

ERA

Hijau

Keluaran 3 2000

SISA TOKSIK

**Definisi dan
Klasifikasi Sisa Toksik**

**Kawalan Buangan
Terjadual di Malaysia**

Kitar Sisa Toksik

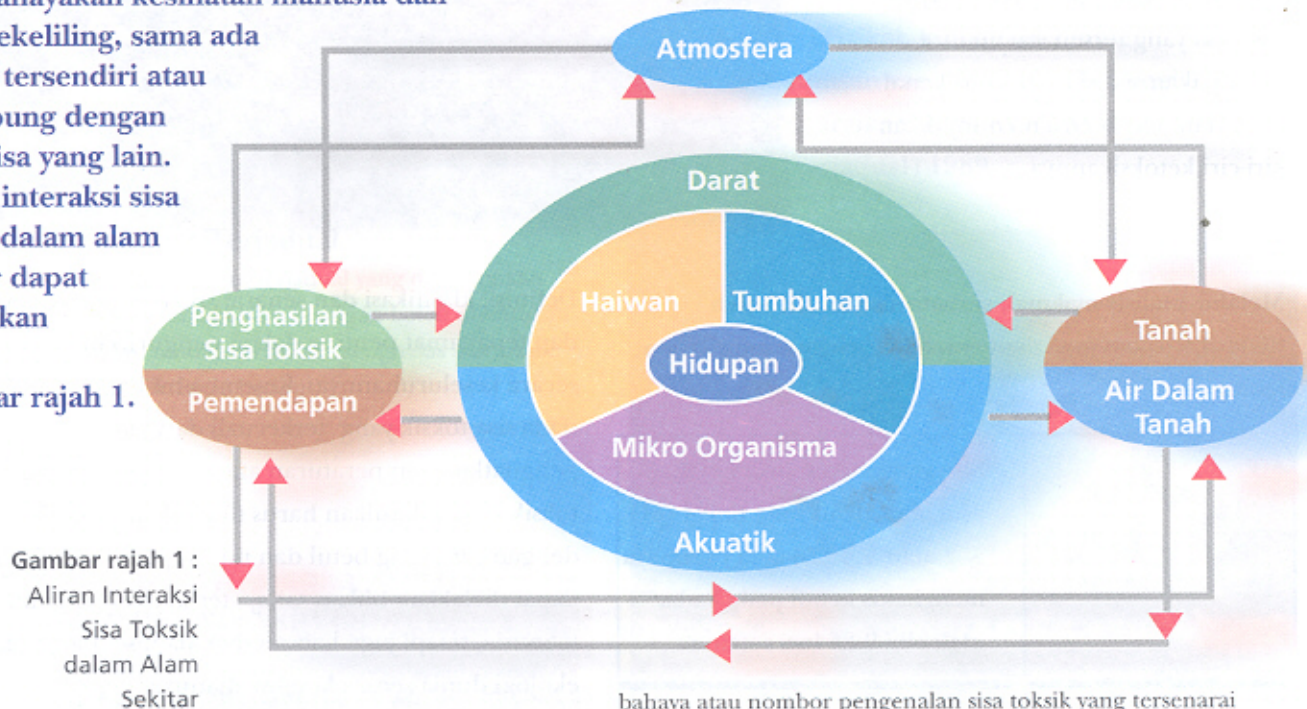
**Kesan Sisa Toksik
kepada Flora dan Fauna**

ISSN 1394-0724



9 771394 072003

Masalah pengurusan sisa toksik merupakan isu yang sering diperdebatkan dan terdapat banyak definisi yang berbeza menurut sumber dan negara yang berlainan. Secara amnya, sisa toksik boleh didefinisikan sebagai sisa dalam bentuk pepejal, cecair atau gas (selain daripada sisa radioaktif dan sisa berjangkit) yang menunjukkan ciri-ciri ketoksikan yang membahayakan kesihatan manusia dan alam sekeliling, sama ada secara tersendiri atau bergabung dengan jenis sisa yang lain. Aliran interaksi sisa toksik dalam alam sekitar dapat dijelaskan dalam Gambar rajah 1.



Gambar rajah 1 :
Aliran Interaksi
Sisa Toksik
dalam Alam
Sekitar

Di Malaysia, sisa toksik didefinisikan sebagai sisa yang tersenarai dalam Jadual Pertama (*First Schedule*) Peraturan-peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Sisa Terjadual) 1989. Menurut Jadual ini, sisa toksik dibahagikan kepada dua kumpulan yang utama, iaitu sisa toksik dari sumber yang spesifik dan sisa toksik dari sumber yang tidak spesifik. Beberapa contoh kategori sisa toksik terjadual ditunjukkan dalam Jadual 1 di bawah.

Sisa-sisa toksik yang tersenarai ini diberikan kod bahaya atau nombor pengenalan tertentu oleh USEPA (United States Environmental Protection Agency). Beberapa contoh kod

bahaya atau nombor pengenalan sisa toksik yang tersenarai dalam Jadual Pertama Peraturan-peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Sisa Terjadual) 1989 ditunjukkan pada Jadual 2.

JADUAL 1 : Contoh Kategori Sisa Toksik Terjadual

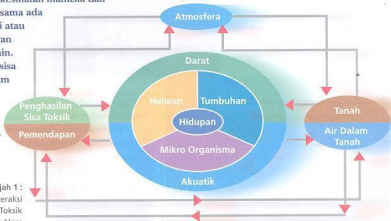
KATEGORI	CONTOH SISA TOKSIK
Bukan Organik	Plumbum, merkuri, arsenik, asbestos, kuprum, kromium, selenium, perak, nikel, antimoni, kadmium.
Organik	Hidrokarbon, eters, esters, ketons, PAH, dioksin, furans, komponen fenolik, PCB, racun serangga (pesticides), amines, nitrosoamines.

JADUAL 2 : Contoh Kod Bahaya atau Nombor Pengenalan Sisa Toksik

KOD BAHAYA/ NO.PENGENALAN	CONTOH SISA TOKSIK
S012	Sisa minyak dari bengkel automotif atau stesen minyak
S161	Serbuk asbestos dari industri asbestos atau simen
S241	Cecair larut resap dari tapak pelupusan sisa toksik
S301	Sisa dari aktiviti pemprosesan bahan mudah letup
N151	Enapan logam hidroksida dari sistem rawatan air sisa
N022	Sisa minyak yang dicemari oleh PCB atau PCT
N282	Campuran sisa toksik dan sisa bukan toksik

Masalah pengurusan sisa toksik merupakan isu yang sering diperdebatkan dan terdapat banyak definisi yang berbeza menurut sumber dan negara yang berlainan. Secara amnya, sisa toksik boleh didefinisikan sebagai sisa dalam bentuk pepejal, cecair atau gas (selain daripada sisa radioaktif dan sisa berjangkit) yang menunjukkan ciri-ciri ketoksikan yang membahayakan kesihatan manusia dan alam sekeliling, sama ada secara tersendiri atau bergabung dengan jenis sisa yang lain. Aliran interaksi sisa toksik dalam alam sekitar dapat dijelaskan dalam Gambarajah 1.

Gambarajah 1 :
Aliran Interaksi
Sisa Toksik
dalam Alam
Sekitar



Di Malaysia, sisa toksik didefinisikan sebagai sisa yang tersenarai dalam Jadual Pertama (*First Schedule*) Peraturan-peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Sisa Terjadual) 1989. Menurut Jadual ini, sisa toksik dibahagikan kepada dua kumpulan yang utama, iaitu sisa toksik dari sumber yang spesifik dan sisa toksik dari sumber yang tidak spesifik. Beberapa contoh kategori sisa toksik terjadual ditunjukkan dalam Jadual 1 di bawah.

Sisa-sisa toksik yang tersenarai ini diberikan kod bahaya atau nombor pengenalan tertentu oleh USEPA (United States Environmental Protection Agency). Beberapa contoh kod

bahaya atau nombor pengenalan sisa toksik yang tersenarai dalam Jadual Pertama Peraturan-peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Sisa Terjadual) 1989 ditunjukkan pada Jadual 2.

JADUAL 1 : Contoh Kategori Sisa Toksik Terjadual

KATEGORI	CONTOH SISA TOKSIK
Bukan Organik	Plumbum, merkuri, arsenik, asbestos, kuprum, kromium, selenium, perak, nikel, antimoni, kadmium.
Organik	Hidrokarbon, eters, esters, ketons, PAH, dioksin, furans, komponen fenolik, PCB, racun serangga (pesticides), amines, nitrosoamines.

DEFINISI DAN KLASIFIKASI SISA TOKSIK

JADUAL 2 : Contoh Kod Bahaya atau Nombor Pengenalan Sisa Toksik

KOD BAHAYA/ NO.PENGENALAN	CONTOH SISA TOKSIK
S012	Sisa minyak dari bengkel automobil atau stesen minyak
S161	Serbuk asbestos dari industri asbestos atau simen
S241	Cecair larut resap dari tapak pelupusan sisa toksik
S301	Sisa dari aktiviti pemprosesan bahan mudah letup
N151	Enapan logam hidroksida dari sistem rawatan air sisa
N022	Sisa minyak yang dicemari oleh PCB atau PCT
N282	Campuran sisa toksik dan sisa bukan toksik

Secara umumnya, ketoksikan sesuatu sisa itu dapat dikenal pasti melalui dua kaedah. Pertama, dengan menggunakan kaedah analisis makmal yang boleh menguji dan mengenal pasti ciri-ciri sesuatu sisa toksik. Kedua, dengan merujuk kepada senarai sisa terjadual yang telah disediakan dan dikenal pasti oleh pihak berkuasa yang tertentu seperti Jabatan Alam Sekitar (JAS). Sisa-sisa yang tersenarai ini merupakan sisa yang telah dikenal pasti dan berpotensi menunjukkan ciri-ciri ketoksikannya.



Melalui analisis makmal, sesuatu sisa toksik boleh diklasifikasikan mengikut empat ciri-cirinya yang utama, iaitu :

MENGHAKIS	- Sisa yang menunjukkan tahap asid atau alkali yang tinggi ($\text{pH} \leq 2$ atau ≥ 12.5) atau berupaya menghakis keluli pada kadar melebihi 0.25 inci setahun.
REAKTIF	- Sisa yang menunjukkan kereaktifan yang membahayakan dan mudah meletup sama ada secara tersendiri atau bertindak balas dengan bahan yang lain.
MUDAH TERBAKAR	- Sisa yang menunjukkan ciri-ciri mudah menyala atau terbakar, iaitu mempunyai takat didih $\leq 60^{\circ}\text{C}$ (140°F) atau berupaya menyebabkan pembakaran secara spontan dalam keadaan biasa.
TOKSIK	- Sisa yang berupaya membebaskan unsur-unsur spesifik pada kepekatan yang ketara apabila dilepaskan ke dalam air.

Definisi, klasifikasi dan senarai sisa toksik yang lengkap dan tepat amat penting dalam pengurusan sisa toksik secara keseluruhannya. Kesemua ini bagi memastikan tiada sisa toksik yang terkecuali daripada penguatkuasaan peraturan atau undang-undang. Sisa toksik yang dihasilkan harus diuruskan atau dirawat dengan cara yang betul dan rapi supaya kesan buruknya dapat dielakkan bukan sahaja terhadap kesihatan manusia, tetapi juga haiwan dan alam sekitar, malahan ekologi dunia secara keseluruhannya.



Kawalan Buangan Terjadual di Malaysia

DEFINISI

Buangan terjadual adalah istilah yang digunakan untuk mentakrifkan buangan bersifat berbahaya di Malaysia. Buangan terjadual mempunyai ciri fizikal, kimia dan biologi tertentu yang memerlukan prosedur pengendalian dan pelupusan yang selamat. Dari segi perundangan, buangan terjadual adalah buangan yang disenaraikan di bawah Peraturan-peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Buangan Terjadual) 1989.

Mengenal Buangan Terjadual

Terdapat 107 kategori buangan terjadual yang disenaraikan oleh undang-undang. Sifat bahaya buangan boleh ditentukan oleh ciri tindak balas, mudah terbakar, mengakis sisa toksik dan disokong dengan kriteria berikut :

- Komposisi
- Bentuk fizikal
- Kuantiti
- Tahap bahaya jangka panjang
- Tahap bahaya akut (acute)

Antara buangan terjadual yang lazim dihasilkan oleh industri di Malaysia adalah enapacmar hidroksida yang mengandungi logam berat, pelarut, asid terpakai, bateri terbuang dan mangkin terpakai. Selain itu, buangan yang tidak dikeluarkan oleh sektor perindustrian seperti buangan klinikal dari hospital juga merupakan buangan terjadual. Walau bagaimanapun buangan radioaktif tidak tergolong sebagai buangan terjadual meskipun ia bersifat berbahaya kerana ia dikawal di bawah undang-undang yang khusus berhubung bahan radioaktif.

Prinsip Kawalan Buangan Terjadual

Pengurusan buangan terjadual mempunyai kitaran yang jelas iaitu merangkumi peringkat pengeluaran, pengangkutan, penstoran, pengolahan dan pelupusan buangan. Kawalan pengurusan adalah berdasarkan prinsip "cradle-to-grave" yang diterima pakai di peringkat antarabangsa untuk memastikan setiap peringkat pengendalian buangan selamat dan tidak mencemarkan alam sekitar.



Berdasarkan sifat berbahaya pada buangan terjadual, penstoran dan pengangkutannya menghendaki pengeluaran buangan meletakkan label yang tepat mengenai buangan pada bekas-bekas simpanan untuk melindungi pekerja dan orang awam iaitu :-

- (i) Nama dan alamat pengeluar buangan;
- (ii) Kod dan deskripsi buangan;
- (iii) Tarikh dan nombor konsainan; dan
- (iv) Pengenalan dan amaran berbahaya

Langkah sedemikian akan juga membantu mereka yang terlibat dalam usaha tindakan kecemasan untuk mengetahui sifat dan maklumat buangan dengan cepat.

Pemerolehan, Pengolahan dan Pelupusan Buangan Terjadual

Buangan terjadual yang terhasil dari proses pengeluaran kilang terbahagi kepada kategori yang boleh diperolehi, yang perlu diolah dan dilupus. Kemudahan pemerolehan kembali boleh

Sistem kawalan dan pemantauan pengurusan terjadual tertumpu kepada komponen berikut:

- (i) Pemberitahuan buangan yang dihasilkan oleh pengeluar buangan;
- (ii) Penyimpanan inventori buangan yang terkini; dan
- (iii) Pengisian maklumat Nota Konsainan bagi pemindahan buangan dari premis kilang sehingga ke premis pengolahan atau pelupusan akhir.



memproses bateri terbuang untuk mendapatkan logam plumbum, nikel atau kadmium. Kemudahan ini juga boleh menyuling buangan minyak atau pelarut terpakai untuk mendapatkan produk yang boleh diguna semula, melebur serta menghasilkan logam seperti kuprum dan perak dari buangan enapcemar logam hidroksida.

Proses pengolakan melibatkan penstabilan, pemusnahan atau peneutralan sifat berbahaya buangan yang tidak mempunyai nilai perolehan kembali melalui beberapa teknologi yang lazim digunakan. Contohnya sistem pengolakan fizikal-kimia dan penunu buangan terjadual. Buangan-buangan terjadual yang telah diolah perlu dilupus di tapak pelupusan selamat iaitu tapak yang dibina khas dan dilengkapi dengan sistem kawalan dan pemantauan bagi mengelakkan pencemaran air daratan, air tanah, udara dan kawasan sekitar.

Malaysia mempunyai kemudahan bersepadu bagi pengolakan dan tapak pelupusan selamat di Bukit Nanas, Port Dickson. Tiga penunu buangan klinikal masing-masing di Bukit Rambai

di Melaka, Teluk Panglima Garang di Selangor dan Kamunting di Taiping, Perak serta lebih kurang 32 kemudahan pemerolehan kembali bagi buangan seperti minyak, pelarut dan asid terpakai, bateri terbuang dan enapcemar logam.

Peranan Orang Awam Menangani Kes Pelupusan Haram

Sejak kebelakangan ini, kejadian pelupusan haram buangan terjadual oleh pihak-pihak tidak bertanggungjawab yang dilaporkan di akhbar dan media massa telah meningkat. Dalam sebahagian besar kes-kes tersebut, pihak kilang didapati mengambil jalan mudah untuk melupus buangan kilang mereka dengan menanamnya di kawasan tapak kilang mahupun di kawasan-kawasan terpencil dan tapak pelupusan sampah sarap. Kejadian seumpama ini dapat dibanteras sekiranya Jabatan Alam Sekitar menerima maklumat dari orang awam yang melihatnya dan memastikan mereka yang tidak bertanggungjawab dikenakan tindakan undang-undang yang setimpal. Pelbagai usaha pendidikan dijalankan untuk menyedarkan pihak industri dan orang awam untuk membantu Kerajaan melindungi alam sekitar dan kesihatan awam dari terus diancam oleh pencemaran buangan terjadual.

HENTIKAN PELUPUSAN HARAM BUANGAN BERBAHAYA

Pastikan kawasan perumahan atau perkamparan anda tidak dijadikan tempat pelupusan buangan berbahaya.

Curigai sebarang pelupusan tong atau drum besar, bekas plastik/hidup atau karung mengandungi bahan cecair atau enapcemar yang berbau, berwarna atau berberakabala.

BAGAIMANA ANDA DAPAT MENBANTU:

- ✓ REKOD NOMBOR PENDAFTARAN KENDERAAN
- ✓ RAKAM GAMBAR FOTO
- ✓ HUBUNGI JABATAN ALAM SEKITAR
(03-296 4404 & 03-294 7813)

Ditulis Oleh: Unit Pendidikan MAMPU, Jabatan Alam Sekitar Malaysia

PENGURUSAN BUANGAN BERBAHAYA INDUSTRI

di Washington DC dan New Jersey, Amerika Syarikat

Pada 6 hingga 10

Mac lalu telah

berlangsung kursus

'Industrial Hazardous Waste Management' yang diadakan di Washington, DC dan New Jersey, Amerika Syarikat (AS). Kursus ini telah dibiayai oleh 'The United State-Asia Environmental Partnership (US-AEP)' iaitu sebuah badan yang membantu negara-negara Asia dan Asia Pasifik dalam usaha pengurusan alam sekitar.

Selain kawan Kak Era, kursus ini telah dihadiri oleh 13 peserta dari tujuh negara, iaitu India, Malaysia, Filipina, Singapura, Sri Lanka, Taiwan dan Vietnam. Tujuan keseluruhan kursus tersebut adalah untuk melatih peserta cara terbaik menguruskan buangan berbahaya industri seperti melalui pengalaman, polisi dan teknologi yang terdapat di sana.

Apakah Perbezaan Pengurusan Buangan Terjadual di Malaysia dengan di Amerika Syarikat?

Di Malaysia, buangan berbahaya industri ini dinamakan sebagai Buangan Terjadual. Penguatkuasaannya dikawal oleh Jabatan Alam Sekitar. Di sana tiga agensi utama berikut bertanggungjawab dalam pengurusan buangan berbahaya :

- ☐ Environmental Protection Agency (EPA) - Di bawah peruntukan 40 Code of Federal Regulations (40CFR), bertanggungjawab terhadap pengurusan buangan berbahaya dan pelan keselamatan;
- ☐ Occupational Safety and Health Administration (OSHA) - Di bawah peruntukan 29 CFR bertanggungjawab terhadap keselamatan dan kesihatan pekerja; dan
- ☐ Department of Transport (DOT) - Menguatkuasakan pengangkutan buangan berbahaya sebagaimana yang telah diperuntukkan di bawah 49 CFR.

Klasifikasi Buangan Terjadual

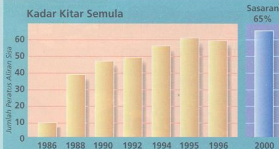
US-EPA menetapkan dua kriteria utama dalam menentukan buangan berbahaya. Kriteria tersebut ialah :

- Melalui sifat fizikal dan kimia buangan tersebut iaitu kebakisan (mudah terbakar), mudah terbakar, ketoksikan dan mudah bertindak balas, dan
- Melalui ujian dan had yang telah ditetapkan.

Pengeluar buangan di sana menggunakan dua kaedah bagi menentukan sama ada mereka dikategorikan sebagai pengeluar buangan berbahaya. Kaedah tersebut adalah melalui 'waste stream' dan sifat buangan yang dihasilkan.



Kadar Kitar Semula



*Berdasarkan 90% Laporan New Jersey

Sumber data : NJDEP Division of Solid and Hazardous Waste

Permit/Lesen

Di Malaysia istilah permit digunakan untuk kelulusan import dan eksport buangan terjadual sahaja dan istilah lesen digunakan untuk kelulusan yang diberi kepada **Premis Yang Ditetapkan**. Sebagaimana di negara kita, setiap premis kemudahan pengolahan, penstoran dan pelupusan buangan berbahaya (**Premis Yang Ditetapkan Buangan Terjadual**) di sana juga perlu memiliki permit. Setiap pemilik perlu mematuhi syarat-syarat yang ditetapkan dalam permit mereka dan permit ini diperbaharui setiap lima tahun.

Temponi pengumpulan buangan yang boleh distor bergantung kepada saiz industri berkenaan. Bagi pengeluar buangan yang kecil (> 100 tapi < 1000 kg/bulan) mereka boleh mengumpul buangan di premis hingga 180 hari tetapi tidak boleh menyimpan lebih daripada 6,000 kg (6 ton) pada satu masa. Walau bagaimanapun, EPA sentiasa menjalankan pemeriksaan.

Kaedah Pengurusan Buangan Berbahaya

Amerika Syarikat menggunakan kaedah yang sama seperti di Malaysia

dalam mencapai hasrat pengurangan buangan (waste reduction), iaitu melalui pengasingan di punca, guna semula (recycle) dan menukar penggunaan bahan mentah atau cara proses.

EPA New Jersey menggunakan 'GIS methodology' bagi mengesan dan mengawasi kawasan-kawasan yang telah tercemar oleh buangan berbahaya. Kaedah ini juga berkesan, tetapi masih belum dilaksanakan di Malaysia.

'Transit area' (kawasan penstoran sementara) disediakan untuk memudahkan industri yang terletak jauh daripada premis pengolahan/pelupusan dan untuk industri-industri kecil. Walau bagaimanapun tempoh buangan terkumpul yang disimpan di sini tidak boleh melebihi 90 hari.

Di New Jersey, setiap kesalahan berkaitan pengurusan buangan berbahaya boleh dikenakan denda sehingga \$25,000 sehari.

Kemudahan Bersepadu Pengolahan/Pelupusan Buangan Terjadual di Malaysia

Tahukah adik-adik, negara kita adalah antara negara termaju dalam pengurusan buangan berbahaya di rantau ini? Kita mempunyai sebuah Pusat Kemudahan Bersepadu* Pengolahan dan Pelupusan Buangan Terjadual yang dikendalikan oleh Kualiti Alam Sdn. Bhd. yang terletak di Port Dickson, Negeri Sembilan. Kemudahan ini merangkumi elemen-elemen berikut : solidifikasi, tapak pelupusan selamat, pengolahan secara fizikal/kimia, penunu dan penstoran luar tapak.

Malaysia akan menjadi negara perindustrian pada tahun 2020. Pertambahan industri akan menyebabkan lebih banyak buangan berbahaya akan terhasil. Kejayaan pengurusan buangan bukan hanya menjadi tanggungjawab pihak berkuasa sahaja, sebaliknya ia menjadi tanggungjawab kita semua.



SISA TOKSIK KILANG

MOHAMAD PAUZI ZAKARIA
JABATAN SAINS ALAM SEKITAR, UPM

KEPENTINGAN BAHAN KIMIA : KEBAIKAN DAN KEBURUKAN

Setiap hari sejumlah 10,000 bahan kimia dihasilkan oleh manusia. Bahan kimia yang dihasilkan di dalam makmal dipanggil *xenobiotic*. Bahan kimia boleh mendatangkan kebaikan dan keburukan kepada manusia. Satu contoh yang baik ialah penggunaan racun serangga DDT atau *dichlorodiphenyltrichloroethane* telah dapat mengawal populasi nyamuk *Anopheles* yang membawa penyakit demam malaria ke seluruh kawasan khatulistiwa. Pada masa yang sama, pendedahan DDT yang berlebihan kepada binatang dan manusia boleh memberi kesan sampingan kepada sistem saraf sehingga boleh membawa maut.

Tahukah adik-adik bahawa setiap benda di muka bumi ini terdiri daripada bahan kimia? Binatang, tumbuh-tumbuhan dan bahan galian serta air yang kita minum dan udara yang kita sedut semuanya terdiri daripada bahan kimia. Pertumbuhan tanaman dan haiwan, pembentukan biji benih, pengaliran logam, api dan banyak lagi proses semula jadi adalah sebahagian daripada kitaran bahan kimia.

Sisa toksik bahan kimia telah menjadi sebahagian daripada kehidupan kita kerana sisa tersebut terhasil dari kemajuan industri dan pertumbuhan ekonomi. Sisa toksik dihasilkan daripada kilang perindustrian, pertanian, makmal, enapcemar dan juga buangan sisa domestik seperti yang ditunjukkan pada Rajah 1.



Rajah 1. Sumber-sumber utama sisa toksik

BAGAIMANAKAH SISA TOKSIK BERGERAK?

Kitaran sisa toksik bergantung kepada dua faktor utama :

1. **Angin** - angin boleh membawa sisa toksik ke merata tempat dengan mudah. Cuba anda bayangkan bagaimanakah jerebu pada tahun 1997 boleh sampai ke negara kita dari Sumatera?
2. **Air** - Hidrologi banyak mempengaruhi peredaran sisa toksik di alam sekitar. Pernahkah anda melihat 'conveyer belt' di lapangan terbang yang memindahkan bagasi anda dari satu tempat ke satu tempat yang lain? Kitaran hidrologi boleh dikatakan berfungsi seperti 'conveyer belt' tadi apabila sisa toksik dipindahkan dari satu tempat ke satu tempat yang lain. Contoh yang paling jelas ialah sisa toksik telah ditemui di dalam tisu ikan paus dan anjing laut (*seals*) di Kutub Utara dan Selatan oleh saintis. Sedangkan kita maklum bahawa tempat-tempat tersebut terletak jauh dari sebarang aktiviti pembangunan dan perindustrian.

BERAPA BANYAKKAH KUANTITI SISA TOKSIK DAN APAKAH JENIS-JENIS SISA TOKSIK?

Secara tepat dan berdasarkan maklumat yang ada, jumlah kuantiti sisa toksik di negara kita susah diperolehi. Salah satu faktor utama mengapa maklumat tersebut sukar diperolehi ialah kerana sisa toksik telah dihasilkan sejak beberapa lama di Malaysia sedangkan Jabatan Alam Sekitar Malaysia mula mengawal sisa tersebut (sia Terjadual) di bawah *Ahta Kualiti Alam Sekeliling 1974*.



RAJAH 2 : Tumpahan minyak mentah di Tanjung Karang, Selangor, 1997

JADUAL 1 : Penerangan untuk mengenali jenis sisa toksik

JENIS SISA TOKSIK	PENERANGAN UMUM
Saki baki bahan pencuci	Apabila bahan ini tertumpah, ia dibersihkan dengan bahan penyerap atau akan terus menyerap ke dalam tanah.
Cat dan saki baki bahan organik	Cat mengandungi bahan pelarut organik dan pigmen berasaskan logam
Bahan organik berminyak	Bahan berasaskan petroleum dan bahan pelincir
Enapcemar organik	Mungkin mengandungi logam berat
Bahan pelarut	Bahan asas untuk pembuatan plastik dan farmaseutikal
Pestisida	Tanah lama di alam sekitar kerana bersifat hidrofobik
Komplek anion	Anion dan ions dalam pembuatan produk logam

Apakah yang dapat kamu perhatikan pada Rajah 2? Ia merupakan tumpahan minyak mentah di Tanjung Karang, Selangor pada tahun 1997. Minyak mentah mengandungi sisa toksik yang digelar *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAH) seperti *benzo (e)pyrene* (B(e)P) yang sangat berbahaya kepada hidupan laut dan juga manusia. Pendedahan manusia kepada B(e)P secara berlebihan boleh menyebabkan penyakit kanser. PAH juga bersifat *hidrofobik* dan kekal lama di persekitaran kita.

Tambahan pula, kebanyakan sisa toksik yang dihasilkan bersifat *hidrofobik* (kalis air) yang boleh kekal lama di dalam alam sekitar. Sebagai perbandingan, jumlah sisa toksik yang dihasilkan di Amerika Syarikat mengikut USEPA (United States Environmental Protection Agency) pada tahun 1987 ialah 240 juta metrik ton.

APAKAH JENIS-JENIS SISA TOKSIK?

Sekarang cuba kita lihat Jadual 1 dan perhatikan jenis-jenis utama sisa toksik yang beredar di dalam alam sekitar.



KESAN SISA TOKSIK KEPADA FLORA & FAUNA

DR. MOHAMED ZAKARIA HUSSIN & ZAMRI ROSLI

JABATAN PERKHIDMATAN HUTAN, UPM

Kesan Negatif Terhadap Flora dan Fauna

Oleh kerana terlalu memikirkan kesan negatif sisa toksik ini kepada kesihatan manusia, kita hampir lupa bahawa sisa beracun ini juga mempunyai kesan yang buruk kepada hidupan lain seperti flora dan fauna. Tidak ramai antara kita yang mengetahui akan hakikat ini lantaran kurangnya keprihatinan masyarakat pada isu-isu yang berkaitan dengan hidupan lain. Kurangnya kajian kesan sisa toksik terhadap kedua-dua kumpulan hidupan ini juga menjadi penyebab utama kita tidak mengambil perhatian tentang apa yang berlaku kepada mereka dalam kitaran semulajadi. Sedar atau tidak mereka ini amat sinonim dengan kesihatan manusia dan keseimbangan alam sekitar.

Tumbuhan atau flora yang melata di muka bumi ini merupakan sumber utama untuk kita mendapatkan oksigen. Selain dari itu ianya merupakan penyumbang utama habitat hidupan liar atau fauna dari segi penyediaan makanan, tempat perlindungan dan tempat pembiakan. Bayangkan apa akan terjadi sekiranya habitat ini musnah? Ke mana mereka akan pergi?

Sejak akhir-akhir ini isu tentang pembuangan sisa toksik ke dalam hutan dan sungai menjadi hangat hingga sampai ke tahap yang menyedihkan. Kita mungkin



"Bangsa yang maju dan bermoral adalah bangsa yang mampu melayan hidupan liar yang ada di dalamnya dengan sempurna"
- Mahatma Gandhi

Sumber dan Ciri Sisa Toksik

Setiap kegiatan yang melibatkan industri yang berasaskan kimia seperti kilang-kilang logam dan kertas merupakan penyumbang utama kepada sisa toksik. Selain dari itu sumber sisa beracun ini juga datangnya daripada rumah kediaman, perniagaan, pertanian, pusat pengajian, pertanian, makmal-makmal penyelidikan, hospital, kedai dobi dan sebagainya.

Menurut kajian hidrologi, terdapat tiga klasifikasi atau ciri yang terdapat pada sisa toksik di negara ini iaitu, *Sisa Fizikal* (sampah sarap, logam, kertas, kaca dan kelodak) yang tidak mudah larut dalam air), *Sisa Biologi* (misalnya najis binatang yang menyebabkan kemunculan bakteria seperti *Escherichia coli*, cacing Nematod dan juga mikroba lain), dan *Sisa Kimia Terlarut* daripada bahan fizikal yang terdiri daripada bahan-bahan kimia seperti staniaida, fenol, formaldehid dan logam berat seperti arsenik, kadmium, raksa dan juga plumbum. Bahan-bahan ini akan menjadi bahaya sekiranya komposisinya melebihi paras yang telah ditetapkan oleh Piawaian Kualiti Alam Sekeliling 1989.

sementara itu juga yang mengutip sisa toksik



Pembuangan sisa toksik ke dalam sungai juga merupakan satu fenomena yang biasa pada hari ini. Lihat saja apa yang berlaku sedikit masa dahulu apabila beribu-ribu spesies ikan mati disebabkan habitatnya telah tercemar dengan bahan-bahan beracun. Bahan-bahan beracun ini datangnya dari kilang-kilang yang sewenang-wenangnya membuang sisa toksik ke dalam sungai. Akibatnya hampir keseluruhan hidupan akuatik di kawasan tersebut mati begitu sahaja. Siapa yang patut kita persalahkan? Itu belum lagi kita lihat kesan dari segi ekologi keseluruhan sungai tersebut. Selain komuniti akuatik, tumbuhan dan haiwan lain juga akan mendapat kesan negatif sekiranya mereka mendapatkan sumber air daripada sungai tersebut. Akhirnya tanpa disedari akan berlakulah episod penghapusan spesies.

Sikap Masyarakat

Kesedaran tentang buruknya kesan sisa toksik kepada flora dan fauna haruslah diketahui oleh semua pihak tidak kira sama ada golongan dewasa, remaja dan juga kanak-kanak. Penerapan nilai-nilai cintakan alam sekitar seharusnya disemai semenjak kecil lagi. Masyarakat kita pada hari ini kurang berminat untuk bersahabat dengan alam sekitar terutamanya flora dan fauna. Hakikatnya mereka merupakan sebahagian daripada sahabat yang banyak memberi manfaat dan seharusnya kita prihatin terhadap apa juga masalah yang mengganggu kestabilan ekologi mereka.

pernah melalui kawasan pembuangan sisa toksik atau kawasan pembuangan sampah secara haram yang berdekatan dengan hutan di negara kita. Ini menyalahi dari segi undang-undang dan boleh menyebabkan pencemaran alam sekitar yang serius. Kita ketahui bahawa tumbuhan mendapatkan air dan bahan mineral dari tanah yang subur. Sebaliknya, apa yang berlaku ialah bahan-bahan buangan beracun pula akan terserap ke dalam sistem tumbesaran mereka sekaligus merosakkan sistem tersebut. Lama kelamaan ia akan mati dan ini sudah tentu akan memberi kesan negatif kepada tumbuhan di sekitarnya. Tumbuhan ini juga merupakan sebahagian daripada makanan haiwan-haiwan lain yang berada di situ. Bahan-bahan beracun ini akan berpindah pula kepada haiwan-haiwan tadi. Maka satu punca penghapusan spesies secara senyap dan perlahan akan berlaku.

Selainnya, kita lebih gemar bermain diri apabila persekitaran kita dicemari, dan kita seolah-olah merelakan semua itu berlaku di depan mata. Di manakah sikap keprihatinan kita terhadap khazanah alam yang kian pupus ini? Wajarkah kita hanya meletakkan tanggungjawab ini kepada pihak-pihak tertentu sahaja sedangkan dalam masa yang sama kita turut bersubhat memusnahkannya. Masyarakat juga harus tampil membantu pihak berkuasa agar ekosistem alam terus terpelihara. Langkah-langkah kesedaran tentang keburukan pencemaran sisa beracun terhadap flora dan fauna harus diterap seawal mungkin dan secara berterusan agar menjadi generasi yang sensitif terhadap kesempurnaan khazanah alam ini.



Tokoh terkemuka dunia Mahatma Gandhi (1869-1948) pernah menyatakan bahawa "kehebatan sesebuah negara dan kemajuan moralnya boleh dinilai berasaskan cara sesebuah negara tersebut memelihara dan menguruskan haiwan liar yang ada di dalamnya". Kalau ditakrif secara mendalam akan petikan ini, ianya bermaksud pembangunan dan pencapaian teknologi sesebuah negara belum dikira sebagai yang terhebat selagi hidupan liar yang terdapat di sekitarnya tidak dilayan dengan sempurna. Kata-kata Gandhi ini mencerminkan bahawa ketinggian moral sesebuah negara terletak dari sudut bagaimana mereka menguruskan alam sekitar dan hidupan yang ada di dalamnya.



RAWATAN Sisa Toksik

Rawatan sisa toksik merupakan proses yang dilakukan pada sisa toksik berkenaan supaya kesan tahap ketoksikannya terhadap manusia, haiwan dan persekitaran dapat diminimumkan.

KAEDAH RAWATAN SISA TOKSIK

Secara umumnya, rawatan sisa toksik boleh dilakukan melalui beberapa kaedah atau teknologi seperti berikut :

Proses biologi -

Rawatan sisa toksik melalui proses biologi melibatkan penggunaan tindak balas mikro-organisma untuk menguraikan komponen-komponen organik dalam sisa berkenaan.

Proses penguraian berupaya mengubah struktur komponen organik. Proses yang lengkap akan menguraikan sisa kepada gas karbon dioksida, air dan sisa-sisa inorganik yang lain. Dengan adanya pengetahuan mikrobiologi dan prinsip-prinsip kejuruteraan yang mencukupi, rawatan secara proses biologi berkesan sebagai satu kaedah rawatan sisa toksik.

pengekstrakan wap tanah, penyerapan karbon, pengoksidaan oksigen, pemasukan stim dan pemasukan udara. Teknologi-teknologi ini menggunakan prinsip tindak balas secara fisiko-kimia bahan penambah yang tertentu



(seperti karbon, stim) kepada sisa yang berupaya mengurangkan tahap ketoksikan sisa dan seterusnya menghadkan perebakannya ke kawasan yang lebih luas. Teknologi ini merupakan proses yang biasa digunakan untuk kerja-kerja pemulihan tapak pelupusan sisa

keseluruhannya dapat dikurangkan dan bahan toksik dalam komponen organik dapat dihapuskan. Teori dan reka bentuk sistem terma untuk rawatan sisa toksik yang berlainan tidak sama dan biasanya satu kombinasi sistem diperlukan untuk rawatan sisa toksik dengan lebih berkesan.

Proses fisiko-kimia - Proses

fisiko-kimia merupakan proses pencampuran bahan penambah yang tertentu dengan sisa untuk menghadkan perebakan sisa dan seterusnya mengurangkan tahap ketoksikan sisa berkenaan.

Terdapat beberapa teknologi yang biasa digunakan yang berdasarkan proses fisiko-kimia seperti



Aspek kedua yang perlu ada dalam pelan ini ialah tindakan kecemasan semasa berlakunya kemalangan itu. Apabila kemalangan berlaku pihak berkenaan mestilah dapat mengenal pasti tahap kecemasan tersebut yang boleh dibahagikan kepada tiga tahap iaitu :

TAHAP 1

Tumpahan kecil berlaku. Pekerja di tapak bertindak, dan mengambil langkah tertentu

TAHAP 2

Tumpahan sederhana besar tetapi tidak membahayakan orang ramai. Pegawai terlatih di tapak atau pun di luar tapak boleh bertindak

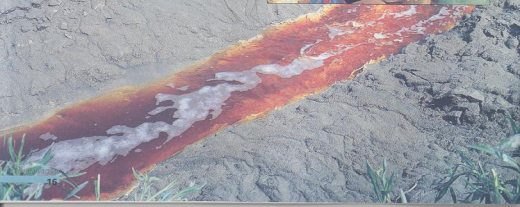
TAHAP 3

Tumpahan besar dan terdapat masalah lain seperti kebakaran, letupan atau bahan toksik yang membahayakan nyawa, harta benda atau alam sekeliling. Pertolongan diperlukan daripada agensi berkaitan.



K keadaan di tempat kejadian akan dinilai sepanjang masa untuk menentukan strategi yang telah ditetapkan. Jika perlu perpindahan, ia hendaklah dilakukan mengikut tatacara yang ditetapkan dalam pelan tersebut.

Apabila kejadian dapat dikawal, bahan tumpahan dan juga tanah yang tercemar perlu dirawat atau dilupuskan. Pelan ini mestilah mengenal pasti jenis rawatan atau cara pelupusan terhadap bahan tumpahan atau tanah yang dilakukan. Kawasan yang tercemar perlu juga diptilihkan dengan teknik pemulihan yang bersesuaian seperti pembasuhan dengan menggunakan tekanan atau bahan kimia.





Gambar Rajah 1 : Fasilitas pengurusan sisa toksik secara integrasi

- Pelupusan timbus tanah** - Kaedah ini dapat dijelaskan sebagai satu sistem pelupusan timbus tanah yang direka bentuk khas untuk menampung sisa toksik yang dihasilkan supaya pelepasan bahan pencemar ke persekitaran dapat diminimumkan.

Reka bentuk sesebuah tapak pelupusan timbus tanah amat penting untuk menjamin keberkesanan kaedah pelupusan ini. Antara reka bentuk yang utama ialah pembinaan sistem pengumpulan larutan larut resap (leachate) dan lapisan tidak kalis air di bahagian bawah tapak pelupusan supaya segala bahan pencemar tidak terkeluar atau meresap ke persekitaran seperti resapan ke dalam air bawah tanah. Selain itu, lapisan penutup dan sistem perparitan yang sesuai di permukaan tapak juga amat penting supaya resapan air hujan dan air permukaan ke dalam sisa toksik berkenaan dapat dielakkan.

Pemilihan jenis kaedah yang sesuai digunakan untuk rawatan sisa toksik bukan sahaja bergantung kepada jenis sisa, tetapi juga ciri-ciri kimia dan fizikal sisa berkenaan. Pada kebiasaannya, setiap jenis kaedah yang dibincangkan di atas boleh digabungkan dan dilakukan bersama dalam satu sistem yang dikenali sebagai "Sistem Pelupusan Sisa Secara Integrasi". Dalam sistem ini, kaedah atau teknologi tertentu yang sesuai sahaja akan dipilih



untuk merawat sisa-sisa setelah ciri-ciri kimia dan fizikalnya dikenal pasti. Satu contoh sistem pelupusan secara integrasi ini ditunjukkan dalam Gambar rajah 1. Dengan adanya sistem rawatan sisa toksik yang sempurna dan dilaksanakan dengan berkesan, masalah pencemaran dan ancaman dari sisa toksik pada manusia dan persekitaran akan dapat di atasi.



TUMPAHAN BAHAN TOKSIK

DR. AHMAD AINUDDIN NURUDDIN
JABATAN PENGURUSAN HUTAN, UPM

PENGENALAN

Bahan toksik berbahaya kepada manusia dan jika berlakunya tumpahan, kesan tumpahan bahan ini boleh menyebabkan kerosakan harta benda, kecederaan atau kehilangan jiwa. Tumpahan bahan toksik juga boleh menyebabkan suasana menjadi panik, kelim kabut dan wujudnya keresahan di kalangan penduduk yang tinggal berhampiran dengan kawasan berlakunya tumpahan bahan toksik tersebut. Oleh itu tindakan segera perlu diambil jika berlakunya situasi seperti ini. Langkah ini dikenali sebagai **pelan tindakan kecemasan tumpahan bahan toksik**.



PELAN TINDAKAN KECEMASAN

Pelan tindakan kecemasan berdasarkan kepada tiga perkara :

- Kefahaman terhadap jenis dan keluasan potensi kecemasan,
- Membina penyediaan yang rapi
- Memastikan keputusan dan tindakan yang diambil dilakukan dengan segera dan tepat

Pelan ini bertujuan mengurangkan kesan kemalangan terhadap manusia, harta benda dan alam sekeliling. Aspek pertama dalam pelan ini ialah aktiviti perancangan sebelum kemalangan, termasuklah mengenal pasti

potensi bahaya dan jenis kerosakan yang boleh berlaku. Ini memerlukan maklumat tentang **ciri fisiokimia dan toksikologi bahan kimia** yang digunakan dalam kilang tersebut. Impak kualiti udara dan air di hilir sungai

daripada tempat kejadian tumpahan itu berlaku dan kesan bahaya terhadap kesihatan manusia dan haiwan juga perlu dikenal pasti. Analisis risiko insiden yang berkaitan dengan setiap bahaya perlu juga dilakukan dengan mengenal pasti potensi kemalangan dan kuantiti bahan toksik yang mungkin dilepaskan dalam kemalangan tersebut. Satu contoh organisasi tindakan kecemasan ialah **Sistem Arahan Insiden (Incident Command System)** yang dapat mengawal dan mengurus operasi kecemasan. Individu yang mengetuai Sistem Arahan Insiden mempunyai kata putus dan bertanggungjawab sepenuhnya terhadap pengurusan kemalangan tersebut. Agensi-agensi yang terlibat ialah Jabatan Perkhidmatan Bomba, pasukan polis, Jabatan Alam Sekitar dan hospital.



Tumbuhan sebagai Pembersih Alam



DR. CHE FAUZIAH ISHAK
JABATAN PENGURUSAN TANAH, UPM

Tahukah adik-adik bahawa tumbuhan-tumbuhan hijau boleh digunakan untuk membersihkan sistem tanah atau air yang dicemari oleh bahan berbahaya seperti bahan organik, logam berat dan juga bahan radioaktif? Penggunaan tumbuhan hijau untuk merawat air buangan telah diamalkan sejak lebih 300 tahun yang lalu. Kaedah membaiki pulih sisa cecair dari aktiviti perlombongan dan tanah tercemar oleh logam berat dengan menggunakan tanaman telah disarankan sejak tahun 70'an. Berbanding kaedah rawatan mekanikal atau penggunaan bahan kimia dan lain-lain lagi, teknik ini tidak memerlukan perbelanjaan yang tinggi, lebih mesra alam dan mempunyai lebih nilai estetik.

Bagaimanakah tumbuhan dapat menghilangkan bahan pencemar dari persekitaran? Tiga proses utama yang terlibat ialah :

1. PENGKSTRAKAN
2. DEGRADASI
3. PEMERUAPAN BAHAN PENCEMAR ATAU BAHAN PENCEMAR YANG TELAH BERUBAH BENTUK OLEH TUMBUH-TUMBUHAN.

Pengekstrakan melibatkan pengambilan bahan pencemar daripada tanah oleh tumbuhan. Akar tanaman boleh meningkatkan pengambilan bahan tersebut dengan mengeluarkan bahan eksudat. Contohnya, kelat yang dapat membentuk kompleks dengan pencemar tadi. Sesetengah eksudat akar dapat merubah sifat kimia tanah seperti pH dan keadaan pengoksidaan serta penurunan dalam sistem tanah. Penghasilan eksudat akar juga dapat meningkatkan aktiviti mikroorganisma yang boleh membantu meningkatkan pengambilan bahan pencemar oleh akar tanaman. Bahan-bahan pencemar tersebut akan terkumpul dalam tumbuhan sehingga ianya dituai. Biasanya, tanaman tersebut akan dibakar dan abunya akan dihantar ke tapak pelupusan sampah.





PEMERUAPAN

Proses degradasi melibatkan pengambilan bahan pencemar oleh tanaman dan kemudiannya bahan tersebut mengalami pemecahan atau perubahan bentuk. Proses ini

PENGUMPULAN

dikhususkan hanya kepada bahan pencemar jenis organik. Proses degradasi ini sering dibantu oleh mikroorganisma. Pemeruapan bahan pencemar pula melibatkan enzim-enzim yang boleh merubah, mendegradasi dan akhirnya pemeruapkan bahan tersebut daripada sistem tanaman-mikroorganisma-tanah.

DEGRADASI

Tanaman apakah yang adik fikir sesuai digunakan untuk membersihkan persekitaran? Tidak semua jenis tanaman akan mendegradasi, pemeruap atau mengumpul bahan pencemar pada darjah yang sama. Tanaman yang dapat membersihkan persekitaran dengan berkesan mestilah boleh tumbuh dengan cepat, mempunyai bahagian vegetatif yang tinggi (biojisim) dan menggunakan banyak air dalam jangka masa yang singkat. Tanaman yang sesuai juga mestilah boleh membersihkan lebih daripada satu bahan pencemar kerana persekitaran seperti tanah dan air biasanya mengandungi lebih daripada satu bahan pencemar.

PENGKSTRAKAN

Kak ERA Network



Sekiranya adik-adik berminat menjadi ahli, isikan borang di bawah dan hantar terus kepada:
Kak Era-Majalah Era Hijau,
Jabatan Alam Sekitar, Tingkat 12 & 13, Wisma Sime Darby,
Jalan Raja Laut, 50662 Kuala Lumpur
atau pun melalui
e-mail: era@jas.sains.my.
Jangan lupa sertakan sekeping gambar warna berukuran pasport!



No. ahli : 117
Nama : Norhafizah bte Sanifon
Umur : 17 tahun
Alamat : Sek. Men. Keb. Air Tawar, 81920 Kota Tinggi, Johor.



No. ahli : 119
Nama : Nur Hidayah bt. Abdul Rahman
Umur : 13 tahun
Alamat : SMK Sekyen 19, Jalan Gelora, 19/46, 40000 Shah Alam, Selangor.



No. ahli : 118
Nama : Mohd Afendy bin Abd. Kadir
Umur : 15 tahun
Alamat : Sek. Men. Keb. Chalok, 21450 Setiu, Terengganu.



No. ahli : 120
Nama : Muhammad Faiz b. S.M.J Dulkaman
Umur : 13 tahun
Alamat : SMK St. Xavier, Lebuh Farquhar, Pulau Pinang

Borang Keahlian

Nama :
Alamat Rumah :
Alamat Sekolah :
Umur : Tingkatan :
Saya ingin menjadi ahli Kelab Kak Era kerana

Buat salinan borang ini dan edarkan kepada rakan adik-adik!

MERCURY TOXICITY

Mercury toxicity made headline news after the release of waste containing mercuric chloride (a catalyst in the production of plastics) into the bays of Minamata and Niigata, Japan in 1953 and 1960 respectively. Absorption of the metal by plankton and its subsequent incorporation into the food chain caused acute toxicity (keracunan akut) in victims eating fish caught in that region. Although immediate fatalities (kematian secara langsung) were apparently limited (terbatas) to 52 persons, hundreds of children and adults have since then developed degenerative neurological disorders (masalah penyakit saraf) presenting as ataxia (masalah dalam pergerakan), anorexia (kehilangan nafsu makan), hearing and visual loss (masalah pendengaran dan penglihatan).

In 1972, large quantities of grain treated with methyl mercury fungicide (racun kulat) for planting were accidentally distributed to villagers in Iraq. Despite official warnings, much of the grain was ground and made into bread. As a result, 6530 people were hospitalised and at least 500 died of mercury poisoning.

MERCURY IN INDUSTRY

Mercury poisoning used to occur widely (meluas) in industries such as mirror making and mercury ore mining (lombong bahan mentah merkuri). In western countries, the use of mercury in industrial processes



has almost vanished. In modern times, exposure and toxicity is mainly limited (terbatas) to dentistry, thermometer, barometer, and in the manufacture of fungicide, insecticide and dry cell battery. Disposal of mercury-containing domestic batteries on Council sites poses an enormous ecological problem. It was estimated that in the US (1989), discarded household batteries accounted for 86% of dumped mercury, while dental amalgam represented only 0.6%.

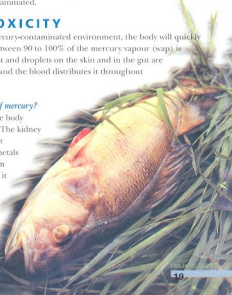
There is international concern at present over the illegal dumping (pembuangan haram) of a thousand tonnes of mercury every year, used for extraction of gold in the Brazilian Amazon area. Many hundreds of cases of mercury toxicity have been reported in the area and ecologists are very concerned about health effects once the water table is contaminated.

MERCURY TOXICITY

When people work in a mercury-contaminated environment, the body will quickly absorb the toxic metal. Between 90 to 100% of the mercury vapour (wap) is absorbed by the lungs. Dust and droplets on the skin and in the gut are also absorbed by the body and the blood distributes it throughout the body.

How does the body gets rid of mercury?

The mercury goes out of the body through urine and faeces. The kidney is equipped with an efficient mechanism for disposing metals such as mercury. Mercury in body tissues clears slowly, as it has a shelf-life of about 90 days. Very often, the effects of mercury poisoning, can only be felt after about a year.



Uji Kata

Kamariah Mohd. Saidin

Penerbit UPM



MELINTANG

- A1. Di samping proses fisiko kimia dan proses termal, proses _____ merupakan satu lagi kaedah rawatan sisa toksik yang paling berkesan. (7 huruf).
- A2. Buangan terjadual yang lazim dihasilkan oleh industri di Malaysia adalah enapcemar _____ yang mengandungi logam berat, pelarut, asid terpakai, bateri terbuang dan mungkin terpakai. (10 huruf).
- A3. Di Malaysia, buangan berbahaya industri dinamakan sebagai _____. (7+9 huruf).
- A4. Bahan kimia yang dihasilkan di dalam makmal dikenali sebagai _____. (10 huruf).
- A5. Di _____, Amerika Syarikat, setiap kesalahan berhubung pengurusan buangan berbahaya boleh dikenakan denda sehingga US\$25,000 sehari. (3+6 huruf).

MENEGAK

- D1. Racun serangga DDT merupakan bahan kimia buatan manusia yang dapat mengawal populasi nyamuk _____, pembawa penyakit demam malaria. (9 huruf).
- D2. Proses degradasi melibatkan pengambilan tanah oleh tanaman yang kemudiannya mengalami pemecahan atau perubahan bentuk. Proses jenis ini sering dibantu oleh _____. (14 huruf).
- D3. Malaysia merupakan negara termaju dalam pengurusan buangan berbahaya di rantau Asia. Salah sebuah pusat pelupusan buangan tersebut terletak di _____, Negeri Sembilan. (4+7 huruf).
- D4. _____ didefinisikan sebagai sisa dalam bentuk pepejal, cecair atau gas selain daripada sisa radioaktif dan sisa berjangkit. (4+6 huruf).
- D5. Bahan buangan ini bersifat berbahaya tetapi tidak tergolong sebagai buangan terjadual kerana ianya dikawal di bawah undang-undang yang khusus berhubung bahan radioaktif. Apakah bahan buangan itu? (10 huruf).

A1. Sisa
A2. Malarium
A3. Amerika
A4. Kimia
A5. Amerika
D1. DDT
D2. Tumbuhan
D3. Seremban
D4. Sisa
D5. Radioaktif