (menit)
30 kHz - 100 kHz		1842	163	6
100 kHz - 1 MHz		1842	16,3/f	6
1 MHz - 30 MHz		1842/f	16,3/f	6
30 MHz - 100 MHz		61,4	16,3/f	6
100 MHz - 300 MHz	10	61,4	0,163	6
300 MHz - 3 GHz	f/30			6
3 GHz - 30 GHz	100			33.878,2 / f ^{1,079}
30 GHz - 300 GHz	100			67,62 / f ^{0,476}

Keterangan :

kHz = Kilo Hertz

MHz = Mega Hertz

GHz = Giga Hertz

F = Frekuensi dalam MHz

mW/Cm² = Mili Watt per Senti Meter Persegi

V/m = Volt per Meter

A/m = Amper per Meter

Berdasarkan Tabel di atas dapat dijelaskan bahwa; jika jumlah waktu pemaparan Radiasi Frekuensi Radio dan Gelombang Mikro berkisar antara 30 kHz – 100 kHz berlangsung selama 6 jam, maka NAB Kekuatan Medan Listrik adalah sebesar 1842 volt/meter dan Kekuatan Medan Magnit adalah sebesar 163 Amper/meter.

Tabel 12. Waktu Pemaparan Radiasi Sinar Ultra Ungu yang Diperkenankan

Waktu Pemaparan per Hari		Iradiasi Efektif (IEff) (mW/Cm ²)
8	Jam	0,0001
4	Jam	0,0002
2	Jam	0,0004
1	Jam	0,0008
30	Menit	0,0017
15	Menit	0,0033
10	Menit	0,005
5	Menit	0,01
1	Menit	0,05
30	Detik	0.1
10	Detik	0,3
1	Detik	3
0,5	Detik	6
0,1	Detik	30

Berdasarkan Tabel di atas dapat dijelaskan bahwa;

1. Jika jumlah waktu pemaparan Radiasi Sinar UV/hari adalah selama 8 jam/hari, maka NAB Iradiasi Efektif adalah $0,0001 \text{ mW/Cm}^2$.
2. Jika jumlah waktu pemaparan Radiasi Sinar UV/hari adalah selama 4 jam/hari, maka NAB Iradiasi Efektif adalah $0,0002 \text{ mW/Cm}^2$.
3. Jika jumlah waktu pemaparan Radiasi Sinar UV/hari adalah selama 2 jam/hari, maka NAB Iradiasi Efektif adalah $0,0004 \text{ mW/Cm}^2$.
4. Jika jumlah waktu pemaparan Radiasi Sinar UV/hari adalah selama 1 jam/hari, maka NAB Iradiasi Efektif adalah $0,0008 \text{ mW/Cm}^2$.
5. Jika jumlah waktu pemaparan Radiasi Sinar UV/hari adalah selama 30 menit/hari, maka NAB Iradiasi Efektif adalah $0,0017 \text{ mW/Cm}^2$.
6. Jika jumlah waktu pemaparan Radiasi Sinar UV/hari adalah selama 15 menit/hari, maka NAB Iradiasi Efektif adalah $0,0033 \text{ mW/Cm}^2$.
7. Jika jumlah waktu pemaparan Radiasi Sinar UV/hari adalah selama 10 menit/hari, maka NAB Iradiasi Efektif adalah $0,005 \text{ mW/Cm}^2$.
8. Jika jumlah waktu pemaparan Radiasi Sinar UV/hari adalah selama 5 menit/hari, maka NAB Iradiasi Efektif adalah $0,01 \text{ mW/Cm}^2$.
9. Jika jumlah waktu pemaparan Radiasi Sinar UV/hari adalah selama 1 menit/hari, maka NAB Iradiasi Efektif adalah $0,05 \text{ mW/Cm}^2$.

Tabel 13. NAB Pemaparan Medan Magnit Statis yang Diperkenankan

No.	Bagian Tubuh	Kadar Tertinggi Diperkenankan (Ceiling)
1	Seluruh Tubuh (tempat kerja umum)	2 T
2	Seluruh Tubuh (pekerja khusus dan lingkungan kerja yang terkendali)	8 T
3	Anggota gerak (Limbs)	20 T
4	Pengguna peralatan medis elektronik	0,5 mT

Keterangan: mT = Mili Tesla

Berdasarkan Tabel di atas dapat dijelaskan bahwa;

1. Jika seluruh tubuh (tempat kerja umum) terkena pemaparan Medan Magnit Statis, maka NAB kadar tertinggi yang diperkenankan adalah 2 Tesla.
2. Jika seluruh tubuh (pekerja khusus dan lingkungan kerja yang terkendali) terkena pemaparan Medan Magnit Statis, maka NAB kadar tertinggi yang diperkenankan adalah 8 Tesla.
3. Jika anggota tubuh bergerak (limbs) yang terkena pemaparan Medan Magnit Statis, maka NAB kadar tertinggi yang diperkenankan adalah 20 Tesla.
4. Jika Pengguna peralatan medis elektronik yang terkena pemaparan Medan Magnit Statis, maka NAB kadar tertinggi yang diperkenankan adalah 0,5 mili Tesla.

Tabel 14. NAB Medan Magnit Untuk Frekuensi 1 – 30 kHz

No.	Bagian Tubuh	NAB (TWA)	Rentang Frekuensi
1	Seluruh Tubuh	60/f mT	1 – 300 Hz
2	Lengan dan Paha	300/f mT	1 – 300 Hz
3	Tangan dan Kaki	600/f mT	1 – 300 Hz
4	Anggota Tubuh dan Seluruh Tubuh	0,2 mT	300 Hz – 30 kHz

Keterangan: f = adalah frekuensi dalam Hz

Berdasarkan Tabel di atas dapat dijelaskan bahwa;

1. Jika seluruh tubuh terkena pemaparan Medan Magnit untuk Frekuensi 1 – 30 kHz, maka NAB adalah 60/fmT pada rentang frekuensi 1 – 300 Hz.
2. Jika Lengan dan Paha terkena pemaparan Medan Magnit untuk Frekuensi 1 – 30 kHz, maka NAB adalah 300/fmT pada rentang frekuensi 1 – 300 Hz.
3. Jika Tangan dan Kaki terkena pemaparan Medan Magnit untuk Frekuensi 1 – 30 kHz, maka NAB adalah 600/fmT pada rentang frekuensi 1 – 300 Hz.
4. Jika anggota tubuh dan seluruh tubuh terkena pemaparan Medan Magnit untuk Frekuensi 1 – 30 kHz, maka NAB adalah 0,2/fmT pada rentang frekuensi 300 – 30 kHz.

Faktor Kimia Udara di Lingkungan Kerja

Factor kimia lingkungan kerja industri adalah salah satu factor yang dapat memberikan pengaruh langsung ataupun pengaruh tak langsung terhadap kinerja pekerja dan industri secara umum. Factor kimia lingkungan kerja industri dalam tempo yang cukup lama dapat mempengaruhi kesehatan pekerja dan kesejahteraan para pekerja industri.

Berdasarkan atas Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 13 tahun 2011, maka yang disebut sebagai factor kimia adalah faktor di dalam tempat kerja yang bersifat kimia yang dalam keputusan ini meliputi bentuk padatan (partikel), cair, gas, kabut, aerosol dan uap yang berasal dari bahan-bahan kimia. Faktor kimia mencakup wujud yang bersifat partikel adalah debu, awan, kabut, uap logam, dan asap; serta wujud yang tidak bersifat partikel adalah gas dan uap.

NAB Faktor Kimia di Udara Tempat Kerja:

Nilai Ambang Batas (NAB) adalah standar faktor tempat kerja yang dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu.

Faktor lingkungan kerja adalah potensi-potensi bahaya yang kemungkinan terjadi di lingkungan kerja akibat adanya suatu proses kerja.

Faktor kimia adalah faktor di dalam tempat kerja yang bersifat kimia yang dalam keputusan ini meliputi bentuk padatan (partikel), cair, gas, kabut, aerosol dan uap yang berasal dari bahan-bahan kimia.

Faktor kimia mencakup wujud yang bersifat partikel adalah debu, awan, kabut, uap logam, dan asap; serta wujud yang tidak bersifat partikel adalah gas dan uap.

Terpapar adalah peristiwa seseorang terkena atau kontak dengan faktor bahaya di tempat kerja.

Paparan Singkat Diperkenankan (PSD) adalah kadar zat kimia di udara di tempat kerja yang tidak boleh dilampaui agar tenaga kerja yang terpapar pada periode singkat yaitu tidak lebih dari 15 menit masih dapat menerimanya tanpa mengakibatkan iritasi, kerusakan jaringan tubuh maupun terbius yang tidak boleh dilakukan lebih dari 4 kali dalam satu hari kerja.

Kegunaan NAB

NAB digunakan sebagai (pedoman) rekomendasi pada praktek higiene perusahaan dalam melakukan penatalaksanaan lingkungan kerja industri sebagai upaya untuk mencegah dampaknya terhadap kesehatan. Dengan demikian NAB antara lain dapat pula digunakan:

1. Sebagai kadar standar untuk perbandingan.
2. Sebagai pedoman untuk perencanaan proses produksi dan perencanaan teknologi pengendalian bahaya-bahaya di lingkungan kerja.
3. Menentukan pengendalian bahan proses produksi terhadap bahan yang lebih beracun dengan bahan yang sangat beracun.
4. Membantu menentukan diagnosis gangguan kesehatan, timbulnya berbagai jenis penyakit dan hambatan-hambatan efisiensi kerja akibat faktor kimiawi dengan bantuan pemeriksaan biologis.

Kategori Karsinogenitas

Bahan-bahan kimia yang bersifat karsinogen dapat dikategorikan sebagai berikut:

A-1 Terbukti karsinogen untuk manusia (*confirmed human carcinogen*). Bahan kimia yang berefek karsinogen terhadap manusia, atas dasar bukti dari studi-studi epidemiologi atau bukti klinik yang meyakinkan, dalam pemaparan terhadap manusia yang terpajan.

A-2 Diperkirakan karsinogen untuk manusia (*suspected human carcinogen*). Bahan kimia yang berefek karsinogen

terhadap binatang percobaan pada dosis tertentu, melalui jalan yang ditempuh, pada lokasi-lokasi, dari tipe histologi atau melalui mekanisme yang dianggap sesuai dengan pemaparan terhadap tenaga kerja terpajan. Penelitian epidemiologik yang ada belum cukup membuktikan meningkatnya risiko kanker pada manusia yang terpajan.

A-3 Karsinogen terhadap binatang. Bahan-bahan kimia yang bersifat karsinogen pada binatang percobaan pada dosis relatif tinggi, pada jalan yang ditempuh, lokasi, tipe histologik atau mekanisme yang kurang sesuai dengan pemaparan terhadap tenaga kerja yang terpapar.

A-4 Tidak diklasifikasikan karsinogen terhadap manusia. Tidak cukup data untuk mengklasifikasikan bahan-bahan ini bersifat karsinogen terhadap manusia ataupun binatang.

A-5 Tidak diperkirakan karsinogen terhadap manusia.

Reproduksi; menimbulkan gangguan reproduksi pada wanita, seperti abortus spontan, gangguan haid, infertilitas, prematur, kelainan kongenital, Berat Badan Lahir Rendah (BBLR).

NAB Campuran

Apabila terdapat lebih dari satu bahan kimia berbahaya yang bereaksi terhadap sistem atau organ yang sama, di suatu udara lingkungan kerja, maka kombinasi pengaruhnya perlu diperhatikan. Jika tidak dijelaskan lebih lanjut, efeknya dianggap saling menambah.

Dilampaui atau tidaknya Nilai Ambang Batas (NAB) campuran dari bahan-bahan kimia tersebut, dapat diketahui dengan menghitung dari jumlah perbandingan diantara kadar dan NAB masing-masing, dengan rumus-rumus sebagai berikut:

1. Efek saling menambah

$$\frac{C1}{NAB(1)} + \frac{C2}{NAB(2)} + \dots + \frac{Cn}{NAB(n)} = \dots$$

Kalau jumlahnya lebih dari 1 (satu), berarti Nilai Ambang Batas Campuran dilampaui.

a. Efek Saling Menambah

Keadaan umum

$$NAB \text{ campuran} : \frac{C1}{NAB(1)} + \frac{C2}{NAB(2)} + \frac{C3}{NAB(3)} + \dots =$$

Contoh 1 a (Menghitung Efek Pencemaran Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur):

Udara mengandung 400 bds Aseton (bds = bagian dalam sejuta) dengan NAB = 750 bds, 150 bds Butil Asetat sekunder (NAB-200 bds) dan 100 bds Metil etil keton (NAB-200 bds). Kadar campuran = 400 bds + 150 bds + 100 bds = 650 bds. Untuk mengetahui NAB campuran dilampaui atau tidak, angka-angka tersebut dimasukkan ke dalam rumus : $(400/750) + (150/200) + (100/200) = 0,53 + 0,75 + 0,5 = 1,78$ Dengan demikian kadar bahan kimia campuran tersebut di atas telah melampaui NAB campuran, karena hasil dari rumus lebih besar dari 1 (satu).

Contoh 1 b (Menghitung Efek Pencemaran Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur):

Diketahui:

Pada lingkungan kerja industri kimia, udara mengandung 3 mg/m³ Asam Asetat (NAB-10 mg/m³), 3 mg/m³ Asam Formiat (NAB-5 mg/m³) dan 0,2 mg/m³ Asam Oksalat (NAB-1 mg/m³). Kadar bahan kimia campuran di lingkungan kerja = 3 mg/m³ + 3 mg/m³ + 0,2 mg/m³ = 6,2 mg/m³.

Ditanyakan:

Buatlah analisis perhitungan terhadap kadar bahan kimia pencemar lingkungan kerja industry kimia tersebut di atas apakah telah melampaui nilai ambang batas (NAB) yang membahayakan keselamatan dan kesehatan pekerja ataukah tidak.

Jawaban:

Kadar campuran = $3 \text{ mg/m}^3 + 3 \text{ mg/m}^3 + 0,2 \text{ mg/m}^3 = 6,2 \text{ mg/m}^3$. Untuk mengetahui NAB campuran dilampaui atau tidak, adalah : $(3/10) + (3/10) + (2/10) = 0,8$

Dengan demikian kadar bahan kimia campuran tersebut di atas belum melampaui NAB campuran, karena hasil penghitungan berdasarkan rumus lebih kecil dari 1 (satu). Lingkungan kerja dapat dinyatakan aman dari risiko paparan bahan kimia yang ada.

Contoh 1 c (Menghitung Efek Pencemaran Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur):

Diketahui:

Pada lingkungan kerja manufaktur karoseri kendaraan bermotor, udara mengandung 5 mg/m^3 Debu Logam (NAB-10 mg/m^3), 3 mg/m^3 Bubuk Pyro Almunium (NAB-5 mg/m^3) dan 2 mg/m^3 Uap Las mengandung Almunium (NAB-5 mg/m^3). Kadar campuran = $5 \text{ mg/m}^3 + 3 \text{ mg/m}^3 + 2 \text{ mg/m}^3 = 10 \text{ mg/m}^3$.

Ditanyakan:

Buatlah analisis perhitungan terhadap kadar bahan kimia pencemar lingkungan kerja manufaktur tersebut di atas apakah telah melampaui nilai ambang batas (NAB) yang membahayakan keselamatan dan kesehatan pekerja ataukah tidak.

Jawaban:

Kadar campuran = $5 \text{ mg/m}^3 + 3 \text{ mg/m}^3 + 2 \text{ mg/m}^3 = 10 \text{ mg/m}^3$. Untuk mengetahui NAB campuran dilampaui atau tidak, adalah : $(5/10) + (3/5) + (2/5) = 7,5/5 = 1,5$

Dengan demikian kadar bahan kimia campuran tersebut di atas telah melampaui NAB campuran, karena hasil penghitungan berdasarkan rumus lebih besar dari 1 (satu). Untuk meminimumkan dampak negative pencemaran lingkungan kerja dari bahan kimia campuran tersebut terhadap kesehatan pekerja, maka perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut:

- a. Lakukan evaluasi terhadap sumber emisi (Debu Logam, Bubuk Pyro Aluminium dan Uap Las mengandung Aluminium);
- b. Terapkan teknologi exhauster untuk menyedot emisi;
- c. Terapkan system ventilasi yang memadai untuk mendispersikan emisi ke lingkungan yang lebih luas; dan
- d. Perbesar ruang pabrik tempat kerja.

2. Kasus Khusus;

Yang dimaksud dengan kasus khusus yaitu sumber kontaminan adalah suatu zat cair dan komposisi bahan-bahan kimia di udara dianggap sama dengan komposisi campuran diketahui dalam % (persen) berat, sedangkan NAB campuran dinyatakan dalam milligram per meter kubik (mg/m^3).

$$\text{NAB Campuran} = \frac{1}{\frac{f_a}{\text{NAB (a)}} + \frac{f_b}{\text{NAB (b)}} + \frac{f_c}{\text{NAB (c)}} + \frac{f_n}{\text{NAB (n)}}}$$

Contoh 1 b:

Zat cair mengandung :50 % heptan (NAB 400 bds atau 1640 mg/m³), 30 % Metil kloroform (NAB = 350 bds atau 1910 mg/m³), 20 % Perkloroetelin (NAB = 25 bds atau 170 mg/m³).

$$\text{NAB campuran} = \frac{1}{\frac{0,5}{1640} + \frac{0,3}{1910} + \frac{0,2}{170}} = \frac{1}{0,00030 + 0,00016 + 0,00018}$$

$$\frac{1}{0,00030 + 0,00016 + 0,00018} = \frac{1}{0,00164} = 610 \text{ mg/m}^3$$

Komposisi campuran adalah :

50 % atau (610) (0,5) mg/m³ = 305 mg/m³ Heptan = 73 bds.
 30 % atau (610) (0,3) mg/m³ = 183 mg/m³ Metil kloroform = 33 bds.
 20 % atau (610) (0,2) mg/m³ = 122 mg/m³ Perkloroetelin = 18 bds.
 NAB campuran : 73 + 33 + 18 = 124 bds atau 610 mg/m³

3. Berefek Sendiri-Sendiri;

NAB campuran =

$$\frac{C_1}{\text{NAB (1)}} = 1; \quad \frac{C_2}{\text{NAB (2)}} = 1; \quad \frac{C_3}{\text{NAB (3)}} = 1 \text{ dan seterusnya}$$

Contoh 1 c:

Udara mengandung 0,15 mg/mg³ timbal (NAB = 0,15 mg/m³) dan 0,7 Mg/m³ asam sulfat (NAB = 1 mg/m³).

$$\frac{0,15}{0,15} = 1 \quad ; \quad \frac{0,7}{1} = 0,7$$

Dengan demikian NAB campuran belum dilampaui

4. NAB Untuk Campuran Debu-Debu Mineral;

Untuk campuran debu-debu mineral yang secara biologi bersifat aktif, dipakai rumus seperti pada campuran di A.2. (kasus khusus).

Catatan Notasi/Tanda;

▲	Identitas bahan-bahan kimia dimana diperlukan indikator Pemaparan Biologik (<i>BEI = Biological Exposure Indices</i>)
●	Bahan-bahan kimia yang NAB-nya lebih tinggi dari Batas Pemaparan yang Diperkenankan (PEL) dari OSHA dan atau Batas Pemaparan yang Dianjurkan dari NIOSH
■	Identitas bahan-bahan kimia yang dikeluarkan oleh sumber-sumber lain, diperkirakan atau terbukti karsinogen untuk manusia
CAS	<i>Chemical Abstracts Services</i> adalah nomor pendaftaran suatu bahan kimia yang diterbitkan oleh <i>American Chemical Society</i>
A	Menurut kategori A- Karsinogen
B	Bahan-bahan kimia yang mempunyai komposisi berubah-ubah
T	Kadar tertinggi
BDS	Bagian Dalam Sejuta (Bagian uap atau gas per juta volume dari udara terkontaminasi)
mg/m ³	Miligram bahan kimia per meter kubik udara
(c)	Bahan kimia yang bersifat asfiksian
(d)	NOC = <i>not otherwise classified</i> (tidak diklasifikasikan dengan cara lain)
(e)	Nilai untuk partikulat yang dapat dihirup (total), tidak mengandung asbes dan kandungan silica kristalin < 1%
(f)	Serat lebih panjang dari 5µm dan dengan suatu rasio sama atau lebih besar dari 3:1
(g)	Nilai untuk material partikulat yang mengandung Kristal silica < 5%
(h)	Serat lebih panjang dari 5µm; diameter kurang dari 3µm; rasio lebih besar dari 5:1
(i)	Partikulat dapat dihirup
(j)	NAB untuk fraksi respirabel dari material partikulat
(k)	Pengambilan contoh dengan metoda dimana tidak diambil bentuk uapnya
(l)	Tidak termasuk stearat-stearat yang berbentuk logam-logam beracun
(m)	Berdasarkan pengambilan contoh dengan <i>High Volume Sampling</i>
(n)	Bagaimanapun respirabel partikulat tidak boleh melampaui 2mg/m ³
(o)	Untuk jaminan yang lebih baik dalam perlindungan tenaga kerja, disarankan monitoring sampel biologi
(p)	Kecuali minyak kastrol (jarak), biji mete (<i>cashew nut</i>), atau minyak-minyak intan yang sejenis
(q)	Material partikulat bebas bulu kain diukur dengan <i>vertical elutriator cotton-dust sampler</i>

Dampak Negatif Pencemar Udara Lingkungan Kerja Industri Terhadap Kesehatan Para Pekerja

Tabel 15. Pencemar Udara di Lingkungan Kerja dan Dampaknya pada Kesehatan Pekerja Industri dan Manufaktur

PENCEMAR UDARA	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK NEGATIF PADA KESEHATAN PEKERJA INDUSTRI
Suhu Udara	Alamiah, kegiatan industry, domestic, transportasi dan kegiatan pembakaran lainnya.	<ul style="list-style-type: none"> • Dalam ruangan; suhu udara yang tinggi dapat mempercepat timbul kelelahan kerja, mempercepat metabolisme tubuh, dehidrasi tubuh, dan dapat mempermudah menjalarnya api pada saat terjadi kebakaran bangunan, memicu timbulnya listrik static pada benda plastik. • Katalisator timbulnya penyakit tertentu yang berakibat pada terganggunya kesehatan manusia. • Di alam terbuka; suhu udara yang tinggi dapat mempercepat proses penguapan, menghambat proses fotosintesis, terganggunya pertumbuhan tanaman, kekeringan. Dapat menyebabkan kematian pada vegetasi. • Api/kebakaran mudah menyebar.
Kelembaban udara	Alamiah, kegiatan yang banyak menggunakan air dan tidak ada sirkulasi udara.	<ul style="list-style-type: none"> • Dalam ruangkerja misalnya; kelembaban yang terlalu tinggi dapat menghambat produktivitas

PENCEMAR UDARA	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK NEGATIF PADA KESEHATAN PEKERJA INDUSTRI
		<p>kerja, memacu terjadi penyakit paru basah.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Katalisator timbulnya penyakit tertentu yang berakibat pada terganggunya kesehatan manusia.
Timbal (Pb)	Pembakaran bahan bakar bensin	<ul style="list-style-type: none"> • Jika berada di atas standar baku mutu, maka sangat membahayakan kesehatan manusia karena cenderung untuk berakumulasi dalam jaringan tubuh manusia dan meracuni jaringan syaraf • menghambat pertumbuhan vegetasi, bintik hitam particulat yang terdeposisi dipermukaan tanaman sehingga dapat menghambat proses fotosintesis
Sulfur Dioksida (SO ₂)	Pembakaran bahan bakar Batu bara atau bahan bakar minyak yang mengandung Sulfur. Pembakaran limbah pertambangan. Proses-proses dalam kegiatan industri.	<ul style="list-style-type: none"> • Pemajanan melalui ingesti efeknya berat, rasa terbakar dimulut, pharynx, abdomen yang disusul dengan muntah, diare, tinja merah gelap (melena). Tekanan darah turun drastis • Pemajanan melalui inhalasi, menyebabkan iritasi saluran pernafasan, batuk, rasa tercekik, kemudian dapat terjadi edema paru, rasa sempit didada, tekanan darah rendah dan nadi cepat • pemajanan melalui kulit terasa sangat nyeri dan kulit terbakar • Menimbulkan efek iritasi pada saluran pernafasan sehingga menimbulkan

PENCEMAR UDARA	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK NEGATIF PADA KESEHATAN PEKERJA INDUSTRI
		<p>gejala batuk dan sesak nafas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • menyebabkan pedih pada mata • Rasa pedih pada mata, polusi, iritasi saluran pernafasan, batuk, kemudian dapat terjadi edema paru, rasa sempit didada, tekanan darah rendah dan nadi cepat, kulit terbakar. • pemajanan lewat ingesti efeknya berat, rasa terbakar dimulut, pharynx, abdomen yang disusul dengan muntah, diare, tinja merah gelap (melena). Tekanan darah turun drastis • pemajanan lewat inhalasi, menyebabkan iritasi saluran pernafasan, batuk, rasa tercekik, kemudian dapat terjadi edema paru, rasa sempit didada, tekanan darah rendah dan nadi cepat • pemajanan lewat kulit terasa sangat nyeri dan kulit terbakar • menyebabkan pedih pada mata
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	Bau Bangkai, bau sampah, bau got, bau limbah, gas kawah gunung yang masih aktif.	<ul style="list-style-type: none"> • Menimbulkan bau yang tidak sedap, dapat merusak indera penciuman (nervus olfactory) • Dalam jumlah besar dapat memperbesar keasaman air sehingga dapat menyebabkan korosifitas pada pipa-pipa logam dan

PENCEMAR UDARA	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK NEGATIF PADA KESEHATAN PEKERJA INDUSTRI
		<p>H₂S bersifat sangat beracun dan berbau busuk</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zat beracun dapat menyerap pada tumbuhan dan menimbulkan bahaya bila dikonsumsi • Menimbulkan bau yang tidak sedap, bersifat racun yang dapat membahayakan lingkungan sekitar • dalam jumlah besar dapat memperbesar keasaman air sehingga dapat menyebabkan korosifitas pada pipa-pipa logam
<ul style="list-style-type: none"> ○ Nitrogen Oksida (N₂O) ○ Nitrogen Monoksida (NO) ○ Nitrogen Dioksida (NO₂) 	<p>Berbagai jenis pembakaran. Gas buang kendaraan bermotor. Peledak, pabrik pupuk.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mengganggu sistem pernapasan. • Melemahkan sistem pernapasan paru dan saluran nafas sehingga paru mudah terserang infeksi. • Keracunan akut sehingga tubuh menjadi lemah, batuk yang menyebabkan edema pada paru-paru, meningkatkan timbulnya penyakit asthma, bronchiale, emphysema pulmonum, mempengaruhi kapasitas fungsi paru bila menghirup dalam jangka panjang dan menghambat perjalanan oksigen di dalam tubuh • menyebabkan korosifitas pada logam bila bereaksi dengan uap air.
<p>Amoniak (NH₃)</p>	<p>Proses-proses dalam kegiatan industri</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Amoniak relatif beracun dan dapat menimbulkan bau yang sangat tajam dan menusuk hidung

PENCEMAR UDARA	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK NEGATIF PADA KESEHATAN PEKERJA INDUSTRI
		<ul style="list-style-type: none"> • Pada lingkungan perairan, meningkatnya konsentrasi amoniak di perairan dapat mengakibatkan melimpahnya fitoplankton sehingga dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi di perairan • Amoniak relatif beracun terhadap ikan daripada dalam bentuk basanya (NH₃)Menimbulkan bau yang tidak sedap/menyengat. • Menyebabkan sistem pernapasan, Bronchitis, merusak indera penciuman.
<ul style="list-style-type: none"> ○ Karbon Dioksida (CO₂) 	<p>Semua hasil pembakaran. Proses-proses dalam kegiatan industri</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Menimbulkan efek sistematis, karena meracuni tubuh dengan cara pengikatan hemoglobin yang amat vital bagi oksigenasi jaringan tubuh akaibatnya apabila otak kekurangan oksigen dapat menimbulkan kematian. • Dalam jumlah kecil dapat menimbulkan gangguan berfikir, gerakan otot, gangguan jantung. • Polusi, perih pada mata, sesak nafas, gangguan pada paru-paru • CO₂ dapat diserap oleh tanaman melalui proses fotosintesis (dampak positif). • menyebabkan korosifitas pada logam bila bereaksi dengan uap air

PENCEMAR UDARA	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK NEGATIF PADA KESEHATAN PEKERJA INDUSTRI
<ul style="list-style-type: none"> ○ Karbon Monoksida (CO) ○ Hidrokarbon (HC) 	<p>Semua hasil pembakaran. Proses-proses dalam kegiatan industry.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Menghambat pembentukan formasi karbon-hemoglobin dalam darah, Mengurangi kapasitas pengangkutan oksigen oleh darah ke organ vital, Mengganggu penglihatan, Meningkatkan timbulnya penyakit pada lambung dan perut, Memicu tumbuhnya penyakit kardiovaskuler, meningkatkan gangguan stress fisiologis, mengecilnya berat badan janin, meningkatkan tingkat kematian pada bayi, memicu terjadinya kerusakan otak. • Keracunan akut: Terjadi setelah terpajan Karbon monoksida berkadar tinggi. Yang dapat mengakibatkan gangguan fungsi otak atau hypoxia, susunan syaraf dan jantung, karena organ tersebut kekurangan oksigen dan selanjutnya dapat mengakibatkan kematian • Keracunan Kronis: Terjadi karena terpajan berulang-ulang oleh CO yang berkadar rendah atau sedang. Yang dapat menimbulkan kelainan pada pembuluh darah, gangguna fungsi ginjal, jantung dan darah. Menimbulkan efek sistematik, karena meracuni tubuh dengan

PENCEMAR UDARA	SUMBER PENCEMAR	DAMPAK NEGATIF PADA KESEHATAN PEKERJA INDUSTRI
		<p>cara pengikatan hemoglobin yang amat vital bagi oksigenasi jaringan tubuh akaibatnya apabila otak kekurangan oksigen dapat menimbulkan kematian.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dalam jumlah kecil dapat menimbulkan gangguan berfikir, gerakan otot, gangguan jantung.
Partikulat/ Partikel debu	Kegiatan yang menghasilkan debu dan asap.	<ul style="list-style-type: none"> • ISPA • partikel debu dapat berdampak pada lingkungan sekitar (manusia). Dimana SPM masuk langsung keparu-paru dan mengendap di alveoli yang dapat mengganggu saluran pernafasan bagian atas dan menyebabkan iritasi. • Menghambat proses fotosintesis jika debu menempel pada daun vegetasi.
Opasitas	Kegiatan yang menghasilkan debu dan asap.	<ul style="list-style-type: none"> • ISPA • Opasitas digunakan sebagai indikator praktis pemantauan lingkungan dan dikembangkan untuk memperoleh hubungan korelatif dengan pengamatan jumlah/total partikel

Zat Kimia Pencemar Udara di Dalam Ruangan Kerja

Beberapa senyawa *volatile organic compound* (VOC) yang sering ditemukan di dalam ruangan kerja atau dalam rumah yang menjadi pencemar utama udara dalam ruang adalah:

1. Formaldehide atau berbagai jenis formalin yang digunakan untuk mengusir bakteri, jamur dan *microorganism* seperti semprotan obat nyamuk, pembersih lantai dan lain sebagainya.
 2. Benzene yang terdapat pada bahan cat digunakan untuk ataupun zat pewangi yang bahan utamanya adalah benzena dan lain sebagainya
 3. Naphtalene yang terdapat pada bahan pengusir ngengat dan pencegah munculnya bakteri dan jamur pada pakaian dan kain dalam lemari baju seperti kamper (*champer*) dan lain sebagainya.
 4. Styrene yang terdapat pada bahan karpus yang mudah terpecah menimbulkan debu pada perabotan rumah tangga.
 5. Berbagai Pestisida (*pesticide*) zat yang terdapat pada bahan pengusir pest.
 6. Berbagai Fungisida (*fungicide*) zat yang terdapat pada bahan pencegah timbulnya jamur pada peralatan rumah tangga.
- Berbagai Herbisida (*herbicide*) zat yang terdapat pada bahan pencegah timbulnya ulat pada tumbuhan di sekitar rumah tangga ataupun pada sayur.

Dampak negatif kehadiran bahan kimia kegiatan industry-manufaktur, NAB dan bahaya kesehatan pekerja dijelaskan melalui table berikut.

Tabel 16. Faktor Kimia, NAB dan Bahaya Kesehatan Pekerja

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
1	Adiponitril	8,8	Iritasi saluran pernafasan atas dan bawah
2	Air raksa (sebagai Hg) Air raksa senyawa anorganik Air raksa senyawa alkyl Air raksa senyawa aril	0,025; A4 0,01 0,1	Gangguan sistem saraf pusat dan susunan saraf tepi, kerusakan ginjal Idem Idem Idem
3	Akrilamid	0,03	Kerusakan susunan saraf pusat, kulit
4	Akrilonitril	4,30	Kerusakan susunan saraf pusat, kulit
5	Akrolein	0,23	Mata dan Iritasi saluran pernafasan atas, edema paru; emphysema; Kulit
6	Alakhlor	1	Hemosiderosis;
7	Aldrin	0,05	Kerusakan susunan saraf pusat, hati dan ginjal
8	Alifatik hidrokarbon/alkana Gas	-	Gangguan jantung; Kerusakan susunan saraf pusat

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
9	Alkil alkohol	-	Mata dan Iritasi saluran pernafasan atas, Kulit
10	Alkil klorida	2	Mata dan Iritasi saluran pernafasan atas, hati dan ginjal
11	Alkil glisidil eter	-	Iritasi saluran pernafasan atas; Dermatitis; Mata dan iritasi kulit
12	Alkil propil disulfida	-	Iritasi saluran pernafasan atas dan mata
13	Aluminium metal dan senyawa tidak terlarut	1	Pneumokoniosis; Iritasi saluran pernafasan bawah; keracunan saraf
14	Debu logam	10	Pneumokoniosis; Iritasi saluran pernafasan bawah; keracunan saraf
15	Bubuk pyro sebagai Al	5	Pneumokoniosis; Iritasi saluran pernafasan bawah; keracunan saraf
16	Uap las sebagai Al	5	Pneumokoniosis; Iritasi saluran pernafasan bawah; keracunan saraf
17	Garam larut sebagai Al	2	Pneumokoniosis; Iritasi saluran pernafasan bawah; keracunan saraf

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
18	Alkil yg tidak terklasifikasi sebagai Al	2	Pneumokoniosis; Iritasi saluran pernafasan bawah; keracunan saraf
19	Aluminium oksida	10	-
20	n-Amil Asetat	532	-
21	Sek - amil asetat	125	-
22	Ammonia	17	Kerusakan mata; Iritasi saluran pernafasan atas
23	Ammonium klorida	10	Kerusakan mata; Iritasi saluran pernafasan atas
24	Ammonium perfluoro oktanoat	0,01	Kerusakan hati
25	Ammonium sulfamat	10	Kerusakan hati
26	Tersier amil metal eter		Kerusakan susunan saraf pusat; Kerusakan embrio/janin
27	Anilin	2	Kekurangan Met-Hb
28	Antimon dan persenyawaan sebagai Sb	0,5	Kulit; Iritasi saluran pernafasan atas
29	Argon	-	Asfiksia
30	Arsen dan persenyawaan anorganik sebagai As	0,01	Kanker paru
31	Asam Adipic	5	Iritasi saluran pernafasan atas;

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
			Kerusakan Syaraf otonom
32	Asam Akrilat	2	Kulit; Iritasi saluran pernafasan atas
33	Asam asetat	10	Iritasi saluran pernafasan atas, mata, fungsi paru
34	Asam formiat	5	Iritasi saluran pernafasan atas dan mata; Kulit
35	Asam fosfat	0,44	Iritasi saluran pernafasan atas dan mata; Kulit
36	Asam nitrat	5,2	Iritasi saluran pernafasan atas dan mata, kulit
37	Asam oksalat	1	Iritasi saluran pernafasan atas dan mata
38	Asbestos semua bentuk	0,1	Kanker paru, pneumokoniosis, mesotelioma
39	Asbes biru (crocidolit) dilarang penggunaannya (sesuai peraturan yang berlaku)	0,1	Kanker paru, pneumokoniosis, mesotelioma
40	Asetilen	-	Asfiksia
41	Aseton	-	Iritasi mata dan saluran pernafasan atas, kerusakan sistem saraf pusat, efek hematologi

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
42	Aspal (bitumen) bentuk uap – sbg aerosol terlarut benzene	0,5	Iritasi mata dan iritasi saluran pernafasan atas
43	Barium	0,5	Mata, kulit, iritasi pencernaan, stimulasi otot
44	Barium sulfat	10	Pneumoconiosis
45	Benzen (benzol)	2,5	Kulit; Leukimia
46	Benzoil peroksida	5	Iritasi saluran pernafasan atas dan kulit
47	Borat, tetra, garam sodium	1	Iritasi saluran pernafasan atas
48	Boron oksida	10	Iritasi saluran pernafasan atas dan mata
49	Brom (Bromine)	0,66	Iritasi saluran pernafasan atas dan bawah; Kerusakan fungsi paru
55	1,3 Butadien	4,4	Kanker
56	Butan	1900	Kanker
57	n-Butil glisidil eter	133	Reproduksi
58	Butil merkaptan	1,8	Saluran pernafasan atas
59	DDT	1	Kerusakan hati
60	Debu tembakau	3,5	Kerusakan saluran cerna; Gangguan sistem saraf usat; Gangguan jantung

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
61	Dekaboran	0,11	Kulit; Konvulsi system saraf pusat, penurunan kesadaran
62	Dibutil fenil fosfat	3,5	Kulit; Inhibisi kolinesterase
63	Dibutil ftalat	5	Kerusakan testis; Iritasi saluran pernafasan atas
64	Dieldrin	0,25	Kulit; Kerusakan hati
65	Dietanol amine	2	Kulit; Kerusakan hati dan ginjal
66	Dietil amine	15	Kulit; Iritasi saluran pernafasan atas; Konvulsi sistem saraf pusat
67	Dietil keton	705	Iritasi saluran pernafasan atas; Mata
68	Dietil triamin	4,2	Kulit; Mata dan Iritasi saluran pernafasan atas; Konvulsi system saraf pusat
69	Difenil amin	10	Kerusakan, hati dan ginjal, efek hematologi
70	Difluoro dibromo metan	858	Iritasi saluran pernafasan atas; Kerusakan hati

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
71	Diglisidil eter	0,53	Iritasi saluran pernafasan atas; Kerusakan hati; Gangguan reproduksi pria
72	Diklor asitelin	0,1	Mual; Kerusakan sistim saraf tepi
73	Dimetil anilin	25	Kulit
74	N,N Dimetil asetamid	36	Kerusakan hati; Embrio dan janin
75	Dimetil karbomil klorida	0,02	Kanker nasal; Iritasi mata; Saluran pernafasan atas
76	Dimetil sulfat	0,5	Kulit; Iritasi mata; Saluran pernafasan atas
77	Dinitro - o - kresol	0,2	Kulit; Metabolisme basal
78	Dinitro toluen	0,15	Kulit; Kerusakan jantung; Efek reproduksi
79	Dioksation	0,2	Penghambat kolinesterase
80	Divinil benzen	53	Saluran pernafasan atas
81	Enzim	0,00006	Asma; Iritasi kulit, Saluran pernapasan atas dan bawah
82	Etanolamin	3	Iritasi mata, kulit

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
83	Etil akrilat	5	Iritasi saluran pernapasan atas, mata, dan pencernaan. Kerusakan saraf pusat, sensitifitas kulit.
84	Etil alkohol (etanol)	1000	Iritasi saluran pernapasan atas
85	Etil asetat	400	Iritasi saluran pernapasan atas dan mata
86	Etil benzene	100	Iritasi saluran pernapasan atas, mata, kerusakan saraf pusat.
87	Etil bromide	5	Kerusakan hati, kerusakan saraf pusat
88	Etil butil keton	5	Kerusakan kulit, iritasi mata dan kulit
89	Etil eter	400	Kerusakan syaraf dan iritasi mata
90	Etil format	100	Iritasi saluran pernapasan atas dan mata
91	Etil merkaptan	0,5	Iritasi saluran pernapasan atas dan kerusakan syaraf.
92	Etil silikat	10	Iritasi saluran pernapasan atas dan mata, kerusakan ginjal

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
93	Etilen	200	Asfiksia
94	Etilen diamin	10	Kulit
95	Etilen diklorida	10	Kulit
96	Etilen glikol aerosol	10	Kerusakan hati dan mual
97	Etil-amil keton	131	Iritasi saluran pernapasan atas dan kerusakan mata
98	Fenil eter	1	Iritasi saluran pernapasan atas dan mata; Mual
99	Fenil etilen	20	Kerusakan sistem saraf, iritasi saluran pernapasan atas, neuropati perifer
100	Fenilfosfin	0,05	Dermatitis, gangguan hematologi, kerusakan testis
101	Fenil merkaptan	0,1	Dermatitis; Gangguan hematologi; Kerusakan testis
102	Fenol	5	Iritasi saluran pernapasan atas; Kerusakan paru dan sistem saraf
103	Fero vanadium	1	Iritasi mata, saluran pernapasan atas dan bawah

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
104	Ferum (iron) sebagai Fe	1	Iritasi saluran pernapasan atas dan Kulit
105	Ferum oksida sebagai Fe	5	Iritasi saluran pernapasan atas dan Kulit
106	Ferum penta karbonil	0,1	Pembengkakan paru; Kerusakan system syaraf
107	Fluorida sebagai F	2,5	Kerusakan tulang dan fluorosis
108	Formaldehid	0,3	Iritasi saluran pernapasan atas dan mata
109	Fosfor triklorida	0,1	Iritasi saluran pernapasan atas, mata, dan kulit
110	Glikol monoetil eter	5	Kerusakan reproduksi pria; Kerusakan janin
111	Gliserin, mist	10	Iritasi saluran pernapasan atas
112	Heksaklorobenzen	0,002	Efek porphyrin; Kerusakan kulit; Kerusakan sistem saraf
113	Metanol	200	Pusing, sumbatan saluran mata
114	Metil akrilat	2	Iritasi mata, kulit, saluran pernafasan atas, dan sumbatan saluran mata

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
115	Metil akrilonitril	1	Gangguan sistem saraf pusat, iritasi mata dan kulit
116	Metilal	1000	Iritasi mata, gangguan sistem saraf pusat
117	Metil alkohol	200	Pusing, sumbatan saluran mata
118	Metil amil alkohol	25	Iritasi saluran pernafasan atas, iritasi mata, gangguan system saraf pusat
119	Metil amin	5	Iritasi mata, kulit, saluran pernafasan atas, mata,
120	Metil asetat	200	Pusing, iritasi mata, saluran pernafasan atas, kerusakan saraf mata
121	Metil asitelin	1000	Gangguan sistem saraf pusat
122	Metil bromide	1	Iritasi saluran pernafasan atas dan kulit
123	Metil - tert - butil eter	0,5	Iritasi saluran pernafasan atas, kerusakan di ginjal
124	Metil etil keton	200	Saluran pernafasan atas
125	Metil etil keton peroksida	100	Iritasi mata, kulit, sumbatan di hati dan ginjal

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
126	Metil Format	100	Saluran Pernafasan atas, saluran pernafasan bawah, dan iritasi mata
127	Metil Format	100	Saluran pernafasan atas, saluran pernafasan bawah, dan iritasi mata
128	Metanol	200	Pusing, sumbatan saluran mata
129	Metil akrilonitril	1	Gangguan sistem saraf pusat, iritasi mata dan kulit
130	Metil alkohol	200	pusing, sumbatan saluran mata
131	Metil asetat	200	Pusing, iritasi mata, saluran pernafasan atas, kerusakan saraf mata
132	Metil asitelin	10	Gangguan sistem saraf pusat
133	Metil bromide	1	Iritasi saluran pernafasan atas dan kulit
134	Metil etil keton	200	Saluran Pernafasan Atas
135	Metil etil keton peroksida	10	Iritasi mata, kulit, sumbatan di hati dan ginjal
136	Metil Format	100	Saluran pernafasan atas, saluran pernafasan bawah, dan iritasi mata

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
137	Metil akrilonitril	1	Gangguan sistem saraf pusat, iritasi mata dan kulit
138	Metil alkohol	200	Pusing, sumbatan saluran mata
139	Metil amin	5	Iritasi mata, kulit, saluran pernafasan atas, mata
140	Metil asetat	200	Pusing, iritasi mata, saluran pernafasan atas, kerusakan saraf mata
141	Metil Isobutil Keton	20	Iritasi kulit, pusing, sakit kepala
142	Metil Iso Propil Keton	200	Iritasi saluran nafas atas dan mata
143	Metil Klorida	50	Gangguan sistem saraf pusat, kerusakan di hati dan ginjal, kerusakan di saluran testis, efek teratogenik
144	Metil Kloroform	350	Gangguan sistem saraf pusat, kerusakan di hati
145	Metil Merkaptan	0,5	Kerusakan di hati
146	Metil Metakrilat	50	Iritasi saluran nafas atas dan mata, efek berat badan, edema paru

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
147	Metil Sikloheksan	400	Iritasi saluran nafas atas, gangguan sistem saraf pusat, kerusakan pada hati dan ginjal
148	Metil Sikloheksanol	50	Iritasi mata dan saluran nafas atas
149	Metil Silikat	1	Iritasi saluran nafas atas ; Kerusakan di mata
150	Alfa Metil Stiren	10	Iritasi saluran nafas atas, kerusakan ginjal, dan kerusakan saluran reproduksi wanita
151	Mika	3	Pneumokoniosis
152	Naftalen	10	Efek pada hematologi;Iritasi saluran nafas atas dan mata ; Kerusakan mata
153	Neon	1	Sasak nafas
154	Nikel Dasar	1,5	Dermatitis Pneumokoniosis
155	Nikotin	0,5	Kerusakan saluran cerna; Gangguan sistem saraf pusat; Gangguan jantung
156	Nitrapirin	10	Kerusakan hati

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
157	p-Nitroanilin	3	Kekurangan methemoglobin; Kerusakan hati; Iritasi mata
158	Nitrogliserin	0,05	Vasodilatasi
159	p-Nitroklorobenzen	0,1	Kekurangan methemoglobin
160	Nitrotoluen	2	Kekurangan Methemoglobin
161	Nitrotriklormetan	0,1	Iritasi mata; Edema paru
162	Oktan	300	Iritasi saluran nafas Atas
163	Ozon	0,05	Gangguan Fungsi paru
164	Parafin, uap lilin	2	Iritasi saluran nafas atas; Mual
165	Partikulat polisiklik aromatic hidrokarbon	0,2	Kanker
166	Pentakloropenol,	0,5	Iritasi saluran nafas atas dan mata; Gangguan sistem saraf pusat; Gangguan jantung
167	Pentakloronaftalen	0,5	Kerusakan di hati
168	Pentakloronitro benzen	0,5	Kerusakan di hati
169	Perak (silver) logam persenyawaan larut sebagai Ag	0,01	Mempengaruhi fungsi paru; Iritasi mata

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
170	Persulfat, Amonium, Polasium, Sodium	0,1	Iritasi kulit
171	Platina, logam garam-garam terlarut sebagai Pt	0,002	Asma ; Iritasi saluran nafas atas
172	Propilen	500	Sesak nafas iritasi saluran nafas atas
173	Propilen diklorida	100	Iritasi saluran nafas atas; Efek terhadap berat badan
174	Propilene imina	0,2	Iritasi saluran nafas atas; Kerusakan di Ginjal
175	Propilen oksida	48	Iritasi mata dan saluran nafas atas
176	Propilen glikol dinitrat	0,05	Sakit kepala; Gangguan sistem saraf pusat
177	Propilen glikol monometil eter	100	Iritasi mata; Gangguan sistem saraf pusat
178	Quinon	0,1	Iritasi mata; Kerusakan di kulit
179	Sianida asam dan garam sebagai CN, Asam sianida, Kalsium sianida, Kalsium sianida, Natrium sianida	0,5	Kerusakan di kulit
180	Sodium fluoro asetat	0,05	Kerusakan di kulit
181	Sulfur dioksida (SO ₂)	0,25	Gangguan fungsi paru

No.	NAMA BAHAN KIMIA	NAB (mg/m ³)	BAHAYA KESEHATAN
182	Tetrametil timah hitam sebagai Pb	0,15	Kerusakan kulit
183	Thallium logam dan persenyawaan larut sebagai TI	0,1	Kerusakan kulit
184	Toluen	188	Kerusakan kulit
185	Triklornaftalen	5	Kerusakan kulit

Jenis industri-manufaktur dan bahaya paparan bahan kimia lingkungan kerja dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 17. Jenis Industri Manufaktur dan Bahaya Bahan Kimia Lingkungan Kerja Industri

No.	NAMA BAHAN KIMIA	JENIS INDUSTRI	BAHAYA KESEHATAN PEKERJA
1	Air raksa (sebagai Hg) Air raksa senyawa anorganik Air raksa senyawa alkyl Air raksa senyawa aril	Elektronika	Gangguan sistem saraf pusat dan susunan saraf tepi, kerusakan ginjal Idem Idem Idem
2	Akrilamid	Fibers	Kerusakan susunan saraf pusat, kulit
3	Akrlonitril	Fibers	Kerusakan susunan saraf pusat, kulit

No.	NAMA BAHAN KIMIA	JENIS INDUSTRI	BAHAYA KESEHATAN PEKERJA
4	Aldrin	Kimia	Kerusakan susunan saraf pusat, hati dan ginjal
5	Alkil alkohol	Tekstil	Mata dan Iritasi saluran pernafasan atas, Kulit
6	Alkil klorida	Tekstil	Mata dan Iritasi saluran pernafasan atas, hati dan ginjal
7	Alkil glisidil eter	Tekstil	Iritasi saluran pernafasan atas; Dermatitis; Mata dan iritasi kulit
8	Alkil propil disulfida	Tekstil	Iritasi saluran pernafasan atas dan mata
9	Aluminium metal dan senyawa tidak terlarut	Aluminium metal	Pneumokoniosis; Iritasi saluran pernafasan bawah; keracunan saraf
10	Debu logam	Industri Karoseri, Galangan Kapal, Perbengkelan, Pekerjaan Pengelasan (las)	Pneumokoniosis; Iritasi saluran pernafasan bawah; keracunan saraf
11	Bubuk pyro sebagai Al	Industri Karoseri, Galangan Kapal, Perbengkelan, Pekerjaan Pengelasan (las)	Pneumokoniosis; Iritasi saluran pernafasan bawah; keracunan saraf

No.	NAMA BAHAN KIMIA	JENIS INDUSTRI	BAHAYA KESEHATAN PEKERJA
12	Uap las sebagai Al	Industri Karoseri, Galangan Kapal, Perbengkelan, Pekerjaan Pengelasan (las)	Pneumokoniosis; Iritasi saluran pernafasan bawah; keracunan saraf
13	Garam larut sebagai Al	Industri Karoseri, Galangan Kapal, Perbengkelan, Pekerjaan Pengelasan (las)	Pneumokoniosis; Iritasi saluran pernafasan bawah; keracunan saraf
14	Alkil yg tidak terklasifikasi sebagai Al	Industri Karoseri, Galangan Kapal, Perbengkelan, Pekerjaan Pengelasan (las)	Pneumokoniosis; Iritasi saluran pernafasan bawah; keracunan saraf
15	Aluminium oksida	Industri Karoseri, Galangan Kapal, Perbengkelan, Pekerjaan Pengelasan (las)	Pneumokoniosis; Iritasi saluran pernafasan bawah; keracunan saraf
16	Ammonia	Laboratorium, pabrik/	Kerusakan mata; Iritasi saluran pernafasan atas

No.	NAMA BAHAN KIMIA	JENIS INDUSTRI	BAHAYA KESEHATAN PEKERJA
		industri kimia	
17	Ammonium klorida	Laboratorium, pabrik/ industri kimia	Kerusakan mata; Iritasi saluran pernafasan atas
18	Ammonium perfluoro oktanoat	SPBU	Kerusakan hati
	Tersier amil metal eter	Industri perakitan karoseri	Kerusakan susunan saraf pusat; Kerusakan embrio/janin
19	Antimon dan persenyawaan sebagai Sb	Industri Karoseri, Galangan Kapal, Perbengkelan, Pekerjaan Pengelasan (las)	Kulit; Iritasi saluran pernafasan atas
20	Argon	Industri Karoseri, Galangan Kapal, Perbengkelan, Pekerjaan Pengelasan (las)	Asfiksia
21	Arsen dan persenyawaan anorganik sebagai As	Industri fiber	Kanker paru
22	Asam Adipic	Industri fiber	Iritasi saluran pernafasan atas;

No.	NAMA BAHAN KIMIA	JENIS INDUSTRI	BAHAYA KESEHATAN PEKERJA
			Kerusakan Syaraf otonom
23	Asam Akrilat	Industri fiber	Kulit; Iritasi saluran pernafasan atas
24	Asam asetat	Industri fiber	Iritasi saluran pernafasan atas, mata, fungsi paru
25	Asbestos semua bentuk	Industri semen, industri eternity, asbes	Kanker paru, pneumokoniosis, mesotelioma
26	Asetilen	Pekerjaan las menggunakan asetilen	Asfiksia
27	Aseton	Industri pengecatan, industri karoseri, galangan kapal	Iritasi mata dan saluran pernafasan atas, kerusakan sistem saraf pusat, efek hematologi
28	Benzen (benzol)	SPBU	Kulit; Leukimia
29	DDT	Industri pertanian, industri kimia	Kerusakan hati
30	Debu tembakau	Industri rokok	Kerusakan saluran cerna; Gangguan sistem saraf usat; Gangguan jantung
31	Dieldrin	Industri pertanian, industri kimia	Kulit; Kerusakan hati

No.	NAMA BAHAN KIMIA	JENIS INDUSTRI	BAHAYA KESEHATAN PEKERJA
32	Dietil keton	Industri karoseri, pengecatan	Iritasi saluran pernafasan atas; Mata
33	Enzim	Industri peternakan, rumah potong ternak	Asma; Iritasi kulit, Saluran pernafasan atas dan bawah
34	Etil benzene	SPBU	Iritasi saluran pernafasan atas, mata, kerusakan saraf pusat.
35	Fenol	Industri kimia, finishing tekstil	Iritasi saluran pernafasan atas; Kerusakan paru dan sistem saraf
36	Ferum (iron) sebagai Fe	Pengelasan	Iritasi saluran pernafasan atas dan Kulit
37	Ferum oksida sebagai Fe	Pengelasan	Iritasi saluran pernafasan atas dan Kulit
38	Formaldehid	Industri tekstil, industri kimia	Iritasi saluran pernafasan atas dan mata
39	Heksaklorobenzen	SPBU	Efek porphyrin; Kerusakan kulit; Kerusakan sistem saraf
40	Metil akrilonitril	Industri serat akrilik	Gangguan sistem saraf pusat, iritasi mata dan kulit

No.	NAMA BAHAN KIMIA	JENIS INDUSTRI	BAHAYA KESEHATAN PEKERJA
41	Naftalen	Industri tekstil	Efek pada hematologi; Iritasi saluran nafas atas dan mata ; Kerusakan mata
42	Neon	Industri elektronik	Sesak nafas
43	Nikel Dasar	Smelter	Dermatitis Pneumokoniosis
44	Parafin, uap lilin	Industri yang menggunakan lilin sebagai bahan baku	Iritasi saluran nafas atas; Mual
45	Perak (silver) logam persenyawaan larut sebagai Ag	Industri kerajinan perak, industri yang menggunakan bahan perak	Mempengaruhi fungsi paru; Iritasi mata
46	Platina, logam garam-garam terlarut sebagai Pt	Industri logam	Asma ; Iritasi saluran nafas atas
47	Propilen	Industri fiber, industri plastik	Sesak nafas iritasi saluran nafas atas
48	Sulfur dioksida (SO ₂)	Industri yang menggunakan	Gangguan fungsi paru

No.	NAMA BAHAN KIMIA	JENIS INDUSTRI	BAHAYA KESEHATAN PEKERJA
		bahan bakar batubara	

Faktor Biologi di Lingkungan Tempat Kerja

Bahaya Faktor Biologi di Lingkungan Kerja Industri dan manufaktur

Bahaya yang berasal dari atau ditimbulkan oleh kuman-kuman penyakit yang terdapat di lingkungan kerja (seperti pada air, udara, tanah, manusia/pekerja/karyawan, alat peralatan kerja/teknologi/mesin) terdiri atas:

1. Rabies
2. Hepatitis
3. Anthrax
4. Leptospirosis
5. TBC
6. Tetanus
7. Dermatophytoses, histoplasmosis (fungi)
8. Parasit: ancylostomiasis, schistosomiasis

Sumber bahaya dari faktor biologi atau biological hazards (*biohazard*) bersifat sangat kompleks. Banyak dari faktor biologi ini bersal dari paparan organisme atau zat yang dihasilkan organisme di tempat kerja. Pekerjaan dengan risiko tinggi terpapar faktor biologi termasuk diantaranya di sektor perikanan, kesehatan, dan agrikultur. Selain itu paparan faktor biologi juga dapat berupa penyebaran penyakit menular sesama pekerja.



Gambar 19. *Biohazard Symbol*

Bahaya faktor biologi atau *biological hazard* (*biohazard*) didefinisikan sebagai agen infeksius atau produk yang dihasilkan agen tersebut yang dapat menimbulkan penyakit pada manusia. Sedangkan agen faktor biologi (*biological agent*) didefinisikan sebagai mikroorganisme, kultur sel, atau endoparasit manusia, termasuk yang sudah dimodifikasi secara genetic, yang dapat menimbulkan infeksi, reaksi alergi, atau menyebabkan bahaya dalam bentuk lain yang mengganggu kesehatan manusia.

Biohazard dapat berefek pada manusia melalui kontak langsung dengan *biological agent* (sebagai contoh; gigitan ular berbisa) atau lewat penularan melalui agen perantara. Beberapa penyakit seperti *Toxoplasmosis* dapat ditularkan secara langsung dan atau tidak langsung.

Klasifikasi *biohazard*

Klasifikasi berdasarkan tipe agen:

Berdasarkan definisi *biological agent*, bahaya faktor biologi dapat diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu:

1. Agen infeksius
2. Tumbuhan dan produknya
3. Hewan dan produknya

Klasifikasi berdasarkan mode transmisi;

Pengetahuan tentang bagaimana *biohazard* menular sangat penting untuk memutus rantai infeksi. Berdasarkan prosesnya, transmisi dari *biohazard* dapat dibedakan menjadi 2 (dua) proses yaitu:

1. Langsung, dimana infeksi terjadi akibat kontak fisik dengan orang yang terinfeksi.
2. Tidak langsung, dimana infeksi terjadi akibat kontak dengan bahan atau benda yang terkontaminasi (antara lain permukaan peralatan, makanan, minuman dan udara).

Hubungan *biohazard* dengan pekerjaan;

Para pekerja dapat mengalami kontak dengan *biohazard* dalam beberapa jenis keadaan:

1. Intrinsik pada pekerjaan tertentu; misalnya pekerja konstruksi pada fasilitas pengolahan limbah berisiko terpapar infeksi bakteri)
2. Insidental pada saat bekerja (bukan bagian dari aktivitas pekerjaan); misalnya pekerja yang menderita penyakit akibat mengkonsumsi makanan yang terkontaminasi.
3. Terjadi pada bagian tertentu dari pekerjaan; misalnya pekerja yang berpergian dari atau ke tempat endemic penyakit tertentu
4. Tidak spesifik untuk pekerjaan; misalnya bakteri *Legionella* dapat tersebar dengan mudah di air dan tanah sehingga dapat menginfeksi beberapa macam pekerjaan, seperti petugas *maintenance* sistem pengairan dan pekerja kantoran dengan *air-conditioner*.

Tipologi pekerjaan yang memiliki risiko tinggi terpapar *biohazard* yaitu;

1. Pekerja lapangan (*outdoor*)
2. Pekerja yang pekerjaannya berhubungan dengan hewan
3. Pekerja yang terpapar darah atau cairan tubuh manusia
4. Pekerja yang bekerja di lingkungan kerja industri tertentu.

Faktor Kelelahan Kerja

Secara fisiologis, Sastrowinoto (1995:117) membedakan antara lelah otot dan lelah umum. Lelah otot berupa gejala kesakitan yang amat sangat ketika otot menderita tegangan yang berlebihan yang berdampak kepada penurunan prestasi kerja otot. Sementara itu lelah umum ditandai oleh rasa berkurangnya kesiapan untuk mempergunakan energi, timbulnya rintangan dalam melakukan kegiatan dan tidak bersemangat. Gejala kelelahan ini disebabkan oleh kegiatan detak jantung yang menurun, tekanan darah menurun dan kegiatan metabolisme dalam tubuh berkurang.

Dalam diskusi tentang faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kerja (*output*) dikemukakan bahwa, kelelahan (*fatigue*) merupakan terjadinya penurunan fenomena umum, terbatasnya kemampuan terhadap keadaan yang disebabkan oleh ketidakseimbangan organ tubuh. Pada kondisi ketidakseimbangan mental, ketidakseimbangan pribadi dan mitra kerja, kesemuanya lambat laun akan menjadi suatu pengharapan yang baru (*new perspective*). Melalui konsepsi baru mengenai ketidakseimbangan mental, Berger & Dickson dalam Hollwey, (1992:83) menarik suatu kesimpulan atas pengaruh kerja yang berulang (*repetitive work*), yang dapat berakibat buruknya hubungan-hubungan dalam kelompok. Mereka menegaskan bahwa kerja yang berulang (*repetitive work*) akan berimplikasi pada ketidakseimbangan mental (*mental imbalance*), akan tetapi harus memperbaiki kondisi-kondisi kerja yang penuh dengan lamunan pesimis (*pessimistic reverie*). Bila pekerja mampu mengadakan hubungan sosial yang baik dengan mitra kerjanya, maka kesempatan untuk kerja melamun (*pessimistic reverie*) yang akan mengasingkan pekerja dan kesalahan-kesalahannya akan meletakkannya pada dimensi pekerja berpenyakit (*morbid preoccupation*) yang pada akhirnya menurunnya hasil kerja.

Grandjean (1988: 217) menyebutkan bahwa fungsi tubuh manusia dan hewan berubah-ubah selama siklus 24 jam, yang biasa disebut sebagai "Irama Cardian". Fungsi-fungsi tubuh dalam irama cardian yang meningkat pada siang hari dan menurun pada malam hari di antaranya yaitu :

- a. Suhu tubuh
- b. Denyut jantung (*Heart rate*)
- c. Tekanan darah
- d. Kemampuan mental (*Mental abilities*)
- e. Reaksi kecepatan mata (*Flicker-fusion frequency of eyes*)
- f. Muatan fisik (*Physical capacity*)

Lille dalam Grandjean (1988:220) yang melakukan studi secara mendalam tentang "tidur pada siang hari" (*daytime sleep*) terhadap 15 orang yang biasa bekerja pada malam hari (*regular night-shiftworker*), menunjukkan bahwa 'tidur pada siang hari' lebih singkat bila dibandingkan dengan 'tidur pada malam hari' dan disamping itu pula pekerja masih dapat menikmati waktu istirahat pada siang harinya. Rata-rata lama waktu tidur pada siang hari hanya 6 jam, pada hal orang yang bekerja pada siang hari mempunyai waktu istirahat 8 sampai 12 jam. Dengan masa tidur yang lebih panjang pada hari kedua dari dua hari istirahat. Lille berkesimpulan bahwa pekerja malam akan menimbun hutang tidur terhadap dirinya yang harus dibayar kembali untuk 2 (dua) hari masa istirahat. Secara nyata telah dibuktikan pula oleh Lille, bahwa satu hari istirahat tidak akan cukup membayar kembali tidur yang terhutang pada malam hari.

Dikemukakan pula oleh Grandjean (1988:223) bahwa gejala-gejala kelelahan kronis akibat kerja malam adalah ;

- a. Timbul kekesalan atau kejemuhan pada saat setelah tidur satu periode (*weariness, even after a period of sleep*).
- b. Mental iri (*mental irritability*).
- c. Suasana hati yang tertekan (*mood depression*).
- d. Kehilangan vitalitas dan malas untuk bekerja (*general loss of vitality, and disinclination to work*).

Secara fisiologis, Sastrowinoto (1995:117) membedakan antara lelah otot dan lelah umum. Lelah otot berupa gejala kesakitan yang amat sangat ketika otot menderita tegangan yang berlebihan yang berdampak kepada penurunan prestasi kerja otot. Sementara itu lelah umum ditandai oleh rasa berkurangnya kesiapan untuk mempergunakan energi, timbulnya rintangan dalam melakukan kegiatan dan tidak bersemangat. Gejala kelelahan ini disebabkan oleh kegiatan detak jantung yang menurun, tekanan darah menurun dan kegiatan metabolisme dalam tubuh berkurang.

Dalam diskusi tentang faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kerja (*output*) dikemukakan bahwa, kelelahan (*fatigue*) merupakan terjadinya penurunan fenomena umum, terbatasnya kemampuan terhadap keadaan yang disebabkan oleh ketidakseimbangan organ tubuh. Pada kondisi ketidakseimbangan mental, ketidakseimbangan pribadi dan mitra kerja, kesemuanya lambat laun akan menjadi suatu pengharapan yang baru (*new perspective*). Melalui konsepsi baru mengenai ketidakseimbangan mental, Berger & Dickson dalam Hollwey, (1992:83) menarik suatu kesimpulan atas pengaruh kerja yang berulang (*repetitive work*), yang dapat berakibat buruknya hubungan-hubungan dalam kelompok. Mereka menegaskan bahwa kerja yang berulang (*repetitive work*) akan berimplikasi pada ketidakseimbangan mental (*mental imbalance*), akan tetapi harus memperbaiki kondisi-kondisi kerja yang penuh dengan lamunan pesimis (*pessimistic reverie*). Bila pekerja mampu mengadakan hubungan sosial yang baik dengan mitra kerjanya, maka kesempatan untuk kerja melamun (*pessimistic reverie*) yang akan mengasingkan pekerja dan kesalahan-kesalahannya akan meletakkannya pada dimensi pekerja berpenyakit (*morbid preoccupation*) yang pada akhirnya menurunnya hasil kerja.

Granjean (1988: 217) menyebutkan bahwa fungsi tubuh manusia dan hewan berubah-ubah selama siklus 24 jam, yang biasa disebut sebagai "Irama Cardian". Fungsi-fungsi tubuh

dalam irama cardian yang meningkat pada siang hari dan menurun pada malam hari di antaranya yaitu :

- a. Suhu tubuh
- b. Denyut jantung (*Heart rate*)
- c. Tekanan darah
- d. Kemampuan mental (*Mental abilities*)
- e. Reaksi kecepatan mata (*Flicker-fusion frequency of eyes*)
- f. Muatan fisik (*Physical capacity*)

Lille dalam Grandjean (1988:220) yang melakukan studi secara mendalam tentang “tidur pada siang hari” (*daytime sleep*) terhadap 15 orang yang biasa bekerja pada malam hari (*regular night-shiftworker*), menunjukkan bahwa ‘tidur pada siang hari’ lebih singkat bila dibandingkan dengan ‘tidur pada malam hari’ dan disamping itu pula pekerja masih dapat menikmati waktu istirahat pada siang harinya. Rata-rata lama waktu tidur pada siang hari hanya 6 jam, pada hal orang yang bekerja pada siang hari mempunyai waktu istirahat 8 sampai 12 jam. Dengan masa tidur yang lebih panjang pada hari kedua dari dua hari istirahat. Lille berkesimpulan bahwa pekerja malam akan menimbun hutang tidur terhadap dirinya yang harus dibayar kembali untuk 2 (dua) hari masa istirahat. Secara nyata telah dibuktikan pula oleh Lille, bahwa satu hari istirahat tidak akan cukup membayar kembali tidur yang terhutang pada malam hari.

Dikemukakan pula oleh Grandjean (1988:223) bahwa gejala-gejala kelelahan kronis akibat kerja malam adalah ;

- a. Timbul kekesalan atau kejemuhan pada saat setelah tidur satu periode (*weariness, even after a period of sleep*).
- b. Mental iri (*mental irritability*).
- c. Suasana hati yang tertekan (*mood depression*).
- d. Kehilangan vitalitas dan malas untuk bekerja (*general loss of vitality, and disinclination to work*).

Dampak Negatif Polutan Gas Industri Terhadap Kesehatan Pekerja

Dampak negative polutan gas industri yang timbul selama kegiatan industri berlangsung dapat mempengaruhi kesehatan para pekerja. Tergantung pada jenis polutan gas kimia berbahaya dan jumlah dosis atau konsentrasinya di udara lingkungan kerja industri, maka polutan gas kimia tersebut dapat menyebabkan kematian.

GAS Karbon Monoksida (CO)

Gas Karbon Monoksida (CO) adalah jenis gas yang berbahaya untuk tubuh manusia, karena daya ikat gas CO terhadap Hb darah (hemoglobin darah) adalah 240 kali lipat dari daya ikat CO terhadap O₂.

Apabila gas CO dalam darah (Hb-CO) konsentrasinya cukup tinggi, maka akan terjadi gejala-gejala kesehatan sebagai berikut:

1. Pusing kepala (pada konsentrasi HbCO 10%),
2. Mual dan sesak nafas (pada konsentrasi HbCO 20%),
3. Gangguan penglihatan dan daya konsentrasi untuk berfikir menurun (pada konsentrasi HbCO 30%),
4. Tidak sadar diri dan atau koma (pada konsentrasi HbCO 40-50%), dan
5. Apabila paparan gas CO pada manusia terjadi secara berkelanjutan, maka dapat menyebabkan kematian.

Apabila kejadian paparan gas CO pada pekerja berlangsung lama (tahunan meskipun di bawah NAB), maka akan timbul gejala gangguan syaraf, infark otak, infark jantung dan atau terjadi kematian bayi dalam kandungan pada ibu yang bekerja dalam kondisi hamil.

Gas CO di dalam ruang kerja dapat pula menyebabkan timbulnya keadaan *building associated illnesses* (kesakitan),

dengan keluhan berupa; nyeri kepala, terasa mual, dan bahkan terjadi muntah.

GAS Sulfur Dioksida (SO₂)

Gas SO₂ di area kerja dapat mengganggu alat pernafasan dan mata. Pada alat pernafasan, akan terjadi iritasi selaput lendir saluran pernafasan dan pada kadar 8-12 ppm (*part per million* = 1/sejuta bagian) dapat menyebabkan batuk dan kesulitan bernafas. Pada paparan kronis terhadap saluran pernafasan dapat menyebabkan terjadinya *bronchitis*, *chronic obstructive pulmonary disease* (COPD) dan edema paru.

Pengaruh SO₂ terhadap mata adalah iritasi mata yang bisa menyebabkan keluarnya air mata dan mata menjadi memerah dan terasa pedas.

Efek terhadap lingkungan (atmosfer), apabila kadar SO₂ di atmosfer cukup tinggi & ada hujan maka kemungkinan akan terjadi hujan asam yang bersifat lokal. Pada kondisi kelembaban udara yang cukup tinggi, maka gas SO₂ akan bereaksi dengan uap air sehingga terbentuk asam sulfat (H₂SO₄) yang bersifat korosive terhadap kerangka besi dan cat gedung.

GAS Nitrogen Dioksida (NO₂) dan Ozon (O₃)

Kedua gas ini (NO₂ dan O₃) bersifat **iritan** (penyebab iritasi) dan dampak negatifnya terhadap lingkungan mirip dengan gas SO₂, yaitu menimbulkan iritasi terhadap selaput lendir alat pernafasan, mata dan kulit.

Gas NO₂ merupakan suatu gas oksidan eksogen yang apabila masuk ke dalam tubuh manusia akan dapat menimbulkan oksidan indogen.

GAS Hidrokarbon (HC)

GAS Hidrokarbon (HC) mempunyai sifat *carcinogenic* yaitu dapat memicu terjadinya kanker terutama kanker darah.

Bahan Pencemar bentuk Partikel

Efek gerusan (gesekan) dari bahan kapur dan atau asbes, akan menghasilkan partikel kapur dan partikel asbes; dan keduanya bila terhirup pernafasan akan memberikan dampak negatif yang bersifat *carcinogenic*.

Dampak Negatif Pencemar Logam Berat Terhadap Kesehatan Pekerja

Berdasarkan hasil penelitian WHO menyebutkan, bahwa kadar Pb (timbal) dalam darah manusia yang tidak terpapar oleh Pb adalah sekitar 10-25 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (standard Pb dalam darah adalah sekitar 10-25 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$).

Pada penelitian yang dilakukan di industri yang memproses daur ulang aki bekas, ditemukan kadar Pb udara di daerah terpapar pada malam hari besarnya sepuluh kali lipat kadar Pb di daerah tidak terpapar pada malam hari (0,0299 mg/m^3 vs 0,0028 mg/m^3), sedangkan rerata kadar Pb *Blood* (Pb-B) di daerah terpapar 170,44 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ dan di daerah tidak terpapar sebesar 45,43 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Juga ditemukan bahwa semakin tinggi kadar Pb-B, semakin rendah kadar Hb nya.

Masuknya Bahan Kimia Berbahaya dan Beracun (B3) di Lingkungan Kerja Industri ke Dalam Tubuh Manusia

Secara umum masuknya suatu bahan kimia dari lingkungan kerja industri ke dalam tubuh pekerja industri adalah melalui proses-proses reaksi, absorpsi, distribusi, ekskresi dan efek racun.

1. Efek local; proses masuknya suatu bahan kimia dari lingkungan kerja ke dalam tubuh pekerja industri sebagai efek local, dimana bahan kimia mengenai bagian tertentu dari tubuh. Misal; pekerja pabrik baterai tidak menggunakan sarung tangan, maka kulit tangan akan terkena efek reaksi bahan kimia baterai dengan kulit. Contoh lain misalnya; pekerja maintenance mesin pada saat membersihkan mesin dengan minyak pelarut tidak menggunakan sarung tangan, maka bahan kimia pelarut akan bereaksi masuk tubuh melalui kulit tangan pekerja.
2. Efek sistemik; proses masuknya suatu bahan kimia dari lingkungan kerja ke dalam tubuh pekerja industri dapat terjadi bila bahan kimia terserap ke dalam tubuh melalui saluran pernafasan, saluran pencernaan dan kulit.
3. Proses absorpsi bahan kimia masuk ke dalam tubuh dapat terjadi melalui;
 - a. Saluran pernafasan; melalui proses pernafasan bahan kimia terhirup masuk ke dalam tubuh. Misalnya; gas karbon monoksida (CO) sisa pembakaran atau yang terkandung pada asap dapat terhirup melalui hidung dan masuk ke dalam tubuh. Demikian pula gas nitrogen oksida (NO_x) dan sulfur oksida (SO₂) yang terdapat pada asap knalpot dapat diabsorpsi langsung oleh tubuh melalui system pernafasan. Selain itu, uap

- benzene pada pekerja SPBU akan mudah terserap ke dalam tubuh pekerja SPBU melalui system pernafasan pada saat mereka/pekerja mengisi bensin ke dalam tanki bahan bakar mobil. Bahan-bahan kimia yang mudah larut seperti chloroform, akan mudah masuk terserap tubuh melalui penciuman. Debu kimia dalam bentuk partikel berukuran 1 – 10 μ , akan mudah terserap tubuh mealui hidung masuk ke dalam paru-paru dan dalam kurun waktu lama parikel debu tak laru akan tertimbun di paru-paru.
- b. Saluran pencernaan; bahan kimia di lingkungan kerja industri dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran pencernaan, misalnya debu kimia bersifat asam atau manis tertelan. Biasanya hal ini terjadi karena kecelakaan, dan apabila lambung dalam keadaan kosong akan mempercepat penyerapannya ke dalam tubuh.
 - c. Penyerapan bahan kimia di lingkungan kerja industri dapat menyerap ke dalam tubuh melalui kulit (zat-zat yang toksik, zat yang larut dalam lemak, insektisida, organik solvent yang dapat menimbulkan efek sistemik.
 - d. Penyerapan bahan kimia ke dalam tubuh juga dapat terjadi melalui proses injeksi suntikan intravena, intra muskular, sub kutan dan lain sebagainya.
4. Masuknya bahan kimia berbahaya ke dalam tubuh dapat terjadi melalui proses distribusi atau penyebaran ke dalam jaringan tubuh, sebagai contoh masuknya bahan kimia berbahaya masuk tubuh melalui distribusi dapat dijelaskan sebagai berikut;
- a. Bahan kimia organik seperti methyl mercury yang terdapat pada lingkungan kerja industri perakitan alat elektronik, uap methyl mercury dapat menjaral menembus organ otak.
 - b. Bahan Kima anorganik mercury tidak dapat menembus otak tetapi secara kumulatif dapat bertumpuk dan tertimbun dalam ginjal.

- c. Hati dan ginjal memiliki kemampuan untuk mengikat bahan kimia yang sangat potensial dibanding organ tubuh lainnya, karena fungsi hati dan ginjal sebagai organ tubuh yang dapat memetabolisir (metabolisme) dan membuang bahan kimia berbahaya.
 - d. Bahan kimia yang mudah larut dalam lemak, maka jaringan lemak merupakan tempat yang mudah terjadinya penimbunan bahan yang mudah larut dalam lemak, misalnya; racun DDT, Dieldrin, Polychlorinated biphenyls (PCBs) mudah tertimbun dalam lemak tubuh.
5. Masuknya bahan kimia berbahaya ke dalam tubuh dapat terjadi melalui proses ekskresi (melalui proses pelepasan/pengeluaran material dari tubuh);
- a. Bahan kimia dapat diekskresikan dalam bentuk bahan asal maupun hasil metabolismenya.
 - b. Ekskresi utama melalui organ ginjal (hampir semua kimia berbahaya), dan ada bahan-bahan tertentu ekskresinya melewati hati dan paru-paru.
 - c. Ekskresi melalui organ ginjal terutama terjadi pada bahan yang mudah larut dalam air.
 - d. Ekskresi melalui paru-paru untuk bahan-bahan yang pada suhu tubuh (suhu $\pm 36^\circ\text{C}$) masih berbentuk gas (misal; Karbon monoksida = CO).
6. Efek toksik atau efek racun pada tubuh dapat terjadi secara local maupun secara sistemik;
- a. Efek racun secara lokal akan terjadi pada bahan-bahan kimia yang bersifat korosif dan atau iritatif. Misalnya kulit terkena soda api, tersiram asam sulfat dan lain sebagainya, efek yang ditimbulkan adalah secara local yaitu terjadi keracunan kulit menjadi seperti terbakar.
 - b. Efek racun sistemik akan terjadi setelah bahan kimia masuk tubuh, diserap tubuh dan distribusikan ke dalam tubuh manusia itu sendiri. Misalnya; pekerja

terpapar gas chlor dalam tempo lama akan terjadi efek secara sistemik pada tubuh pekerja.

- c. Konsentrasi bahan kimia berbahaya tidak selalu paling tinggi dalam target organ (misalnya; target organ *methyl mercury* adalah otak, akan tetapi konsentrasi tertinggi ada/terdapat di hati dan di ginjal, sedangkan bahan kimia DDT target organnya adalah susunan syaraf pusat, namun pada konsentrasi tertinggi akan masuk pada jaringan lemak dalam tubuh).
7. Efek *Reversible* (dapat berbalik) dan Efek *Irreversible* (tidak dapat berbalik)
 - a. *Reversible*: bila efek (racun) yang terjadi hilang dengan dihentikannya paparan bahan kimia berbahaya tersebut. Biasanya, konsentrasinya masih rendah dan dapat terjadi dalam waktu singkat.
 - b. *Irreversible*: bila efek (racun) yang terjadi secara terus menerus bahkan dapat menjadi lebih parah meskipun pajanan telah dihentikan (misal; Karsinoma dan Penyakit Hati), biasanya dalam konsentrasi tinggi dan berlangsung dalam waktu yang cukup lama.
 8. Efek Langsung dan Efek Tak Langsung (efek tertunda);
 - a. Efek Langsung: efek keracunan segera terjadi setelah terjadi pajanan, misalnya makan terkontaminasi bahan kimia Sianida, maka bahan kimia Sianida akan langsung meracuni tubuh.
 - b. Efek Tak Langsung (efek tertunda): yaitu efek atau racun yang terjadi menunggu beberapa waktu setelah terjadi pajanan, misalnya efek racun Karsinogenik yang dirasakan di kemudian hari.
 9. Reaksi Alergi dan Idiosynkrasi yaitu;
 - a. Reaksi alergi (hiper-sensitif) terjadi akibat adanya sensitifitas sebelumnya yang menyebabkan dibentuknya antibodi oleh tubuh.

- b. Reaksi Idiosynkrasi merupakan reaksi tubuh yang tidak dalam keadaan normal (abnormal) terhadap bahan kimia karena factor genetika, misalnya; pekerja kekurangan enzim cholinesterase.

Klasifikasi Bahan Kimia Beracun

Bahan kimia beracun dapat diklasifikasikan berdasarkan penggunaan, sifat fika, kadar kandungan kimia, toksisitas dan sebagainya. Berikut di bawah ini dijelaskan klasifikasi bahan kimia beracun:

1. Berdasarkan penggunaan bahan: solvent, zat aditif dalam makanan dan lain sebagainya.
2. Berdasarkan target organ: sasaran racun adalah hati, ginjal, paru, system haemopoetik.
3. Berdasarkan fisiknya: berbentuk gas, debu, cair, fume, uap dan lain sebagainya.
4. Berdasarkan kandungan kimia: aromatic amine, hidrokarbon dan lain sebagainya.
5. Berdasarkan toksisitasnya (tingkat racun): Ringan, Sedang dan Berat.
6. Berdasarkan fisiologinya: iritan, asfiksian, karsinogenik dan lain sebagainya.

Tingkat Racun (Keracunan) dari Suatu Bahan Kimia Beracun:

1. Tidak ada batasan yang jelas antara bahan kimia berbahaya dan tidak berbahaya.
2. Bahan kimia berbahaya bila ditangani dengan baik dan benar akan aman (tidak berbahaya) digunakan.
3. Bahan kimia tidak berbahaya bila ditangani secara sembrono akan menjadi sangat berbahaya.
4. Paracelsus (1493-1541) menyatakan bahwa “semua bahan adalah racun”, tidak ada bahan apapun yang bukan racun, “hanya dosis yang benar yang membedakan apakah menjadi racun atau menjadi obat”
5. Untuk mengetahui toksisitas bahan dikenal LD₅₀, semakin rendah LD₅₀ suatu bahan, maka makin berbahaya bagi

tubuh dan sebaliknya. Berikut di bawah ini adalah tingkatan sifat racun (keracunan) bahan kimia beracun:

- a. Racun super: apabila jumlah bahan kimia kontaminan sebanyak 5 mg/kgBB atau kurang, contohnya: Nikotin;
- b. Amat sangat beracun: (5-50 mg/kgBB), contoh: Timbal arsenic;
- c. Amat beracun: (50-500 mg/kgBB), contoh: Hidrokinon;
- d. Beracun sedang: (0.5-5 g/kgBB), contoh: Isopropanol;
- e. Sedikit beracun: (5-15 g/kgBB), contoh: Asam ascorbate;
- f. Tidak beracun: (>15 g/kgBB), contoh: Propilen glikol

Faktor-faktor yang Menentukan Tingkat Keracunan dari Suatu Bahan Kimia Beracun:

1. Sifat Fisik bahan kimia; secara fisik, maka bentuk yang lebih berbahaya adalah bila bahan kimia dalam bentuk cair atau gas, karena bentuk bahan kimia bentuk cair atau gas mudah terinhalasi dibanding bentuk padat atau partikel bila terhisap. Bila bentuk bahan kimia partikel (particulate), apabila semakin kecil ukuran partikelnya maka semakin mudah terdeposit ke dalam paru-paru.
2. Dosis (konsentrasi) bahan kimia; semakin besar jumlah bahan kimia yang masuk dalam tubuh, maka semakin besar efek bahan racunnya pada tubuh.
3. Rumus tingkat keracunan adalah sebagai berikut:
 - **E = T x C**
 - E = efek akhir yang terjadi (diturunkan sama dengan NAB)
 - T = time
 - C = concentration

4. Paparan racun yang terjadi bisa dalam bentuk “Akut” dan atau “Kronis”.
5. Berdasarkan lamanya paparan; maka gejala keracunan yang ditimbulkan bisa akut, sub akut dan kronis.
6. Interaksi bahan kimia;
 - a. Aditif : efek yang timbul merupakan penjumlahan kedua bahan kimia ex. Organophosphat dengan enzim cholinesterase
 - b. Sinergistik : efek yang terjadi lebih berat dari penjumlahan jika diberikan sendiri² ex. Paparan asbestos dengan merokok
 - c. Antagonistik : bila efek menjadi lebih ringan
7. Melalui cara distribusi atau penyebaran; bahan kimia diserap dalam tubuh kemudian didistribusikan atau menyebar ke seluruh tubuh melalui aliran darah sehingga terjadi akumulasi dan bereaksi dalam tubuh.
8. Melalui proses pengeluaran; Ginjal merupakan organ pengeluaran yang sangat penting, selain empedu, hati dan paru-paru. Maka keracunan tubuh sering dialami manusia pada ginjal, empedu, hati, dan paru-paru.
9. Faktor tuan rumah (host)
 - a. Faktor genetic
 - b. Jenis kelamin : pria peka terhadap bahan kimia pada ginjal, wanita pada hati
 - c. Factor umur
 - d. Status kesehatan
 - e. Hygiene perorangan dan perilaku hidup

NAB dan Indeks Paparan Biologis (*biological exposure indices*):

Apabila pengendalian lingkungan kerja industri tidak mampu mengurangi kadar bahan kimia di tempat kerja maka perlu dilakukan :

1. Pemantauan biologis (*biological monitoring*)
2. Indeks pemaparan biologis (*biological exposure indices*)

Indeks pemaparan biologis adalah suatu nilai panduan untuk menilai hasil pemantauan biologis yang penentuan nilainya mengacu pada NAB (nilai ambang batas) Biologi.

Beberapa Kelompok Bahan Kimia Beracun yang Banyak ditemui di Lingkungan Kerja Industri dan Pengaruhnya terhadap Kesehatan Pekerja:

1. **Kelompok Logam/metalloid:**
 - a. Pb ($PbCO_3$): dapat merusak syaraf, ginjal dan darah
 - b. Hg (organik dan anorganik): dapat merusak saraf dan ginjal
 - c. Cadmium: dapat merusak Hati, ginjal dan darah
 - d. Khrom: dapat menimbulkan Kanker
 - e. Arsen: dapat menimbulkan iritasi dan kanker
 - f. Phospor: dapat menimbulkan gangguan metabolisme tubuh.
2. **Kelompok Bahan pelarut:**
 - a. Hidrokarbon alifatik (bensin, minyak tanah): dapat menimbulkan pusing, koma
 - b. Hidrocarbon terhalogenisasi (Kloroform, CCl_4): dapat merusak Hati dan ginjal
 - c. Alkohol (etanol, methanol): dapat mempengaruhi Saraf pusat, leukemia, saluran pencernaan
 - d. Glikol: dapat merusak ginjal, hati, tumor.
3. **Kelompok Gas beracun:**
 - a. Asfiksian sederhana (N_2 , Argon, Helium): dapat menimbulkan sesak nafas, kekurangan oksigen
 - b. Asfiksian kimia asam cyanide (HCN), Asam Sulfat (H_2SO_4), Karbonmonoksida (CO), Nitrogen Oksida

(NOx): dapat mengakibatkan Pusing, sesak nafas, kejang, pingsan.

4. Kelompok Karsinogenik:

- a. Benzene: dapat menimbulkan penyakit Leukemia
- b. Asbes: dapat merusak Paru-paru
- c. Bensidin: dapat merusak Kandung kencing
- d. Khrom: dapat merusak Paru-paru
- e. Naftilamin: dapat merusak Paru-paru
- f. Poly Vinyl Chlorida (PVC): dapat merusak hati, paru-paru, syaraf pusat, darah.

5. Kelompok Pestisida

- a. Organoklorin: dapat menimbulkan rasa pusing di kepala, kejang-kejang, hilang ingatan.
- b. Organophosphat: dapat mengakibatkan hilang kesadaran.
- c. Karbamat: dapat menimbulkan efek mematikan.
- d. Arsenik; dapat menimbulkan efek cacat sistemik.

Sanitasi Lingkungan Kerja Industri dan Manufaktur

Sanitasi adalah tingkat **kebersihan lingkungan** yang terkait dengan keselamatan dan kesehatan kerja di lingkungan industri. Sanitasi lingkungan kerja industri adalah tingkat kebersihan di lingkungan kerja industri yang terkait dengan aspek keselamatan dan kesehatan pekerja di lingkungan industri.

Penilaian kebersihan lingkungan industri meliputi:

1. **Aspek Kebersihan Industri** yaitu Kebersihan luar dandalam gedung:
 - a. Kebersihan luar gedung:
 - 1) Halaman
 - 2) Jalan, Selokan/saluran air hujan
 - b. Kebersihan dalam gedung:
 - 1) Lantai
 - 2) Dinding
 - 3) Atap
 - 4) Mesin dan peralatan kerja
 - 5) Gudang bahan baku
2. **Aspek Penyediaan Air Minum:**
 - a. Layak minum
 - b. Penyediaan gelas
3. **Aspek Kamar Mandi/Toilet:**
 - a. Jumlah Kamar Mandi/Toilet
 - Toilet bersih : Pekerja = 1 : 10 pekerja
 - Toilet bersih : Pekerja = 2 : 11 - 20 pekerja
 - Toilet bersih : Pekerja = 3 : 21 - 30 pekerja

- b. Jumlah Air Peturasan: Minimum 20 liter untuk setiap pekerja per hari.

4. **Aspek Kantin:**

- a. Air bersih layak minum
- b. Kebersihan alat peralatan makan
- c. Kebersihan makanan dan bernilai gizi baik

Gizi Pekerja

Gizi pekerja; adalah besaran nutrisi yang diperlukan bagi seorang pekerja untuk dapat memenuhi kebutuhannya sehingga pekerja tersebut dapat melakukan kerja dengan baik dalam kondisi sehat sesuai bidang pekerjaannya.

Kesehatan dan Daya Kerja (kemampuan untuk bekerja); pekerja sehat akan memiliki kemampuan kerja yang baik. Untuk sehatnya tubuh seseorang dibutuhkan sumber gizi dari makanan dan minuman.

Kesehatan pekerja dan kemampuan untuk bekerja sangat erat kaitannya dengan besaran gizi atau nutrisi yang diperoleh pekerja, karena bekerja (bergerak) membutuhkan energy kalori, dan di dalam gizi tersebut terdapat sejumlah kalori/energy untuk menggerakkan anggota tubuh untuk bekerja.

Gizi dan Kalori

Pada saat perusahaan industri menyediakan bahan makanan dan minuman bagi pekerja guna memenuhi standard gizi untuk bekerja, maka manager perlu memperhatikan factor-faktor berpengaruh berikut:

1. Frekuensi makan, jumlah/porsi makanan dan minuman serta komposisi material makanan dan minuman yang diperoleh pekerja dari:
 - a. Kantin
 - b. Makan pagi di rumah masing-masing

- c. Makan jajanan
2. Tempat kerja dengan suhu tinggi; harus diperhatikan kebutuhan air minum dan garam sebagai pengganti cairan tubuh yang diuapkan melalui keringat.
 - a. Kerja berat; perlu $\pm 2,8$ liter air minum/orang/hari
 - b. Kerja ringan; perlu $\pm 1,9$ liter air minum/orang/hari
atau:
 - a. Minuman dengan kadar garam $\pm 0,2\%$
 - b. Minuman Non alcohol
 - c. Soft drink atau minuman penyegar
 - d. Susu sebagai pelengkap 4 sehat 5 sempurna
3. Zat/material makanan yang mengandung Vitamin C; dapat mengurangi pengaruh zat racun dalam tubuh terutama logam berat, larutan anorganic, fenol, sianida dan lain sebagainya.
 - a. Minuman Susu; tidak dapat menyerap racun dalam tubuh
 - b. Makanan ekstra; dapat berfungsi untuk memperbaiki keadaan dan meningkatkan daya tahan tubuh.

Berikut di bawah ini dijelaskan standard penggunaan energy oleh pekerja untuk setiap jamnya pada keadaan kegiatan pekerja yang menggunakan otot berbeda.

Tabel 18. Standard Penggunaan Energi/Jam pada Keadaan Kegiatan Otot yang Berbeda

Jenis Kelamin	Berat Badan (kg)	Kalori
Pria	60	3000
	55	2900
	50	2600
Wanita	50	2050

	45	2000
	40	1800

Sumber : "The health aspects of food and nutrition, Western Pacific Office, Manila W.H.O. 1965

Standard tersebut di atas, untuk seorang tenaga kerja tertentu harus di koreksi dengan faktor-faktor sebagai berikut:

1. **Usia dengan persentase** kalori sebagai berikut:

Tabel 19. Usia Pekerja dan Persentase Kebutuhan Kalori Untuk Bekerja

Usia (tahun)	Persen (%)
20 - 30	100
30 - 40	97
40 - 50	94
50 - 60	86,5
60 - 70	79
> 70	60

2. **Derajat Kegiatan;** Untuk pekerja standard dapat digunakan kegiatan-kegiatan meliputi:

Tabel 20. Jenis Kegiatan dan Lama Kerja/Aktivitas

Aktivitas Pekerja	Pria	Wanita
Istirahat	8 jam	8 jam
Bekerja	8 jam	8 jam
Berjalan	1,5 jam	1 jam
Mencuci dan berpakaian	1,5 jam	1 jam
Duduk	4 jam	5 jam
Rekreasi aktif dan atau kegiatan-kegiatan di rumah	1 jam	1 jam

Selanjutnya penyesuaian kebutuhan kalori didasarkan atas Tabel Kebutuhan Zat Makanan berikut ini.

Tabel 21. Kebutuhan Zat Makanan bagi Pekerja

Kelamin	Usia	Berat badan	Kalori (kilo kalori)	Putih telur (g)	Kalsium (mg)	Besi (mg)	Vit A sebagai karoten (mikrogram)	Triamin (mg)	Ribo flavin	Niasin (mg)	Vit. C (mg)
Laki-laki	20 - 39	55	2.600	65	0,5	10	4.000	1,0	1,4	17	60
	40 - 59		2.400	65	0,5	10	4.000	1,0	1,3	16	60
	60 ke atas		2.400	65	0,5	10	4.000	0,8	1,1	13	60
Wanita	20 - 39	47	2.000	55	0,5	12	4.000	0,8	1,1	13	60
	40 - 59		1.900	55	0,5	12	4.000	0,8	1,0	13	60
	60 ke atas		1.600	55	0,5	12	4.000	0,6	0,9	9	60
Hamil			+100	+10	+0,5	+5	+500	+0,2	+0,2	+2	+30
Menyusui			+800	+25	+0,5	+5	+2.500	+0,4	+0,4	+5	+30

Tab 22. Kebutuhan Kalori Sehari-hari yang dianjurkan untuk Orang *Standard**)

Jenis Kegiatan	Kalori per Jam	
	Untuk orang dengan berat badan 70 kg	Per kg berat badan
Tidur	65	0,95
Bangun sambil tiduran tenang	77	1,10
Duduk istirahat	100	1,43
Membaca keras	105	1,50
Berdiri dalam keadaan tenang	105	1,50
Menjahit dengan tangan	111	1,59
Berdiri dengan suatu perhatian	115	1,63
Menyulam (kecepatan 23 sulaman per menit atas sweater)	116	1,66
Memakai dan membuka pakaian	118	1,69
Menyanyi	122	1,74
Menjahit dengan mesin	135	1,93
Mengetik cepat	140	2,00
Menyetrika (berat setrika 2 ½ kg)	144	2,06
Cuci piring (piring, cangkir, dan lain-lain)	144	2,06
Menyapu lantai terbuka (38 x permenit)	169	2,41
Menjilid buku	170	2,43
Latihan enteng	170	2,43
Membuat sepatu	180	2,57

Jenis Kegiatan	Kalori per Jam	
	Untuk orang dengan berat badan 70 kg	Per kg berat badan
Jalan perlahan (3,9 km per jam)	200	2,86
Pekerjaan kayu, logam dan pengecatan dalam industri	240	3,43
Latihan aktif	290	4,14
Jalan agak cepat (5,6 km per jam)	300	4,28
Jalan turun tangga	364	5,20
Pekerjaan tukang batu	400	5,71
Latihan berat	450	6,43
Menggergaji kayu	480	6,86
Berenang	500	7,14
Lari (8 km per jam)	570	8,14
Latihan sangat berat	600	8,57
Berjalan sangat cepat (8 km per jam)	650	9,28
Jalan naik tangga	1100	15,80

Sumber: Sherman H.C. : Chemistry of Food and Nutrition, New York, Macmillan

Penyesuaian Menurut Tingkat Kegiatan

Tabel 23. Penyesuaian Kalori Menurut Tingkat Kegiatan Pekerja

Berat Badan (kg)	Tingkat 0 (dikurangi)	Tingkat I (orang standard)	Tingkat II	Tingkat III
41 – 50	- 530	0	+ 360	+ 810
51 – 60	- 610	0	+ 390	+ 870
61 – 70	- 690	0	+ 400	+ 900
71 – 80	- 760	0	+ 410	+ 930
Aktivitas	Hanya pemeliharaan tubuh (istirahat tetapi bukan basal)	Pekerjaan administrasi, rumah, pengemudi, menetik	Tukang-tukang, petani yang mempunyai keahlian	Pekerjaan buruh kasar

Adaptasi Pekerja Dalam Lingkungan Industri dan Manufaktur

Menurut Hardesty, (1977: 21), terdapat tiga tingkatan adaptasi yaitu: adaptasi tingkah laku (*behavioral adaptation*), adaptasi fisiologi (*physiological adaptation*) dan adaptasi demografi dan genetik (*genetic and demographic adaptation*). Adaptasi fisiologi dilakukan seperti penglihatan melalui retina mata yang digambarkan oleh Grandjean sebagai berikut; bila kita memasuki gedung bioskop yang telah mulai memutar film, maka mata kita tidak dapat melihat dengan jelas dimana tempat duduk yang kosong atau yang telah diduduki oleh orang lain. Akan tetapi setelah kita berada dalam ruangan yang gelap tersebut selama 5 ~ 10 menit, maka dengan jelas kita dapat melihat dimana tempat duduk yang kosong dan lain sebagainya. Dalam hal ini tentunya diperlukan waktu dan proses dalam menyesuaikan diri pada ruangan yang gelap sehingga kita dapat membiasakan diri melakukan kegiatan ataupun bekerja dalam suatu lingkungan yang tidak umum ditemui oleh orang lain.

Adaptasi tingkah laku sebagai penyesuaian diri dari suatu lingkungan tertentu ke lingkungan yang lain misalnya; dari lingkungan kerja yang tidak bising ke lingkungan kerja yang bising, maka manusia melakukan tingkah laku penyesuaian (*coping behavior*). Jika ia berhasil, maka ia akan kembali kepada kondisi homeostatis, tetapi kalau tidak maka ia akan kembali kepada kondisi *stress*. Tingkat kemampuan manusia melakukan adaptasi terhadap lingkungan sangat berbeda, sebagai contoh dijelaskan Wohwill *dalam* Sarwono (1995: 63) bahwa orang Tibet mempunyai tingkat adaptasi yang sangat tinggi terhadap kadar oksigen dalam udara karena mereka biasa hidup dipegunungan yang sangat tinggi diatas permukaan laut. Untuk orang Indonesia yang biasa berada didaerah tropis tentunya akan kesulitan hidup didaerah dataran tinggi kalau tidak dengan cara melakukan

penyesuaian diri dalam waktu yang lama berada didaerah dataran tinggi tersebut.

Sebagai contoh tingkah laku manusia dalam lingkungan tempat pandai besi, mula-mula orang tersebut akan merasa terganggu dengan suara berisik ketukan besi, setelah beberapa lama mendengarkan suara ketukan palu tadi maka ia akan terbiasa. Demikian pula bila kita baru pertama kali melewati tumpukan sampah, secara otomatis seketika kita akan menutup hidung dengan sapu tangan. Pada waktu berikutnya karena kita telah mengetahui tempat tersebut berbau busuk, lama kelamaan sudah terbiasa dan tidak lagi menutup hidung dengan tangan. Bila manusia tidak berhasil membiasakan diri dalam lingkungan bising, panas, bau busuk, berarti proses adaptasi tidak berhasil maka Sarwono mengatakan orang tersebut akan mengalami *stress*, perilakunya gaduh dan akan mengganggu konsentrasi dalam bekerja. Ramsey & Kwon *dalam* Saal (1995:451) menyatakan bahwa, toleransi manusia terhadap panas (lama waktu panas berlangsung) menurun bersamaan dengan usaha fisik atau energi yang dikeluarkan oleh pekerja untuk menyesuaikan diri dalam lingkungannya.

Industri Binatu-Drycleaning dan Risiko Kesehatan Lingkungan

Pesatnya perkembangan penggunaan teknologi untuk mencuci pakaian di negara Amerika, Eropa dan Jepang sejak awal 1970-an rupanya menimbulkan persoalan pada lingkungan hidup. Persoalan yang ditimbulkan oleh kegiatan industri binatu khususnya yang mengoperasikan mesin cuci *dryclean* adalah; limbah cair yang dihasilkan bersifat toksik bagi lingkungan dan bahan baku *perchloroethylene* yang digunakan untuk membersihkan/mencuci pakaian sangat membahayakan kesehatan manusia. Teknologi untuk mencuci pakaian secara modern pada mulanya dikenal di negara Eropa dan Amerika Serikat dengan sebutan industri '*Laundry and Dryclean*'. Di Indonesia kita mengenalnya dengan istilah Binatu yang kegiatannya terbatas pada pencucian pakaian menggunakan sabun cuci biasa (*ordinary washing*) atau menggunakan bubuk detergent yang disebut sebagai *laundry*. Proses pencucian pakaian di rumah tangga lazimnya menggunakan sabun batangan, sabun colek, sabun cair atau bubuk detergent, demikian pula halnya yang digunakan oleh industri Binatu. Proses pencucian pakaian dengan sistem *laundry and dryclean* sebenarnya merupakan dua sistem pencucian pakaian yang berbeda yang disesuaikan dengan sifat dan kebutuhan pakaian yang akan dicuci. Proses pencucian pakaian dengan sistem *laundry* meliputi pencucian kain atau pakaian menggunakan sabun dan air, kemudian kain dibilas beberapa kali sampai bersih dan pakaian dikeringkan serta di setrika. Sedangkan proses pencucian dengan sistem *dryclean* meliputi proses pencucian menggunakan larutan kimia yang biasa disebut *solvent*, setelah pencucian dilakukan maka proses selanjutnya kain langsung dikeringkan dan diseterika.

Focus utama bahasan tulisan ini menyangkut potensi risiko pada kesehatan manusia dan lingkungan hidup akibat

penggunaan *perchloroethylene* pada industri *laundry and dryclean* ataupun jenis industri lainnya yang menggunakan *perchloroethylene* sebagai bahan baku atau bahan pembantu untuk proses produksi.

Kepedulian masyarakat dunia melalui lembaga EPA terhadap industri drycleaning diwujudkan melalui penerapan program perancangan desain lingkungan untuk industri dryclean guna mereduksi penggunaan *perchloroethylene*. *The U.S. Environmental Protection Agency* (EPA) merupakan lembaga dunia yang bernaung dibawah hukum federal dan disebut sebagai *the Resource Conservation and Recovery Act* (RCRA). Sejak 1992, EPA telah membuat program perancangan desain lingkungan untuk industri tekstil dan garment khususnya kegiatan industri *dryclean* guna mereduksi pemaparan (*expose*) bahan kimia *perchloroethylene*. *Perchloroethylene* (Perc) adalah larutan kimia yang umumnya digunakan oleh perusahaan *laundry and dryclean* yang khusus mencuci tekstil dan produk tekstil (pakaian) dengan sistem dryclean. Diperkirakan saat ini perusahaan *laundry and dryclean* menggunakan kurang lebih 85% zat pembersih berasal dari *perchloroethylene* sebagai pelarut utama untuk proses pencucian kain dan pakaian (EPA, 2002).

Proses Pencucian Pakaian Sistem *Drycleaning*

Meskipun namanya adalah *dryclean* atau pencucian kering, namun demikian prosesnya tidaklah "kering" tanpa cairan. Hal ini disebabkan oleh karena proses pencucian kering *dryclean* tersebut selalu menggunakan zat kimia pelarut yang berbentuk cair yang disebut "*solvents*" berfungsi untuk melepaskan/mencuci kotoran dan noda pada berbagai jenis kain.

Kebanyakan proses pencucian pakaian dengan system *dryclean* menggunakan zat kimia *perchloroethylene* sebagai bahan pelarut utama yang mengganti fungsi sabun atau deterjen pada pencucian konvensional pada umumnya. Oleh karena pencucian sistem *dryclean* dilakukan dalam larutan cairan *perchloroethylene* dan dengan penambahan sedikit air

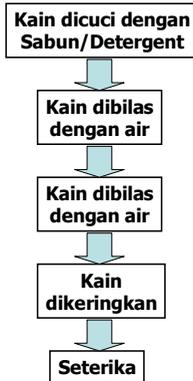
dalam proses pencucian, maka terminologi *dryclean* tetap digunakan dalam tulisan ini untuk menjelaskan proses-proses yang terjadi dalam pencucian pakaian sistem *dryclean* dan membedakannya dengan sistem laundry.



Gambar 20. Proses Seleksi Pakaian Sebelum Pencucian

Perbedaan proses pencucian kain antara sistem *dryclean* dengan sistem laundry dapat dijelaskan melalui gambar berikut.

Proses Pencucian Sistem Laundry



Proses Pencucian Sistem Dryclean



Gambar 21. Alir Proses Pencucian Laundry dan Dryclean

Pada dasarnya proses pencucian dengan sistem *dryclean* bermula dari konsep penghilangan kotoran dan noda pada kain menggunakan bahan pelarut baik berbentuk cairan maupun berbentuk serbuk (Dantiyagi 1974:367). Penghilangan kotoran atau noda pada kain dengan bahan pelarut seperti minyak bensin tentunya hanya dapat membersihkan kotoran dan noda pada kain dan pakaian yang berasal dari oli, gemuk atau karat. Penghilangan kotoran atau noda pada kain dengan bahan serbuk seperti kanji berfungsi sebagai penyerap (*absorbent*) dan mengangkat kotoran dan noda kain dapat digolongkan sebagai proses pencucian sistem *dryclean* (Taylor 1990:276). Terdapat pula kombinasi perlakuan menggunakan bahan pelarut (*solvent*) seperti minyak terpentin dan serbuk tertentu untuk menghilangkan noda dan kotoran pakaian, hal ini juga merupakan bagian dari proses pencucian sistem *dryclean* yang sering kita temui di rumah tangga dan industri binatu. Pada perkembangan teknologi *dryclean* modern, proses pencucian kain dan pakaian tidak lagi menggunakan proses pengerjaan kasus per kasus seperti dijelaskan di atas, tetapi mengarah pada proses

pengerjaan pencucian kain dan pakaian secara massal. Artinya, pada proses pencucian sistem *dryclean* terdapat beberapa potong kain dan pakaian dengan berbagai jenis material kain serta berbagai jenis bentuk kotoran dan noda yang berbeda dikerjakan dalam satu tempat secara simultan. Dengan demikian maka proses pencucian pakaian sistem *dryclean* yang sering kita jumpai di pusat-pusat pertokoan termasuk dalam kategori proses pencucian kain secara massal. Jadi seluruh pakaian yang memiliki jenis dan sifat kotoran/noda yang hampir sama dicuci dengan bahan pelarut yang sama pada tempat dan mesin yang sama.



Gambar 22. Mesin Cuci *Laundry and Dryclean*

Terdapat beberapa perbedaan cara dalam proses pencucian pakaian dengan system *dryclean*, namun secara spesifik proses kerja pencucian pakaian adalah sebagai berikut:

Pencucian pakaian sistem *dryclean* umumnya dikerjakan dengan perlakuan tangan sebelum dimasukkan ke dalam mesin cuci. Cairan pelarut *perchloroethylene*, ditambah dengan campuran detergent dan sedikit air yang kemudian dimasukkan ke dalam mesin cuci. Mesin cuci diputar untuk menggerakkan pakaian yang dicuci sebagaimana pencucian biasa menggunakan mesin cuci untuk melarutkan kotoran-

kotoran dan noda-noda pada pakaian pakaian. Kotoran dan noda pada pakaian akan lepas dari pakaian pada saat dilakukan proses penguapan menggunakan sistem drying, dimana kotoran dan noda pakaian telah dirubah menjadi larut oleh pelarut atau *solvent perchloroethylene* menjadi uap kotor. Jadi, kotoran dan noda yang telah bersifat larut diuapkan pada saat proses pengeringan (*drying process*). Pada saat pencucian dilakukan, pakaian dapat langsung dikeringkan (*drying*) pada tempat yang sama sewaktu pakaian dicuci, atau pakaian dapat pula dipindah secara manual ke bagian pengering untuk selanjutnya dilakukan penyeterikaan dan pelipatan pakaian.



Gambar 23. Proses Pemeriksaan Pakaian Sebelum dan Setelah Pencucian

Dari Gambar 23 di atas dapat dilihat bahwa pakaian harus diperiksa pada tahap sebelum dan sesudah proses pencucian sistem dryclean. Pemeriksaan pakaian sebelum pencucian dimaksudkan untuk memilah dan mengelompokkan pakaian berdasarkan; jenis material pakaian (cotton, sintetik, wool, sutera, kulit dan lain sebagainya), jenis kotoran/noda kain (noda tinta, cat, oli, lipstik, kotoran keringat dan debu), dan jenis serta sifat aksesoris pakaian (logam, plastik, kayu dan lain sebagainya). Pemeriksaan ini dilakukan melalui proses penelitian dan pembacaan label yang tertera pada pakaian

yang menjelaskan jenis material dan cara penanganan pakaian (care label) tersebut yang direkomendasikan oleh produsen pakaian. Pemeriksaan pakaian sesudah pencucian dilakukan untuk memeriksa apakah hasil cucian telah memenuhi kualitas yang diinginkan atau tidak, apakah timbul cacat kain robek, aksesoris rusak atau terlepas, adakah bagian jahitan putus, timbul bulu dan lain sebagainya untuk kemudian dilakukan perbaikan.

Daur Ulang Solvent Proses Pencucian *Drycleaning*

Umumnya mesin cuci system *dryclean* menggunakan alat penyaring (*filters*) untuk membersihkan sisa solvent yang sudah dipakai. Proses penyaringan sisa larutan solvent bekas pencucian dilakukan untuk memisahkan solvent dari residu limbah seperti detergent, zat warna kain, minyak, dan kotoran yang berasal dari pakaian. Sisa solvent tersebut masih dapat digunakan kembali seperti semula untuk mencuci pakaian lain yang kualitas pakaiannya tergolong pada kualitas/grade kedua setelah yang pencucian pertama atau sebelumnya. Demikian seterusnya setiap selesai proses pencucian menggunakan solvent, maka sisa solvent masih bisa digunakan (*reused or recycled*) untuk proses pencucian pakaian lainnya.

Setelah proses pencucian pakaian, filter yang berisi sedikit solvent dan residu *perchloroethylene* harus dikelola dan diperlakukan sebagaimana perlakuan terhadap limbah bahan berbahaya dan beracun (limbah B3). Para pengusaha/pemilik/pengelola industri *laundry and dryclean* dapat mengirimkan limbah tersebut kepada instansi resmi pengolah/penyimpan B3 guna dikelola dan dibakar dengan incinerator (di Indonesia dapat dikirim ke PT. PPLI dan atau PT. Dong Woo).

Perchloroethylene, atau Perc, adalah zat kimia pelarut yang dominant dipergunakan oleh perusahaan industri *laundry and dryclean*. Ciri dan karakteristik zat kimia *Perchloroethylene* adalah; bentuk fisik cair, larutan jernih, tidak berwarna secara spesifik, baunya harum, dan sifatnya mudah menguap. Bahan

perchloroethylene adalah *solvent* yang sangat efektif untuk mencuci dan membersihkan kotoran pakaian dan banyak digunakan oleh industri-industri *laundry and dryclean*, karena bahan ini efektif melepaskan noda dan kotoran pakaian dan berbagai jenis tekstil (Taylor, 1990:273). Zat kimia *perchloroethylene* tidak mengakibatkan terjadinya penyusutan dan pengkerutan kain, ataupun tidak pula melunturkan warna kain. Zat kimia *perchloroethylene* tidak mudah terbakar, tidak seperti jenis *solvent* yang umum dipakai pada pencucian pakaian di tahun 1930-an dan 1940-an.

Sejak zat kimia *perchloroethylene* dapat didaur ulang (*recycled*), maka *solvent* ini harganya menjadi sangat murah dan menjadi biaya efektif dan efisien (*cost-effective and efficient*) untuk mencuci pakaian dan berbagai jenis tekstil, namun perlu diperhatikan dalam pemakaiannya bahwa; zat kimia *Perchloroethylene* adalah zat yang bersifat toksik dan berbahaya bagi kesehatan manusia, biota dan lingkungan.

Dampak Negatif Penggunaan *Perchloroethylene* terhadap Kesehatan Lingkungan:

Penyebaran efek atau dampak kesehatan dari penggunaan zat kimia *Perchloroethylene* terhadap kesehatan lingkungan sangat tergantung pada dua aspek yaitu; jumlah dan lama penyebaran zat kimia *perchloroethylene* di lingkungan kita. Manusia yang terpapar oleh zat kimia *perchloroethylene* pada tingkat dosis tinggi, pada periode waktu singkat dapat menimbulkan gejala serius (*serious symptoms*) meliputi; pusing (*dizziness*), cepat lelah (*fatigue*), sakit kepala (*headaches*), kebingungan (*confusion*), mual (*nausea*), sakit paru-paru (*lung*), sakit mata (*eye*) dan iritasi selaput lendir (*mucous membrane irritation*) (EPA, 1998). Paparan yang berulang kali dari efek zat kimia *perchloroethylene* pada konsentrasi yang lebih tinggi dapat membuat iritasi pada kulit, mata, hidung dan mulut, serta dapat mengakibatkan sakit liver dan kegagalan pernafasan (*can cause liver damage and respiratory failure*). Zat kimia *perchloroethylene* dapat mengakibatkan efek membahayakan kesehatan manusia pada konsentrasi yang rendah sekalipun.

Hasil studi laboratorium menggunakan hewan mengindikasikan bahwa pemaparan zat kimia *perchloroethylene* pada konsentrasi yang tinggi dapat menghasilkan efek pada perkembangan janin (*effects on the developing fetus*) termasuk pertumbuhannya, cacat lahir (*birth defects*) dan kematian. Sejak setelah dilakukan penelitian tersebut pada manusia yang terpapar oleh zat kimia *perchloroethylene* pada konsentrasi yang tinggi, maka sejak itu penggunaan zat kimia *perchloroethylene* harus dibatasi dan zat tersebut tidak boleh dipergunakan untuk sembarangan keperluan (*inconclusive*).

Para ilmuwan belum menetapkan apakah pemaparan zat kimia *Perchloroethylene* dapat menimbulkan efek merugikan pada wanita yang menyusui seperti; meningkatnya insiden keguguran atau efek reproduksi, kematian bayi atau anak dari orang tua yang terpapar zat kimia *perchloroethylene* pada dosis yang tinggi.

Perchloroethylene Menimbulkan Penyakit Kanker

Penelitian terhadap potensi *perchloroethylene* yang dapat menimbulkan penyakit kanker secara intensif terus dilakukan oleh para ahli. Hasil studi laboratorium terhadap pengaruh *perchloroethylen* pada hewan tikus besar dan tikus kecil (*rats and mice*) menunjukkan bahwa tikus-tikus tersebut mengalami sakit kanker bilamana mereka meneguk atau menghirup bau *perchloroethylen*. Terdapat pula bukti-bukti yang meyakinkan pada beberapa hasil studi lainnya yang dilakukan terhadap para pekerja industri binatu (*laundry and dryclean industry*) yang memberikan petunjuk bahwa pekerja yang terpapar *perchloroethylen* memiliki risiko yang tinggi dan dapat dipastikan terserang kanker (EPA, 1998). Dari keseluruhan efek-efek kesehatan yang berpotensi meningkatkan risiko kanker sangat tergantung pada beberapa factor yaitu; besaran jumlah dan konsentrasi paparan kimia *perchloroethylen*, frekuensi kejadian/seberapa sering paparan terjadi dan berapa lama paparan berlangsung. Juga sangat penting diketahui bahwa besar-kecilnya risiko dari factor

pengaruh paparan zat kimia tersebut sangat tergantung pula pada factor usia, factor pola hidup (*lifestyle*) dan sifat bawaan dari keturunan/keluarga (*family traits*) orang yang terpapar. Pada tahun 1995, *the International Agency for Research on Cancer* (IARC), melakukan panel diskusi internasional yang dihadiri oleh para ahli, menyimpulkan bahwa “bahan *Perchloroethylen* bersifat karsinogenik pada manusia” berdasarkan atas bukti-bukti terbatas dari tingkat karsinogenisitas (*carcinogenicity*) pada manusia dan bukti-bukti yang cukup kuat pada hewan tikus. Untuk memahami risiko dari paparan kimia *perchloroethylen*, *the International Agency for Research on Cancer* telah melakukan pengaturan secara komprehensif terhadap pemeriksaan efek kesehatan *perchloroethylen* melalui proses *Agency’s Integrated Risk Information System* (IRIS). IRIS merupakan basis data EPA yang *on-line* menyajikan informasi ringkasan hasil pemeriksaan dan pengaturan bahan kimia spesifik yang memiliki risiko kesehatan manusia dan lingkungan. Hasil-hasil penelitian terhadap dampak kesehatan secara komprehensif akan dilakukan proses evaluasi dan penilaian oleh para pakar, dan data serta kesimpulannya telah dipublikasikan pada tahun 2000.

Mengetahui Paparan Kimia *Perchloroethylene*

Hampir seluruh manusia dapat terpapar *Perchloroethylene* karena zat kimia ini dapat ditemukan di udara dan di air, hanya saja dalam jumlah yang cukup sedikit yang tidak membahayakan kesehatan manusia. Namun jika kita bekerja atau berhubungan dengan fasilitas *dryclean* maka kita dimungkinkan dapat terpapar pada kondisi yang membahayakan kesehatan.

Sebagai konsumen jasa cuci *dryclean*, kita dimungkinkan pula dapat terpapar oleh kimia *perchloroethylene* pada tingkat yang cukup rendah, namun konsentrasinya sedikit lebih tinggi dibanding yang terdapat di air dan udara yang diduga tidak begitu berbahaya bagi rata-rata kesehatan normal. Sehingga pakaian yang dicuci dengan system *dryclean* sangat tidak disukai oleh sebagian masyarakat Amerika dan Eropa yang

mengkhawatirkan dampak terserang kanker. Sebagaimana dampak kesehatan manusia pada umumnya, maka potensi peningkatan risiko kanker sangat tergantung kepada tiga faktor yaitu; lama paparan berlangsung, seberapa sering intensitas paparan terjadi, dan berapa lama kejadian terjadi sebelumnya.

Perusahaan jasa *dryclean* yang professional umumnya selalu berusaha untuk meminimumkan jumlah dan konsentrasi *perchloroethylene* yang melekat pada pakaian yang sudah dicuci melalui proses *dryclean* yang baik dan standard. Kita selaku konsumen harus melakukan pemeriksaan terhadap hasil cucian dengan cara mencium bau *perchloroethylene* yang tersisa di pakaian. Jika kita mencium bau *perchloroethylene* maka kita berhak dan wajib meminta perusahaan tersebut untuk memproses ulang pencucian sampai bau *perchloroethylene* tidak terdapat lagi pada pakaian tersebut.

Berdasarkan hasil studi, terdapat kekhawatiran pada pekerja yang terlibat langsung dalam ruang proses produksi *dryclean*. Kekhawatiran tersebut disebabkan oleh lama masa kerja, jumlah dan konsentrasi kimia *perchloroethylene* yang dihadapi lebih tinggi risikonya dibanding orang yang berada di luar ruang tersebut. Karena sifat *Perchloroethylene* yang mudah menguap secara cepat, maka ia akan masuk ke dalam lingkungan kerja *dryclean*. Terdapat banyak factor yang mempengaruhi tingkat pencemaran *Perchloroethylene* di udara atau dalam lingkungan kerja industri *dryclean* yaitu;

1. Perawatan mesin *dryclean* yang tidak baik;
2. Kebocoran pada peralatan dan teknologi *dryclean*;
3. Tutup botol ataupun drum larutan *Perchloroethylene* yang terbuka pada saat dilakukan penambahan larutan ke dalam mesin ataupun pada saat pengeluaran limbah cair pencucian;
4. Polutan yang bersumber dari pakaian yang tidak kering sempurna setelah proses ataupun ketidaksempurnaan proses pengeringan pakaian;
5. Polutan yang bersumber dari pakaian yang dipindahkan dari mesin cuci pada alat pengering dalam rangka

'transfer' yang memisahkan proses pencucian an pengeringan.

Penggunaan peralatan mesin *dryclean* yang baru, pengawasan mesin dan proses pencucian serta pengontrolan pemakaian dan penyimpanan larutan *Perchloroethylene* secara signifikan dapat mereduksi atau mengeliminir paparan *Perchloroethylene* pada pekerja industri *dryclean*. Sebagai contoh, mesin *dryclean* yang memiliki system mencuci dan sekaligus mengeringkan pakaian dalam satu unit mesin akan menghasilkan dampak paparan uap *Perchloroethylene* lebih rendah dibanding mesin *dryclean* system terpisah antara pakaian basah dan pakaian kering. Laporan hasil penelitian terbaru mengindikasikan bahwa para pekerja industri *dryclean* dapat terpapar *Perchloroethylene* bila peralatan *dryclean* yang dioperasikan tidak dirawat secara baik dan intensif.

Pekerja pada industry *dryclean* yang mengoperasikan mesin cuci *dryclean* pada umumnya selalu berada dalam ruangan atau bangunan tertutup baik di rumah-rumah maupun pertokoan. Para pekerja dan orang-orang yang berada dalam ruangan/bangunan yang sama di tempat beroperasinya mesin cuci *dryclean* akan dapat secara simultan terpapar *Perchloroethylene*, namun para pekerja *dryclean* lebih besar risiko terpaparnya dibanding yang bukan pekerja langsung. Hal ini dapat terjadi karena uap *Perchloroethylene* dapat menyusup melalui aliran ataupun sirkulasi udara di lantai, langit-langit dan dinding bangunan tempat proses pencucian *dryclean* berlangsung. Uap *Perchloroethylene* juga dapat berpindah dan mengalir ke luar ruangan bangunan dan masuk ke ruangan lainnya melalui spasi bangunan, lubang ventilasi dan lain sebagainya. Seorang pekerja *dryclean* akan dapat terkontaminasi udara yang mengandung *Perchloroethylene* di apartemen atau kantor industri *dryclean* yang memiliki peralatan yang sudah cukup tua, yang tidak terawat baik atau perawatan peralatan yang tidak mengikuti prosedur kesehatan dan keselamatan kerja.

Kadar uap *Perchloroethylene* yang tinggi dalam lingkungan tempat tinggal harus diberikan perhatian khusus pada dampaknya terhadap kesehatan pada umumnya, seperti para orang tua, anak-anak dan wanita menyusui, termasuk potensi kanker pada pekerja yang selalu berada di tempat tersebut dalam jangka waktu yang cukup lama. Para ilmuwan belum mengetahui jika paparan *Perchloroethylene* dapat mengganggu perkembangan anak balita.

Bagaimana *Perchloroethylene* dapat Mencemari Lingkungan
Perchloroethylene dapat mencemari udara, air dan tanah di lingkungan industri binatu. Proses pencemaran tersebut dapat terjadi selama proses pencucian pakaian, proses penyimpanan dan pemurnian *Perchloroethylene* (*reusing*), dan pembuangan limbah pada tahap industri binatu (*laundry and dry cleaning*). Pencemaran terhadap lingkungan dapat direduksi pada titik proses tersebut diatas, dan juga dapat dilakukan dengan cara memperbaiki peralatan dan mesin *dryclean*, lebih hati-hati dalam mengoperasikannya serta mereduksi konsumsi dan penguapan *Perchloroethylene*.

Pencemaran Udara

Hampir di seluruh industri *dryclean* yang menggunakan *Perchloroethylene* berpotensi mengancam keberadaan kualitas udara di lingkungannya. Hal ini dapat terjadi akibat menguapnya *Perchloroethylene* yang kemudian dibawa udara melalui jendela terbuka, ventilasi dan system pendingin udara ruangan (AC) ke luar ruang bangunan dan menjadi ambient. Pada system *dryclean* lama, *Perchloroethylene* masih dapat disalurkan langsung ke luar ruang bangunan sebagai bagian dari proses *dryclean*. Namun banyak para pekerja *dryclean* sekarang menggunakan mesin baru yang dapat mengontrol atau mengeliminasi jumlah *perchloroethylene* yang keluar selama proses produksi. Di luar ruang bangunan, *Perchloroethylene* akan menyebar ke atmosfer untuk beberapa lama dan walaupun hanya sejumlah kecil *Perchloroethylene* selalu menguap ke udara. *Perchloroethylene* tidak dapat merusak lapisan ozon di atmosfer, setelah beberapa lama

kemudian *Perchloroethylene* akan terurai menjadi bahan kimia lain yang bersifat toksik, dan beberapa zat kimia diantaranya dicurigai dapat mengikis lapisan ozon di atmosfer.

Pencemaran Tanah

Perchloroethylene diketahui bersifat toksik bagi tumbuhan, ia dapat masuk ke dalam tanah dalam bentuk cair dan terjadi melalui tumpahan *Perchloroethylene* dari drum, kebocoran pipa, kebocoran tangki, kebocoran pada mesin, dan akibat ketidaksempurnaan penanganan limbah proses pencucian *dryclean*. Jumlah *Perchloroethylene* yang signifikan ditemukan di dalam setiap limbah proses *dryclean* yang oleh EPA ditetapkan sebagai limbah beracun dan berbahaya (limbah B3). Pada umumnya limbah industri *dryclean* yang telah diolah akan dikeluarkan melalui saringan (dalam bentuk limbah padat yang terdiri atas residu pelarut dan tanah), dan penanganan selanjutnya harus dilakukan melalui proses pengolahan limbah B3 untuk didaur ulang ataupun dibakar dengan alat incinerator.

Pencemaran Air

Pada akhir proses pencucian pakaian dengan system *dryclean*, cairan dan gas dipisahkan dari limbah cair menggunakan proses destilasi, setelah dilakukan separasi maka limbah cair dibuang ke saluran drainase. Pada tempat lain limbah cair tersebut dikumpulkan dan dikeringkan untuk selanjutnya ditangani sesuai aturan metode penanganan limbah B3 yang direkomendasikan oleh EPA.

Bahan kimia *Perchloroethylene* dapat meresap ataupun merembes melalui tanah dan mengkontaminasi air tanah, sehingga berpotensi pula untuk mengkontaminasi air minum yang diambil dari tanah.

Sejumlah kecil bahan kimia *Perchloroethylene* dapat mengontaminasi sejumlah besar air tanah dan manusia dapat terpapar melalui air minum yang diambil dari tanah yang tercemar tersebut.

EPA telah menetapkan batas konsentrasi dan jumlah *Perchloroethylene* yang diperbolehkan berada di dalam air

baku minum. Air minum yang layak minum harus diuji untuk menjaminkannya berada di bawah EPA standard. Sejumlah kecil bahan *Perchloroethylene* di dalam air dapat menjadi toksik bagi hewan perairan yang kemudian dapat menyimpan bahan kimia tersebut di dalam jaringan lemak (*fatty tissues*) ikan.

Metode Pencucian Pakaian yang Ramah Lingkungan

Dengan memperhatikan secara serius mengenai pengendalian penggunaan *perchloroethylene* dan bahan-bahan pelarut *dryclean* lainnya, maka telah dihasilkan teknologi baru yang canggih dan menguntungkan bagi perawatan pakaian dan ramah lingkungan. Metode tersebut didasarkan pada proses pencucian basah (*wetcleaning*) yang menggunakan air sebagai bahan pelarut. Mesin dengan sistem pencucian basah (*wetcleaning*) sengaja dirancang untuk mencuci pakaian secara professional. Perusahaan pencuci pakaian yang professional selalu menggunakan metode pencucian berbasis air, lebih banyak menggunakan tangan, metode ini melahirkan/menunjang sedikit menyerupai mesin baru yang prosesnya berbasis *wetcleaning*.

System pencucian pakaian dengan metode *wetcleaning* tidak sama dengan system *laundry* yang lazim dipakai di rumah, dan system *wetcleaning* ini hanya dapat dilakukan secara baik dengan cara memberikan pelatihan kepada operator *wetcleaning* untuk menggunakan mesin khusus dan detergent formula khusus dan ditambahkan zat aditif tertentu guna mendapatkan hasil pencucian-pengeringan pakaian yang baik. Mesin ini diperlengkapi dengan peralatan computer sebagaimana halnya mesin *dryclean* pada umumnya, dapat diprogram dalam variasi tingkat kebersihan pakaian yang diinginkan sesuai permintaan pelanggan. Sistem pencucian pakaian dengan metode *wetcleaning* masih membutuhkan peralatan untuk menyeterika pakaian dan peralatan khusus yang harus dikembangkan untuk proses tekan (*press*) dan penyempurnaan basah atau kering (*finish wet-or-dryclean*) pakaian yang hemat tenaga kerja (*labor-saving*).

Pencucian pakaian system *wetcleaning* ini sangat dibutuhkan oleh lingkungan karena proses pencucian pakaian dilakukan

dengan menggunakan air dan beberapa persen zat aditif. Sebagaimana teknologi baru, maka terdapat pertanyaan yang tidak bisa dijawab tentang dampak potensial metode *wetcleaning*, khususnya masalah penggunaan air dan energi. Deterjen dan zat aditif yang digunakan pada pencucian pakaian metode *wetcleaning* tentunya akan mengalir ke saluran air, dan dampak potensial dari produk ini sebagian besar belum diketahui. Secara tradisional pembuatan deterjen dapat dipastikan menggunakan bahan-bahan kimia, dan bahan kimia tersebut dimungkinkan menjadi toksik bagi air bila digunakan pada proses pencucian pakaian metode *wetcleaning*. Jenis material kain atau pakaian yang paling cocok dicuci menggunakan metode *wetcleaning* diantaranya adalah; sutera, wol, linen, cotton dan jaket kulit (Lyle, 1997).

Terdapat beberapa teknologi baru dimasa yang akan datang, akan tetapi hanya ada dua yang dikomersialkan saat ini yaitu; metode *wetcleaning* dan proses larutan minyak sintetik (*petroleum solvent process*). Metode kedua telah mampu mereduksi potensi bahaya kebakaran dan banyak digunakan oleh perusahaan-perusahaan *dryclean*. Bila terjadi perubahan proses maka beberapa jenis minyak sintetik masih diberi keterbatasan penggunaan pelarut tersebut dikarenakan pelarut ini dikategorikan sebagai bahan berbahaya dan mudah terbakar.

EPA mengharapkan dalam waktu dekat ini para pengusaha binatu telah memiliki dan menggunakan bahan-bahan pencuci dan pelarut yang tidak merusak lingkungan. Mereka dapat memilih alternatif proses pencucian berikut:

1. Proses pencucian pakaian menggunakan cairan karbon dioksida (*liquid carbon dioxide*) yang telah teruji ramah lingkungan. Proses ini telah diakui oleh *Presidential Green Chemistry Challenge and the RandD 100 Awards Programs*.
2. Proses pencucian pakaian menggunakan eter glikol (*glycol ethers*) yang saat ini masih dalam tahap pengembangan dan uji coba.

3. Proses berbasis air menggunakan energi ultrasonik (*a water-based process using ultrasonic energy*) yang sedang dikembangkan.
4. Beberapa pelarut baru lainnya yang juga sedang dikembangkan.

Upaya Mereduksi Risiko Kesehatan Lingkungan

Upaya yang dapat dilakukan konsumen untuk mereduksi risiko kesehatan adalah memilih kualitas hasil pencucian yang bertanggungjawab terhadap lingkungan. Umumnya pengusaha jasa pencucian pakaian metode *dryclean* yang ahli dalam penanganan pencucian pakaian dan mengetahui masalah pokok *dryclean*. Industri harus mampu memberikan nasehat pada pelanggan apakah pakaian anda cocok dicuci dengan proses *dryclean* ataukah tidak. Hal-hal spesifik yang dapat dilakukan meliputi;

1. Ketahuilah apa yang anda beli, kenalilah bagaimana proses pencuciannya, dan kenali pula pilihan apa yang dapat diperoleh dari industri binatu lokal.
2. Tanyakan metode pencucian yang dimilikinya, cara merawat dan menyelamatkan lingkungan dari pengaruh limbah pencucian *dryclean*.
3. Bawa pakaian anda ke binatu yang ahli dan sangat hati-hati mengikuti keselamatan yang dibutuhkan, dan mampu merawat peralatannya.
4. Jika binatu anda menawarkan proses *wetcleaning* sebagai pilihan, maka pertimbangkan untuk menanyakan pakaian anda untuk dicuci dengan metode *wetcleaning*.
5. Bantulah binatu anda untuk menentukan cara terbaik untuk mencuci pakaian anda, mengapa pakaian anda kotor, apakah kena tinta, makanan dan atau kena *make-up*, dll, informasikan juga tentang *care label* pakaian anda jika care labelnya sudah hilang.
6. Jika anda mencium bau *solvent* saat anda memasuki ruang binatu, maka sebaiknya anda jangan menjadi pelanggan binatu tersebut.

7. Jika anda pikir bahwa seluruh *solvent* tidak hilang pada pakaian anda, maka anda harus minta diproses kembali sampai tidak mencium bau yang sama.

Upaya yang Harus Dilakukan Binatu Untuk Mereduksi Risiko Kesehatan Lingkungan

Tidak kurang dari 30.000 perusahaan *dryclean* milik masyarakat di Amerika Serikat sangat memperhatikan risiko lingkungan dan kesehatan masyarakat yang ditimbulkan oleh pengaruh limbah pencucian pakaian. Banyak pengusaha binatu telah melakukan langkah signifikan untuk mereduksi limbah yang mereka hasilkan. Suatu laporan hasil survai tentang industri kimia dalam kurun waktu 10 tahun yang lalu, perusahaan binatu telah mereduksi penggunaan *Perchloroethylene* lebih dari 60%. Kebanyakan dari perusahaan tersebut telah melakukan penggantian peralatan yang memakai *Perchloroethylene* dengan mesin yang telah didesain untuk mereduksi penguapan *Perchloroethylene* ke udara, dan manajemen limbah yang lebih baik.

Peningkatan jumlah perusahaan binatu yang menggunakan praktik kerja yang secara signifikan mereduksi pemaparan *Perchloroethylene* oleh mesin-mesin binatu yang sudah tua. Melakukan pembersihan, inspeksi dan merawat peralatan dan mesin cuci *dryclean* secara kontinyu akan dapat mereduksi emisi *Perchloroethylene*, disamping itu beberapa pengusaha binatu memasang penghalang penguapan *Perchloroethylene* dan menutup rapat ruangan kerja yang akan terpapar uap *Perchloroethylene*, melatih para pekerja binatu untuk mereduksi terpaparnya *Perchloroethylene*. Peningkatan jumlah perusahaan binatu yang memiliki teknologi pencucian yang hijau (*greener*) yaitu menggunakan metode *wetcleaning* sebagai fasilitas binatu mereka

Tindakan yang harus dilakukan Pemerintah.

Peraturan lingkungan yang dibuat oleh EPA terkait dengan penggunaan *Perchloroethylene* terdapat pada undang-undang/peraturan antara lain;

1. *the Clean Air Act*;
2. *the Clean Water Act*;
3. *the Safe Drinking Water Act, the Resource Conservation and Recovery Act (disposal)*;
4. *the Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act (Superfund)*;
5. *EPA's perc dryclean National Emission Standard for Hazardous Air Pollutants (NESHAP)*.

Tindakan yang harus dilakukan oleh pemerintah adalah mengendalikan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan industri dryclean tersebut dengan upaya untuk mereduksi dampak lingkungan dan kesehatan. Untuk itu, maka pemerintah menerapkan peraturan dan melakukan pengawasan terhadap operasional seluruh kegiatan industri drycleaning. Indonesia mengadopsi peraturan tersebut ke dalam surat keputusan pemerintah antara lain:

1. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001. tentang Pengelolaan kualitas air and Pengendalian Pencemaran Air;
2. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Industri;
3. Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah B3;
4. Peraturan Pemerintah Nomor 85 Tahun 1999 tentang Perubahan atas PP No. 18/1999 tentang Pengelolaan Limbah B3;
5. Keputusan Bapedal Nomor 68 Tahun 1994 tentang Tata Cara Memperoleh Izin Penyimpanan, Pengumpulan, Pengoperasian Alat Pengolahan, Pengolahan dan Penimbunan Akhir Limbah B3; dan
6. Keputusan Bapedal Nomor 03 Tahun 1995 tentang Teknis Pengelolaan Limbah B3;

Industri binatu khususnya teknologi dryclean memberikan manfaat ekonomis bagi masyarakat maupun para pebisnis cuci pakaian, namun memberikan persoalan yang cukup mengkhawatirkan bagi lingkungan dan kesehatan bila pengelola tidak professional menangani material dan limbah proses dryclean. Persoalan tersebut adalah penggunaan material *perchloroethylene* dan limbah proses drycleaning dapat mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia. Dampak lingkungan yang terjadi adalah timbul pencemaran udara, pencemaran air dan pencemaran tanah. Pencemaran udara terjadi melalui penguapan pelarut *perchloroethylene* yang dapat berdampak pada manusia. Dampak pada air dapat terjadi melalui pembuangan limbah cair proses drycleaning yang dibuang ke badan air, dan pencemaran tanah dapat terjadi melalui pembuangan atau penumpukan limbah cucian di tanah yang selanjutnya dapat berdampak pada air tanah dan konsumsi air tanah yang tercemar. Dampak pada kesehatan manusia terutama terjadi pada lingkungan kerja industri dryclean yang menggunakan bahan kimia *perchloroethylene* sebagai baku untuk mencuci dengan system dryclean. Untuk mengatasi persoalan yang ditimbulkan kegiatan industri drycleaning, maka industri ini harus melakukan tindakan; mereduksi penggunaan *perchloroethylene*, meminimumkan terjadi penguapan *perchloroethylene*, mereduksi limbah, mengefektifkan penggunaan mesin dan peralatan. Sedangkan di pihak konsumen harus melakukan pemeriksaan pada kain dan pakaian yang dicuci dengan sistem drycleaning tersebut dengan cara; mencium bau pakaian apakah masih tercium bau sedikit keharuman *perchloroethylene* atau tidak, jika mencium bau keharuman maka pakaian tersebut harus dikembalikan ke industri *dryclean* untuk diminta memprosesnya kembali.

Standar *Oeko-tex* dan Ekolabel Pada Industri Tekstil dan Produk Tekstil

Pada tahun 1992 masyarakat Uni Eropa membuat peraturan tentang ecolabel untuk tekstil dan produk tekstil (TPT). Tujuan penerapan ecolabel adalah untuk membantu konsumen Uni Eropa agar mereka dapat mengidentifikasi TPT yang tidak membahayakan lingkungan sepanjang daur hidupnya (Hyvärinen 2004:1). Ecolabel yang dibentuk mengacu pada standard Öko-tex 100 dan Öko-tex 1000 yang ditetapkan oleh masyarakat Uni Eropa (konsorsium badan penguji dari Jerman, Austria dan Swiss) atau dengan sebutan lain sebagai Eco-tex (INA 2006:58). Standar Oeko-tex, adalah standar yang membatasi: i) penggunaan bahan berbahaya pada proses pembuatan TPT, ii) kandungan material berbahaya pada TPT. Standard Öko-tex 100 mengatur batasan dan toleransi yang memastikan bahwa suatu TPT yang diproduksi oleh pabrik tekstil tidak mengandung bahan-bahan yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Sedangkan standard Öko-tex 1000 adalah standard untuk menilai kinerja pabrik tekstil yang berkaitan dengan keselamatan lingkungan hidup. Label Öko-tex ditetapkan oleh lembaga *International Association for Research and Testing* bidang ekologi tekstil yang didirikan oleh *German Institute Hohesten dan Austrian Institute* untuk penelitian tekstil. Pada prinsipnya, pemberian sertifikat dalam kegiatan ecolabelling dilaksanakan dengan melakukan pengujian terhadap seluruh tahapan proses produksi tekstil. Pengujian dilakukan mulai dari pabrik pembuatan serat sintetik atau produksi/pemanenan serat alami, proses pemintalan, proses pembuatan kain dan proses penyempurnaan tekstil sampai pada proses pembuatan pakaian jadi. Sejak tahun 1996 sampai sekarang, setiap produk tekstil yang dipasarkan ke Uni Eropa dan Amerika Utara harus memiliki

sertifikat ecolabel (lulus uji standard Öko-tex 100) yang meliputi 4 kategori yaitu: i) produk tekstil untuk bayi, ii) produk tekstil yang bersentuhan langsung dengan kulit, iii) produk tekstil yang tidak bersentuhan langsung dengan kulit, dan iv) bahan tekstil untuk keperluan dekorasi. Masyarakat/importir dari Uni Eropa dan Amerika Utara tidak akan membeli produk tekstil yang tidak memiliki sertifikat Oeko-tex. Menurut Reda (2005:85-86) terminologi eco-label untuk tekstil atau eco-textile adalah tekstil dan produk tekstil yang memuat keterangan bahwa tekstil dan produk tekstil yang diproduksi oleh suatu pabrik tekstil: i) dijamin tidak mencemari lingkungan selama proses produksi, dan ii) dijamin tidak mengandung bahan-bahan yang membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan.

Ketentuan yang harus dipenuhi oleh pabrik tekstil untuk mendapatkan sertifikat eco-label pada TPT hasil produksinya meliputi upaya pemenuhan standar baku mutu lingkungan:

1. Mereduksi pencemaran air dan udara untuk setiap tahapan proses produksi; mulai dari produksi serat tekstil (*fiber making*), produksi benang, pertentunan dan perajutan, proses *finishing* tekstil sampai pada proses produksi pakaian jadi.
2. Membatasi penggunaan zat kimia pada proses produksi yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan hidup.
3. Menjamin ketahanan susut kain selama pemakaian, terutama selama pencucian kain dan pengeringannya.
4. Menjamin ketahanan luntur warna kain terhadap pengaruh sinar matahari, keringat, pencucian, gosokan basah dan kering.

Berdasarkan atas dokumen standard Öko-tex 100 yang dikeluarkan *Oeko-tex Association*, terdapat beberapa kriteria uji layak lingkungan bagi setiap TPT antara lain:

1. Pembatasan kandungan residu yang bersifat toksik yang menempel pada serat, benang, kain/tekstil meliputi:

- a. Tekstil yang terbuat dari bahan serat akrilik; kandungan maksimum akrilonitril adalah $<1,5$ mg/kg serat.
 - b. Tekstil yang terbuat dari bahan serat kapas; kandungan maksimum pestisida adalah $<0,05$ ppm.
 - c. Tekstil yang terbuat dari bahan serat atau filamen jenis elastan dan poliuretan; tidak boleh mengandung senyawa organotin.
 - d. Tekstil yang terbuat dari bahan serat wol dan serat keratin lainnya; dilarang menggunakan pestisida pada pengerjaan perawatan serat.
 - e. Tekstil yang terbuat dari bahan rayon; dilarang menggunakan ADX atau kandungan chlorin harus < 250 ppm.
 - f. Tekstil yang terbuat dari bahan poliester; pembatasan penggunaan Antimony yaitu < 260 ppm.
 - g. Tekstil yang terbuat dari bahan polipropilen; tidak boleh menggunakan zat warna pigmen yang mengandung timah (*lead based pigments*).
2. Melakukan reduksi pencemaran udara selama proses produksi serat-serat tekstil diantaranya adalah:
 - a. Produksi serat akrilik dengan standar kandungan akrilonitril < 1 g/kg
 - b. Produksi serat elastan dan poliuretan dengan standar kandungan aromatic diisocyanates < 5 mg/kg.
 - c. Produksi serat rayon dengan standar kandungan sulfur < 120 g/kg rayon filamen, dan 30 g/kg untuk proses serat rayon staple.
 - d. Produksi serat nilon dengan standar kandungan N_2O < 10 g/kg untuk Nilon-6, dan 50 g/kg untuk nilon 6.6
 - e. Produksi poliester dengan standar kandungan *volatile organics compounds* (VOCs) $< 1,2$ g/kg.
 3. Melakukan reduksi pencemaran air selama proses pembuatan serat-serat tekstil diantaranya adalah:
 - a. Produksi serat rayon viscose dengan standar kandungan Zn $< 0,3$ g/kg.
 - b. Produksi serat rayon kupramonium dengan standar kandungan Cu $< 0,1$ ppm.

- c. Produksi serat wol dan serat keratin lainnya dengan standar kandungan COD < 50 g/kg, 75% reduksi COD pada *off-site treatment* dan COD < 5 g/kg untuk *in-side treatment*, dan $6 < \text{pH} < 9$, serta suhu < 40°C.
4. Membatasi penggunaan zat kimia berbahaya bagi lingkungan khususnya kesehatan dan lingkungan perairan untuk proses penyempurnaan tekstil yaitu:
 - a. 90% minyak yang digunakan pada carding dan *spinning*, minyak pelumas dan *finishing*.
 - b. 95% zat penganjian benang lusi, deterjen, pelembut kain dan zat pemberat kain yang harus bersifat biodegradable atau melakukan pembatasan pemakaiannya.
 - c. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PaH) dalam minyak mineral < 1%.
 - d. Tidak mengandung senyawa cerium atau halogenated carriers.
 - e. Tidak mengandung logam berat dan formaldehid dalam proses stripping dan depigmentasi.
 - f. Senyawa chlorin < 40 mg Cl/kg.
 - g. Kadar zat kimia dalam zat warna : Ag < 100 ppm, Ba < 100 ppm, Co < 500 ppm, Cu < 250 ppm, Se < 20 ppm, Fe < 2500 ppm, As < 50 ppm, Cd < 20 ppm, Cr < 100 ppm, Hg < 1 ppm, Ni < 200 ppm, Pb < 100 ppm, Sb < 50 ppm, Sn < 250 ppm, Zn < 1500 ppm, dan Mn < 1000 ppm.
 - h. Kadar zat kimia dalam zat warna *pigment* : As < 50 ppm, Cd < 50 ppm, Cr < 100 ppm, Hg < 25 ppm, Pb < 100 ppm, Sb < 250 ppm, Zn < 1000 ppm, Ba < 100 ppm, dan Se < 100 ppm.
 - i. Tidak mengandung *biocidal* atau *biostatic* sampai produk dipakai konsumen.
 - j. Tidak menggunakan zat warna azo.
 - k. Tidak menggunakan zat warna yang bersifat karsinogenik, mutagenik, dan toksik bagi reproduksi sesuai menurut Directory 67/548/EEC.
 - l. Tidak mengandung pasta printing yang plasticial, dan pasta printing mengandung < 5% VOCs.

- m. Formaldehid < 30 ppm untuk produk tekstil yang berkontak langsung dengan kulit pemakai, sedangkan produk tekstil lainnya adalah maksimum 300 ppm.
- n. COD dari proses basah tekstil < 25 g/kg, jika *on-site treatment* $6 < \text{pH} < 9$ pada suhu < 40°C.
- o. Tidak mengandung zat kimia flame retardant atau senyawa kimia proses *finishing* yang bersifat karsinogenik, mutagenik atau toksik melebihi 0,1%.
- p. *Finishing* anti susut hanya boleh dilakukan pada wol berbentuk sliver.

Dari uraian tentang ekolabel dan *standard* Oeko-tex tersebut di atas yang dikaitkan dengan penerapan ekologi industri pada kegiatan pabrik tekstil dalam berproduksi, maka terdapat hubungan langsung antara konsep ekologi industri dengan standar Oeko-tex dalam hal sebagai berikut:

1. Tujuan akhir kedua konsep adalah sama yaitu secara filosofis ingin menyelamatkan manusia dan lingkungan dari pengaruh bahan berbahaya yang terkandung pada produk tekstil.
 2. Kedua konsep berkeinginan untuk berhemat dalam setiap tindakan penggunaan sumber daya alam dan lingkungan.
- Sehingga dengan demikian maka pabrik tekstil yang telah mengikuti aturan standard Oeko-tex maka pabrik tersebut telah pula melaksanakan prinsip-prinsip ekologi industri.

Standar Limbah Dan Pencemaran Kegiatan Industri Tekstil

Untuk memacu pengurangan emisi yang dilakukan oleh industri tekstil, maka tindakan yang harus dilakukan oleh industri adalah menerapkan secara konsisten baku mutu yang ditetapkan oleh Kementerian Negara Lingkungan Hidup (Men.LH). Namun bila produk tekstil kita hendak dipasarkan ke luar negeri, maka selain mengikuti baku mutu yang dikeluarkan Men.LH harus menerapkan pula pada standar

internasional kualitas limbah dan pencemaran yang disajikan pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 24. Limbah dan Pencemaran Lingkungan Selama Proses Produksi Industri Tekstil

Proses	Emisi	Limbah Cair	Limbah Padat
Produksi serat	Sedikit atau nihil	Sedikit atau nihil	Limbah serat dan limbah pembungkus
Produksi benang	Sedikit atau nihil	Sedikit atau nihil	limbah pembungkus; potongan benang; limbah serat; limbah proses pembersihan
Penganjiaan benang	Gas Senyawa Organik (VOCs)	BOD; COD; logam; sisa zat pembersih, kanji	Debu benang; sisa benang; limbah pembungkus; sisa kanji bekas pakai
Pertenunan	Sedikit atau nihil	Sedikit atau nihil	sampah pembungkus; sisa benang dan kain, kain cacat; oli bekas.
Perajutan	Sedikit atau nihil	Sedikit atau nihil	Packaging waste; yarn and fabric scrap, off-spec fabric; used oil.
Penghilangan kanji	VOCs from glycol ethers	BOD dari kanji dan zat pelemas; biosida; senyawa anti statik	sampah pembungkus; debu serat; limbah benang; material pembersih dan maintenance materials

Proses	Emisi	Limbah Cair	Limbah Padat
Pemasakan kain	Gas Senyawa Organik (VOCs) dari glycol ethers dan bahan pelarut	Zat disinfektants, residu insektisida; NaOH; detergents, minyak; pelicin benang; sisa bahan pelarut	Sedikit atau nihil
pengelantang an	Sedikit atau nihil	H2O2, stabilizers; pH tinggi	Sedikit atau nihil, bila sedikit, pengaruhnya terhadap lingkungan dapat diabaikan
Pembakaran bulu kain	Gas dari sumber pembakaran dan debu	Sedikit atau nihil	Sedikit atau nihil
Merserisasi	Sedikit atau nihil	pH tinggi; NaOH	Sedikit atau nihil
Pemanas awetan	Gas Senyawa Organik	Sedikit atau nihil	Sedikit atau nihil
Pewarnaan tekstil	Gas Senyawa Organik, pelarut, asam asetat – emisi pemanasan, peanggangan dan oven; gas-gas lainnya	Logam; garam; surfactants; bahan organic pembantu; material kationik; warna; BOD; COD; sulfite; asam/basa; sisa pelarut	Sedikit atau nihil
Pencetakan	pelarut, asam asetat – emisi pemanasan, peanggangan dan oven; gas-gas lainnya	Zat padat terlarut; urea; pelarut; warna; logam; panas; BOD; busa	Sedikit atau nihil

Proses	Emisi	Limbah Cair	Limbah Padat
Penyempurnaan tekstil	VOCs; kontaminan zat kimia; uap formaldehyde; ledakan gas	COD; Zat padat terlarut; material toxic; sisa bahan pelarut	Sisa potongan kain, potongan benang; limbah pembungkus, kertas, karton, plastik dn kayu palet

Sumber : diterjemahkan dari © *e-textile toolbox*. www.e-textile.org

Tabel 25. Sumber Limbah dan Pencemaran pada Proses Produksi Tekstil

Proses	Sumber Pencemar	Polutan
Produksi energi	Emisi dari boiler	Partikulat, nitrous oxides (Nox) sulphur dioxide (SO ₂)
Pelapisan dan pemanas awetan	Emisi dari oven	Gas Senyawa Organik (VOCs)
Penanganan Cotton (handling activities)	Emisi dari persiapan, carding, combing, proses pembuatan kain	Partikulat
Penganjian	Emisi dari penggunaan senyawa kanji (gums, PVA)	Nitrogen oxides(Nox), sulphur oxide(SO ₂), carbon monoxide(CO)
Pengelantangan	Emisi dari penggunaan senyawa chlorine	Chlorine, chlorine dioxide
Pencelupan	Disperse dyeing using carriers Sulphur dyeing, Anilin Dyeing	Carriers H ₂ S Aniline vapors
Printing	Emisi dari bahan kimia	Hydrocarbons, ammonia

Proses	Sumber Pencemar	Polutan
Finishing	Resin finishing Heat setting dari kain synthetic	Formaldehyde Carriers-low molecular weight Polymers - lubricating oils
Penyimpanan bahan kimia	Emisi dari storage tanks untuk komoditas material kimia	Volatile organic components (VOCs)
IPAL	Emisi dari treatment tanks and vessels	Volatile organic components, toxic emissions
Laboratorium	Emisi dari bahan kimia	Volatile organic components (VOCs)

Sumber : diterjemahkan dari © e-textile toolbox. www.e-textile.org

Tabel 26. Standar Konsumsi Air pada Berbagai Jenis Proses Produksi Tekstil

Proses, sub-kategori	Penggunaan Air (liter/kg)			BOD	COD
	Minimum	Medium	Maximum	(mg/liter)	(mg/liter)
Pemasakan Wol	4.2	11.7	77.6	2,270	7,030
Finishing Wol	110.9	283.6	657.2	170	590
Proses tekstil yang menggunakan sedikit air	0.8	9.2	140.1	293	692
Finishing kain tenun :					
• Proses sederhana	12.5	78.4	275.2	270	900
• Proses rumit	10.8	86.7	276.9	350	1,060
• Proses rumit dan penganjian	5.0	113.4	507.9	420	1,240
Finishing kain rajut :					
• Proses sederhana	8.3	135.9	392.8	210	870
• Proses rumit	20.0	83.4	377.8	270	790
• Proses hosieri	5.8	69.2	289.4	320	1,370
Finishing Carpet	8.3	46.7	162.6	440	1,190
Finishing benang	3.3	100.1	557.1	180	680
Finishing kain bukan tenunan	2.5	40.0	82.6	180	2,360
Finishing kain Felt	33.4	212.7	930.7	200	550

Sumber : diterjemahkan dari © e-textile toolbox. www.e-textile.org

Tabel 27. Rerata Konsumsi Air pada Berbagai Jenis Proses Produksi Tekstil

Sub-kategori proses	Konsumsi Air (m ³ /ton material bahan)		
	Minimum	Medium	Maximum
Wol	111	285	659
Kain tenun	5	114	508
Kain rajut	20	84	377
Kain Carpet	8.3	47	163
Benang	3.3	100	558
Nonwoven	2.5	40	83
Kain felt	33	213	933

Sumber : diterjemahkan dari © e-textile toolbox. www.e-textile.org

Tabel 28. Sumber dan Jenis Limbah Padat Pada Proses Produksi Tekstil

Sumber	Jenis Limbah Padat
Prose mekanis untuk Cotton dan Synthetics: <ul style="list-style-type: none"> • Persiapan benang • Perajutan • Pertenunan 	<ul style="list-style-type: none"> • Serat dan benang • Serat, benang dan limbah kain • Fiber, yarns and cloth scraps
Pencelupan dan Finishing Kain Tenun: <ul style="list-style-type: none"> • Penganjian, penghilangan kanji, merserisasi, pengelantangan, pencucian dan finishing kimiawi • Penyempurnaan mekanis • Pencelupan dan atau pencapan • Pencelupan dan atau pencapan (aplikasi finishing) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sisa kain • Debu serat • Kandungan zat warna • Kandungan zat kimia
Pencelupan dan atau Finishing kain rajut	<ul style="list-style-type: none"> • Sisa kain, warna dan kandungan zat kimia

Sumber	Jenis Limbah Padat
<ul style="list-style-type: none">• Pencelupan dan atau Finishing Karpét• Penusukan kain• Pemotongan kain• Penggosokan kain• Pencelupan, pencapan dan finishing	<ul style="list-style-type: none">• Benang dan sisa penyapuan• Potongan Pinggir kain• Debu serat• Zat warna dan kandungan zat kimia
Pencelupan dan atau pencapan benang	Benang, Zat warna dan kandungan zat kimia
Proses Wol : <ul style="list-style-type: none">• Pemasakan wol• Finishing kain wool dan pencelupan	<ul style="list-style-type: none">• Kotoran, wol, materi daun, lilin• Debu serat, benang, kain, serat, zat warna dan kandungan zat kimia
Packaging	Kertas, karton, plastik, tali
Workshops	Sisa logam, minyak, karrung
Domestik	kertas, lembaran dan limbah domestik
IPAL	serat, sludge dan tumpukan sludge

Sumber : diterjemahkan dari © e-textile toolbox. www.e-textile.org

Tabel 29. Kondisi dan Proses Produksi Tekstil

Proses	Kondisi
Penganjian	Formula larutan kanji tergantung pada jenis benang yang akan dikani. Konsentrasi kanji pada benang berkisar antara 8-15% terhadap bobot benang. Temperature proses penganjian benang berkisar antara 80-90 °C. Sedangkan pada proses pengeringan dilakukan pada suhu antara 100-130 °C
Pembakaran bulu benang dan atau kain	Pembakaran secara langsung atau tak langsung digunakan untuk menghilangkan bulu-bulu atau ujung-ujung serat pada permukaan benang atau kain.
Penghilangan kanji pada kain	Formula pelarutan kanji pada kain tergantung pada jenis kanji yang digunakan (sintetik atau natural) antara lain; perlakuan enzim atau oksidasi untuk menggelontorkan kanji dari kain seperti: CMC, CMS atau kanji akrilat yang dapat larut pada air panas (80-90 °C). PVA dapat digelontorkan menggunakan air panas yang ditambah dengan atau tanpa senyawa peroxigen
Pemasakan kain	Kier ketel: NaOH 30g/l, zat pembasah (2g/l), suhu 120 °C, waktu (12 jam). Pemasakan: NaOH 30-50g/l, zat pembasah (2g/l), suhu 90 °C
Pengelantangan kain	Pengelantangan dengan Hipoklorit: 1.5-2g chlorine/1,2g Na2CO3/l, suhu kamar, waktu (2 jam). Pengelantangan dengan Peroksid: 10-16g H2O2/l (100%), 2.5g NaOH/l, 2-5g Na2SiO3/l, 4 g stabilisator organik/l, 2g zat pembasah non-ionik/l, suhu 90-95 °C, waktu (45-60 min)
Merserisasi	20-30% NaOH, 1-2g zat pembasah non-ionik/l, suhu 18 °C, waktu (20-40 det).
Pencelupan	Kisaran yang berbeda untuk golongan zat warna dapat digunakan untuk material selulosa 100% (antara lain: zat warna direk, reaktif, sulfur, vat, indigo). Formulasi dye bath dan kondisi proses pencelupan tergantung pada golongan zat warna yang digunakan.
Pencapan	Golongan yang sama dengan pencelupan yang digunakan dapat pula digunakan pada proses pencapan pigment.
Finishing	Finishing pelembut kain: dengan menggunakan tipe softening agents yang berbeda (antara lain: kationik, non-ionik, silikon elastomers) aplikasi untuk tipe yang berbeda (teknik exhaustion atau padding) dapat digunakan. Formula exhaustion 2-4% softening agent pada suhu 40-50 °C untuk proses selama 15-20 min pada pH 6. Resin finishing: menggunakan N-methylol finishing agents dalam campuran katalis asam pada teknik padding.

Sumber : diterjemahkan dari © e-textile toolbox. www.e-textile.org

Beberapa Kasus Kegiatan Industri Berdampak Negatif Terhadap Kesehatan Masyarakat

Beberapa kasus kegiatan industri tekstil maupun sifat produk tekstil yang dapat memberikan dampak negatif pada kesehatan manusia (*human ecology*) dijelaskan sebagai berikut.

1. Pada tahun 1973 pemerintah Jepang menetapkan aturan hukum tentang pengawasan penggunaan bahan kimia berbahaya pada produk rumah tangga. Aturan pembatasan kandungan bahan kimia berbahaya pada barang-barang rumah tangga, termasuk jumlah penggunaan formalin yang diperbolehkan terkandung pada material dan produk tekstil.
2. Pemerintah Jerman melarang semua produk tekstil impor yang mengandung zat kimia berbahaya untuk dipasarkan di negaranya, dan tahun 1974 pemerintah Jerman memberlakukan Oeko-tex standard untuk sebagian kategori tekstil dan garment.
3. Sejak akhir tahun 1980, beberapa Negara anggota OECD membuat aturan tentang batasan penggunaan formaldehid pada tekstil.
4. Eksportir tekstil Negara berkembang merasa prihatin dengan pelarangan penggunaan bahan kimia berbahaya pada tekstil, namun banyak ditemukan bahan kimia alternatif atau proses mekanik untuk menghasilkan sifat produk yang sama. Keprihatinan dampak penggunaan bahan kimia berbahaya tersebut hanya terjadi pada sebagian kecil produk tekstil yang diproduksi oleh pabrik tekstil berskala kecil.
5. Pada 12 October 1973 Parlemen Jepang mengeluarkan ketentuan hukum No. 112, yang akan mengontrol produk barang rumah tangga yang mengandung senyawa kimia berbahaya. Aturan hukum tersebut akan mengontrol intensitas paparan bahan kimia yang terkandung dalam produk tekstil terhadap manusia.

6. Kementerian hukum Jepang pada tahun 1974 mengimplementasikan aturan kandungan maksimum untuk lima bahan kimia yang terlarang dipergunakan pada produk rumah tangga, termasuk kandungan senyawa formaldehid. Produsen dan importir diberikan tenggang waktu selama satu tahun untuk mengikuti pembatasan penggunaan formaldehid.

Penerapan konsep ekologi dalam penerapan standar oeko-tex pada produk tekstil memberi dampak positif pada lingkungan hidup yang menyediakan sumber daya produksi dan berimplikasi positif pada keselamatan dan kesehatan manusia. Penerapan standar Oeko-tex pada TPT Indonesia akan memberikan implikasi keuntungan ekonomi dan keselamatan ekologi menuju pembangunan industri tekstil secara berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Keuntungan ekonomi dapat diraih karena industri TPT dapat merespon keinginan konsumen dunia yang *greens consumers*, dan manfaat ekologi dapat dicapai melalui proses-proses industri yang berlangsung secara berkelanjutan serta dapat menjaga kualitas lingkungan untuk masa datang.

Daftar Pustaka

1. Anonim. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja.
2. Anonim. Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor: 03/MEN/1994 tentang Penyelenggaraan Program Jaminan Sosial Tenaga Kerja.
3. Anonim. Keputusan Menteri Tenaga Kerja R.I. No. Kep. 463/MEN/1993 tentang Pedoman Pemberian Penghargaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
4. Anonim. 1970. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja.
5. Anonim. 2003. Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan.
6. Anonim. 2012. *Peraturan Pemerintah Nomor 50 tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*.
7. Anonym. 2011. Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 13 tahun 2011 tentang; Nilai Ambang Batas Faktor Fisika di Tempat Kerja.
8. Anonim. 2018. Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 5 tahun 2018 tentang K3.
9. Grandjean. 1996. *Fitting the Task To The Man*. Taylor and Francis.1996
10. International Labour Organization. Encyclopedia Occupational Health Safety. ILO.1998
11. Sumakmur. Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja. PT. Gunung Agung. 2000.
12. Fine, William T. (1971). *Mathematical Evaluation for Controlling Hazards*. Naval Ordnance Laboratory White OAK : Maryland.
13. Eileen Senn. et al. 2000. *Controlling Chemical Exposure Industrial Hygiene Fact Sheets*, Concise guidance on 16 components of industrial hygiene controls. New Jersey Department of Health and Senior Services Division of Epidemiology, Environmental and Occupational Health Occupational Health Service. 2000.

14. Suma'mur, 1998. *Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan*. Jakarta: CV Gunung Agung.
15. Suma'mur, 1998. *Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: PT. Toko Gunung Agung.
16. Groothoff, B. (2012). Physical Hazard: Noise and Vibration. In HaSPA (Health and Safety Professionals Alliance), *The Core Body of Knowledge for Generalist OHS Professionals*. Tullamarine, VIC. Safety Institute of Australia.
17. Newman-Martin, G. (2012). Biological Hazards. In HaSPA (Health and Safety Professionals Alliance), *The Core Body of Knowledge for Generalist OHS Professionals*. Tullamarine, VIC. Safety Institute of Australia
18. Grandjean, E. 1986. *Fitting the Task To the Man : An ergonomic Approach*. Taylor and Francis, London and Philadelphia.
19. Grandjean, E. 1988. *Fitting the Task to the Man 4th Edition*. Taylor & Francis Publisher, London.
20. Bell, P. A. 1978. *Environmental Psychology*. W. B. Saunders Company, Philadelphia : 457 hlm.
21. Bies, D. A. & Hansen. 1996. *Engineering Noise Control, Theory and Practice*. 2nd ed. An Imprint of Chapman & Hall London : 44-127.
22. Cooper, C. 1990. *Causes, Coping and Consequences of Stress at Work*. 3rd ed. John Wiley & Sons Ltd., New York : 419 hlm.
23. Doelle, L. L. 1993. *Akustik Lingkungan*. Penerbit Erlangga, Jakarta : 261 hlm.
24. Grandjean, E. 1988. *Fitting the Task to the Man. A Textbook of Occupational Ergonomics*. 4th Edition. Taylor & Francis, London: 363 hlm.
25. Holmer, I. 1982. *Manual of Methods for Ergonomic Research*. National Institute for the Improvement of Working Conditions and Environment, Canberra: 68 hlm.
26. Kiely, G. 1997. *Environmental Engineering*. Chapter Nine. *Noise Pollution*, McGraw-Hill International (UK) Limited : 390-419.

27. Murrell, H. 1986. *Ergonomics: Man in His Working Environment*. Chapman and Hall London : 496 hlm.



Glosarium

Faktor fisika lingkungan kerja	Faktor fisika lingkungan kerja adalah factor yang apat mempengaruhi aktivitas tenaga kerja yang bersifat fisika, disebabkan oleh penggunaan mesin, peralatan, bahan dan kondisi atau keadaan lingkungan lingkungan kerja yang apat menyebabkan gangguan dan penyakit akibat kerja pada tenaga kerja, meliputi iklim kerja, kebisingan, getaran, radiasi iklim kerja, kebisingan, getaran, radiasi gelombang mikro, radiasi ultra ungu, radiasi medan magnet statis, tekanan udara dan pencahayaan.
Faktor kimia lingkungan kerja	Faktor kimia lingkungan kerja adalah factor yang apat mempengaruhi aktivitas tenaga kerja yang bersifat kimiawi, disebabkan oleh penggunaan bahan kima dan turunannya di tempat kerja yang menyebabkan penyakit pada tenaga kerja, meliputi kontaminan kimia di udara berupa gas, uap dan partikulat.
Faktor biologi lingkungan kerja	Faktor Biologi lingkungan kerja adalah kondisi atau keadaan makhluk hidup yang ada di lingkungan kerja; berupa golongan tumbuhan yang berbulu tajam misalnya bamboo yang dapat menimbulkan gatal-gatal, hewan ternak yang mengeluarkan bau menyengat, mikrobiologi berupa jamur yang mudah menular pada kulit pekerja, bakteri yang dapat mengganggu kesehatan makanan, dan ngengat yang dapat mengganggu kenyamanan pekerja dan lain sebagainya.

Faktor fisiologis lingkungan kerja	Faktor fisiologis lingkungan kerja adalah kondisi atau keadaan fisiologi lingkungan berupa; pengaruh konstruksi mesin yang besar dan tinggi yang dapat memaksa pekerja harus jinjit (menaikkan kaki tinggi-tinggi) dalam bekerja, peralatan bantu untuk kerja yang tidak sesuai postur tubuh pekerja, sikap pekerja tidak sesuai dengan standard dan cara kerja yang tidak mengikuti prosedur operasional standar
Faktor mental psikologis lingkungan kerja	Faktor mental psikologis lingkungan kerja adalah kondisi atau keadaan mental psikologis pekerja; berupa suasana lingkungan kerja harmonis, hubungan diantara para pekerja yang rukun dan hubungan pekerja dengan pengusaha harmonis akan mendorong terciptanya kondisi lingkungan kerja yang berkeselamatan dan berkeselamatan.
Kapasitas kerja	Kapasitas kerja adalah tingkat kemampuan kerja dari seseorang tenaga kerja untuk dapat melaksanakan pekerjaannya dengan baik dan dalam keadaan selamat serta kesehatan tubuh yang baik.
Keselamatan kerja	Pekerja selama melakukan pekerjaan berada dalam keadaan/kondisi selamat dalam bekerja, bekerja produktif dan efisien.
Kesehatan kerja	Pekerja selama melakukan pekerjaan berada dalam keadaan/kondisi sehat jasmani dan rohani, serta sejahtera.
K ₃	Keselamatan dan kesehatan kerja (K ₃) adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja (Permenaker No. 5 tahun 2018 tentang K ₃).

Keselamatan dan kesehatan kerja lingkungan industri	Keselamatan dan kesehatan kerja lingkungan industri adalah; pekerja yang bekerja di lingkungan industri berada dalam keadaan selamat (tidak mendapat kecelakaan) dan dalam kondisi sehat (tidak terserang penyakit) secara berkelanjutan.
Kesehatan lingkungan kerja	Kesehatan lingkungan kerja adalah derajat kesehatan komponen-komponen lingkungan (udara, air, tanah, biota) di sekitar area kerja yang dapat mempertahankan dan meningkatkan derajat kesejahteraan para pekerja.
Lingkungan kerja	Adalah aspek hygiene di tempat kerja yang di dalamnya mencakup factor fisika, kimia, biologi, ergonomic dan psikologi yang keberadaannya di tempat kerja dapat mempengaruhi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja.
Hygiene	Adalah usaha kesehatan preventif yang menitikberatkan kegiatannya kepada usaha kesehatan individu maupun usaha pribadi hidup manusia (Permenaker No. 5 tahun 2018 tentang K ₃).
Hygiene industri	Hygiene industri adalah ilmu yang berupaya untuk mempelajari, mengevaluasi dan mengontrol pengaruh-pengaruh dari lingkungan kerja industri yang menyebabkan timbulnya berbagai penyakit, gangguan pada kesehatan, ancaman keselamatan, kenyamanan bekerja para pekerja.
Iklim kerja	Iklim kerja adalah hasil perpaduan antara suhu, kelembaban. Kecepatan gerakan udara dan panas radiasi dengan tingkat pengeluaran panas dari tubuh tenaga kerja sebagai akibat pekerjaannya.

Industri	Industri adalah suatu aktivitas kegiatan yang mengolah (memproses) bahan mentah (<i>resources</i>) atau bahan baku menjadi barang-barang/produk jadi (<i>products</i>) ataupun jasa/layanan (<i>services</i>). Jadi, kegiatan industry adalah “menghasilkan produk/barang 205actor205u jasa/layanan”.
Industri manufaktur	Industri manufaktur: adalah kegiatan industry yang menghasilkan produk/benda/barang yang bermanfaat bagi konsumen/masyarakat.
Industri pariwisata	Industri pariwisata: adalah kegiatan industry yang memberikan jasa/layanan lingkungan alam ataupun lingkungan buatan.
Industri perhotelan	Industri perhotelan (<i>hotel</i>); adalah kegiatan yang menghasilkan layanan penginapan dan tempat peristirahatan.
Industri perbankan	Industri perbankan (<i>bank</i>); adalah kegiatan yang menghasilkan jasa atau layanan keuangan dan perbankan.
Industri konstruksi	Industri konstruksi; adalah kegiatan yang menghasilkan produk bangunan gedung bertingkat, rumah, jembatan, mesin, peralatan, jalan, saluran air dan lain sebagainya.
Industri kimia	Industri kimia; adalah kegiatan industry yang mengolah bahan-bahan kimia atau yang menghasilkan produk kimia.
Kebisingan	Kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat- alat proses produksi 205actor205u alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran. Kebisingan atau <i>noise</i> didefinisikan juga sebagai suara yang memiliki potensi

		berbahaya terhadap keselamatan dan kesehatan seseorang.
Nilai Ambang Batas (NAB)		Adalah standar factor bahaya di tempat kerja sebagai kadar/intensitas rata-rata tertimbang waktu (time weighted average) yang dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu.
Nilai Ambang Batas Bahan Kimia		Nilai Ambang Batas Bahan Kimia adalah batas kadar rata-rata dari bahan kimia dalam lingkungan kerja industry, agar tenaga kerja yang bekerja paling lama 8 jam/hari 206actor206u 40 jam/minggu tidak mengalami gangguan kesehatan ataupun gangguan kenyamanan kerja.
Pajanan Singkat Diperkenankan (PSD)		Adalah kadar bahan kimia di udara tempat kerja yang tidak boleh dilampaui agar tenaga kerja yang terpajan pada periode singkat yaitu tidak lebih dari 15 menit masih dapat menerimanya tanpa mengakibatkan iritasi, kerusakan jaringan tubuh maupun terbius yang tidak boleh dilakukan lebih dari 4 kali dalam satu hari kerja.
Penyakit akibat kerja (PAK)		Penyakit akibat kerja adalah penyakit yang disebabkan oleh berbagai 206actor berbahaya yang ada di dalam lingkungan kerja industri.
Sanitasi		Adalah usaha kesehatan preventif yang menitikberatkan kegiatan kepada usaha kesehatan lingkungan hidup manusia (Permenaker No. 5 tahun 2018 tentang K3).
Tempat kerja		Tempat kerja adalah tiap ruangan atau lapangan, tertutup atau terbuka, bergerak atau tetap dimana tenaga kerja bekerja, atau yang sering dimasuki tenaga kerja

untuk keperluan suatu usaha dan dimana terdapat sumber atau sumber-sumber bahaya termasuk semua ruangan, lapangan, halaman dan sekelilingnya yang merupakan bagian-bagian atau yang berhubungan dengan tempat kerja tersebut.

Tenaga Kerja

Tenaga Kerja adalah tiap orang yang mampu melakukan pekerjaan baik di dalam maupun di luar hubungan kerja guna menghasilkan jasa atau barang untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.



Indeks

Alat Pelindung Diri (APD)	35, 39, 41.
Air	5, 14, 15, 19, 26, 30, 32, 37, 40, 68, 84, 91, 93,
Ancaman	8, 12, 13, 15, 22, 39, 40.
Asap	3, 7, 27, 62, 97.
Awan	7, 62.
Bahaya	1, 3, 5, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 28, 32, 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 62, 63, 64, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 97, 98, 99, 100, 101, 102.
Beban kerja	2, 3, 22, 42, 55.
Debu	3, 6, 23, 24, 26, 27, 29, 42, 62, 67, 69, 72, 85, 88, 98, 101.
Eliminasi	35, 38.
Ergonomic	15, 20, 28, 39, 116.
Factor Biologi Lingkungan	3, 14, 15, 23, 27, 30, 41, 42, 44, 45, 63, 67, 91, 92, 93, 103, 104.
Factor Kimia Lingkungan	3, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 23, 27, 30, 31, 34, 37, 41, 42, 43, 44, 45, 62, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 94, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104.
Factor fisiologi	4, 8, 19, 23, 25, 41, 42, 101.
Fume	3, 7, 23, 101.
Gas	2, 3, 7, 23, 24, 25, 27, 30, 32, 42, 52, 62, 68, 94, 95, 97, 99, 101, 102, 104.
Hazard	17, 91, 92, 93, 115, 116.
Hygiene / higiene	11, 12, 13, 14, 17, 18, 22, 32, 37, 39, 40, 41, 43, 103, 115.
Iklim kerja	43, 44, 45, 54, 55.

Industri	1, 3, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 62, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 94, 96, 97, 104, 106, 107, 113.
Infeksi	7, 23, 25, 27, 31, 42, 92, 93.
Isolasi	9, 26, 35, 39.
Kabut	3, 7, 62.
Kapasitas kerja	2, 11, 23.
K ₃	1, 2, 11, 16, 20, 22, 33, 34, 37, 38, 39, 40, 52.
Kecelakaan kerja	2, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 19, 22, 37, 40, 41.
Kerja	1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 32, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 52, 106, 115.
Keselamatan	1, 2, 4, 8, 10, 12, 13, 16, 22, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 52, 106, 115.
Kesehatan	1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 32, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 52, 106, 115.
Lingkungan	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 52, 59, 60, 62, 63, 64, 84, 91, 93, 94, 95, 97, 98, 104, 106.
Lingkungan kerja	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 52, 59, 60, 62, 63, 64, 84, 91, 93, 94, 97, 98, 104.
Lingkungan kerja industri	3, 5, 11, 13, 15, 20, 22, 27, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 52, 62, 63, 84, 91, 93, 94, 97, 98, 104.
Mental	2, 3, 4, 8, 10, 19, 22, 23, 25.
Mesin	3, 4, 5, 6, 8, 11, 13, 15, 16, 19, 34, 37, 39, 42, 52, 91, 97, 106, 112.
Otak	4, 94, 98, 100.
Otot	4, 30, 72, 108.
Pekerja	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 50,

	52, 53, 54, 59, 60, 62, 68, 85, 86, 87, 91, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 104, 106, 107, 108, 109, 113, 114.
Pelindung	9, 35, 39.
Pemeriksaan	10, 15, 25, 26, 44, 53, 54, 63.
Penyakit	1, 2, 5, 6, 7, 10, 12, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 29, 30, 31, 34, 37, 38, 40, 41, 44, 53, 62, 63, 91, 92, 93, 100, 105.
Penyakit akibat kerja (PAK)	2, 5, 18, 19, 25, 26, 27, 29, 40, 41.
Polutan	13, 20, 27, 94.
Produktivitas	2, 4, 5, 17, 18, 20, 22, 39, 40, 42.
Psikologi	2, 3, 4, 8, 10, 19, 22, 23, 25.
Radiasi	3, 5, 23, 27, 30, 31, 37, 45, 54, 55, 57, 58, 59.
Radioaktif	5, 23.
Risiko	1, 12, 13, 15, 17, 19, 27, 33, 37, 38, 40, 41, 53, 64, 91, 93.
Sakit	1, 2, 5, 7, 11, 18, 36, 37, 38, 80, 83, 94.
Substitusi	8, 26, 39.
Suhu	3, 5, 6, 23, 31, 42, 45, 54, 55, 99, 107.
Syaraf	30, 70, 75, 76, 87, 94, 100, 104, 105.
Udara	3, 5, 6, 8, 14, 15, 19, 26, 30, 31, 40, 42, 44, 45, 53, 54, 62, 63, 64, 65, 91, 92, 94, 95, 96.
Uap	3, 7, 23, 27, 30, 42, 62, 69, 71, 82, 85, 89, 95, 97, 98, 101, 107.
Urut	4, 30.
Ventilasi	8, 26, 35.

RIWAYAT HIDUP



Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc. M.Si. lahir pada tanggal 25 Agustus 1959 di kota Padangpanjang Sumatera Barat. Tahun 1982 menyelesaikan pendidikan tinggi teknik dan manajemen industri, tahun 1983 menjadi Pegawai Negeri Sipil pada Kementerian Pertahanan yang ditugaskan sebagai Dosen Tetap di UPN "Veteran" Jakarta (sejak tahun 2015 menjadi Dosen PNS di Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi). Pada tahun 1998 menyelesaikan pendidikan pascasarjana pada Program Magister Sains Ilmu Lingkungan di Universitas Indonesia, dan pada tahun 2008 menyelesaikan pendidikan Doktor bidang Ilmu Lingkungan di Universitas Indonesia.

Pendidikan tambahan yang pernah diikuti antara lain Kursus Pengembangan Teknologi bidang Desain dan Industri, Pengembangan Manajemen Industri, Kursus Amdal Tipe A dan Tipe B (penyusun Amdal) serta Sertifikat Audit Lingkungan.

Pada tahun 2008 penulis memperoleh Sertifikat Dosen Professional Bidang Teknik dan Manajemen Industri dari Kementerian Pendidikan Nasional. Pada tahun 2012 ditunjuk oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan sebagai Dosen Asesor untuk Beban Kinerja Dosen bidang Teknik dan Manajemen Industri. Sejak tahun 1986 Penulis telah menulis 14 (empatbelas) buah buku yaitu; 1) Buku Teknologi dan Material Tekstil Ramah Lingkungan, 2) Buku Teknologi Garment, 3) Buku Prosedur Pengendalian Mutu Garment, 4) Buku Ekologi yang diterbitkan oleh Kementerian Pendidikan Nasional Universitas Terbuka, 5) Buku Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah yang diterbitkan oleh Kementerian Dalam Negeri-Lembaga Administrasi Negara, 6) Buku Ilmu Pengetahuan Lingkungan, 7) Buku Manajemen Ekologi Industri yang diterbitkan di *Ul. Press*, 8) *Apparel Handbook for Garment Companies and Education Institutes*, 9) Buku Monitoring, Pengendalian Mutu dan Penjaminan Mutu Produk Industri Garment, 10) Buku Analisis Kualitas Lingkungan, 11) Buku Studi Kelayakan Lingkungan, 12) Buku Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Industri dan Manufaktur, dan 13) Buku *Sustainable Manufacturing*, 14) Buku Rancang Bangun Model Teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Saat ini penulis telah memperoleh 7 (tujuh) Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dibidang penulisan 7 (tujuh) buku teks pelajaran untuk pendidikan tinggi. Sejak tahun 1990 hingga sekarang Penulis aktif menulis di berbagai jurnal ilmiah diantaranya Jurnal Bina Widya, Jurnal Bina Teknika, Jurnal Matematika, Sains dan Teknologi (JMST) Universitas Terbuka, dan Jurnal Pusat Studi Lingkungan Perguruan Tinggi Seluruh Indonesia, Lingkungan & Pembangunan Universitas Indonesia, dan telah menghasilkan tulisan ilmiah lebih dari 50 topik yang telah diterbitkan di berbagai jurnal lembaga perguruan tinggi.

Sampai saat ini Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar pada Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Indonesia (Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia = SIL-UI), pengajar tetap pada Fakultas Teknik dan Fakultas Ilmu Kesehatan UPN "Veteran" Jakarta, tenaga pengajar senior pada *International Garment Training Center*, dan sebagai tenaga ahli peneliti bidang Ekologi Industri pada Pusat Penelitian Sumberdaya Manusia dan Lingkungan Hidup Program Pascasarjana Universitas Indonesia (PPSML PPs-UI). Profesi peneliti bidang lingkungan hidup telah dilakukan pada berbagai proyek kajian bidang lingkungan hidup pada berbagai kegiatan pembangunan daerah di seluruh Indonesia, termasuk penelitian bekerjasama dengan lembaga internasional seperti *GTZ, GIZ, Swisscontact* dan Konsorsium *Mott MacDonald Limited* yang dilakukan dalam rangka perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup serta ekologi industri di Indonesia



Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta

Jl. R.S. Fatmawati, Pondok Labu, Jakarta Selatan 12450

Telp./Fax. 021-7656971 Ext. 234

e-mail: lppm@upnvj.ac.id