**TOPIK 2**

**KONSEP DASAR TOKSIKOLOGI INDUSTRI**

**(Nayla Kamilia Fithri)**

1. **SEJARAH TOKSIKOLOGI**

Sejak perkembangan peradaban manusia dalam mencari makanan, tentu telah mencoba beragam bahan baik botani, nabati, maupun dari mineral. Melalui pengalamannya ini ia mengenal makanan, yang aman dan berbahaya. Dalam kontek ini kata makanan dikonotasikan kedalam bahan yang aman bagi tubuhnya jika disantap, bermanfaat serta diperlukan oleh tubuh agar dapat hidup atau menjalankan fungsinya.

Sedangkan kata racun merupakan istilah yang digunakan untuk menjelaskan dan mengambarkan berbagai bahan zat kimia yang dengan jelas berbahaya bagi badan. Kata racun atau toksik adalah bersaral dari bahasa yunani, yaitu dari akar kata tox, dimana dalam bahasa yunani berarti panah. Dimana panah pada saat itu digunakan sebagai senjata dalam peperangan, yang selalu pada anak panahnya terdapat racun. Di dalam papyrus Ebers (1552 B.C) orang Mesir kuno memuat informasi lengkap tentang pengobatan dan obat. Di Papyrus ini juga memuat ramuan untuk racun, seperti antimon (Sb), tembaga, timbal, hiosiamus, opium, terpentine, dan Verdigris (kerak hijau pada permukaan tembaga). Sedangkan di India (500-600 BC) di dalam Charaka Samhita disebutkan, bahwa tembaga, besi, emas, timbal, perak, seng, bersifat sebagai racun, dan di dalam Susrata Samhita banyak menulis racun dari makanan, tananaman, hewan, dan penangkal racun gigitan ular.

Hippocrates (460-370 B.C) dikenal sebagai bapak kedokteran, disamping itu dia juga dikenal sebagai toksikolog dijamannya. "ia banyak menulis racun bisa ular dan di dalam bukunya juga menggambarkan, bahwa orang Mesir kuno telah memiliki pengetahuan penangkal racun, yaitu dengan menghambat laju penyerapan racun dari saluran pencernaan. Disamping banyak lagi nama besar toksikolog pada jaman ini, terdapat satu nama yang perlu mendapat catatan disini, yaitu besar pada jaman Mesir dan Romawi kuno adalah Pendacious Dioscorides (A.D. 50), dikenal sebagai bapak Materia Medika, adalah seorang dokter tentara. Di dalam bukunya dia mengelompokkan racun dari tanaman, hewan, dan mineral.

Hal ini membuktikan, bahwa efek berbahaya (toksik) yang ditimbulkan oleh zat racun (tokson) telah dikenal oleh manusia sejak awal perkembangan beradaban manusia. Oleh manusia efek toksik ini bantak dimanfaatkan untuk tujuan seperti membunuh atau bunuh diri. Untuk mencegah keracunan, orang senantiasa berusaha menemukan dan mengembangkan upayaa pencegahan atau menawarkan racun. Usaha ini seiring dengan perkembangan toksikologi itu sendiri. Namun, evaluasi yang lebih kritis terhadap usaha ini baru dimulai oleh Maimonides (1135-1204) dalam bukunya yang terkenal Racun dan Andotumnya.

Pengetahuan tentang racun sesungguhnya sudah ada sejak zaman dahulu tetapi belum tersusun secara sistematis menjadi suatu ilmu. Baru pada awal abad ke-16 seorang ahli racun terkenal yang hidup pada tahun 1493-1541, Phillipus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim Paracelcus (PATBH Paracelcus) memperkenalkan istilah toxicon (*toxic agent*) untuk zat (substansi) yang dalam jumlah kecil dapat mengganggu fungsi tubuh. Ia adalah orang  pertama yang meletakkan  dasar  ilmu dalam  mempelajari racun dan mengenalkan dalil yaiti percobaan pada hewan merupakan cara yang paling baik dalam mempelajari respon tubuh terhadap racun dan efek suatu zat (kimia atau fisik) pada tubuh dapat merupakan efek terapi (bermanfaat) dan efek toksik (merugikan). Paracelcus adalah nama samaran dari Philippus Aureolus Theophratus Bombast von Hohenheim, toksikolog besar, yang pertama kali meletakkan konsep dasar dasar dari toksikologi. dalam postulatnya menyatakan bahwa "semua zat adalah racun dan tidak ada zat yang tidak beracun, hanya dosis yang membuatnya menjadi tidak beracun". Pernyataan ini membuat Paracelcus dikenal sebagai bapak toksikologi.

Selanjutnya, toksikologi modern diperkaya oleh Mattieu Joseph Orfilla (1787 – 1853). Ia merupakan orang pertama yang melakukan penelitian  secara sistematis tentang respon biologik anjing pada zat kimia tertentu. Ia memperkenalkan toksikologi sebagai ilmu yang memepelajari racun, ia mengembangkan analisis terhadap racun misalnya As (Arsen) dan meletakkan dasar toksikologi forensik. Toksikologi juga dikembangkan oleh ahli lain seperti Francois Magendie (1783 – 1855) yang meneliti efek striknin dan emetin. Matthieu Joseph Bonaventura Orfila dikenal sebagai bapak toksikologi modern. Ia adalah orang Spayol yang terlahir di pulau Minorca, yang hidup antara tahun 1787 sampai tahun 1853. Pada awak karirnya ia mempelajari kimia dan matematika, dan selanjutnya mempelajari ilmu kedokteran di Paris. Dalam tulisannya (1814-1815) mengembangkan hubungan sistematik antara suatu informasi kimia dan biologi tentang racun. Dia adalah orang pertama, yang menjelaskan nilai pentingnya analisis kimia guna membuktikan bahwa simtomatologi yang ada berkaitan dengan adanya zat kimia tertentu di dalam badan. Orfila juga merancang berbagai metode untuk mendeteksi racun dan menunjukkan pentingnya analisis kimia sebagai bukti hukum pada kasus kematian akibat keracunan. Orfila bekerja sebagai ahli medikolegal di Sorbonne di Paris. Orfila memainkan peranan penting pada kasus La Farge (kasus pembunuhan dengan arsen) di Paris, dengan metode analisis arsen, ia membuktikan kematian diakibatkan oleh keracuanan arsen. M.J.B. Orfila dikenal sebagai bapak toksikologi modern karena minatnya terpusat pada efek tokson, selain itu karena ia memperkenalkan metodologi kuantitatif ke dalam studi aksi tokson pada hewan, pendekatan ini melahirkan suatu bidang toksikologi modern, yaitu toksikologi forensik. Dalam bukunya Traite des poison, terbit pada tahun 1814, dia membagi racun menjadi enam kelompok, yaitu: corrosives, astringents, acrids, stupefying or narcotic, narcoticacid, dan septica atau putreficants.

1. **Pengertian Toksikologi.**

Bahan kimia beracun atau biasa dikenal dengan sebutan toksik ialah bahan kimia yang dapat menyebabkan bahaya terhadap kesehatan manusia atau menyebabkan kematian apabila terserap ke dalam tubuh karena tertelan, lewat pernafasan atau kontak lewat kulit.

Istilah Toksikologi awalnya berasal dari bahasa latin yaitu “toxon” yang artinya racun, sedangkan ilmu pengetahuan dikenal dengan kata “logos”. Kombinasi arti ini terbitlah bidang ilmu yang diketahui umum sebagai toksikologi, dan dalam bahasa inggris disebut *toxicology*. Secara etimology toksikologi terbagi dari dua kata diatas dan didefinisikan sebagai ilmu tentang racun. Toksikologi juga didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari efek-efek merugikan dari suatu zat (Nelwan, 2010).

Toksikologi merupakan ilmu atau pemahaman tentang pengaruh berbagai macam zat-zat kimia yang merugikan bagi kelangsungan hidup makhluk hidup. Toksikologi menurut para ahli kimia merupakan ilmu yang bersangkut paut dengan berbagai macam efek dan mekanisme kerja yang dapat merugikan dari agen kimia terhadap binatang dan manusia. Toksikologi menurut para ahli farmakologi adalah cabang dari farmakologi yang berhubungan dengan efek samping zat kimia di dalam sistem biologik. Dalam toksikologi terdapat unsur – unsur yang saling berinteraksi antara satu dengan yang lain dengan suatu cara tertentu sehingga dapat menimbulkan suatu respon pada sistem biologi yang dapat menimbulkan kerusakan terhadap sistem biologi tersebut.

Pada umumnya zat toksik masuk lewat pernafasan atau kulit dan kemudian beredar keseluruh tubuh atau menuju organ-organ tubuh tertentu. Zat-zat tersebut dapat langsung mengganggu organ-organ tubuh tertentu seperti hati, paru-paru, dan lain-lain. Tetapi dapat juga zat-zat tersebut berakumulasi dalam tulang, darah, hati, atau cairan limpa dan menghasilkan efek kesehatan pada jangka panjang. Pengeluaran zat-zat beracun dari dalam tubuh dapat melewati urin, saluran pencernaan, sel epitel dan keringat.

Pada dasarnya semua bahan kimia adalah beracun, tetapi bahayanya terhadap kesehatan sangat bergantung pada jumlah zat tersebut yang masuk ke dalam tubuh. Misalnya garam dapur yang kita makan setiap hari adalah bahan kimia yang tidak menimbulkan gangguan kesehatan. Tetapi jika terlalu besar jumlah yang kita makan, akan membahayakan kesehatan kita. Demikian pula berbagai macam obat, baru bermanfaat bagi tubuh pada dosis tertentu. Tetapi akan berbahaya apabila diberikan dalam dosis berlebihan.

Efek toksik atau efek yang tidak diinginkan dalam sistem biologis tidak akan dihasilkan oleh bahan kimia kecuali bahan kimia tersebut atau produk biotransformasinya mencapai tempat yang sesuai di dalam tubuh pada konsentrasi dan lama waktu yang cukup untuk menghasilkan manifestasi toksik. Faktor utama yang mempengaruhi toksisitas yang berhubungan dengan situasi pemaparan (pemajanan) terhadap bahan kimia tertentu adalah jalur masuk ke dalam tubuh, jangka waktu dan frekuensi pemaparan.

Pencegahan keracunan memerlukan perhitungan terhadap toxicity (toksisitas), hazard ( bahaya), risk (resiko), dan safety (keamanan).

1. Tixicity (toksisitas) merupakan istilah relatif yang biasa dipergunakan dalam memperbandingkan satu zat kimia dengan lainnya. Adalah biasa untuk mengatakan bahwa satu zat kimia lebih toksik daripada zat kimia lain. Perbandingan sangat kurang informatif, kecuali jika pernyataan tersebut melibatkan informasi tentang mekanisme biologi yang sedang dipermasalahkan dan juga dalam kondisi bagaimana zat kimia tersebut berbahaya. Oleh sebab itu, pendekatan toksikologi seharusnya dari sudut telaah tentang berbagai efek zat kimia atas berbagai sistem biologi, dengan penekanan pada mekanisme efek berbahaya zat kimia itu dan berbagai kondisi di mana efek berbahaya itu terjadi.
2. Hazard suatu kimia berarti kemungkinan zat kimia tersebut untuk menimbulkan cidera, sedangakn dalam bahasa indonesia hazard diterjemahkan sebagai bahaya. Hazard berbeda pengertiannya dengan toksisitas, yang berarti deksripsi dan kuantifikasi sifat-sifat toksik suatu zat kimia. Hazard dapat berbeda tergantung cara pemaparan zat kimia tersebut. zat X dalam bentuk cair misalnya akan lebih berbahaya (hazardous) dari pada bentuk butiran karena lebih mudah menempel di kulit dan diserap. Suatu zat kimia dalam bentuk gas menimbulkan hazard lebih besar daripada bentuk cair, karena dapat menyebar luas di udara dan mengenai banyak orang sekaligus. Namun bila gas disimpan dalm tangki dengan baik atau dalam ruangan sejuk maka hazard akan menjadi lebih kecil.
3. Risk didefinisikan sebagai besarnya kemungkinan suatu zat kimia untuk menimbulkan keracuanan. Hal ini terutama tergantung dari besarnya dosis yang masuk ke dalam tubuh. Peningkatan dosis ditentukan oleh tingginya konsentrasi, lama dan seringnya pemaparan seta cara masuknya zat tersebut kedalam tubuh. Semakin besar pemaparan terhadap zat kimia semakin besar pula resiko keracunan.
4. Keamanan suatu xenobiotik perhitungannya sukar dipahami. Hal ini disebabkan perlu memperhitungkan keamanan dengan menerapkan faktor keamanan, yang kadang kala merupakan estimasi yang sering berlebihan. Menusia tidak dapat dipakai sebagai “hewan” percobaan untuk menilai xenobiotik seperti biasanya perhitungan harus didasarkan harus disasarkan estimasi toksisitas dan bahaya terhadap suatu zat kimia melalui data yang diperoleh hewan percobaan. Karena pada perbedaan antara sifat manusia dengan hewan percobaan maka harus diperhitungkan faktor keamanan yang menurut konsensus ilmish sebesar 100. Hal ini menyebabkan diterimanya standar pemaparan seperti: Acceptable Daily Intake (ADI), Tolerable Weekly Intake (TWI), dan Maximal Allowable Concentration, Tolerance Level, dan sebagainya.

Secara sederhana dan ringkas, toksikologi dapat didefinisikan sebagai kajian tentang hakikat dan mekanisme efek berbahaya (efek toksik) berbagai bahan kimia terhadap makhluk hidup dan sistem biologik lainnya. Ia dapat juga membahas penilaian kuantitatif tentang berat dan kekerapan efek tersebut sehubungan dengan terpejannya (exposed) makhluk tadi.

Apabila zat kimia dikatakan beracun (toksik), maka kebanyakan diartikan sebagai zat yang berpotensial memberikan efek berbahaya terhadap mekanisme biologi tertentu pada suatu organisme. Sifat toksik dari suatu senyawa ditentukan oleh: dosis, konsentrasi racun di reseptor “tempat kerja”, sifat zat tersebut, kondisi bioorganisme atau sistem bioorganisme, paparan terhadap organisme dan bentuk efek yang ditimbulkan. Sehingga apabila menggunakan istilah toksik atau toksisitas, maka perlu untuk mengidentifikasi mekanisme biologi di mana efek berbahaya itu timbul. Sedangkan toksisitas merupakan sifat relatif dari suatu zat kimia, dalam kemampuannya menimbulkan efek berbahaya atau penyimpangan mekanisme biologi pada suatu organisme.

1. Ruang Lingkup Toksikologi

Ruang lingkup toksikologi atau cabang ilmu toksikologi meliputi:

a.    Toksikologi Lingkungan

Toksikologi lingkungan merupakan cabang toksikologi yang menguraikan pemajanan yang tidak di sengaja pada jaringan biologi (lebih khusus pada manusia) dengan senyawa kimia yang pada dasarnya merupakan pencemaran lingkungan, makanan atau air.  Pada prinsipnya, toksikologi lingkungan mengkaji tentang keracunan yang terjadi secara tidak sengaja seperti keracunan akibat makan ikan yang berasal dari teluk minamata jepang dan mengakibatkan penyakit minamata, keracunan gas akibat aktivitas gunung berapi dan masih banyak contoh lainnya.

Tujuan dari pada toksikologi lingkungan adalah mengurangi perlunya mencari substansi yang aman, yang berarti harus mengetahui mekanisme bagaiman racun menyerang organisme, mencegah terjadinya efek yang tidak di kehendaki dari racun terhadap organisme dan kualitas lingkungan dapat membuat kriteria dasar untuk standarisasi kualitas lingkungan dapat memperbaiki cara pengolahan karena mengetahui mekanisme terjadinya efek dan keracunan.

Pemahaman toksikologi yang berhubungan dengan lingkungan. Konsep dasarnya berhubungan hubungan dosis-respon, absorpsi bahan toksik, distribusi dan penyimpanan bahan toksik, biotransformasi dan eliminasi bahan toksik, target organ tubuh yang terkena bahan toksik, teratogenik, mutagenesis, karsinogenesis dan nilai resiko yag ditimbulkan oleh bahan toksik.

Ahli toksikologi lingkungan mengintegrasikan pengetahuan tentang kemungkinan efek beracun pada organisme dengan pengetahuan tentang kelakuan zat di dalam lingkungan dan juga dengan pengetahuan tentang akibat yang dapat terjadi dari efek tertentu suatu zat pada satu atau lebih macam organisme untuk dapat berfungsinya secara integral suatu kehidupan bermasyarakat. Ahli toksikologi lingkungan mempunyai tugas menilai risiko dan meramalkan dalam sistem yang kompleks; kelakuan zat dalam lingkungan sering tidak jelas dan kita berhadapan dengan banyaknya bentuk kehidupan dan proses yang rumit.

Keadaan senyawa atau zat polutan di lingkungan dalam hal ini adalah pencemaran, baik pencemaran udara, pencemaran tanah maupun pencemaran air sudah sangat memprihatinkan utamanya di Indonesia karena sebagian besar zat-zat tersebut berada di lingkungan sudah melebihi nilai batas normal. Dalam keadaan ini, apabila dari pihak pemerintah sendiri maupun dari mayarakat belum mengambil langkah pencegahan dan penanggulangan terhdap zat cemaran tersebut tentunya akan mempengaruhi keadaan lingkungan tersebut.

Salah satu bagian dari toksikologi lingkungan adalah toksikologi industri. Dimana toksikologi industri itu sendiri adalah studi mengenai efek-efek yang tidak di inginkan dari zat-zat kimia terhadap organisme hidup. Tokskologi juga membahas tentang penilaian secara kuantitatif tentang organ-organ tubuh yang sering terpajan serta efek yang ditimbulkannya.

b.    Toksikologi Ekonomi

Toksikologi ekonomi adalah suatu pembahasan toksikologi yang menjurus pada efek-efek berbahaya dari substansi khusus yang berhubungan dengan kebutuhan manusia seperti bahan pengawet makanan dan pestisida. Pada bidang ini, keracunan bisa terjadi karena efek samping obat atau berbagai gejala buruk yang muncul akibat adanya kandungan formalin dalam produk mie instan dan lain sebagainya, dimana pemajanan obat atau makanan tadi memang sengaja dilakukan untuk tujuan penyembuhan penyakit dan sebagai bahan makanan.

c.    Toksikologi  Forensik/ toksikologi kehakiman

Toksikologi  forensik merupakan cabang toksikologi yang mengkaji aspek medis dan aspek hukum atas pengaruh berbahaya zat kimia pada manusia.  Pada bidang kajian ini, masuknya senyawa kimia bisa terjadi karena kesengajaan untuk tujuan pembunuhan atau secara tidak sengaja akibat kelalaian manusia.  Akan tetapi, yang jelas peristiwa keracunan yang terjadi menimbukan suatu masalah, dimana masalah tersebut harus diselesaikan secara hukum di pengadilan.

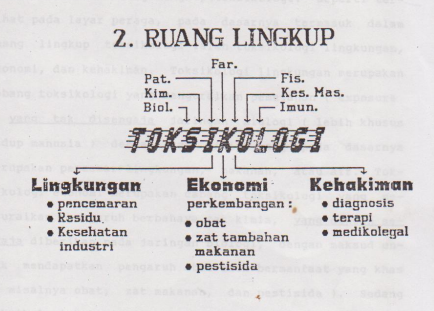
Secara umum tugas toksikologi forensik adalah membantu penegak hukum khususnya dalam melakukan analisis racun baik kualitatif maupun kuantitatif dan kemudian menerjemahkan hasil analisis ke dalam suatu laporan (surat, surat keterangan ahli atau saksi ahli), sebagai bukti dalam tindak kriminal (forensik) di pengadilan. Lebih jelasnya toksikologi forensik mencangkup terapan ilmu alam dalam analisis racun sebagi bukti dalam tindak kriminal, dengan tujuan mendeteksi dan mengidentifikasi konsentrasi dari zat racun dan metabolitnya dari cairan biologis dan akhirnya menginterpretasikan temuan analisis dalam suatu argumentasi tentang penyebab keracunan dari suatu kasus. Menurut masyarakat toksikologi forensik amerika “*Society of Forensic Toxicologists (SOFT)”*bidang kerja toksikologi forensik meliputi:

1)   analisis dan mengevaluasi racun penyebab kematian,

2)   analisis ada/tidaknya alkohol, obat terlarang di dalam cairan tubuh atau napas, yang dapat mengakibatkan perubahan perilaku (menurunnya kemampuan mengendarai kendaraan bermotor di jalan raya, tindak kekerasan dan kejahatan, penggunaan dooping),

3)   analisis obat terlarang di darah dan urin pada kasus penyalahgunaan narkotika, psikotropika dan obat terlarang lainnya.

Tujuan lain dari analisis toksikologi forensik adalah membuat suatu rekaan rekostruksi suatu peristiwa yang terjadi, sampai sejauh mana obat atau racun tersebut dapat mengakibatkan perubahan prilaku (menurunnya kemampuan mengendarai, yang dapat mengakibatkan kecelakaan yang fatal, atau tindak kekerasan dan kejahatan).



Gambar 2.1 Ruang Lingkup Toksikologi

1. Toksikologi Industri
2. Pengenalan Toksikologi Industri

Toksikologi industri adalah cabang ilmu dalam Bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang mempelajari efek bahaya zat kimia pada sistem biologi. Kajian tokskologi meliputi: studi quantitatif tentang efek bahaya zat kimia dan zat fisika, sifat dan aksinya racun, dan gangguan kesehatan yang ditimbulkan pada manusia dan hewan. penggunaan bahan kimia ini disamping menghasilkan produk yang bermanfaat tetapi juga memberikan dampak bagi kesehatan manusia. Bahan kimia merupakan permasalahan besar bagi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja. Di beberapa negara, pembuangan bahan kimia memberikan konsekwensi serius bagi tenaga kerja dan masyarakat maupun lingkungan. Oleh karena itu mempelajari keberadaan bahan kimia, efek dan penanggulangannya sangat penting bagi ahli Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

Menurut ILO (1983) toksikologi adalah : *“interdiciplinary science concern with the working and living environment”*, sehingga dikenal juga cabang keilmuan lain seperti *“Industrial Toxicology“*, *“Neuro behavioural Toxicology“*, *“Clinical Toxicology”*, *“Environmental Toxicology*”.

Toksikologi industri membahas tentang berbagai bahan beracun yang digunakan diolah atau dihasilkan oleh industri. Bahan toksik atau racun adalah bahan kimia yang dalam jumlah relatif sedikit, berbahaya bagi kesehatan atau jiwa manusia. Sedang toksisitas atau derajat racun merupakan kemampuan suatu bahan toksik untuk meninbulkan kerusakan pada organisme hidup.



Gambar 1.2

Toksikologi Industri

1. Pengenalan Bahaya Bahan Kimia

Terdapat ribuan jenis bahan kimia yang dihasilkan dalam industri sehingga perlu diupayakan:

1. Survai pendahuluan untuk mengenal bahan kimia yang terdapat di industri dan merencanakan program evaluasi risiko bahaya serta tindak lanjutnya. Suatu ceklis yang mencakup pendataan tentang, nama bahan baku dan bahan sampingan, jenis bahan yang diperkirakan beracun.
2. Mengenal proses produksi dengan mempelajari alur proses mulai dari tahap awal sampai akhir, sumber bahaya kimia dan keluhan kesehatan oleh pekerja serta memanfaatkan indera kita untuk mengidentifikasi lingkungan kerja.
3. Mempelajari MSDS (Material Safety Data Sheet) atau Lembar Data Bahan Kimia yakni suatu dokumen teknik yang memberikan informasi tentang komposisi karakteristik, bahaya fisik dan potensi bahaya kesehatan cara penanganan dan penyimpanan bahan yang aman, tindakan pertolongan pertama dan prosedur khusus lainnya.
4. Klasifikasi Toksisitas

Klasifikasi toksisitas sangat bervariasi, misalnya berdasarkan sifat fisik, pengaruh terhadap tubuh, lama terjadinya pemajanan atau pada tingkat efek racunnya. Menurut sifat fisiknya dikenal :

Gas : tidak berbentuk, mengisi ruangan pada suhu & tekanan normal, tidak terlihat, tidak berbau pada konsentrasi rendah, dan dapat berubah menjadi cair/padat dengan perubahan suhu dan tekanan

1. Uap : bentuk gas dari zat yang dalam keadaan biasa berujud cair atau padat, tidak kelihatan dan berdifusi keseluruhan ruangan.
2. Debu : partikel zat padat yang terjadi oleh karena kekuatan alami atau mekanis.
3. Kabut : titik cairan halus di udara yang terjadi akibat kondensasi bentuk uap atau dari tingkat pemecahan zat cair atau menjadi tingkat dispersi, melalui cara tertentu.
4. Fume : partikel zat padat yang terjadi oleh kondensasi bentuk gas, biasanya setelah penguapan benda padat yang dipijarkan.
5. Asap : partikel zat karbon yang berukuran kurang dari 0,5 mikron, sebagai akibat pembakaran tidak sempurna bahan yang mengandung karbon.
6. Awan : partikel cair sebagai hasil kondensasi fase gas ukuran partikelnya antara 0,1mikron.

Sifat - sifat fisik zat dapat pula digolongkan menjadi padat (padat biasa, fume, asap, debu), cair (cair biasa, awan, kabut) dan gas (uap, gas). Sedang bahan kimia di udara menurut sifatnya dapat dibedakan menjadi :

1. Bahan bersifat partikel : debu, awan, fume, kabut.
2. Bahan bersifat non partikel : gas, uap.

Terhadap tubuh bahan-bahan kimia tersebut digolongkan dalam klasifikasi fisiologis sebagai berikut :

1. Bahan partikel yang bersifat : perangsang (kapas, sabun, bubuk beras), toksik (Pb, As, Mn), fibrosis (Kwarts, asbes), allergen (tepung sari, kapas), menimbulkan demam (Fume, Zn O), inert (Alumunium, kapas).
2. Bahan non partikel yang bersifat : asfiksian (metan, helium), perangsang (amoniak, Hcl, H2S), racun anorganik, organik (TEL, As, H3), mudah menguap yang : berefek anesthesi (Trichloroetilen), merusak alat dalam (C C14), merusak darah (Benzene), merusak saraf (Parathion).

Menurut lama terjadinya pemajanan, dapat dibedakan dalam akut, contoh kecelakaan kerja/keracunan mendadak, subkronik misalnya proses kerja dengan bahan kimia selama 1 tahun/lebih atau kronik misal bekerja untuk jangka waktu lama dengan bahan kimia.

Bahan Kimia dalam Kehidupan Manusia

1. Logam/metalloid

* Pb(PbCO3):Syaraf,ginjaldan darah
* Hg (organik&anorganik): Saraf dan ginjal
* Cadmium: Hati, ginjal dan darah
* Krom: Kanker
* Arsen: Iritasi kanker
* Phospor: Gangguan metabolism

1. Bahan Pelarut

* Hidrokarbon alifatik (bensin, minyak tanah): Pusing, koma
* Hidrocarbon terhalogensisasi(Kloroform, CCl4): Hati dan ginjal
* Alkohol (etanol, methanol): Saraf pusat, leukemia, saluran pencernaan
* Glikol: Ginjal, hati, tumor

1. Gas beracun

* spiksian sederhana (N2,argon,helium): Sesak nafas, kekurangan oksigen
* Aspiksian kimia asam cyanida(HCN), Asam Sulfat (H2SO4),
* Karbonmonoksida (CO), Notrogen Oksida (NOx): Pusing, sesak nafas, kejang, pingsan.

1. Karsinogenik

* Benzene: Leukemia
* Asbes: Paru-paru
* Bensidin: Kandung kencing
* Krom: Paru-paru
* Naftilamin: Paru-paru
* Vinil klorida: Hati, apru=paru, syaraf pusat, darah

1. Pestisida

* Organoklorin: Pusing, kejang, hilang
* Organophosphat: Kesadaran dan
* Karbamat: kematian
* Arsenik

1. Penilaian Toksisitas

Toksisitas suatu bahan beracun ditentukan melalui berbagai cara, melalui percobaan binatang, yang ditentukan secara kualitatif dan kuantitatif toksisitas suatu racun. Suatu zat beracun dengan dengan LD50 (lethal dose 50) lebih kecil menunjukkan bahwa zat tersebut relatif beracun.

Dalam penerapan toksikologi industry diperlukan standar lain terutama barkaitan dengan Higiene Perusahaan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Penetapan Occupational Exposure Limit (OEL) atau Batas Pemajanan Kerja (BPK), mengacu pada prinsip dasar dalam toksikologi yang mempertimbangkan factor dosis dan dalam pemajanan serta keberadaan bahan kimia di udara tempat kerja.

Oleh ACGIH *(American Conference of Govermental and Industrial Hygienist*) dikembangkan konsep TLV (*Threshold Limit Value*) atau Nilai Ambang Batas (NAB) yang menunjukkan suatu kadar yang manusia dapay menghadapinya secara fisiologik tanpa terganggu kesehatannya. Terdapat 2 kategori NAB, yakni :

1. NAB rata-rata selama jam kerja atau TLV-TWA (*Thershold Limit Value – Time Weighted Average*) yakni kadar bahan kimia di udara tempat kerja selama 8 jam sehari atau 40 jam seminggu yang hampir semua tenaga kerja dapat terpajan berulang kali sehari-hari dalam melakukan pekerjaan tanpa terganggu kesehatannya.
2. NAB batas pemajanan singkat atau PSD (Pemajan Singkat yang Diperkenankan) yakni kadar bahan kimia yang diperkenankan untuk pemajana tidak lebih dari 15 menit atau tidak lebih dari 4 kali pemajanan per hari. Interval antara dua periode pamajanan tidak boleh kurang dari 60 menit.
3. NAB tertinggi yakni kadar tertinggi bahan kimia di udara tempat kerja yang tidak boleh dilewati selama melakukan pekerjaan.

Pada bahan kimia yang bersifat karsinogen terdiri dalam kategori sebagai berikut:

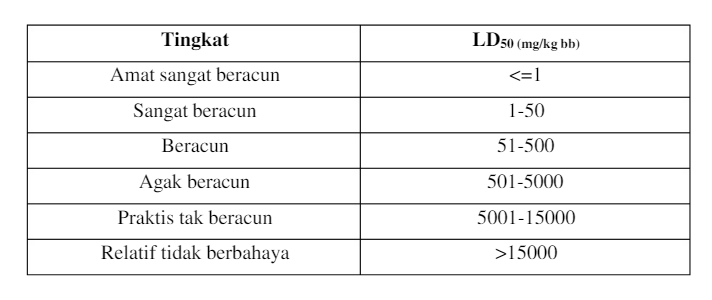
1. A – 1 Terbukti karsinogen pada manusia
2. A – 2 Diperkirakan karsinogen pada manusia
3. A – 3 Karsinogen terhadap binatang
4. A – 4 Tidak diklasifikasikan karsinogen pada manusia
5. A – 5 Tidak diperkirakan karsinogen terhadap manusia

Dikenal juga BEI (Biological Exposure Indices) atau Indeks Pemajanan Biologik yang merupakan standar pemajanan untuk menilai dampak pada kesehatan pekerja. Dalam kaitannya dengan Nilai Ambang Batas, terdapat pula istilah PEL (Permissible Exposure Limit) yang merupakan kadar bahan kimia di udara yang diijinkanuntuk terpapar oleh manusia tiap harinya tanpa mengganggu kesehatan manusia tersebut.Selain itu, bahan kimia beracun maupun berbahaya memiliki nilai Lethal Dosage yang merupakan tingkatan racun (toxic) atau dosis yang dapat berpengaruh dan menyebabkankematian. Daya toksisitas suatu bahan toksik biasanya dihitung dari nilai LD50 (*lethal dose* 50%) yang menggambarkan konsentrasi bahan kimia yang dapat menyebabkankematian sampai 50% dari jumlah hewan yang diuji. Nilai LD 50

digunakan untuk mengelompokkan dosis toksik dari bahan kimia yang baru diproduksi. Hasil dari uji LD 50 dari bahan kimia biasanya bervariasi untuk setiap spesies hewan dan laboratorium penguji,sehingga nilai LD 50 tersebut biasanya hanya merupakan perkiraan.

Tingkat racun suatu bahan kimia ditentukan oleh LD 50 (Lethal Dose 50). Berikutadalah tabel tingkat racun suatu bahan kimia.

Tabel 1.1 Tingkat Racun Suatu Bahan Kimia



1. Peranan Toksikologi Di Industri

Toksikologi industri didefinisikan sebagai bagian (khusus) dari toksikologi lingkungan, yang secara khusus lebih memperhatikan potensi kebahayaan akan bahan-bahan kimia yang dipakai, diproses atau dihasilkan oleh industri yang dihadapi oleh pekerja. Sedangkan Toksikologi lingkungan lebih menekankan perhatiannya pada efek bahaya bahan-bahan kimia yang dihadapi oleh manusia didalam sistem lingkungan umum (total). Pemaparan bahan kimia pencemar di atsmosfir biasanya terjadi secara insidental, sedangkan pemaparan bahan kimia dilingkungan kerja secara langsung disebabkan oleh kondisi tempat kerja serta keadaan hygiene tempat kerja pada industri tertentu. Dan dengan semakin meluasnya pemakaian bahan kimia untuk keperluan industri, maka sangat kecil kemungkinan para pekerja terbebas dari pemaparan bahan kimia. Bila potensi toksik (seperti; kanker, kerusakan irreversible, perubahan genetik atau kematian) dari beberapa macam bahan kimia juga menjadi bahan pertimbangan, maka secara signifikan persoalannya menjadi semakin kompleks.

Ahli toksikologi industri aktivitasnya selalu terkait dengan usaha-usaha penelitian akan bahan-bahan kimia yang digunakan atau diproduksi oleh suatu industri. Penilaian (evaluasi) untuk melihat atau mengenali kebahayaan suatu bahan kimia tertentu diarahkan kepada keadaan –keadaan yang menunjukkan adanya peningkatan “rate”. Usaha-usaha penelitian dibidang ini menggunakan hewan sebagai binatang percobaan. Karena nilai-nilai kemanusiaan, di Amerika sangat jarang digunakan uji coba bahan kimia toksik pada manusia, sedangkan di Uni Sovyet, hal demikian adalah umum (biasa). Pada umumnya percobaan dengan menggunakan manusia dilakukan untuk test bahan kimia yang dipaparkan melalui kulit. Saat ini studi-studi retrospektif diarahkan untuk menyelidiki bagaimana efek paparan bahan kimia yang telah terjadi (sudah terpapar oleh manusia). Tetapi validitas penelitian ini memang harus dipertanyakan mengingat bahwa pemaparan pada manusia sifatnya tidak tetap. Sebagi contoh, adanya penolakan terhadap penelitian yangmenghubungkan (correlation), pemaparan terhadap vinyl chloride monomer dengan angiosarcome (kanker hati) di Perusahaan Goodrich Rubber, Ohio. Karena itu ahli toksikologi hendaknya memperhitungkan dengan cermat akan sifat-sifat khusus yang dimiliki oleh bahan racun ketika mengemukakan hasil penelitiannya. Bila akan diterapkan (diektrapolasikan) kepada manusia, maka kondisi percobaan di laboratorium harus disesuaikan benar dengan kondisi-kondisi atau konsentrasi ketika bahan kimia tersebut di papar oleh manusia.

Kemungkinan kerusakan atau kerugian akibat bahan kimia disebut “hazard”, sebaiknya dalam percobaan –percobaan laboratoris selalu diupayakan sedemikian rupa sehingga data yang dikumpulkan sangat bersesuaian dengan keadaan riil ketika manusia memaparnya. Studi mengenai sifat hazard suatu bahan kimia sebaiknya dilakukan secara eksprimental dengan memperhitungkan beberapa faktor antara lain kepekaan (succeptibility) pekerja, sifat-sifat fisika atau sifat kimia zat serta kondisi bagaimana ketika bahan tersebut terpapar, dan ini harus dikerjakan (studinya) baik terhadap manusia maupun pada hewan percobaan.

Masalah kerentanan (*succeptibility*) dari pekerja harus mendapat perhatian seksama dari ahli toksikologi. Sekelompok populasi (pekerja) tertentu mempunyai sifat-sifat kepekaan khusus. Misalnya, pekerja-pekerja wanita pada usia produktif sebaiknya tidak boleh terpapar dengan bahan yang bersifat terratogenik atau mutagenik. Perhatian hendaknya ditujukan pula kepada seberapa banyak baik frekwensi maupun lamanya pemaparan terhadap bahan kimia berbahaya tertentu. Bahan kimia tertentu , toksisitasnya sangat bergantung kepada seringnya, lamanya maupun konsentrasi pemaparan yang terjadi.

Sifat fisika suatu zat, seperti telah diungkapkan sebelumnya juga penting diperhatikan . walaupun sifat dasar zat hanya ada tiga,-- padat, cair, gas, namun cara penyebaran zat-zat tersebut ke lingkungan sangat beragam.

Warning propertis, yaitu tanda-tanda kebahayaan bahan kimia yang cepat dikenali perlu diperhatikan pula. Misalnya, Hidrogen Sulfida (H2S) mudah dikenali pada konsentrasi 4,6 ppm dengan baunya yang mirip telur busuk, tetapi pemaparan pada konsentrasi 20 ppm menyebabkan syaraf pembauan menjadi “lelah” sehingga fungsi pembauan tidak bekerja normal. Sebaliknya , Methyl bromid dimana penggunaan nya sangat luas, adalah bahan kimia dengan sifat racun kuat (highly toxic) untuk bahan fumigant. Bahan ini diudara mempunyai tekanan uap yang tinggi. Namun karena tidak mempunyai sifat atau ciri warning property maka manusia tidak dapat mengenali keberadaan bahan tersebut di udara. Depresi sistem syaraf, kerusakan irreversible dan bahkan kematian sering disebabkan karena memapar bahan tersebut pada konsentrasi tinggi.

Kondisi tempat kerja tertentu juga perlu mendapat perhatrian ahli toksikologi. Kondisi tempat kerja sering memiliki sifat –sifat komplek karena faktor-faktor : panas, tekanan udara, kelembaban, kebisingan, atau keadaan-keadaan lain yang ekstrim. Keadaan akan faktor-faktor tersebut diatas berpengaruh terhadap efek bahan toksik pada tubuh. Lebih dari itu, kenyataan bahwa sebenarnya pekerja terpapar oleh lebih dari hanya satu macam bahan kimia dtempat kerja. Hal ini sangat penting diperhatikan. Sering para ahli kurang memperhitungkan efek campuran (efek ganda) dari beberapa macam bahan kimia tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, Rukaesih. (2004). Kimia Lingkungan. Yogyakarta: Penerbit Andi Yogyakarta

Fawcett, Howard H . (1984). Hazardous and Toxic Materials. Canada

Harbison, Raymond D. Industrial Toxicology (Sixth Edition)

Williams, Phillip L, James, R.C and Roberts S.M . (2000). Principles Toxicology, Environmental and Industrial Applications (Second Edition). Canada. ISBN 0-471-29321-0

Wirasuta, Made Agus Galgel dan Rasmaya Niruri. (2007). Toksikologi Umum. Bali: POM Jurusan Farmasi 2006.