

KERACUNAN RAKSA

Lokman, R. *

Pengenalan

Raksa merupakan elemen logam berat yang menghakis dengan nombor atom 80 dan berat melekular 200.8. Beratnya adalah 13.6 kali berat air bagi isipadu yang sama. Batu, besi dan juga plambum boleh terapung di atas permukaannya. Elemen raksa mewakili hanya 0.5 ppm dari kerak bumi, menjadikannya logam yang lebih jarang dari uranium tetapi lebih banyak dari emas dan perak.

Raksa mempunyai ketegangan permukaan yang tinggi, dan membentuk titisan berbentuk sepiar apabila dilepaskan. Walaupun molekul raksa didalam lingkungan titisannya adalah stabil, molekul-molekul di permukaannya mempunyai ketidakstabilan yang sangat tinggi, dan menruap dengan mudah. Tahap didih raksa adalah diparas 357°C (675°F). Pada dasarnya, semua raksa elemental akan hadir dalam bentuk wap pada suhu yang melebihi paras ini. Sifat ketegangan permukaannya yang tinggi, isipadu yang sekata perkembangannya menjadikan raksa ideal untuk digunakan dalam jangkassuhu, jangka pengukur tekanan dan lain-lain peralatan pengukuran yang lain. Raksa merupakan logam penyalur elektrik yang agak rendah, tetapi sering digunakan dalam peralatan eletronik seperti suis apabila konduktor cecair diperlukan. Kebolehan raksa cecair sebagai konduktor haba juga menyebabkan ia digunakan sebagai penyejuk. Sifat toksik bahan raksa yang tinggi juga dieksploitasi untuk racun bakteria, kulat dan racun serangga, dan warnanya yang menarik juga menyebabkan ia digunakan dalam cat. Ia juga merupakan pengawet dan pembunuh kuman yang sangat baik, yang boleh menerangkan kehadirannya dalam kebanyakan reagen kimia dan penggunaan perubatan seperti mercurochrome dan Thimerosal.

Seperti semua jenis logam, raksa tidak akan melalui proses biodegradasi apabila dilepaskan ke alam sekeliling. Raksa bergabung mudah dengan sulfur dan halogen pada suhu biasa dan membentuk amalgam dengan semua logam kecuali besi, nikel, kadmium, aluminium, kalbot dan platinum. Ia bertindak secara exothermal dengan logam alkaline dan bergabung dengan asid sulphurik apabila panas. Bentuk elemental atau bukan organik boleh ditukarkan kepada bentuk organik (terutamanya methylated) melalui sistem biologi. Pada organisma, ia paling kerap dijumpai dalam bentuk raksa metil. Raksa metil mempunyai sifat lipophilik dan bioakumulasi. Raksa ionik bersifat neurotoksik, renaltoksik dan teratogenik. Raksa merupakan elemen semulajadi yang tidak boleh dipecahkan di alam persekitaran dan hadir dengan paras yang rendah di dalam udara, air, endapan dan biota.

* *Sarjana Kesehatan Masyarakat, Jabatan Kesehatan Masyarakat, F. Perubatan, UKM*

SEJARAH

Raksa boleh dijumpai secara semulajadi di dalam persekitaran dalam bentuk sulfida (mercuric sulfide, HgS), juga dikenali sebagai bijih cinnabar yang mempunyai kandungan hitung panjang raksa sebanyak 0.1-4%. Ia juga hadir di bawah tanah dalam bentuk geodes atau raksa cecair (Almaden) dan sebagai impregnasi schist atau slate. Ini menerangkan kehadirannya dalam beberapa fosil minyak. Bijih cinnabar telah ditapis untuk kandungan raksanya sejak kurun ke 15 atau 16 sebelum masihi lagi. Raksa adalah antara logam pertama yang dikenali manusia, dan bahannya telah digunakan sepanjang sejarah manusia. Ahli pakar arkeologi telah menjumpai raksa di dalam makam-makam purba orang mesir dan cina yang berumur dari 1500 sebelum masihi lagi. Orang mesir purba dan orang cina mungkin telah menggunakan cinnabar sebagai pigmen merah berkurun sebelum kelahiran Nabi Isa. Di dalam kebanyakan tamadun, raksa telah digunakan untuk memanggil atau menghalau semangat-semangat jahat. Ahli kimia purba menganggap raksa, yang dikaitkan dengan planet 'Mercury' mempunyai kuasa mistik dan menggunakannya dalam percubaan mereka untuk menukar logam asas kepada emas. Kemudahan pergerakannya yang tinggi mungkin boleh menerangkan asal nama julukan "quicksilver" yang diberikan kepada raksa. Tamadun awal Yunani mengenali sifat kepantasan pergerakan logam ini dan menjelmakannya dalam tuhan perutusan Raksa, yang diangkat ke tahap Pantheon. Planet Mercury, dengan kepantasan pusingan tahunan sebanyak 88 hari dan kilauan keperakkannya, melambangkan penghormatan yang diberikan untuk elemen ini oleh tamadun purba. Bangsa Yunani juga menggunakannya dalam perubatan mereka. Raksa dan bahan raksa telah digunakan dari kurun ke 15 hingga pertengahan kurun ke 22 untuk merawat penyakit sifilis. Dan kerana raksa merupakan satu bahan yang amat toksik dan kesan rawatannya tidak dibuktikan, penggunaannya telah diberhentikan dan ubat penyakit sifilis yang lain digunakan buat masa ini. Kegunaan raksa dihadkan oleh sifat keracunannya dan kerana ia susah dijumpai. Hazad terhadap kesihatan telah diketahui sekurang-kurangnya sejak penaklukan kuasa Roman di Negara Sepanyol. Disebabkan keadaan toksik raksa di dalam cinnabar, tawanan atau pesalah yang dikerahkan bekerja di lombong raksa oleh pihak Roman hanya mempunyai jangkaan hayat selama 3 tahun sahaja.

Peningkatan kandungan raksa melalui rantai makanan menyebabkan kandungan raksa yang tinggi di dalam ikan yang dimakan oleh manusia. Keracunan dari industri raksa secara berleluasa di kalangan nelayan Jepun dan keluarga mereka berlaku di Minamata, Jepun pada tahun 1950'an kerana memakan hasil laut yang dicemari oleh raksa metil. Kandungan yang didapati pada air laut adalah di antara 5 dan 15 ppm, iaitu 20 kali kandungan yang normal. Ramai yang mengalami simptom sistem saraf yang teruk, termasuk kematian sebelum pencemaran tersebut dapat dikenalpasti. Pada hari ini, kita terus didedahkan kepada raksa di dalam makanan, terutamanya dari hasil laut seperti ikan dan kerang.

Industri raksa yang berleluasa, digabung dengan pengendalian dan proses pembuangan yang kurang sempurna telah menyumbang kepada kontaminasi persekitaran. Selain daripada pekerja di lombong cinnabar, pekerja-pekerja moden di

dalam industri raksa juga terdedah kepada risiko pendedahan berlebihan. Bijih raksa dikeluarkan dari perlombongan bawah tanah dan logam raksa diasingkan daripada bijihnya melalui proses pembakaran di dalam rotary kiln atau shaft furnace, ataupun melalui proses reduksi dengan besi atau kalsium oksida.

JENIS DAN BENTUK RAKSA

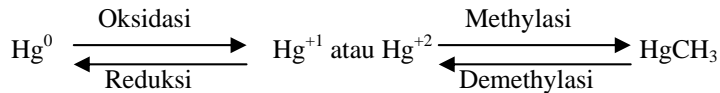
Raksa hadir dalam berbagai bentuk kimia dan secara amnya hadir dalam dua bentuk iaitu organik dan bukan organik.

Raksa bukan organik

Raksa mempunyai tiga kemungkinan keadaan "valence states" atau keadaan cas elektrik. Logam tanpa cas atau raksa elemental (HgO), bentuk yang biasa digunakan dalam jangkaskuhu, menruap dengan mudah dari keadaan cecairnya, dan merupakan bentuk raksa yang paling biasa dijumpai dalam atmosfera. Sifat raksa elemental yang mungkin paling diketahui adalah kelikatannya yang rendah dan kebolehannya untuk membentuk titisan yang mempunyai keupayaan pergerakan yang tinggi di atas permukaan. Kelikatannya yang rendah ditunjukkan oleh cara titisan-titisan raksa bercantum menjadi satu apabila bertembung. Pengangkutan jarak jauh raksa melalui atmosfera terdiri terutamanya dari raksa bentuk elemental. Jumlah terhad raksa elemental boleh dijumpai di dalam tanah dan air. Raksa elemental adalah toksik dan tidak boleh dipecahkan kepada bentuk yang kurang toksik. Didalam tanah dan air permukaan, raksa hadir paling banyak dalam keadaan mercuric (Hg^{++} dengan cas elektrik positif berkembar), dan mercurous (Hg^{+} dengan satu cas positif) sebagai ion-ion dengan kelarutan yang berlainan. Mercuric chloride, merupakan bentuk paling banyak di dalam kebanyakan air permukaan bumi. Raksa elemental, mercurous dan garam mercuric selalunya diklasifikasikan sebagai bukan organik.

Raksa organik

Raksa boleh membentuk kompleks-komplek yang stabil dengan bahan-bahan organik (mengandungi karbon). Tiga kumpulan bahan-bahan organik raksa terpenting kerana penggunaannya adalah kumpulan aryls, alkyls dan alkoxyalkyls. Contoh bahan-bahan raksa aryl adalah seperti phenylmercuric acetate (PMA), nitrate, oleate, propionate dan benzoate. Contoh bahan-bahan raksa alkyl adalah seperti raksa metil dan raksa etil. Kedua-dua bahan ini telah digunakan secara meluas untuk rawatan benih. Bentuk raksa organik melibatkan terutamanya alkyl berantai pendek seperti raksa metil atau etil. Raksa bukan organik boleh di metilkan oleh organisma mikro yang tinggal di dalam tanah, endapan, air tawar dan air laut, untuk membentuk raksa organik. Komponen raksa methylated ini bukan sahaja toksik tetapi juga mempunyai sifat bioakumulatif yang tinggi. Hampir kesemua raksa yang dijumpai dalam tisu haiwan berada dalam bentuk raksa metil. Raksa metil merupakan sejenis bahan raksa organik toksik yang agak larut di dalam air. Raksa dimetil pula merupakan sejenis lagi bahan raksa organik, dengan kelarutan yang lebih rendah lagi.



Rajah 1: Transformasi Raksa

Raksa melalui dua jenis proses transformasi kimia utama iaitu proses oksidasi-reduksi dan proses methylasi-demethylasi (Rajah 1). Dalam proses oksidasi, sebagai contoh raksa yang hadir dalam keadaan tanpa casnya (Hg^0) ditukar kepada keadaan valensi yang lebih tinggi (Hg^{+1}). Proses reduksi adalah proses yang bertentangan arah berlaku dengan penambahan electrons. Dalam proses methylasi, raksa elemental menambah satu kumpulan organik methyl atau hidrokarbon, yang hilang dalam proses demethylasi. Kedua-dua proses transformasi boleh berlaku mengikut mana-mana arah.

RAKSA DALAM PERSEKITARAN

Kitaran dan transformasi dalam persekitaran

Kesemua bahan melalui kitaran dan transformasi dalam persekitaran. Kebolehan raksa untuk berada dalam beberapa keadaan fizikal dan kimia pada keadaan tekanan biasa dan suhu bilik dan kebolehannya untuk melalui transformasi biologi, bermakna ia terdedah kepada perubahan dalam kepekatan dan bentuk yang kompleks dan rawak. Kajian pemantauan persekitaran mestilah mempertimbangkan beberapa perubahan-perubahan fizikal, tindakan-tindakan geokimia dan interaksi-interaksi biokimia dalam percubaan untuk memahami keadaan spesifik tempatan yang menyumbang kepada paras raksa dalam media persekitaran dan organisma hidup. Raksa yang dilepaskan ke persekitaran boleh berada dekat dengan sumbernya untuk tempoh masa yang lama, atau tersebar luas keserata kawasan atau keseluruhan dunia. Kepekatan raksa di dalam air, laut, udara dan di dalam rambut manusia adalah lebih tinggi di hemisfera utara daripada hemisfera selatan. Keadaan perindustrian di utara yang lebih tinggi mungkin bertanggung-jawab bagi paras yang tinggi ini; sistem kitaran udara stratosfera mengakibatkan penganapan semula bahan buangan dari kawasan perindustrian di latitud pertengahan hemisfera utara ke dalam hemisfera yang sama. Kepekatan raksa atmosfera telah diukur di kawasan-kawasan industri, desa, perumahan dan akuatik. Parasnya adalah tinggi di kawasan industri.

Anggaran tempoh masa beberapa jenis raksa berada di dalam atmosfera berbeza dari lima ke sembilan puluh hari ke selama tiga tahun. Kepekatan raksa atmosfera di Greenland, kawasan kutub dan laut terbuka menunjukkan bahawa punca anthropogenik adalah punca penyumbang kepada ketinggian paras yang dijumpai di kawasan tanah kontinental. Kadar pengwapan raksa berganda dengan setiap penambahan suhu sebanyak 10 darjah celsius. Paras penepuan raksa dalam udara bertambah secara logaritma dengan penambahan suhu.

Kajian yang mengandungi ukuran sebelum dan selepas hujan mencadangkan bahawa hujan membersihkan sejumlah raksa dari atmosfera. Tetapi dalam zon perindustrian yang menggunakan raksa atau dimana raksa merupakan bahan pembuatan sampingan, lebih banyak raksa boleh diendapkan secara kering dari melalui air hujan. Hujan adalah lebih efektif dalam mengeluarkan partikel raksa dari wap raksa, kerana air hujan, air merupakan takungan, atau media penyimpan yang tidak baik untuk raksa elemental.

Kehadiran raksa di Greenland menunjukkan bahawa salji juga mengeluarkan raksa dari atmosfera. Raksa memasuki tanah melalui jatuhnya hujan dan salji, enapan kering dari atmosfera, pembuangan lumpur perlimbahan, pembuangan bahan buangan raksa secara cuai, pembuangan bahan buangan pepejal secara terbuka, dan penggunaan racun rumpai yang mengandungi raksa di sektor pertanian.

Raksa dalam bentuk ion diserap dengan kuat oleh tanah dan endapan dan dilepaskan secara perlahan. Tanah liat menyerap raksa secara maksima pada pH 6. Oksida besi juga menyerap raksa dalam tanah neutral. Dalam tanah berasid, kebanyakan raksa diserap oleh unsur organik. Aktiviti mikrobiologi kemudian boleh memetabolismakan sejumlah bahagian raksa tersebut, dan melepaskannya ke dalam gas di dalam tanah.

Sebaik dilepaskan ke atmosfera, raksa ditaburkan ke permukaan bumi termasuk tanah, paya, tasik dan lautan. Ia kemudiannya boleh melalui proses transformasi kimia termasuk oksidasi, reduksi, metilasi dan demetilasi. Proses-proses biologi memainkan peranan yang penting didalam proses transformasi ini. Bakteria akhirnya boleh menukarkan sejumlah raksa yang disimpan ke raksa metil, yang kemudiannya diambil oleh organisma melalui pemakanan dan penyerapan.

Walaupun ia berkitar di persekitaran dan merubah bentuknya, raksa tetap ada dan tidak mengalami proses biodegradasi. Ia cenderung untuk berkumpul di dalam endapan di sungai, anak sungai, tasik dan lautan. Raksa juga boleh berkumpul di dalam paip peparitan yang memberi kemungkinan pelepasan jangka panjang raksa ke air perlimbahan majlis perbandaran secara berterusan walaupun punca asalnya telah dihapuskan. Apabila ia hadir dalam sistem biologi, raksa boleh dibawa mengikut rantai makanan dimana "bioakumulasi" (meningkatkan kepekatan) berlaku. Individu yang lebih besar dan lebih tua mengumpulkannya di dalam tisu-tisu mereka dengan peningkatan umur yang boleh memberi kepekatan yang cukup tinggi dalam pemangsa rantai makanan yang lebih tinggi. Kerana gabungan kualiti-kualiti potensi ketoksikan, keteguhan persekitaran, dan potensi bioakumulasinya, logam ini merupakan bahan buangan yang mencabar dan susah untuk dikawal.

PROSES METILASI RAKSA

Proses metilasi iaitu penambahan (-CH₃) boleh berlaku di dalam air, endapan atau tanah. Ikan mengumpul raksa metil secara terus dari air atau dari mangsa mereka. Jumlah proses metilasi di dalam air dan endapan dipengaruhi oleh:

- i. Jumlah oksigen terlarut
- ii. Jumlah sulfur
- iii. PH air atau endapan dan

iv. Kehadiran partikel tanah liat atau unsur organik.

Di tempat dimana jumlah oksigen adalah terhad, seperti di lapisan-lapisan air permukaan atau endapan yang dalam, lebih banyak raksa metil akan terbentuk. Kehadiran sulfur boleh memainkan peranan yang penting kerana bakteria yang bergantung kepada sulfur terlibat dalam proses metilasi. PH rendah dikaitkan dengan peningkatan proses metilasi. Ini bermakna proses metilasi berlaku dengan lebih mudah di dalam air yang dipengaruhi oleh hujan asid. Sekiranya terdapat partikel tanah liat di dalam air, raksa boleh melekatkan diri kepada partikel tersebut, dan kurang terdedah untuk proses metilasi.

Raksa metil boleh dibentuk didalam tanah. Seperti di dalam tasik, sungai atau endapan, paras oksigen dan sulfur dan nilai pH boleh mempengaruhi jumlah proses metilasi yang berlaku. Raksa metil yang dibentuk di dalam tanah boleh di bawa ke air permukaan sebagai aliran dan akhirnya memasuki tasik, kolam atau laut.

PENGGUNAAN RAKSA

Penggunaan terpenting logam raksa dan bahan-bahan bukan organiknya termasuklah rawatan untuk bijih emas dan perak, penghasilan amalgam, pembuatan peralatan pengukur dan peralatan makmal, pembuatan tube vapor raksa, injap radio, tiub sinar x, suis dan bateri. Raksa juga bertindak sebagai katalis untuk penghasilan klorin dan penghasilan asid acetic dan acetaldehyde dari acethylene. Ia juga digunakan dalam plating emas, perak, gangsa dan timah dan dalam industri kulit, tekstil, sutera, fotografi, cat dan pigman berasaskan raksa.

Penggunaan penting untuk bahan organik raksa bergantung kepada aktiviti biologikalnya. Ia digunakan sebagai:

- Antiseptik
- Pembunuh kuman
- Diuretik
- Kontraseptik
- Pestisid
- Bahan pengawet dalam cat, gam dan lilin
- Cat antifungus
- Fabrik, getah, kayu, gabus dan kertas antifungus (cuaca lembab)
- Katalis dalam industri kimia

METABOLISME RAKSA

Proses penyerapan

Logam raksa dan bahan bukan organiknya.

Inhalasi vapor merupakan jalan utama kemasukan logam raksa elemental ke dalam tubuh manusia. Lebih kurang 80% daripada inhalasi vapor raksa diserap oleh aveoli.

Penyerapan melalui sistem penghadaman terhadap logam raksa elemental boleh diabaikan (kurang dari 0.01% dos yang ditelan).

Kemasukkan utama bahan raksa bukan organik (garam raksa) juga adalah melalui paru-paru (proses atomisasi garam raksa) dan saluran gastrointestinal (dianggarkan 2 – 10% diserap melalui cara ini).

Penyerapan logam raksa dan beberapa bahannya melalui kulit juga boleh berlaku walaupun kadar penyerapan adalah rendah.

Bahan raksa organik

i. Bahan raksa aryl

Penyerapan akibat pendedahan semasa bekerja boleh berlaku melalui inhalasi aerosol yang mengandungi PMA (phenylmercuric acetate). Faktor yang mempengaruhi penyerapan adalah kelarutan bahan raksa dan saiz partikel aerosolnya. PMA diserap dengan lebih efisien melalui saluran pemakanan daripada garam raksa bukan organik.

ii. Bahan raksa alkyl

Bahan raksa metil yang bersifat volatil seperti raksa metil klorida diserap sehingga 80% sebaik sahaja inhalasi vapor berlaku. Lebih 95% daripada bahan-bahan raksa alkyl diserap melalui saluran makanan. Penyerapan melalui kulit bergantung kepada kelarutan dan kepekatannya serta keadaan kulit pada masa pendedahan.

iii. Bahan raksa alkoxyalkyl

Bahan-bahan Alkoxyalkyl diserap lebih efisien melalui inhalasi dan saluran makanan jika dibandingkan dengan garam raksa bukan organik.

Pengangkutan, penyebaran dan penyingkiran

Logam raksa dan bahan bukan organiknya

Selepas masuk ke dalam tubuh, logam raksa masih berada dalam bentuk logam untuk tempoh masa yang singkat yang menjelaskan penetrasi raksa ke otak. Di dalam darah dan tisu, logam raksa dioksidasikan dengan cepat kepada ion raksa Hg^{2+} yang melekat pada protin. Di dalam darah, raksa bukan organik juga diedarkan diantara plasma dan sel darah merah.

Buah pinggang dan otak merupakan organ deposit selepas pendedahan kepada vapor logam raksa, manakala buah pinggang untuk pendedahan kepada garam raksa bukan organik.

Raksa bukan organik di dikeluarkan terutamanya melalui kolon dan buah pinggang. Eliminasi boleh berlaku melalui kulit, air liur dan peluh. Eliminasi raksa melalui peluh adalah signifikan sekiranya perpeluhan yang banyak berlaku. Raksa

juga boleh dikesan pada udara pernafasan untuk beberapa jam selepas pendedahan kepada vapor raksa. T_{1/2} biologikal raksa di dalam tubuh adalah lebih kurang 60 hari.

Cara tindakan:

Tindakan biologi raksa dan derivatnya dan kesan biokimia kritikal yang bertanggungjawab terhadap menifestasi toksik disebabkan oleh logam ini masih belum diketahui. Apa yang diketahui adalah ion raksa gemar bergabung dengan kumpulan thiol dan boleh menyekat berbagai enzim.

Bahan raksa organik

i. Bahan aryl

Raksa fenil diangkut terutamanya melalui darah dan diedar di dalam sel-sel darah (90-%). Ia berkumpul di hati dan mengalami proses penguraian kepada raksa bukan organik. Sesetengah raksa fenil dikeluarkan melalui hempedu. Kebanyakan darinya diedarkan di dalam tisu sebagai raksa bukan organik dan berkumpul di buah pinggang. Pada pendedahan secara kronik, penyebaran dan pengeluaran raksa organik adalah seperti raksa bukan organik.

ii. Bahan raksa alkyl

Raksa metil diangkut di dalam sel darah merah (>95%) dan sedikit dari pecahannya melekat pada protin plasma. Pengedaran ke tisu-tisu tubuh berlaku dengan perlahan dan memerlukan 4 hari sebelum keadaan keseimbangan dapat di capai. Raksa metil dikumpul di sistem saraf pusat terutama di "gray matter". Kepekatan tinggi dijumpai di bahagian kortek occipital dan di cerebellum. Sebanyak 10% daripada bebanan raksa tubuh dijumpai di otak. Raksa metil boleh menyeberangi plasenta dan berkumpul terutamanya pada otak fetus.

Raksa metil menjalani proses biotransformasi (kemungkinan berlaku di hati) dan menjadi raksa bukan organik dan sebahagian darinya berkumpul di hati dan buah pinggang. Pengeluaran raksa metil dari tubuh berlaku dengan perlahan (1% dari bebanan tubuh/hari) dan ini menyumbang kepada T_{1/2} biologikalnya selama 70 hari. Raksa metil dikeluarkan melalui hempedu dimana sebahagian besarnya diserap melalui saluran intestinal dan menyebabkan kitaran enterohepatik berlaku. Ada juga raksa di dalam hempedu yang berada dalam bentuk bukan organik. Raksa metil juga boleh dihuraikan oleh organisma mikro yang berada di dalam saluran pemakanan. Ini membantu proses pengeluaran memandangkan hanya 5% raksa bukan organik diserap melalui saluran pemakanan. Ibu yang menyusukan anak juga mengeluarkan raksa metil pada kepekatan 5% dari kepekatan di dalam darah. Bergantung kepada kepekatan di dalam darah 20 – 60% dari raksa yang keluar melalui penyusuan berada dalam bentuk raksa metil. Raksa metil juga terlibat dalam pembentukan rambut dan kekekatannya adalah 250 kali kepekatan darah.

iii. Bahan raksa alkoxyalkyl

Pengedaran dan pengeluarannya mengikut cara garam raksa bukan organik. Pengeluaran adalah melalui saluran gastrointestinal dan buah pinggang.

Cara tindakan :

Tindakan biologi raksa dan derivatnya, kesan biokimia kritikal yang bertanggungjawab terhadap menifestasi toksik disebabkan oleh logam ini masih belum diketahui. Apa yang diketahui adalah ion raksa gemar bergabung dengan kumpulan thiol dan boleh menyekat berbagai enzim.

HAZAD DAN SIMTOM KLINIKAL

Logam raksa dan bahan bukan organiknya

Keracunan akut

Keracunan secara akut akibat inhalasi vapor raksa boleh berlaku dengan kontaminasi tidak sengaja oleh keadaan ventilasi yang rendah semasa proses pengeluaran raksa dari bijihnya, atau semasa pemanasan logam berasaskan raksa. Simtom-simtomnya termasuklah iritasi pulmonari (radang paru-paru kimia), yang mungkin menyebabkan edema pulmonari. Kesan terhadap buah pinggang juga boleh berlaku. Keracunan secara akut lebih merupakan akibat dari penelanan garam raksa secara sengaja atau tidak sengaja. Ini mengakibatkan inflamasi saluran gatro-intestinal yang teruk diikuti dengan masalah buah pinggang akibat nekrosis saluran proximalnya.

Pendedahan logam raksa secara subkutan boleh mengakibatkan kesan inflamasi lokal pada kulit atau kesan sekunder keracunan raksa yang sedikit (masalah buah pinggang yang tidak berpanjangan, masalah gastrointestinal yang sederhana, aneamia, penyakit psychoneuro) atau dalam keadaan tertentu komplikasi yang teruk akibat proses embolisasi pada tisu.

Logam raksa boleh menyebabkan alahan kontek ekzema dan garamnya juga memberi iritasi kepada kulit.

Keracunan sub-akut

Keracunan sub-akut dari vapor raksa ada berlaku dikalangan pekerja yang membersihkan tempat pembakaran bijih raksa. Ini diikuti dengan simtom respiratori (batuk, iritasi bronkial), simtom gastrointestinal (muntah, cirit-birit), sakit gusi, ulser pada mukosa mulut dan dalam beberapa kes juga menyebabkan proteinuria.

Keracunan kronik

Keracunan kronik selalunya bermula secara senyap. Ini menyulitkan proses pengesanan awal. Jangkamasa penyerapan raksa sebelum berlakunya simtom

klinikal adalah bergantung kepada paras penyerapan dan faktor individu. Organ utama yang terlibat adalah sistem saraf. Kesan terhadap sistem saraf boleh berlaku dengan atau tanpa simptom gastrointestinal. Ia boleh berlaku mengikut dua gambaran klinikal utama:

- i. "Fine-intention tremor". Simtom yang paling kerap dijumpai adalah seperti pesakit yang menghidap multiple sclerosis tetapi dengan ketiadaan nystagmus serta serologi dan perkembangan klinikal yang berlainan. Keadaan yang paling ketara adalah tremor yang biasanya merupakan tanda lewat. Pada peringkat awal tremor ini hanya berlaku pada keadaan tertentu sahaja iaitu seperti semasa kepenatan, sejuk, lapar atau semasa berlakunya ransangan emosi seperti rasa malu, marah dan lain-lain. Serangan selalunya berlaku dalam tempoh masa yang singkat. Tremor ini berlainan dalam bentuk dan intensitinya. Terdapat pengetaran kecil pada jari yang lebih ketara semasa rehat dan pengetaran kasar berlaku apabila pesakit cuba bergerak. Tremor ini biasanya hilang semasa tidur walaupun kekejangan pada keseluruhan tubuh secara tiba-tiba boleh berlaku. Tremor ini sentiasa meningkat semasa tekanan emosi dan merupakan asas yang kukuh untuk di diagnosis. Tremor ini biasanya bermula dengan pergetaran kecil pada jari dan kemudian menjadi lebih ketara dan meningkat ke tangan, lengan bawah dan seterusnya sehingga sampai ke kaki dan otot muka, lidah dan larynx. Pesakit sendiri tidak menyedari keadaan ini tetapi bila sampai ke lutut, pesakit mula merasa dirinya tidak selamat. Tremor pada anggota tidak meningkat sekiranya pesakit menutup matanya tetapi meningkat bila pergerakan dihentikan. Dalam keadaan paling teruk, tremor ini akan berlaku pada semua otot terkawal dan bersifat berterusan. Pesakit juga mempunyai masalah untuk membuka semula tangannya selepas memegang sesuatu dengan kemas. Ia juga tidak berkurangan dengan ulangan. Pesakit juga bercakap dalam bentuk "staccato" dimana ia sukar untuk difahami (psellismus mercurialis). Bila kekejangan berkurangan pesakit akan bercakap terlalu laju pula.
- ii. Penyakit Parkinson dengan tremor semasa rehat dan pengurangan fungsi motor. Ia memberi gambaran amenia, cara berjalan yang tidak kemas dan terhuyung-hayang, ketiadaan refleks, pengimbangan dan hypotonia, terdapat sedikit simptom vegetatif dengan air liur berlebihan dan lain-lain. Percakapan adalah perlahan dan mempunyai satu nada sahaja, suara boleh menjadi perlahan atau hilang sama sekali.

Biasanya salah satu daripada dua keadaan ini menjadi gambaran klinikal yang dominan. Satu lagi simtom ialah keinginan untuk tidur. Pesakit selalunya tidur untuk masa yang lama walaupun tidak nyenyak dan sering diganggu dengan kekejangan. Kelupaan dianggap sebagai simtom awal dan nyanyuk sebagai tanda akhir. Masalah peluh berlebihan tanpa sebarang sebab juga merupakan simtom yang sering dijumpai.

Pada peringkat awal, ujian-ujian awal boleh digunakan untuk mengesan perubahan pada sistem psychomotor dan neuro-maskular. Kesan terhadap buah pinggang (proteinuria, albuminuria) boleh dikesan lebih awal daripada kesan

terhadap sistem saraf tetapi diagnosis jarang dibuat kerana tidak ketara dan bersifat intermittent. Kemungkinan masalah buah pinggang dan sistem saraf boleh diabaikan sekiranya paras raksa di dalam air kencing tidak melebihi 50 µg/l (Piawai pada specific gravity 1016 atau kepekatan cretinin 1 g/l)

Simtom awal yang lebih ketara adalah pada sistem gastrointestinal. Radang gusi adalah simtom gastrointestinal yang paling kerap dalam keracunan raksa. Ia dibantu dengan kurangnya penjagaan kebersihan mulut dan pesakit juga mengalami rasa pahit yang tidak menyenangkan di dalam mulut. Radang ulceromembranous pada mulut jarang dijumpai dan biasanya berlaku kepada pesakit yang juga menghadapi masalah radang gusi. Kadangkala satu garisan kebiruan pada sempadan gigi dan gusi boleh dilihat terutamanya berhampiran tempat yang dijangkiti. Radang gusi yang berulang memberi kesan terhadap tisu penyokong dan ini boleh menyebabkan gigi terpaksa dicabut atau ia tercabut dengan sendirinya. Radang pada tekak yang tidak spesifik juga kerap berlaku. Lain-lain masalah gastrointestinal yang mungkin berlaku termasuklah radang gastrik dan gastrodeuduonitis.

“Mercurialentis” adalah keadaan mata yang mungkin berlaku dengan keracunan raksa secara kronik. Ia boleh dikenali oleh warna sedikit keperangan hingga merah-keperangan pada kapsul hadapan kanta akibat deposit partikel raksa pada kedua-dua mata dan bersifat simetri. Ia boleh dikesan dengan pemeriksaan mata dengan menggunakan mikroskop “split-lamp”. Keracunan secara kronik juga menyebabkan anemia yang kadangkala didahului oleh polycythemia akibat iritasi pada sum-sum tulang.

Pemulihan akan berlaku sekiranya pendedahan diberhentikan serta-merta dengan berlakunya simtom yang pertama. Sekiranya pendedahan yang berlebihan tidak diperbetulkan, menifestasi neurovegetatif menjadi lebih ketara (tremor, peluh berlebihan, masalah kulit), bersama-sama dengan masalah karakter dan personaliti, kemungkinan juga masalah gastrointestinal (radang mulut dan cirit-birit) dan kehilangan selera makan serta kehilangan berat badan boleh berlaku. Apabila keadaan ini berlaku, proses pemulihan seperti asal mungkin tidak tercapai dengan pemberhentian pendedahan.

Bahan raksa organik

Bahan raksa aryl

Pendedahan di tempat kerja terhadap bahan-bahan phenylmercury berlaku dalam proses pembuatan dan pengendalian bahan yang dirawat dengan anti-fungus yang mengandungi bahan-bahan ini. Inhalasi secara akut boleh menyebabkan kerosakan paru-paru sekiranya jumlahnya besar. Pelecuran kimia pada kulit boleh berlaku dengan pendedahan kepada larutan pekat mengandungi bahan-bahan raksa fenil. Pengambilan raksa fenil dalam jumlah yang besar secara oral boleh menyebabkan kerosakan hati dan buah pinggang.

Keracunan secara kronik menyebabkan kerosakan buah pinggang kerana pengumpulan raksa bukan organik disitu. Kesimpulan juga boleh diambil bahawa

untuk jangka panjang, bahan-bahan raksa fenil adalah kurang toksik jika dibandingkan dengan bahan-bahan raksa bukan organik.

Bahan raksa alkyl

Keracunan boleh berlaku dari inhalasi vapor dan debu yang mengandungi raksa alkyl dan semasa proses pembuatan dan pengendalian barangan hasilnya. Pelecuran kulit boleh berlaku akibat pendedahan dengan larutan pekat. Risiko pengambilan makanan yang mengandungi raksa alkyl boleh berlaku sekiranya terjadi pertukaran diantara bijiran untuk tanaman dan bijiran untuk makanan.

Pendedahan secara akut memberikan tanda dan simptom keracunan secara senyap dengan tempoh antara satu ke beberapa minggu.

Pendedahan secara kronik memberikan keadaan yang lebih senyap tetapi tanda dan simptomnya adalah sama. Akibat pengumpulan pada saraf utama yang menyebabkan kerosakan neuron, tanda-tandanya adalah paresthesia pada anggota, lidah dan keliling bibir. Keracunan yang lebih tinggi akan menyebabkan atxia, pengurangan bidang penglihatan, gangguan pendengaran dan simptom extrapyramidal. Kekejangan kronik juga boleh berlaku dengan keadaan yang lebih parah.

Kepekatan raksa metil di dalam darah memberi indek terbaik untuk risiko keracunan klinikal. Risiko keracunan bermula dengan kepekatan antara 200 – 500 µg/l dan kerosakan otak yang teruk pula pada kepekatan antara 1000 – 2000 µg/l. Fetus adalah 205 kali lebih sensitif terhadap keracunan raksa metil. Pendedahan semasa kandungan menyebabkan palsi cerebral dan didalam kes yang kurang teruk ia boleh menyebabkan kerencatan perkembangan psychomotor.

Bahan raksa alkoxyalkyl

Pendedahan boleh berlaku semasa proses pembuatan dan dalam pengendalian barangan hasil akhirnya. Kerosakan paru-paru boleh berlaku akibat inhalasi debu garam raksa methoxyethyl. Keracunan secara kronik boleh menyebabkan kerosakan pada buah pinggang.

LANGKAH-LANGKAH KESIHATAN DAN KESELAMATAN

Logam raksa dan bahan bukan organiknya

Langkah teknikal

Usaha mestilah dibuat untuk menggantikan raksa dengan bahan yang kurang merbahaya. Dalam sektor perlombongan, pengalihan dengan menggunakan kaedah basah haruslah digunakan. Ventilasi merupakan langkah keselamatan utama dan pekerja mestilah dibekalkan dengan peralatan perlindungan pernafasan sekiranya langkah ini tidak mencukupi.

Dalam sektor industri, undang-undang higien yang amat ketat mestilah digunapakai di tempat kerja . Raksa boleh menyerap masuk ke dalam rekahan dan ruang di lantai dan tempat bekerja. Permukaan tempat bekerja mestilah licin, tidak menyerap dan menyenget sedikit ke arah tempat pengumpulan serta mempunyai gril besi di atas longkang yang dipenuhi air untuk mengumpul sebarang tumpahan raksa. Permukaan tempat kerja mestilah selalu dibersihkan dan sekiranya berlaku kontaminasi, sebarang tumpahan di dalam perangkap air tersebut mestilah di alirkan secepat mungkin.

Sistem ventilasi mestilah dipasang sekiranya terdapat kemungkinan kontaminasi berlaku melalui udara. Kedudukan tempat bekerja juga mestilah diatur untuk mengurangkan bilangan pekerja yang terdedah kepada raksa.

Langkah perubatan

Pekerja yang mungkin mengalami pendedahan terhadap raksa mestilah melalui pemeriksaan perubatan sebelum mula bertugas. Pekerja yang mempunyai penyakit kulit (ekzema) kecederaan inflamasi di mulut, masalah buah pinggang dan penyakit saraf mestilah dielakkan daripada terdedah kepada raksa.

Pekerja-pekerja yang baru memulakan tugas mestilah diberitahu mengenai potensi hazad oleh raksa, langkah-langkah keselamatan dan kesihatan yang perlu diawasi dan kepentingan kebersihan higien peribadi yang mencukupi (membasuh tangan sebelum makan, kebersihan gigi, larangan merokok dan makan di tempat kerja, mandi selepas syif kerja, mengelak kontaminasi pakaian kerja, penyimpanan pakaian tempat kerja di dalam almari berventilasi dan berasingan dengan pakaian luar, penggunaan peralatan perlindungan keselamatan seperti sarung tangan dan perlindungan pernafasan).

Pemeriksaan perubatan berkala mestilah dilakukan bergantung kepada risiko dan bertujuan untuk pengesanan awal pendedahan berlebihan terhadap raksa dan tanda awal keracunan raksa.

Pengesanan raksa di dalam air kencing juga perlu dilakukan secara berkala dan tumpuan bukan sahaja kepada paras individu tetapi terhadap tren pada kumpulan pekerja yang terdedah kepada jenis pendedahan yang sama. Kepekatan maksimum yang dibenarkan adalah $50\mu\text{g}/100\text{ ml}$.

Pemeriksaan yang berhati-hati mestilah dilakukan terhadap tanda-tanda awal terhadap penglibatan buah pinggang dan saraf.

Rawatan

Dalam kes keracunan akut, rawatan sampingan secara simtomatik hendaklah diberikan iaitu dengan pemberian BAL (2,3-dimercaptopropanol) secara intramaskular.

Tiada rawatan khusus untuk keracunan kronik. Ini menguatkan lagi kepentingan pengesanan awal dimana bergantung kepada keterukan tanda-tanda

klinikal, proses penyembuhan tidak berlaku sepenuhnya walaupun dengan pemberhentian pendedahan.

Beberapa rawatan telah dicadangkan untuk merangsang pengeluaran raksa seperti sesi pemeluhan dan pemberian bahan "chelating" seperti BAL, CaNa₂EDTA, penicillamine, N-acetyl-D-penicillamine. Kajian juga mencadangkan bahan seperti sodium 1,3-dimercaptopropane-1-sulphonate dan asid dimercaptosuccinic.

Bahan raksa organik

Langkah teknikal

Kebanyakan pendedahan kepada bahan-bahan raksa organik melibatkan pendedahan terhadap vapor raksa dan bahan-bahan organiknya kerana proses penghuraian bahan-bahan raksa organik tersebut akan melepaskan vapor raksa. Semua langkah teknikal terhadap pendedahan dari vapor raksa haruslah disesuaikan juga terhadap pendedahan dari bahan-bahan raksa organik. Kontaminasi kepada pakaian dan tubuh mestilah dielakkan. Pakaian perlindungan khas mestilah dipakai semasa bekerja dan ditukar sebaik sahaja syif kerja berakhir. Mengecat dengan pancutan memerlukan penggunaan peralatan perlindungan pernafasan dan ventilasi yang mencukupi jika cat tersebut mengandungi bahan raksa. Penggunaan bahan-bahan raksa alkyl dengan rantaian pendek haruslah diberhentikan dan digantikan apabila boleh. Sekiranya pengendalian bahan tidak boleh dielakkan, sistem tertutup haruslah digunakan dengan ventilasi yang mencukupi untuk menghadkan pendedahan diperingkat minima.

Langkah perubatan

Pekerja yang mungkin mengalami pendedahan terhadap bahan-bahan raksa mestilah melalui pemeriksaan perubatan sebelum mula bertugas. Pendedahan bahan-bahan raksa alkyl terhadap wanita mestilah dielakkan. Pendedahan juga mesti dielakkan terhadap mereka yang mempunyai penyakit ekzema, penyakit buah pinggang dan penyakit saraf. Pekerja-pekerja yang terdedah kepada bahan raksa haruslah diberitahu mengenai potensi hazard oleh raksa dan langkah-langkah perlindungan diberikan. Pemeriksaan perubatan berkala haruslah dilakukan untuk memastikan pendedahan yang berlaku tidak melebihi paras yang dibenarkan. Pemantauan biologi mestilah disesuaikan dengan pendedahan jenis bahan-bahan raksa yang mungkin berlaku. Analisa darah dan air kencing adalah dicadangkan terhadap pendedahan oleh bahan-bahan aryl dan methoxyalkyl. Kepekatan raksa tidak seharusnya melebihi 50 µg/l air kencing atau 3µg/100 ml darah. Pemantauan bebanan tubuh terhadap raksa alkyl boleh dilakukan dengan pemeriksaan darah yang tidak seharusnya melebihi 5 µg/100 ml darah.

Pendedahan lama boleh ditunjukkan dengan kepekatan raksa pada rambut yang seharusnya tidak melebihi 13 mg/kg. Analisa ini haruslah dilakukan oleh makmal yang berdaftar.

Rawatan

Rawatan yang diberikan adalah bergantung kepada jenis bahan-bahan raksa yang terlibat. Tujuan rawatan ini adalah untuk mengurangkan kepekatan raksa di tempat yang mengalami serangan toksik dan untuk merangsang proses penyingkiran raksa dari tubuh. Kaedah rawatan yang berkesan untuk menyingkirkan raksa adalah dengan hemodialysis yang disertakan dengan infusi cysteine. Pemberian bahan chelating boleh merangsang penyingkiran raksa tetapi haruslah dilakukan dengan berhati-hati dalam rawatan terhadap keracunan oleh bahan-bahan raksa organik. Beberapa bahan chelating seperti BAL (dimercaptopropanol) membentuk kompleks larutan lipid yang boleh menembusi lapisan otak dan menyebabkan pengumpulan bahan-bahan toksik yang berakhir dengan kerosakan otak.

Keracunan oleh raksa alkyl boleh dirawat dengan N-acetylpenicillamine atau asid dimercaptosuccinic untuk mengerakkan raksa dari otak dan merangsang penyingkiran. Keracunan kronik oleh raksa fenil atau bahan raksa methoxythyl melibatkan kerosakan buah pinggang. Penggunaan bahan chelating seperti N-acetylpenicillamine atau asid dimercaptosuccinic boleh meningkatkan bebanan terhadap buah pinggang, tetapi BAL boleh mengedarkan raksa dari buah pinggang ke bahagian tubuh yang lain secara berkesan. Efek yang ingin dicapai mestilah diimbangkan dengan risiko kerosakan otak yang mungkin berlaku.

Bahan-bahan raksa alkyl dan aryl dikeluarkan di dalam hempedu dan diserap semula oleh saluran intestinal. Gangguan terhadap kitaran ini boleh meningkatkan penyingkiran. Ini boleh dicapai dengan melakukan catheterisation dan drainage terhadap saluran choledochal (masih belum dilakukan) atau dengan pemberian resin pertukaran ion yang tidak boleh diserap supaya ia boleh melekat dengan raksa di dalam saluran intestinal. Iritasi dengan larutan isotonik N-acetylpenicillamine atau asid dimercaptosuccinic boleh membantu dalam kecederaan kulit oleh bahan raksa kerana membantu dalam mengerakkan raksa yang melekat kepada tisu tersebut.

RUJUKAN

- Friberg, L. 1991. Inorganic Mercury – Summary and Conclusion. Geneva: WHO
- Jeyaratnam, J. & Koh, D. 1996. Textbook of occupational medicine practice. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. Singapore
- Luigi, P. Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. Vol. 2. Third Edition International Labour Organization: Geneva.
- MA DEP Home Page.