

TOKSIKOLOGI LOGAM BERAT B3 DAN DAMPAKNYA TERHADAP KESEHATAN

Sudarmaji ¹⁾, J. Mukono ²⁾. dan Corie I.P. ³⁾

^{1), 2), 3)} *Bagian Kesehatan Lingkungan FKM Universitas Airlangga*

Abstract: Heavy metals are the hazardous substances that produced by industrial waste, included lead (Pb), mercury (Hg), kadnium (Cd), arsenic (As), copper (Cu), and chromium (Cr). Characteristics of lead (Pb) are soft consistency and black color. That heavy metal could cause acute and chronic body intoxication. Health effects of lead intoxication, such as neurology, kidney, reproductive system, hemopoitic system disorders.

Characteristics of mercury are white liquid and boiling point is 356,90°C. The famous health effect of mercury intoxication is minamata disease. Other effects of mercury intoxication included cereblal palsy, mental retardation, and libido disorders.

Characteristics of kadnium (Cd) are soft and white. The health effects of kadnium intoxication such as kidney, cardiovascular and bone disorders.

The health effects of arsenic intoxication included eyes, skin, blood, kidney, liver, respiratory tract, reproduction, gastrointestinal tract, and immunological disorders.

The health effects of copper intoxication included Wilson's disease and Menke's disease. The health effects of copper intoxication included respiratory system, skin, kidney, and vascular disorders

Keywords: heavy metals, intoxication, hazardous substances, health effects

PENDAHLUAN

Unsur logam berat adalah unsur yang mempunyai densitas lebih dari 5 gr/cm³ (Fardiaz, 1992). Hg mempunyai densitas 13,55 gr/cm³. Diantara semua unsur logam berat, Hg menduduki urutan pertama dalam hal sifat racunnya, dibandingkan dengan logam berat lainnya, kemudian diikuti oleh logam berat antara lain Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn (Waldchuk, 1984, di dalam Fardiaz, 1992).

Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) adalah setiap bahan yang karena sifat atau konsentrasinya, jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain (Pasal 1 (17) UU No. 23 1997). B3 dalam ilmu

bahan dapat berupa bahan biologis (hidup/mati) atau zat kimia. Zat kimia B3 dapat berupa senyawa logam (anorganik) atau senyawa organik, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai B3 biologis, B3 logam dan B3 organik.

Menurut data dari *Environmental Protection Agency* (EPA) tahun 1997, yang menyusun "top-20" B3 antara lain: Arsenic, Lead, Mercury, Vinyl chloride, Benzene, Polychlorinated Biphenyls (PCBs), Kadmium, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Chloroform, Aroclor 1254, DDT, Aroclor 1260, Trichloroethylene, Chromium (hexa valent), Dibenz[a,h]anthracene, Dieldrin, Hexachlorobutadiene, Chlordane. Dari 20 B3 tersebut, diantaranya adalah logam berat, antara lain Arsenic (As), Lead (Pb), Mercury (Hg), Kadmium (Cd), dan Chromium (Cr), yang akan dibahas lebih lanjut di bawah ini.

SUMBER BAHAN PENCEMAR LOGAM BERAT.

1. Sumber dari Alam

Kadar Pb yang secara alami dapat ditemukan dalam bebatuan sekitar 13 mg/kg. Khusus Pb yang tercampur dengan batu fosfat dan terdapat didalam batu pasir (*sand stone*) kadarnya lebih besar yaitu 100 mg/kg. Pb yang terdapat di tanah berkadar sekitar 5 - 25 mg/kg dan di air bawah tanah (*ground water*) berkisar antara 1- 60 µg/liter.

Secara alami Pb juga ditemukan di air permukaan. Kadar Pb pada air telaga dan air sungai adalah sebesar 1-10 µg/liter. Dalam air laut kadar Pb lebih rendah dari dalam air tawar. Laut Bermuda yang dikatakan terbebas dari pencemaran mengandung Pb sekitar 0,07 µg/liter. Kandungan Pb dalam air danau dan sungai di USA berkisar antara 1-10 µg/liter.

Secara alami Pb juga ditemukan di udara yang kadarnya berkisar antara 0,0001 - 0,001 µg/m³. Tumbuh-tumbuhan termasuk sayur-mayur dan padi-padian dapat mengandung Pb, penelitian yang dilakukan di USA kadarnya berkisar antara 0,1 -1,0 µg/kg berat kering. Logam berat Pb yang berasal dari tambang dapat berubah menjadi PbS (*golena*), PbCO₃ (*cerusite*) dan PbSO₄ (*anglesite*) dan ternyata *golena* merupakan sumber utama Pb yang berasal dari tambang. Logam berat Pb yang berasal dari tambang tersebut bercampur dengan Zn (seng) dengan kontribusi 70%, kandungan Pb murni sekitar 20% dan sisanya 10% terdiri dari campuran seng dan tembaga.

Secara alami Hg dapat berasal dari gas gunung berapi dan penguapan dari air laut. Dilaporkan kandungan kadmium (Cd) dalam air laut di dunia di bawah 20 ng/l. Variasi lain kandungan kadmium dari air hujan, *freshwater* dan air permukaan di perkotaan dan daerah

industri, kadmium pada level 10–4000 ng/l tergantung pada spesifikasi lokasi atau saat pengukuran larutan kadmium (WHO 1992).

Kadmium masuk kedalam freshwater dari sumber yang berasal dari industri. Air sungai dan irigasi untuk pertanian yang mengandung kadmium akan terjadi penumpukan pada sedimen dan Lumpur. Sungai dapat mentransport kadmium pada jarak sampai dengan 50 km dari sumbernya. Kadmium dalam tanah bersumber dari alam dan sumber antropogenik. Yang berasal dari alam berasal dari batuan atau material lain seperti glacial dan alluvium. Kadmium dari tanah yang berasal dari antropogenik dari endapan penggunaan pupuk dan limbah. Sebagian besar kadmium dalam tanah berpengaruh pada pH, larutan material organik, logam yang mengandung oksida, tanah liat dan zat organik maupun anorganik. Rata-rata kadar kadmium alamiah dikerak bumi sebesar 0,1 -0,5 ppm.

2. Sumber dari Industri

Industri yang berpotensi sebagai sumber pencemaran Pb adalah semua industri yang memakai Pb sebagai bahan baku maupun bahan penolong, misalnya:

Industri pengecoran maupun pemurnian.

Industri ini menghasilkan timbal konsentrat (*primary lead*), maupun *secondary lead* yang berasal dari potongan logam (*scrap*).

Industri battery.

Industri ini banyak menggunakan logam Pb terutama *lead antimony alloy* dan *lead oxides* sebagai bahan dasarnya.

Industri bahan bakar.

Pb berupa *tetra ethyl lead* dan *tetra methyl lead* banyak dipakai sebagai anti knock pada bahan bakar, sehingga baik industri maupun bahan bakar yang dihasilkan merupakan sumber pencemaran Pb.

Industri kabel.

Industri kabel memerlukan Pb untuk melapisi kabel. Saat ini pemakaian Pb di industri kabel mulai berkurang, walaupun masih digunakan campuran logam Cd, Fe, Cr, Au dan arsenik yang juga membahayakan untuk kehidupan makhluk hidup.

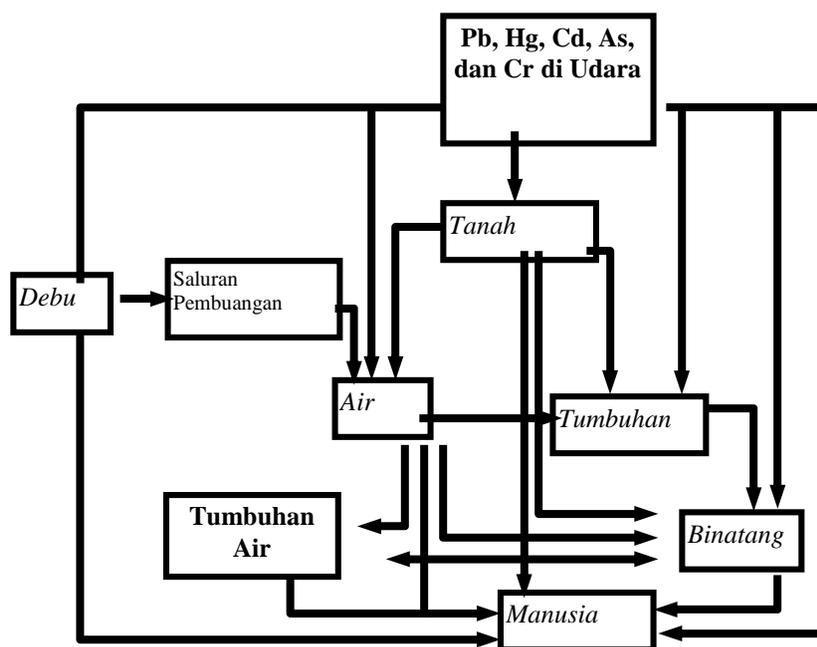
Industri kimia, yang menggunakan bahan pewarna.

Pada industri ini seringkali dipakai Pb karena toksisitasnya relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan logam pigmen yang lain. Sebagai pewarna merah pada cat biasanya dipakai *red lead*, sedangkan untuk warna kuning dipakai *lead chromate*.

Industri pengecoran logam dan semua industri yang menggunakan Hg sebagai bahan baku maupun bahan penolong, limbahnya merupakan sumber pencemaran Hg. Sebagai contoh antara lain adalah industri klor alkali, peralatan listrik, cat, termometer, tensimeter, iindustri pertanian, dan pabrik detonator. Kegiatan lain yang merupakan sumber pencemaran Hg adalah praktek dokter gigi yang menggunakan amalgam sebagai bahan penambal gigi . Selain itu bahan bakar fosil juga merupakan sumber Hg pula.

3. Sumber dari Transportasi

Hasil pembakaran dari bahan tambahan (*aditive*) Pb pada bahan bakar kendaraan bermotor menghasilkan emisi Pb in organik. Logam berat Pb yang bercampur dengan bahan bakar tersebut akan bercampur dengan oli dan melalui proses di dalam mesin maka logam berat Pb akan keluar dari knalpot bersama dengan gas buang lainnya.



Gambar : Kontribusi logam berat timah hitam (Pb), merkuri (Hg) dan kadmium (Cd), Arsenic (As), dan Cromium (Cr) pada INTAKE manusia

Sumber : *Environmental Health Criteria 3 WHO (1977)*
 Mengalami modifikasi dalam *Epidemiologi Lingkungan, Mukono, (2002)*.

IMPLIKASI KLINIK AKIBAT TERCEMAR OLEH LOGAM BERAT

1. Implikasi Klinik Akibat Tercemar oleh Logam Berat Timbal (Pb)

Menurut ketentuan WHO, kadar Pb dalam darah manusia yang tidak terpapar oleh Pb adalah sekitar 10-25 µg/100 ml. Pada penelitian yang dilakukan di industri proses daur ulang aki bekas, Suwandi (1995) menemukan bahwa kadar Pb udara di daerah terpapar pada malam hari besarnya sepuluh kali lipat kadar Pb di daerah tidak terpapar pada malan hari (0,0299 mg/m³ vs 0,0028 mg/m³), sedangkan rerata kadar Pb Blood (Pb-B) di daerah terpapar 170,44 µg/100 ml dan di daerah tidak terpapar sebesar 45,43 µg/100 ml. Juga ditemukan bahwa semakin tinggi kadar Pb-B, semakin rendah kadar Hb nya.

Pada penelitian mengenai kadar Pb di udara ambien dan hubungan antara kadar Pb-B dengan IQ anak sekolah, Susanto (1997) menemukan bahwa kadar Pb udara ambien di daerah penelitian sebesar 0,00103 mg/m³, masih dibawah nilai baku mutu yang besarnya 0,060 mg/m³. Didapatkan pula bahwa kadar Pb-B anak SD di kawasan tertib lalu-lintas (sekitar 39,73 ug/100 ml) lebih tinggi dari kadar Pb-B di luar kawasan tertib lalu lintas (16,30 µg/100 ml). Tidak di temukan pula perbedaan yang bermakna antara IQ anak sekolah SD di kawasan tertib lalu lintas dan di luar kawasan tertib lalu lintas.

Mukono, *et al.* (1991) meneliti status kesehatan dan kadar Pb-B karyawan SPBU (Setasiun Pompa Bensin Umum) di Jawa Timur, menemukan bahwa pemeriksaan darah lengkap pada karyawan SPBU dengan penjualan bensin kurang dari 8 ribu liter lebih baik dari karyawan SPBU yang menjual bensin lebih dari 10 ribu liter per hari. Didapatkan pula bahwa rerata kadar Pb-B karyawan SPBU sebesar 77,59 µg/100 ml.

Paparan bahan tercemar Pb dapat menyebabkan gangguan pada organ sebagai berikut :

Gangguan neurologi.

Gangguan neurologi (susunan syaraf) akibat tercemar oleh Pb dapat berupa *encephalopathy, ataxia, stupor* dan *coma*. Pada anak-anak dapat menimbulkan kejang tubuh dan *neuropathy perifer*.

Gangguan terhadap fungsi ginjal.

Logam berat Pb dapat menyebabkan tidak berfungsinya *tubulus renal, nephropati irreversible, sclerosis va skuler, sel tubulus atropi, fibrosis dan sclerosis glumerolus*. Akibatnya dapat menimbulkan *aminoaciduria* dan glukosuria, dan jika paparannya terus berlanjut dapat terjadi nefritis kronis.

Gangguan terhadap sistem reproduksi.

Logam berat Pb dapat menyebabkan gangguan pada sistem reproduksi berupa keguguran, kesakitan dan kematian janin. Logam berat Pb mempunyai efek racun terhadap gamet dan dapat menyebabkan cacat kromosom. Anak-anak sangat peka terhadap paparan Pb di udara. Paparan Pb dengan kadar yang rendah yang berlangsung cukup lama dapat menurunkan IQ .

Gangguan terhadap sistem hemopoitik.

Keracunan Pb dapat menyebabkan terjadinya anemia akibat penurunan sintesis globin walaupun tak tampak adanya penurunan kadar zat besi dalam serum. Anemia ringan yang terjadi disertai dengan sedikit peningkatan kadar ALA (*Amino Levulinic Acid*) urine. Pada anak – anak juga terjadi peningkatan ALA dalam darah. Efek dominan dari keracunan Pb pada sistem hemopoitik adalah peningkatan ekskresi ALA dan CP (*Coproporphyrine*). Dapat dikatakan bahwa gejala anemia merupakan gejala dini dari keracunan Pb pada manusia. Anemia tidak terjadi pada karyawan industri dengan kadar Pb-B (kadar Pb dalam darah) dibawah 110 ug/100 ml. Dibandingkan dengan orang dewasa, anak-anak lebih sensitif terhadap terjadinya anemia akibat paparan Pb. Terdapat korelasi negatif yang signifikan antara Hb dan kadar Pb di dalam darah.

Gangguan terhadap sistem syaraf.

Efek pencemaran Pb terhadap kerja otak lebih sensitif pada anak-anak dibandingkan pada orang dewasa. Paparan menahun dengan Pb dapat menyebabkan *lead encephalopathy*. Gambaran klinis yang timbul adalah rasa malas, gampang tersinggung, sakit kepala, tremor, halusinasi, gampang lupa, sukar konsentrasi dan menurunnya kecerdasan.

Pada anak dengan kadar Pb darah (Pb-B) sebesar 40-80 µg/100 ml dapat timbul gejala gangguan hematologis, namun belum tampak adanya gejala *lead encephalopathy*. Gejala yang timbul pada *lead encephalopathy* antara lain adalah rasa canggung, mudah tersinggung, dan penurunan pembentukan konsep. Apabila pada masa bayi sudah mulai terpapar oleh Pb, maka pengaruhnya pada profil psikologis dan penampilan pendidikannya akan tampak pada umur sekitar 5-15 tahun. Akan timbul gejala tidak spesifik berupa hiperaktifitas atau gangguan psikologis jika terpapar Pb pada anak berusi 21 bulan sampai 18 tahun.

Untuk melihat hubungan antara kadar Pb-B dengan IQ (*Intelligence Quation*) telah dilakukan penelitian pada anak berusia 3 sampai 15 tahun dengan kondisi sosial ekonomi dan etnis yang sam a.

Pada sampel dengan kadar Pb-B sebesar 40-60 µg/ml ternyata mempunyai IQ lebih rendah apabila dibandingkan dengan

sampel yang kadar Pb-B kurang dari 40 µg/ml. Pada dewasa muda yang berumur sekitar 17 tahun tidak tampak adanya hubungan antara Pb-B dan IQ.

2. Implikasi Klinik Akibat Tercemar oleh Merkuri (Hg).

Pada studi epidemiologi ditemukan bahwa keracunan metil dan etil merkuri sebagian besar disebabkan oleh konsumsi ikan yang diperoleh dari daerah tercemar atau makanan yang berbahan baku tumbuhan yang disemprot dengan pestisida jenis fungisida alkil merkuri.

Pada tahun 1968 Katsuna melaporkan adanya epidemi keracunan Hg di Teluk Minamata, dan pada tahun 1967 terjadi pencemaran Hg di sungai Agano di Nigata. Pada saat terjadi epidemi, kadar Hg pada ikan di Teluk Minamata sebesar 11 µg/kg berat basah dan di sungai Agano sebesar 10 µg/kg berat basah.

Di Irak pada tahun 1971-1972 terjadi keracunan alkil merkuri akibat mengkonsumsi gandum yang disemprot dengan alkil merkuri yang menyebabkan 500 orang meninggal dunia dan 6000 orang masuk rumah sakit.

Penelitian Eto (1999), menyimpulkan bahwa efek keracunan Hg tergantung dari kepekaan individu dan faktor genetik. Individu yang peka terhadap keracunan Hg adalah anak dalam kandungan (*prenatal*), bayi, anak-anak, dan orang tua. Gejala yang timbul akibat keracunan Hg dapat merupakan gangguan psikologik berupa rasa cemas dan kadang timbul sifat agresi.

Berdasarkan temuan Diner dan Brenner (1998) serta Frackelton dan Christensen (1998) dikatakan bahwa diagnosis klinis keracunan Hg tidaklah mudah dan sering dikaburkan dengan diagnose kelainan psikiatrik dan autisme. Kesukaran diagnose tersebut disebabkan oleh karena panjangnya periode laten dari mulai terpapar sampai timbulnya gejala dan tidak jelasnya bentuk gejala yang timbul, yang mirip dengan kelainan psikiatrik.

Berhubung sukarnya untuk mendiagnosis kelainan yang disebabkan oleh keracunan Hg, untuk memudahkan diagnosis para klinisi (Vroom dan Greer, 1972) membuat kriteria sebagai berikut :

1. Observasi kemunduran fungsi, berupa: kerusakan motorik, abnormalitas sensorik, kemunduran psikologik dan perilaku, kemunduran neurologik dan kognitif, kelainan bicara, pendengaran, kemunduran penglihatan dan kelainan kulit serta gangguan reflek.
2. Waktu paparan oleh Hg bersifat akut atau kronis.

Deteksi Hg pada urine, darah, kuku dan rambut

Keracunan Hg yang sering disebut sebagai *mercurialism* banyak ditemukan di negara maju, misalnya *Mad Hatter's Disease*

yang merupakan suatu *outbreak* keracunan Hg yang diderita oleh karyawan di Alice Wonderland, *Minamata Disease* yang merupakan suatu *outbreak* keracunan Hg pada penduduk makan ikan yang terkontaminasi oleh Hg di Minamata Jepang, dan kejadian ini dikenal sebagai *Minamata Disease*. Penyakit lain yang disebabkan oleh keracunan Hg adalah *Pink Disease* yang terjadi di Guatemala dan Rusia yang merupakan *outbreak* keracunan Hg akibat mengkonsumsi padi-padian yang terkontaminasi oleh Hg.

Kadar Hg di udara ambien daerah yang tidak tercemar oleh Hg berkisar antara 20-50 ng/m³. Dengan kadar Hg udara ambien sebesar 50 ng/m³, dalam waktu tiga hari banyaknya Hg yang terhisap oleh paru sebesar 1 µg/hari. Gejala klinis yang timbul, tergantung pada banyaknya Hg yang masuk ke dalam tubuh, mulai dari gejala yang paling ringan yaitu parestesia sampai gejala yang lebih berat yaitu *ataxia*, *dysarthria* bahkan dapat menyebabkan kematian. Paparan oleh Hg (biasanya berupa metil merkuri) pada saat prenatal akan nampak setelah bayi lahir yang dapat berupa *cerebral palsy* maupun retardasi mental. Keracunan ini dapat terjadi jika pada ibu hamil yang mengkonsumsi daging binatang yang diberi pakan padi-padian yang disemprot fungisida yang mengandung metil merkuri.

Keracunan Hg yang akut dapat menyebabkan terjadinya kerusakan saluran pencernaan, gangguan kardiovaskuler, kegagalan ginjal akut maupun *shock*. Pada pemeriksaan laboratorium tampak terjadinya denaturasi protein enzim yang tidak aktif dan kerusakan membran sel.

Metil maupun etil merkuri merupakan racun yang dapat mengganggu susunan syaraf pusat (serebrum dan serebellum) maupun syaraf perifer. Kelainan syaraf perifer dapat berupa parastesia, hilangnya rasa pada anggota gerak dan sekitar mulut serta dapat pula terjadi menyempitnya lapangan pandang dan berkurangnya pendengaran. Keracunan merkuri dapat pula berpengaruh terhadap fungsi ginjal yaitu terjadinya proteinuria. Pada karyawan yang terpapar kronis oleh fenil dan alkil merkuri dapat timbul dermatitis. Selain mempunyai efek pada susunan syaraf, Hg juga dapat menyebabkan kelainan psikiatri berupa insomnia, nervus, kepala pusing, gampang lupa, tremor dan depresi.

Pada dasarnya besarnya risiko akibat terpapar oleh Hg, tergantung dari sumber Hg di lingkungan, tingkat paparan, teknik pengambilan sampel, analisis sampel dan hubungan dosis-respon.

3. Implikasi Klinik Akibat Tercemar oleh Kadmium (Cd)

Kadmium terutama dalam bentuk oksida adalah logam yang toksisitasnya tinggi. Sebagian besar kontaminasi oleh kadmium pada manusia melalui makanan dan rokok. Waktu paruh kadmium kira-kira

10-30 tahun. Akumulasi pada ginjal dan hati 10-100 kali konsentrasi pada jaringan yang lain.

Dalam tubuh manusia kadmium terutama dieleminasi melalui urine. Hanya sedikit kadmium yang diabsorpsi yaitu sekitar 5-10%. Absorpsi dipengaruhi faktor diet seperti intake protein, calcium, vitamin D dan trace logam seperti seng (Zn). Proporsi yang besar adalah absorpsi melalui pernafasan yaitu antara 10-40% tergantung keadaan fisik wilayah. Uap kadmium sangat toksis dengan lethal dose melalui pernafasan diperkirakan 10 menit terpapar sampai dengan 190 mg/m^3 atau sekitar 8 mg/m^3 selama 240 menit akan dapat menimbulkan kematian. Gejala umum keracunan Cd adalah sakit di dada, nafas sesak (pendek), batuk-batuk dan lemah.

Terpapar akut oleh kadmium (Cd) menyebabkan gejala nausea (mual), muntah, diare, kram, otot, anemia, dermatitis, pertumbuhan lambat, kerusakan ginjal dan hati, gangguan kardiovaskuler, empisema dan degenerasi testicular (Ragan & Mast, 1990).

Perkiraan dosis mematikan (*lethal dose*) akut adalah sekitar 500 mg/kg untuk dewasa dan efek dosis akan nampak jika terabsorpsi 0,043 mg/kg per hari (Ware, 1989).

Gejala akut dan kronis akibat keracunan Cd (Kadmium).

Gejala akut :

- a. Sesak dada.
- b. Kerongkongan kering dan dada terasa sesak (*constriction of chest*)
- c. Nafas pendek.
- d. Nafas terengah-engah, distress dan bisa berkembang ke arah penyakit radang paru-paru.
- e. Sakit kepala dan menggigil.
- f. Mungkin dapat diikuti kematian.

Gejala kronis:

- a. Nafas pendek.
- b. Kemampuan mencium bau menurun.
- c. Berat badan menurun
- d. Gigi terasa ngilu dan berwarna kuning keemasan.

Selain menyerang pernafasan dan gigi, keracunan yang bersifat kronis menyerang juga saluran pencernaan, ginjal, hati dan tulang.

Usaha manusia untuk mengetahui pengaruh kadmium terhadap kesehatan dapat menggunakan pendekatan dengan cara percobaan-percobaan terhadap binatang seperti yang diterangkan sebagai berikut :

Pengaruh Cd terhadap ginjal.

Percobaan binatang dengan menyuntikan larutan kadmium klorida kedalam tubuh kelinci betina menunjukkan bahwa kelinci tersebut turun berat badannya. Urinnya mengandung protein melampaui batas normal dan kadang-kadang disertai keluarnya alkali-phosphatase dan asam Phosphatase sebagai tanda adanya kerusakan pada tubulus distal dari ginjal. Konsentrasi kadmium klorida sebesar antara 10,50 - 300 ppm dalam air minum tikus menyebabkan perubahan dari hampir seluruh pembuluh darah ginjal apabila diperiksa dengan mikroskop electron. Tetapi tidak ada tanda-tanda perubahan yang terlihat dalam waktu 24 minggu apabila kadar kadmium dalam air minum tersebut hanya 1 ppm.

Pengaruh Cd terhadap hipertensi.

Kadmium sebagai penyebab hipertensi atau penyebab penyakit jantung pada manusia (atherosclerotic heart disease) mungkin masih diragukan, tetapi percobaan dengan binatang untuk mengetahui hubungan tersebut telah dilakukan. Binatang percobaan kelinci dibuat hipertensi dengan memberikan injeksi intra peritoneal kadmium asetat seminggu sekali sampai beberapa bulan lamanya. Suatu endapan kadmium terbentuk beberapa waktu kemudian dalam jaringan hati dan ginjal (batu ginjal merupakan salah satu penyebab hipertensi dan hipertensi merupakan salah satu penyebab penyakit jantung)

Pengaruh Cd terhadap kerapuhan tulang.

Penyakit kerapuhan tulang seperti didapatkan pada penyakit *itai itai* diketemukan pula pada percobaan pada tikus jantan yang diberi diet makanan yang mengandung kadmium serta kadar protein dan kalsiumnya rendah. Berdasarkan percobaan ini orang menduga bahwa makanan yang bergizi rendah menyebabkan orang mudah terkena keracunan kadmium (*kadmium intoxication*)

Metabolisme/interaksi kadmium (Cd) – Seng (Zn).

Apabila selain logam kadmium terdapat pula logam seng, maka akan terjadi interaksi antara logam Cd dan Zn (Cd-Zn). Interaksi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Kadmium dapat disebut sebagai zat anti metabolic untuk seng karena dapat melawan partukaran seng (Zn) dalam proses metabolisme dalam jumlah yang diperlukan untuk merangsang pertumbuhan, fungsi hematology dan kontrol suhu badan. Hal tersebut memungkinkan kadmium (Cd) merupakan penyebab penyakit kakurangan zat seng yang karakteristik itu walaupun sesungguhnya makanannya mengandung cukup zat seng (Zn).

2. Terdapat perbedaan interaksi Cd-Zn untuk tingkat biokimia tertentu pada distribusi ke organ tubuh pada tikus besar dan kecil (*mouse and rat*).
Sejumlah seng khlorida dan kadmium klorida yang ekuimolar diinjeksikan, seng (Zn) akan terakumulasi lebih cepat pada *erythrocyt*, sedangkan kadmium (Cd) akan terakumulasi lebih cepat pada *citoplasma*. Kedua isotop tersebut akan menunjukkan kadar yang sama pada hati (liver) dan ginjal. Namun dalam waktu dua minggu seng (Zn) akan terusir dan masuk kedalam molekul besar sitoplasma (*cytoplasmic molecules*), sedangkan kadmium (Cd) akan bergabung dengan protein yang mempunyai berat molekul sekitar 11.000-12.000. Apabila kedua isotop diinjeksikan kedalam tikus besar (*rat*) yang bunting, maka dalam janin dan placenta akan lebih banyak didapatkan kadmium (Cd) dari pada seng (Zn).
3. Dapat disimpulkan bahwa kadmium mengikuti pola metabolisme yang berbeda dengan seng.

Kandungan kadmium (Cd) dalam darah.

Konsentrasi kadmium yang normal dalam darah adalah 10 µg/l, yaitu pada orang yang tinggal di daerah dengan udaranya bersih, dimana kandungan debu kadmiumnya tidak lebih dari 20 µg/m³.

Kandungan kadmium (Cd) dalam rambut.

Dengan menggunakan autoradiography seluruh badan sesudah injeksi intravenous ¹⁰⁹Cd (isotop 109) pada tikus, diketahui bahwa kandungan kadmium didalam rambut dapat digunakan untuk menentukan berapa besar akumulasi kadmium dalam seluruh tubuh tikus. Tetapi teknik ini tidak dapat diterapkan pada manusia karena terbentur pada masalah perbedaan tingkat kemampuan penyerapan kadmium oleh berbagai jenis rambut yang berbeda warnanya, perbedaan karena usia serta kontaminasi rambut dari luar (pemakaian bahan kosmetik).

4. Implikasi Klinik Akibat Tercemar oleh Arsenic (As).

Intoksikasi tubuh manusia terhadap arsenik (As), dapat berakibat buruk terhadap mata, kulit, darah, dan liver. Efek Arsenic terhadap mata adalah gangguan penglihatan dan kontraksi mata pada bagian perifer sehingga mengganggu daya pandang (*visual fields*) mata.

Pada kulit menyebabkan berwarna gelap (hiperpigmentasi), penebalan kulit (hiperkeratosis), timbul seperti bubul (clavus), infeksi kulit (dermatitis) dan mempunyai efek pencetus kanker (carcinogenic).

Pada darah, menyebabkan kegagalan fungsi sumbu tulang dan terjadinya pancytopenia (yaitu menurunnya jumlah sel darah

perifer). Pada liver, mempunyai efek yang signifikan pada paparan yang cukup lama (paparan kronis), berupa meningkatnya aktifitas enzim pada liver (enzim SGOT, SGPT, gamma GT), icterus (penyakit kuning), liver cirrhosis (jaringan hati berubah menjadi jaringan ikat dan ascites (tertimbunnya cairan dalam ruang perut). Pada ginjal, Arsen (As) akan menyebabkan kerusakan ginjal berupa *renal damage* (terjadi icheemia and kerusakan jaringan). Pada saluran pernafasan, akan menyebabkan timbulnya laryngitis (infeksi laryng), bronchitis (infeksi bronchus) dan dapat pula menyebabkan kanker paru.

Pada pembuluh darah, logam berat Arsen dapat mengganggu fungsi pembuluh darah, sehingga dapat mengakibatkan penyakit arteriosclerosis (rusaknya pembuluh darah), *portal hypertention* (hipertensi oleh karena faktor pembuluh darah portal), oedema paru dan penyakit pembuluh darah perifer (varises, penyakit bu rger).

Pada sistem reproduksi, efek arsen terhadap fungsi reproduksi biasanya fatal dan dapat pula berupa cacat bayi waktu dilahirkan, lazim disebut efek malformasi. Pada sistem imunologi, terjadi penurunan daya tahan tubuh / penurunan kekebalan, akibat nya peka terhadap bahan karsinogen (pencetus kanker) dan infeksi virus. Pada sistem sel, efek terhadap sel mengakibatkan rusaknya mitochondria dalam inti sel menyebabkan turunnya energi sel dan sel dapat mati.

Pada Gastrointestinal (saluran pencernaan), Arsen akan menyebabkan perasaan mual dan muntah, serta nyeri perut, mual (nausea) dan muntah (vomiting).

5. Implikasi Klinik Akibat Tercemar oleh Chromium (Cr).

Keracunan tubuh manusia terhadap chromium (Cr), dapat berakibat buruk terhadap saluran pernafasan, kulit, pembuluh darah dan ginjal.

Efek chromium (Cr) terhadap sistem saluran pernafasan (Respiratory sistem effects), berupa anker paru dan ulkus kronis/perforasi pada septum nasal. Pada kulit (*Skin effects*), berupa ulkus kronis pada permukaan kulit. Pada pembuluh darah (*Vascular effects*), berupa penebalan oleh plag pada pembuluh aorta (*Atherosclerotic aortic plaque*). Sedangkan pada ginjal (*Kidney effects*), kelainan berupa nekrosis tubulus ginjal.

PENUTUP

Logam berat termasuk bahan berbahaya dan beracun yang biasanya dihasilkan oleh industri berupa limbah. Logam berat yang lazim terdapat dalam limbah industri adalah logam timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), arsenicum (As), dan chromium (Cr).

Timbal (Pb) merupakan logam berat dengan konsistensi lunak dan berwarna hitam. Banyak industri yang menggunakan Pb sebagai bahan baku misalnya industri battery dan aki serta banyak pula industri yang menghasilkan produk yang mengandung Pb misalnya industri cat dan bahan pewarna lainnya. Logam berat Pb dapat meracuni tubuh manusia baik secara akut maupun kronis. Senyawa Pb organik mempunyai daya racun yang lebih kuat dibandingkan dengan senyawa Pb anorganik. Senyawa Pb dapat masuk ke dalam tubuh manusia dengan cara melalui saluran pernafasan, saluran pencernaan makanan maupun kontak langsung dengan kulit. Masuknya partikel Pb melalui saluran pernafasan adalah sangat penting dan merupakan jalan masuk ke dalam tubuh yang dominan. Keracunan Pb yang akut dapat menimbulkan gangguan fisiologis dan efek keracunan yang kronis pada anak yang sedang mengalami tumbuh kembang akan menyebabkan gangguan pertumbuhan fisik dan mental.

Logam berat merkuri (Hg) merupakan cairan yang berwarna putih keperakan dengan titik beku $-38,87^{\circ}\text{C}$ dan titik didih $356,90^{\circ}\text{C}$ serta berat jenis 13,6 dan berat atom 200,6. Paparan logam berat Hg terutama *methyl mercury* dapat meningkatkan kelainan janin dan kematian waktu lahir serta dapat menyebabkan *Fetal Minamata Disease* seperti yang terjadi pada nelayan Jepang di Teluk Minamata. Selain yang tersebut di atas Hg dapat menyebabkan kerusakan otak, kerusakan syaraf motorik, *cerebral palsy*, dan *retardasi mental*. Paparan di tempat kerja utamanya oleh *inorganik mercury* pada pria akan dapat menyebabkan impotensi dan gangguan *libido* sedangkan pada wanita akan menyebabkan gangguan menstruasi.

Logam berat kadmium (Cd) merupakan bahan alami yang terdapat dalam kerak bumi. Logam berat kadmium (Cd) murni berupa logam berwarna putih perah lunak, namun bentuk ini tak lazim kita temukan di lingkungan. Umumnya kadmium terdapat dalam kombinasi dengan element lain spt oxygen (kadmium oxide), chlorine (kadmium chloride) dan belerang (kadmium sulfide). Senyawa ini stabil, padat tak mudah menguap, namun kadmium oxide sering dijumpai sebagai partikel kecil dalam udara. Kebanyakan kadmium merupakan produk samping dalam pengecoran seng, timah atau tembaga. Kadmium banyak digunakan pada berbagai industri terutama *plating* logam, pigmen, baterai dan plastik. Logam berat lainnya yang dapat membahayakan dan mengganggu kesehatan adalah, arsen (As), dan chrom (Cr).

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson,K dan Scoot,R. (1982). *Fundamental of Industrial Toxicology*. Michigan: Ann Arbor Science Publisher.
- Bernard S, Enayati A, Binstock T, Roger H, Redwood L, McGinnis W (2000). *Autism: A Unique of Mercury Poisoning*. ARC Research Cranford, NJ 07016.
- Casarett & Doull's. (2001). *Toxicology the Basic Science of Poissons*. New York: McGraww-Hill Medical Publishing Division.
- Eddie, W.S. (2005). Limbah B3 dan Kesehatan. <http://www.dinkesjatim.go.id/images/datainfo/200504121503-LIMBAH%20B-3.pdf>. 18 Desember 2005.
- Gayer, RA. (1986). *Toxic Effects of Metal*. In C.D.Klaasen, M.O.Amdur, and J.Doul. (Eds). *Toxicology the Basic Science of Poissons*. 3rd ed. New York: Mac Millan Publishing Co.
- Mukono, H.J. (2000). *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Mukono, H.J. (2002). *Epidemiologi Lingkungan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Mukono J., Koeswadji H., Sugijanto, Laksminiwati E. (1991). *Laporan Penelitian: Status Kesehatan dan Kadar Pb (timah hitam) Darah pada Karyawan SPBU di Jawa Timur*. Lembaga Penelitian Universitas Airlangga.
- Ringo,HS. and Damon, LE. (1990). *Occupational Hematology*. In J.LaDou (eds). *Occupational Medicine*. San Fransisco: Riantice Hall International,Inc.

Filename: 3.Sudarmaji,Toksikologi Logam Ber at (129-142)
Directory: F:\JURNAL KESHLING\Volume 2 No. 2\Artikel Siap Cetak_Word
Template: C:\Documents and Settings\unair\Application
Data\Microsoft\Templates\Normal.dot
Title: TOKSIKOLOGI LOGAM BERAT BAHAN BERBAHAYA DAN
BERACUN (B3) DAN DAMPAKNYA
Subject:
Author: pc
Keywords:
Comments:
Creation Date: 3/8/2006 12:35:00 PM
Change Number: 37
Last Saved On: 5/19/2006 4:32:00 PM
Last Saved By: Kesling
Total Editing Time: 344 Minutes
Last Printed On: 4/10/2007 11:17:00 AM
As of Last Complete Printing
Number of Pages: 14
Number of Words: 4,523 (approx.)
Number of Characters: 25,785 (approx.)