

MODUL PEMBELAJARAN
TOKSIKOLOGI LINGKUNGAN

KODE: PP235
2 SKS
SEMESTER GENAP (2)

PEMINATAN KESEHATAN LINGKUNGAN



Oleh:

Dr.Herniwanti.S.Pd,Kim.M.S

PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
STIKES HANG TUAH PEKANBARU
2021

A. PENDAHULUAN

Mata Kuliah Toksikologi Industri adalah ilmu yang membahas mengenai prinsip-prinsip dan metode-metode toksikologi lingkungan, hubungan toksikologi lingkungan dengan kesehatan masyarakat, pemakaian informasi toksikologi lingkungan untuk mengembangkan program kesehatan masyarakat.

Kegiatan pembelajaran meliputi perkuliahan dengan berbagai pendekatan dan metode yang banyak melibatkan mahasiswa, seperti diskusi, kegiatan bedah jurnal yang berhubungan dengan toksikologi lingkungan untuk belajar mengidentifikasi masalah toksikologi lingkungan di masyarakat, pembuatan outline proposal penelitian yang berhubungan dengan toksikologi lingkungan yang idenya dari jurnal yang sesuai sebagai latihan untuk melakukan penelitian di bidang toksikologi lingkungan untuk penelitian tesis nantinya.

B. CAPAIAN PEMBELAJARAN LULUSAN

1. Sikap

1. Bertaqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa.
2. Memiliki moral, etika dan kepribadian yang baik di dalam menyelesaikan tugasnya.
3. Mampu bekerja sama dan memiliki kepekaan sosial dan kepedulian yang tinggi terhadap masyarakat dan lingkungannya.
4. Menghargai keanekaragaman budaya, pandangan, kepercayaan, dan agama serta pendapat/temuan original orang lain.
5. Menjunjung tinggi penegakan hukum serta memiliki semangat untuk mendahulukan kepentingan bangsa serta masyarakat luas.
6. Mampu melaksanakan tugas sederhana, terbatas, bersifat rutin
7. Menunjukkan sikap bertanggungjawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri.

2. Pengetahuan

Ruang Lingkup pengetahuan yang didapatkan oleh mahasiswa dalam Mata Kuliah Toksikologi Lingkungan adalah: Mahasiswa Mampu Menjelaskan Tentang Prinsip-Prinsip Tentang Toksikologi Lingkungan, Metode Tentang Toksikologi Lingkungan, Memahami Hubungan Toksikologi Lingkungan Dengan Kesehatan Masyarakat, Memahami Pemakaian Informasi Toksikologi Lingkungan Untuk Mengembangkan Program Kesehatan Masyarakat.

3. Keterampilan Umum

1. Mampu menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif dalam konteks pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora yang sesuai dengan bidang kesehatan masyarakat khususnya bidang Toksikologi Industri;
2. Mampu melakukan validasi akademik atau kajian sesuai Kesling dalam menyelesaikan masalah Toksikologi Lingkungan di tempat kerja melalui pengembangan pengetahuan dan keahliannya;
3. Mampu menyusun ide, hasil pemikiran, dan argumen saintifik secara bertanggung jawab dan berdasarkan etika akademik, serta mengkomunikasikannya melalui media kepada masyarakat akademik dan masyarakat luas.

4. Keterampilan Khusus

Menguasai konsep, teori, metode, dan/atau falsafah bidang ilmu kesehatan masyarakat secara sistematis yang diperoleh melalui penalaran dalam proses pembelajaran yang terkait pembelajaran toksikologi lingkungan.

C. CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH

1. Mahasiswa dapat menjelaskan Konsep Toksikologi Lingkungan
2. Mahasiswa dapat Menjelaskan Fenomena Toksisitas Toksikan
3. Mahasiswa dapat menjelaskan Toksisitas Logam
4. Mahasiswa dapat menjelaskan Toksisitas Pestisida

5. Mahasiswa dapat menjelaskan Toksisitas Solvent dan Halogen Aromatis
6. Mahasiswa dapat menjelaskan Toksisitas Radioaktif dan
7. Mampu memahami, menguasai dan menjelaskan Beragam Penyakit Akibat Kerja di Dunia Industri,
8. Toksisitas Bahan Asal Tanaman, hewan Dan Mineral.
9. Mahasiswa dapat menjelaskan Toksikologi Limbah Industri Dan BMAL,
10. Mahasiswa dapat menjelaskan Toksikologi Pencemaran Udara
11. Mahasiswa dapat menjelaskan Toksikologi Pencemaran Makanan
12. Mahasiswa dapat menjelaskan Limbah B3,
13. Mahasiswa dapat menjelaskan Pengendalian Toksikologi Lingkungan, Minimisasi Limbah.
14. Mahasiswa dapat menjelaskan, Produksi Bersih dan ISO 14001

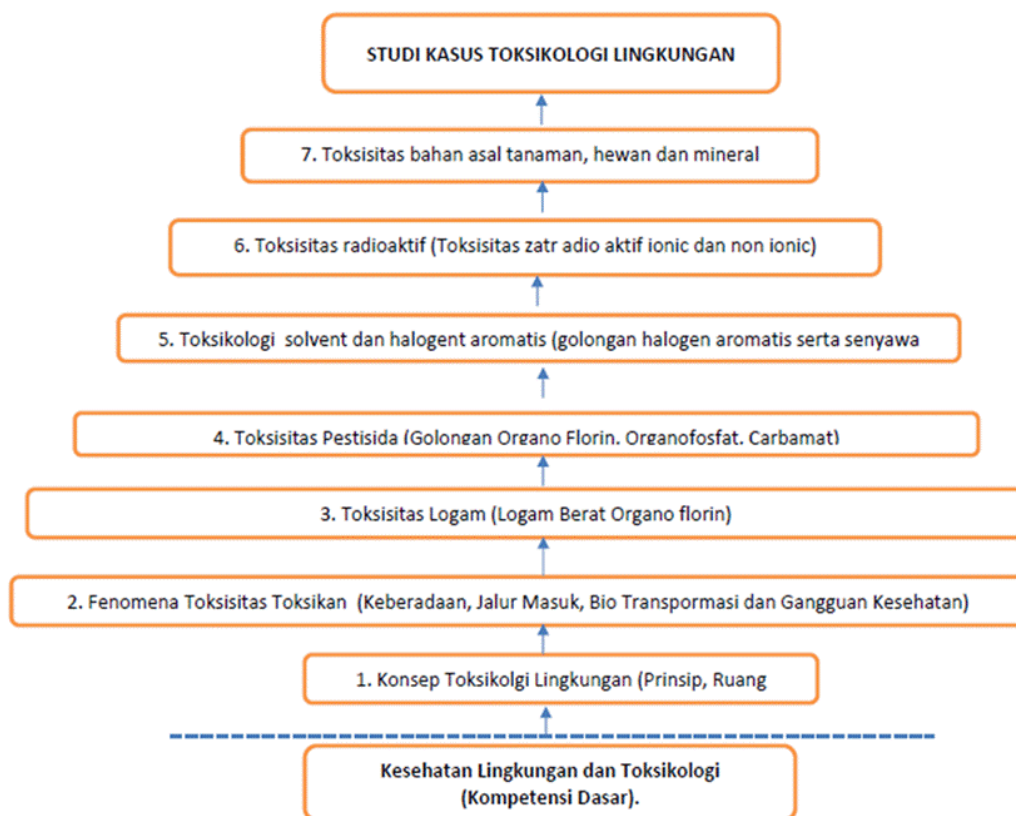
C. KEGIATAN PEMBELAJARAN

1.KONTRAK BELAJAR

Tanggal / Hari	Jam	Pertemuan	Kemampuan Akhir yang diharapkan
Jumat ,	14.00 – 16.00	Pertemuan 1	• Mahasiswa dapat menjelaskan Konsep Toksikologi Lingkungan
		Pertemuan 2	• Mahasiswa dapat Menjelaskan Fenomena Toksisitas Toksikan
		Pertemuan 3	• Mahasiswa dapat menjelaskan Toksisitas Logam
Sabtu,	08.00 – 16.00	Pertemuan 4	- Mahasiswa dapat menjelaskan Toksisitas Pestisida
		Pertemuan 5	- Mahasiswa dapat menjelaskan Toksisitas Solvent dan Halogen Aromatis
		Pertemuan 6	- Mahasiswa dapat menjelaskan Toksisitas Radioaktif - Toksisitas Bahan Asal Tanaman, hewan Dan Mineral.
		Pertemuan 7	- Contoh STUDI KASUS Toksikologi Lingkungan
		Pertemuan 8	- UTS - Presentasi dan Keaktifan dalam Kuliah

Tanggal / Hari	Jam	Pertemuan	Kemampuan Akhir yang diharapkan
Jumat ,	14.00 – 16.00	Pertemuan 9	• Mahasiswa dapat menjelaskan Toksikologi Limbah Industri Dan BMAL
		Pertemuan 10	• Mahasiswa dapat menjelaskan Toksikologi Pencemaran Udara
Sabtu,	08.00 – 16.00	Pertemuan 11- 12	- Mahasiswa dapat menjelaskan Toksikologi Pencemaran Makanan - Mahasiswa dapat menjelaskan Limbah B3
		Pertemuan 13	- Mahasiswa dapat menjelaskan Pengendalian Toksikologi Lingkungan, Minimilisasi Limbah,
		Pertemuan 14-15	- Produksi Bersih dan ISO 14001
		Pertemuan 16	- UAS - Makalah (40%)

2. REKONSTRUKSI MATA KULIAH



D. MATERI PEMBELAJARAN

MATERI 1

KONSEP TOKSIKOLOGI LINGKUNGAN

INDIKATOR CAPAIAN KOMPETENSI

- Mahasiswa dapat menjelaskan Konsep Toksikologi Lingkungan
- Keaktifan mahasiswa dalam diskusi serta keterlibatan/partisipasi mahasiswa
- Toxicology is the study of the potential of substances to cause harm to a biological system
- Toksikologi adalah ilmu yang mempelajari potensi bahaya suatu bahan pada sistem biologis

A. Definisi Dan Terminologi

Toxicology is the study of the potential of substances to cause harm to a biological system

Toksikologi adalah ilmu yang mempelajari potensi bahaya suatu bahan pada sistem biologis

"The science to study the adverse effects of chemicals on living organisms"

Ilmu yang mempelajari efek yang merugikan dari bahan kimia pada organisme hidup

Gambar. Definisi Toksikologi. (Sumber: Klaassen, 2008)

Awal mulanya toksikologi didefinisikan sebagai 'ilmu yang mempelajari racun'. Istilah toksikologi berarti 'ilmu racun'. Kata toksik dalam bahasa Indonesia merupakan kata serapan dari bahasa Inggris toxic 'beracun' dan berkombinasi dengan logos 'ilmu'. Kata toxic sendiri berasal dari bahasa Latin toxicus

'racun'(poison). Asal kata itu berasal dari Yunani kuno toxikon, yang dipakai pada anak panah yang dicelupkan pada bahan beracun. Toksikologi, dengan demikian, berhubungan dengan toxikos 'busur' dan toxikon 'celupan anak panah', dua kata Latin yang dipergunakan pada masa silam ketika anak panah yang dipakai untuk berperang mengandung racun (Klaassen, 2008).

Sebagai sebuah ilmu, toksikologi terus berkembang tidak hanya berfokus pada pengetahuan dan penggunaan pelbagai bahan-bahan racun (Klaassen, 2008). Secara umum TOKSIKOLOGI kini berarti 'study of the adverse effects of agents on living organism' atau 'studi efek buruk (merugikan) dari toksikan pada organisme hidup'. Dalam makna toksikologi itu terdapat empat konsep berikut:

- Study, yang meliputi aspek uji coba, koleksi data, dan evaluasi
- Effects, yang berupa efek yang tidak diinginkan baik efek yang nyata maupun yang samar
- Agents, yang dapat berasal dari kimia sintetis ataupun alam
- Living Organism, yang dapat berupa manusia, flora, dan fauna

Toksikologi juga didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari efek toksik xenobiotic (materi asing). Toksikologi industri merupakan salah satu cabang ilmu toksikologi yang diterapkan di industri, sebagai istilah yang banyak digunakan oleh negara-negara yang memperoleh pengetahuan dari Amerika. Ahli lainnya menyebutnya sebagai occupational toxicology atau toksikologi di tempat kerja (istilah ini umumnya digunakan oleh negara-negara yang memperoleh pengetahuan dari Inggris).

Toksikologi merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan yang amat luas penerapannya dalam kehidupan sehari-hari dan di tempat kerja. Toksikologi juga merupakan ilmu yang cukup pesat perkembangannya hingga melahirkan beberapa cabang ilmu toksikologi berdasarkan ilmu dan aplikasinya.

Toksikologi mencakup multidisiplin sebagaimana ilmu kedokteran yang meliputi bidang-bidang terkait. Dasar toksikologi adalah biologi, kimia, farmakologi, fisiologi, imunologi, dan patologi. Toksikologi berperan dalam berbagai bidang kehidupan, antara lain dalam industri makanan, yaitu penggunaan zat aditif makanan; dalam dunia pertanian, yaitu penggunaan pestisida; dan dalam industri kimia, yaitu berkaitan dengan pelarut dan komponen lain dalam proses produksi suatu bahan kimia. Toksikologi digunakan untuk mengkaji perilaku bahan kimia dan dampak negatif yang ditimbulkannya, baik terhadap manusia maupun lingkungan.

Toksikologi dalam perkembangannya berperan penting dalam menunjang berbagai subdisiplin ilmu lainnya. Pada awalnya dunia toksikologi berkembang seiring dengan perkembangan ilmu farmakologi. Kini toksikologi dapat berdiri sendiri sebagai suatu disiplin ilmu. Kedua disiplin ilmu tersebut sebenarnya memiliki kemiripan baik metode maupun tujuan keilmuan, antara lain mempelajari mekanisme perubahan suatu bahan kimia dalam sistem biologi.

Dalam dunia farmakologi, hubungan dosis- respons suatu bahan kimia dipelajari untuk mendapatkan berapa dosis terendah yang dapat menghasilkan efek terapi yang diharapkan. Dunia toksikologi mempelajari dosis suatu bahan kimia

untuk mendapatkan berapa dosis terendah (serendah apa pun) yang tidak memberikan efek farmakologis dari dosis yang dapat menyebabkan timbulnya efek racun. Terdapat pelbagai definisi tentang toksikologi, salah satunya adalah ‘the study of the potential of substances to cause harm to a biological system’ atau ‘ilmu yang mempelajari potensi bahaya suatu bahan pada sistem biologis’ (Williams & Burson, eds., 1989). Definisi tersebut menunjukkan bahwa secara keilmuan toksikologi mempelajari potensi bahaya suatu bahan (tidak hanya bahan kimia) dan efeknya terhadap sistem biologis.

B. Ruang Lingkup Ilmu Toksikologi

Ruang lingkup toksikologi pada awalnya didasari oleh tiga bidang, yaitu toksikologi deskriptif, toksikologi mekanistik, dan toksikologi regulatori (Gambar 1.3). Dalam perkembangannya, ketiga bidang dasar ini kemudian yang mendasari pemanfaatan data toksikologi untuk kajian risiko (risk assessment) dan ditunjang oleh toksikologi informatika. Dua bidang kajian pertama menyajikan informasi tentang mekanisme toksisitas dan efek yang ditimbulkan oleh toksikan, sementara tiga berikutnya memanfaatkan dan mengevaluasi informasi yang disajikan untuk kepentingan penggunaan dan pengendalian toksikan.

- Toksikologi Deskriptif mengkaji efek toksik bahan kimia dalam ruang lingkup dosis atau paparan yang umumnya dilakukan dengan uji toksisitas, mencakup protokol uji toksistas akut, subakut, atau kronik. Hasil studinya merupakan data toksisitas. Data toksisitas yang dihasilkan dapat digunakan untuk evaluasi keselamatan toksikan, sebagai komponen kunci untuk penilaian risiko yang

digunakan oleh toksikologi regulatori dalam penetapan peraturan dan berkontribusi dalam pengembangan toksikologi mekanistik melalui pengembangan hipotesis.

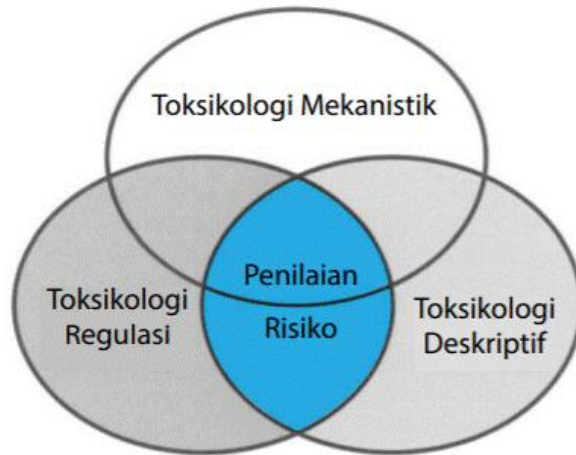
- Toksikologi Mekanistik, atau disebut juga Toksikologi Biokimia, mengkaji mekanisme terjadinya efek toksik di dalam tubuh organisme hidup, yaitu mekanisme terjadinya reaksi atau perubahan selular, biokimia, dan/atau molekular di dalam sistem biologis yang diakibatkan oleh toksikan. Toksikologi mekanistik sangat berguna dalam penilaian risiko kesehatan.

- Toksikologi Regulatori mengkaji data yang dikumpulkan dari toksikologi deskriptif, toksikologi mekanistik, dan hasil penelitian lainnya untuk mengambil keputusan tentang penggunaannya serta menentukan batas aman penggunaannya, walaupun dalam penetapannya melibatkan faktor sosial, ekonomi, dan faktor lainnya. Contohnya adalah penetapan nilai ambang batas suatu bahan kimia.

- Toksikologi Informatika, bidang kajiannya adalah mengumpulkan, mengompilasi, dan menyebarkan informasi toksikologi, termasuk menganalisis, menginterpretasikan, dan membuat simpulan dari data yang didapat, seperti yang dicantumkan dalam lembar keselamatan material atau yang dikenal sebagai Material Safety Data Sheet (MSDS).

- Penilaian Risiko mengkaji besar risiko terjadinya dampak pada populasi yang terpajan toksikan dengan menggunakan hasil studi deskriptif dan mekanistik

tentang toksikan, dihubungkan dengan tingkat pajanan toksikan.



Gambar: Tiga Bidang Dasar dalam Toksikologi dan Kaitannya dalam Kajian Risiko (Sumber: Klaassen, 2008)

C. Tujuan Ilmu Toksikologi

Tujuan toksikologi adalah mengenal dan mengkaji mekanisme efek toksik bahan kimia terhadap makhluk hidup agar manusia dapat menggunakan dan hidup berdampingan dengan toksikan tanpa menimbulkan efek yang merugikan seperti gangguan kesehatan atau rusaknya lingkungan hidup. Untuk mencapai tujuan tersebut, lingkup kajian toksikologi mencakup:

1. Mengetahui, memahami, dan mendefinisikan toksisitas intrinsik dari bahan kimia;
2. Menilai risiko dan mengevaluasi dampak dari bahan kimia;
3. Mengidentifikasi sistem atau organ target/kritis yang dipengaruhi bahan kimia.

Toksikologi sangat bermanfaat untuk memprediksi atau mengkaji akibat yang berkaitan dengan bahaya toksik pada manusia dan lingkungannya. Toksikologi merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan yang amat luas penerapannya dalam kehidupan sehari-hari dan di tempat kerja. Toksikologi juga merupakan ilmu yang cukup pesat perkembangannya hingga melahirkan beberapa cabang ilmu toksikologi berdasarkan ilmu dan aplikasinya.

Toksikologi mencakup multidisiplin sebagaimana ilmu kedokteran yang meliputi bidang-bidang terkait. Dasar ilmu toksikologi adalah biologi, kimia, farmakologi, fisiologi, imunologi, dan patologi. Toksikologi berperan dalam berbagai bidang kehidupan, antara lain dalam industri makanan, yaitu penggunaan zat aditif makanan, dalam dunia pertanian, yaitu penggunaan pestisida, dalam industri kimia, yaitu berkaitan dengan pelarut dan komponen lain dalam proses produksi suatu bahan kimia.

Toksikologi digunakan untuk mengkaji perilaku bahan kimia dan dampak negatif yang ditimbulkannya, baik terhadap manusia maupun lingkungan. Dalam dunia toksikologi, dikenal berbagai macam istilah yang sering digunakan. Istilah-istilah (terminologi) tersebut antara lain:

- Xenobiotika, yaitu istilah umum yang digunakan untuk menyatakan zat asing yang masuk ke dalam tubuh. Xenobiotika dapat memberikan berbagai keuntungan, seperti obat-obatan) atau dapat bersifat racun (seperti timbal).

- Toksikan, yaitu segala jenis bahan yang dapat memberikan efek yang berlawanan (merugikan). Zat toksik dapat berada dalam bentuk fisik (seperti radiasi), kimiawi (seperti sianida), ataupun biologis (bisa ular).
- Toksin, yaitu toksikan yang berupa protein spesifik yang dihasilkan secara alamiah oleh makhluk hidup, contohnya Tetanus, yang disebabkan toksin yang dieksresikan oleh bakteri Clostridium tetani.
- Toksisitas (toxicity), yaitu kapasitas intrinsik dari suatu toksikan yang dapat menimbulkan efek bagi organisme.
- Bahaya (hazards), yaitu potensi terealisasinya toksisitas suatu agen pada situasi tertentu.
- Risiko (risk), yaitu kemungkinan terealisasinya suatu bahaya (hazard).
- Safety, yaitu kemungkinan tidak terealisasinya suatu bahaya (kebalikan dari risiko).
- Dosis, yaitu unit yang menyatakan paparan terhadap bahan kimia, fisik, atau biologis yang sampai ke organ sasaran. Dosis diekspresikan sebagai unit berat atau volume per unit luas permukaan tubuh. Misalnya mg/kgBB, ml/kgBB, atau mg/m², ppm, atau ppb.

D. Sejarah Ilmu Toksikologi

Pada awal abad ke-20 keselamatan dan kesehatan kerja sudah mulai mendapat perhatian. Terkait dengan hal tersebut, diberlakukan larangan penggunaan fosfor putih dan timah putih di tempat kerja. Pada pertengahan abad ke-20 toksikologi sudah dipergunakan untuk mengamankan produk industri,

pemenuhan aspek medikolegal, dan untuk pemantauan lingkungan kerja maupun pemantauan biologik pekerja. Tahun 1946 Aurbach mengemukakan teori mutasi somatis (“Somatische Mutation”) mengenai hubungan interaksi kimia dengan terjadinya mutagen.

Toksikologi dalam perkembangannya berperan penting dalam menunjang berbagai subdisiplin ilmu lainnya. Pada awalnya dunia toksikologi berkembang seiring dengan perkembangan ilmu farmakologi. Kini, toksikologi dapat berdiri sendiri sebagai suatu disiplin ilmu. Kedua disiplin ilmu tersebut sebenarnya memiliki kemiripan baik metode maupun tujuan keilmuan, antara lain mempelajari mekanisme perubahan suatu bahan kimia dalam sistem biologi. Dalam dunia farmakologi, hubungan dosis-respons suatu bahan kimia dipelajari untuk mendapatkan berapa dosis terendah yang dapat menghasilkan efek terapi yang diharapkan.

Sementara itu, dunia toksikologi mempelajari dosis suatu bahan kimia untuk mendapatkan berapa dosis terendah (serendah apa pun) yang tidak memberikan efek farmakologis dari dosis yang dapat menyebabkan timbulnya efek racun. Beberapa tonggak sejarah yang patut dicatat, mulai dari zaman prasejarah, Abad Pertengahan, sebelum dan sesudah Revolusi Industri, sampai dengan sekarang antara lain seperti berikut.

1. Papyrus Eber mungkin menulis rekaman medis (medical record) yang pertama (1500 SM), berisi sekitar 800 informasi mengenai racun, misalnya opium (racun pada anak panah China purbakala) dan racun tumbuh-tumbuhan lainnya.

2. Hippocrates (400 SM) menulis dasar-dasar yang sederhana tentang toksikologi.
3. Theophrastus (370–286 SM), seorang murid Aristoteles, mencantumkan banyak sekali rujukan tentang tumbuh-tumbuhan beracun dalam *De Historia Plantarum*.
4. Mithridates VI (131–63 SM) mempelajari cara pencegahan dan penanggulangan keracunan secara sistematis. Ia menggunakan dirinya dan tawanan sebagai kelinci percobaan untuk menguji racun dan antidotnya dengan cara mengonsumsi racun dan campuran racun lain yang diyakini dapat berfungsi sebagai penawar racun untuk melindungi dirinya (*mithridatic*), namun ia meninggal dalam usia muda karena keracunan.
5. Dioscorides, seorang ahli fisika dari Yunani pada zaman Kekaisaran Nero membuat penggolongan racun beserta uraian dan gambarannya.
6. Catherine De Medici pada Abad Pertengahan mencoba mencampurkan senyawa toksik, mencatat efek yang terjadi pada tubuh terhadap dosis yang diberikan, dan mengamati tingkat keracunan/toksisitas serta keluhan dan gejala yang timbul pada penderita.
7. Moses bin Maimon atau Maimonides (1135–1204) menulis buku tentang racun dan antidotumnya. Buku ini berisi petunjuk pertolongan pertama pada keracunan, baik yang disengaja maupun tidak, seperti keracunan akibat gigitan serangga, ular, dan anjing gila.

8. Pada akhir Abad Pertengahan, orang yang terkenal dalam ilmu dan kedokteran adalah P.A.T.B von Hohenheim-Paracelcus (1493–1541). Dia menyatakan bahwa “semua zat atau substansi adalah racun; tiada yang bukan racun. Dosis yang tepatlah yang membedakan racun dari obat”. Menurutnya, uji toksisitas sangat penting dalam mempelajari respons tubuh terhadap zat kimia untuk menjelaskan hubungan dosis-respons. Ia menulis buku yang berjudul *Bergsucht*, yang berisi penjelasan tentang gangguan kesehatan yang timbul akibat keracunan arsen kronik dan merkuri serta rincian serangan asma dan gejala saluran pencernaan pada para pekerja tambang.

9. Mattieu Yoseph Bonaventura Orfila (1787–1853) adalah dokter pribadi Louis XVIII dari Prancis dan merupakan salah satu dari pimpinan Universitas Paris. Orfila adalah orang pertama yang berusaha menghubungkan secara sistematis antara informasi kimia dan efek biologis dari suatu racun. Orfila juga mengajukan hubungan antara ilmu kimia dan ilmu hukum, Karya besarnya telah menghasilkan bahan otopsi yang digunakan untuk membuktikan penyebab keracunan, baik keracunan akibat kecelakaan maupun keracunan yang disengaja.

10. Calude Bernard (1813–1878) berpandangan bahwa analisis fisiologis dari sistem organik dapat dilaksanakan dengan bantuan agen-agen toksik.

11. Louis Lewin (1854–1929) menghasilkan literatur tentang toksikologi metil alkohol, etil alkohol, dan jenis alkohol lain, kloroform, penggunaan opiat kronik dan bahan halusinogen yang dikandung dalam tumbuh-tumbuhan. Di antara

penerbitannya adalah *A Toxicologist's View of World History, A Text book of Toxicology*.

12. Pada abad ke-20 toksikologi berkembang sangat cepat. Di antaranya adalah perkembangan oleh Rudolf Peter, dkk. (1945) mengenai dimerkaprol sebagai satu antidotum arsen yang dikandung gas-gas perang. Selanjutnya adalah penemuan dan pemahaman DDT oleh Paul Muller dan penemuan senyawa insektisida organofosfat oleh Willy Lange dan Germard Schrader.

Saat ini toksikologi mulai digunakan sebagai evaluasi keselamatan (safety evaluation) dan kajian risiko risk assessment. Sejarah perkembangan toksikologi lebih detail disajikan pada Tabel dibawah ini:

Tokoh/Institusi/Momentum	Tahun	Perkembangan
<i>Perkembangan Awal</i>		
Paracelsus	1492–1541	Toksikologi mulai dicetuskan
Agricola	1494–1515	
Bernardino Ramazzini	1633–1714	Toksikologi di tempat kerja
Magendie	1783–1855	Toksikologi eksperimental
Orfila	1787–1853	
Bernard	1813–1878	

Tokoh/Institusi/Momentum	Tahun	Perkembangan
<i>Era Toksikologi Modern</i>		
Becquerel dan Curie	1890–1900	Toksisitas bahan radioaktif
Hawk dan Oser	Perang Dunia II	Bioassay
Mueller	1920	Pestisida dan toksisitas
Dodd's	1920	Estrogen
Lehman dan Geiling	1930	Bencana sulfanilamida
Stafford Warren	Perang Dunia II	Toksikologi sistem pernapasan (<i>Inhalation Toxicology</i>)

Willy Lange dan Gerhard Schrader	Perang Dunia II	Inhibitor kolinesterase organofosfat (<i>organophosphate cholinesterase inhibitor</i>) dan neurotoksikologi
Elizabeth dan James Miller	1940	Karsinogenesis dan model kajian risiko (<i>risk assessment model</i>)
Lehman dan Fitzhugh Oser	1950	Mulainya eksperimen untuk bahan makanan, obat, dan kosmetik di Amerika Mulainya konferensi bidang toksikologi
Adrian Albert	1951	Toksitas selektif (<i>site-specific action</i>) bahan kimia
Delaney Clause	1958	Karsinogenesis
Lehman dan Hayes	1955 atau 1958	Diterbitkannya <i>Toxicology and Applied Pharmacology Journal</i>
McArdle Lab	1957	TCDD
NTPR (National Center for Toxicologic Research)	1960	Peraturan dan legislasi (<i>regulatory and legislation</i>)
Rachel Carson	1962	<i>Silent Spring</i> —Insiden Thalidomide—ribuan bayi dilahirkan cacat
Love Canal	1970	<i>Hazardous waste</i> dan <i>chemical dump sites</i>
Ames	1983	Mekanisme genetik dan karsinogenesis

E. Berbagai Cabang Ilmu Toksikologi

Saat ini toksikologi juga sudah berkembang menjadi integrasi dari berbagai bidang keilmuan, antara lain ilmu kedokteran, farmasi, biologi, kimia, fisika, matematik, statistik, komputer (modelling), biologi molekuler, kesehatan masyarakat, keselamatan dan kesehatan kerja, ilmu lingkungan, makanan, dan

kosmetik. Dari perkembangannya muncul bidang yang sangat spesifik dalam toksikologi.

Di lapangan, pembagian toksikologi berdasarkan aplikasinya di berbagai sektor dunia kerja dan dunia usaha antara lain adalah seperti berikut

- Toksikologi Industri atau Toksikologi Okupasi, yang mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan toksikologi pada pekerja yang terpajan;
- Toksikologi Klinik, yang mempelajari efek toksikan pada organ spesifik dan kesehatan pada umumnya serta pengelolaannya;
- Toksikologi Forensik, yang mempelajari segala teknik analitis dan keterampilan untuk kepentingan medikolegal;
- Toksikologi Pertanian, yang mempelajari toksikan yang ada pada bidang pertanian, seperti pestisida dan pupuk;
- **Toksikologi Lingkungan**, yang mempelajari “nasib” toksikan di lingkungan serta dampaknya pada ekosistem dan manusia.

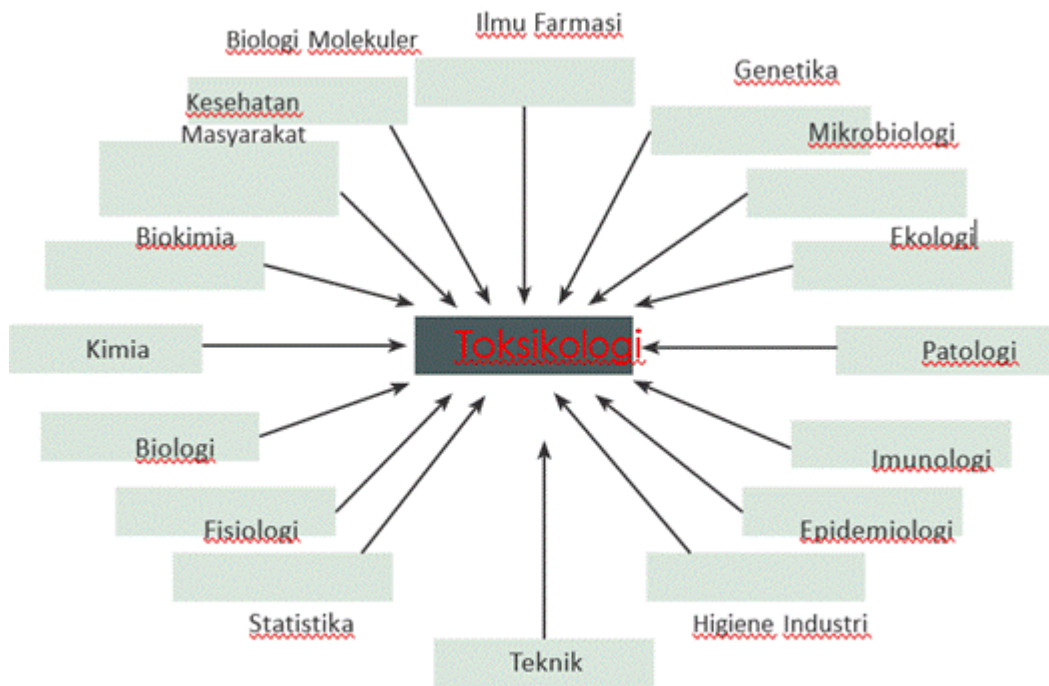
Tabel: Diversifikasi dalam Bidang Toksikologi

Bidang	Fokus
Toksikologi okupasi (<i>occupational toxicology</i>)	Toksikologi di tempat kerja

Bidang	Fokus
Toksikologi lingkungan (<i>environmental toxicology</i>)	Toksikologi lingkungan
Toksikologi analitis/forensik (<i>analytic/forensic toxicology</i>)	Toksikologi analitis dan forensik
Ekotoksikologi (<i>ecotoxicology</i>)	Toksikologi di lingkungan biota

Toksikologi pernapasan (<i>inhalation toxicology</i>)	Toksikologi pada sistem pernapasan
Neurotoksikologi (<i>neurotoxicology</i>)	Toksikologi sistem saraf
Toksikologi kimia (<i>chemical toxicology</i>)	Toksikologi bahan-bahan kimia
Toksikologi klinik (<i>clinical toxicology</i>)	Toksikologi di bidang klinik
Toksikologi makanan (<i>food toxicology</i>)	Toksikologi bahan pangan
Toksikologi regulatori (<i>regulatory toxicology</i>)	Toksikologi dalam bidang peraturan
Toksikologi <i>in vitro</i> (<i>in vitro toxicology</i>)	Toksikologi <i>in vitro</i> (di luar tubuh)
Toksikologi kebakaran (<i>combustion toxicology</i>)	Toksikologi dalam bidang kebakaran
Toksikologi genetik (<i>genetic toxicology</i>)	Toksikologi genetik
Toksikologi kosmetik (<i>cosmetic toxicology</i>)	Toksikologi bahan kosmetik
Toksikologi deskriptif (<i>descriptive toxicology</i>)	Toksikologi yang menjelaskan efek toksik
Toksikologi mekanistik (<i>mechanistic toxicology</i>)	Toksikologi mekanisme
Toksikologi reproduktif (<i>reproductive toxicology</i>)	Toksikologi sistem reproduksi
Toksikologi obat (<i>drug toxicology</i>)	Toksikologi farmasi
Toksikologi pestisida (<i>pesticide toxicology</i>)	Toksikologi pestisida
Toksikologi okuler (<i>ocular toxicology</i>)	Toksikologi sistem penglihatan
Toksikologi renal (<i>renal toxicology</i>)	Toksikologi yang memengaruhi ginjal
Hepatotoksikologi (<i>hepatotoxicology</i>)	Toksikologi yang memengaruhi hati

Toksikologi tidak dapat terpisahkan dari ilmu lainnya yang menunjang implementasi dari toksikologi itu sendiri. Di antara ilmu yang menunjang penerapan toksikologi adalah higiene industri, epidemiologi, kimia, biologi, patologi, biologi molekuler, ilmu kesehatan masyarakat, statistik, dan lain-lain.



Gambar . Ilmu yang Menunjang Toksikologi

(Sumber: <http://toxicology.usu.edu/660/html/history.htm>)

MATERI 2

FENOMENA TOKSISITAS TOKSIKAN.

INDIKATOR CAPAIAN KOMPETENSI

- Mahasiswa dapat Menjelaskan Fenomena Toksisitas Toksikan
- Keaktifan mahasiswa dalam diskusi serta keterlibatan/partisipasi mahasiswa.

A. Bahan Kimia Di Industri Dan Beberapa Contoh Toksikan

Toksikologi industri berkembang semakin pesat salah satunya karena meningkatnya penggunaan bahan kimia oleh masyarakat. Hal tersebut juga menunjukkan kepedulian masyarakat terhadap efek kesehatan yang merugikan dari bahan-bahan kimia, yang salah satunya dipicu dengan adanya tragedi talidomida (thalidomide) serta kasus-kasus terjadinya kontaminasi bahan-bahan kimia terhadap lingkungan.

Masyarakat semakin memahami bahwa pajanan bahan kimia di tempat kerja dapat mengakibatkan dampak kesehatan yang merugikan baik bagi pekerja maupun lingkungan. International Agency for Research on Cancer (IARC), salah satu badan terkenal di dunia yang berfungsi mengevaluasi bahan karsinogen, telah mengeluarkan daftar bahan-bahan karsinogen yang dinyatakan terbukti (confirm) mengakibatkan kanker pada manusia (Grup 1 Karsinogen) (Winder & Stacey, 2005).

Toksikologi industri mulai berkembang lebih pesat sejak dimulainya produksi bahan- bahan kimia organik sintetis yang meningkat secara drastis pada tahun 1940-an, tatkala produksi bahan-bahan kimia organik sintetis ini menghasilkan produksi jutaan ton bahan kimia. Peningkatan produksi terjadi hingga tahun 1990-an yang mulai stabil, sebagaimana disajikan pada tabel berikut. Jika kita amati, terjadi kenaikan yang sangat pesat pada industri kimia secara keseluruhan sebesar 31%, dan sektor dengan kenaikan persentase tertinggi adalah industri plastik.

Tabel: Produksi Bahan-Bahan Kimia di Industri di Amerika tahun 1987-1997

Sektor Industri	Kenaikan (%)
Total	31
Bahan-bahan kimia dan produk	28
Industri kimia dan bahan kimia sintetis	25
Industri kimia dasar	7
Basa dan klorin	22
Industri kimia organik	30
Plastik	40
Produk kimia	32
Karet dan plastik	40

(Sumber: Winder & Stacey, 2005)

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari direktori profil perusahaan, Koleksi Pusat Data dan Informasi (PUSDATIN) Departemen Perindustrian, dalam produksi dan penggunaan bahan kimia di industri Indonesia, terdapat 10 klasifikasi industri kimia dengan 299 perusahaan yang tersebar di seluruh Indonesia. Penentuan jenis industri kimia hilir pada studi ini didasarkan pada

Peraturan Menteri Perindustrian Perindustrian Republik Indonesia Nomor 07/M-IND/PER/5/2005 tentang Penetapan Jenis-jenis Industri dalam Pembinaan Masing-masing Direktorat Jendral di Lingkungan Departemen Perindustrian. Tercatat jumlah cabang industri yang berada dalam lingkup pembinaan Direktorat Industri Kimia Hilir (IKH) sebanyak 55 jenis industri berdasarkan pada KBLI 5 Digit (Deprin, 2008).

Tabel :Klasifikasi dan Jumlah Industri Kimia di Indonesia yang Terdaftar di PUSDATIN

Klasifikasi Industri Kimia	Jumlah Industri
Industri Kimia Dasar Anorganik Gas Industri	44
Industri Kimia Dasar Anorganik Klor dan Alkali	5
Industri Kimia Dasar Anorganik Pigmen	10
Industri Kimia Dasar Organik yang Tidak Diklasifikasikan di Tempat Lain	48
Industri Kimia Dasar Organik yang Menghasilkan Bahan Kimia Khusus	50
Industri Kimia Dasar Organik yang Bersumber dari Minyak Bumi, Gas Bumi, dan Batu Bara	7
Industri Kimia Dasar Organik, Bahan Baku Zat Warna dan Pigmen, Zat Warna dan Pigmen	20
Industri Kimia Dasar Organik yang Bersumber dari Hasil Pertanian	37
Industri Kimia Dasar Organik yang Tidak Diklasifikasikan di Tempat Lain	37
Industri Bahan Kimia dan Barang Kimia Lainnya	41
Total	299

Jika kita kaji data tersebut, terdapat jumlah industri kimia yang sangat besar (299) dengan pekerja yang juga besar, yang sangat memungkinkan terjadinya pajanan bahan-bahan kimia pada pekerja. Selain itu, penggunaan bahan kimia pada

pelbagai aktivitas pekerjaan seperti mengecat, membatik, dan lain-lain juga dapat merupakan sumber pajanan pada pekerja.



Gambar Perajin Kayu Menggunakan Bahan Kimia untuk Melapisi Kayu
(Sumber: Lestari et al., 2007)



Gambar .Pekerja Batik Menggunakan Malam/Lilin untuk Melapisi Kain Batik
(Sumber: Lestari, et al., 2006; Lestari, et al., 2007)

Secara sederhana, suatu toksikan merupakan bahan yang memiliki sifat-sifat toksik; dapat merupakan suatu zat kimia toksik yang tunggal atau berupa campuran senyawa kimia toksik. Sebagai contoh, timbal kromat, asbestos, dan bensin semuanya adalah bahan toksik. Timbal kromat adalah senyawa kimia

toksik yang tunggal. Asbestos adalah bahan toksik yang tidak terdiri atas bahan kimia yang komposisinya jelas, tetapi merupakan variasi jenis serat dan mineral.

Bahan bakar bensin adalah bahan toksik yang merupakan campuran dari banyak bahan kimia. Senyawa toksik tidak selamanya memiliki komposisi yang konstan (tetap). Misalnya, komposisi bensin bervariasi dengan tingkat oktan, industri penghasil, dan sebagainya. Toksikan dapat berada dalam bentuk organik ataupun anorganik.

Toksikan, terutama yang ada di tempat kerja, sangat beragam baik dalam jenis maupun bentuknya. Berikut beberapa contoh toksikan yang umum di tempat kerja:

- Logam, seperti Pb, Hg, Cd, Cr, Co, As, Al, Be, Ni, Mn.
- Pelarut (solvent), misalnya hidrokarbon alifatik, aromatik, bersubstitusi, benzena, toluena, kloroform, formaldehida, alkohol, ester.
- Gas, antara lain CO, ozon, HCN, fosgen, SO_x, NO_x.
- Pestisida, yaitu organofosfat, orgaoklorin, karbamat, walfarin.
- Partikel di udara, seperti silika bebas, asbes.

Selain jenis-jenis yang telah disebutkan, masih banyak toksikan lain, baik dalam bentuk unsur maupun senyawa yang berpotensi memajan pekerja di tempat kerja.

B. Simpul Pemantauan Toksikan

Simpul pemantauan toksikan merupakan tahapan-tahapan yang dapat dilakukan dalam mengidentifikasi hingga mengendalikan suatu toksikan beserta

efeknya di tempat kerja. Simpul pemantauan dibagi menjadi tiga tahapan sebagai berikut:

a. Pemantauan Lingkungan

Pemantauan lingkungan merupakan simpul pemantauan pertama. Pada tahapan ini, yang dilakukan adalah pengukuran kadar toksikan di lingkungan kerja. Simpul pemantauan ini dikembangkan oleh ahli higiene industri (higienis industri) dan hasil pemantauan dievaluasi dengan mengacu pada Nilai Ambang Batas (NAB) di lingkungan kerja.

b. Pemantauan Biologis

Pemantauan biologis ini merupakan simpul pemantauan yang kedua. Pada tahapan ini yang dilakukan adalah pengukuran dosis toksikan di dalam tubuh pekerja. Dosis tersebut dapat diambil dari marka biologik (biomarker) pekerja yang terpajan toksikan. Simpul pemantauan ini dikembangkan dilakukan oleh ahli toksikologi (toksikolog) dengan mengacu pada Indeks Paparan Biologik (IPB).

c. Surveilans Kesehatan

Surveilans kesehatan merupakan simpul pemantauan yang terakhir. Pada tahapan ini dilakukan pemeriksaan kesehatan dan diagnosis penyakit akibat kerja terhadap pekerja yang positif terpajan toksikan di lingkungan kerja. Simpul pemantauan ini biasa dikembangkan dan dilakukan oleh dokter, terutama dokter spesialis okupasi yang sangat mengetahui toksikan apa saja yang berpotensi memajan pekerja di suatu tempat kerja. Dokter kesehatan kerja di perusahaan melakukan surveilans kesehatan berdasarkan ilmu yang telah dikembangkan.

Dengan dilakukannya tahap demi tahap simpul pemantauan ini, diharapkan toksikan di tempat kerja dapat dikenali dan dikendalikan dengan baik hingga tidak menimbulkan efek buruk bagi pekerja.

C. Paparan, Paparan, Dosis Dan Rute Paparan

Dalam berbagai literatur, sebagian ahli membedakan antara pengertian paparan dan paparan. Paparan dapat diartikan sebagai kontak antara toksikan dan manusia. Kontak tersebut dapat terjadi melalui inhalasi, kulit, ingesti, ataupun injeksi (*intentional poisoning*). Sementara itu, paparan adalah akibat yang ditimbulkan oleh adanya kontak antara toksikan dengan manusia.

Dalam praktiknya, kedua istilah ini sering digunakan secara bergantian untuk menggambarkan hal yang sama. Paparan toksikan juga dapat dibedakan menjadi paparan langsung dan paparan tidak langsung. Pada paparan langsung, terjadi kontak langsung antara sumber paparan (toksikan) dengan manusia. Sementara itu, paparan tidak langsung terjadi melalui tahapan atau media antara sebelum kontak dengan manusia, seperti melalui rantai makanan.

Baik di tempat kerja maupun di luar tempat kerja, toksikan dapat kontak dengan manusia melalui inhalasi, kontak kulit, ingesti, ataupun injeksi (*intentional poisoning*). Semakin cepat toksikan masuk ke dalam sistem peredaran darah, akan semakin besar dan cepat dampaknya. Oleh karena itu, rute injeksi intravenus merupakan jalur paparan yang dapat menimbulkan dampak kesehatan yang besar dan cepat, diikuti dengan inhalasi, oral, dan dermal.

Di tempat kerja, jalur inhalasi dan dermal merupakan jalur pajanan yang paling sering dijumpai. Namun, karena luas permukaan alveoli yang lebih besar ($\pm 140 \text{ m}^2$) daripada luas permukaan kulit ($\pm 1,5\text{--}2 \text{ m}^2$) dan tipisnya dinding alveoli ($\pm 0,5$ mikron) dibandingkan ketebalan kulit (1–2 mm), pajanan inhalasi lebih signifikan daripada pajanan dermal.

Dosis didefinisikan sebagai jumlah atau konsentrasi agen, bahan kimia, atau toksikan yang terabsorpsi oleh manusia. Dosis sering disebut juga sebagai jumlah toksikan per kilogram berat badan organisme hidup.

Dosis = jumlah toksikan/kg berat badan organisme hidup (hewan/manusia)

Dosis dibedakan menjadi dua macam, yaitu *total dose* dan *fraction dose*. *Total dose* adalah jumlah total agen yang terabsorpsi dalam satu periode tertentu, sedangkan *fraction dose* adalah sebagian dosis. *Fraction dose* dapat menurunkan kemungkinan terjadinya keracunan atau toksisitas.

Satuan dosis dapat dinyatakan berdasarkan rute pajanannya:

- Rute pajanan melalui oral, yang umumnya dinyatakan sebagai mg/kg berat badan, yang berarti mg toksikan per kg organisme hidup (mg/kg);
- Rute pajanan melalui kulit, yang dinyatakan sebagai satuan yang sama seperti oral (mg/kg);
- Rute pajanan melalui inhalasi, yang umumnya dinyatakan sebagai mg/m³, yang berarti mg toksikan per meter kubik udara (mg/m³ atau ppm).

Pajanan dan dosis dapat dibedakan berdasarkan kriteria:

1. Dosis internal atau disebut juga sebagai dosis, yaitu jumlah toksikan yang mencapai target organ di mana efek yang merugikan dapat teramati atau jumlah toksikan yang masuk setelah diabsorpsi;
2. Dosis eksternal atau pajanan, yaitu jumlah toksikan yang terpajan pada manusia (melalui kulit, oral, atau inhalasi) atau, dengan kata lain, dosis ini merupakan dosis sebelum absorpsi.

(Laura Robinson, AIHA, Dose-Response 2014).



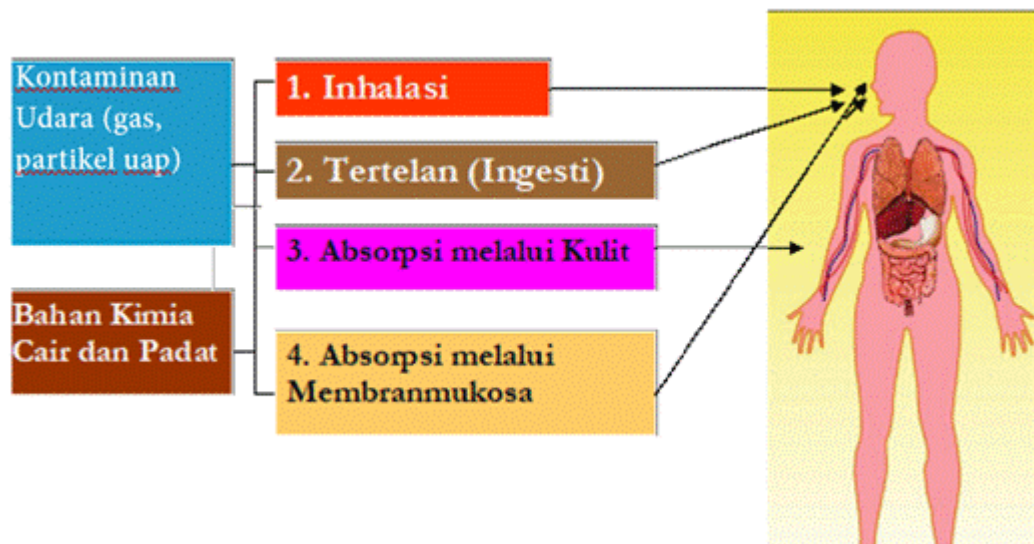
Gambar: Perbedaan Pajanan dan Dosis
(Diadopsi dari *Introduction to Hazard Identification, Evaluation, and Control*, 2009)

Dosis eksternal (pajanan) adalah konsentrasi toksikan atau bahan kimia yang berada di antara pekerja dan lingkungan kerjanya. Dosis internal atau

disebut juga dosis adalah jumlah bahan kimia atau toksikan yang masuk ke dalam tubuh manusia selama waktu tertentu.

Efek toksik adalah efek merugikan atau efek buruk yang ditimbulkan oleh penggunaan atau pajanan terhadap agen, bahan kimia, atau toksikan. Efek ini sangat bervariasi, mulai dari keluhan ringan seperti gatal atau sakit kepala hingga kondisi berbahaya seperti kematian.

Banyak faktor yang memengaruhi efek toksik, di antaranya yang penting adalah dosis agen atau toksikan. Efek toksik pajanan agen terhadap sistem biologis akan muncul bila agen atau hasil biotransformasinya telah mencapai organ target dengan konsentrasi dan waktu yang cukup untuk memunculkan efek tersebut.



Gambar. Rute Pajanan

(Sumber: Lestari, 2009)

MATERI 3

TOKSISITAS LOGAM

INDIKATOR CAPAIAN KOMPETENSI

- Mahasiswa dapat menjelaskan Toksisitas Logam
- Keaktifan mahasiswa dalam diskusi serta keterlibatan/partisipasi mahasiswa

Dalam dasawarsa terakhir ini Toksikologi mengalami perkembangan yang sangat pesat. Hal ini terjadi karena semakin banyaknya problematika keracunan yang disebabkan oleh buangan industri, asap kendaraan bermotor, sisa-sisa pestisida dan lain-lain. Karena itu perkembangan teknologi dan segala bentuk kemajuannya merupakan salah satu faktor penyokong dan perkembangan toksikologi.

Kemajuan yang sangat pesat dari teknologi yang diciptakan oleh manusia telah memberikan banyak kemudahan bagi manusia. Sebagai contoh kemajuan dalam bidang teknologi kimia seperti penemuan pestisida. Dengan ditemukannya pestisida, manusia dapat menikmati hasil pertanian dalam jumlah besar karena hama yang menjadi pengganggu dan penyebab kerusakan tanaman telah dapat diatasi dengan penggunaan pestisida tersebut.

Contoh lain misalnya teknologi elektrik dan elektronik. Kemajuan teknologi di bidang elektrik telah merangsang pertumbuhan pabrik-pabrik elektronika. Teknologi listrik ini memberikan banyak sekali kemudahan bagi manusia. Tapi ternyata kemudian, kemajuan yang sangat pesat dari teknologi tersebut juga

memberikan dampak yang kurang baik dan bahkan sangat buruk bagi manusia. Bahan-bahan sisa yang merupakan bahan buangan dari industri berteknologi tinggi tersebut mempunyai daya racun yang kuat dan bahkan dapat mengakibatkan keracunan bukan saja terhadap tumbuhan dan hewan, tetapi juga manusia.

Sebagai contoh dari pengaruh buruk yang ditimbulkan oleh kemajuan teknologi dapat kita lihat dari penggunaan pestisida. Bahwa pestisida pada awal penemuan dan penggunaannya memberikan manfaat bagi manusia, ternyata kemudian berbalik menjadi momok yang sangat menakutkan. Banyak sekali kasus-kasus keracunan yang kemudian mengakibatkan kematian akibat penggunaan pestisida. Terutama sekali untuk jenis-jenis pestisida yang mengandung Dikloro Diphenil Trikhloroetana (DDT) dan turunannya. Ternyata bahan kimia beracun yang merupakan bahan aktif dalam pestisida DDT itu tidak dapat terurai di lingkungan, sehingga bahan beracun tersebut termakan oleh organisme (hewan dan manusia).

Buangan industri yang mengandung unsur dan atau senyawa logam berat juga merupakan toksikan yang mempunyai daya racun tinggi. Buangan industri yang mengandung persenyawaan logam berat tersebut bukan hanya bersifat toksik terhadap tumbuhan, tetapi juga terhadap hewan dan manusia.

Logam Berat

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup.

Sebagai contoh bila unsur logam besi (Fe) masuk dalam tubuh manusia, meski dalam jumlah agak berlebihan, biasanya tidak menimbulkan pengaruh yang buruk terhadap tubuh karena Fe dibutuhkan dalam darah untuk mengikat oksigen.

Sedangkan unsur logam berat baik itu logam berat yang dipentingkan seperti tembaga (Cu), bila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah berlebihan akan menimbulkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh.

Jika yang masuk ke dalam tubuh organisme hidup adalah unsur logam berat yang beracun seperti Hg, maka dapat dipastikan bahwa organisme tersebut akan langsung keracunan

Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup. Dapat dikatakan bahwa semua logam berat dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup, seperti Hg, Cd, Pb, dan Cr.

Namun demikian, meski semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan atas m.h, sebagian dari logam-logam berat tersebut tetap dibutuhkan oleh m.h. kebutuhan tersebut berada dalam jumlah sangat sedikit. Tetapi bila tidak terpenuhi dapat berakibat fatal terhadap kelangsungan hidup makhluk hidup.

Karena tingkat kebutuhannya sangat dipentingkan, maka logam—logam tersebut dinamakan logam atau *mineral essential* tubuh. Beberapa mineral trace adalah esensiil karena digunakan untuk aktivitas kerja system enzim misalnya seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe) dan beberapa unsur lainnya seperti kobalt (Co), mangan (Mn), Ni dan beberapa lainnya. Bila mineral essential masuk ke dalam

tubuh dalam jumlah berlebihan maka akan berubah fungsi menjadi zat racun bagi tubuh.

Logam Kadmium (Cd)

Pencemaran yang disebabkan oleh buangan industri yang mengandung unsur atau persenyawaan logam kadmium telah mengakibatkan timbulnya penyakit aneh pada penduduk yang hidup di sekitar teluk Minamata di Jepang. Penduduk tersebut selalu meneriakkan kata Itai! Itai....! yang berarti Aduh! Aduh...! Setiap kali bergerak. Dari penelitian yang dilakukan disebabkan penyakit tersebut disebabkan oleh keracunan logam kadmium. Toksisitas yang dikandung oleh logam kadmium itu telah mengakibatkan terjadinya kerapuhan pada tulang penderita.

- Terjadi di Teluk Minamata (Jepang)
- Pembuangan limbah Chisso Corporation: pabrik kimia aldehyd, plastik, obat-obatan dan parfum
- Merkuri digunakan sbg katalisator
- 1950 produksi naik, limbah >>
- Metil merkuri dihasilkan dari proses metilasi merkuri anorganik oleh bakteri metanogenik (di sedimen)
- 1953-1960: 98 orang yg dirawat

Sejak kasus kecelakaan Merkuri di Minamata Jepang Tahun 1953 tersebut, yang secara intensive dilaporkan, issue pencemaran logam berat meningkat sejalan dengan pengembangan berbagai penelitian yang mulai diarahkan pada berbagai

penelitian yang mulai diarahkan pada berbagai aplikasi teknologi untuk menangani polusi lingkungan yang disebabkan oleh logam berat.

Ketika itu dunia mulai mengalami kecemasan yang berlebihan terhadap hadirnya logam berat di lingkungan. Hal ini dapat dimaklumi mengingat beberapa ion logam berat, seperti arsenik, timbal, kadmium, dan merkuri pada kenyataannya memang berbahaya bagi kesehatan manusia dan kelangsungan kehidupan di lingkungan. Walaupun konsentrasi logam berat tersebut sedemikian redah, efek ion logam berat dapat berpengaruh langsung hingga terakumulasi pada rantai makanan.

Seperti halnya sumber-sumber pencemaran lingkungan lainnya, logam berat tersebut dapat ditransfer dalam jangkauan yang sangat jauh di lingkungan, selanjutnya berpotensi mengganggu kehidupan biota lingkungan dan akhirnya berpengaruh terhadap kesehatan manusia walaupun dalam jangka waktu yang lama dan jauh dari sumber polusi utamanya. Suatu organisme akan kronis apabila produk yang dikonsumsinya mengandung logam berat.

Sebagai contoh, apabila selat sunda tercemar oleh logam berat, katakanlah merkuri akibat buangan industri. Lalu nelayan menangkap ikan disana, ikan tersebut dijual ke pasar, maka kita yang memakan ikan akan ikut mengkonsumsi merkuri. Jumlahnya sedikit pada awalnya namun lama kelamaan akan terakumulasi dalam tubuh.

Atau contoh lain yang sumbernya jauh. Katakanlah teluk minamata di Jepang tercemar merkuri dan kadmium, lalu Indonesia mengimpor ikan Salmon dari Jepang. Kita penduduk Indonesia yang jauh dari jepang tetapi membeli dan

mengonsumsi Salmon impor tersebut, kemungkinan dapat terjangkit penyakit itai-itai juga akibat dari akumulasi logam merkuri dalam tubuh kita.

Mekanisme Logam Berat dalam Tubuh Manusia

Metabolisme Proses fisiologi tubuh atau dikenal juga dengan transformasi biologis. atau biotransformasi. Metabolisme merupakan suatu proses atau peristiwa kinerja yang terjadi dalam tubuh setiap organisme untuk dapat bertahan hidup dan berkembang biak. Dalam peristiwa ini, semua bahan yang masuk ke dalam tubuh akan diolah untuk dapat dimanfaatkan oleh tubuh.

Metabolisme atau bio-transformasi dari bahan-bahan beracun merupakan faktor penentu utama terhadap daya racun dari zat terkait. Melalui proses biotransformasi ini, bahan-bahan beracun yang masuk ke dalam tubuh akan mengalami peningkatan daya racunnya atau malah akan mengalami penurunan dari daya racun yang dimilikinya.

Mengapa demikian? Karena dalam peristiwa ini, setiap zat atau material yang masuk dalam tubuh akan diolah dan diubah menjadi bentuk-bentuk yang lebih sederhana. Dalam proses perubahan bentuk yang merupakan rangkaian peristiwa kimiawi, suatu bahan beracun dapat saja :

- Berikatan dengan bahan beracun lain yang akan meningkatkan daya racunnya yang sudah ada
- Atau sebaliknya akan berikatan dengan bahan beracun lain yang sifatnya antagonis (bertentangan), sehingga menurunkan atau bahkan menetralkan daya racun yang semula ada.

Proses bio-transformasi ini dapat dikelompokkan (diklasifikasikan) dalam 3 bentuk proses bio-transformasi, yaitu :

1. Transformasi yang bersifat destruktif (oksidasi, reduksi, dan hidrolisis)
2. Transformasi yang bersifat sintesis (konjugasi)
3. Transformasi yang bersifat induksi enzim.

Pada peristiwa biotransformasi, enzim memegang peranan yang sangat penting sebagai zat perangsang untuk memperlancar atau mempercepat proses ini.

Karena itu enzim disebut juga sebagai aktivator atau katalisator biologis atau biokatalisator. Kecepatan reaksi dari suatu enzim berkisar 10^8 sampai 10^{11} kali lebih cepat dari reaksi yang sama yang terjadi tanpa menggunakan enzim. Secara kimiawi, seluruh enzim merupakan rangkaian dari 20 unit atau lebih asam-asam amino dengan struktur tiga dimensi (molekul protein).

MEKANISME KERACUNAN LOGAM BERAT

Studi tentang hubungan antara struktur kimia dan biologi dari senyawa senyawa serta mekanismenya dalam tubuh telah dikembangkan untuk dapat meramalkan cara kerja racun dalam tubuh.

Mekanisme keracunan terbagi dalam 2 fase

- Fase kinetik
- Fase dinamik.

Fase kinetik meliputi proses-proses biologi biasa : penyerapan, penyebaran dalam tubuh, metabolisme, dan proses pembuangan atau ekskresi

Fase kinetik meliputi semua reaksi-reaksi biokimia yang terjadi dalam tubuh, betuba katabolisme dan anabolisme. Pada fase kinetik, baik toksikan (bahan beracun) dan atau protoksikan (bahan yg mempunyai potensi untuk menjadi rcun) akan mengalami proses sinergetik atau sebaliknya proses antagonis.

Proses sinergetik merupakan proses atau peristiwa terjadinya pengganndaan atau peningkatan daya racun yang sangat tinggi.

Proses antagonis merupakan proses atau peristiwa pengurangan dan bahkan mungkin penghapusan daya racun yang dibina oleh suatu zat atau senyawa.

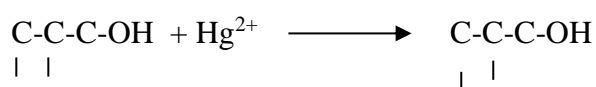
Peristiwa sinergetik dan antagonis ini di dalam tubuh dapat terjadi sebagai akibat adanya bahan-bahan lain yang terdapat di dalam tubuh, baik yang memang sudah ada sebagi sistem ataupun sebagai bahan lain yang masuk ke dalam tubuh.

Sebagai contoh:

- Logam Kadmium Cd. daya racun yang dibawa oleh logam Cd dalam tubuh akan dapat dikurangi karena dalam tubuh logam ini membentuk senyawa kompleks kelat dengan methal-lotionin yang sudah dimiliki tubuh,
- Logam Merkuri (Hg). Sifat racunnya akan hilang bila unsur ini berikatan dengan senyawa sulfur atau cesium yang ikut masuk ke dalam tubuh.

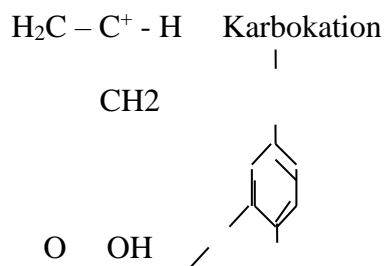
Karena itu, pada kasus-kasus keracunan atu masuknya senyawa merkuri ke dalam tubuh, seringkali diberikan pada korban senyawa 2,3-merkaptoprophenol.

Senyawa ini akan menimbulkan rangsangan untuk memuntahkan kembali senyawa mekuri yang telah masuk ke dalam tubuh.





Senyawa-senyawa yang telah mengalami proses antagonis ini biasanya dalam peristiwa metabolisme tubuh akan dikeluarkan melalui feses, urine, atau dimuntahkan. Senyawa-senyawa yang akan mengalami peristiwa sinergistik akan terjadi apabila di dalam tubuh kita senyawa merkuri bereaksi dengan senyawa yang mengandung gugus metil aktif. Gugus metil aktif ini bisa saja sudah ada dan memang dimiliki tubuh tetapi dapat juga terdapat dalam tubuh akibat tertelan bersama bahan makanan ataupun terhirup dari udara pada saat bernapas.



FASE DINAMIK merupakan proses lanjut dari fase kinetik.

Pada fase dinamik ini bahan beracun yang tidak bisa dinetralkan oleh tubuh akan bereaksi dengan senyawa-senyawa hasil dari proses biosintesa seperti protein, enzim, asam inti, lemak, dan lain-lain. Hasil dari reaksi yang terjadi antara bahan beracun dengan produk biosintesa ini berifat merusak terhadap proses biomolekul dalam tubuh.

Bahan beracun atau toksikan bersifat inhibitor. Apabila terjadi pertemuan atau reaksi antara bahan beracun dengan enzim, maka kerja enzim akan terhalang.

Keadaan ini akan turut mempengaruhi proses metabolisme tubuh, sehingga terjadi ketimpangan². Pada tingkat lanjutnya keadaan ini dapat merusak seluruh sistem kerja enzim dalam tubuh.

Begitu pula yang terjadi dengan gugus lemak. Apabila bahan bercun tersebut bereaksi dengan gugus lemak, maka senyawa hasil yang terbentuk dari reaksi tersebut akan mengganggu proses metabolisme lemak. Tingkat lanjut dari gangguan tersebut adalah gangguan hati.

MATERI 4

TOKSISITAS PESTISIDA

INDIKATOR CAPAIAN KOMPETENSI

- Mahasiswa dapat menjelaskan Toksisitas Pestisida
- Keaktifan mahasiswa dalam diskusi serta keterlibatan/partisipasi mahasiswa

A. Pengertian Pestisida

Peraturan Pemerintah No.7 tahun 1973 menyatakan yang dimaksud dengan pestisida adalah semua zat kimia dan bahan lain serta jasad renik dan virus yang digunakan untuk mengendalikan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) seperti serangga, tikus, fungi dan gulma, memberantas rerumputan, mencegah hama-hama, binatang-binatang yang dapat menyebabkan penyakit pada tanaman. Pestisida (Inggris: pesticide) secara harfiah berarti pembunuh hama(pest: hama; cide: membunuh).

Berdasarkan PP No. 7 tahun 1973 tentang Pengawasan dan Peredaran, Penyimpanan dan Penggunaan Pestisida, dikatakan bahwa pestisida adalah semua zat kimia dan bahan lain serta jasad renik dan virus yang digunakan untuk:

- 1) Memberantas atau mencegah hama-hama dan penyakit penyakit yang merusak tanaman, bagian-bagian tanaman atau hasil-hasil pertanian.
- 2) Memberantas rerumputan.
- 3) Mematikan atau mencegah pertumbuhan yang tidak diinginkan.

- 4) Mengatur atau merangsang pertumbuhan tanaman atau bagian-bagian tanaman tidak termasuk pupuk.
- 5) Memberantas atau mencegah hama-hama luar pada hewan piaraan termasuk ternak.
- 6) Memberantas dan mencegah hama-hama air.
- 7) Memberantas atau mencegah binatang-binatang dan jasad renik dalam rumah tangga, bangunan dan dalam alat-alat pengangkutan.

Memberantas atau mencegah binatang-binatang yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia atau binatang yang perlu dilindungi dengan penggunaan pada tanaman, tanah atau air.

Dari pengertian tersebut, maka berbagai macam pestisida berdasarkan hama sasarannya antara lain:

- 1) Insektisida adalah bahan yang mengandung senyawa kimia beracun yang bisa mematikan semua jenis serangga.
- 2) Fungisida adalah bahan yang mengandung senyawa kimia beracun yang bisa digunakan untuk memberantas dan mencegah fungi/cendawan.
- 3) Bakterisida adalah senyawa yang mengandung bahan aktif beracun yang bisa membunuh bakteri.
- 4) Nematisida adalah pestisida yang digunakan untuk membunuh cacing.
- 5) Akarisida adalah bahan yang mengandung senyawa beracun untuk membunuh tungau, caplak dan laba-laba.

- 6) Rodentisida yaitu bahan yang mengandung senyawa beracun untuk membunuh berbagai jenis binatang pengerat misalnya tikus.
- 7) Moluskisida adalah pestisida untuk membunuh mluska.
- 8) Herbisida adalah pestisida untuk membasmi tumbuhan pengganggu/gulma.
- 9) Pestisida lain.

Penggunaan pestisida di industri pertanian diseluruh dunia di dominasi oleh herbisida, fungisida dan insektisida. Khususnya pada industri kelapa sawit menggunakan pestisida jenis herbisida.

B. Toksisitas Pestisida

Pertisida merupakan suatu bahan yang bersifat biosida yang artinya mematikan makhluk hidup, pestisida ini merupakan bahan yang berbahaya dan beracun. Tiap pestisida memiliki perbedaan yang sangat berbeda antara toksisitas dan bahaya dari racunnya sendiri, pestisida memiliki sifat sendiri-sendiri satu dengan ainnya.

Pestisida sering digambarkan tingkat bahayanya dengan tingkat bahaya racun dan toksisitasnya terhadap dampak kesehatan manusia. Toksisitas (toxicity) merupakan daya racun pestisida artinya pestisida memiliki potensi bawaan yang dapat menimbulkan kematian pada hewan yang tingkat tinggi termasuk manusia.

Bahaya keracunan (hazard) merupakan risiko atau bahaya keracunan pada waktu dari seseorang tersebut dalam menggunakan pestisida. Zat kimia memiliki bahaya yang sangat tergantung pada toksisitas, dosis, lama pemaparan dan respon

individunya. Istilahistilah yang digunakan dalam mengukur toksisitas pestisida adalah sebagai berikut:

1) LD50 (lethal dose) adalah **dosis zat tertentu** (mg/kg/BB) yang dapat menyebabkan kematian pada 50% binatang percobaan. Perlu dijelaskan tentang **cara pemberian melalui kulit atau perenteral dan melalui mulut atau per oral** dalam menetapkan LD50.

2) LC50 (lethal concentration) adalah zat kimia di udara jika **selama waktu tertentu terpapar** melalui inhalasi dapat menyebabkan kematian pada 50% binatang percobaan sesuai kadar/konsentrasi (ppm).

C. Keracunan Pestisida

Pestisida digolongkan menjadi tiga macam berdasarkan golongan keracunannya secara umum yaitu:

1) Keracunan Organofosfat.

Pestisida organofosfat memiliki sifat yang selektif dan efektif, selain sangat potent, pestisida organofosfat ini tidak menimbulkan resistensi jika diberikan dengan takaran dan cara yang tepat terhadap serangga. Pestisida organofosfat ini sendiri memiliki sifat yang irreversibel artinya jika enzim *cholinesterase* yang telah terikat dengan pestisida tidak dapat dipisahkan ikatannya dengan organofosfat, ini dapat menyebabkan enzim cholinesterase tidak dapat berfungsi kembali.

Pestisida organofosfat ini sering disebut sebagai anticholinesterase. Organofosfat yang masuk ke dalam tubuh akan terabsorpsi oleh tubuh dan akan

mengikat sebagian cholinesterase yang terdapat pada sel darah merah, maupun jaringan syaraf yang mengakibatkan sebagian cholinesterase menjadi tidak aktif.

Hal ini akan menyebabkan terjadinya penumpukan acetylcholine pada reseptor di sel kelenjar dan sel otot tubuh. Tugas utama enzim cholinesterase untuk menghidrolisa acetylcholine mengalami kelumpuhan sehingga terjadi hal tersebut. Pada keadaan tersebut otot-otot tubuh akan bergerak-gerak tanpa bisa dikendalikan. gejala-gejala yang akan tampak pada keracunan organofosfat adalah mata kabur dikarenakan pupil mata mengalami penyempitan, mata berair, mulut banyak mengeluarkan air liur dan busa keluar dari mulut, pusing, sakit kepala, keringat banyak, mual muntah, mencret, kejang pada perut, sukar bernapas, detak jantung cepat, dan otot-otot tubuh mengalami kelumpuhan atau tidak dapat digerakan hingga pingsan.

2) Keracunan organoklorin

Pestisida organoklorin memiliki tiga sifat utama yaitu yang pertama pestisida ini merupakan racun yang universal. Yang kedua berlangsung sangat lambat pada degredasinya dan yang ketiga pestisida ini memiliki sifat larut dalam lemak artinya pestisida ini memiliki sifat yang persisten dan stabil. Pestisida ini tidak reaktif pada senyawanya.

Pestisida organoklorin ini cara kerjanya dalam tubuh tidak diketahui dengan jelas namun pestisida ini dapat mempengaruhi sistem saraf pusat. Tanda dan gejala pada keracunan pestisida organophospat ini dapat berupa mual, muntah, pusing, gemetar, gugup, badan lemah hingga kesadaran menurun.

3) Keracunan karbamat

Keracunan karbamat memiliki cara kerja yang mirip dengan pestisida organophospat dengan menghambat enzim cholinesterase namun pada pestisida karbamat ini berlangsung singkat karena cepat mengurai dalam tubuh. Tanda dan gejala yang ditimbulkan akibat keracunan karbamat ini sama dengan tanda dan gejala yang ditimbulkan keracunan organophospat, perbedaannya hanya gejala yang timbul tidak berlangsung lama.

Meskipun pada keracunan karbamat ini gejala cepat hilang, namun karena munculnya dan menghambatnya cepat, maka kematian tetap dapat terjadi jika depresi pernapasan tidak segera mendapatkan pertolongan.

D. Gejala Keracunan Akibat Paparan Pestisida

Gejala keracunan terhadap toksisitas pestisida yang terjadi pada manusia dapat dibedakan menjadi:

1) Keracunan akut

Keracunan akut adalah kesakitan atau kematian yang terjadi akibat terpapar dosis tunggal pestisida. Keracunan ini biasanya terjadi karena kecerobohan sewaktu penyemprotan maupun pekerja yang kontak langsung dengan pestisida saat bekerja di pabrik atau pada orang yang sengaja meminum pestisida.

2) Keracunan kronik

Keracunan kronik merupakan keracunan pada penderita yang terkena racun dalam jangka panjang dengan dosis sangat rendah. Biasanya pada keracunan kronik

ini gejala yang timbul baru terlihat selang waktu kisaran beberapa bulan atau tahun setelah penderita terkena racun.

Beberapa bentuk keracunan kronik memiliki sifat mutagenik (kerusakan genetik untuk generasi yang akan datang), karsinogenik (pembentukan jaringan kanker), teratogenik (kelahiran anak cacat dari ibu yang keracunan), meskipun kasus tersebut masih terbukti pada binatang percobaan di laboratorium dan belum pernah terbukti secara langsung pada manusia tetapi bukti hasil percobaan tersebut dapat menambah kekhawatiran bahwa pengaruh pestisida tersebut dapat terjadi pula pada manusia. Data tentang semakin bertambah banyaknya penderita kanker di pedesaan semakin menambah kekhawatiran akan bahaya dari pestisida terhadap manusia.

Berikut gejala keracunan yang disebabkan pestisida pada umumnya menurut UNESCO (1991) adalah:

- a) Tanda dan gejala keracunan ringan yaitu Mual, lemas, pusing, sakit kepala, iritasi hidung dan tenggorokan, iritasi kulit, iritasi mata, banyak keluar keringat, diare dan tidak bergairah.
- b) Tanda dan gejala keracunan sedang yaitu: Mata berkunang-kunang, denyut nadi lemah, kejang perut, muntah, gemetar, sesak napas, banyak keluar keringat, pupil mata menyempit, dan lemas.
- c) Tanda dan gejala keracunan berat yaitu: Hilang kesadaran, detak jantung lambat, semakin lama dapat menyebabkan kematian.

E. Pertolongan Kasus Keracunan

Pertolongan pertama yang harus dilakukan jika terjadi kasus keracunan adalah :

- 1) Segera berhenti bekerja dan segera pergi kedokter untuk mendapatkan pertolongan jika gejala keracunan mulai dirasakan walaupun gejala yang dirasakan masih ringan,
- 2) Segera lepaskan pakaian kemudian cuci dengan sabun dan air jika pakaian, rambut dan kulit terkena pestisida.
- 3) Segera bilas mata dengan air bersih selama 15 menit terus menerus, kemudian tutup mata dengan kapas steril jika mengenai mata.
- 4) Segera bawa korban ke udara segar dan longgarkan bajunya, kemudian sambil menunggu pertolongan baringkan korban dengan posisi dagu agak terangkat keatas agar dapat bernapas dengan baik bila pestisida terhirup pernapasan.
- 5) Usahakan agar korban muntah sebanyak-banyaknya hingga yang dimuntahkan berupa cairan jernih apabila pestisida tertelan dan penderita masih dalam keadaan sadar.
- 6) Usahakan selama pernapasan lancar dan tidak ada yang tersumbat, jangan memberikan sesuatu melalui mulut jika korban dalam posisi tidak sadarkan diri.
- 7) Usahakan pernapasan buatan bila pernapasannya berhenti.

Pertolongan medis setelah diberikan pertolongan pertama adalah:

- 1) Lakukan pencucian lambung, berikan garam isotonik atau larutan natrium bikarbonat 5% untuk golongan organoklorin.
- 2) Berikan 30gr norit (suspensikan dalam air) untuk mengurangi absorpsi.
- 3) Berikan antidote atropinsulfat, jika tidak mungkin bisa diberikan dengan dosis dewasa (diatas 12 tahun) 0,4-2 mg dan pada anak-anak dengan dosis 0,05

mg/KgBB. Lakukan pengulangan tiap 15 menit sampai terlihat gejala atropinisasi atau gejala pupil melebar, muka merah untuk golongan karbamat.

Pestisida yang digunakan pada perkebunan kelapa sawit adalah pestisida jenis herbisida dengan golongan organofosfat.

F. Faktor yang mempengaruhi Kadar cholinesterase

Faktor-faktor yang dapat berpengaruh kadar *cholinesterase* pada pekerja penyemprot pestisida adalah:

1) Paparan pestisida, yang terdiri dari:

a) Lama pemaparan

Beberapa penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa lama paparan yang disebabkan pestisida dapat mempengaruhi perubahan aktivitas cholinesterase, dalam penelitian sebelumnya dilakukan pada pekerja penyemprot pestisida yang bekerja lebih dari satu tahun.

b) Kontak terakhir

Jika pestisida masuk dalam darah dapat menurunkan kadar cholinesterase darah hingga 50% dan kemudian pelan-pelan mungkin mencapai kadar nol. Pada kadar nol ini kira-kira 25% kadar cholinesterase dalam plasma akan dibentuk kembali dalam waktu 7 hingga 10 hari. Dan jika kontak dengan pestisida lagi maka akan pulih kembali dalam waktu 4 minggu.

Sedangkan didalam plasma, kadar cholinesterase akan normal kembali memerlukan waktu 3 minggu dan pada sel darah merah membutuhkan waktu 2 minggu. Pada pemeriksaan kadar cholinesterase dalam darah menggunakan

Tintometer Kit dengan perangkat uji Lovibond, dari hasil pemeriksaan pada keracunan ringan dianjurkan untuk istirahat dan dengan tidak kontak dengan pestisida selama 2 minggu hingga pasien sembuh.

MATERI 5

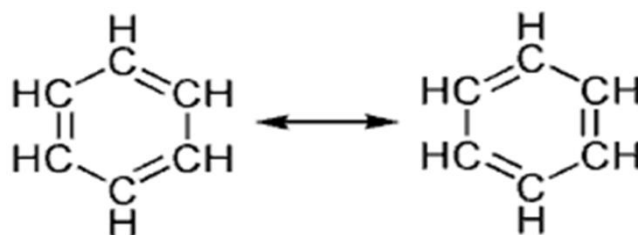
TOKSISITAS SOLVENT DAN HALOGENT AROMATIS

INDIKATOR CAPAIAN KOMPETENSI

- Mahasiswa dapat menjelaskan Toksisitas Solvent dan Halogen Aromatis
- Keaktifan mahasiswa dalam diskusi serta keterlibatan/partisipasi mahasiswa

Senyawa aromatis adalah senyawa benzena atau senyawa yang mempunyai sifat kimia seperti benzena. Senyawa aromatik sederhana, merupakan senyawa organik aromatik yang hanya terdiri dari struktur cincin planar berkonjugasi dengan awan elektron π yang berdelokalisasi. Sifat kimianya dicirikan oleh ikatan rangkap terkonjugasi secara sempurna dalam cincin.

Cincin aromatik sederhana dapat berupa senyawa heterosiklik apabila ia mengandung atom bukan karbon. Ia dapat berupa monosiklik seperti benzena, bisiklik seperti naftalena, ataupun polisiklik seperti antrasena. Cincin aromatik monosiklik sederhana biasanya berupa cincin beranggota lima, seperti pirola, ataupun cincin beranggota enam, seperti piridina. Semua senyawa aromatis berdasarkan benzen, C_6H_6 , yang memiliki enam karbon dan simbol . Setiap sudut dari segienam memiliki atom karbon yang terikat dengan hidrogen sebagai berikut:



A. Aromatisasi

Aromatisitas adalah sebuah sifat kimia dimana sebuah cincin terkonjugasi yang ikatannya terdiri dari ikatan tidak jenuh, pasangan tunggal, atau orbit kosong menunjukkan stabilitas yang lebih kuat dibandingkan stabilitas sebuah sistem yang hanya terdiri dari konjugasi. Aromatisitas juga bisa dianggap sebagai manifestasi dari delokalisasi siklik dan resonansi.

Syarat-syarat Aromatisitas:

1. Molekul harus berbentuk siklik.
2. Setiap atom pada cincin tersebut harus mempunyai orbital π , membentuk sistem berkonjugasi.
3. Molekul haruslah planar.
4. Jumlah elektron π molekul haruslah ganjil dan memenuhi kaidah Huckel: $(4n+2)$ elektron π .
5. Molekul-molekul yang mengandung $4n$ elektron π adalah antiaromatik.

B. Solvent / Pelarut

Solvent adalah campuran homogen zat. Campuran homogen, maksudnya adalah campuran zat yang bagian-bagiannya tidak dapat dibedakan lagi. Semua zat sudah menyatu menjadi satu kesatuan. Lalu apa solute dan solvent itu?

Solute adalah zat terlarut, sementara solvent adalah zat pelarutnya. Ambil contoh, larutan garam. Dalam hal ini, larutan garam adalah campuran antara dua zat, yaitu garam dan air. Solute dari larutan tersebut adalah garam, sementara solvent-nya adalah air. Karena air dan garam sudah menjadi satu kesatuan, alias

tidak dapat dibedakan lagi satu sama lainnya, maka campuran itu disebut larutan garam.

Nah contoh lainnya adalah air laut. Pada air laut, garam berada dalam bentuk ion-ionnya. Dan bila diuji, air laut lebih mudah menghantarkan listrik dibanding air biasa. Hal inilah yang menyebabkan air laut termasuk dalam kelompok larutan elektrolit.

Bahaya penggunaan Solvent Bahaya dalam Cat

Cat, sebagai material yang berfungsi sebagai pelapis, memang dibuat dari bahan-bahan yang berbahaya bila kandungannya melebihi nilai ambang batas yang diperbolehkan. Salah satu bahan yang berbahaya adalah VOC (volatile organic compound) atau kandungan senyawa organik yang mudah menguap.

Yang termasuk dalam kategori VOC di antaranya solvent dan tiner. VOC ditandai dengan bau, walaupun menurut Chandra Budiono dari Pacific Paint, cat yang tidak berbau belum tentu bebas VOC. Solvent tidak ramah bagi lingkungan dan juga tidak ramah bagi kesehatan manusia. Polimerisasi (salah satu tahap dalam pembuatan cat) yang menggunakan teknologi terbaru memungkinkan proses pembuatan cat tidak membutuhkan solvent lagi.

Solvent yang ada dalam kandungan cat akan menguap setelah cat diaplikasikan. Setelah solvent menguap, cat akan mengering dan membentuk lapisan di permukaan benda. Karena itu cat yang sudah diaplikasikan pada dinding dan sudah mengering, sebenarnya sudah tidak lagi mengandung solvent. Tapi gas atau uap yang dihasilkan tersebut membutuhkan waktu untuk benar-benar

hilang dari udara di dalam ruang yang baru dicat. Uap solvent yang menyebar di udara ini bisa mencemari lingkungan dan menyebabkan gangguan kesehatan bila terhirup secara berlebihan.

Efek solvent bisa dirasakan secara instan ketika kita memasuki ruang yang mengandung gas akibat penguapan solvent. Secara instan, bahan ini bisa menyebabkan gangguan kesehatan ringan seperti seperti mata pedas, kulit perih, gangguan saluran pernafasan, atau alergi. Sedangkan bila dihirup dalam jangka waktu lama, bahan ini bisa menyebabkan kanker, kerusakan hati, dan gangguan sistem saraf.

Timbal ini terkandung di dalam pigmen, yaitu bahan untuk memberi warna pada cat. cat warna kuning dan oranye memiliki kandungan timbal yang lebih tinggi dibandingkan warna-warna lain. biasanya penambahan timbal ini berlaku untuk cat minyak. Seperti juga timbal, merkuri merupakan bahan logam berat yang ada dalam kandungan cat.

Di dalam cat, merkuri salah satunya digunakan dalam campuran antijamur. Bila VOC berbahaya saat uapnya terhirup, merkuri dan timbal akan memberi efek buruk bila masuk ke dalam tubuh. Ini bisa terjadi apabila Anda atau anak Anda menyentuh dinding, serbuknya menempel di tangan Anda dan kemudian Anda memegang makanan tanpa mencuci tangan terlebih dulu. Timbal bisa menyebabkan di antaranya gangguan sistem saraf dan organ reproduksi. Pada tubuh anak

C. Furan

Furan, juga dikenal sebagai furfuran dan furana, adalah sejenis senyawa kimia heterosiklik. Ia umumnya diturunkan dari dekomposisi termal bahan-bahan yang mengandung pentosa (misalnya kayu tusam). Furan tidak berwarna, mudah terbakar, sangat mudah menguap dengan titik didih mendekati suhu kamar. Ia beracun dan kemungkinan karsinogenik. Hidrogenasi katalitik furan dengan katalis paladium menghasilkan tetrahidrofuran.

1. Sejarah

Nama furan berasal dari Bahasa Latin *furfur*, yang berarti dedak.[1] Turunan furan yang pertama kali dideskripsikan adalah asam 2-furoat oleh Carl Wilhelm Scheele pada tahun 1780. Turunan lainnya yang penting adalah furfural, dilaporkan oleh Johann Wolfgang Döbereiner pada tahun 1831 dan dikarakterisasikan sembilan tahun kemudian oleh John Stenhouse. Furan sendiri pertama kali dibuat oleh Heinrich Limpricht pada tahun 1970, walaupun dia menamakannya tetrafenol.

2. Sifat Kimia

Furan bersifat aromatik karena satu pasangan menyendiri elektron pada atom oksigen terdelokalisasi ke dalam cincin, menghasilkan sistem aromatik $4n+2$ (lihat kaidah Hückel) yang sama dengan benzena. Oleh karena aromatisitasnya, molekul berbentuk datar dan tidak mempunyai ikatan rangkap dua yang diskret.

Oleh karena aromatisitasnya, sifat-sifat furan berbeda dengan eter heterosiklik yang umumnya dijumpai seperti tetrahidrofuran.

Ia lebih reaktif daripada benzena pada reaksi substitusi elektrofilik. Hal ini dikarenakan oleh efek pendonoran elektron dari heteroatom oksigen. Kajian pada kontributor resonansi menunjukkan peningkatan rapat elektron cincin, mengakibatkan peningkatan laju substitusi elektrofilik.

MATERI 6

KONSEP DASAR TOKSIKOLOGI dan PENGEMBANGAN ILMUNYA.

INDIKATOR CAPAIAN KOMPETENSI

- Mahasiswa dapat menjelaskan Toksisitas Radioaktif
- Keaktifan mahasiswa dalam diskusi serta keterlibatan/partisipasi mahasiswa

Limbah Radioaktif adalah bahan yang terkontaminasi dengan radio isotop yang berasal dari penggunaan medis atau riset radio nukleida. Pencemaran radioaktif adalah suatu pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh debu radioaktif akibat terjadinya ledakan reaktor-reaktor atom serta bom atom. Yang paling berbahaya dari pencemaran radioaktif seperti nuklir adalah radiasi sinar alpha, beta dan gamma yang sangat membahayakan makhluk hidup di sekitarnya.

Zat radioaktif dan radioisotop berperan besar dalam ilmu kedokteran yaitu untuk mendeteksi berbagai penyakit, diagnosa penyakit yang penting antara lain tumor ganas. Kemajuan teknologi dengan ditemukannya zat radioaktif dan radioisotop memudahkan aktifitas manusia dalam berbagai bidang kehidupan.

- Masalah zat radioaktif dan radioisotop hendaknya tidak ditafsirkan sebagai satu fenomena yang menakutkan.
- Penggunaan radioaktif dan radioisotop hendaknya dibarengi pengetahuan dan teknologi yang tinggi.
- Penerapan dalam diagnosa berbagai penyakit hendaknya memikirkan efek-efek yang akan ditimbulkan.

- Diharapkan penggunaan zat radioaktif dan radioisotop ini untuk kemakmuran dan kesejahteraan umat manusia.

A. Limbah Radioaktif

Limbah radioaktif adalah bahan yang terkontaminasi dengan radio isotop yang berasal dari penggunaan medis atau riset radio nukleida. Limbah ini dapat berasal dari antara lain : tindakan kedokteran nuklir, radio-immunoassay dan bakteriologis; dapat berbentuk padat, cair atau gas.

B. Penggunaan Radioisotop

Radioisotop digunakan sebagai perunut dan sumber radiasi. Dewasa ini, penggunaan radioisotop untuk maksud-maksud damai (untuk kesejahteraan umat manusia) berkembang dengan pesat. Pusat listrik tenaga nuklir (PLTN) adalah salah satu contoh yang sangat populer. PLTN ini memanfaatkan efek panas yang dihasilkan reaksi inti suatu radioisotop , misalnya U-235. Selain untuk PLTN, radioisotop juga telah digunakan dalam berbagai bidang misalnya industri, teknik, pertanian, kedokteran, ilmu pengetahuan, hidrologi, dan lain-lain.

C. Dampak Radioaktif

Pengertian atau arti definisi pencemaran radioaktif adalah suatu pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh debu radioaktif akibat terjadinya ledakan reaktor-reaktor atom serta bom atom. Yang paling berbahaya dari pencemaran radioaktif seperti nuklir adalah radiasi sinar alpha, beta dan gamma yang sangat

membahayakan makhluk hidup di sekitarnya. Selain itu partikel-partikel neutron yang dihasilkan juga berbahaya. Zat radioaktif pencemar lingkungan yang biasa ditemukan adalah ⁹⁰Sr merupakan karsinogen tulang dan ¹³¹I.

Apabila ada makhluk hidup yang terkena radiasi atom nuklir yang berbahaya biasanya akan terjadi mutasi gen karena terjadi perubahan struktur zat serta pola reaksi kimia yang merusak sel-sel tubuh makhluk hidup baik tumbuhan maupun hewan atau binatang.

C.Dampak Radioaktif

Berasal darimanakah limbah radioaktif? Limbah radioaktif berasal dari setiap pemanfaatan tenaga nuklir, baik pemanfaatan untuk pembangkitan daya listrik menggunakan reaktor nuklir, maupun pemanfaatan tenaga nuklir untuk keperluan industri dan rumah sakit.

Bagaimana cara mengelola limbah radioaktif? Limbah radioaktif dikelola sedemikian rupa sehingga tidak membahayakan masyarakat, pekerja dan lingkungan, baik untuk generasi sekarang maupun generasi yang akan datang. Cara pengelolaannya dengan mengisolasi limbah tersebut dalam suatu wadah yang dirancang tahan lama yang ditempatkan dalam suatu gedung penyimpanan sementara sebelum ditetapkan suatu lokasi penyimpanan permanennya.

Penyimpanan permanen dapat berupa tempat di bawah tanah dengan kedalaman beberapa ratus meter untuk limbah aktivitas tinggi dan waktu paruh panjang, atau dekat permukaan tanah dengan kedalaman hanya beberapa puluh meter untuk limbah aktivitas rendah-sedang.

Apa bahayanya limbah radioaktif?

Karena limbah memancarkan radiasi, maka apabila tidak diisolasi dari masyarakat dan lingkungan maka radiasi limbah tersebut dapat mengenai manusia dan lingkungan. Misalnya, limbah radioaktif yang tidak dikelola dengan baik meskipun telah disimpan secara permanen di dalam tanah, radionuklidanya dapat terlepas ke air tanah dan melalui jalur air tanah tersebut dapat sampai ke manusia.

Bahaya radiasi adalah, radiasi dapat melakukan ionisasi dan merusak sel organ tubuh manusia. Dalam jangka panjang kemungkinan menginduksi adanya tumor atau kanker. Ada kemungkinan pula bahwa kerusakan sel akibat radiasi mengganggu fungsi genetika manusia, sehingga keturunannya mengalami cacat.

Apakah limbah radioaktif yang telah diolah bisa dibuang ke lingkungan?

Limbah radioaktif sebagian dapat dibuang ke lingkungan apabila kandungannya (konsentrasi dan radioaktivitasnya) telah dibawah batas ambang yang ditetapkan oleh Pemerintah (Badan Pengawas Tenaga Nuklir, BAPETEN). Namun sebagian lagi karena aktivitasnya dan umurnya panjang maka harus disimpan dalam jangka yang sangat panjang.

Adakah hubungan limbah radioaktif dengan Limbah B3? Sebenarnya definisi, limbah radioaktif adalah bagian dari limbah bahan berbahaya dan beracun (B3).

Siapakah yang bertanggung jawab mengelola limbah radioaktif?

Pihak penghasil limbah radioaktif, yaitu dari pengumpulan sampai penyimpanan sementara. Namun penyimpanan permanen dilaksanakan oleh

BATAN dan diawasi oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) yang terpisah dari badan pelaksana (BATAN). Hal ini sesuai dengan amanat UU No. 10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran.

Apakah limbah radioaktif yang telah diolah bisa dibuang ke lingkungan?

Limbah radioaktif sebagian dapat dibuang ke lingkungan apabila kandungannya (konsentrasi dan radioaktivitasnya) telah dibawah batas ambang yang ditetapkan oleh Pemerintah (Badan Pengawas Tenaga Nuklir, BAPETEN). Namun sebagian lagi karena aktivitasnya dan umurnya panjang maka harus disimpan dalam jangka yang sangat panjang.

Adakah hubungan limbah radioaktif dengan Limbah B3?

Sebenarnya definisi, limbah radioaktif adalah bagian dari limbah bahan berbahaya dan beracun (B3).

Siapakah yang bertanggung jawab mengelola limbah radioakti ?

Pihak penghasil limbah radioaktif, yaitu dari pengumpulan sampai penyimpanan sementara. Namun penyimpanan permanen dilaksanakan oleh BATAN dan diawasi oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) yang terpisah dari badan pelaksana (BATAN). Hal ini sesuai dengan amanat UU No. 10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran.

Adakah dasar hukum yang mengatur mengenai limbah radioaktif ?

Dasar hukum yang mengatur limbah radioaktif adalah Undang-Undang No. 10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, serta Peraturan pemerintah No. 27 tahun 2002 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif.

Berapakah biaya pengolahan limbah Radioaktif

Biaya limbah tersebut sangat bergantung pada jenis limbahnya. Terdapat perbedaan biaya antara limbah radioaktif cair, padat terbakar, padat terkompaksi dan sebagainya. Seluruh tarif tersebut telah ditetapkan dalam Peraturan pemerintah No. 16 tahun 2001. Sebagai contoh biaya pengolahan limbah radioaktif cair untuk aktivitas rendah dan sedang adalah Rp. 7300,- perliter, sedangkan limbah sumber bekas jarum Ra-226 dari rumah sakit sebesar Rp. 466.000,- perjarum.

MATERI 7

TOKSISITAS BAHAN ASAL TANAMAN,HEWAN DAN MINERAL

INDIKATOR CAPAIAN KOMPETENSI

- Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan Toksisitas Bahan Asal Tanaman,hewan Dan Mineral
- Keaktifan mahasiswa dalam diskusi serta keterlibatan/partisipasi mahasiswa

Uji Toksisitas Dalam Ilmu Farmakologi / Obat-Obatan

Toksikologi adalah ilmu yang mempelajari mengenai efek toksik dari suatu senyawa kimia (obat). Produk atau sediaan obat harus memenuhi syarat khasiat (eficacy), bermutu (quality) dan aman (safety). Untuk membuktikan khasiat maka dilakukan pengujian farmakologi, untuk mutu maka dilakukan pengujian karakteristik produk yang seharusnya diproduksi sesuai. Sedangkan untuk keamanan dilakukan uji toksisitas, antara lain :

Macam macam jenis Uji Toksisitas : Uji Toksisitas Akut, Uji Toksisitas Sub Akut, Uji Toksisitas Kronik, Uji Toksisitas Kronik, Uji Efek Pada Organ Reproduksi, Uji Karsinogenik, dan Uji Mutagenik

1. Uji Toksisitas Akut

Uji toksisitas akut adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai LD50 dan dosis maksimal yang masih dapat ditoleransi hewan uji (menggunakan 2 spesies hewan uji). pemberian obat dalam dosis tunggal dan diberikan melalui 2 rute pemerian (misalnya oral dan intravena). hasil uji LD50 dan dosisnya akan

ditransformasi (dikonversi) pada manusia. (LD50 adalah pemberian dosis obat yang menyebabkan 50 ekor dari total 100 ekor hewan uji mati oleh pemerian dosis tersebut)

2. Uji Toksisitas Sub Akut

Uji toksisitas sub akut adalah pengujian untuk menentukan organ sasaran tempat kerja dari obat tersebut, pengujian selama 1-3 bulan, menggunakan 2 spesies hewan uji, menggunakan 3 dosis yang berbeda.

3. Uji Toksisitas Kronik

Uji toksisitas kronik pada tujuannya sama dengan uji toksisitas sub akut, tapi pengujian ini dilakukan selama 6 bulan pada hewan rodent (pengerat) dan non-rodent (bukan hewan pengerat). uji ini dilakukan apabila obat itu nantinya diproyeksikan akan digunakan dalam jangka waktu yang cukup panjang.

4. Uji Efek Pada Organ Reproduksi

Pengujian ini dilakukan untuk melihat perilaku yang berhubungan dengan reproduksi (perilaku kawin), perkembangan janin, kelainan pada janin, proses kelahiran, dan perkembangan janin setelah dilahirkan.

5. Uji Karsinogenik

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui efek yang ditimbulkan obat jika dikonsumsi dalam jangka panjang apakah dapat menimbulkan kanker. dilakukan pada 2 spesies hewan uji selama 2 tahun, pengujian ini dilakukan apabila nanti obat ini diproyeksikan digunakan pasien dalam jangka yang panjang.

6. Uji Mutagenik

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah efek obat dapat menyebabkan perubahan atau mutasi pada gen pada pasien.

Obat merupakan semua zat baik kimiawi, hewani maupun nabati yang dalam dosis layak dapat menyembuhkan, meringankan, atau mencegah penyakit berikut gejalanya.

Ada berbagai macam efek obat, antara lain :

1. Efek yang diinginkan

Efek terapeutik, obat memang dapat menyembuhkan, tetapi tidak semua obat betul-betul menyembuhkan penyakit, banyak diantaranya hanya meniadakan atau meringankan gejalanya.

Karena itu dapat dibedakan tiga jenis pengobatan, yaitu :

-Terapi kausal : disini obat bekerja dengan cara meniadakan penyebab penyakit, misalnya pemusnahan kuman, virus atau parasit.

-Terapi simptomatis : hanya gejala penyakit yang diobati dan diringankan, penyebabnya yang lebih mendalam tidak dipengaruhi, misalnya kerusakan pada suatu organ atau saraf.

- Terapi substitusi : disini obat berfungsi menggantikan zat yang lazimnya dibuat oleh organ yang sakit. Misalnya insulin pada diabetes, karena produksinya oleh pankreas kurang atau terhenti.

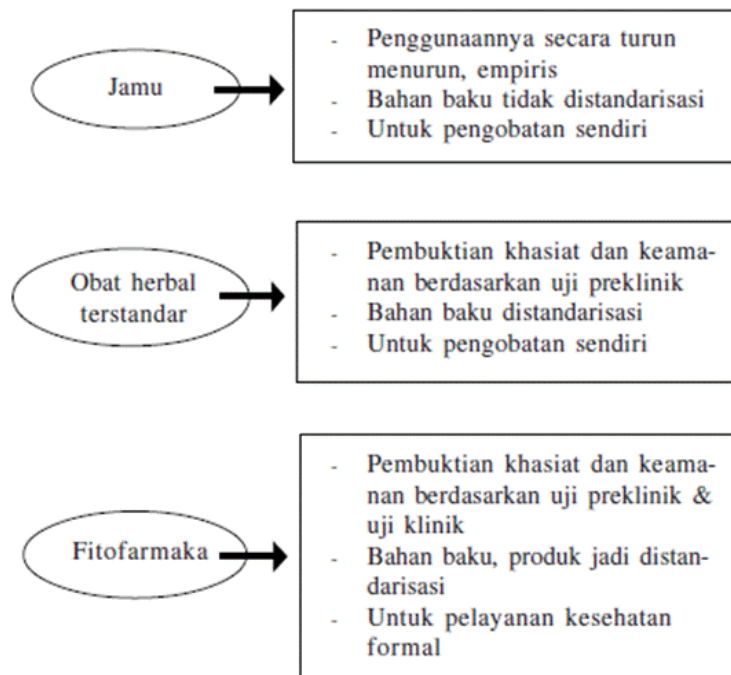
2. Efek yang tidak diinginkan

- Efek samping : adalah segala sesuatu khasiat yang tidak diinginkan untuk tujuan terapi yang dimaksudkan pada dosis yang dianjurkan, misalnya rasa mual pada penggunaan digoksin, rasa kantuk pada penggunaan CTM.
- Idiosinkrasi : peristiwa dimana suatu obat memberikan efek yang secara kualitatif berlainan dari efek normalnya. Umumnya hal ini disebabkan oleh kelainan genetik pada pasien bersangkutan.
- Alergi : reaksi antara obat dengan tubuh yang membentuk antibodi sehingga seseorang menjadi hipersensitifitas terhadap obat tersebut.
- Fotosensitasi : adalah kepekaan berlebihan terhadap cahaya akibat penggunaan obat, terutama secara lokal.

Perbedaan Obat Tradisional Indonesia dengan Obat Modern

Tabel 3. Perbedaan Obat Tradisional/obat Herbal dengan Obat Modern⁹

	Obat moderen	Obat tradisional/ obat herbal
Kandungan senyawa –kimia	Satu atau beberapa dimurnikan/sintetik	Campuran banyak senyawa alami
Zat aktif	Jelas	Sering tidak diketahui/atautidak pasti
Kendali mutu	Relatif mudah	Sangat sulit
Efektivitas dan keamanan	Ada bukti ilmiah, uji klinik	Umumnya belum ada bukti ilmiah/uji klinik



Gambar 1. Konsep Pengembangan Obat Bahan Alam Indonesia

UJI TOKSISITAS

- Uji toksisitas **akut**: suatu pengujian untuk mendeteksi efek toksik yang muncul dalam **waktu singkat** setelah pemberian zat uji dalam **dosis tunggal, atau dosis berulang** yang diberikan dalam **jangka waktu 24 jam**.
- Uji toksisitas **subkronis** : suatu pengujian untuk mendeteksi efek toksik yang muncul setelah pemberian zat uji dengan **dosis berulang** pada hewan uji selama **sebagian umur hewan**, tetapi **tidak lebih dari 10%** seluruh umur hewan.
- Uji toksisitas **kronis** : suatu pengujian untuk mendeteksi efek toksik yang muncul setelah **pemberian zat uji secara berulang sampai seluruh umur hewan**.

Uji toksisitas kronis

- Diperlukan jika uji toksisitas akut tidak menghasilkan efek, maka bukan berarti toksikan tidak bersifat toksik. Oleh karena itu perlu uji kronis.
- Percobaan ini dilakukan dengan memberikan dosis tertentu bahan kimia terhadap hewan percobaan melalui penelanan atau inhalasi terhadap bahan kimia yang sedang diuji selama masa hidupnya.
- Untuk mencit dapat memakan waktu hingga 2 tahun sedangkan untuk tikus sedikit lebih singkat.

TIPE TOKSISITAS SPESIFIK

- Uji toksisitas yang menentukan efek suatu zat dengan adanya zat-zat tambahan yang mungkin secara bersama-sama dijumpai, dan dimana toksisitas dari satu zat atau yang lain diperkuat yaitu uji potensi.
- Uji toksisitas untuk menentukan efek atas janin (fetus) pada hewan hamil yakni uji teratogenik.
- Uji toksisitas untuk menentukan efek atas kemampuan reproduktif hewan eksperimental yakni uji reproduksi.
- Uji toksisitas untuk menentukan efek pada sistem kode genetika, yakni uji mutagenik.
- Uji toksisitas untuk menentukan kemampuan zat untuk menimbulkan tumor, yakni uji kemampuan tumorigenisitas dan karsinogenisitas.
- Uji toksisitas efek lokal untuk menentukan bilamana zat-zat itu dipakai secara langsung pada kulit dan mata.
- Uji toksisitas untuk menentukan efek zat atas berbagai macam pola tingkah laku hewan, yakni uji perilaku.

MATERI 8

UTS (UJIAN TENGAH SEMESTER)

INDIKATOR CAPAIAN KOMPETENSI

- Mahasiswa Dapat Menjelaskan Contoh/ Studi Kasus Toksikologi Lingkungan Dan Menganalisa Cara Pengelolaannya/ Kelompok
- Keaktifan serta keterlibatan mahasiswa dalam presentasi, tanya jawab. Serta pemahaman tentang topik yang dipilih.

Contoh Topik Toksikologi Lingkungan:

1. Toksikologi Logam Berat
2. Toksikologi Bahan Pestisida
3. Toksikologi Tanaman dan Hewan
4. Toksikologi Radioaktif

TUGAS MAKALAH UTS (35 %) , PRESENTASI KELOMPOK

3 KELOMPOK.

1. Membuat Makalah Pencemaran Lingkungan dan Kesehatan Perkelompok
2. Bagi Kelompok disesuaikan dengan jumlah mahasiswa
3. Membuat presentasi dari makalah kelompok minimal 10 halaman lengkap dengan video yang mendukung maksimal 3 menit.
4. Dipresentasikan maksimal 15 menit, tanya jawab 15 menit. (1 kelompok alokasi waktu total 30 menit). $30 \times 3 = 90$ menit di pertemuan selanjutnya
Jumat/ Sabtu.

MATERI 9

TOKSIKOLOGI LIMBAH INDUSTRI DAN BMAL

INDIKATOR CAPAIAN KOMPETENSI

- Mahasiswa dapat menjelaskan Toksikologi Limbah Industri Dan BMAL
- Keaktifan mahasiswa dalam diskusi serta keterlibatan/partisipasi mahasiswa

Toksikologi adalah Ilmu yang menetapkan batas aman dari bahan kimia dan mempelajari kerusakan/cedera, efek & kerja kimia suatu materi substansi/energi, racun pada organisme. Sedangkan Toksikologi Lingkungan adalah ilmu yang mempelajari racun kimia dan fisik yang dihasilkan dari suatu kegiatan dan menimbulkan pencemaran lingkungan.

Istilah lainnya:

- Toksin = Racun: Zat yang bila masuk dalam tubuh dalam dosis cukup, bereaksi secara kimiawi dapat menimbulkan kematian/kerusakan berat pada orang sehat, Zat yang dalam dosis kecil dapat mengakibatkan kerusakan pada jaringan hidup.
- Intosikasi = keracunan: Keadaan tidak normal akibat efek racun
- Toksisitas: Kemampuan racun menimbulkan kerusakan apabila masuk dalam tubuh atau organ yang rentan terhadapnya.
- Xenobiotik: Bahan asing bagi tubuh organisme (zat kimia), Racun termasuk xenobiotic.
- Ekokinetika: Kinetik atau gerak suatu racun di dalam ekosistem.

- Pajanan/ Pemajanan: Pengetahuan tentang pajanan adalah suatu faktor sebagai kausa penyakit berguna untuk mencegah dan mengendalikan penyakit pada populasi, dengan cara mengeliminasi, menghindari atau mengubah kausa. Pemajanan merupakan kontak antara manusia dengan komponen lingkungan yang memiliki potensi bahaya, sehingga dapat dikatakan bahwa pemajanan sama dengan keterpaparan. Dalam mempelajari angka kejadian dengan menggunakan pendekatan epidemiologi dikenal istilah pemajanan atau disebut juga keterpaparan.
- Polutan: Sifatnya bisa merusak untuk waktu sementara dan juga merusak dalam jangka waktu yang lama.



Gambar 2.1: Ilustrasi toksikologi lingkungan air oleh sampah.

Sumber: <http://arwiyo.blogspot.com/2012/01/pengertian-polutan.html>

Limbah dapat menjadi polutan bila:

1. Jumlahnya melebihi jumlah normalnya.
2. Berada pada tempat yang tidak semestinya.
3. Berada pada waktu yang tidak tepat



Gambar 2.2: Kriteria Polutan.

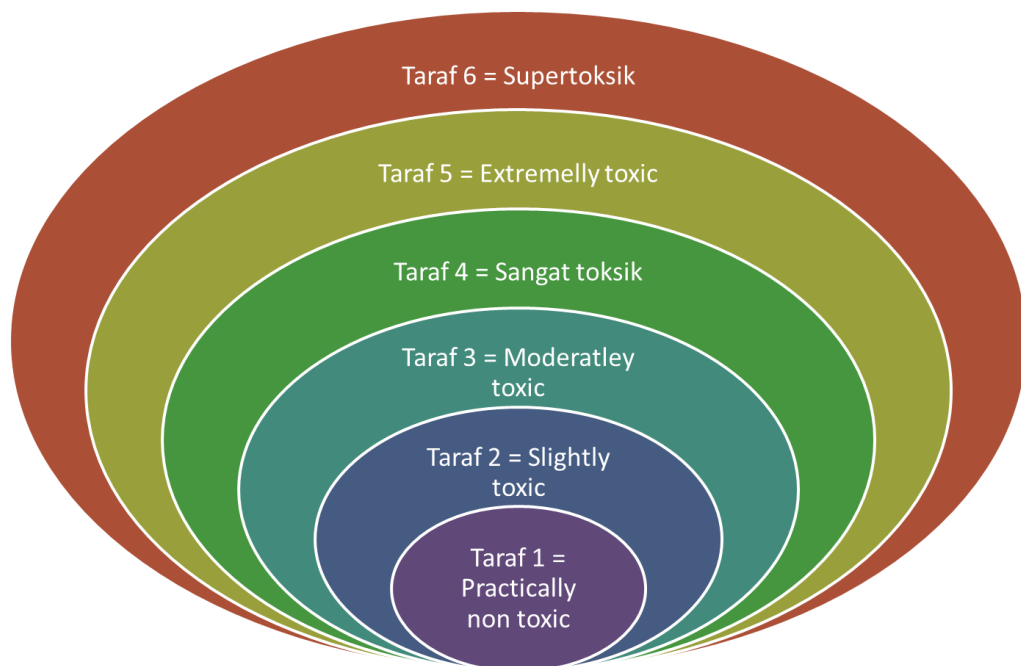
Sumber: <http://arwiyo.blogspot.com/2012/01/pengertian-polutan.html>

Taraf toksisitas polutan ditentukan oleh :

1. Jenis spesies uji,
2. Pola entri polutan,
3. Frekuensi dan lamanya paparan,
4. Konsentrasi polutan,
5. Bentuk, sifat kimia/fisika polutan,

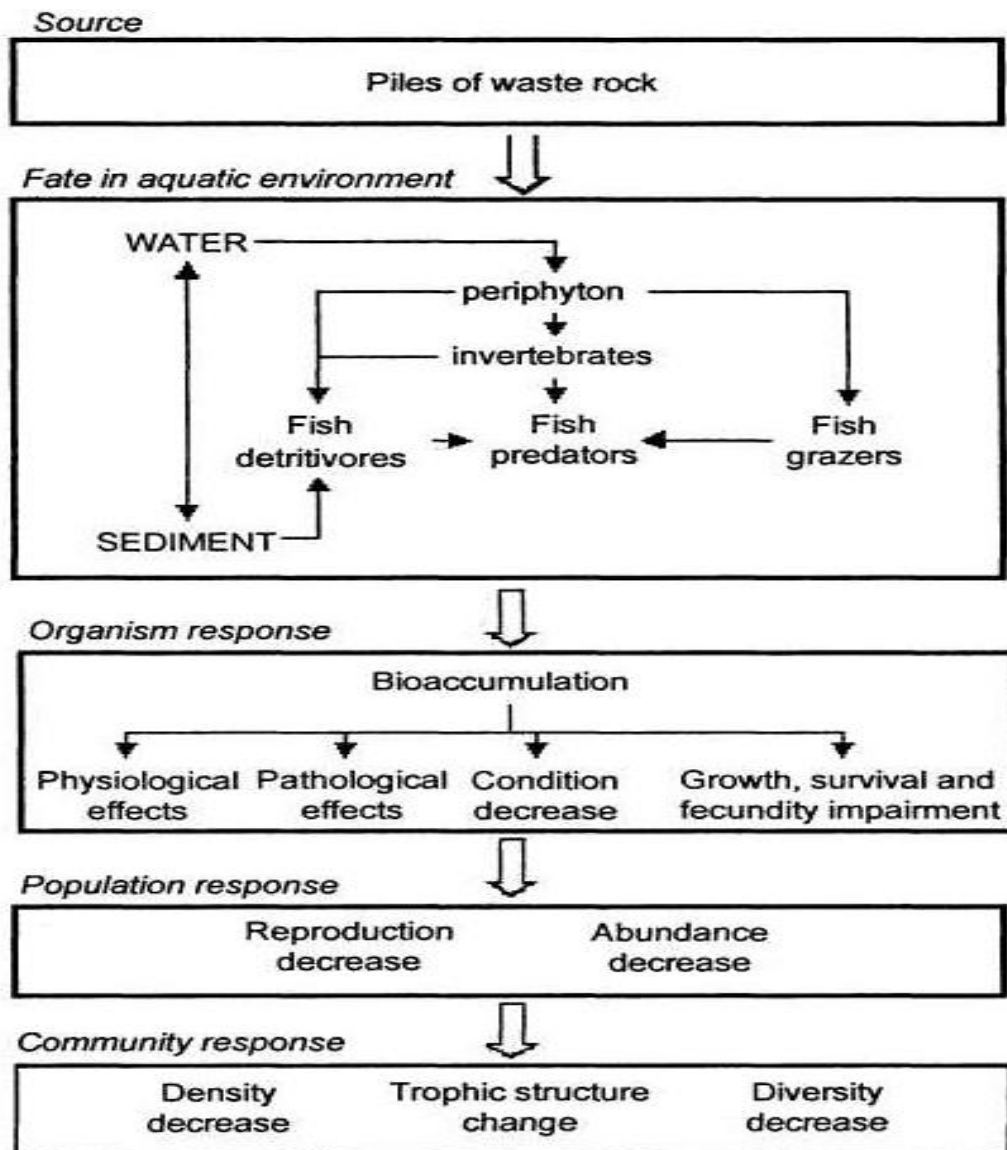
6. Kerentanan spesies terhadap pencemar.

Taraf Toksisitas Polutan



Tabel 2.1 Jenis Polutan

Jenis Polutan:	Sub Jenis Polutan
1. Sifat	Biodegradable Non biodegradable
2. Bentuk	Padat Cair Gas
3. Bahan Pencemar	Kimiawi Biologi Fisik Suara
4. Tingkat Pencemaran	Ringan Kronis Akut

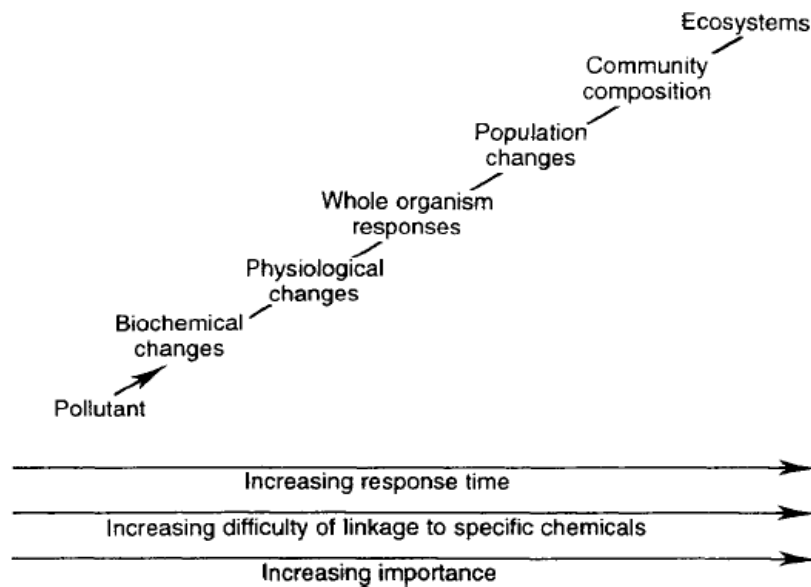


Gambar 2.3: Masuknya Polutan Dalam Ekosistem
 Sumber: (Puspitasari, 2007).

Mekanisme Karsinogenitas ada 2 macam:

- Epigenetik: pembentukan protein dalam sel, melalui tahap translasi dan transkripsi, bila terjadi kelainan pembentukan protein pada fase ini akan terjadi mutasi DNA--> neoplasma.

- Non Epigenetik: bahan kimia karsinogen masih memerlukan promotor (misal: DDT, klordan) untuk dapat menimbulkan efek neoplasma pada sel normal.



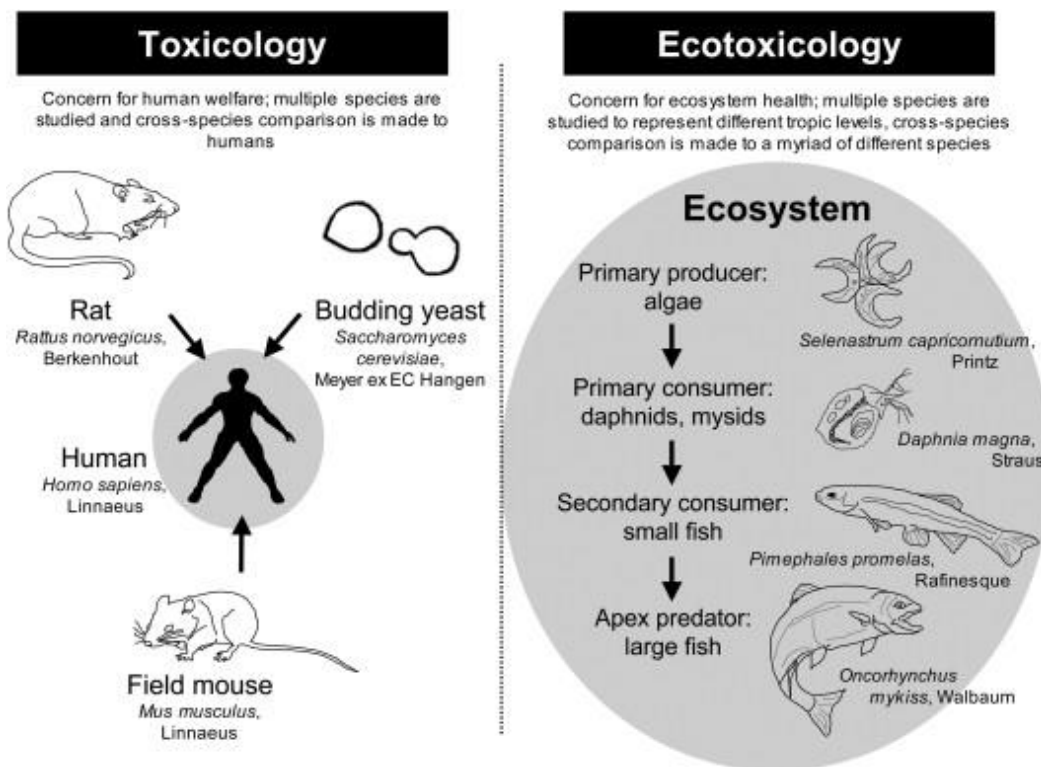
Gambar 2.4: Pentingnya Ekotoksikologi
Sumber: (Walker et al., 2001)

Perjalanan Bahan Toksik pada tubuh manusia:

1. Port d' entry: hidung, mulut, kulit, mukosa
2. Absorpsi: sal. cerna, kulit, paru-paru
3. Distribusi: darah barrier/sawar seluruh tubuh

4. Biotransformasi: hati, paru-paru, lambung, usus, kulit, ginjal
5. Ekskresi: urin, hati, paru-paru

Lama pemaparan terhadap tubuh manusia sangat mempengaruhi jumlah bahan kimia beracun masuk ke dalam tubuh.



Gambar 2.5: Toxicology Perbedaan Ekotoksikologi dan Toxicology
 Sumber: (Poynton et al., 2008).

Zat-zat toksik yang merusak fungsi tubuh manusia:

- Kulit : pelarut organik, arsenic, akrilic, epoxy resin, nickel, nitrogliserin,
- Paru2 : asbestos, silika, debu kapas, cadmium, emisi disel, khlorin, ammonia,
- Saluran Pencernaan : Pb, welding fume, nitrosamin, asbestos,

- Dalam sirkulasi darah : karbon monoksida, vinil chloride, triklor etilen, phospor.

B. INDIKATOR BAKU MUTU LINGKUNGAN (BML)

- BML (Baku Mutu Lingkungan) pada emisi: NAB/Nilai Ambang Batas (TLV/*Threshold Limit Value*)
- BML pada tempat kerja: NAB (TLV)
- BML di lingkungan: BML
- BML pada sistim biologis: BEI (*Biological Exposure Indices*)

Glossary

NAB	Nilai Ambang Batas
TLV	Threshold Limit Value
TWA	Time Weighed Average
STEL	Short Term Exposure Limit
PSD	Pemajanan Singkat Diperkenankan
C	Ceiling
KTD	Kadar Tertinggi Diperkenankan

Pengertian:

- Nilai Ambang Batas (NAB)
- *Threshold Limit Values Time Weighed Everage* (TLV TWA) adalah: Kadar bahan kimia di udara tempat kerja yang merupakan pedoman

pengendalian agar pekerja masih dapat menghadapinya, diharapkan tidak mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan atau kenikmatan kerja dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak boleh lebih dari 8 jam sehari dan 40 jam seminggu

- STEL (*Short term exposure limit*): maks 15 menit, 4 kali sehari
- Ceiling Limit (KTD): kadar tertinggi tidak diperkenankan

Kategori NAB:

NAB	Keterangan
TLV-TWA = Rata-rata selama jam kerja = NAB	Kadar pemaparan 8 jam/hari-40 jam seminggu, tanpa gangguan kesehatan/penyakit
TLV- STEL =Pemaparan singkat = PSD	Kadar pemaparan > 15 menit - < 4 jam/hari tanpa gangguan kesehatan, narkose
TLV-C = Tertinggi = KTD	Kadar tertinggi yang tidak boleh dilewati selama melakukan pekerjaan

Terdapat ribuan jenis bahan kimia yang dihasilkan dalam industri sehingga perlu diupayakan dalam mengurangi toksikologi nya adalah dengan cara:

1. Survei pendahuluan mengenal bahan kimia yang terdapat di industri,
2. Mengetahui proses produksi dengan mempelajari alur proses dan keluhan kesehatan oleh pekerja,
3. Mempelajari MSDS (*Material Safety Data Sheet*) atau Lembar Data Bahan Kimia. Note: yakni suatu dokumen teknik yang memberikan

informasi tentang komposisi karakteristik, bahaya fisik dan potensi bahaya kesehatan cara penanganan dan penyimpanan bahan yang aman.

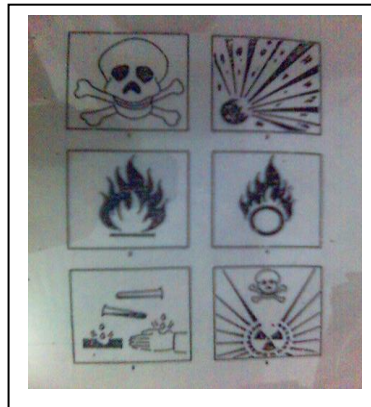
Threshold Limits Values

	TLV-TWA (ppm)
Carbon Monoxide:	50
Chlorine:	0.5
Formaldehyde:	1
Methyl Alcohol:	200
Methyl Ethyl Ketone:	200
Phosgene:	0.1
Turpentine:	100

ppm: *parts per million by volume*

Gambar Tanda Bahaya Bahan Kimia:

1. Bahaya keracunan
2. Bahaya ledakan
3. Bahaya kebakaran
4. Bahaya oksidasi
5. Bahaya korosi
6. Bahaya radiasi mengion



MATERI 10

TOKSIKOLOGI PENCEMARAN UDARA

INDIKATOR CAPAIAN KOMPETENSI

- Mahasiswa dapat menjelaskan Toksikologi Pencemaran Udara
- Keaktifan mahasiswa dalam diskusi serta keterlibatan/partisipasi mahasiswa



Pencemaran Udara : Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Sumber polusi utama: Transportasi, Industri, Rumah tangga.

Konsentrasi polutan udara adalah relatif kecil sedangkan volumenya sangat besar, Pengendalian pencemaran udara adalah upaya pencegahan dan /atau penanggulangan pencemaran udara serta pemulihan mutu udara.

Emisi Udara

1. Emisi adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar;
2. Sumber emisi adalah setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan emisi dari sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak, maupun sumber tidak bergerak spesifik;
3. Sumber bergerak adalah sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kendaraan bermotor;
4. Sumber bergerak spesifik adalah sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kereta api, pesawat terbang, kapal laut dan kendaraan berat lainnya;
5. Sumber tidak bergerak adalah sumber emisi yang tetap pada suatu tempat;
6. Sumber tidak bergerak spesifik adalah sumber emisi yang tetap pada suatu tempat yang berasal dari kebakaran hutan dan pembakaran sampah

Konsentrasi polutan dipengaruhi: tinggi-rendah tempat, keadaan cuaca.

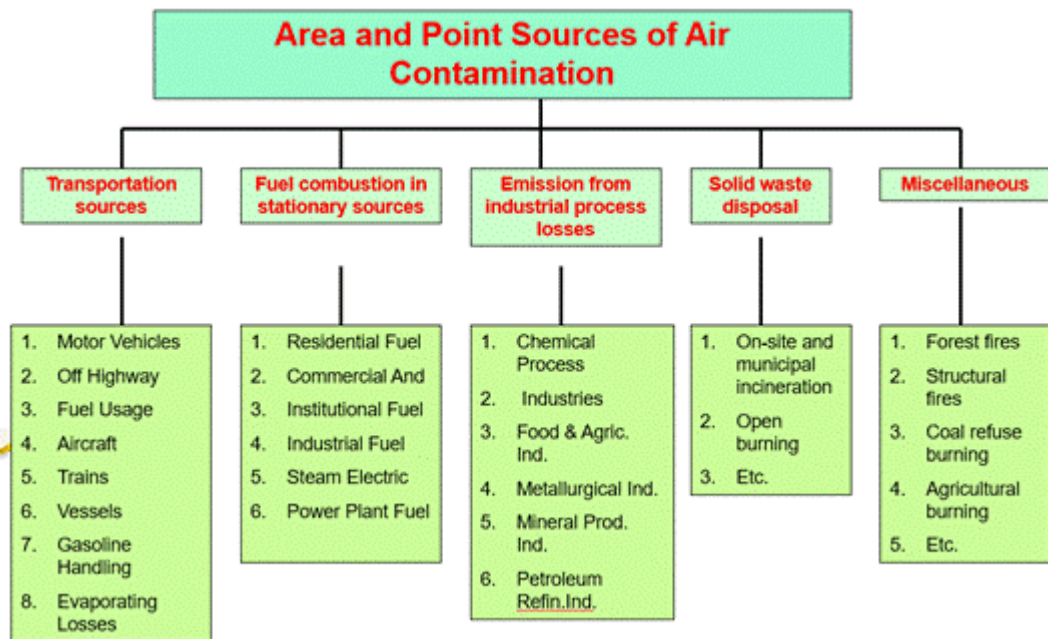
Pergerakan atmosfer udara dipengaruhi oleh:

- Arah angin

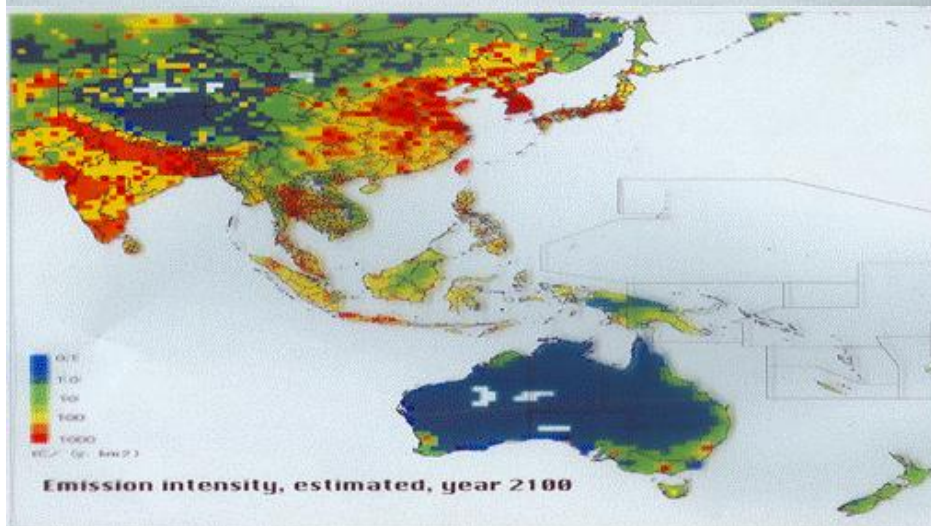
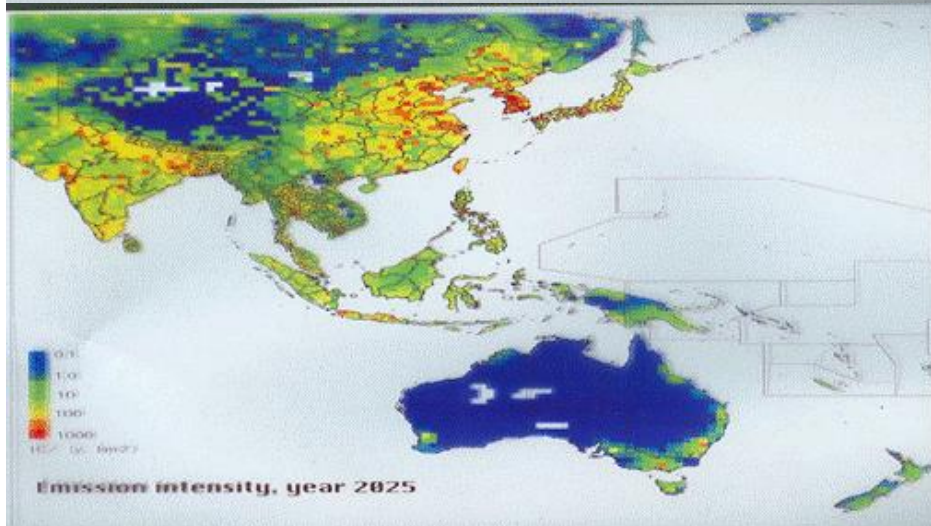
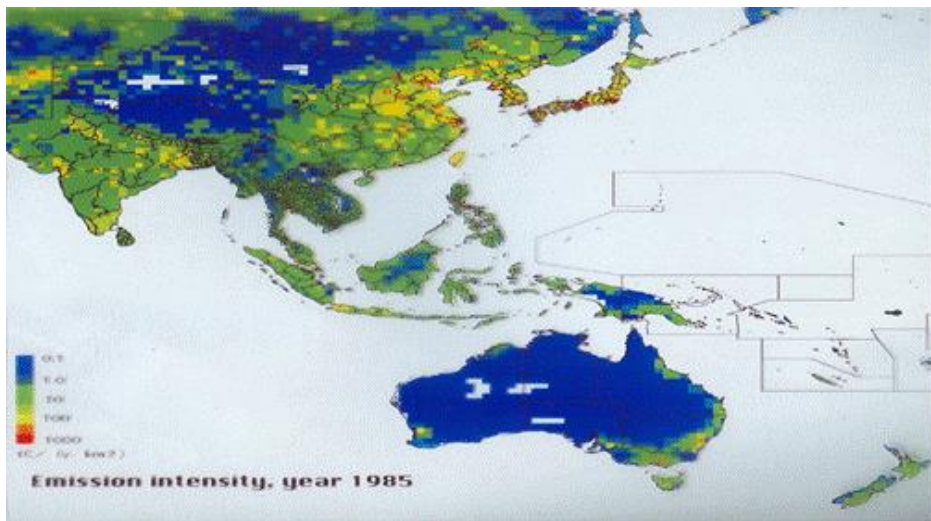
- Kecepatan angin
- Perubahan angin
- Pergerakan suhu panas
- Pengaruh tinggi/rendah/permukaan

Pergerakan polusi udara dipengaruhi oleh :

1. Lokal (dalam industri, desa, kota)
2. Regional (berberapa negara terdekat)
3. Global (perubahan cuaca dunia)



Dampak Pada Lingkungan Wilayah Internasional



Contoh : Sumber dan sifat limbah pada industri kulit

No	Bentuk limbah	Sumber limbah	Sifat limbah
1	Gas buang	<ul style="list-style-type: none"> - proses basah - Mesin pengecatan - Proses pengolahan - Proses pengolahan limbah - Boiler - Diesel Dsb 	Korosif
2	Partikel Debu	<ul style="list-style-type: none"> Mesin penyerutan (shaving) Mesin Pengecilan ukuran (grinder) Mesin pengampelasan Hasil pembakaran, transportasi Dsb 	Korosif

Beberapa Jenis Pencemar Udara Dan Pengaruhnya Terhadap Manusia

Jenis pencemaran udara	Pengaruh terhadap manusia
1. Karbon monoksida (CO)	1. Menurunkan kemampuan darah membawa oksigen, melemahkan berfikir, penyakit jantung, pusing, kelelahan, sakit kepala dan kematian.
2. Sulfur dioksida (SO ₂)	2. Memperberat penyakit saluran pernafasan, melemahkan pernafasan dan iritasi mata
3. Nitrogen oksida (NO _x)	3. Memperberat penyakit jantung dan pernafasan, dan iritasi paru-paru.
4. Hidrokarbon	4. Mempengaruhi sistem pernafasan, beberapa jenis dapat menyebabkan kanker
5. Oksigen fotokimia (O ₃)	5. Memperberat penyakit jantung dan pernafasan, iritasi mata, iritasi kerongkongan dan saluran pernafasan.
6. Debu	6. Penyakit kanker, memperberat penyakit jantung dan pernafasan, batuk, iritasi kerongkongan dan dada tak enak.
7. Amonia (NH ₃)	7. Iritasi saluran pernafasan.
8. Hidrogen sulfida (H ₂ S)	8. Mabuk (pusing), iritasi mata dan kerongkongan dan racun pada kadar tinggi
9. Logam dan senyawa logam	9. Menyebabkan penyakit pernafasan, kanker, kerusakan syaraf dan kematian.

Pengaruh polutan udara berakibat kepada:

- Manusia
- Binatang / hewan
- Tanaman
- Barang-barang

Terhadap manusia :

- Akut : Konsentrasi tinggi dalam waktu pendek
 - pernapasan, paru-paru, dan kematian
- Kronis : Konsentrasi rendah dalam waktu yang lama (menahun)
 - kanker pernapasan, penyakit paru-paru dan hati

Efek terhadap Hewan, Tanaman dan Barang- barang,

1.Hewan / binatang:

- Pernapasan
- Penurunan produksi ternak

2. Tanaman:

- Perubahan warna daun
- Gugur daun
- Penurunan produksi
- Kematian

3. Barang-barang:

- Penurunan warna
- Korosif / karat

- Penutupan debu/tanah
- pemucatan / penampakan

Prinsip pengendalian pencemaran udara

- Pada titik sumbernya (At the source).
- Dengan cara mencegah teremisi ke atmosfer, lahan dan tangani sebelum tersebar ke atmosfer.

Metoda Penanganan pada industri untuk mencegah pencemaran udara adalah sebagai berikut:

1. Penggantian/ perubahan bahan baku
2. Lebih mengefisienkan operasi dan peralatan
3. Perubahan operasi
4. Modifikasi atau penggantian peralatan proses
5. Adopsi alternatif metoda

“Kesuksesan penanggulangan pencemaran (tanah, air, dan udara) hendaknya tidak dipandang dan dilaksanakan hanya melalui satu bidang ilmu kajian saja. Kerja sama yang baik dari beberapa bidang ilmu dan juga metode akan mengefektifkan pembersihan pencemaran, sehingga pembersihan bisa dilakukan dengan akurat dan tidak perlu diulang pada masa-masa mendatang (once execution method)”

MATERI 11-12

TOKSIKOLOGI PENCEMARAN MAKANAN

INDIKATOR CAPAIAN KOMPETENSI

- Mahasiswa dapat menjelaskan Toksikologi Pencemaran Makanan.
- Keaktifan mahasiswa dalam diskusi serta keterlibatan/partisipasi mahasiswa



Pencemaran Makanan Dan Kesehatan Adalah: Upaya untuk mengendalikan faktor makanan, orang, tempat dan peralatan/ perlengkapannya, yang dapat atau mungkin dapat menimbulkan penyakit dan atau gangguan kesehatan lainnya.

Diperolehnya makanan yg sehat, aman, dan diterima masyarakat /konsumen, dan produktif.

Kerusakan / Keracunan Makanan:

Bahaya keracunan makanan adalah:

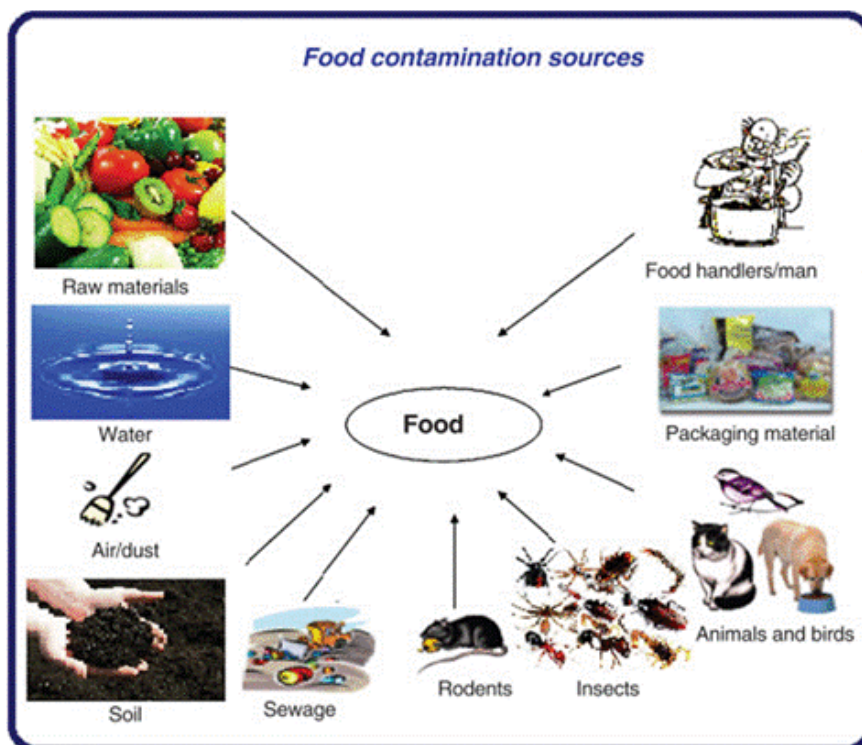
- a) Sumber, dapat menularkan kepada orang lain sebagai pembawa kuman.
- b) Kehilangan produktifitas karena tubuh menjadi lemah, kesadaran menurun, dan gangguan kesehatan lainnya.
- c) Pemborosan ekonomi karena akibat dari keracunan mengeluarkan biaya pengobatan dan rehabilitasi.



Tanda-tanda Umum Keracunan Makanan:

- a) Keracunan infeksi bakteri biasanya ditandai dengan demam, sakit kepala, mual, sakit perut dan diare.
- b) Keracunan karena toksin bakteri biasanya ditandai dengan demam, sakit kepala, mual, sakit perut, disertai dengan lemah badan, diare kadang bercampur dengan darah.
- c) Keracunan kimia akibat pestisida atau logam berat, ditandai dengan badan lemah, kesadaran menurun, tubuh dingin, mual muntah, kadang mulut berbusa, biasanya menimbulkan kematian.
- d) Keracunan karena racun alam ditandai dengan demam, sakit kepala, mual, sakit perut, kejang, sakit otot, dan kadang diare.

Sumber dari keracunan makanan tersebut dapat berasal dari:





PENGAWET BERBAHAYA

BORAKS

Baso, mie basah, pisang molen, lempur, buras, siomay, lontong, ketupat, dan pangsit lebih kompak (kenyal) teksturnya dan memperbaiki penampakan antiseptik dan pembunuh kuman



FORMALIN

Tahu & mie basah mengawetkan mayat & organ tubuh

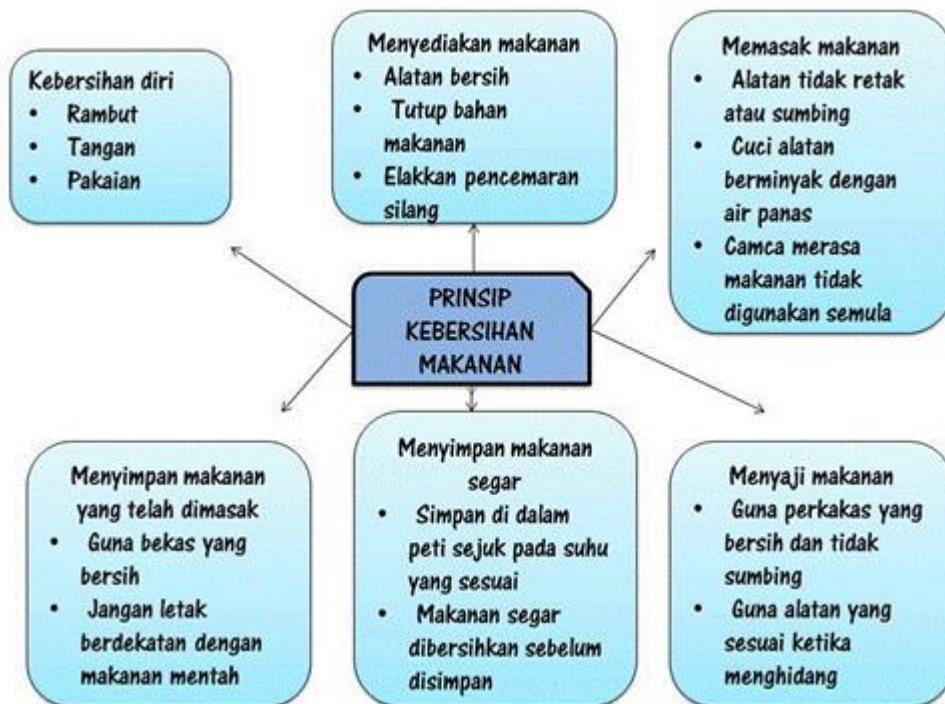


Direktorat Surveilan Dan Penyuluhan Keamanan Pangan

Cara Pengawasan Kontaminasi Makanan

Suhu Optimum untuk Penyimpanan Jenis Sayur-sayuran:

Bahan	Suhu Terbaik	Kerusakan jika di bawah suhu optimum
Buncis	7.5 –	Bopeng, lembek, kemerahan
Kentang	10	Coklat (browning)
Ketimun	4,5	Bopeng, lembek, busuk
Kol ⁺⁺)	7,5	Garis-garis coklat tangkai
Terung ⁺⁺)	0	Bintik-bintik coklat
Tomat hijau	7 – 10	Tidak berwarna jika masak, mudah
Tomat matang	13	menjadi busuk
Wortel ⁺⁺)	0 – 1,5	Pecah



Cara Pengawasan Kontaminasi Makanan

Enam Prinsip Hygiene Sanitasi Makanan

A. Prinsip 1, pemilihan bahan makanan

- 1) Bahan makanan yang mentah,
- 2) Bahan yang terolah pabrik,

B. Prinsip 2, penyimpanan bahan makanan

Yang perlu diperhatikan dalam penyimpanan bahan makanan

- 1) Suhu penyimpanan yang baik,
 - a) Makanan jenis daging, ikan, udang: Menyimpan sampai 3 hari :-5 – 0c,
 - c) Makanan jenis telur, susu, dan olahannya: - Penyimpanan sampai 3 hari :-5° sampai 7°c,
 - d) Makanan jenis sayuran dan minuman dengan waktu penyimpanan paling lama 1 minggu yaitu 7° sampai 10°c,
 - e) Tepung, biji-bijian dan umbi kering pada suhu kamar (25°c), suhu kamar pekanbaru???

C. Prinsip 3, pengolahan makanan

1. Pengolahan makanan yang baik adalah yang mengikuti prinsip-prinsip hygiene dan sanitasi,
2. Tempat pengolahan makanan adalah: Dapat dimana makanan diolah menjadi makanan,
3. Permukaan dalam dinding harus rata, tidak menyerap air, mudah dibersihkan, Ventilasi harus cukup,

4. Harus ada tempat sampah yang memenuhi persyaratan,
5. Tersedia saluran pembuangan air bekas

D. Prinsip 4, penyimpanan makanan masak

1. Tujuannya yaitu mencegah pertumbuhan dan perkembangan bakteri.
2. Mengawetkan makanan dan mengurangi pembusukan

E. Prinsip 5, pengangkutan makanan

- a) Setiap makanan mempunyai wadah masing-masing
- b) Isi makanan tidak terlampaui penuh
- c) Wadah yang digunakan harus utuh dan tertutup
- d) Pengangkutan untuk waktu yang lama harus diatur suhunya agar tetap panas 60c/ dingin 4c
- e) Menggunakan kendaraan khusus Tersedia saluran pembuangan air bekas

F. Prinsip 6, Penyajian Makanan

Prinsip alat bersih artinya setiap peralatan yang digunakan seperti wadah dan tutupnya, dus, pring, gelas, mangkuk harus bersih dan dalam kondisi baik. Bersih artinya sudah dicuci dengan cara yang higienis.

Prinsip-Prinsip Dasar Pencegahan Pencemaran Makanan Oleh Faktor Biologi, Kimia, Dan Fisik.

Makanan yang dikonsumsi hendaknya memenuhi kriteria bahwa makanan tersebut layak untuk dimakan dan tidak menimbulkan penyakit, diantaranya :

1. Berada dalam derajat kematangan yang dikehendaki
2. Bebas dari pencemaran di setiap tahap produksi dan penanganan selanjutnya.

3. Bebas dari perubahan fisik, kimia yang tidak dikehendaki, sebagai akibat dari pengaruh enzim, aktifitas mikroba, hewan pengerat, serangga, parasit dan kerusakan-kerusakan karena tekanan, pemasakan dan pengeringan.
4. Bebas dari mikroorganisme dan parasit yang menimbulkan penyakit yang dihantarkan oleh makanan (food borne illness).



Bahaya Fisika

Bahaya fisik adalah bahaya karena adanya cemaran-cemaran fisik seperti benda-benda asing yang dapat membahayakan manusia jika termakan, seperti pecahan gelas, pecahan lampu, pecahan logam, paku, potongan kawat, kerikil, stapler dan benda-benda asing lainnya.

Bahan pangan dapat mengalami kerusakan dengan kecepatan yang berbeda-beda tergantung pada jenisnya, seperti digolongkan sebagai berikut:

- Bahan pangan yang mudah rusak, misalnya bahan pangan yang berasal dari hewan seperti daging, susu, telur dan ikan.
- Bahan pangan yang agak mudah rusak, misalnya sayuran dan buah-buahan, dan
- Bahan pangan yang tidak mudah rusak, misalnya biji-bijian dan kacang-kacangan yang kering seperti gabah kering, jagung pipil kering dan kacang kedelai kering.



Bahaya Kimia

Bahan Kimia Timbul Dalam Pangan :

- Bahan pangan seperti sayuran dan buah-buah dapat tercemar pestisida
- Sayuran dapat tercemar logam berbahaya karena selalu disiram dengan air sungai yang tercemar oleh logam berbahaya dari buangan industri kimia.
- Beberapa jenis ikan laut mengandung racun alami yang dapat membahayakan manusia jika termakan.
- Kacang tanah telah berjamur mungkin ditumbuhi kapang *Aspergillus flavus* yang menghasilkan sejenis racun yang disebut aflatoksin.
- Tempe bongkrek dapat tercemari racun bongkrek sebagai akibat dari proses pembuatan yang salah.

Controlling Chemical Contamination

Hand Wash

Wash hands properly to ensure no soap, cosmetics, cream etc. go into the food

No Cleaning Agents Near Food

Keep the cleaning chemicals organized away from food.



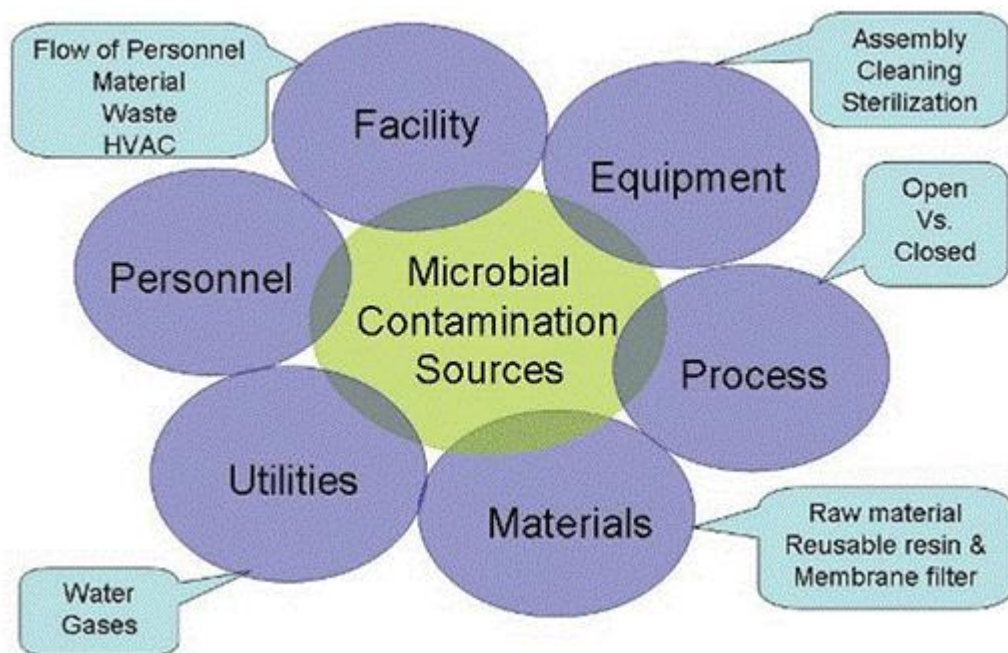
© 2010 Nestlé

Bahaya Biologi

Bahaya biologis adalah bahaya berupa cemaran mikroba penyebab penyakit (patogen), virus, dan parasit yang dapat menyebabkan keracunan atau penyakit jika termakan oleh manusia.

Cemaran mikroba ini berasal dari udara, tanah air dan tempat-tempat lainnya yang kotor. Demikaian juga virus hepatitis A dan parasit misalnya cacing dapat berasal dari lingkungan yang kotor.

Umumnya cemaran mikroba dibawa oleh hama yaitu serangga seperti lalat, kecoa dan binatang pengerat seperti tikus, dan binatang pembawa penyakit lainnya.



Cara Menghindari Dari Bahaya Dalam Pangan

1. Untuk menghindari bahaya fisik, gunakan hanya bahan yang sudah bersih dari kerikil, dan/atau cemaran fisik lainnya. Sortasi dan mencuci adalah tahap-tahap pengolahan yang baik untuk menghindari bahaya fisik.
2. Untuk menghindari bahaya kimia, jauhkan atau lindungi bahan pangan dari cemaran kimia, misalnya dengan mengolah pangan di tempat yang jauh dari sumber pencemaran seperti tempat penyimpanan pupuk, insektisida, oil dan sebagainya. Menggunakan bahan pangan yang bersih bebas pestisida adalah cara lainnya untuk menghindar dari bahaya kimia.
3. Untuk menghindari bahaya biologis, jauhkan atau lindungi bahan pangan atau makanan dari cemaran mikroba, misalnya dengan cara melindungi (menutup) bahan pangan atau makanan dari serangan hama seperti lalat, kecoa, tikus dan binatang pembawa penyakit lainnya. Memilih bahan pangan yang bermutu baik adalah suatu cara yang paling utama dalam menghindari bahaya biologis.

The four steps to food safety



ontario.ca/safefoodfacts

Hubungan antara kebersihan dan sumber penyakit

HYGIENE & SANITASI : Hygiene ? Upaya kesehatan dalam memelihara dan melindungi kebersihan subyeknya.

- Kebiasaan mencuci tangan
- Membuang bagian makanan yg rusak.
- Mandi minimal 2 kali sehari dalam memelihara & melindungi kebersihan badan.
- Menggunakan masker di tempat kerja yg berdebu.

Hubungan antara kebersihan dan sumber penyakit

Sanitasi ? Upaya kesehatan dgn cara memelihara dan melindungi kebersihan lingkungan dari subyeknya.

- Kebiasaan mencuci tangan
- Menyediakan air bersih di industri.
- Menyediakan tempat sampah di tempat kerja.
- Menyediakan kamar kecil di tempat kerja.
- Menyediakan kamar mandi sesuai persyaratan.
- Menyediakan ventilasi dapur yang sesuai.



HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point)

HACCP = Hazards Analysis Critical; of Control Points

adalah suatu alat (*tools*) yang digunakan untuk menilai tingkat bahaya, menduga perkiraan risiko dan menetapkan ukuran yang tepat dalam pengawasan, dengan menitikberatkan pada pencegahan dan pengendalian proses dari pada pengujian produk akhir yang biasanya dilakukan dalam cara pengawasan tradisional (Suklan, 1998).



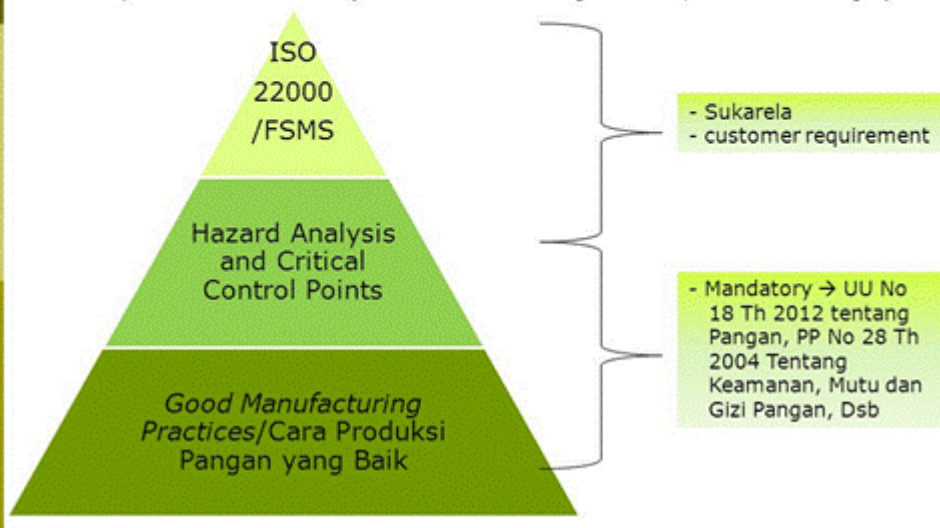
7 PRINSIP HACCP

- 1 Identifikasi bahaya potensial, analisa bahaya dan tindakan pengendalian
- 2 Menentukan Critical Control Point (CCP)
- 3 Menetapkan batas kritis untuk setiap CCP
- 4 Menetapkan sistem monitoring untuk CCP
- 5 Menetapkan tindakan koreksi
- 6 Menetapkan prosedur verifikasi
- 7 Dokumentasi



Sistem Keamanan Pangan

Keamanan Pangan (*Food Safety*) → kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia (PP No 28 Th 2004 Tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan)



MATERI 13

LIMBAH B3

INDIKATOR CAPAIAN KOMPETENSI

- Mahasiswa dapat menjelaskan Limbah B3
- Keaktifan mahasiswa dalam diskusi serta keterlibatan/partisipasi mahasiswa

Pengertian Limbah, B3 dan Limbah B3

- **Limbah** adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan
- **B3** adalah bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain
- **Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, disingkat Limbah B3** adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun

Ref : UU 32/2009 dan PP 101/2014

A. KARAKTERISTIK LIMBAH (B3)

Identifikasi Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) berdasarkan jenis, sumber dan karakteristik.

Jenis limbah B3 menurut jenis meliputi :

- Jenis B3 Padat
- Jenis B3 Fluid
- Jenis B3 Gas

Jenis B3 oleh sumber meliputi :

- Limbah B3 dari sumber tidak spesifik;
- Limbah B3 dari sumber spesifik;
- Limbah B3 dari bahan kimia kadaluarsa, tumpahan, mantan kemasan, dan buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi.

B3 (bahan berbahaya dan beracun)

Limbah berbahaya dan beracun (B3) adalah sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung B3. Sementara itu, sebagaimana didefinisikan dalam hukum 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan adalah bahan berbahaya dan beracun (B3) adalah zat, energi, atau komponen lain karena sifat, konsentrasi dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung secara tidak langsung, dapat mencemarkan, merusak lingkungan, Membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.

Yang meliputi antara limbah B3 lainnya adalah bahan baku yang berbahaya dan beracun yang tidak digunakan lagi karena rusak, sisa kemasan, tumpahan, proses, dan kapal minyak yang digunakan memerlukan penanganan dan pengolahan khusus. bahan-bahan ini termasuk limbah B3 bila memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: mudah meledak, mudah terbakar, reaktif, beracun, infeksi, korosif, dan lain-lain, yang bila diuji dengan toksikologi dapat diketahui sebagai limbah B3.

Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun)

Bedasarkan Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) merupakan zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan, merusak lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.

Karakteristik Limbah B3:

a. Mudah meledak (*Explosive*)

Limbah mudah meledak pada suhu 25⁰C dan tekanan 760 mmHg. Pada kondisi tersebut limbah akan meledak dan menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi dan dapat dengan cepat merusak lingkungan sekitarnya. Contoh dari limbah yang mudah meledak adalah limbah laboratorium (asam prikat) dan limbah bahan peledak seperti pada pertambangan batu bara.

b. Mudah terbakar (*Flammable*)

Limbah mudah terbakar karena adanya kontak dengan udara, api atau bahan lainnya meskipun dalam suhu dan tekanan standar. Contoh limbah yang mudah terbakar adalah cat, tinta, dan pembersih logam.

c. Beracun

Limbah beracun karena mengandung bahan pencemar yang bersifat racun bagi makhluk hidup sehingga dapat menyebabkan keracunan, sakit bahkan kematian. Contoh limbah beracun adalah buangan pestisida dan pupuk kimia lainnya pada kegiatan pertanian.

d. Menyebabkan infeksi

Limbah dapat menyebabkan infeksi karena mengandung kuman penyakit. Salah satu contoh limbah yang dapat menyebabkan infeksi adalah jarum suntik yang digunakan berulang kali dapat menimbulkan infeksi bahkan dapat menularkan penyakit.

e. Berbahaya (*Harmful*)

Limbah berbahaya merupakan limbah (padat, cair atau gas) yang dapat menyebabkan bahaya terhadap kesehatan sampai pada tingkat tertentu melalui kontak inhalasi ataupun oral.

f. Berbahaya bagi lingkungan (*Dangerous to environment*)

Limbah berbahaya bagi lingkungan merupakan limbah yang dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan dan ekosistem.

g. Bersifat korosif (*Corrosive*)

Contoh limbah bersifat korosif adalah cairan aki mobil yang dapat menyebabkan pengkaratan pada besi dan baja.

Karakteristik limbah B3

Limbah peledak adalah limbah pada suhu dan tekanan standar 25°C, 760 mm Hg dapat meledak atau melalui reaksi kimia atau fisika dapat menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi yang dengan cepat dapat merusak lingkungan sekitarnya.

Limbah yang mudah terbakar adalah limbah yang memiliki salah satu sifat berikut :

- Limbah cair yang mengandung alkohol kurang dari 24% volume atau titik nyala tidak lebih dari 60 ° C (140 OF) akan menyala ketika terjadi kontak dengan api, percikan atau sumber pengapian lainnya pada tekanan udara 760 mmHg.
- Limbah yang tidak cair, yang pada suhu dan tekanan standar 25°C, 760 mm Hg dapat dengan mudah menyebabkan kebakaran melalui gesekan, penyerapan uap air atau bahan kimia spontan perubahan dan jika bisa menimbulkan kebakaran menyala terus-menerus.

Sebuah limbah bertekanan yang mudah terbakar.

Limbah oksidasi

Limbah beracun adalah limbah yang mengandung polutan yang beracun bagi manusia atau lingkungan yang dapat menyebabkan kematian atau penyakit yang serius jika masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan, kulit atau mulut. Penentuan toksisitas untuk identifikasi limbah ini dapat menggunakan konsentrasi baku mutu TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) polutan organik dan anorganik dalam limbah.

Jika limbah mengandung polutan yang terkandung satu, dengan konsentrasi sama atau lebih besar dari nilai dalam Lampiran II, sampah adalah limbah B3. Jika nilai ambang kontaminan tidak ditemukan dalam Lampiran II selanjutnya dilakukan uji toksikologi.

Limbah korosif adalah limbah yang memiliki salah satu sifat berikut :

- Menyebabkan iritasi (terbakar) pada kulit.
- Menyebabkan korosi pelat baja (SAE 1020) dengan laju korosi lebih besar dari 6,35 mm/tahun dengan temperatur pengujian 55 °C.
- Memiliki pH sama atau kurang dari 2 untuk limbah asam dan sama atau lebih besar dari 12,5 untuk alkaline.
- Limbah reaktif adalah limbah yang memiliki salah satu sifat berikut:
- Sampah yang dalam keadaan normal tidak stabil dan dapat menyebabkan perubahan tanpa peledakan.
- Limbah yang dapat bereaksi dengan air
- Limbah yang apabila dicampur dengan air berpotensi menimbulkan ledakan, menghasilkan gas, uap atau asap beracun dalam jumlah yang membahayakan bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

Penetapan Limbah B3



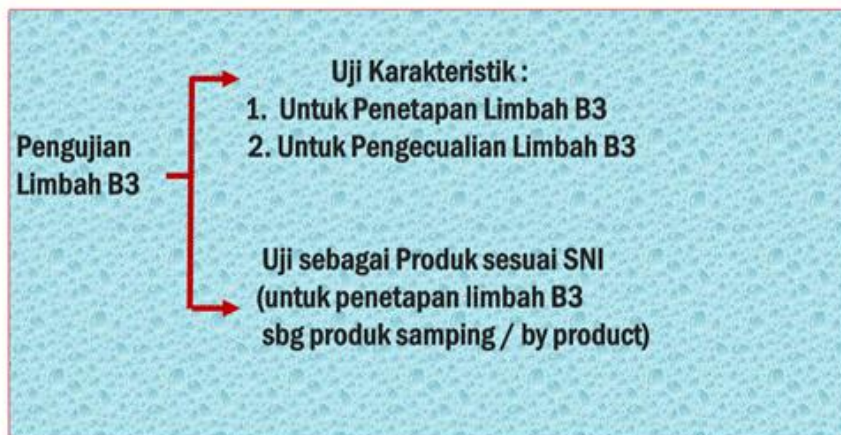
Definisi PENETAPAN LIMBAH B3 :

Limbah – limbah di luar daftar limbah B3 sebagaimana tercantum dalam Lampiran I PP 101/2014 yang terindikasi memiliki karakteristik limbah B3, Menteri Wajib melakukan uji karakteristik untuk mengidentifikasi limbah sebagai limbah B3 atau limbah Non B3.

Tata Cara Penetapan Limbah B3



Limbah B₃ berdasarkan Karakteristiknya



Laboratorium Uji

- menggunakan laboratorium **yang terakreditasi** untuk masing-masing uji.
- laboratorium yang menerapkan prosedur yang telah **memenuhi Standar Nasional Indonesia** mengenai tata cara berlaboratorium yang baik

B. PENGELOLAAN LIMBAH B3

Pengelolaan Limbah B3

Definisi



PENGELOLAAN LIMBAH B3

RISIKO

KATEGORI 1

KATEGORI 2

APA BEDA PENGELOLAAN MASING-MASING KATEGORI LIMBAH?

- PENYIMPANAN?
- PENGUMPULAN?
- PENGANGKUTAN?
- PEMANFAATAN?
- PENGOLAHAN?
- PENIMBUNAN?
- DUMPING?

Pengelolaan Limbah Non B3

- 1) Tetap dikelola dan dipantau jenis dan jumlah limbah yang dihasilkan
- 2) Limbah Non B3 yang dihasilkan tetap disimpan di Tempat Penyimpanan tersendiri sehingga tidak mencemari lingkungan
- 3) Tetap tercatat didalam log book limbah → bilamana akan dilakukan 3R oleh penghasil sendiri dan/atau diserahkan kepada pihak ketiga
- 4) Limbah Non B3 dapat dikelola mengikuti teknologi pengelolaan limbah B3
- 5) Tidak memerlukan mekanisme perizinan, namun apabila dikemudian hari terdapat penetapan menjadi limbah B3 maka tetap harus dikelola sebagai limbah B3
- 6) Limbah Non B3 tetap dilarang untuk diimpor masuk ke wilayah NKRI bilamana belum diatur oleh peraturan PUU lainnya
- 7) Limbah Non B3 dilarang untuk dibuang ke media lingkungan hidup
- 8) Limbah Non B3 dilarang untuk didumping tanpa izin
- 9) Pengaturan Tatacara pengelolaan Limbah Non B3, saat ini sedang dalam proses penyusunan.

Peraturan Pengelolaan Limbah B3



Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

BAB VII PENGELOLAAN B3 DAN LIMBAH B3

Pasal 59

- (1) Setiap Orang yang menghasilkan Limbah B3 wajib melakukan Pengelolaan Limbah B3 yang dihasilkannya.
- (2) Dalam hal B3 telah kedaluwarsa pengelolaannya mengikuti ketentuan Pengelolaan Limbah B3.
- (3) Dalam hal Setiap Orang tidak mampu melakukan sendiri Pengelolaan Limbah B3, pengelolaannya diserahkan kepada pihak lain .
- (4) Pengelolaan Limbah B3 wajib memiliki izin dari Menteri, gubernur, bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya.
- (5) Menteri, gubernur, bupati/walikota wajib mencantumkan persyaratan lingkungan hidup yang harus dipenuhi dan kewajiban yang harus dipenuhi Pengelola Limbah B3 dalam izin.
- (6) Keputusan pemberian izin wajib diumumkan.
- (7) Ketentuan lain mengenai Pengelolaan Limbah B3 diatur dalam Peraturan Pemerintah.

Pasal 60

Setiap orang dilarang melakukan dumping limbah atau bahan ke media lingkungan hidup tanpa izin.

Pasal 61

- (1) Dumping hanya dapat dilakukandengan izin dari Menteri, gubernur, bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya.
- (2) Dumping hanya dapat dilakukan di lokasi yang telah ditentukan.
- (3) Ketentuan lebih lanjut mengenai tata cara dan persyaratan dumping limbah atau bahan diatur dalam Peraturan Pemerintah.

TATA CARA MEMBACA PP 101/2014

UU 32/2009

CARA BACA PP 101/2014

- Pasal 59

- (1) Setiap orang yang menghasilkan limbah B3 wajib melakukan pengelolaan limbah B3 yang dihasilkannya.



SETIAP ORANG [PENGHASIL LIMBAH B3]

- (3) Dalam hal setiap orang tidak mampu melakukan sendiri pengelolaan limbah B3, pengelolaannya diserahkan kepada pihak lain.



JASA [PENGUMPUL, PEMANFAAT, PENGOLAH, PENIMBUN LIMBAH B3]

Prinsip-prinsip Pengelolaan Limbah B3

- | | | | |
|---|---|--|---|
| 1 | Kehati-hatian
<i>(Precautionary)</i> |  |  |
| 2 | Tanggung Jawab Mutlak
<i>(Strict Liability)</i> |  | |
| 3 | Pencemar Bertanggung Jawab
<i>(Polluter Pays)</i> |  | |

Prinsip-prinsip Pengelolaan Limbah B3

- | | | | |
|---|---|--|---|
| 4 | 3R
<i>Reduce, Reuse, Recycle/Recovery</i> |  |  |
| 5 | Pencemar Global
<i>Transboundary</i> |  |  |
| 6 | Good Environmental Governance |  |  |

APLIKASI Prinsip-prinsip

- 1 SEMUA LIMBAH WAJIB DIKELOLA
- 2 PENGELOLAAN LIMBAH B3 DIDASARKAN PADA RISIKONYA TERHADAP KESEHATAN & LINGKUNGAN
- 3 PENGELOLAAN LIMBAH B3 DILAKUKAN SECARA TUNTAS (*FROM CRADLE TO GRAVE*)
- 4 PENGELOLAAN LIMBAH B3 DILAKUKAN SECARA HIERARKIS (PENGURANGAN → PENIMBUNAN)
- 5 PELIBATAN *STAKEHOLDERS* DALAM PENYUSUNAN RPP, TIM AHLI LIMBAH B3

LIMBAH B3 TIDAK DIBUANG LANGSUNG KE LINGKUNGAN



LIMBAH B3 TIDAK DIBUANG LANGSUNG KE LINGKUNGAN



Permasalahan Penyimpanan LB3



Contoh Penyimpanan LB3 yg tidak memenuhi persyaratan



Penyimpanan sementara Limbah B3 yg Tidak sesuai Ketentuan

Penandaan LB3 (simbol & label) ?



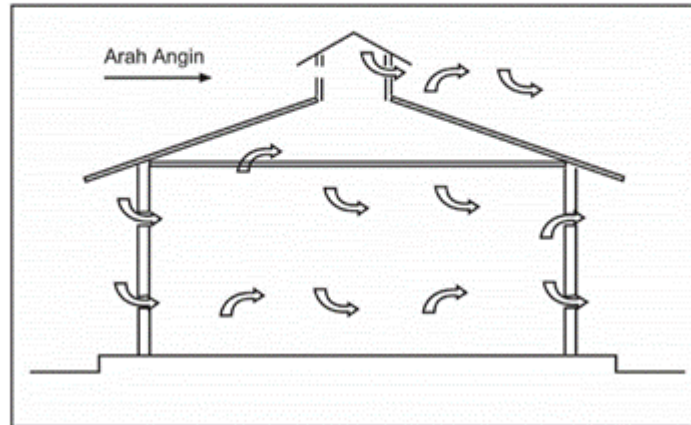
PRINSIP UMUM PENYIMPANAN LB3



Waktu Penyimpanan Limbah B3

Kategori Limbah B3	Jumlah Limbah B3 dihasilkan	Maksimal Waktu Penyimpanan		
		90 hari	180 hari	365 hari
Kategori 1 dan 2	≥ 50 kg/hari	√		
Kategori 1	< 50 kg/hari		√	
Kategori 2 dari sumber tidak spesifik	< 50 kg/hari			√
Kategori 2 dari sumber spesifik umum	< 50 kg/hari			√
Kategori 2 dari sumber spesifik khusus	Tidak dibatasi			√

CONTOH SISTEM SIRKULASI UDARA DALAM RUANG BANGUNAN PENYIMPANAN LIMBAH B3



**PENGOLAHAN
LIMBAH B3
MENGUNAKAN
INSINERATOR**



MATERI 14

PENGENDALIAN TOKSIKOLOGI LINGKUNGAN DAN MINIMILISASI LIMBAH

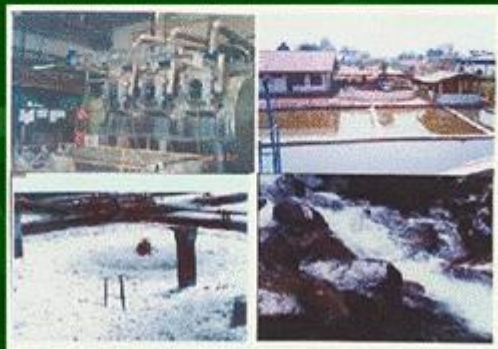
INDIKATOR CAPAIAN KOMPETENSI

- Mahasiswa dapat menjelaskan Pengendalian Toksikologi Lingkungan, dan Minimilisasi Limbah
- Keaktifan mahasiswa dalam diskusi serta keterlibatan/partisipasi mahasiswa

A. PROSEDUR MINIMISASI LIMBAH

Minimasi Limbah adalah:

Adalah upaya mengurangi volume, konsentrasi toksisitas dan tingkat bahaya limbah yang berasal dari proses produksi, dengan jalan mereduksi pada sumbernya dan memanfaatkan kembali limbah agar dapat membersihkan lingkungan dari limbah dan keuntungan ekonomis





Minimisasi Limbah

Definisi

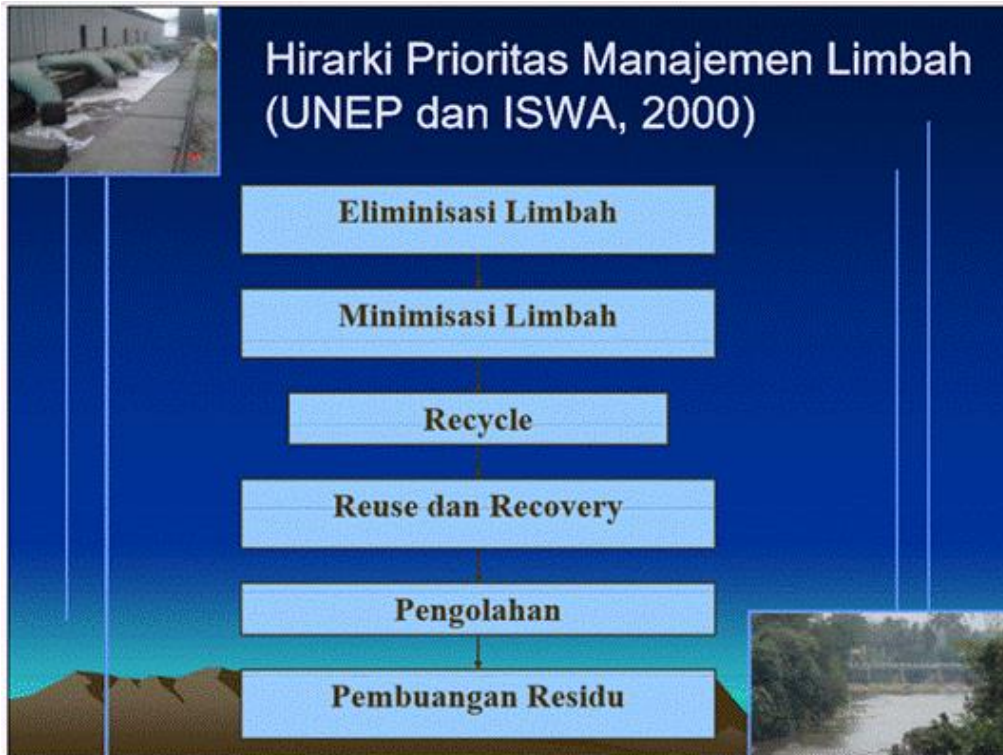
- UNEP & ISWA (2002) : suatu gambaran mengenai pengurangan limbah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir, dan termasuk pula pengurangan bahan baku serta daur ulang limbah
- OECD (2000) : minimisasi limbah merupakan suatu kegiatan pencegahan dan pengurangan pada bahan untuk meningkatkan kualitas dari limbah akhir yang dihasilkan dari berbagai proses yang berlangsung sampai dengan tempat pembuangan akhir.





Cara Minimisasi Limbah

- Mengklasifikasikan limbah berdasarkan kelompok sehingga dapat diolah dengan cara yang sama
- Pemisahan limbah, dimana limbah yang tidak berbahaya dapat dibuang dengan cara yang aman
- Penyimpanan yang aman
- Pengolahan untuk mengurangi sifat patogen yang terkandung pada limbah






Faktor-faktor yang Mempengaruhi Minimisasi Limbah



- Peraturan dan kebijakan pemerintah
- Kelayakan teknologi yang dimiliki
- Kelangsungan hidup
- Dukungan serta tanggung jawab dari manajemen



The slide lists factors that influence waste minimization. The background features a blue sky and brown mountains. A thought bubble in the bottom right corner shows a person working at a computer.



Penerapan Minimisasi Limbah

- Ada tiga tahapan utama dalam penerapan minimisasi limbah yaitu :
 1. Perencanaan dan struktur organisasi
 2. Mengidentifikasi limbah
 3. Penerapan, pengawasan dan pengontrolan



Aplikasi Minimisasi Limbah

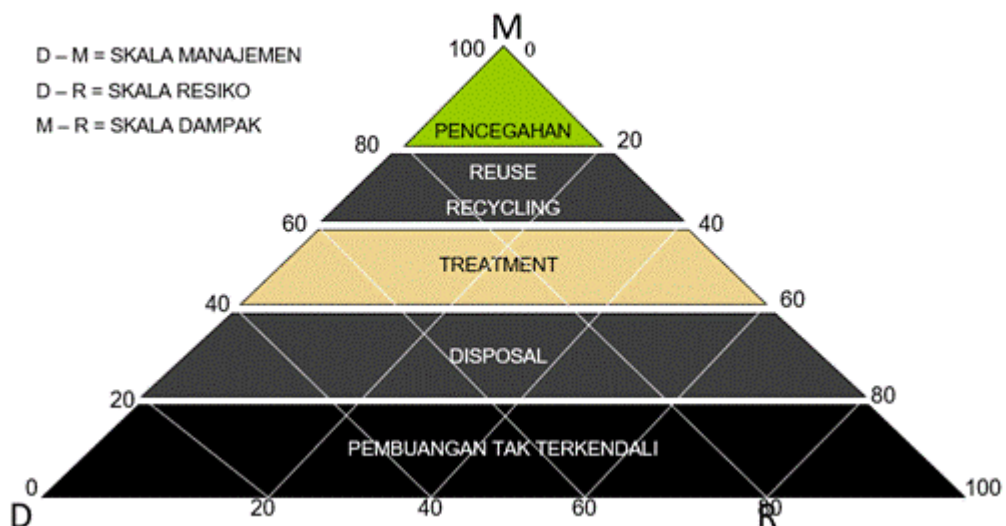
- Dimulai dari → Perbaikan Sistem Pengontrolan Persediaan
 - Menghindari kelebihan pembelian
 - Pemeriksaan produk sebelum penerimaan
 - Pemeriksaan persediaan secara berkala
 - Pemberian identitas produk atau label
 - Pemberian identitas masa pakai produk (expired date)
 - Penggunaan teknologi informasi untuk pengontrolan persediaan



PROSEDUR MINIMISASI LIMBAH



WASTE MANAGEMENT



MATERI 15

PRODUKSI BERSIH DAN ISO 14001

INDIKATOR CAPAIAN KOMPETENSI

- Mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan Produksi Bersih dan ISO 14001
- Keaktifan mahasiswa dalam diskusi serta keterlibatan/partisipasi mahasiswa

A. PRODUKSI BERSIH

Produksi bersih/*cleaner production*:

1. Menerapkan strategi preventif secara kontinu terhadap proses dan produk untuk mengurangi terjadinya risiko pencemaran pada manusia dan lingkungan.
2. Tidak menggunakan bahan B-3
3. Menghemat pemakaian bahan baku dan energi serta mereduksi jumlah dan toksisitas emisi serta buangan (eko-efisiensi)
4. Mereduksi dampak yang timbul di seluruh daur hidup produk (*life cycle of the product*) mulai dari bahan baku sampai pembuangan limbah
5. Menerapkan teknologi bersih dengan mengubah sikap dan perilaku agar sadar lingkungan.

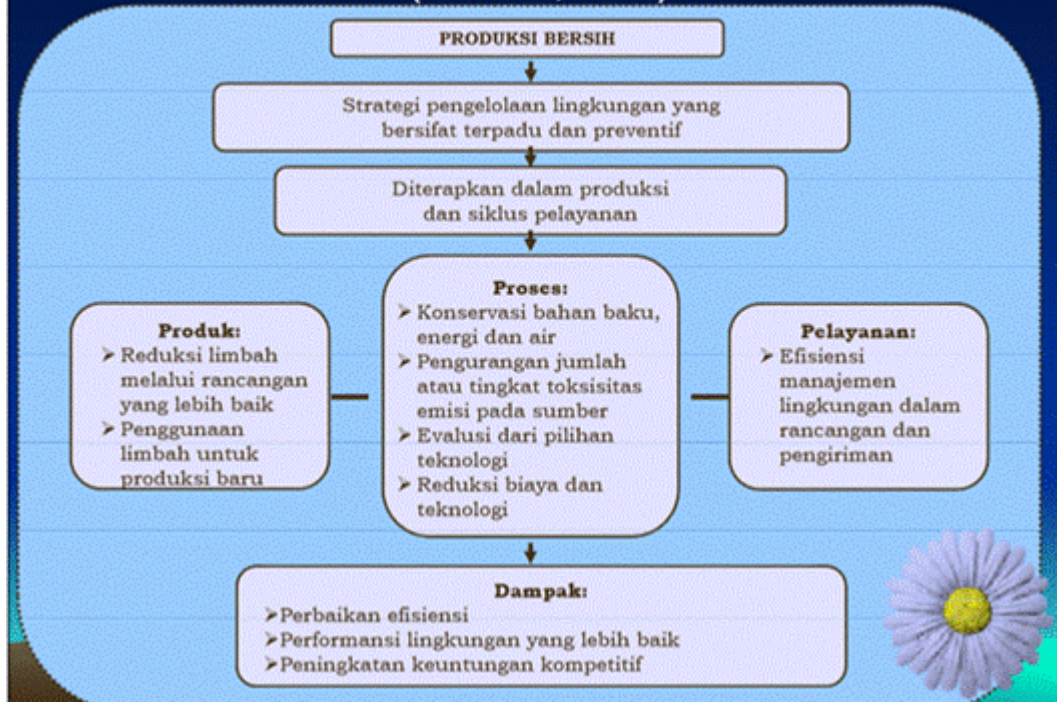
Konsep Dasar Produksi Bersih

Produksi bersih merupakan salah satu pengelolaan lingkungan yang dilaksanakan secara sukarela (voluntary) karena penerapannya bersifat tidak wajib.

Definisi Produksi bersih :

Produksi Bersih / cleaner production menurut UNEP adalah merupakan strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif dan terpadu diterapkan secara terus menerus terhadap proses, produk dan jasa untuk mengurangi terjadinya resiko terhadap manusia dan lingkungan.

Definisi dan Ruang Lingkup Produksi Bersih (UNIDO,2002)



Prinsip-prinsip Pokok Produksi Bersih



- Mengurangi/meminimumkan : bahan baku, air, energi & terbentuknya limbah pada sumbernya
- Menghindari : Bahan baku beracun & berbahaya
- Memahami : analisis daur hidup produk
- Menerapkan pola manajemen di kalangan industri & pemerintah yang telah mempertimbangkan aspek lingkungan
- Mengaplikasikan teknologi ramah lingkungan, manajemen & prosedur standar sesuai persyaratan yang telah ditetapkan
- Mengarah pada pengaturan sendiri (self regulation) & peraturan yang sifatnya musyawarah mufakat (negotiated regulatory approach)

Mengurangi pencemaran & kerusakan lingkungan serta bahayanya terhadap manusia



Pelaksanaan Produksi Bersih dalam Industri

- Teknologi produksi bersih
 - Pengurangan limbah pada sumber pencemar
 - Teknik daur ulang
- Pilihan penerapan produksi bersih
 - Good house keeping
 - Perubahan material input
 - Perubahan teknologis
 - Perubahan produk
 - On-site reuse



Konsep Dasar Produksi Bersih

- **Pola pendekatan Produksi Bersih dalam melakukan pencegahan dan pengurangan limbah dengan "strategi 1E4R"**
(Elimination, Reduce, Reuse, Recycle, Recovery/Reclaim)

Sedangkan strategi Produksi Bersih dalam Kebijakan Nasional Produksi Bersih KLH :

- ditambah dengan 1R yaitu Re-think
 - Dikurangi dengan 1E yaitu Elimination
- Sehingga dikenal dengan 5R**
Atau Prinsip Produksi Bersih dengan 1E4R atau 5R

Re-think (berpikir ulang) adalah konsep pemikiran yang harus dimiliki pada saat awal kegiatan akan beroperasi dengan implikasi:

- **Perubahan dalam pola produksi dan konsumsi berlaku baik pada proses maupun produk yang dihasilkan, sehingga harus dipahami betul analisis daur hidup produk.**
- **Upaya Produksi Bersih tidak dapat berhasil dilaksanakan tanpa adanya perubahan dalam pola pikir, tingkah laku dari semua pihak yang terkait (pemerintah, masyarakat dan kalangan usaha)**

Tindakan Produksi Bersih dirangkum dalam Tabel sebagai berikut:

Tata laksana RT yang baik	Perbaikan penanganan bahan, pencegahan kebocoran, perbaikan jadwal produksi, pengendalian penyediaan bahan, pelatihan segresi aliran, segresi limbah
Perbaikan Prosedur operasi	Prosedur operasi standart, prosedur perawatan
Perbaikan proses dan teknologi	Perubahan tata letak, otomatisasi, perbaikan kondisi operasi, perbaikan dan modifikasi peralatan
Penggantian teknologi baru	Mengganti dengan teknologi baru yang dapat mengurangi pemakaian bahan dan energi, menurunkan timbulan limbah
Penyesuaian spesifikasi produk	Merancang produk yang mempunyai dampak negatif lingkungan lebih rendah dengan menggunakan bahan yang kurang berbahaya dan menimbulkan sedikit limbah dan memperpanjang umur produk, desain produk moduler

Contoh praktek Produksi Bersih di industri :

Perbaikan House Keeping :

- Suatu perusahaan membuat komitmen untuk melakukan “waste minimisation”
- Perusahaan membentuk tim “ Quality Cyrcle” terdiri dari supervisor dan operator dari unit penghasil limbah
- Mengimplementasikan program perawatan yang lebih baik pada unit yang bersangkutan
- Terjadi pengurangan limbah sampai dengan ...%

12 KIAT PRAKTIS DALAM MELAKSANAKAN PRODUKSI BERSIH

- Kurangi pemakaian kemasan
- Adopsi pedoman pengurangan limbah beracun di dalam RT
- Pilih bahan yg dapat dipakai kembali (botol gallon aqua)
- Rawat dan reparasi peralatan
- Pakai kembali tas, kemasan, dllnya
- Pinjam/sewa alat yang jarang digunakan
- Jual/sumbangkan barang yang habis pakai, tetapi masih bermanfaat
- Pilih barang yang kemasannya dapat dipakai kembali
- Pilih produk dengan kemasan daur ulang
- Jadikan sampah sebagai kompos
- Sosialisasikan konsep pakai (*use*), pakai kembali (*reuse*) dan daur ulang (*recycle*)
- Kreatif menggunakan kembali barang bekas

Efek Negatif Limbah Industri yang Tidak Diolah



Limbah adalah hasil buangan dari proses produksi yang dihasilkan dari banyak industri. Indonesia sendiri merupakan negara berkembang dengan banyak industri, tak heran jika pencemaran lingkungan di Indonesia masih banyak terjadi.

Limbah mengandung beragam material beracun. Untuk itu, pengolahan limbah sebelum limbah dialirkan ke sungai merupakan sebuah keharusan. Pengolahan dilakukan agar kadar BOD dan COD pada limbah menurun agar limbah menjadi ramah lingkungan dan siap untuk dialirkan ke sungai.

Namun, masih sangat banyak penggiat industri yang tidak melakukan pengolahan limbah. Pembuangan limbah yang dilakukan sembarangan ini memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Berikut ini beberapa dampak yang ditimbulkan.

- Limbah cair yang masuk ke dalam sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu dapat mencemari air. Material kasar pada limbah akan menyebar ke penjuru sungai, kemudian akan menyebarkan bakteri dan virus yang berbahaya.
- Ikan dan biota air akan mati. Hal ini disebabkan oleh kadar BOD dan COD yang masih tinggi, sehingga partikel limbah akan mengikat sumber oksigen yang ada pada sungai. Akhirnya, ikan dan biota air lainnya mengalami hambatan dalam mengambil oksigen pada air dan berujung pada kematian.
- Limbah yang dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu cenderung menimbulkan bau yang tidak sedap. Bau ini tentu sangat mengganggu kenyamanan lingkungan sekitar, serta berbahaya bagi manusia karena mengandung banyak gas metana.

B. ISO 14001

Standar internasional untuk sistem manajemen lingkungan telah diterbitkan pada bulan September 1996, yaitu [ISO 14001](#) dan ISO 14004. Standar ini telah diadopsi oleh pemerintah RI ke dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) menjadi SNI-19-14001-1997 dan SNI-19-14001-1997.

[ISO 14001](#) adalah Sistem manajemen lingkungan yang berisi tentang spesifikasi persyaratan dan panduan untuk penggunaannya. Sedangkan ISO 14004 adalah Sistem manajemen lingkungan yang berisi Panduan-panduan umum mengenai prinsip, sistem dan teknik-teknik pendukung.



Pengertian ISO 14001

Pengertian ISO 14001 adalah standar mengenai Sistem Manajemen Lingkungan (SML) atau **Environmental Management System (EMS)** yang berlaku secara internasional. Ini adalah salah satu bagian dari standardisasi bagi organisasi, instansi, atau perusahaan yang secara spesifik mengatur tentang lingkungan. Dalam hal ini, yang dimaksud adalah segala aktivitas perusahaan dan dampak-dampaknya terhadap lingkungan.

Mengapa perlu memperhatikan dampak lingkungan? Karena organisasi bukanlah institusi yang berdiri sendiri. Ia menempati sebuah lingkungan yang terhubung langsung dengan banyak individu dan instansi lain. **Selain itu, lingkungan jugalah yang membentuk suatu organisasi.**

Tujuan ISO 14001

Telah dijelaskan sebelumnya, bahwa tidak ada tujuan objektif dalam ISO 14001. Tapi, ini lebih kepada penerapan standar khusus dalam manajemen lingkungan, guna menemukan hasil akhir yang paling efektif. Langkah selanjutnya yaitu dengan mencermati maksud dan tujuannya.

Tujuan ISO 14001 Sistem Manajemen Lingkungan pada dasarnya ada tiga, yaitu:

1. Menekan dampak negatif terhadap lingkungan yang mungkin timbul akibat kegiatan operasional organisasi.
2. Mematuhi peraturan perundangan yang berlaku dan ketentuan-ketentuan terkait isu lingkungan.
3. Melakukan perbaikan pada aktivitas-aktivitas di atas secara berkelanjutan.

Maka, penting bagi perusahaan untuk ikut berperan dalam menjaga stabilitas lingkungan, terutama di tempat ia berdiri. ISO 14001 menetapkan standar secara efektif. Sebuah organisasi harus memastikan dirinya telah patuh terhadap segala peraturan lingkungan yang berlaku. Sekaligus tetap mempertimbangkan kesesuaian dengan kegiatan operasionalnya sendiri.

Organisasi atau perusahaan dianjurkan untuk mengidentifikasi, mengelola, meneliti, dan mengendalikan permasalahan terkait isu lingkungan. ISO 14001 dapat membantu mempercepat rangkaian proses tersebut. Sambil memastikan bahwa perusahaan memiliki komitmen terus menerus untuk berperan dalam **mengurangi dampak negatif bagi lingkungan.**

Sistem Manajemen Lingkungan

Selanjutnya simak juga mengenai sistem manajemen itu sendiri. Sistem Manajemen Lingkungan (SML) atau EMS merupakan rangkaian proses untuk membantu perusahaan memenuhi tujuannya dalam menjaga stabilitas lingkungan

yang positif. Rangkaian proses ini dilakukan melalui beberapa tahap, mulai dari pengkajian, evaluasi, hingga menentukan cara-cara efisien untuk meningkatkan performa lingkungan.

Bagaimanapun, EMS atau SML tidak menentukan torehan objektif yang harus dipenuhi. Artinya setiap perusahaan dapat menentukan sendiri tujuan **Sistem Manajemen Lingkungan** yang diinginkan. Tentu saja dengan tetap memperhatikan kesesuaiannya dengan kondisi internal dan eksternal.

Akan tetapi, EMS dapat membantu perusahaan menentukan kebijakan terbaik, merumuskannya secara sistematis, serta menerapkannya dengan biaya efektif. Perusahaan dapat memastikan segala aktivitas operasionalnya tetap bertujuan untuk menjaga stabilitas lingkungan, **termasuk menerapkannya kepada karyawan.**

Untuk lebih mengenal ISO 14001, ketahui pula segala sesuatu terkait standardisasi internasional ISO. ISO pada dasarnya adalah nama sebuah lembaga penetapan standar internasional yang berkedudukan di Jenewa, Swiss. Lembaga ini berdiri pada **23 Februari 1947**, sejak awal merupakan lembaga nirlaba independen nonpemerintah.

ISO merupakan singkatan dari International Organization for Standardization. Penyebutannya bisa berbeda di setiap negara, tergantung istilah yang digunakan dalam bahasa masing-masing. Inggris memakai singkatan IOS, menyesuaikan inisial tepat dari nama asli organisasi. Sementara Prancis menggunakan OIN, singkatan dari **Organisation Internationale de Normalisation** dalam bahasa lokal.

Sistem keanggotaan ISO bersifat internasional, saat ini telah diikuti oleh lebih dari 160 negara dan perusahaan-perusahaan besar dunia. Negara yang menjadi anggota ISO berarti sudah memiliki badan standardisasi nasional masing-masing. Khusus untuk Indonesia, lembaga yang dimaksud Badan Standardisasi Nasional yang berada di bawah koordinasi Kemenristekdikti (kini Kemenristek/BRIN). Lembaga tersebut juga bisa menyediakan informasi bagi Anda yang ingin **mengenal apa itu ISO 14001 Sistem Manajemen Lingkungan.**

Masing-masing negara dan perusahaan anggota mengirimkan perwakilannya dalam pelaksanaan kegiatan ISO. Para wakil akan menempati beberapa komite, di antaranya Komite Teknis (Technical Comitee), Sub Komite (Sub-Technical Comitee), dan Kelompok Kerja (Working Group) untuk merumuskan ketetapan-ketetapan standardisasi.

Cakupan standardisasi ISO cukup luas, tetapi hanya dikhususkan pada ranah industri dan komersial. Dalam hal ini, berarti ranah industri dan komersial di tingkat internasional. Jenis-jenisnya, meliputi standar kualitas produk, kepuasan pelanggan, rantai pasokan dan keamanan operasional, kelayakan produk, kesehatan dan keselamatan kerja, hingga **manajemen lingkungan** yang ditetapkan dengan ISO 14001. ISO merumuskan kriteria-kriteria khusus untuk menentukan kualitas tertentu. Perannya seperti wasit dalam pertandingan olahraga. Standardisasi ISO membantu menjaga persaingan tetap seimbang di antara semua pemain yang ikut serta.



ISO 14001 Sistem Manajemen Lingkungan

ISO 14001 adalah Sistem manajemen lingkungan yang berisi tentang spesifikasi persyaratan dan panduan untuk penggunaannya. ISO 14001 merupakan standar yang memadukan dan menyeimbangkan kepentingan bisnis dengan lingkungan hidup. Sehingga, upaya perbaikan kinerja yang dilakukan oleh perusahaan akan disesuaikan dengan sumberdaya perusahaan, apakah itu sumberdaya manusia, teknis, atau finansial.

Sistem Manajemen Lingkungan menurut ISO 14001

Melalui tujuan-tujuan dasar tersebut, ISO 14001 Sistem Manajemen Lingkungan mendorong perusahaan untuk aktif dalam meningkatkan peran lingkungannya. Hal ini dilakukan melalui rangkaian proses secara terstruktur dan berkelanjutan. Rangkaian proses yang dimaksud dalam SML, antara lain:

1. Komitmen dan Kebijakan

Perusahaan atau organisasi memiliki komitmen untuk meningkatkan peran sertanya terhadap lingkungan. Salah satunya dibuktikan dengan merumuskan dan menetapkan kebijakan-kebijakan terkait. Tentang hal ini, tanggung jawab terbesar berada di tangan pejabat manajemen di tingkat atas.

2. Perencanaan

Kebijakan akan menentukan tahap selanjutnya, yaitu Perencanaan. Di sini organisasi awalnya mengidentifikasi persoalan lingkungan apa saja yang muncul sebagai akibat dari kegiatan operasionalnya. Sekaligus memastikan seberapa besar dampak negatif yang mungkin timbul.

Selanjutnya, perusahaan meneliti aspek-aspek masalah yang paling signifikan. Lalu menentukan cara-cara untuk menyelesaikannya berdasarkan skala prioritas. Setelah itu, baru bisa menetapkan tujuan dan target-target. Tujuan bersifat umum, mencakup seluruh hasil akhir dari sistem manajemen lingkungan. Sementara target bersifat khusus dan detail, merupakan bagian dari tujuan umum.

3. Implementasi/Penerapan

Rencana diterapkan secara faktual dengan memanfaatkan segala sumber daya yang diperlukan. Ini bisa termasuk penyuluhan dan pelatihan untuk meningkatkan kesadaran lingkungan para karyawan. Atau hal-hal pendukung, seperti dokumentasi, pembuatan prosedur operasi, pembuatan jalur komunikasi internal dan eksternal, dan sebagainya.

4. Evaluasi

Tujuan keempat adalah evaluasi. Maksud evaluasi di sini berarti meninjau pelaksanaan rencana untuk memastikan tercapai tidaknya tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Jika tidak tercapai, berarti perusahaan harus

melakukan perbaikan. Jika tercapai, bisa dilanjutkan dengan menentukan tujuan dan target-target baru.

5. Pengkajian Kembali

Manajemen mengkaji hasil evaluasi untuk mengetahui seberapa besar peran EMS, serta efektif tidaknya EMS diterapkan di perusahaan. Juga untuk melihat apakah kebijakan lingkungan melalui rangkaian-rangkaian proses tadi telah sesuai dengan nilai-nilai perusahaan.

Tahap akhir ini akan menentukan prosedur perbaikan berkelanjutan dalam Sistem Manajemen Lingkungan yang menjadi tujuan ISO14001 SML.

Lima proses di atas merupakan rangkaian cyclical (siklus). Jadi, siklus ini akan terus berjalan, sehingga perbaikan dan peningkatan akan berlangsung terus menerus.



Manfaat ISO 14001

Tentu saja, ISO 14001 Sistem Manajemen Lingkungan **bukan sekadar label** atau sertifikasi terstandar. EMS yang diterapkan pasti akan berdampak secara positif, baik bagi lingkungan internal perusahaan maupun secara eksternal. Apa saja potensi manfaat yang bisa diperoleh dengan **mengenal apa itu ISO 14001 Sistem Manajemen Lingkungan?**

- Meningkatkan peran serta perusahaan di tengah lingkungan.

- Bertumbuhnya tingkat kepatuhan terhadap hukum yang berlaku.
- Peluang besar untuk berkarir di ranah industri bidang lingkungan.
- Membantu menekan dampak negatif pada lingkungan akibat aktivitas operasional, seperti pencemaran limbah dan efisiensi sumber daya energi.
- Penghematan biaya, terutama dalam penanganan limbah.
- Mengurangi pengeluaran organisasi secara umum.
- Meningkatkan moral dan kesadaran seluruh penghuni organisasi mengenai tanggung jawabnya dalam menangani masalah lingkungan.
- Lingkungan kinerja internal perusahaan makin kondusif.
- Citra perusahaan di mata publik akan menjadi lebih baik.
- Mempererat hubungan dengan regulator, investor, dan kreditor potensial.

Syarat dan Prosedur Mendapatkan Sertifikasi ISO 14001

Mengingat banyaknya manfaat dari **mengenal apa itu ISO 14001 Sistem Manajemen Lingkungan** dan penerapannya, maka perusahaan Anda sebaiknya mulai mempertimbangkannya. **Standar ini cocok untuk perusahaan kecil maupun besar**, baik milik konsorsium maupun perorangan.

Syarat Pengajuan ISO 14001

Syarat pengajuan yang dimaksud di sini adalah kelengkapan berkas atau dokumen. Sertifikasi ISO 14001 akan mempersyaratkan dua set dokumen, yaitu dokumen wajib dan dokumen tidak wajib.

Dokumen wajib terdiri dari dua macam, yaitu *maintain documented information* dan *retain documented information* dengan masing-masing bagiannya. Sementara dokumen tidak wajib terdiri dari delapan set berkas.

1. Dokumen Wajib (Mandatory Document)

- *Maintain documented information* berisi informasi prosedur penerapan SML, meliputi:
 1. Ruang lingkup SML
 2. Kebijakan dalam memenuhi kewajiban lingkungan
 3. Prosedur mengenali dan mengevaluasi aspek permasalahan lingkungan yang signifikan

4. Tujuan, target, dan perencanaan untuk mencapainya
5. Informasi tentang pengendalian operasional SML
6. Kesiapan dan tanggap darurat
 - Retain documented information berisi bukti-bukti pencapaian pemberlakuan SML, meliputi:
 1. Kajian risiko dan peluang beserta rangkaian proses yang bisa diterapkan sebagai solusi
 2. Dokumentasi tentang kepatuhan terhadap peraturan undang-undang yang berlaku
 3. Bukti-bukti kompetensi, pelatihan, keterampilan, dan kualifikasi
 4. Rekaman komunikasi internal dan eksternal
 5. Peninjauan dan pengukuran hasil
 6. Bukti kelayakan peralatan yang digunakan
 7. Program dan hasil audit internal
 8. Tinjauan manajemen
 9. Bukti kecocokan dan tindakan koreksi apabila terjadi ketidaksesuaian antara bukti dan implementasi.
10. Dokumen tidak Wajib (Necessary Document)
 - Prosedur yang menentukan konteks organisasi dan pihak berkepentingan
 - Daftar berisi kompetensi, pelatihan, dan kesadaran karyawan terhadap SML pada ISO 14001
 - Bukti komunikasi internal dan eksternal
 - Prosedur pengendalian dokumentasi dan rekaman data
 - Prosedur peninjauan dan pengukuran
 - Prosedur tentang kepatuhan terhadap peraturan undang-undang yang berlaku serta ketentuan-ketentuan lain yang berkaitan dengan lingkungan
 - Prosedur mengenai ketidaksesuaian antara bukti dan implementasi SML beserta tindakan koreksi dan perbaikan.

Dokumentasi di atas tidak wajib ada, tetapi akan memberi nilai tambah bagi organisasi pemohon ISO 14001. Sehingga akan meningkatkan peluang untuk mempermudah proses sertifikasi.

Itulah persyaratan dokumen yang sebaiknya disertakan dalam **proses pengajuan sertifikasi ISO 14001**. Pada tahap berikutnya, perusahaan masih harus melalui beberapa proses pemeriksaan guna memastikan implementasi SML telah sesuai prosedur.

Proses Sertifikasi

Proses sertifikasi ISO 14001 dilakukan oleh pihak ketiga yang sama sekali tidak terafiliasi dengan perusahaan. Ini dimaksudkan agar proses sertifikasi dapat menghasilkan keputusan-keputusan yang objektif.

Namun, sebelum mengajukan sertifikasi, ada sejumlah ketentuan wajib dipenuhi perusahaan pemohon, di antaranya:

1. Perusahaan telah menerapkan Sistem Manajemen Lingkungan sesuai ketentuan ISO 14001.
2. Pemberlakuan SML di perusahaan minimal telah berlangsung selama tiga bulan.
3. Tersedia berkas-berkas dokumentasi sesuai persyaratan, termasuk data-data untuk membuktikan penerapan SML di perusahaan.
4. Perusahaan sudah melaksanakan audit internal mengenai ISO 14001.
5. Perusahaan sudah melakukan pengkajian ulang Sistem Manajemen Lingkungannya.

Setelah perusahaan memenuhi sejumlah ketentuan, berarti tahap berikutnya adalah menjalani audit. Dalam praktiknya, proses audit ini terdiri dari dua tahap, yaitu:

1. Audit I

Audit pertama terdiri dari dua tahapan, yakni pemeriksaan berkas-berkas dokumentasi yang dipersyaratkan guna menempuh permohonan sertifikasi. Kemudian tahap kedua, yaitu audit pendahuluan atau pre-assessment untuk memeriksa penerapan SML perusahaan telah siap dan layak diuji atau tidak.

2. Audit II

Pada tahap kedua inilah baru dilakukan penilaian secara menyeluruh terhadap pemberlakuan SML sesuai ketentuan ISO 14001. Audit tahap kedua ini biasa juga disebut dengan istilah main assessment.

Sertifikat ISO 14001 akan segera diterbitkan setelah perusahaan berhasil melalui dua tahapan audit di atas dengan mulus. Harap diingat bahwa sertifikasi ISO umumnya berlaku selama **tiga tahun**. Apabila telah lewat tiga tahun, berarti perusahaan harus memperbarui sertifikatnya (re-assessment) dengan mengikuti prosedur yang sama.

[ISO 14001](#) merupakan standar lingkungan yang bersifat sukarela (voluntary). Standar ini dapat dipergunakan oleh organisasi/perusahaan yang ingin:

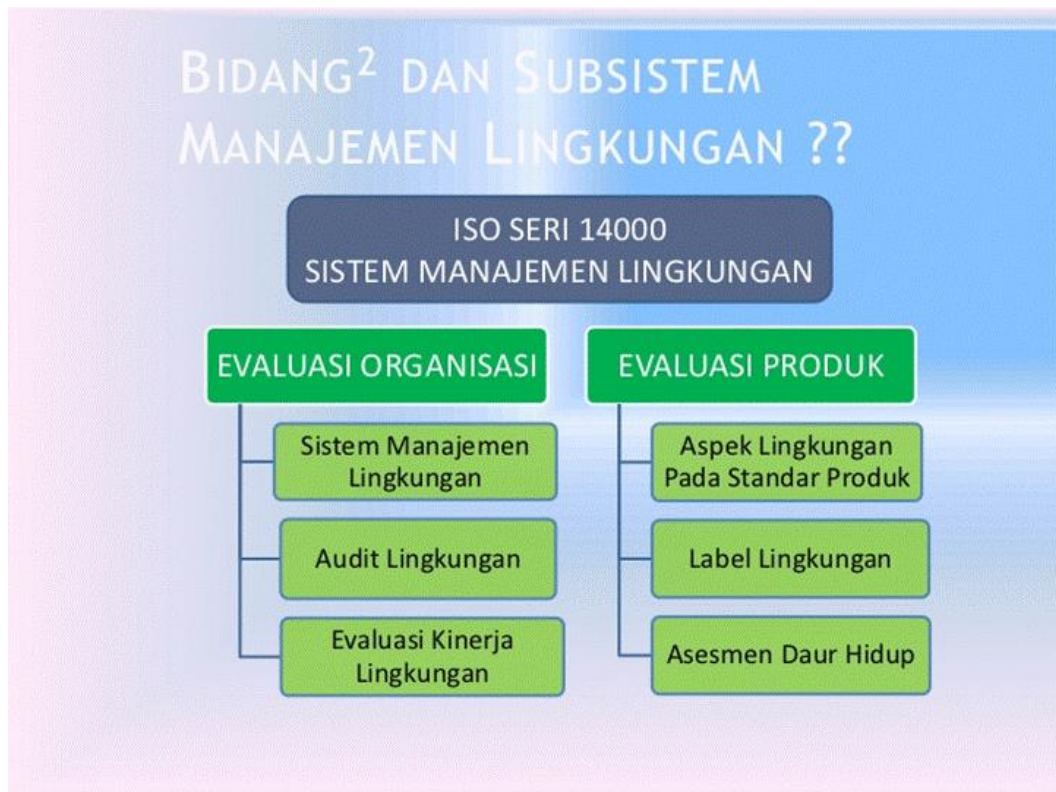
- menerapkan, mempertahankan, dan menyempurnakan sistem manajemen lingkungannya
- membuktikan kepada pihak lain atas kesesuaian sistem manajemen lingkungannya dengan standar
- memperoleh sertifikat

Beberapa manfaat penerapan ISO adalah:

- menurunkan potensi dampak terhadap lingkungan
- meningkatkan kinerja lingkungan
- memperbaiki tingkat pemenuhan (compliance) peraturan
- menurunkan resiko pertanggungjawaban lingkungan
- sebagai alat promosi untuk menaikkan citra perusahaan

Selain manfaat di atas, perusahaan yang berupaya untuk menerapkan [ISO 14001](#) juga perlu mempersiapkan biaya-biaya yang akan timbul, diantaranya:

- waktu staf atau karyawan
- penggunaan konsultan
- pelatihan



Elemen ISO 14001

ISO 14001 dikembangkan dari konsep Total Quality Management (TQM) yang berprinsip pada aktivitas PDCA (Plan – Do – Check – Action), sehingga elemen-elemen utama EMS akan mengikuti prinsip PDCA ini, yang dikembangkan menjadi enam prinsip dasar EMS, yaitu:

- Kebijakan (dan komitmen) lingkungan
- Perencanaan
- Penerapan dan Operasi
- Pemeriksaan dan tindakan koreksi
- Tinjauan manajemen
- Penyempurnaan menerus

Pada prinsipnya, keenam prinsip [ISO 14001](#) – **Environmental Management System** diatas dapat dibagi menjadi 17 elemen, yaitu:

1. Environmental policy (kebijakan lingkungan): Pengembangan sebuah pernyataan komitmen lingkungan dari suatu organisasi. Kebijakan ini akan dipergunakan sebagai kerangka bagi penyusunan rencana lingkungan.
2. Environmental aspects (aspek lingkungan): Identifikasi aspek lingkungan dari produk, kegiatan, dan jasa suatu perusahaan, untuk kemudian menentukan dampak-dampak penting yang timbul terhadap lingkungan.
3. Legal and other requirements (persyaratan perundang-undangan dan persyaratan lain): Mengidentifikasi dan mengakses berbagai peraturan dan perundangan yang terkait dengan kegiatan perusahaan.
4. Objectives and targets (tujuan dan sasaran): Menetapkan tujuan dan sasaran lingkungan, yang terkait dengan kebijakan yang telah dibuat, dampak lingkungan, stakeholders, dan faktor lainnya.
5. Environmental management program (program manajemen lingkungan): rencana kegiatan untuk mencapai tujuan dan sasaran
6. Structure and responsibility (struktur dan tanggung jawab): Menetapkan peran dan tanggung jawab serta menyediakan sumber daya yang diperlukan
7. Training awareness and competence (pelatihan, kepedulian, dan kompetensi): Memberikan pelatihan kepada karyawan agar mampu mengemban tanggung jawab lingkungan.
8. Communication (komunikasi): Menetapkan proses komunikasi internal dan eksternal berkaitan dengan isu lingkungan
9. EMS Documentation (dokumentasi SML): Memelihara informasi EMS dan sistem dokumentasi lain
10. Document Control (pengendalian dokumen): Menjamin keefektifan pengelolaan dokumen prosedur dan dokumen lain.
11. Operational Control (pengendalian operasional): Mengidentifikasi, merencanakan dan mengelola operasi dan kegiatan perusahaan agar sejalan dengan kebijakan, tujuan, dan sasaran.

12. Emergency Preparedness and response (kesiagaan dan tanggap darurat): mengidentifikasi potensi emergency dan mengembangkan prosedur untuk mencegah dan menanggapinya.
13. Monitoring and measurement (pemantauan dan pengukuran): memantau aktivitas kunci dan melacak kinerjanya
14. Nonconformance and corrective and preventive action (ketidaksesuaian dan tindakan koreksi dan pencegahan): Mengidentifikasi dan melakukan tindakan koreksi terhadap permasalahan dan mencegah terulang kejadiannya.
15. Records (rekaman): Memelihara rekaman kinerja SML
16. EMS audits (audit SML): Melakukan verifikasi secara periodik bahwa SML berjalan dengan baik.
17. Management Review (pengkajian manajemen): Mengkaji SML secara periodik untuk melihat kemungkinan-kemungkinan penyempurnaan berkelanjutan

MATERI 16
UAS (UJIAN AKHIR SEMESTER)
INDIKATOR CAPAIAN KOMPETENSI

- Mahasiswa dapat membuat tugas: Case Study of Toxicology of Environmental Health Topic, tugas Individu, Studi Pustaka
- Kedalaman pembahasan dan juga pemahaman tentang konsep tugas sesuai topik yang dipilih.

Contoh Topik Pencemaran Lingkungan dan Kesehatan:

1. Pencemaran Air (air minum, air limbah domestik, air limbah industri)
2. Pencemaran Tanah (sampah domestik, limbah padat pertanian (pestisida), limbah industri (industri minyak/ pertambangan), Bioremediasi/fitoremediasi)
3. Pencemaran Udara (Pencemaran Gas Buang Industri, Gas buang kendaraan bermotor)
4. Pencemaran Makanan
5. Limbah B3
6. Produksi Bersih

UAS - TUGAS MAKALAH INDIVIDU (40%)

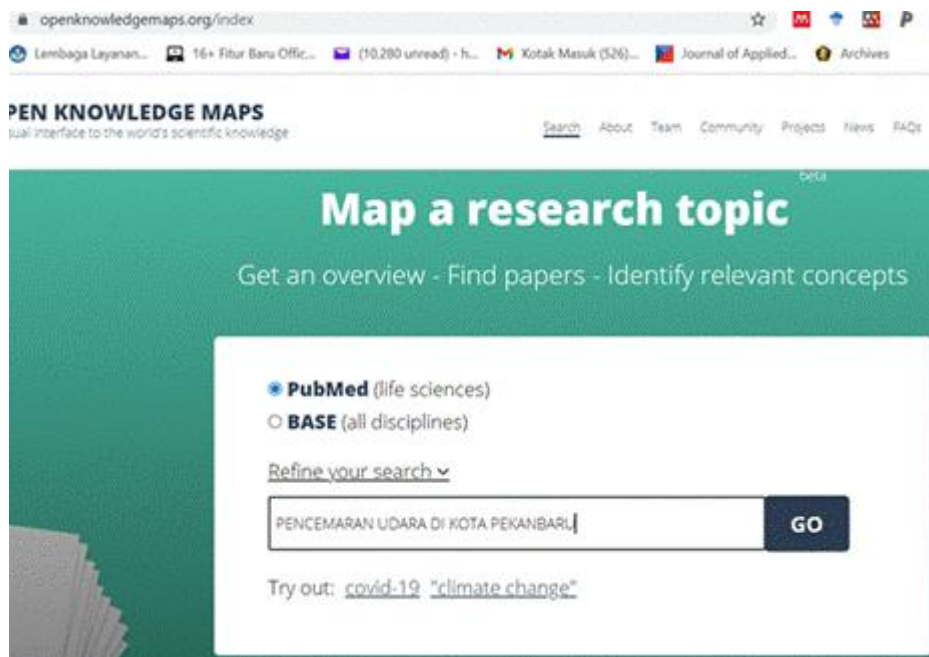
- Membuat Makalah Individu Toksikologi Lingkungan yang sesuai minat (Minimal dari 5- 10 artikel ilmiah).- artikesl yang direferensi di lampirkan/ di upload bersama tugas.
- TOPIK: Sudi Pustaka dan Review KASUS TOKSIKOLOGI LINGKUNGAN dan menganalisa cara pengelolaannya

Template Makalah :

- Cover: Judul, Nama, Nim,
- Latar Belakang (kalimat sendiri)
- Tujuan (kalimat sendiri)
- Pembahasan (sitasi dari referensi)
- Kesimpulan (kalimat sendiri)
- Daftar Pustaka

Cara Mencari Referensi

<https://openknowledgemaps.org/index>



DAFTAR PUSTAKA

- Konsepsi Produksi Bersih Dan Minimisasi Limbah, Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti Djajadiningrat, 2001, Pemikiran Tantangan dan Permasalahn Lingkungan, Aksara Buana, Bandung.
- Edi Haryanto, 2004, Workshop Washe management in Refinery and Improvement of Enviroment in Refinery – Metode Penanganan Produksi Bersih Di Lingkungan Industri Migas, Pusdiklat Migas Cepu, Yogyakarta.
- Forlink, Paket info Produksi Bersih, <http://www.forlink.dml.or.id/pintob/indeks.htm>
- Mengenal ISO 14001 Sistem Manajemen Lingkungan, <https://environment-indonesia.com/articles/mengenal-iso-14001-sistem-manajemen-lingkungan-2/>
- Klaassen C.D. (2008). Casarett and Doull's Toxicology, The Baasic Science of Poisons. 7th Edition. New York:Mc Graw-Hill.
- Lestari, F.; Baiduri; Sutojo, U.S., Pudjiastuti, W., Efendi, S., Sutaryana, Puthut TPS. (2006). Health Risk Assessment pada Pekerja Industri Batik. Laporan Penelitian. Depkes.
- Lestari, F., Sutojo, U.S., Pudjiastuti, W., Efendi, S., Sutaryana, Puthut TPS. (20 Juli 2007). Health Risk Assessment among Batik Workers. Paper presented in Asia Pacific Symposium on Current Issues in Public Health in Indonesia. Faculty of Public Health University of Indonesia. Depok, West Java, Indonesia. Hazardous Substances Data Bank (HSDB). <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/source/11933>
- International Chemical Safety Card (ICSC). <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc>.
- Mengenal Apa Itu ISO 14001 Sistem Manajemen Lingkungan, 15 feb 2021 , <https://mutuinstitute.com/post/iso-14001-sistem-manajemen-lingkungan/>
- National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH): <http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html>
- NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazard. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npg.html#printed>

National Occupational Health and Safety Commission (NOHSC)—Australia:
<http://www.nohsc.gov.au>.

NIOSH Manual Analytical Method (NMAM). <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/>.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA): <http://www.osha.gov/>
Centre for Diseases Control (CDC): <http://www.cdc.gov>.

Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS).
<http://www/cdc.gov/niosh/rtecs/>.

Sumber Informasi Bahan Kimia Berbahaya di Tempat Kerja (Haz-Map). <https://haz-map.com>.

Sumber Informasi mengenai Toksikologi Produk-produk Komersial. <https://www.whatsinproducts.com>.

Purwanto, 2004, Workshop Waste Management in Refinery and Improvement of Environment in Refinery –
Penerapan Dan Pengembangan Produksi Bersih di Lingkungan Industri Migas,
Pusdiklat Migas Cepu, Semarang
Produksi Bersih, DIKLAT APARATUR NEGARA Pengawasan dan Penanganan B3
2013
Pusdiklat migas, 2003, Sistem Manajemen Lingkungan ISO 14001, Buklet, Cepu
Sumber: renggaarnalisrenjani.wordpress.com
US EPA, US environmental Program, www.epa.gov
UNEP, United Nations Environmental Program, www.unep.org
Winder C., & Stacey N. (2005). Occupational Toxicology. 2nd Edition. London: CRC
Press.
Williams, P., & Burson, J. (1985). Industrial Toxicology. Van Nostrand Reinhold, ed..
New York.