

Himpunan siri kajian di Malaysia

MENEROKA INTERAKSI DINAMIK DALAM KESIHATAN PERSEKITARAN

Himpunan Siri Kajian di Malaysia

Meneroka Interaksi Dinamik dalam Kesihatan Persekitaran

Himpunan Siri Kajian di Malaysia

Editor:
Sharifah Norkhadijah Syed Ismail
Mohd Armi Abu Samah

Diterbitkan oleh:
Dr. Sharifah Norkhadijah Syed Ismail
Jabatan Kesihatan Persekitaran dan Pekerjaan
Fakulti Perubatan dan Sains Kesihatan
Universiti Putra Malaysia
UPM Serdang
43400 Selangor
Tel: 03-89472643
Fax: 03-89472395
e-mel: norkhadijah@upm.edu.my
laman web: <http://www.medic.upm.edu.my/>

© Sharifah Norkhadijah Syed Ismail, 2015

Hak cipta terpelihara. Setiap bahagian daripada terbitan ini tidak boleh diterbitkan semula, disimpan untuk pengeluaran atau dipindahkan kepada bentuk lain, sama ada dengan cara elektronik, mekanik, gambar, rakaman dan sebagainya tanpa izin pemilik hak cipta terlebih dahulu.

Perpustakaan negara Malaysia

Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan

Sharifah Norkhadijah Syed Ismail, 2015

Meneroka Interaksi Dinamik dalam Kesihatan Persekitaran / Sharifah Norkhadijah Syed Ismail...(et al.)
ISBN 978-983-2408-29-1

Dicetak oleh
Teguh Optimis Sdn Bhd

Dengan nama Allah, Yang Maha Pemurah, lagi Maha Mengasihani.

Bacalah (wahai Muhammad) dengan nama Tuhanmu yang menciptakan (sekalian makhluk). Ia menciptakan manusia dari sebuku darah beku. Bacalah, dan Tuhanmu Yang Maha Pemurah. Yang mengajar manusia melalui pena dan tulisan. Ia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya. Ingatlah! Sesungguhnya jenis manusia tetap melampaui batas (yang sepatutnya atau yang sewajibnya). Dengan sebab ia melihat dirinya sudah cukup apa yang dihajatnya.

(Al-Quran Nur Qarim, Surah Al-'Alaq, Ayat 1 hingga 7)

PENYUMBANG ARTIKEL

Sharifah Norkhadijah Syed Ismail
Sarva Mangala Praveena
Irniza Rasdi
Emilia Zainal Abidin
Aini Syuhaida Abdul Wahab
Umi Raihana Abdul Rahman
Norfasmawati Mohd Pauzi
Munashamimi Hamdan

Nor Fazilah Zulkfli
Amir Hamzah Sharaai

Suhainizam Muhamad Saliluddin

Noor Zalina Mahmood

Fazrul Razman Sulaiman

Suriyani Awang.

Zahid Zainal.

Suhada Syaza Safiee.

Kamaruzzaman Yunus,
Zaleha Binti Kassim,
Mohd Armi Abu Samah
Mohd Shukri Mohd Aris

Jabatan Kesihatan Persekitaran dan Pekerjaan,
Fakulti Perubatan dan Sains Kesihatan, Universiti
Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor,
Malaysia.

Fakulti Pengajian Alam Sekitar, Universiti Putra
Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor, Malaysia.

Jabatan Kesihatan Komuniti, Fakulti Perubatan dan
Sains Kesihatan, Universiti Putra Malaysia, 43400
UPM Serdang, Selangor, Malaysia.

Fakulti Sains, Universiti Malaya

Fakulti Sains Gunaan, Universiti Teknologi MARA
Pahang, 26400 Bandar Tun Abdul Razak Jengka
Pahang Darul Makmur

Institut Hidraulik Kebangsaan Malaysia (NAHRIM),
Seri Kembangan Selangor, Malaysia

Fakulti Pertanian, Universiti Putra Malaysia,
Universiti Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang,
Selangor, Malaysia

Kejuruteraan Kimia Alam Sekitar, Universiti Kuala
Lumpur (MICET), 78000 Alor Gajah, Melaka,
Malaysia

Kuliah Sains, Universiti Islam Antarabangsa
Malaysia, Kampus Kuantan Jalan Sultan Ahmad
Shah, 25200 Kuantan, Pahang, Malaysia

Widad Fadhlullah.
Alastair Grant

School of Environmental Sciences, University of
East Anglia, Norwich Research Park, Norwich,
Norfolk NR4 7TJ, U.K.

Mohammad Roslan Mohammad

Bahagian Teknologi Persekitaran, Pusat Pengajian
Teknologi Industri, Universiti Sains Malaysia, 11800
Pulau Pinang, Malaysia

Paiman Bawon

Fakulti Kejuruteraan, Universiti Putra Malaysia,
43400 UPM Serdang Selangor

Hairazi Rahim.

Pusat asasi Pertanian, Universiti Putra Malaysia,
43400 UPM Serdang Selangor

Siti Rohana Mohd Yatim

Pusat Penyelidikan Ekonomi dan Pengurusan
Teknologi, MARDI

Latifah Abd Manaf

Jabatan Kesihatan Persekitaran, Fakulti Sains
Kesihatan, Universiti Teknologi MARA, Malaysia

Mad Nasir Shamsudin,
Zainal Abidin Mohamed.

Jabatan Sains Alam Sekitar, Fakulti Alam Sekitar,
Universiti Putra Malaysia, 43400 Serdang

Mohd Yusoff Ishak

Jabatan Perniagaantani dan Sistem Maklumat,
Fakulti Pertanian Universiti Putra Malaysia, 43400
UPM Serdang, Selangor

Alias Radam

2 Jabatan Pengurusan Alam Sekitar, Fakulti
Pengajian Alam Sekitar, Universiti Putra Malaysia,
43400 UPM Serdang

Mohamad Abd Manap

Jabatan Pengurusan dan Pemasaran, Fakulti
Ekonomi dan Pengurusan Universiti Putra
Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor

Noor Armylisas, Abu H.,
Philip C. Bulman Page

Bahagian Perkhidmatan Teknikal, Jabatan Mineral
dan Geosains Malaysia (JMG), 30820 Ipoh, Perak,
Malaysia

School of Chemistry, University of East Anglia,
Norwich Research Park, Norwich, Norfolk NR4 7TJ,
U.K.

Noor Armylisas, Abu H.
Hazimah A. Hassan
Shoot K. Yeong
Yuen M. Choo
Ahmad K. Din
Kamaruzaman Jusoff

Afiza Abdullah Suhaimi

Specialty Chemicals (SC) Group, Synthetic and
Product Development (SPD) Unit, Advanced
Oleochemical Technology Division (AOTD),
Malaysian Palm Oil Board (MPOB), 6, Persiaran
Institusi, Bandar Baru Bangi, 43000 Kajang,
Selangor, Malaysia

Fakulti Teknologi Kejuruteraan, Universiti Malaysia
Pahang, 26300 Gambang, Kuantan Pahang

ISI KANDUNGAN

No.	Tajuk	Mukasurat
	Penyumbang artikel	vi
	Penghargaan	xi
	Prakata	xii
1	Kesihatan Persekitaran dan Alam Sekitar: Interaksi Dinamik <i>Nor Fazilah Zulkfli, Amir Hamzah Sharaai dan Noor Zalina Mahmood</i>	1
2	Masyarakat dan Alam Sekitar <i>Mohd Armi Abu Samah, Mohd Shukri Mohd Aris, Paiman Bawon dan Mohammad Roslan Mohammad</i>	8
3	Neptunia oleracea sebagai Tumbuhan Fitopemulihan <i>Aini Syuhaida Abdul Wahab, Sharifah Norkhadijah Syed Ismail, Sarva Mangala Praveena, Suriyani Awang</i>	14
4	Penyerapan Logam Berat oleh <i>Neptunia oleraci</i>) dan Risiko Keselamatan Makanan <i>Aini Syuhaida Abdul Wahab, Sharifah Norkhadijah Syed Ismail, Sarva Mangala Praveena, Suriyani Awang</i>	28
5	Impak Sosio-Ekonomi Akibat Perubahan Iklim Terhadap Pengeluaran Kelapa Sawit dan Padi di Malaysia <i>Zahid Zainal</i>	36
6	Penggunaan penanda bio dalam kajian kesihatan persekitaran <i>Emilia Zainal Abidin</i>	45
7	Atmosfera bumi dan kimia pencemaran udara <i>Fazrul Razman Sulaiman</i>	53
8	Aplikasi Sumber Bio Dalam Rawatan Air Kumbahan <i>Suhada Syaza Safiee dan Mohd Armi Abu Samah</i>	70

9	Penilaian Kesan Kesihatan dari Pendedahan Air Pantai Morib (Malaysia) <i>Sarva Mangala Praveena, Norfasmawati Mohd Pauzi, Munashamimi Hamdan</i>	74
10	Pencemaran Marin dan Alam Sekitar di Malaysia <i>Mohd Armi Abu Samah, Kamaruzzaman Yunus dan Zaleha Binti Kassim</i>	81
11	Kesan <i>Episodic Hypoxia</i> dan <i>Anoxia</i> pada Metabolit Organik dalam Sedimen Muara <i>Widad Fadhlullah dan Alastair Grant</i>	90
12	Pengurusan Sisa Pepejal di Malaysia: Praktikal dan Cabaran <i>Mohd Armi Abu Samah, Siti Rohana Mohd Yatim dan Latifah Abd Manaf</i>	102
13	Aplikasi Teknologi Insinerator Terhadap Pengurusan Sisa pepejal di Malaysia <i>Mohd Armi Abu Samah dan Mohd Yusoff Ishak</i>	106
14	Analisis Toksik Air Larut Resap dari Tapak pelupusan Sampah Menggunakan <i>Oreochromis mossambicus</i> (Tilapia Mozambique): Ulasan Kajian <i>Umi Raihana Abdul Rahman, Sharifah Norkhadijah Syed Ismail, Emilia Zainal Abidin dan Sarva Mangala Praveena</i>	112
15	Pengurusan Tayar di Malaysia <i>Mohd Armi Abu Samah</i>	131
16	Dimensi-dimensi Motivasi terhadap Pembelian Produk Makanan Hijau di Kalangan Pengguna Malaysia <i>Hairazi Rahim, Mad Nasir Shamsudin, Zainal Abidin Mohamed dan Alias Radam</i>	137
17	<i>Remote Sensing</i> dan Aplikasi GIS dalam Islam <i>Mohamad Abd Manap</i>	155
18	<i>Iminium Salt</i> Sebagai Pemangkin Organik untuk Tindakbalas <i>Assymmetric epoxidation</i> di bawah Keadaan Akeues dan Tidak Akeues <i>Noor Armylisas Abu H., Philip C. Bulman Page, Hazimah A. Hassan, Shoot K. Yeong, Yuen M. Choo, Ahmad K. Din, Kamaruzaman Jusoff</i>	160
19	Pengenalan Bidang Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan di Malaysia <i>Afiza Abdullah Suhaimi</i>	174
20	Kesan Pendedahan Partikel Terampai Kepada Kesihatan Mental dan Fizikal dalam Kalangan Polis Trafik: Kajian Lepas. <i>Irniza Rasdi dan Suhainizam Muhamad Saliluddin</i>	183

Penghargaan

Dengan nama Allah SWT Yang Maha Pemurah dan Maha Penyayang. Selawat dan Salam buat junjungan besar Nabi Muhammad SAW.

Syukur ke hadrat Allah SWT atas limpah kurnia dan rahmat Nya telah memungkinkan penerbitan buku ilmiah ini yang julung kalinya menggabungkan siri-siri kajian ilmiah oleh lebih dari 40 penyelidik tanah air berkenaan dengan isu-isu yang melibatkan kesihatan persekitaran.

Jutaan terima kasih diucapkan kepada semua penyelidik yang telah menyumbangkan artikel kajian untuk penerbitan buku ini dan pembantu penyelidik yang terlibat secara langsung mahupun tidak langsung dalam penerbitan buku ini.

Sekalung penghargaan dan terima kasih diucapkan kepada universiti-universiti yang terlibat iaitu Universiti Putra Malaysia, Universiti Malaya, Universiti Teknologi MARA Pahang, NAHRIM, Universiti Kuala Lumpur (MICET), Universiti Islam Antarabangsa, Universiti of East Anglia, Universiti Sains Malaysia, MARDI, JMG, MPOB serta Universiti Malaysia Pahang di atas sokongan dari segi kemudahan dan geran penyelidikan yang memungkinkan kajian-kajian ini dijalankan dan diterbitkan di dalam buku ini.

Akhir sekali, terima kasih ditujukan buat mereka yang telah terlibat secara langsung mahupun tidak langsung dalam proses penerbitan buku ini. Besarlah harapan kami, agar buku ini menjadi salah sebuah sumber rujukan ilmiah dalam bidang kesihatan persekitaran.

Prakata

Buku bertajuk *Meneroka Interaksi Dinamik dalam Kesihatan Persekitaran, Himpunan Siri Kajian di Malaysia* ini dapat digunakan sebagai bahan rujukan kepada masyarakat umum mahupun pelajar yang ingin mendapatkan maklumat berkenaan dengan interaksi dinamik komponen alam sekitar yang berkaitan dengan kesihatan persekitaran. Buku ini ditulis dengan tujuan untuk memberikan pendedahan kepada pembaca berkenaan dengan interaksi dinamik dan hubungkait antara komponen-komponen utama alam sekitar dalam kesihatan persekitaran yang boleh memberi kesan kepada kesihatan manusia. Kefahaman mengenai hubungkait atau interaksi antara alam sekitar dan kesihatan manusia dapat mendorong individu untuk mengambil peranan yang lebih aktif dalam memulihara alam sekitar.

Secara umumnya, isu-isu pencemaran alam sekitar adalah kompleks untuk dikupas dan sukar untuk dikaitkan dengan kesihatan manusia. Di dalam banyak kajian keratan rentas melibatkan kesihatan persekitaran, pendedahan kepada sesuatu pencemaran alam sekitar gagal menunjukkan hubungan dengan gejala penyakit. Ini adalah kerana penyakit tersebut hanya boleh dikesan setelah seseorang individu terdedah dengan pencemaran yang lama dan kronik. Oleh itu, kebanyakan kajian epidemiologi adalah merupakan salah satu rekabentuk kajian yang digalakkan bagi membolehkan hubungan antara penyebab dan kesan dapat dilihat. Interaksi dinamik yang perlu penelitian adalah amat penting untuk difahami dan diteroka bagi membolehkan kesan kepada manusia diatasi.

Buku ini juga bertujuan untuk mempuk rasa kecintaan masyarakat kepada alam sekitar dan kepentingan memulihara alam sekitar agar persekitaran yang selamat dan sihat terjamin untuk generasi akan datang. Pada dasarnya, generasi kini adalah merupakan individu yang meminjam alam sekitar daripada generasi yang akan datang. Oleh itu, wajib bagi kita memulangkan semula alam sekitar ini kepada anak-anak kita dalam keadaan yang baik atau lebih baik dari sebelumnya.

Selain itu, buku ini boleh menjadi bahan rujukan untuk pelajar Bacelor Sains Kesihatan khususnya dalam program Kesihatan Persekitaran dan Pekerjaan. Ianya juga boleh menjadi sumber rujukan kepada pelajar Bacelor Sains Kesihatan untuk program yang lain seperti program Pemakanan dan dietitik, Sains Bioperubatan, Anatomi manusia dan lain-lain. Buku ini juga boleh menjadi bahan bacaan tambahan untuk pelajar dalam pelbagai disiplin Sains seperti Sains Biologi, Sains Kimia, Sains Komuniti, Teknologi industri dan sebagainya.

Ia dilihat dapat menambah koleksi buku dalam bidang kesihatan persekitaran dan diharap boleh dimanfaatkan oleh pelbagai peringkat masyarakat.

Buku ini mengandungi 20 artikel yang ditulis oleh penyelidik institusi pengajian tempatan dari pelbagai bidang kepakaran di Malaysia. Artikel yang dimuatkan di dalam buku ini adalah berkisar kepada isu-isu kesihatan persekitaran semasa dan yang terkini dan memfokus kepada Malaysia. Ribuan terima kasih dan setinggi-tinggi penghargaan ditujukan buat semua penulis yang menyumbangkan artikel sehingga terbentuknya buku ini.

Editor:
Sharifah Norkhadijah Syed Ismail
Mohd. Armi Abu Samah

1

Kesihatan Persekitaran dan Alam Sekitar: Interaksi Dinamik

Nor Fazilah Zulkfli¹, Amir Hamzah Sharaai¹ dan Noor Zalina Mahmood²

¹ *Fakulti Pengajian Alam Sekitar, Universiti Putra Malaysia*

² *Fakulti Sains, Universiti Malaya*

PENGENALAN

Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO) mentakrifkan kesihatan persekitaran (*environmental health*) merangkumi semua faktor luaran mencakupi aspek fizikal, biologi dan kimia yang saling berinteraksi antara satu sama lain serta memberi kesan terhadap tingkah laku manusia. Di samping itu, ia juga merangkumi penilaian dan pengawalan berterusan ke atas faktor-faktor alam sekitar yang berpotensi menjejaskan kesihatan malah turut memberi tumpuan kepada pencegahan penyakit serta mewujudkan persekitaran yang sihat sejahtera. Definisi tersebut menggambarkan aspek kesihatan persekitaran merangkumi kebersihan serta keselamatan yang mengambilkira kesemua faktor bagi menjana kestabilan ekosistem di muka bumi ini.

Konteks kesihatan persekitaran berkaitan dengan persekitaran awam yang mengetengahkan sesuatu konsep kesedaran dan pengetahuan yang mencakupi elemen alam semula jadi dan persekitaran yang saling berhubungkait dengan kesihatan manusia sejagat. Bagaimanapun, kesihatan persekitaran tidak tertakluk kepada alam sekitar semata-mata kerana terdapat aspek lain yang turut diberi perhatian seperti isu keselamatan makanan, kesihatan dan keselamatan pekerjaan serta pengurusan bahan buangan perubatan dan klinikal. Justeru, isu yang akan dikupas dalam artikel ini akan memberi penekanan terhadap hubungkait antara kesihatan persekitaran yang memberi penekanan terhadap aspek alam sekitar.

PERLINDUNGAN TERHADAP ALAM SEKITAR

Alam sekitar merupakan antara komponen penting yang terkandung dalam aspek penilaian serta pengawalan kesihatan persekitaran. Ia merangkumi alam sekitar yang diklasifikasikan mengikut media seperti udara/ atmosfera, air (darat dan marin), tanah serta penempatan penduduk (Kopendum Perangkaan Alam Sekitar Malaysia, 2013). Secara amnya, alam sekitar yang berkualiti memenuhi

kesemua keperluan kehidupan dengan baik serta mempunyai kadar pencemaran yang berlaku adalah pada tahap yang minimum. Takrifan Mohd Marsuki dan Amer Saifude, (2002) dalam buku *Etika Alam Sekitar: Perspektif Islam, Timur dan Barat* menerangkan alam sekitar sebagai keadaan sekeliling atau lingkungan. Maka secara amnya, alam sekitar merujuk kepada segala media atau fenomena fizikal (abiotik dan biotik) yang melingkungi organisma yang mewujudkan interaksi dinamik serta saling bergantung antara satu sama lain. Kesihatan persekitaran dari persektif alam sekitar menekankan hubungan manusia dan kesihatan yang mencakupi faktor alam sekeliling serta pembangunan persekitaran. Ia merangkumi bidang kajian spesifik seperti kualiti udara, pencemaran bunyi, pengurusan pembuangan sisa kumbahan, pengurusan sisa pepejal serta kempen kesedaran kesihatan dan alam sekitar.

Interaksi manusia dengan alam sekitar mampu mendatangkan kemudaran dalam keadaan tertentu sekiranya tidak diuruskan dengan baik dan sempurna. Aktiviti pembangunan tidak dinafikan amat penting untuk kemajuan sesebuah negara. Namun, pembangunan yang tidak dikendalikan dengan lestari akan mendatangkan ketidakseimbangan terhadap ekosistem sedia ada. Ketegangan (*stressor*) alam sekitar akan mendatangkan implikasi negatif kepada manusia memandangkan ketidakupayaan alam untuk menampung keadaan tertentu. Kerosakan alam sekitar tanpa dapat diperbaiki akan mendatangkan kesan jangka panjang kepada ekonomi dan generasi akan datang kerana matlamat sosio ekonomi adalah untuk meningkatkan taraf hidup manusia secara berterusan. Justeru kelestarian yang sering dicanangkan dalam agenda pembangunan negara sukar untuk dicapai kerana impak alam sekitar adalah berskala besar dan berterusan sekiranya tiada inisiatif yang konsisten dari pelbagai pihak.

ISU ALAM SEKITAR

Sepanjang tahun 2014 (sehingga Oktober 2014), rentetan isu alam sekitar mendominasi media massa di Malaysia. Lazimnya, pencemaran alam sekitar adalah berpunca daripada perbuatan manusia itu sendiri. Kemerosotan alam sekitar dari skala kecil hingga ke skala besar disuarakan oleh media serta orang perseorangan seharusnya membuka mata kita untuk memberi lebih penekanan terhadap kepentingan ekosistem ini. Keutamaan yang diberikan kepada pembangunan fizikal sesebuah negara tanpa perancangan lestari sedikit sebanyak akan merencat aktiviti penjagaan alam sekitar secara menyeluruh. Pihak berkepentingan menyuntik sejumlah besar modal untuk pembangunan ekonomi tetapi pada masa yang sama mereka harus menitikberatkan elemen kelestarian alam sekitar. Pembinaan lebuhraya sebagai contoh jika dilihat dari aspek pengurusan alam sekitar semasa proses pembinaan tersebut amat mendukacitakan. Penggondolan bukit, pencemaran sumber air (bawah tanah dan sungai) merupakan impak besar yang harus dikendalikan tetapi pada akhirnya akan mendatangkan kesenangan kepada pengguna (rakyat). Larangan melakukan kemusnahan terhadap alam turut disebut dalam Al Quran (surah

Ar Rum 30:41). Ayat ini membawa maksud segala bencana yang berlaku di muka bumi ini adalah akibat perbuatan manusia itu sendiri dan mereka (manusia) akan mendapat balasan atas perbuatan yang telah mereka lakukan. Benarlah bahawa hukum alam ini tidak boleh dipermainkan. Maka setiap kerosakan yang manusia lakukan akan berbalik kesannya kepada mereka juga akhirnya. Antara contoh kerosakan alam sekitar yang mendapat tempat di media massa seperti berikut;

Pencemaran Pantai Batu Feringgi

Isu pencemaran pantai Batu Feringgi bukanlah isu yang baru. Pada tahun Februari 1982, Hotel Holiday Inn dikenakan denda sebanyak RM300 kerana pelepasan najis tidak sempurna dan sisa air buangan tidak terawat. Memandangkan isu pencemaran bakteria *E. coli* di kawasan pantai tersebut pernah berlaku, sewajarnya pihak lain tidak mengulangi perbuatan yang sama. Pencemaran air laut di sebahagian kawasan pantai tersebut yang dilaporkan oleh media mendapat liputan meluas memandangkan kawasan pantai tersebut terkenal sebagai kawasan pelancongan. Sampel air yang diambil oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) mendapati pencemaran ini didakwa berpunca daripada loji rawatan kumbahan milik Indah Water Konsortium (IWK). Namun, kita tidak perlu menuding jari kepada satu pihak sahaja memandangkan terdapat beberapa premis perniagaan lain di sepanjang kawasan tersebut yang turut menjadi penyumbang kepada kehadiran bakteria *E. coli*.

Pencemaran yang berlaku di pantai Batu Feringgi memberi kesan buruk terhadap alam sekitar dan manusia. Jika difikirkan apakah alasan pihak yang terlibat melakukan perbuatan ini? Jawapan paling mudah untuk difikirkan adalah untuk menjimatkan kos. Pelepasan najis dan sisa air buangan yang tidak terawat akan mengurangkan kos pelupusan. Kesenambungan daripada kejadian ini akan menjejaskan ekosistem sungai dan pantai. Imej pantai Batu Feringgi yang terkenal sebagai destinasi pelancongan turut terjejas berikutan pantai awam ditutup sementara sehingga kerja-kerja pembersihan selesai dilakukan. Hal ini secara tidak langsung turut menjejaskan pendapatan ekonomi para penduduk yang menjadikan kawasan pantai ini sebagai sumber pendapatan mereka. Penyelesaian yang harus diambil ialah dengan mengenakan denda yang tinggi serta menarik semula lesen perniagaan bagi premis yang menyumbang kepada pencemaran tersebut.

Pencemaran rentas sempadan

Isu pencemaran rentas sempadan yang berlaku saban tahun di Malaysia bukanlah isu yang baru. Kemerosotan status kualiti udara yang berlaku di kawasan Pantai Barat Semenanjung berpunca daripada jerebu rentas sempadan yang bertiup dari Sumatera, Indonesia yang turut digerakkan oleh tiupan angin Monsun Barat Daya. Hal ini terjadi berikutan aktiviti pembakaran hutan dan tanah gambut di Sumatera

dan Kalimantan saban tahun dilakukan dalam skala besar bagi mempercepat aktiviti pembersihan kawasan pertanian. Indeks Pencemar Udara (IPU) di Muar pernah mencapai bacaan sehingga 746 pada Jun 2013 yang merekodkan antara bacaan tertinggi di Malaysia. Bacaan IPU ini dikategorikan sebagai bahaya sehingga memaksa pengisytiharan darurat di daerah Muar dan Ledang yang berkuat kuasa serta merta. Majlis Keselamatan Negara (MKN) menggariskan beberapa peraturan dengan menasihati agar premis kerajaan (terutama sekolah) dan swasta ditutup bagi menjamin keselamatan serta kesihatan awam sentiasa terpelihara. Langkah pengisytiharan darurat yang dikeluarkan merupakan langkah tepat berikutan pencemaran udara akan memberikan kesan langsung kepada kesihatan manusia terutamanya kanak-kanak, warga emas serta mereka yang mempunyai penyakit berkaitan pernafasan. Orang awam digalakkan untuk duduk di rumah dan hanya keluar jika terdapat urusan penting yang perlu diselesaikan di luar dengan memakai topeng muka serta perbanyakkan meminum air.

Bagi menangani masalah jerebu merentasi sempadan ini, kerajaan telah melaksanakan pelbagai tindakan di peringkat tempatan, bilateral dan serantau. Larangan aktiviti pembakaran terbuka di seluruh Selangor berkuat kuasa serta merta adalah langkah terbaik bagi mengekang masalah jerebu di negeri bertambah teruk. Namun, larangan ini tidak membabitkan aktiviti barbeku (bbq), pembakaran mayat, upacara keagamaan serta pembakaran gas mudah terbakar. Selain itu, Pelan Tindakan Jerebu Kebangsaan dilaksanakan yang menggariskan panduan bagi menghadapi darurat bencana jerebu pada masa akan datang. Malaysia menggesa negara jiran Indonesia untuk memeterai perjanjian bagi menyelesaikan masalah jerebu memandangkan ia merentasi beberapa negara jiran yang berdekatan seperti Singapura, Brunei dan Thailand. Kedua-dua buah negara mengusulkan perjanjian yang memberi tumpuan kepada pencegahan kebakaran yang lebih baik serta hukuman yang lebih berat akan dikenakan terhadap pesalah. Diharapkan dengan termeterainya perjanjian ini, masalah jerebu yang dihadapi saban tahun dapat dikekang dan seterusnya alam sekitar dapat dipelihara dengan lebih sempurna.

PENGURUSAN ALAM SEKITAR

Alam sekitar perlu dipelihara untuk generasi kini serta untuk generasi akan datang. Setiap seorang daripada kita mempunyai tanggungjawab bagi memastikan kelestarian alam sekitar. Ini kerana manusia dan alam saling berinteraksi antara satu sama lain bagi meneruskan kelangsungan hidup berlandaskan peranan tersendiri. Pengurusan alam sekitar di Malaysia dilaksanakan melalui kaedah perundangan dan bukan perundangan. Bagi kaedah perundangan, Malaysia mempunyai Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974 yang digubal untuk melindungi alam sekitar secara optimum dan peruntukan undang-undang adalah bersifat menyeluruh. Kaedah perundangan merupakan salah satu langkah terbaik bagi mengatasi masalah pencemaran alam sekitar bagi menjamin keselamatan, kesihatan dan kesejahteraan manusia.

Penggunaan teknologi moden dalam mengatasi masalah pencemaran alam sekitar adalah penting bagi menjamin kelestarian untuk generasi kini serta generasi akan datang. Pengenalan Penilaian Kitar Hayat (LCA) dalam mengurangkan impak terhadap alam sekitar adalah bertepatan kerana konsep yang diketengahkan boleh diguna pakai dalam kesemua bidang kajian iaitu merangkumi produk serta perkhidmatan. Konsep kitar hayat ini bersifat menyeluruh kerana mengambil kira impak terhadap alam sekitar yang bermula dari penghasilan bahan mentah hingga ke akhir hayat sesuatu produk (*cradle to grave*). Fasa yang termasuk dalam penilaian kitar hayat bermula dari pengekstrakan bahan mentah (*raw material extraction*), pembuatan (*manufacturing*), pengagihan (*distribution*), penggunaan (*usage*) dan pelupusan (*disposal*). Bidang kajian LCA di Malaysia sedang meningkat naik dan pelbagai usaha dilakukan bagi mendapatkan interaksi serta kerjasama dari pelbagai pihak bagi menggalakkan pelbagai agensi dan industri mengguna pakai konsep LCA pada masa akan datang. LCA memberi manfaat kepada pengamalnya seperti mengira dan menguruskan aspek kelestarian alam sekitar yang terlibat di sepanjang rantaianya dengan membandingkan impak yang minimum terhadap alam sekitar. Perkembangan LCA yang semakin memberangsangkan dilihat mampu menjadikan pemangkin kepada Malaysia untuk menjadi negara yang maju tanpa mengabaikan kelestarian alam sekitar.

Selain aspek teknologi, pendidikan alam sekitar harus dipupuk sejak dari kecil lagi. Penerapan nilai cintakan alam sekitar bukanlah tanggungjawab pendidik semata-mata tetapi bagi menjadikannya realistik, penerapan nilai-nilai murni ini juga menjadi tanggungjawab ibu bapa. Pendidikan alam sekitar secara formal di sekolah harus bersifat *hands on* bagi menggalakkan penglibatan murid-murid terhadap aktiviti alam sekitar dengan lebih dekat. Ibu bapa pula seharusnya memainkan peranan dengan sentiasa menunjukkan contoh yang baik serta memberi galakan kepada anak-anak untuk turut serta melaksanakan pendidikan alam sekitar secara tidak formal di rumah. Oleh itu, pendidikan dari peringkat awal adalah amat penting bagi melahirkan individu yang menghargai serta mempunyai kesedaran sivik tentang alam sekitar.

KESIMPULAN

Alam sekitar merupakan nadi kepada kehidupan manusia. Perlindungan terhadap alam sekitar adalah penting bagi memastikan interaksi yang dinamik dapat digerakkan untuk kesinambungan yang lestari. Oleh itu, sebagai pengguna, kita seharusnya menjalankan tanggungjawab bagi mentadbir alam tanpa mendatangkan kemusnahan secara total. Aspek pembangunan sememangnya penting bagi menggerakkan ekonomi sesebuah negara. Namun, harus diingat bahawa alam ini bersifat tidak kekal iaitu akan kehabisan sumber jika tidak diuruskan dengan berhemah.

Apabila membincangkan hak bagi mendapatkan alam sekitar yang bersih dan sihat, kita perlu tahu apakah peranan yang perlu dimainkan oleh kita selaku pengguna? Sebagai pengguna, kita perlu tahu bahawa kita juga berhak untuk mendapatkan alam sekitar yang berkualiti serta bekerja dalam suasana yang sihat dan selamat pada masa kini serta untuk generasi akan datang. Oleh itu, adalah menjadi kewajipan kita untuk memastikan alam sekitar sentiasa terpelihara dengan menggunakan sumber sedia ada dengan berhemah. Justeru dalam mengekang permasalahan alam sekitar, kedua-dua elemen perundangan dan bukan perundangan perlu dimantapkan dengan mengambil kira penglibatan agensi kerajaan, pihak industri serta orang awam bagi memastikan kemerosotan kualiti alam sekitar berada pada tahap yang paling minimum.

Pengurusan alam sekitar pada masa kini adalah bersifat holistik iaitu merangkumi elemen keselamatan, kesihatan, kesejahteraan yang diperlukan untuk generasi kini serta generasi akan datang. Justeru, peranan pihak universiti untuk melahirkan generasi yang celik ilmu pengurusan alam sekitar amat diperlukan memandangkan golongan ini yang bakal menjadi pemimpin pada masa hadapan. Skop pengurusan alam sekitar yang lebih meluas perlu meliputi keseluruhan sumber sedia bagi memastikan sumber digunakan secara optimum tanpa memberi tekanan kepada alam sekitar. Maka, rakyat perlu bersatu mengubah persepsi terhadap alam sekitar dengan menyuntik elemen anjakan paradigma bagi membawa perubahan kepada kesejateraan alam sekitar secara menyeluruh untuk generasi kini serta generasi akan datang.

RUJUKAN

Mohd Zuhdi Marsuki Dan Amer Saifude Ghazali. (2002). *Etika Alam Sekitar: Perspektif Islam, Timur dan Barat*, PTS Publications, Kuala Lumpur.

Malaysia, Jabatan Perangkaan Malaysia. (2013). *Kopendium Perangkaan Alam Sekitar 2013*. Putrajaya: Jabatan Perangkaan.

Rosmanizam Dali (2014, September 26). Indonesia-Malaysia bakal meterai perjanjian atasi jerebu. Astro Awani.com, Diambil pada Oktober 17, 2014 dari <http://www.astroawani.com/news/show/indonesia-malaysia-bakal-meterai-perjanjian-atasi-jerebu-44769>

Indah Water dikenal pasti antara punca utama pencemaran Batu Feringgi. Astro Awani.com, Diambil pada Oktober 20, 2014 dari <http://www.astroawani.com/news/show/iwk-dikenalpasti-antara-punca-utama-pencemaran-batu-ferringhi-31200>

Larangan pembakaran terbuka seluruh Selangor. 2014, March 11. *Berita Harian*. Diambil pada <http://www2.bharian.com.my/>

T K Letchumy Tamboo. (2013, Jun 23). Jerebu di Muar capai tahap kritikal dengan IPU 746. Astro Awani.com, Diambil pada Oktober 16, 2014 dari <http://www.astroawani.com/news/show/jerebu-di-muar-capai-tahap-kritikal-dengan-ipu-746-16950>

T K Letchumy Tamboo. (2013, Jun 23). Najib isytihar darurat di Muar dan Ledang. Astro Awani.com, Diambil pada Oktober 16, 2014 dari <http://www.astroawani.com/news/show/najib-isytihar-darurat-di-muar-dan-ledang-16954>

Muhammad Rizal Razman et al. (2009). Pemakaian undang-undang kecuiaan dalam pengurusan ekologi dan habitat manusia di Melaka, Malaysia. *Malaysian Journal of Environmental Management*, 10(2), 135-155

(2010, July 10). Isu-isu alam sekitar [Web log post]. Diambil pada Oktober 18, 2010 dari <http://agc-blog.agc.gov.my>

Jamilah Hj Ahmad et. al. (2011). Pengetahuan, sikap dan amalan masyarakat Malaysia terhadap isu alam sekitar. *Jornal Sains Kemasyarakatan dan Kemanusiaan*, 81(3), 103-115.

ISO 14040 (2006). Environmental Management – Life Cycle Assessment –Principles and Framework. International Organization of Standardization.

2

Masyarakat dan Alam Sekitar

Mohd Armi Abu Samah¹, Mohd Shukri Mohd Aris¹, Mohammad Roslan Mohammad² dan
Paiman Bawon³

¹ *Kuliah Sains, Universiti Islam Antarabangsa Malaysia, 25200 Kampus Kuantan, Pahang*

² *Fakulti Kejuruteraan, Universiti Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang Selangor*

³ *Pusat asasi Pertanian, Universiti Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang Selangor*

PENGENALAN

Ahli fikir Indonesia, Selo Sudarman menyatakan masyarakat membawa maksud satu kelompok manusia yang berada dalam suatu kelompok yang tinggal dalam lingkungan tertentu serta memperoleh hasil iaitu kebudayaan. Perkataan “alam sekitar” atau dalam bahasa Inggeris disebut “*environment*” membawa maksud keadaan sekeliling atau lingkungan. Oleh itu, berdasarkan kepada terjemahan literal, maka perkataan “alam sekitar” adalah menuju kepada apa sahaja yang melingkungi manusia. Bagaimanapun, secara khusus perkataan alam sekitar merujuk kepada fenomena fizikal sama ada biotik atau abiotik yang melingkungi suatu organisma. Fenomena fizikal ini termasuk juga fenomena yang berkaitan dengan iklim dan cuaca. (Mohd Zuhdi dan Amer, 2002). Menurut Zaini Ujang, (2000), alam sekitar ialah gabungan keadaan luaran atau eksternal yang mempengaruhi kehidupan setiap organisma. Keadaan luaran tersebut merangkumi unsur-unsur dan hubungan bukan hidupan atau abiotik. Alam sekitar juga mencakupi keadaan internal atau dalaman khususnya kimia dan biologi yang menjadi teras kepada kehidupan setiap tumbuhan atau haiwan serta manusia. Alam sekitar adalah suatu anugerah Tuhan yang amat bernilai kepada kesejahteraan kehidupan. Manusia banyak bergantung kepada sumber-sumber semulajadi yang terdapat di muka bumi ini. Bumi yang luas dijadikan tempat tinggal manusia, gunung-gunung sebagai pemasak bumi, tumbuh-tumbuhan sebagai sumber makanan dan ubatan kepada kehidupan, demikian juga dengan pelbagai jenis haiwan dan hidupan di lautan. Alam sekitar yang bebas daripada pencemaran memberikan kita suasana kehidupan yang selesa dan menyamankan.

CIRI / KONSEP

Sejak kebelakangan ini, isu mengenai alam sekitar sering diperkatakan dan merupakan salah satu isu yang serius sama ada dalam negara kita sendiri atau di seluruh dunia. Pencemaran alam sekitar berlaku di seluruh dunia terutamanya di bandar-bandar besar negara membangun atau negara-negara yang maju seperti Amerika Syarikat, China, dan sebagainya. Di Malaysia, terdapat beberapa unsur yang menyebabkan berlakunya pencemaran alam sekitar secara berleluasa. Menurut Kamus Dewan Bahasa dan Pustaka (2003), pencemaran adalah suatu perbuatan yang mencemarkan atau mengotorkan. Pengotoran alam atau perbuatan mencemarkan kebersihan alam sekeliling dengan sampah sarap. Berdasarkan hasil kajian Jabatan Alam Sekitar Malaysia, telah dibuktikan bahawa sebanyak 91% pencemaran air di negara kita berlaku disebabkan najis, sama ada najis haiwan ataupun najis manusia. Unsur-unsur lain yang menyebabkan pencemaran alam sekitar termasuk baja yang mempunyai unsur kimia dan najis haiwan yang digunakan secara kerap dan besar-besaran dalam sektor pertanian. Bahan-bahan ini mengandungi unsur-unsur galian terutamanya nitrat dan fosfat yang boleh menyebabkan pencemaran air. Selain itu, kawasan pembinaan dan kawasan perbandaran banyak menghasilkan kelodak dan bahan-bahan berbentuk pepejal seperti tanah dan bahan buangan, menyebabkan pencemaran akibat daripada hakisan tebing sungai (Yeo et al., 2010).

Antara punca lain yang menyebabkan pencemaran alam sekitar di Malaysia termasuk sisa buangan dan sisa toksik daripada kilang-kilang semasa proses pengeluaran, pemprosesan, dan pelbagai jenis pembangunan industri. Pencemaran boleh dibahagikan kepada dua jenis, iaitu pencemaran jangka pendek dan pencemaran jangka panjang. Pencemaran jangka pendek selalunya boleh terjadi dalam jangka masa yang singkat sahaja. Manakala pencemaran jangka panjang lebih memerlukan perhatian yang khusus kerana ia boleh member kesan yang besar kepada seluruh ekosistem melalui rantaian hidupan walaupun ia berada pada tahap yang rendah di negara ini (Yeo et al., 2010). Selain itu, pembalakan yang berleluasa juga turut memusnahkan habitat semulajadi ikan air tawar, aktiviti pembalakan haram juga akan turut memusnahkan kebanyakan habitat hutan yang seterusnya akan membawa kepada masalah-masalah lain seperti hakisan tanah, banjir, pemanasan sejagat dan sebagainya. Kita sepatutnya sedar bahawa habitat hutan sangat penting bukan sahaja kepada kita, malah juga kepada alam sekitar kita. Seperti yang kita sedia maklum, kewujudan tumbuh-tumbuhan adalah sangat penting terhadap alam sekitar yang mana ia sangat diperlukan bagi membolehkan penggunaan karbon dioksida oleh tumbuh-tumbuhan dan pengembalian oksigen untuk tujuan pernafasan

KEPENTINGAN MEMELIHARA ALAM SEKITAR

Sebenarnya kuasa untuk menyelamatkan alam sekitar kita adalah terletak di tangan kita sendiri. Bila-bila masa sahaja kita boleh katakan 'tidak' kepada pembasmian hutan dan juga persekitaran yang kotor. Sebagai contoh, kita mempunyai kuasa untuk mendesak para pemaju dan penjaja supaya mereka lebih 'mesra alam' dalam menjalankan kerja mereka. Kita sebagai individu juga mempunyai pilihan untuk tidak membeli rumah dalam kawasan ladang yang mana pemaju telah menebang semua pokok untuk tujuan pembukaan kawasan perumahan. Kita sepatutnya bertanya pada diri kita sendiri, mengapa perlu kita tinggal di kawasan persekitaran yang tidak selamat dan selesa? Hanya kita sendiri sahaja yang berhak untuk katakan 'tidak' ataupun 'ya' dalam memastikan kita hidup dalam suasana persekitaran yang bersih dan selesa.

Kegagalan untuk menjaga kebersihan alam sekitar juga boleh memberi kesan yang besar kepada sektor pelancongan di negara kita, misalnya ia akan membantutkan kegiatan-kegiatan pelancongan sama ada yang sedia ada ataupun yang bakal diterokai. Sebagai contoh, pada penghujung tahun lepas, pelabur telah menolak rancangan untuk membina hotel di Pantai Pasir Gemuruh berhampiran Teluk Kumbar, Pulau Pinang kerana kawasan tersebut telah diancam pencemaran. Kawasan tersebut yang dahulunya bersih dan cantik, kini telah dipenuhi dengan sampah sarap. Selain itu, masyarakat boleh melakukan penanaman pokok-pokok secara terancang dan teratur dari semasa ke semasa. Penanaman tumbuhan hijau bukan sahaja memberikan suasana persekitaran yang sejuk dan nyaman, malah berfungsi untuk menstabilkan suhu persekitaran. Penanaman pokok-pokok ini juga bertujuan mengurangkan kesan pemanasan global melalui penyerapan karbon dioksida. Akhirnya, pemanasan suhu global dapat dikawal dan akan dapat menstabilkan ekosistem persekitaran. Penjagaan sumber-sumber alam sekitar seperti pokok-pokok akan dapat membendung pelbagai masalah, sebagai contoh hutan mengawal hakisan tanah dan banjir. Sayur-sayuran juga boleh ditanam untuk sara diri dan juga menjaga kehijauan alam.

Bagi memastikan persekitaran kita selamat untuk didiami, masyarakat perlu mengambil berat dan memberi perhatian terhadap kebersihan di dalam dan juga di luar rumah mereka terlebih dahulu. Ini kerana menjaga kebersihan alam sekitar perlu bermula dari rumah. Setiap anggota masyarakat perlu mempunyai kesedaran yang tinggi dalam menjaga kebersihan, misalnya tidak sesuka hati membuang sampah ke dalam longkang dan sistem perparitan. Jika hal ini tidak dipraktikkan ia akan menyebabkan sistem saliran tersumbat dan akhirnya akan membawa kepada masalah-masalah lain seperti berlakunya banjir dan sebagainya. Alam sekitar yang bersih juga dapat mengelakkan pembiakan serangga yang mampu membawa penyakit. Persekitaran yang bersih menghalang haiwan seperti lalat, nyamuk dan tikus daripada membiak dan menyebarkan penyakit kepada manusia seperti malaria, demam denggi, taun dan

havar. Keadaan ini turut melindungi makanan kita daripada dicemari oleh vektor-vektor penyakit tersebut dan dengan itu, masalah keracunan makanan dapat dielakkan. Selain itu, kita juga memerlukan penguatkuasaan yang bersepadu dalam membanteras pembalakan haram. Ini kerana, pembalakan haram merupakan salah satu daripada kegiatan yang turut memusnah dan mencemar alam sekitar kita termasuk sungai dan juga laut. Daripada kerja pembalakan haram tersebut juga, ia akan turut membawa kepada musnahnya kebanyakan habitat semulajadi ikan air tawar yang sedia ada.

PERUNDANGAN

Kini kesedaran orang ramai tentang kemerosotan alam sekitar semakin meluas. Bagi tempat-tempat tertentu kemerosotan alam sekitar telah mencapai krisis dan boleh dianggap sebagai bencana. Sebagai contohnya, kebocoran loji nuclear di Chernoby, Ukraine (dulunya dalam kesatuan Soviet) telah merosakkan alam sekitarnya tanpa dapat diperbaiki dan masih menjadi ancaman kepada penduduk sekitar dan alam sekeliling (Eyu, 2011). Media massa sering membawa berita tentang aspek kemerosotan alam sekitar alam sekitar, dan tidak kurang juga orang perseorangan menyuarakan tentang keadaan alam sekitar itu dalam media tersebut. Antara perkara yang diberi perhatian termasuklah keadaan pencemaran di bandar-bandar besar, kesesakan lalu lintas, banjir kilat, pencemaran air, pencemaran udara, bunyi dan tanah tanih. Selain itu, penebangan hutan tak terkawal dan kepupusan pelbagai spesis flora dan fauna juga turut diberi perhatian. Di Malaysia, Jabatan Alam Sekitar (JAS) ditubuhkan pada tahun 1975 untuk menguatkuasakan Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974 dan diketuai oleh Ketua Pengarah Kualiti Alam Sekeliling yang mempunyai bidang kuasa tertentu dalam mentadbir pengurusan alam sekitar di bawah Akta tersebut. Jabatan ini merupakan salah satu agensi kerajaan di bawah Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar (kini Kementerian Sumber Asli dan Alam Sekitar).

Bidang kuasa JAS adalah terhad. Dalam hal-hal penentuan keputusan dan program, JAS tidak dan kurang berperanan. Ia cuma sebagai badan penasihat yang nasihatnya tidak semestinya akan diterima. Kementerian sendiri dalam usaha untuk memajukan penyelidikan sains misalnya penyelidikan dan kegunaan atom dari segi keputusan dan perancangannya tidak pun meminta dan mengambil kira pandangan JAS, sedangkan kedua-dua bahagian ini berada dalam Kementerian yang sama. Di sini jelas bahawa peranan JAS hanyalah kepada pelaksanaan peraturan alam sekitar yang tertentu sahaja, itu pun setelah berlakunya kerosakkan. Sekiranya dalam kementerian yang sama JAS tidak atau kurang mempunyai kuasa untuk menyertai proses membuat keputusan, maka apatah lagi dalam Kementerian lain atau jabatan-jabatan luar daripada kementerian ini (Eyu, 2011).

Di Malaysia, undang-undang alam sekitar telah wujud sejak tahun 1920 iaitu terbentuknya waters enactment 1920 yang bertujuan untuk mengawal sungai dan anak sungai daripada pencemaran. Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974 merupakan akta yang paling komprehensif berkenaan dengan pengurusan alam sekitar di Malaysia. Akta ini diwujudkan apabila pihak kerajaan berpendapat adalah perlu mewujudkan satu akta pengurusan alam sekitar yang komprehensif untuk merancang dan melaksanakan program berkenaan alam sekitar sebagai mana yang dinyatakan dalam Rancangan Malaysia Ketiga. Rancangan Malaysia Kelima juga meneruskan penekanan berkenaan alam sekitar. Antara perkara-perkara yang dinyatakan dalam Rancangan Malaysia Ketiga dan Kelima itu ialah berkenaan dengan penyenggaraan alam sekitar yang sihat dan bersih, mempertahankan kualiti alam sekitar, meminimumkan kesan ke atas alam sekitar walaupun terdapat pertambahan penduduk dan pentambahan aktiviti manusia, melaksanakan langkah mencegah lebih baik dari mengatasi dan menggalakkan kerjasama di antara kerajaan persekutuan dan kerajaan negeri berkenaan alam sekitar.

KESIMPULAN

Kewajipan menjaga kebersihan alam sekitar adalah terletak sepenuhnya di tangan kita. Sudah tiba masanya setiap anggota masyarakat membuang sikap 'tak apa' dalam diri masing-masing untuk melindungi dunia daripada melakukan pemusnahan terhadap alam sekitar secara berterusan. Ia merupakan tugas dan kewajipan akhlak kita di muka bumi ini untuk menjaga dan memelihara alam sekitar kita sebagaimana ia telah memberi pelbagai manfaat kepada kita berabad lamanya. Selain itu, kita juga memerlukan proses pembaikan dalam senario pemuliharaan di negara kita. Langkah yang berkesan perlu diambil dalam memastikan mesej yang jelas mengenai unsure-unsur pemuliharaan alam sekitar yang betul dapat disampaikan kepada setiap anggota masyarakat bagi menjamin kebersihan alam sekitar kita terus terpelihara. Setiap anggota masyarakat perlu sedar bahawa usaha pemuliharaan patut menjadi teras dalam diri masing-masing, kerana kesedaran dalam diri setiap individu adalah sangat penting. Jika semua anggota masyarakat bertanggungjawab dalam memainkan peranan masing-masing dan bekerjasama untuk menyelamatkan alam sekitar, pastinya alam sekitar kita akan dapat diselamatkan dan dipelihara sepenuhnya. Usaha penjagaan alam sekitar melibatkan semua pihak. Kita sebagai manusia yang hidup di muka bumi ini perlulah memainkan peranan yang penting di dalam menjaga dan memelihara alam sekitar. Sikap dan mentaliti dari dalam diri perlu disemai sejak bangku sekolah lagi. Oleh itu, semua masyarakat diharapkan lebih peka akan peranan dan tanggungjawab masing-masing demi menjaga kelestarian alam sekitar.

RUJUKAN

EYU G.S. 2011. Isu-isu Alam Sekitar. Portal Rasmi jabatan Peguam Negara. [Online]. Available at: http://www.agc.gov.my/index.php?option=com_content&view=article&id=1024:isu-isu-alam-sekitar&catid=71:admin%20agdanlang=en

Mohd Zuhdi Marsuki dan Amer Saifude Ghazali. (2002). *Etika Alam Sekitar: Perspektif Islam, Timur dan Barat*, PTS Publications, Kuala Lumpur.

Portal Rasmi Jabatan Peguam Negara Malaysia. 2012. Jabatan Alam Sekitar.[Online]. Available at:http://www.agc.gov.my/index.php?option=com_content&view=article&id=292&Itemid=257&lang=bn

Yeo Z.S.,Puti Lenggo,.and Jacky Chan. (2010). Peranan Masyarakat Dalam Menyelamatkan Alam Sekitar. [Online]. Available at: <http://bmpengurusankumpulan15.blogspot.com>

Zaini Ujang. (2000). *Pengenalan Pencemaran Udara*. Dewan Bahasa dan Pustaka. Cetakan ke-2. 244 ms

3

***Neptunia oleracea* sebagai Tumbuhan Fitopemulihan**

Sharifah Norkhadajah Syed Ismail ¹, Aini Syuhaida Abdul Wahab ¹, Sarva Mangala Praveena ¹, Suriyani Awang ²

¹*Jabatan Kesihatan Persekitaran dan Pekerjaan, Fakulti Perubatan dan Sains Kesihatan, Universiti Putra Malaysia, Serdang, Selangor, Malaysia*

²*Institut Hidraulik Kebangsaan Malaysia (NAHRIM), Seri Kembangan Selangor, Malaysia*

PENGENALAN

Fitopemulihan berasal dari perkataan *phyto* (Yunani) bermaksud "*plant*" dan perkataan *remedium* (Latin) bermaksud "*restoring balance*" atau "*remediating*". Ia menerangkan keupayaan tumbuhan untuk menghapuskan, mengubah atau menstabilkan bahan cemar di udara, air, sedimen, atau tanah (Yaapar et al., 2008). Penggunaan tumbuhan untuk menyingkirkan bahan pencemar adalah teknik yang efisien dan kos yang rendah dalam bioremediasi. Fitopemulihan adalah satu pendekatan yang sesuai untuk merawat pencemaran tanah, air dan udara dari bahan cemar seperti logam surih (*trace metal*) dan bahan-bahan organik. Ia adalah kaedah yang baru untuk pemulihan *in-situ*. Walau bagaimanapun, dalam menjadikan kaedah ini cekap dan efektif kos dalam skala komersial, terdapat beberapa batasan yang perlu diatasi. Tumbuh-tumbuhan yang sesuai dan ideal untuk fitopemulihan adalah tumbuhan yang mempunyai kadar pertumbuhan yang cepat, mempunyai biomass yang tinggi, mudah dituai, mempunyai sistem akar yang luas dan juga tahan kepada tekanan untuk menyerap pelbagai jenis logam berat (Xia dan Ma, 2005; Yang et al., 2005).

Tumbuhan tanah lembap mempunyai potensi yang besar dalam fitopemulihan. Tumbuhan ini boleh mengumpul logam berat sehingga kepekatan 100,000 kali lebih besar daripada habitat mereka ke dalam tisu (Mishra et al., 2008). Tumbuhan ini mengeluarkan logam dalam tiga jenis mekanisme; iaitu logam berat melekat pada dinding sel dan terhalang dari memasuki tisu tumbuhan (Yaapar et al., 2008); logam berat terkumpul di dalam akar dan translokasi kepada batang dan pucuk adalah terhad (Garbisu dan Alkorta, 2001); dan logam berat tertumpu di bahagian-bahagian tumbuhan seperti akar, batang atau daun

(hiperakumulasi) (Xia dan Ma, 2005). Hiperakumulatif dalam kapasiti tumbuhan tanah lembap bermanfaat dalam menyingkirkan logam berat (Mishra dan Tripathi, 2008).

Neptunia oleracea atau Kangkung Puteri adalah salah satu tumbuhan tanah lembap yang mempunyai keupayaan untuk mengeluarkan logam daripada air yang tercemar (Mishra dan Tripathi, 2008; Veschasit et al., 2012). Tumbuhan ini mudah tumbuh dan merebak dengan cepat di permukaan air serta mendapat sokongan apungan daripada tisu lembut berwarna putih di bahagian batang. Selain itu, tumbuhan ini terkenal kerana dimakan oleh manusia dan penggunaannya juga meliputi perubatan herba (Suppadit et al., 2008; Bhunia dan Mondal, 2012). Kajian yang dilakukan untuk melihat keupayaan dan toleransi tumbuhan ini untuk menyingkirkan logam berat di dalam air adalah terhad. Oleh itu, keselamatan tumbuhan ini untuk kegunaan manusia masih menjadi persoalan. Artikel ini memberikan gambaran keseluruhan tentang fitopemuliharaan (iaitu morfologi, ciri-ciri) Kangkung Puteri dan risiko kesihatan yang mungkin berkaitan dengan kegunaannya sebagai makanan kepada manusia. Jadual 1 menunjukkan senarai fitomakro yang biasa digunakan dalam fitopemuliharaan.

***Neptunia oleracea* (KANGKUNG PUTERI) SEBAGAI FITOPEMULIHAN**

Neptunia oleracea atau Kangkung Puteri tergolong dalam famili *Mimosaceae* (Rajah 1). Ia merupakan tumbuhan terapung tanah lembap yang biasanya tumbuh di tasik, kolam dan longkang. Tumbuhan ini juga dikenali sebagai tumbuhan yang sensitif di mana daunnya tertutup apabila disentuh, dan morfologinya sama dengan pokok semalu kecuali kehadiran span putih yang meliputi batang, tiada duri serta mempunyai bunga berwarna kuning. Ia mempunyai batang yang lembut dan membengkak. Batang berspan Kangkung Puteri membuatkan ia boleh terapung di atas air manakala daunnya sering sensitif terhadap sentuhan dan cahaya (Suppadit et al., 2008). Kangkung Puteri mempunyai nodul akar yang tenggelam di dalam air yang memberi ia keupayaan untuk mengawal nitrogen. Spesies ini tumbuh daripada biji benih, tetapi juga terhasil melalui keratan batang yang menghasilkan akar pada sendi mereka (Suppadit et al., 2008; Mench et al., 2010).

Jadual 2 menyenaraikan ringkasan penyelidikan yang berkaitan dengan Kangkung Puteri. Kangkung Puteri didapati boleh mengeluarkan pepejal yang larut didalam air, mengurangkan permintaan oksigen biologi (BOD) dan permintaan oksigen kimia (COD) dengan efisien (Vesachit et al., 2012). Vesachit et al., (2012) menunjukkan Kangkung Puteri mempunyai keupayaan untuk mengumpul logam berat seperti plumbum (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd) dan zink (Zn) dan merupakan pengumpul yang baik untuk Cd dan Cu. Kebanyakan logam berat didapati terkumpul di dalam akar dan di bahagian batang dan daun yang mempunyai kepekatan yang lebih rendah (Mishra dan Tripathi, 2008). Kangkung Puteri mengeluarkan bahan cemar melalui proses di akarnya (Mishra dan Tripathi, 2008; Mendez dan Maier,

2008). Prusty et al., (2007) Juga mendapati bahawa Kangkung Puteri mempunyai keupayaan untuk mengumpul mangan (Mn) dan kromium (Cr) (Mendez dan Maier, 2008). Suppadit et al., (2005) melaporkan Kangkung Puteri mempunyai keupayaan untuk merawat sisa di ladang udang harimau hitam. Petunjuk kualiti air dan biomass ditentukan selepas rawatan 30 hari dengan Kangkung Puteri menunjukkan jumlah jisim bio, BOD dan COD air di ladang berkurangan dari masa ke masa (Vesachit et al., 2012). Nur Hanie et al., (2012) menunjukkan Kangkung Puteri berguna sebagai penanda aras untuk ammonia dan bahan cemar fosfat (Rajkumar et al., 2010). Tumbuhan ini didapati hidup di perairan yang tercemar yang mempunyai nutrien yang berlebihan dengan kehadiran ammonia (NH₃), fosforus (P) dan nitrogen (N) (Rajkumar et al., 2010; Mendez dan Maier, 2008).

Pelbagai kajian sedang dijalankan untuk mengenal pasti spesies baru tumbuhan, terutamanya spesies tempatan, yang berguna dalam teknologi Fitopemulihan (Mench et al., 2010; Ge et al., 2011; Weerasinghe et al., 2008).

***Neptunia oleracea* (KANGKUNG PUTERI) SEBAGAI MAKANAN DAN TUMBUHAN PERUBATAN DAN RISIKO KEPADA KESIHATAN MANUSIA**

Kangkung Puteri adalah sumber tumbuhan yang baik untuk kalsium, vitamin A, vitamin C, dan niasin yang diperlukan untuk metabolisme nutrien di dalam tubuh manusia untuk penjanaan tenaga. Kangkung Puteri juga mengandungi beta-karotena dan fosforus dan tinggi dalam serat. Ia hadir sebagai tumbuhan liar atau ditanam, seperti sayur-sayuran dan juga digunakan untuk tujuan perubatan di seluruh Asia Tenggara, terutamanya di Thailand, Vietnam, Indochina, India, dan Malaysia. Kangkung Puteri biasanya dikumpulkan dan ditanam untuk pucuk muda, biasanya dimakan mentah, dimasak atau digoreng. Ia merupakan bahan yang digunakan dalam masakan Thai (Fernando, 2011; Wang et al., 2008).

Ekstrak Kangkung Puteri biasanya digunakan sebagai ubat luaran untuk nekrosis hidung dan langit keras (di bahagian atas hidung). Jus dari batang diperah ke dalam telinga untuk mengubati sakit telinga. Ekstrak Kangkung Puteri biasanya digunakan sebagai ubat untuk penyakit kuning, luka pada lidah, cirit-birit dengan pendarahan dan sawan epilepsi. Ia juga digunakan untuk merawat demam dengan menggosok akarnya pada badan bersama-sama dengan tepung beras. Tumbuhan ini dianggap sebagai tumbuhan *astringen* dan sejuk manakala akar digunakan untuk mengurangkan gejala pada peringkat sifilis yang tinggi. Serbuk dikenakan ke atas hidung untuk merawat ulser sifilis hidung sementara ekstrak diambil untuk merawat sifilis (Ge et al., 2011). Kangkung Puteri juga telah dilaporkan mempunyai ciri-ciri antimikrob dan antikanser (Suppadit et al., 2008; Bhunia dan Mondal, 2012).

Jadual 1: Senarai fitomakro yang biasa digunakan dalam fitopemulihan

No.	Tumbuhan	Wilayah Asal	Ringkasan	Rujukan
1.	Keladi bunting (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Berasal dari kawasan tropika dan sub-tropika Amerika Selatan	Baik untuk proses pengumpulan Cr, Zn, Pb dan Cu. Berpotensi untuk BOD dan penyingkiran COD sebanyak 28.4% dan 53,37% dan berpotensi untuk membuang As	Franca et al., (2012); Wang et al., (2002); Odjegba dan Fasidi, (2007); Mishra dan Tripathi, (2008)
2.	Kangkung (<i>Ipomea aquatica</i>)	Kawasan tropika dan subtropika	Mengumpul Cd, Cu, Pb, As dalam akar, batang dan pucuk. Menyingkirkan Cr (VI) sebanyak 75%. Mengumpul kepekatan Cr (III) yang tinggi dengan bantuan EDTA dan Cl-	Veschait et al., (2012); Weerasinghe et al., (2008); Chen et al., (2010).
3.	<i>Smartweed</i> (<i>Polygonum hydropiperoides</i>)	Great Britain dan Ireland, jarang di Scotland; Eropah, Asia Rusia ke kawasan Artik.	Mengumpul Cu dan Pb. Sesuai di tapak pertanian sebagai bukti untuk mencapai kadar depurasi air sebanyak 74% untuk N dan 81% bagi P.	Qian et al., (1999); Martins et al., (2010); Ghosh dan Singh, (2005).
4.	<i>Common Duckweed</i> / <i>Lesser Duckweed</i> (<i>Lemna minor</i>)	Kawasan sederhana kecuali Asia timur dan Australia	Mengumpul sehingga 1800 mg / kg Cd (<i>hyperaccumulator</i>), mengumpul Pb tetapi dalam kepekatan yang rendah, mengumpul Cu dan Cd tetapi memberikan kesan ketoksikan kepada tumbuhan. Tidak sesuai untuk fitopemulihan daripada pencemaran Ni ²⁺ dari air sisa.	Bianconi, (2013); Appenroth et al., (2010); Hou et al., (2007).
5.	Flag Stem Merah (<i>Thalia geniculata</i>)	Chontalpa, kawasan di negeri Mexico Tabasco; sebahagian dari Amerika Syarikat	Mengumpul Zn, Hg, dan N dalam kepekatan yang tinggi dan kadar pemulihan N dan P menghalang pertumbuhan alga melalui <i>allelopathy</i> .	Anning et al., (2013); Polomski et al., (2008); Han et al., (2013).
6.	Rumpai air (<i>Hydrilla verticillata</i>)	Air sejuk dan panas di Asia, Eropah, Afrika dan Australia, Eropah, Ireland, Great Britain, Jerman dan Amerika, dan di Baltik, Australia	Pengumpul Cd dan Cu yang baik. Dapat mengumpul As. Meningkatkan keupayaan untuk mengumpul dengan bantuan S (<i>thiol</i> mekanisme).	Srivastava et al., (2007); Bunluesin et al., (2004); Xue et al., (2010); Srivastava dan D'Souza, (2009).
7.	Kiambang (<i>Pistia stratiotes</i>)	Mungkin pantropical; Afrika	Kadar pemulihan N dan P yang tinggi dan pengumpul Cd yang baik.	Bunluesin et al., (2004); Polomski et al., (2009); Lu et al., (2010).

8.	Daun velvet kuning (<i>Limnocharis flava</i>)	Asia Tenggara	Menunjukkan potensi untuk menyerap Hg. Menyingkirkan Cd dalam air tercemar yang mengandung Cd yang rendah. Pb boleh terkumpul didalam daun, batang dan akar.	Anning et al., (2013); Rachmadiarti et al., (2012).
9.	<i>Cattail</i> berdaun lebar (<i>Typha latifolia</i>)	Amerika Utara dan Selatan, Eropah, Eurasia, Afrika, Kanada, Indonesia, Malaysia, New Zealand, Papua New Guinea, Filipina	Prospek tinggi untuk menyerap Hg. Mengumpul Cu dan Cd dalam pucuk dan akar. Cekap dalam menyingkirkan Cu dan Cd.	Anning et al., (2013); Sukumaran, (2013); Fediuc dan Erdei, (2002).
10.	Buluh biasa (<i>Phragmite australis</i>)	Kawasan beriklim sederhana dan tropika di dunia	Mampu membuang Cu dari air sisa. Dapat memindahkan Cr dan Ni ke bahagian atas tumbuhan. Potensi tinggi untuk detoksifikasi Cd.	Bragato et al., (2006); Ederli et al., (2004).
11.	Baldu air (<i>Azolla pinnata</i>)	Afrika, China, Jepun, India, Filipina, bahagian Australia	Menyerap Cd, Hg, As dengan baik	Bunluesin et al., (2004); Rai, (2008); Mahmud et al., (2008).
12.	Kangkung Puteri (<i>Neptunia oleracea</i>)	India dan Asia Selatan; Afrika mungkin tropika; Timur laut Brazil; Amerika Selatan	Menyerap Cd, Cu, Pb, Zn, Mn dengan baik, serta berpotensi untuk mengurangkan BOD dan COD.	Veschait et al., (2012); Suppadit et al., (2008); Suppadit et al., (2005); Nur Hanie, (2012); Prusty et al., (2007).

Jadual 2: Senarai kajian yang berkaitan dengan Kangkung Puteri dalam rawatan alam sekitar

No.	Tajuk	Ringkasan	Rujukan
1.	Analisis sistematik (morfologi, anatomi dan palynology) daripada tumbuhan akuatik perubatan Kangkung Puteri (<i>Neptunia oleracea</i> Lour.) Di Timur India	Morfologi, anatomi dan <i>palynology</i> <i>Neptunia oleracea</i>	Bhunia dan Mondal, (2012)
2.	Pencemaran Logam Berat dalam Air dan Tumbuhan Akuatik dalam Sungai Tha Chin, Thailand	Menyerap Pb, Cu, Cd dan Zn. Kebanyakan logam berat dikesan di akar dan sedikit di bahagian atas tanah (batang dan daun)	Veschasit et al., (2012).
3.	Kajian mengenai spesis tumbuhan akuatik (<i>Salvinianatans</i> , <i>Neptunia oleracea</i> dan <i>Hydrilla verticillata</i>) sebagai <i>phytoindicator</i> untuk nutrien	<i>Phytoindicator</i> berguna untuk nutrien (NH ₃ dan P) bahan cemar dalam air tawar.	Nur Hanie, (2012).
4.	Pengaruh urea dan pertanian baja kompos sebagai sumber N pada simbiotik antara <i>Rhizobium leguminosarum</i> (MTTC 10096)	<i>Phytoindicator</i> untuk kadar N yang tinggi	Sagolshemcha et al., (2011).
5.	Keberkesanan Kangkung Puteri (<i>Neptuniaoleracea</i> Lour) Dalam Rawatan Air Sisa di Kilang Penyulingan	Kecekapan penyingkiran pepejal larut, BOD dan COD	Suppadit et al., (2008).
6.	Alkali dan Peralihan Logam dalam Fitomakro Sistem Tanah Lembap.	Mengumpul Cu, Cr, Mn, Zn	Prusty et al., (2007).
7.	Rawatan efluen dari ladang udang dengan menggunakan Kangkung Puteri (<i>Neptunia oleracea</i> Lour)	Mempunyai potensi untuk merawat sisa dari ladang udang harimau hitam.	Suppadit et al., (2005).



Rajah. 1: Kangkung Puteri

(Sumber: http://www.biodiversityexplorer.org/plants/fabaceae/neptunia_oleracea.htm)

TUMBUHAN DALAM FITOPEMULIHAN

Terdapat kira-kira 500 tumbuh-tumbuhan hiper-akumulator yang telah dikenal pasti dalam persekitaran yang berbeza di seluruh dunia termasuk tumbuhan darat dan akuatik (Ge et al., 2011). Tumbuhan akuatik atau biasanya dipanggil fitomakro seperti keladi bunting, *duckweed*, salad air, kangkung, dan baldu air telah digunakan secara meluas di tanah lembap semula jadi dan digunakan untuk rawatan air (Jadual 2). Tumbuhan ini mempunyai keupayaan yang berbeza untuk mengumpul logam, bergantung kepada ciri-ciri tertentu.

Salah satu daripada tumbuh-tumbuhan tanah lembap yang biasa digunakan sebagai fitopemulihan adalah keladi bunting. Keladi bunting mempunyai keupayaan untuk mengumpul Cr, Zn, Pb dan Cu di dalam air (Massa et al., 2010; Agunbiade et al., 2009; Franca et al., 2012; Wang et al., 2002; Odjegba dan Fasidi, 2007). Satu lagi jenis tumbuhan ialah kangkung di mana ia boleh mengumpul Cd, Cu dan Pb dalam batang, daun dan akarnya (Mishra dan Tripathi, 2008; Mishra dan Tripathi, 2009; Weerasinghe et al., 2008). *Duckweed* yang biasanya dijumpai di kawasan beriklim sederhana kecuali di Asia timur dan Australia adalah tumbuhan hiperakumulator untuk Cd (Mishra dan Tripathi, 2009 ; Chen et al., 2010; Bianconi, 2013; Appenroth et al., 2010; Hou et al., 2007; Qian et al., 1999; Martins et al., 2010). Martins et al., (2010) melaporkan, *smartweed* yang biasa ditanam di air cetek atau tanah lembap juga baik dalam mengumpulkan Cu dan Pb (Gosh dan Singh, 2005). Tumbuhan lain seperti rumpai air, salad air dan daun velvet kuning juga merupakan hiperakumulator bagi Cd. Di samping itu, pokok bendera batang merah, daun velvet kuning, *cattail* berdaun lebar telah menunjukkan potensi sebagai hiperakumulatr bagi Hg (Martins et al., 2010).

Negara-negara seperti Thailand dan Vietnam telah menggunakan tumbuhan akuatik secara komersial seperti Kangkung Puteri dalam rawatan air mereka. Pada masa yang sama, Kangkung Puteri adalah spesies penting dari segi ekonomi di Thailand dan Vietnam, di mana ia dibiak dalam kolam dan dituai sebagai sayur-sayuran (Phuong dan Tuan, 2005). Satu kajian oleh Kementerian Alam Sekitar Kemboja menganggarkan 20% daripada jumlah penggunaan sayur-sayuran harian Phnom Penh ini berasal dari sayur-sayuran air dari tasik air sisa. Semasa penuaian tumbuhan ini dari tasik air sisa, wanita dan kanak-kanak akan terdedah kepada air sisa dan ini boleh menyebabkan mereka mendapat risiko masalah kulit seperti dermatitis pada tangan dan kaki (ekzema) (Hoek et al., 2005; Anh et al., 2007). Seperti yang dinyatakan oleh Hoek, walaupun tumbuhan ini berpotensi sebagai kaedah untuk merawat air sisa, risiko kesihatan dari sayur-sayuran akuatik ini sebagai makanan harian adalah tidak jelas dan risiko itu pasti ada. Penilaian risiko perlu mengambil kira risiko yang mungkin terjadi dalam proses pemulihan itu sendiri (Hoek et al., 2005).

Di Thailand dan Vietnam, Kangkung Puteri dikenal pasti boleh menyebabkan gejala Fasciolopsiasis seperti ulser, pendarahan dan dinding usus bernanah, cirit-birit, dan akhirnya boleh menyebabkan kematian. *Fasciolopsisbuski* lazimnya dijumpai dalam persekitaran akuatik di mana tumbuh-tumbuhan akuatik membesar dan merupakan masalah biasa di negara-negara ini. Apabila ia dimakan oleh manusia, *Fasciolopsisbuski* peringkat dewasa akan melekat di usus kecil dan akan berkekal di situ sehingga ia mati atau dikeluarkan. Tumbuhan akuatik lain seperti *Ipomoea aquatica* (kangkung), *Trapa bicornis* (chestnut air), dan *Eichhornia speciosa* (keladi bunting) juga boleh menyebarkan *Fasciolopsisbuski* ini (Le Nguyen et al., 2004).

Di samping itu, penggunaan sayur-sayuran yang tercemar secara berpanjangan boleh membawa kepada pengumpulan berterusan logam toksik dalam organ manusia seperti hati dan buah pinggang. Ini akan menyebabkan gangguan proses biokimia dalam organ dan boleh menyebabkan loya, sakit perut, kegagalan fungsi sistem saraf, masalah jantung dan anemia (Adal dan Wiener, 2013; Mahmood dan Malik, 2014).

KESIMPULAN

Kesimpulannya, kajian berkenaan *N. oleracea* atau Kangkung Puteri sebagai tumbuhan fitopemulihan masih terhad. Walaupun kajian melibatkan tumbuhan ini adalah terhad namun tumbuhan ini mempunyai potensi untuk digunakan sebagai fitopemulihan dan jurang pengetahuan yang terhad ini adalah penting untuk diterokai. Kajian penyelidikan yang lebih mendalam diperlukan untuk menentukan proses pengambilan logam oleh tumbuhan ini dan risikonya kepada manusia jika ia dimakan sebagai tumbuhan ulaman. Walaupun tumbuhan fitopemulihan ini boleh digunakan secara meluas sebagai kaedah membersihkan bahan cemar dan ubat, namun risiko Kangkung Puteri untuk manusia adalah tidak jelas dan mungkin tidak selamat untuk kegunaan manusia.

RUJUKAN

Yaapar, M.N.B., I.N.B. Masri, N.B. Baharom, Y.J. Shyi, H.B.M. Ali, Phytoremediation, (2008). Biology. <http://www.biologyonline.org/articles/phytoremediation-a-lecture.html> (Accessed October 3 2013)

Garbisu, C. and I. Alkorta. (2001) Phytoextraction: A cost effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. *Biores Technol.*, 77(3), 229-236.

Xia, H. and X. Ma, (2005). Phytoremediation of ethion by water hyacinth (*Eichhorniacrassipes*) from water. *Journal of Bioresource Technology*, 97, 1050-1054.

Yang, X.J., Y. Fenga, Z. Hea, P.J. Stoffella, (2005). REVIEW Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18, 339-35.

- Mishra, V.K., A.R. Upadhyaya, S.K. Pandey, B.D. Tripathi, (2008). Heavy metal pollution induced due to coal mining effluent on surrounding aquatic ecosystem and its management through naturally occurring aquatic macrophytes. *Bioresource Technology*, 99, 930-936.
- Mishra, V.K. and B.D. Tripathi, (2008). Concurrent removal and accumulation of heavy metals by the three aquatic macrophytes. *Bioresource Technology*, 99, 7091-7097.
- Veschasit, O., S. Meksumpun, C. Meksumpun, (2012). Heavy Metals Contamination in Water and Aquatic Plants in the Tha Chin River, Thailand. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, 46, 931-943.
- Suppadit, T., W. Phoonchinda, W. Thummaprasit, (2008). Efficacy of Water Mimosa (*Neptuniaoleracea*Lour.) in the Treatment of Wastewater from Distillery Slops. *Philippine Agricultural Scientist*, 91, 61-68.
- Bhunja, D. and A.K. Mondal, (2012). Systematic analysis (morphology, anatomy and palynology) of an aquatic medicinal plant water mimosa (*Neptuniaoleracea*lour.) in Eastern India. *International Journal Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*, 1(2), 290-319.
- Nakamura, Y., A. Murakami, K. Koshimizu, H. Ohigashi, (1996). Identification of pheophorbide and its related compounds as possible anti-tumor promoters in the leaves of *Neptuniaoleracea*. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 60(6), 1028-30.
- Schnoor, J.L., L.A. Licht, S.C. McCutcheon, N.L. Wolfe, L.H. Carreira, (1995). Phytoremediation of organic and nutrient contaminants. *Environmental Science Technology*, 29, 318-323.
- Salt, D.E., R.D. Smith, I. Raskin, (1998). Phytoremediation. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49, 643-668.
- Agamuthu, O.P., A. Abioye, A. Aziz,(2010). Phytoremediation of soil contaminated with used lubricating oil using *Jatropha curcas* P. *Journal of Hazardous Materials*, 179, 891-894.
- Thayaparan, M., S.S. Iqbal, P.K.D. Chathuranga, M.C.M. Iqbal, (2013). Rhizofiltration of Pb by *Azollapinnata*. *International Journal of Environmental Sciences*, 3(6).
- US EPA. (2000). A citizen's guide to phytoremediation, Technology Innovation Office, Washington, D.C.
- Evangelou, M.W., M. Ebel, A. Schaeffer, (2007). Chelate assisted phytoextraction of heavy metals from soil. Effect, mechanism, toxicity, and fate of chelating agents. *Chemosphere*, 68(6), 989-1003.
- Rajkumar, M., N. Ae, M.N.V. Prasad, H. Freitas, (2010). Potential of siderophore-producing bacteria for improving heavy metal phytoextraction. *Trends in Biotechnology*, 28(3), 142-149.
- Mendez, M.O. and R.M. Maier, (2008). Phytostabilization of mine tailings in arid and semiarid environments—an emerging remediation technology. *Environmental Health Perspectives*, 116(3), 278.
- Mench, M., J. Vangronsveld, H. Clijsters, N.W. Lepp, R. Edwards, (2010). 18 In Situ Metal Immobilization and Phytostabilization of Contaminated Soils. *Phytoremediation of contaminated soil and water*, 323.

- Bolan, N.S., J.H. Park, B. Robinson, R. Naidu, K.Y. Huh, (2011). Phytostabilization: A Green Approach to Contaminant Containment. *Advances in Agronomy*, 112, 145.
- Fernando, P.U., (2011). Modelling of growth cycle of water hyacinth: an application to Bolgoda Lake.
- Wang, X., N. Wu, J. Guo, X. Chu, J. Tian, B. Yao, Y. Fan, (2008). Phytodegradation of organophosphorus compounds by transgenic plants expressing a bacterial organophosphorus hydrolase. *Biochemical and biophysical research communications*, 365(3), 453-458.
- Khandare, R.V., A.D. Watharkar, A.N. Kabra, M.S. Kachole, S.P. Govindwar, (2013). Development of a low-cost, phyto-tunnel system using *Portulacagrandiflora* and its application for the treatment of dye-containing wastewaters. *Biotechnology letters*, 1-9
- Ge, Y., C. Zhang, Y. Jiang, C. Yue, Q. Jiang, H. Min, J. Chang, (2011). Soil microbial abundances and enzyme activities in different rhizospheres in an integrated vertical flow constructed wetland. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 39(3), 206-211.
- Massa, N., F. Andreucci, M. Poli, M. Aceto, R. Barbato, G. Berta, (2010). Screening for heavy metal accumulators amongst autochthonous plants in a polluted site in Italy. *Ecotoxicology Environment Safety*, 73, 1988-1997.
- Agunbiade, F.O., B.I. Olu-Owolabi, K.O. Adebowale, (2009). Phytoremediation potential of *Eichhorniacrassipes* in metal-contaminated coastal water. *Bioresource Technology*, 100(19), 4521-4526.
- França, J.B. de A.; I.R. Teixeira, A.A. Ferreira, N.S. Avelino, 2012. Efficiency of macrophytes *Eichhorniacrassipes* (Mart.) Solms. (water hyacinth) and *Pistiastratiotes* L. (water lettuce), grown in different materials in the wastewater treatment sanitary. *Engenharia Agrícola*, 20(6), 554-563
- Wang, Q., Y. Cui, Y. Dong, (2002). Phytoremediation of Polluted Waters Potentials and Prospects of Wetland Plants. *Acta Biotechnologica*, 22(1,2), 199-208.
- Odjegba, V.J. and I.O. Fasidi, (2007). Phytoremediation of heavy metals by *Eichhorniacrassipes*. *The Environmentalist*, 27(3), 349-355.
- Mishra, V.K. and B.D. Tripathi, (2009). Accumulation of chromium and zinc from aqueous solutions using water hyacinth (*Eichhorniacrassipes*). *Journal of Hazardous Materials*, 164(2–3), 1059-1063.
- Weerasinghe, A., S. Ariyawansa, R. Weerasooriya, (2008). Phyto-remediation potential of *Ipomoea aquatica* for Cr(VI) mitigation. *Chemosphere*, 70(3), 521-524.
- Chen, J.C., K.S. Wang, H. Chen, C.Y. Lu, L.C. Huang, H.C. Li, T.H. Peng, S.H. Chang, (2010). Phytoremediation of Cr(III) by *Ipomoea aquatica* (water spinach) from water in the presence of EDTA and chloride: Effects of Cr speciation. *Bioresource Technology*, 101(9), 3033-3039.
- Bianconi, D., (2013). Uptake of Cadmium by *Lemna minor*, a hyper accumulator plant involved in phytoremediation applications. E3S Web of Conferences 1 13002. Pietrini, F.; Massacci, A.; Iannelli, M. A:

Appenroth, K.J., K. Krech, A. Keresztes, W. Fischer, H. Koloczek, (2010). Effects of nickel on the chloroplasts of the duckweeds *Spirodela polyrrhiza* and *Lemna minor* and their possible use in biomonitoring and phytoremediation. *Chemosphere*, 78(3), 216-223.

Hou, W., X. Chen, G. Song, Q. Wang, C.C. Chang, (2007). Effects of copper and cadmium on heavy metal polluted waterbody restoration by duckweed (*Lemna minor*). *Plant Physiology and Biochemistry*, 45(1), 62-69.

Qian, J.H., A. Zayed, Y.L. Zhu, M. Yu, N. Terry, (1999). Phytoaccumulation of Trace Elements by Wetland Plants: III. Uptake and Accumulation of Ten Trace Elements by Twelve Plant Species, 28(5), 1448-1455.

Martins, A.P.L., C.B. Reissmann, M.R.T. Boeger, E.B. De Oliveira, N. Favaretto, 2010. Efficiency of *Polygonumhydropiperoides* for Phytoremediation of Fish Pond Effluents Enriched with N and P. *Journal of Aquatic Plant Management*, 48: 116-120.

Ghosh, M. and S.P. Singh, 2005. A Review on Phytoremediation of Heavy Metals and Utilization of It's by Products. *As. Journal of Energy Environment*, 6(4): 214-231.

Martins, A.P.L., C.B. Reissmann, M.R.T. Boeger, E.B. De Oliveira, N. Favaretto, 2010. Efficiency of *Polygonumhydropiperoides* for Phytoremediation of Fish Pond Effluents Enriched with N and P. *Journal of Aquatic Plant Management*, 48: 116-120.

Anning, A.K., P.E. Korsah, P. Addo-Fordjour, 2013. Phytoremediation of wastewater with *Limncharis flava*, *Thaliageniculata* and *Typhalatifolia* in constructed wetlands. *International Journal of Phytoremediation*, 15: 452-464.

Polomski, R.F., D.G. Bielenberg, T. Whitwell, M.D. Taylor, W.C. Bridges, S.J. Klaine, (2008). Differential Nitrogen and Phosphorus Recovery by Five Aquatic Garden Species in Laboratory-scale Subsurface-constructed Wetlands. *HortScience*, 43(3), 868-874.

Han, P., K. Vijayaraghavan, S. Reuben, E.S. Estrada, U.M. Joshi, (2013). Reduction of nutrient contaminants into shallow eutrophic waters through vegetated treatment beds. *Water Science dan Technology*, 68(6), 1280-1287.

Srivastava, S., S. Mishra, R.D. Tripathi, S. Dwivedi, P.K. Trivedi, P.K. Tandon, (2007). Phytochelatin and Antioxidant Systems Respond Differentially during Arsenite and Arsenate Stress in *Hydrillaverticillata* (L.f.) Royle. *Environmental Science and Technology*, 41(8), 2930-2936.

Bunluesin, S., M. Kruatrachue, P. Pokethitiyook, G.R. Lanza, E.S. Upatham, V. Soonthornsarathool, (2004). Plant Screening and Comparison of *Ceratophyllum demersum* and *Hydrillaverticillata* for Cadmium Accumulation. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 73, 591-598.

Xue, P.Y., G.X. Li, W.J. Liu, C.Z. Yan, (2010). Copper uptake and translocation in a submerged aquatic plant *Hydrillaverticillata* (L.f.) Royle. *Chemosphere*, 81(9), 1098-1103.

Srivastava, S. and S.F. D'Souza, (2009). Increasing Sulfur Supply Enhances Tolerance to Arsenic and its Accumulation in *Hydrillaverticillata*(L.f.) Royle. *Environmental Science and Technology*, 43(16), 6308-6313.

Polomski, R.F., M.D. Taylor, D.G. Bielenberg, W.C. Bridges, S.J. Klaine, T. Whitwell, (2009). Nitrogen and Phosphorus Remediation by Three Floating Aquatic Macrophytes in

Greenhouse-Based Laboratory-Scale Subsurface Constructed Wetlands. *Water, Air, and Soil Pollution*, 197(1-4),: 223-232.

Lu, Q., Z.L. He, D.A. Graetz, P.J. Stoffella, X. Yang, (2010). Phytoremediation to remove nutrients and improve eutrophic stormwaters using water lettuce (*Pistiastratiotes* L.). *Environmental Science and Pollution Research*, 17(1), 84-96.

Rachmadiarti, F., L.A. Soehono, W.H. Utomo, B. Yanuwiyadi, H. Fallowfield, (2012). Resistance of Yellow Velvetleaf (*Limnocharisflava* (L.) Buch.) Exposed to Lead. *Journal Application Environment and Biological Science*, 2(6), 210-215.

Sukumaran, D., (2013). Phytoremediation of Heavy Metals from Industrial Effluent Using Constructed Wetland Technology. *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 1(5), 92-97.

Fediuc, E. and L. Erdei, (2002). Physiological and biochemical aspects of cadmium toxicity and protective mechanisms induced in *Phragmitesaustralis* and *Typhalatifolia*. *Journal of Plant Physiology*, 159(3), 265-271.

Bragato, C., H. Brix, M. Malagoli, (2006). Accumulation of nutrients and heavy metals in *Phragmitesaustralis* (Cav.) Trin. exSteudel and *Bolboschoenusmaritimus* (L.) Palla in a constructed wetland of the Venice lagoon watershed. *Environmental Pollution*, 144(3), 967-975.

Ederli, L., L. Reale, F. Ferranti, S. Pasqualini, (2004). Responses induced by high concentration of cadmium in *Phragmitesaustralis* roots. *PhysiologiaPlantarum*, 121(1), 66-74.

Rai, P.K., 2008. Technical Note: Phytoremediation of Hg and Cd from Industrial Effluents using an Aquatic Free Floating Macrophyte *AzollaPinnata*. *International Journal of Phytoremediation*, 10(5).

Mahmud, R., I. Naoto, K. Shin-ya, S. Riffat, (2008). Assessment of Potential Indigenous Plant Species for the Phytoremediation of Arsenic-Contaminated Areas of Bangladesh. *International Journal of Phytoremediation*, 10(2).

Suppadit, T., W. Phoochinda, P. Bunsirichai, (2005). Treatment of effluent from shrimp farm by using water mimosa (*Neptuniaoleracea lour*). *Journal of International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*, 11(2), 1-11.

Nur Hanie, M.L., (2012). Study on aquatic plant species (*Salvinianatans*, *Neptuniaoleracea* and *Hydrillaverticillata*) as phytoindicator for nutrient excess, Proceedings of 1st International Conference on Innovation and Technology for Sustainable Built Environment 2012 (ICITSBE 2012), April 16-17, 2012; RuhulIzzati, S.; WanNaimatulAsiah, W. M.; Rashidi, O., Sri Iskandar, Perak, 2012

Prusty, B.A.K., P.A. Azeez, E.P. Jagadeesh, (2007). Alkali and Transition Metals in Macrophytes of a Wetland System. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*.

Sagolshemcha, G., M. Thokchom, N.I. Singh, (2011). Influence of urea and farmyard manure compost as N source on symbiotic association between *Rhizobium leguminosarum* (MTTC 10096)—*Neptuniaprostrata* (Lam.) Baill. *Symbiosis*, 54(2), 101-105.

James, E.K., M. Loureiro, F. de, A. Pott, V.J. Pott, C.M. Martins, A.A. Franco, J.I Sprent, (2011). Flooding-Tolerant Legume Symbioses from the Brazilian Pantanal. *New Phytologist*, 150, 723-738.

Paisooksantivatana, Y., (2013). *Neptuniaoleracea*Loureiron [Online], 1993, Record from Proseabase. Siemonsma, J.S. and Piluek, K. (Editors). PROSEA (Plant Resources of South-East Asia) Foundation, Bogor, Indonesia. <http://www.proseanet.org>.

Van, M.P. and N. Pauw, (2011). Wastewater-based urban aquaculture systems in Ho Chi Minh City, Vietnam. In *Urban aquaculture*, ed. Costa-Pierce, B., Desbonnet, A., Edwards, P., Baker, D., (pp. 77-102). UK: CABI Publishing. (2005).

Bhoomannavar, V. S.; Shivakumar, S. I.; Hallikeri, C. S.; Hatapakki, B. C. Hepatoprotective activity of leaves of *Neptunia Oleracea* in Carbon tetrachloride induced rats. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2(2), 309-314.

Phuong, N.T.D. and P.A. Tuan, (2005). Current status of peri-urban aquatic production in Hanoi. *Urban Agriculture Magazine*, 14, 10-12.

Hoek, W.V.D., V.T. Anh, P.D. Cam, C. Vicheth, A. Dalsgaard, (2005). Skin diseases among people using urban wastewater in Phnom Penh. *Urban Agricultural Magazine*, 4, 30-31.

Anh, V.T., W.V.D. Hoek, A.K. Ersbøll, N.V. Thuong, N.D. Tuan, P.D. Cam, A. Dalsgaard, (2007). Dermatitis among farmers engaged in peri-urban aquatic food production in Hanoi, Vietnam. *Tropical Medicine and International Health*, 12(2), 59-65.

Adal, A., S.W. Wiener, (2013). Medscape. Heavy Metal Toxicity. <http://emedicine.medscape.com/article/814960-overview>. Accessed on 10 January 2014.

Mahmood, A. and R.N. Malik, (2014). Human health risk assessment of heavy metals via consumption of contaminated vegetables collected from different irrigation sources in Lahore, Pakistan. *Arabian Journal of Chemistry*, 7(1), 91-99.

Le Nguyen, T.V., B. Phan, D. Blair, D. McManus, (2004). Case report: unusual presentation of Fasciolopsisbuski in a Viet Nameese child. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 98(3), 193-194.

4

Penyerapan Logam Berat oleh Kangkung Puteri (*Neptunia oleracia*) dan Risiko Keselamatan Makanan

Sharifah Norkhadijah Syed Ismail¹, Aini Syuhaida Abdul Wahab¹, Sarva Mangala Praveena¹,
Suriyani Awang²

¹*Jabatan Kesihatan Persekitaran dan Pekerjaan, Fakulti Perubatan dan Sains Kesihatan,
Universiti Putra Malaysia, Serdang, Selangor, Malaysia*

²*Institut Hidraulik Kebangsaan Malaysia (NAHRIM), Seri Kembangan Selangor, Malaysia*

PENGENALAN

Pencemaran logam berat telah dikaji dan dilaporkan di seluruh dunia (Agtas et al., 2007). Bioakumulasi dan ketoksikannya membolehkan kita untuk mengklasifikasikannya sebagai pencemar. Logam berat adalah unsur tidak boleh diktir dan wujud secara kekal dalam ekosistem (Shukor et al., 2006). Pengumpulan logam ini serta unsur-unsur lain yang kekal dalam alam sekitar adalah berkaitan dengan pelbagai aktiviti manusia seperti pembakaran bahan api fosil, perindustrian yang pesat, perlombongan dan peleburan, kandungan enapcemar kumbahan, penggunaan baja kimia serta racun serangga dan racun rumpai. Setiap logam berat boleh memberi kesan bahaya yang berbeza sehingga boleh berpotensi memberi risiko kepada kesihatan manusia. Penyakit yang disebabkan oleh logam berat hampir tidak dapat dirawat disebabkan oleh kesan yang tidak boleh diundur kembali terhadap sistem biologi manusia kerana ia boleh berkumpul di dalam tisu-tisu badan. Pencemaran logam berat yang berlaku kepada ekosistem kita adalah satu amaran kepada manusia tentang kepentingan untuk mencegah pencemaran logam dari berterusan (Dabeka et al., 1993; Roychowdhury et al., 2003; Alam et al., 2003; Das et al., 2004).

Penggunaan teknologi yang sesuai dalam industri rawatan air diperlukan untuk menyelesaikan masalah pencemaran air. Pada masa ini, teknologi rawatan air tercemar seperti pemendakan kimia, pertukaran ion, osmosis terbalik (*reverse osmosis*) dan kaedah penyejatan memerlukan peralatan yang canggih, kakitangan yang mahir dan kos yang tinggi. Oleh itu, penggunaan sistem biologi seperti fitopemulihan adalah kaedah baru yang bertujuan menghapuskan logam berat kerana mudah, murah dan selamat untuk alam sekitar.

Penggunaan tumbuhan untuk merendahkan, menyerap, metabolisme, atau menyahtoksik bahan cemar adalah efektif kos dan mesra ekologi (Yaapar et al., 2008; Xia dan Ma, 2005). Penggunaan Kangkung Puteri (*Neptunia oleracea*) dalam proses rawatan biologi fitopemulihan air sisa telah membangun dengan pesat. Contohnya di Thailand, rawatan biologi ini digunakan dengan meluas berbanding rawatan kimia dan fizikal kerana ia menggunakan proses semula jadi dan tidak meninggalkan bahan toksik (Ahn et al., 2011). Selain itu, beberapa jenis tumbuhan akuatik seperti Kangkung Puteri, rumpai java, seri pagi dan buluh, tumbuh secara semula jadi dalam takungan atau di tanah lembap. Ciri-ciri Kangkung Puteri yang hidup sepanjang tahun menjadi salah satu manfaat dalam fitopemulihan. Teknik ini didapati mudah, murah dan sangat efisien (Suppadit et al., 2005). Selain daripada digunakan sebagai fitopemulihan untuk merawat air sisa, daun dan pucuk muda Kangkung Puteri juga boleh dimakan mentah atau dimasak (ditambah kepada sup). Ini telah menjadikan penanaman tumbuhan ini sebagai sayur-sayuran akuatik menjadi satu aktiviti yang penting yang mengekalkan kehidupan masyarakat sekitar kawasan tanah lembap di beberapa negara.

Kangkung Puteri juga adalah merupakan sumber sayuran untuk penduduk di Malaysia, Thailand dan Kemboja kerana nilai nutrisinya. Tumbuhan ini mempunyai kandungan kalsium yang tinggi dan memainkan peranan penting dalam proses metabolik sel-sel hidup, pembaikan DNA dan pengeluaran hormon steroid semula jadi (Nath et al., 1999). Sebagai contoh, di Phnom Penh (Kemboja), kawasan permukaan air adalah kawasan yang banyak ditumbuhi *water morning glory*, keladi bunting dan Kangkung Puteri. Wanita dan kanak-kanak yang tinggal berhampiran dengan kawasan ini sering menuai tumbuhan ini yang kemudiannya dikumpulkan oleh orang tengah dengan lori pada setiap hari dan dijual di pasar (Hoek et al., 2005).

Kajian awal telah dijalankan bertujuan untuk menentukan penyerapan logam berat oleh tumbuhan ini dan untuk menentukan keselamatan tumbuhan ini untuk dimakan oleh manusia.

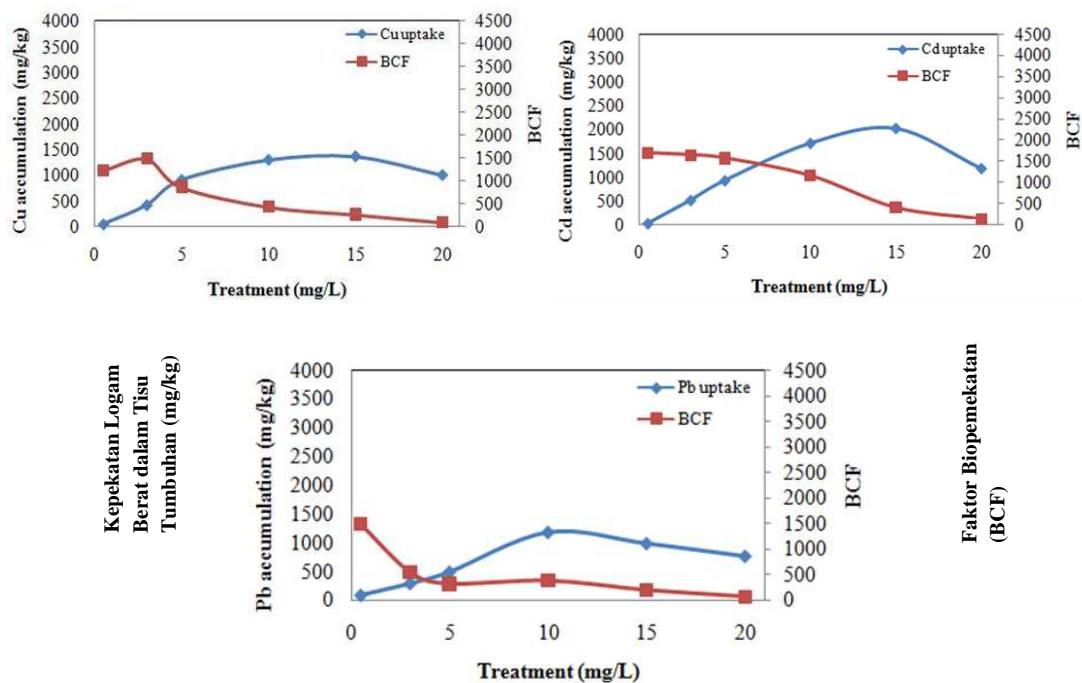
HASIL KAJIAN

Faktor biopemekatan (BCF)

Kangkung puteri atau *Neptunia oleracea* didapati menyerap paling tinggi logam berat Kadmium (Cd) berbanding Plumbum (Pb) dan Kuprum (Cu) (Rajah 1). Kedaan ini mungkin berkaitan dengan pengeluaran phytochelatins (PC) (Suk et al., 1999). PC adalah oligomer glutation, dihasilkan oleh phytochelatins enzim sintase yang penting untuk detoksifikasi logam berat dalam tumbuhan. Kepekatan Cd dalam tumbuhan meningkatkan tindak balas PC

peptida dan dengan itu menyebabkan pengumpulan Cd tinggi dalam tumbuhan (Olena et al., 2001; Inouhe, 2005; Rauser, 2003). Kangkung Puteri mengumpul kadar Cd yang rendah dalam larutan yang mempunyai tahap Cd yang paling rendah dibekalkan. Ini kerana pembentukan PC tidak sensitif pada kepekatan Cd yang rendah (Inouhe, 2005; Rauser, 2003).

Nisbah BCF yang tinggi menunjukkan kebolehpayaan yang lebih baik untuk fitopemulihan. Suatu spesies tumbuhan dianggap sebagai tumbuhan fitopemulihan yang tinggi jika nilai BCF adalah lebih daripada atau sama dengan 1000 (Rascio dan Navari-Izzo, 2011). Nilai BCF menggambarkan keupayaan tumbuhan untuk berkembang dalam kepekatan logam yang tinggi serta mengumpul logam berat yang tinggi dalam tisu (Hoffmann dan poorter, 2002) seperti pada *Lemna minor* (duckweed), *Pistiastratiotes* (salad air), *Crassipes Eicchornia* (keladi bunting). Namun, BCF untuk Kangkung Puteri di dalam kajian ini tidak melebihi 1000.



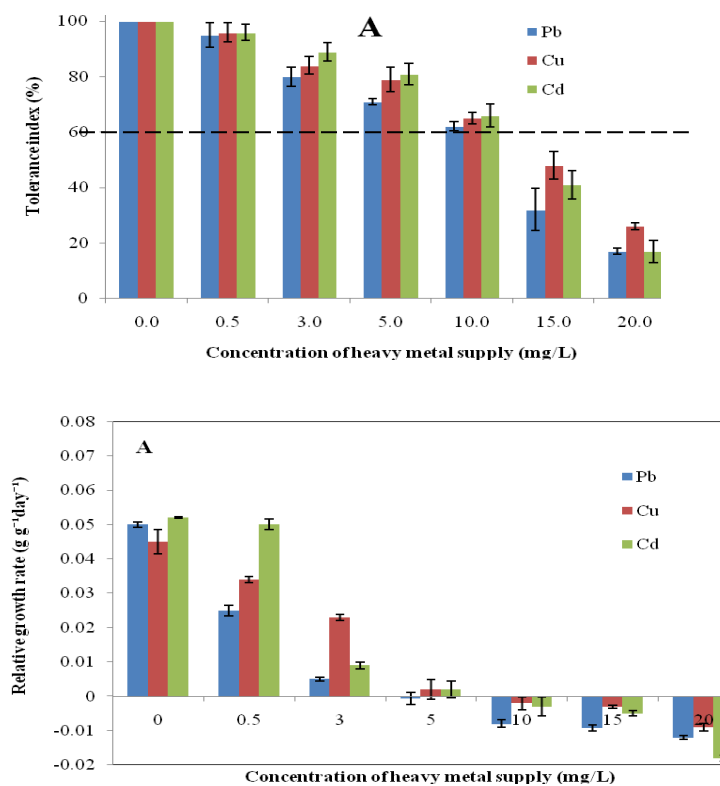
Rajah 1: Kepekatan logam berat dalam tisu tumbuhan dan BCF logam berat (Pb, Cu dan Cd) dalam Kangkung Puteri.

Indeks toleransi (Ti) dan kadar pertumbuhan relatif (RGR)

Kangkung puteri boleh dianggap sebagai tumbuhan yang mempunyai tahap toleransi yang baik terhadap logam berat, kerana nilai Ti nya tidak kurang daripada 60% (Rajah 2). Namun begitu, tumbuhan ini menunjukkan tren toleransi yang semakin berkurang apabila kepekatan logam berat meningkat. Indeks toleransi atau Ti menggambarkan keupayaan sesuatu tumbuhan untuk hidup atau bertoleransi dalam kepekatan logam yang tinggi. Spesies tumbuhan yang berbeza mempunyai mekanisme yang berbeza untuk hidup dalam kepekatan

bahan toksik yang berlebihan. Dalam satu spesies tumbuhan, terdapat lebih daripada satu mekanisme yang terlibat. Sebagai contoh, Ada tumbuhan menghadkan pengambilan logam atau pengangkutan logam berat melalui mekanisme pengeluaran phytochelatins (PC) (Reichman, 2010).

Kadar pertumbuhan relatif (RGR) kangkung puteri semakin berkurang apabila kepekatan logam berat bertambah (Rajah 2). Ini kerana peningkatan jisim bio tumbuhan tersebut. RGR juga berkurangan apabila jisim bio bukan fotosintesis seperti akar dan batang meningkat, kerana daun bahagian atas tumbuhan akan menghalang daun bahagian yang lebih rendah daripadanya menyerap nutrien (Paine et al., 2012).



Rajah 2: Indeks toleransi (Ti) dan kadar pertumbuhan relatif (RGR) Kangkung Puteri.

Kepekatan logam berat dalam akar, batang dan pucuk

Kepekatan ketiga-tiga logam berat adalah lebih tinggi dalam akar berbanding pucuk dan daun kangkung puteri (Jadual 1). Pengumpulan terbesar logam berat berlaku di akar dan bukannya di pucuk kerana akar sangat sensitif menghasilkan glutathione (GSH), sistein dan PC (Rausser, 2003). Elemen ini berfungsi sebagai tapak untuk mengikat logam. Kepekatan logam dalam akar juga menunjukkan bahawa tumbuhan ini mengeluarkan logam berat melalui proses *rhizofiltration*, yang mengumpul bahan cemar dalam akar (USEPA, 2000; David dan David,

2001). Pertimbangan jumlah pencemar terkumpul oleh akar tumbuhan adalah faktor penting untuk fitopemulihan air sisa (Wang et al., 2002). Tumbuh-tumbuhan lain yang mempunyai proses yang sama seperti Kangkung Puteri (mengumpul pencemar melalui *rhizofiltration*) adalah keladi bunting, *duckweed*, kangkung, dan *calamus* (Wang et al., 2002; Veschasit et al., 2012; Shao dan Wen, 2004).

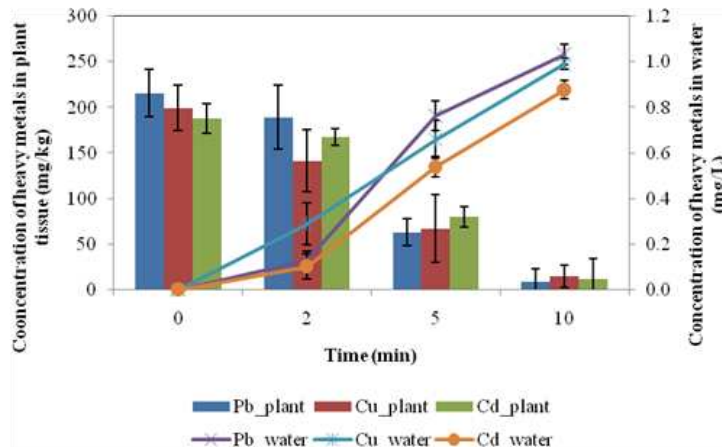
Jadual 1: Kepekatan logam berat dalam akar, batang dan pucuk

Treatment (mg/L)	Pb (mg/L)			Cu (mg/L)			Cd (mg/L)		
	Roots	Stems	Shoots	Roots	Stems	Shoots	Roots	Stems	Shoots
0.5	0.21 ±0.03	0.15 ±0.06	*ND	0.30 ±0.11	0.09 ±0.05	*ND	0.12 ±0.08	0.08 ±0.02	*ND
3.0	1.65 ±0.01	0.81 ±0.04	*ND	1.23 ±0.08	0.32 ±0.02	*ND	1.21 ±0.22	0.55 ±0.06	0.05 ±0.01
5.0	2.21 ±0.12	0.91 ±0.42	*ND	2.57 ±0.09	0.79 ±0.13	0.09 ±0.09	2.98 ±0.61	0.90 ±0.10	0.12 ±0.07
10.0	5.10 ±0.26	1.07 ±0.92	0.01 ±0.002	6.22 ±0.02	1.07 ± 0.11	0.13 ± 0.02	7.76 ±0.13	1.59 ±0.42	0.22 ±0.11

*ND=not detected

Kepekatan logam berat selepas proses pendidihan

Ujian pendidihan dilakukan ke atas kangkung puteri untuk mengukur tahap kandungan logam berat di dalam tisu tumbuhan ini. Ujian mendapati apabila masa mendidih meningkat, kepekatan logam berat di dalam tisu tumbuhan berkurangan manakala berat kepekatan logam dalam air dididih bertambah (Rajah 3). Ini kerana tisu sel membran tumbuhan ini telah pecah semasa proses pendidihan dan logam berat terlarut lesap ke dalam air (Patnaik et al., 2005). Semasa penyediaan Kangkung Puteri sebagai hidangan, air atau sup serta tumbuhan itu sendiri mungkin tercemar dengan logam berat lalu memberi kemudahan kepada kesihatan manusia. Walaupun proses pendidihan boleh mengurangkan kepekatan logam berat, tetapi dalam kaedah memasak tertentu sebagai contoh jika hidangan itu adalah sup atau digoreng, logam mungkin boleh kekal dalam makanan. Jadi, Kangkung Puteri tidak baik untuk dimakan mentah dan satu cara untuk memastikan bahawa logam berat dikurangkan daripada tumbuhan ini adalah melalui proses pendidihan. Namun begitu, kajian yang lebih terperinci perlu dijalankan untuk mengesahkan perkara ini.



Rajah 3: Kepekatan logam berat dalam kangkung puteri selepas proses pendidihan pada 0 minit (Kawalan), 2, 5 dan 10 minit. Bar menegak adalah ralat piawai (SE) purata.

KESIMPULAN

Kangkung Puteri boleh digunakan untuk merawat pencemaran logam berat di dalam air kerana tumbuhan ini didapati menjadi pengumpul baik untuk Cd dan Cu berbanding Pb. Walau bagaimanapun, keberkesanan Kangkung Puteri dalam aplikasi sebenar perlu dikaji dengan lebih mendalam. Namun begitu keselamatan tumbuhan ini sebagai makanan adalah diragui kerana tumbuhan ini berpotensi menyerap bahan pencemar dalam kadar yang tinggi.

RUJUKAN

- Agtas, S., Gey, H. Gul, S. (2007). Concentration of heavy metals in water and chub, *Leuciscus cephalus* (Linn.) from the river Yildiz, Turkey. *J Environ Biol*, 28 (4), 845-849.
- Alam, M.G.M., Snow, E.T., Tanaka, A. (2003). Arsenic and heavy metal contamination of vegetables grown in Samta village, Bangladesh. *Sci Total Environ*, 308, 83-96.
- Anderson, E. (2010). Lab Protocols: Heavy Metal Handling, Safety and Disposal (Standard Operating Protocol). http://www.doembi.ucla.edu/local/protocols/heavy_handling_SOP. Accessed June 23 2014.
- Anh, B.T, Kim D.D, Tua, T.V, Kien, N.T, Anh, do T. (2011). Phytoremediation potential of indigenous plants from Thai Nguyen province, Vietnam. *J Environ Biol*, 32(2), 257-62.
- Bianconi, D., Pietrini, F., Massacci, A., Iannelli, M.A. (2013). Uptake of Cadmium by *Lemna minor*, a hyper accumulator plant involved in phytoremediation applications. *E3S Web of Conferences*, doi:<http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20130113002>.
- Dabeka, R.W., Mckenzie, A.D., Lacroix, G.M.A., Cleroux, C., Bowe, S., Graham, R.A. (1993). Survey of arsenic in total diet food composites and estimation dietary intake of arsenic by Canadian adults and children. *JAOAC Int*, 76, 14-25.

- Das, H.K., Mitra, A.K., Sengupta, P.K., Hossain, A., Islam, F., Rabbani, G.H. (2004). Arsenic concentration in rice, vegetables and fish in Bangladesh: a preliminary study. *Environ Int*, 30 (3), 387
- David, T.A., David, R.S. (2001). Green engineering: Environmentally conscious design of chemical processes and products. *Am Inst Chem Eng*, 47(9), 1906–10.
- ElMaki, H.B., AbdelRahaman, S.M., Idris, W.H., Hassan, A.B., Babiker, E.E., ElTinay, A.H. (2007). Content of antinutritional factors and HCl extractability of minerals from white bean *Phaseolus vulgaris* cultivars: Influence of soaking and/or cooking. *Food Chem*, 100 (1), 362-68.
- Hoek, W.V.D., Anh, V.T., Cam, P.D., Vicheth, C., Dalsgaard, A. (2005). Skin diseases among people using urban wastewater in Phnom Penh. *Urban Agriculture Magazine*, 4, 30-31.
- Hoffmann, W.A., Poorter, H. (2002). Avoiding bias in calculations of relative growth rate. *Ann Bot*, 90 (1): 37.
- Inouhe, M. (2005). Phytochelatins. *Braz J Plant Physiol*, 17(1), 65-78.
- Kalaskar, M.M. (2012). Quantitative analysis of heavy metals from vegetable of AmbaNalain Amravati District. *Der PharmaChemica*, 4(6), 2373-77.
- Lux, A., Šottníková, A., Opatrná, J., Greger, M. (2004). Differences in structure of adventitious roots in *Salix* clones with contrasting characteristics of cadmium accumulation and sensitivity. *Physiol Plant*, 120, 537–45.
- Muong, S. (2004). Avoiding Adverse Health Impacts from Contaminated Vegetables: Option for Three Wetlands in Phnom Penh, Cambodia, Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA), Tanglin, Singapore. <http://www.eepsea.net/pub/rr/10958464881SidethRR5.doc>. Accessed 12 January 2014.
- Nath, P., Papademetriou, M., Piluek, K., Herath, E.M. (1999). The vegetable sector in Thailand: a review. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Bangkok. <ftp://ftp.fao.org/DOCREP/fao/004/AC145e/ac145e00.pdf>. Accessed 28 April 2014.
- Olena, K.V., Elizabeth, A.B., James, T.W., Philip, A.R. (2001). A new pathway for heavy metal detoxification in animals: phytochelatin synthase is required for cadmium tolerance in *Caenorhabditis elegans*. *J Biol Chem*, 276 (24), 208-71.
- Paine, C.E.T., Marthews, T.R., Vogt, D.R., Purves, D., Rees, M., Hector, A., et al. (2012). How to fit nonlinear plant growth models and calculate growth rates: An update for ecologists. *Methods Ecol Evol*, 3 (2), 245.
- Patnaik, D., Mahalakshmi, A., Khurana, P. (2005). Effect of water stress and heavy metals on induction of somatic embryogenesis in wheat leaf base cultures. *Ind J Exp Biol*, 43, 740-45.
- Rascio, N., Navari-Izzo, F. (2011). Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting?. *Plant Sci*, 180 (2), 169-181.
- Rausser, W.E. (2003). Phytochelatins. *Annu Rev Biochem*, 59, 61-86.
- Reichman, S.M. (2010). The Responses of Plants to Metal Toxicity: A Review Focusing on Copper, Manganese and Zinc. *Australian Minerals dan Energy Environment Foundation*,

14.http://www.plantstress.com/Articles/toxicity_i/Metal_toxicity.pdf. Accessed 7 March 2014.

Roychowdhury, T., Tokunaga, H., Ando, M. (2003). Survey of arsenic and other heavy metals in food composites and drinking water and estimation of dietary intake by the villagers from an arsenic affected area of West Bengal, India. *Sci Total Environ*, 308, 15-35.

Shao, W.L., Wen, L.C. (2004). Heavy metal phytoremediation by water hyacinth at constructed wetlands in Taiwan. *J Aqua Plant Manage*, 42, 60-68.

Shukor, Y., Rahman, F.A., Baharom, N.A., Jamal, J.A., Abdullah, M.P.A., Shamaan, N.A., et al. (2006). Development of a heavy metals enzymatic based assay using papain. *Anal Chim Acta*, 566 (2), 283- 289.

Suk, B.H., Aaron, P.S., Ross, H., Wendy, M.D., Sarah, B., Matthew, J.O.C., et al. (1999). Phytochelatin synthase genes from arabidopsis and the yeast schizosaccharomycespombe. *Plant Cell*, 11 (6), 1153-64.

Suppadit, T., Phoochinda, W., Bunsirichai, P. (2005). Treatment of effluent from shrimp farm by using water mimosa (*Neptuniaoleracealour*). *J Int Soc Southeast Asian Agri Sci*, 11(2), 1-11.

USEPA. (2000). A citizen's guide to phytoremediation, Technology Innovation Office, Washington, D.C.

Veschait, O., Meksumpun, S., Meksumpun, C. (2012). Heavy Metals Contamination in Water and Aquatic Plants in the Tha Chin River, Thailand. *Kasetsart J (Nat Sci)*, 46, 931-43.

Wang, Q., Cui, Y., Dong, Y. (2002). Phytoremediation of Polluted Waters Potentials and Prospects of Wetland Plants. *Acta Biotechnol*, 22 (1,2), 199-208.

Xia, H. dan Ma, X. (2005). Phytoremediation of ethion by water hyacinth (*Eichhorniacrassipes*) from water. *J Biores Technol*, 97, 1050-54.

Yaapar, M.N.B., Masri, I.N.B., Baharom, N.B., Shyi, Y.J., Ali, H.B.M. (2008). Phytoremediation, Biology. <http://www.biologyonline.org/articles/phytoremediation-lecture.html>. Accessed October 3 2013.

Zengin, F.K., Munzuroglu, O. (2005). Effects of some heavy metals on content of chlorophyll, proline and some antioxidant chemicals in bean (*phaseolus vulgaris l.*) Seedlings. *Acta Biol Cracov Ser Bot*, 47(2), 157-64.

5

Impak Sosio-Ekonomi Akibat Perubahan Iklim Terhadap Pengeluaran Kelapa Sawit dan Padi di Malaysia

Zahid Zainal¹

¹ *Fakulti Pertanian, Universiti Putra Malaysia*

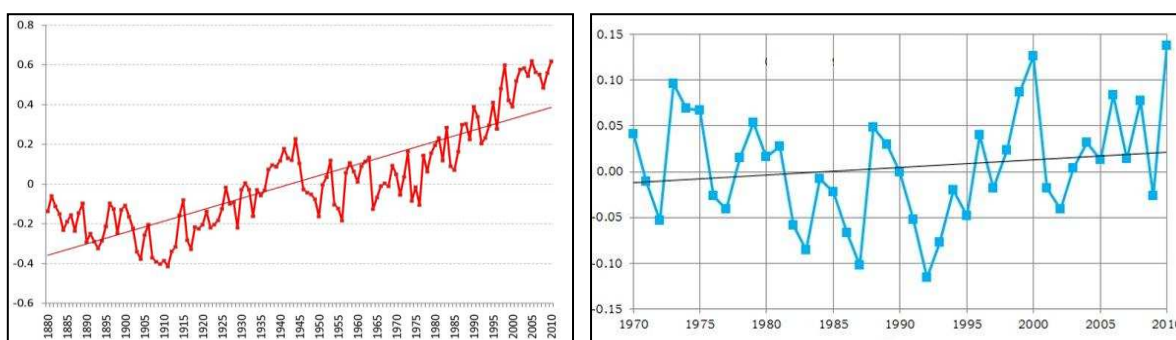
PERUBAHAN CUACA DUNIA

Perubahan iklim dewasa ini merupakan satu ancaman yang serius terhadap alam sekitar. Para saintis meramalkan bahawa kesan rumah hijau akan meningkat akibat ketidakpastian perubahan iklim. Kebimbangan terhadap perubahan iklim ini dijangka akan menjejaskan tanaman yang membawa kepada ketidakstabilan harga dan rangkaian bekalan komoditi. Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2001)*, unjuran suhu global akan meningkat antara 1.4°C ~ 5.8°C pada tahun 2100 dan mungkin mencapai 6.4°C berdasarkan kesan purata ke atas aktiviti harian manusia di seluruh dunia.

Fenomena cuaca yang tidak menentu mengakibatkan kekerapan berlakunya bencana alam. Fenomena ini sekaligus memberi impaknya yang bukan sedikit terhadap faktor sosial dan ekonomi masyarakat setempat. Peningkatan dalam perubahan iklim global akan memberi kesan yang besar khususnya kepada sektor pertanian dan alam sekitar umumnya; hal ini termasuk sumber air, perikanan, hutan, hidupan liar dan sebagainya. Kenyataan ini disokong melalui kajian oleh Murad et al., (2010); perubahan dalam ketidakpastian peningkatan suhu dan kadar hujan misalnya boleh menjejaskan hasil pertanian. Selain itu, pemerhatian terkini oleh para saintis menunjukkan aktiviti pertanian adalah yang paling terdedah kepada kesan perubahan iklim (IPCC, 2001).

Peningkatan kesan rumah hijau menjurus ketidakpastian iklim sekaligus menjejaskan survival biodiversiti dan keseimbangan ekosistem. Saintis mendapati bahawa peningkatan pelepasan gas karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), nitrus oksida (N₂O), dan klorofluorokarbon (CFC) ke udara adalah empat jenis gas yang mengakibatkan kesan rumah hijau akibat aktiviti harian manusia seperti pembakaran bahan api fosil, pengeluaran sisa perindustrian, penebangan hutan, dan amalan penggunaan tanah tidak terkawal adalah penyumbang kepada kepekatan karbon dioksida (CO₂) ke ruang atmosfera. Dikatakan bahawa, jika gas ini terus berkumpul di

atmosfera pada kadar tinggi, para saintis percaya pemanasan global akan berlaku lebih cepat melalui fenomena bumi memerangkap haba yang mengakibatkan kesan rumah hijau ini. Kadar pelepasan gas tersebut dijangka terus meningkat jika tiada inisiatif dan langkah-langkah tegas tidak dikuatkuasakan dalam usaha mengurangkan kesan langsung alam sekitar. Dalam abad ini, suhu global dijangka terus meningkat (Rajah 1) seiring dengan peningkatan aktiviti pelepasan gas rumah hijau yang berterusan dan tidak terkawal. Rajah 1 juga menunjukkan bahawa pemerhatian terhadap perubahan taburan hujan global berlaku dengan agak ketara sepanjang tahun 1970 hingga 2010.



Rajah 1: Perubahan suhu global ($^{\circ}\text{C}$) dan taburan hujan global (mm/hari), 1970-2010 (Sumber: *National Environmental Satellite, Data, and Information Service, NESDIS*, 2011)

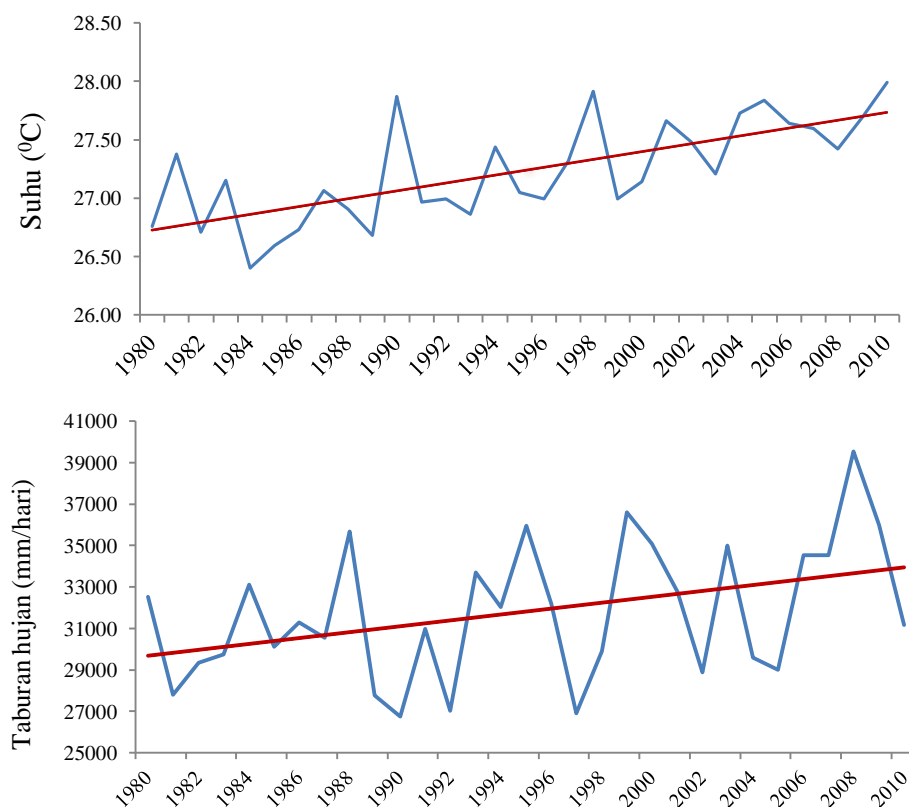
PERUBAHAN IKLIM DI MALAYSIA

Negara-negara membangun seperti Malaysia adalah tidak terkecuali dari membincangkan isu-isu kritikal yang berkaitan dengan pemanasan global yang membawa kepada perubahan iklim tempatan. Sebagai negara yang masih aktif menjalankan aktiviti pertanian, kesan perubahan iklim sedikit sebanyak memberi kesan negatif terhadap hasil pengeluaran pertanian. Menurut Alam et al., (2010), produktiviti sektor pertanian adalah sangat bergantung pada faktor iklim; sekali gus, perubahan iklim dari tahun ke tahun terhadap kepelbagaian pengeluaran tanaman akan menjejaskan sosio-ekonomi masyarakat tani.

Perubahan iklim juga adalah ancaman yang menimbulkan kebimbangan akan sekuriti makanan negaralain pendapatan hasil pertanian sama ada pasaran domestik atau eksport turut terjejas. Menurut Jabatan Meteorologi Malaysia, JMM (2009), perubahan iklim yang dialami di Malaysia adalah didorong oleh dua fenomena utama iaitu El-Nino dan La Nina. Fenomena El-Nino adalah merujuk kepada cuaca panas dan kering manakala fenomena La Nina adalah cuaca lembab dicirikan oleh kadar hujan yang berlebihan. Secara purata, kadar perubahan suhu telah meningkat sejak tiga dekad yang lalu.

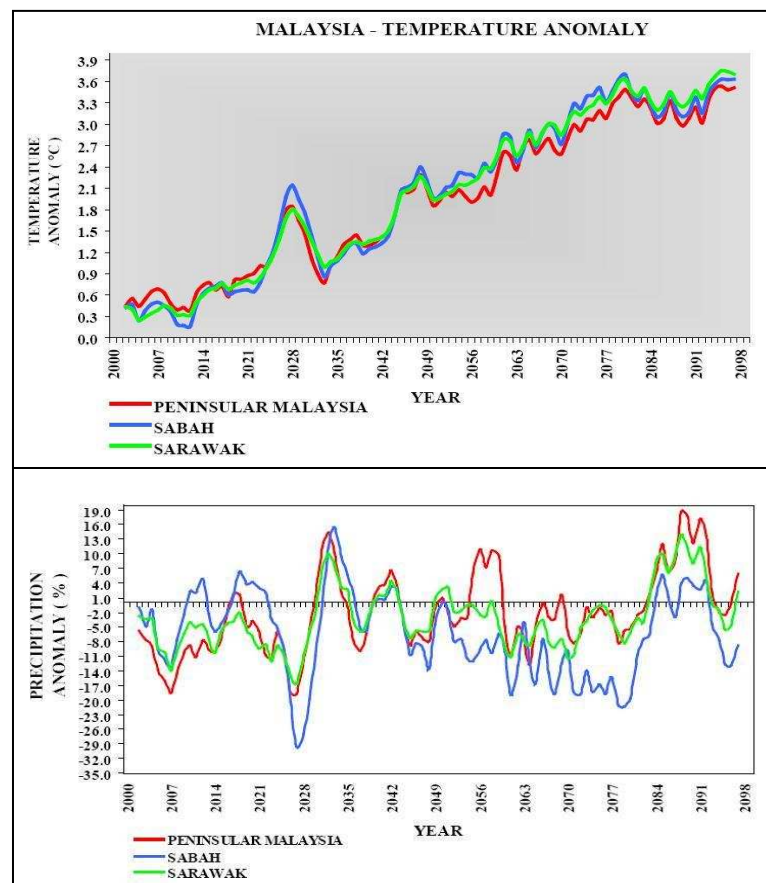
Pemerhatian sepanjang 30 tahun (1980-2010), fenomena El Nino adalah ketara berlaku antara tahun 1982-1983 dan 1997-1998 (Rajah 2). Keadaan ini diramalkan akan berterusan berkadaran dengan peningkatan aktiviti manusia yang menyumbang kepada berlaku fenomena El Nino ini.

Malaysia telah menyaksikan jangka panjang dalam perubahan yang konsisten dalam corak iklim dalam beberapa dekad kebelakangan ini. Hal ini boleh dilihat melalui Rajah 4, secara purata jumlah tahunan hujan sepanjang 30 tahun yang lalu telah mengalami trend menaik walaupun terdapat keadaan turun naik mendadak pada tahun-tahun tertentu. Fenomena El Nino dikenalpasti berlaku sekitar tahun 1982, 1990, 1997, 2002 dan 2005 telah menyebabkan cuaca kering panas yang membawa kepada jumlah hujan yang luar biasa minimum dalam tahun-tahun tersebut (JMM, 2011). Manakala, fenomena La Nina jelas berlaku sekitar tahun 1995, 1999, 2006 dan 2009 telah menyebabkan banjir beberapa bahagian di Malaysia terutamanya di Pantai Timur Semenanjung.



Rajah 2: Perubahan kadar suhu dan taburan hujan di Malaysia (1980 – 2010). (Sumber: Jabatan Meteorologi Malaysian, JMM, 2011)

Rajah 3 menunjukkan simulasi anomali suhu tahunan dari tahun 2001 sehingga tahun 2099. Rajah tersebut menyaksikan trend peningkatan suhu secara purata sepanjang jangkaan 100 tahun. Walau bagaimanapun pada tahun 2028, suhu dijangka meningkat dengan ketara berbanding tahun-tahun sebelumnya. Senario ini mungkin disebabkan oleh bencana alam seperti jangkaan unjuran simulasi iklim dalam tahun-tahun sebelumnya. Rajah 3 juga menunjukkan simulasi anomaly hujan tahunan. Rajah menunjukkan kadar peratusan defisit hujan bagi kebanyakan tahun dari 2001 hingga 2099. Seiring dengan peningkatan suhu dari tahun ke tahun, peratusan bagi hujan juga memberi impak kepada penurunan kadar hujan. Perubahan kadarhujan ini akan memberi kesan ketara di setiap sektor ekonomi terutamanya dalam bidang pertanian yang lebih terdedah dan sensitif terhadap perubahan iklim.

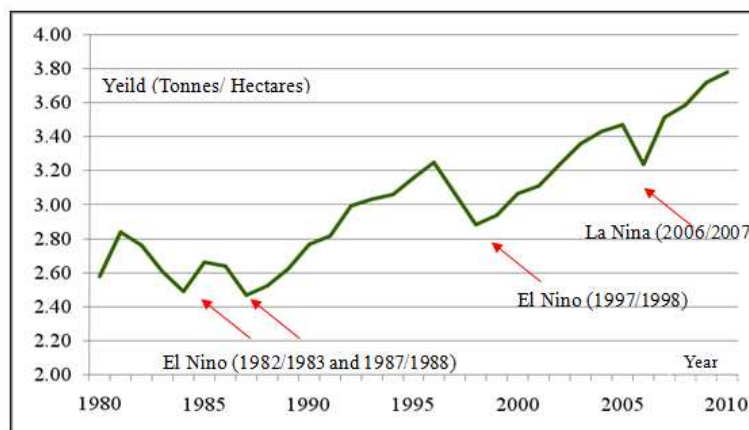


Rajah 3: Ringkasan simulasi (2001 - 2099) anomali suhu dan hujan tahunan (Sumber: Jabatan Meteorologi Malaysian, JMM, 2011)

KESAN LANGSUNG PERUBAHAN IKLIM TERHADAP HASIL PENGELUARAN PADI DAN KELAPA SAWIT

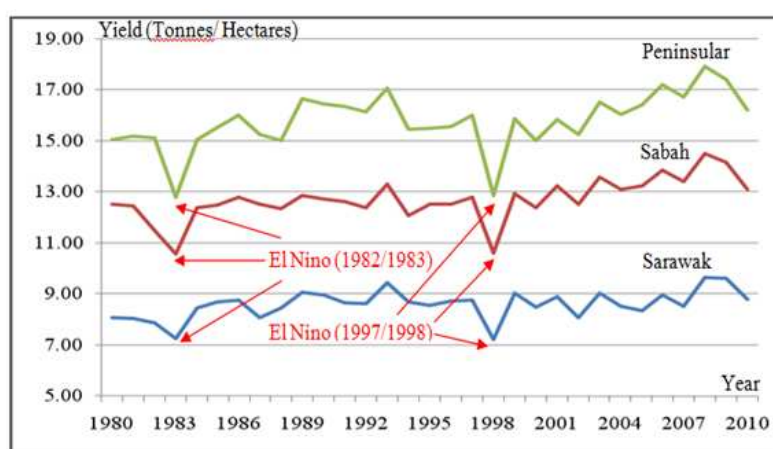
Kebimbangan terhadap perubahan iklim memberi signal kepada risiko ketidakstabilan bekalan domestik dan pendapatan eksport sektor pertanian negara. Hal ini dijangka akan memberi kesan negatif kepada sekuriti makanan negara. Fenomena perubahan iklim yang tidak menentu telah mengakibatkan bencana alam seperti kemarau panjang dan banjir yang menjejaskan pertumbuhan dan produktiviti pertanian. Perubahan iklim tidak menentu ini menjurus kepada impak agronomi yang seterusnya memberi kesan langsung terhadap ekonomi seperti harga bahan mentah, kos pengeluaran, permintaan, perdagangan, dan kebajikan petani dan pengguna (Li et al., 2011). Sebagai contoh, satu kajian oleh Vaghefi et al., (2011) telah melaporkan bahawa dalam setiap peningkatan dalam suhu 2°C akan mengakibatkan pengurangan hasil pada pengeluaran padi sebanyak 0.36t/ha; hal menyamai kerugian sebanyak RM162.531 juta setahun.

Kesan fenomena El Nino terhadap pengeluaran padi (Rajah 4) menunjukkan tren penurunan dalam pengeluaran padi tahunan terutama sekitar tahun 1982-1983, 1987-1988 dan 1997-1998. Berikutan peningkatan relatif suhu, dan kadar dehidrasi yang telah menyebabkan kehilangan air yang tinggi. Keadaan ini membawa kepada kekurangan air untuk keperluan domestik dan kesan buruk ke atas aktiviti penanaman dan pertumbuhan padi. Produktiviti dalam penanaman padi telah menurun kesan dan akibat daripada fenomena berkaitan perubahan iklim El Nino dengan suhu yang luar biasa tinggi dan kadar hujan yang minimum. Manakala fenomena La Nina membawa kepada bencana hujan berlebihan dalam sekitar tahun 2006-2007 telah menyebabkan banjir yang memusnahkan tanaman padi dalam skala yang besar lazimnya berlaku di negeri bahagian utara Malaysia.



Rajah 4: Pengeluaran hasil padi di Malaysia (tan/Ha) (1980 – 2010) (Sumber: Kementerian Pertanian dan Industri Asas Tani, Malaysia, MOA, 2011).

Manakala bagi hasil pengeluaran kelapa sawit menurun secara mendadak akibat bencana El Nino yang jelas berlaku sekitar tahun 1982-1983 dan 1997-1998 (Rajah 5). Purata suhu tinggi semasa tempoh ini adalah berkeadaan abnormal. Suhu yang tinggi dalam suatu jangka masa panjang telah mengakibatkan keadaan kemarau. Kesan cuaca kering El Nino juga menyebabkan merendahkan proses pendebungan berlaku akibat kekurangan sumber serapan air. Ini seterusnya menyebabkan hasil buah kelapa sawit adalah rendah secara purata. Hal ini dibuktikan melalui kajian oleh Corley dan Tinker, (2003) menyatakan bahawa kemarau juga boleh menyebabkan kurangnya berlaku pendebungaan sekaligus mengurangkan pengeluaran penghasilan tandan buah kelapa sawit. Iklim yang abnormal ini memberi kesan ke atas hasil pengeluaran tandan buah kelapa sawit.



Rajah 5: Pengeluaran hasil tandan kelapa sawit (tan/Ha) (1980 – 2010). (Sumber: *Malaysian Palm Oil Board*, MPOB, 2011)

CADANGAN LANGKAH-LANGKAH ADAPTASI DAN MITIGASI

Terdapat pelbagai langkah mitigasi perlu dilaksanakan dalam proses penyesuaian sektor pertanian terhadap perubahan iklim semasa; dalam usaha meminimumkan kerugian akibat kesan negatif terhadap hasil tanaman (Adger et al., 2007). Usaha memahami sifat kepelbagaian iklim adalah sangat perlu untuk mengenal pasti bagaimana perubahan iklim boleh memberi kesan terhadap sosio-ekonomi pertanian di Malaysia. Perihal corak perubahan iklim dapat difahami dengan menganalisis corak suhu dan hujan harian bagi tempoh tahun tertentu (Al-Amin. et al., 2011). Walaupun begitu, pengurusan risiko perubahan iklim yang tidak dijangka seperti banjir, suhu tinggi yang melampau yang mengakibatkan kemarau dan liabiliti yang timbul bukanlah hal mudah untuk ditangani. Ini juga membawa mempunyai kesan negatif terhadap prestasi buruh, pengurusan operasi dan keseimbangan kewangan dalam sektor pertanian.

Adaptasi adalah pelarasan yang dibuat kepada sistem manusia, ekologi atau fizikal respons kepada perubahan iklim (Adger et al., 2007). Walau bagaimanapun, proses adaptasi lazimnya dijangka melibatkan kos yang tinggi (Yohe et al., 2002). Jika langkah-langkah penyesuaian tidak segera diambil, kerugian akibat perubahan iklim dijangka akan lebih besar. Aktiviti adaptasi adalah bertujuan untuk meningkatkan rintangan dan daya tahan ekosistem kepada tekanan perubahan iklim yang tidak menentu. Menurut Gregory et al., (2009) menegaskan bahawa, kenaikan suhu dan variasi dalam kelembapan menjejaskan kepelbagaian dan responsif haiwan atau serangga perosak dan penularan penyakit dalam sektor pertanian. Oleh itu, langkah adaptasi adalah termasuk aktiviti penyelidikan dan pembangunan terhadap tumbuhan dalam meningkatkan toleran kepada suhu dan kadar kelembapan yang tinggi.

Antara langkah adaptasi adalah termasuk prosedur penanaman di mana petani dijangka untuk mengenal pasti kawasan-kawasan yang terdedah kepada kekerapan berlakunya banjir. Misalannya, pokok-pokok kelapa sawit untuk ditanam di kawasan-kawasan yang tinggi di atas paras air bawah tanah. Cadangan ini adalah untuk mengelakkan penanaman di kawasan rendah yang agak terdedah kepada banjir yang kerap. Di samping itu, aktiviti pertanian seperti menanam dan membaja perlu dilakukan pada dan sesuai masa berdasarkan pola waktu hujan dan waktu kering (Wolfe et al., 2008). Hal ini dapat mengelakkan pembaziran sumber baja akibat ketirisan dan mengoptimalkan fungsi baja melalui serapan ke dalam tanah.

Selain itu, langkah-langkah perundangan sedia ada harus dikuatkuasakan dengan telus. Di bawah langkah ini, kerajaan perlu meningkatkan kerjasama serantau dan antarabangsa mengenai isu-isu berkaitan perubahan. Menurut Vaghefi et al., (2011), kawalan pengeluaran dan kepekatan gas akibat aktiviti manusia boleh menjadi salah satu strategi pengurangan kesan rumah hijau yang penting. Ini termasuk pengukuhan dasar pembakaran sifar yang sedia ada untuk mengurangkan kepekatan gas rumah hijau. Dalam hal yang sama, penebangan hutan yang dikaitkan dengan penanaman kelapa sawit perlu dilakukan melalui prosedur yang sistematik dan pengawalseliaan yang berkesan bagi mengurangkan kesan alam sekitar dan ekologi yang buruk.

Pengenalan skim insurans pertanian wajar diperkenalkan dan diperluaskan bagi meminimalkan risiko berkaitan perubahan iklim sebagai suatu usaha untuk meringankan bebanan kerugian akibat pengurangan hasil pertanian, terutamanya bagi pekebun kecil.

KESIMPULAN

Faktor alam persekitaran salah satu faktor penting dalam menentukan turun naik prestasi sektor pertanian. Faktor persekitaran umumnya yang berkaitan dengan pertumbuhan tanaman dipercayai mempunyai kesan yang signifikan ke atas produktiviti tanaman. Pelbagai kajian sebelum ini menunjukkan dengan jelas kesan negatif perubahan iklim yang tidak menentu terhadap hasil pertanian. Hal ini jika berterusan tanpa langkah yang wajar akan membawa kepada impak sosio-ekonomi negara. Pihak kerajaan dan swasta wajar menggembleng dan bekerjasama langkah adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim harus dilaksanakan secara serius dan berterusan.

RUJUKAN

Adger, W.N., Agrawala, S., Mirza, M.M.Q., Conde, C., K. O'Brien, J. Pulhin, R. Pulwarty, Smit B., dan Takahashi K. (2007). Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, 717-743.

Alam, M. M., Siwar, C., Toriman, M. E., Molla, R. I., dan Talib, B. (2011). Climate change induced adaptation by paddy farmers in Malaysia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 17(2), 173–186.

Al-amin, A. Q., Filho, W. L., Kabir, M. A., Azam, M. N., Jaafar, H., dan Kari, F. (2011). Climate change impacts: Prioritizing mechanism and needs for future Malaysian agriculture. *International Journal of the Physical Sciences*, 6(7), 1742–1748.

Corley R.H.V. dan Tinker P.B. *The Palm Oil: Four Edison*. (2003). Blackwell Publishing Oxford

Goh, K.J., K.K. Kee, P.S. Chew, H.H. Gan, Y.C. Heng and H.C.P. Ng, (2002). Concept of site yield potential and its applications in oil palm plantations. *Malaysian Oil Science Technology*, 11: 57-63

Gregory, P.J., Johnson S.N., Newton, A.C. dan Ingram, J.S.I. (2009). Integrating pests and pathogens into the climate change/ food security debate, *Journal of Experimental Botany*, 60, 2827-2838.

Jabatan Meteorologi Malaysia, JMM. (2009). *Climate Change Scenarios for Malaysian 2001-2099*. Scientific Report, Selangor, Malaysia

Intergovernmental Panel Climate Change, IPCC Third Assessment Report, Climate Change (2001): *Synthesis Report Summary for Policymakers, An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Murad, M. W., Molla, R. I., Mokhtar, M. Bin, dan Raquib, M. A. (2010). Climate change and agricultural growth: an examination of the link in Malaysia. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 2(4), 403–417.

United Nations Environment Programme UNEP, (2011). *Global Environment Outlook 3: Past, Present and Future Perspectives*. Earthscan Publication, London.

Vaghefi S. N., Shamsudin M. N., Makmom A. and Bagheri M, 2011. The Economic Impact of Climate Change on the Rice Production in Malaysia, *International Journal of Agricultural Research*, 6: 67-74.

Wahid M., Molla, R.I., Mazlin M., dan AbdurRaquib, M. (2010). Climate Change and Agricultural Growth: An Examination of the Link in Malaysia, *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 2(4), 403-417

Wolfe, D.W., L. Ziska, C. Petzoldt, A. Seaman, L. Chase and K. Hayhoe, (2008). Projected change in climate thresholds in the northeastern U.S.: implications for crops, pests, livestock and farmers. mitigation and adaptation strategy. *Journal of Global Change*, 13, 555-575

Yohe Gary and Michael Schlesinger, (2002). The Economic Geography of the Impacts of Climate Change, *Journal of Economic Geography* pp. 311–341, Oxford University Press.

6

Penggunaan Penanda Bio dalam Kajian Kesihatan Persekitaran

Emilia Zainal Abidin ¹

¹*Jabatan Kesihatan Persekitaran dan Pekerjaan, Fakulti Perubatan dan Sains Kesihatan, Universiti Putra Malaysia, Serdang, Selangor, Malaysia*

PENGENALAN

Dalam bidang perubatan secara umumnya, logik penggunaan penanda bio dalam pemantauan bio adalah kerana manfaat dan keupayaannya dalam memperkukuhkan pemodelan ramalan penyakit. Pemodelan ramalan penyakit biasanya dilakukan atau dimulai secara konseptual dengan menghubungkaitkan pendedahan dari persekitaran dan penanda bio dengan penyakit, dan hasil akhirnya boleh digunakan dalam pemodelan tindakbalas dos secara objektif untuk penentuan risiko secara kuantitatif (Ryan et al., 2004). Contoh mudah yang boleh digunapakai disini adalah pengukuran kolesterol lipoprotein berketumpatan tinggi dari sampel darah untuk menentukan samaada subjek tersebut terdedah kepada risiko penyakit kardiovaskular yang signifikan atau tidak. Nilai ambang tahap koleterol tersebut dan faktor risiko yang berkait adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1.

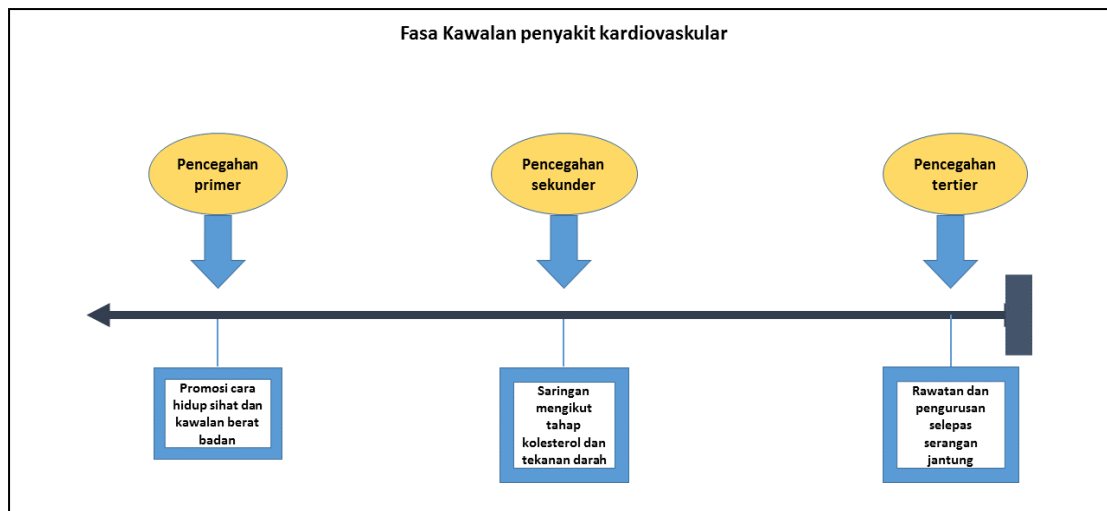
Jadual 1: Kolesterol lipoprotein berketumpatan tinggi sebagai penanda bio penyakit kardiovaskular

Kolesterol Lipoprotein Berketumpatan Tinggi

Kurang dari 1.0 mmol/l	Faktor risiko kepada penyakit kardiovaskular
Di antara 1.0-1.5 mmol/l	Julat normal
1.6 mmol/l dan ke atas	Risiko rendah kepada penyakit kardiovaskular

Walaubagaimanapun, dalam bidang kajian kesihatan persekitaran, penggunaan penanda bio lebih dititikberatkan dalam aspek penentuan tahap pendedahan pada peringkat yang jauh lebih awal sebelum penyakit termateri secara fizikal. Asas penggunaan penanda bio juga adalah

lebih berkait rapat dengan pencegahan primer dan bukannya pencegahan tertier dimana rawatan terpaksa diberikan untuk mengubati penyakit yang telahpun terwujud. Pencegahan primer adalah lebih kepada usaha yang berkaitan dengan penghalangan pendedahan dari berlaku dan pencegahan primer adalah pencegahan yang paling berkesan apabila dibandingkan dengan pencegahan sekunder atau tertier. Rajah 1 menunjukkan perbezaan di antara pencegahan primer, sekunder dan tertier dalam konteks kawalan penyakit kardiovaskular.



Rajah 1: Gambarajah contoh pencegahan penyakit kardiovaskular

Mengikut *Environmental Protection Agency* atau EPA, definisi penanda bio adalah bahan yang boleh diukur atau ciri-ciri dalam badan manusia yang boleh digunakan untuk mengukur kehadiran bahan kimia di dalam badan. Tambahan lagi, penanda bio juga boleh digunakan untuk mengukur tindakbalas biologikal atau kesan buruk kepada kesihatan. Definisi lain penggunaan penanda bio dalam pemantauan yang boleh digunakan juga adalah sebagai aktiviti sistematik atau berterusan untuk mengumpul matrik biologi untuk analisa kepekatan bahan pencemar, metabolit atau parameter kesan biologi yang spesifik dengan objektif untuk mengukur pendedahan dan risiko penyakit terhadap subjek yang terdedah, atau membandingkan data yang dicerap dengan nilai rujukan (Kapka-Skrzypczak et al., 2011).

Kelebihan pemantauan bio atau pengukuran bahan kimia atau metabolit tertentu dari sampel badan ialah metod ini dapat melambangkan pengukuran sebenar pendedahan yang berlaku melalui pelbagai cara pendedahan yang tidak boleh ditunjukkan melalui model atau andaian. Dengan kata lain, penggunaan penanda bio adalah bermanfaat kerana ia berpotensi untuk mengukur dos internal yang sebenar hasil dari pendedahan yang terintegrasi.

Dengan kemajuan penggunaan teknologi kontemporari, mesin analitikal yang digunakan di makmal penyelidikan adalah jauh lebih sensitif dan mempunyai kepersisan dan kejituan yang tinggi dan mempunyai keupayaan untuk mengukur sebatian kimia pada kepekatan yang sangat rendah (*limit of detection* pada tahap ppb atau ppt) apabila dibandingkan di awal tahun 2000 dan ini telah menggalakkan penggunaan asas pengukuran penanda bio dalam pelbagai kajian kesihatan. Contoh mesin analitikal yang mampu mengukur pelbagai jenis logam berat yang ada di dalam jadual berkala adalah mesin *Inductively-Coupled Plasma-Mass Spectrophotometry*.

KATEGORI PENANDA BIO

Secara umumnya, merujuk kepada EPA terdapat beberapa kategori penanda bio yang utama iaitu penanda 1) bio pendedahan, 2) penanda bio kesan dan 3) penanda bio kerentanan.

Penanda bio pendedahan

Penanda bio pendedahan biasanya digunakan untuk mengukur jumlah bahan kimia yang terdapat di dalam badan. Pelbagai bahan kimia boleh diukur dari matrik biologi seperti urin, darah, air liur, susu ibu, rambut, kuku dan juga lemak. Pengukuran penanda bio pendedahan bukan sahaja akan membolehkan maklumat seperti pendedahan kimia di dalam seseorang individu diperolehi, tetapi maklumat penting yang lain seperti perubahan kepekatan mengikut peredaran masa dan perbezaan kepekatan sesuatu bahan kimia dalam sesebuah populasi juga boleh ditentukan. Walaubagaimanapun, seperti yang diterangkan oleh EPA, pengukuran sesuatu bahan kimia di dalam badan seseorang individu tidak bermaksud yang bahan kimia tersebut telah menyebabkan kesan buruk kepada kesihatan individu tersebut.

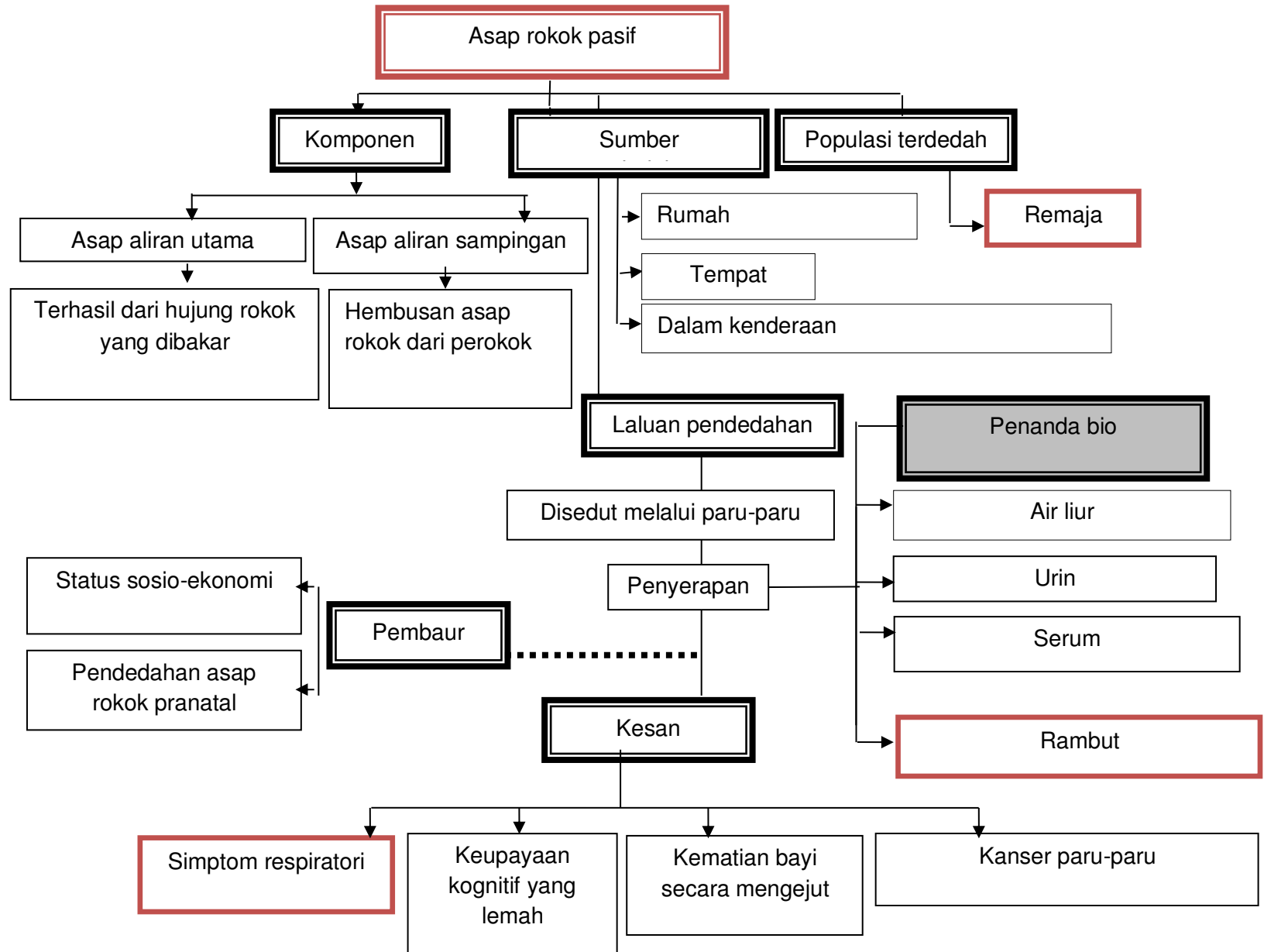
Terdapat beberapa kategori penanda bio pendedahan. Penanda bio pendedahan yang paling spesifik adalah a) pengukuran terus bahan kimia yang ingin diketahui dari matrik biologi seperti urin, darah atau rambut. Contoh mudah penanda bio kategori ini adalah pengukuran nikotin dari sampel rambut.

Rangka konseptual di Rajah 2 dari kajian Zulkifli, (2015) adalah satu contoh mudah di mana nikotin telah digunakan di dalam kajian kesihatan persekitaran. Kajian tersebut telah mengukur nikotin iaitu bahan aktif dalam asap rokok pasif sebagai indikator pendedahan dari sampel rambut. Responden merupakan remaja yang berumur 13 ke 14 tahun yang tidak merokok dan tinggal di dua negeri yang berbeza di Malaysia. Pengukuran nikotin sebagai penanda bio adalah untuk menentukan keberkesanan Peraturan Kawalan Produk Tembakau 2004 (Akta Malaysia, 2008) yang telahewartakan larangan merokok di tempat awam. Secara teoritikalnya, pendedahan kepada asap rokok akan berkurangan akibat dari

pemertanian larangan tersebut dan kekurangan pendedahan tersebut boleh diukur secara objektif, iaitu ianya diwakili oleh penurunan kepekatan nikotin dalam sampel rambut (dalam unit ng/mg) disamping pengukuran subjektif dengan alatan seperti soal-selidik. Hasil kajian tersebut telah digunakan sebagai indeks pengukur untuk rujukan penggubal polisi dalam menentukan sama ada larangan merokok yang telah diwartakan telah dikuatkuasakan secara efektif atau tidak.

Kategori penanda bio pendedahan yang kedua adalah b) penanda bio metabolit bahan kimia. Metabolit bahan kimia diukur kerana sesetengah bahan kimia mempunyai jangka separuh hayat yang pendek dalam badan dan akan dikumuh atau dimetabolismekan menjadi produk lain atau secara umumnya menjadi metabolit yang lebih stabil. Pengukuran metabolit tersebut akan membolehkan anggaran kepekatan bahan kimia asal dilakukan. Contoh mudah penanda bio kategori ini adalah pengukuran kotinin dari sampel air liur.

Kotinin adalah salah satu metabolit utama hasil dari metabolisme nikotin dan boleh diukur dari pelbagai cecair badan sebagai penanda bio pendedahan. Salah satu ciri kotinin yang menyebabkan ianya menjadi sebuah penanda bio yang sesuai adalah ianya boleh digunakan untuk mengukur pendedahan kepada asap rokok pasif untuk sela waktu 24 ke 72 jam ke belakang (Benowitz, 1996). Tambahan pula, kotinin mempunyai sensitiviti dan spesifisiti yang tinggi kepada tembakau menjadikan ianya sesuai digunakan untuk kajian yang berkaitan dengan pendedahan asap rokok jangka masa pendek (Jarvis et al., 2008). Dengan kata lain, sebahagian besar kotinin yang terhasil dari metabolisme nikotin secara umumnya terhasil dari pendedahan kepada tembakau dan bukan sumber diet yang lain seperti tomat atau kentang (Heinrich et al., 2004). Banyak kajian di negara maju mengukur pendedahan kepada asap rokok secara rutin dengan mengkuantifikasi kepekatan kotinin dari air liur dan kajian telah menunjukkan bahawa pengkumuhan kotinin air liur adalah selari dengan pengkumuhan dan separuh hayat kotinin dari plasma darah (Jarvis et al., 2000). Ini bermakna, pengukuran kotinin melalui metod bukan invasif seperti pengambilan air liur telah memudahkan para penyelidik untuk mengaplikasikan penggunaan penanda bio dalam kajian di masa kini. Kategori penanda bio pendedahan yang terakhir adalah c) penanda bio pengganti endogenus. Dalam kes tertentu, sesuatu bahan kimia boleh menyebabkan tindak balas internal yang spesifik kepada bahan kimia tersebut. Hasil tindak balas spesifik tersebut boleh diukur sebagai proksi atau pengganti pengukuran langsung bahan kimia asal. Walaubagaimanapun, terdapat pelbagai faktor yang mempengaruhi tindak balas endogenus dan penggunaan penanda bio ini disertai dengan ketidakpastian yang perlu dikenal pasti dan dibincangkan terlebih dahulu.



Variabel yang dikaji

Rajah 2: Rangka konseptual kajian asap rokok pasif (diadaptasi dari Zulkifli 2015)

Penanda bio kesan (Biomarker of effects)

Seperti yang telah diterangkan di awal bab ini, dalam terma hubungkait dengan kesan kepada kesihatan, penggunaan penanda bio boleh diaplikasi dalam pengukuran hubungan dos-respon di antara pendedahan dan kesan kepada kesihatan. Penanda bio kesan didefinisikan oleh *National Research Council*, (2006) sebagai suatu pengukuran biokimia, fisiologi, tingkah laku atau perubahan lain dalam organisma yang dikenalpasti berhubungkait dengan kebarangkalian kehadiran sesuatu penyakit. Dalam konteks kajian pendedahan asap rokok, metabolit 4-(metilnitrosamino)-1-(3-piridil)-1-butanol adalah contoh toksin dari matrik urin yang telah digunakan untuk menentukan impak pendedahan asap rokok (Melikian et al., 2007). Metabolit toksin tersebut adalah antara metabolit karsinogen yang spesifik kepada pendedahan asap rokok walaupun nikotin atau kotinin adalah bukan karsinogen, tetapi bahan kimia lain contohnya benzen, *N*-nitrosamine, amin aromatik dan lain-lain yang telah terbukti sebagai karsinogen (Hecht, 2002). Memandangkan asap rokok telah dikaitkan dengan 30% kematian akibat kanser di negara maju, penyelidikan yang menggunakan penanda bio metabolit kanser yang boleh diukur sebelum kanser tersebut memberi kesan secara fizikal kepada perokok adalah amat bermanfaat dalam konteks evaluasi potensi risiko kepada kesihatan.

Mengikut EPA, contoh lain penanda bio kesan adalah kolinesterase di dalam sampel darah yang akan berkurangan akibat pendedahan kepada pestisid organofosfat dan *N*-metil karbamat. Pengukuran tahap kolinesterase adalah suatu indeks pengukuran yang bermanfaat untuk pemantauan pekerja agrikultur dan pengenalpastian pekerja yang berisiko kepada pendedahan pestisid. Walaupun terdapat saintis yang menganggap bahawa pengurangan kolinesterase di dalam darah adalah lebih berkait dengan kesan negatif kepada kesihatan, kolinesterase di dalam literatur selalunya diklasifikasikan sebagai penanda bio pendedahan (National Research Council, 2005). Ini adalah kerana pengurangan kolinesterase di dalam darah adalah tidak selalunya sebuah indikator toksisiti yang baik berbanding dengan tahap kolinesterase di dalam otak, oleh itu fungsinya sebagai penanda bio kesan adalah tidak begitu sesuai (Gupta, 2014).

Terdapat beberapa kategori penanda bio kesan, iaitu 1) bioindikator, 2) hasil akhir yang tidak ditentukan (*undetermined consequences*) dan 3) pengganti exogenous. Bioindikator merupakan penanda bio yang ideal bagi kesan yang mempunyai mekanisme yang jelas menghubungkan penanda dan impak kepada kesihatan. Manakala penanda bio hasil akhir yang tidak ditentukan merupakan indikator yang terhad penggunaannya kerana hubung kait sebab dan akibat adalah tidak diketahui dengan jelas. Contohnya adalah penanda stres oksidatif yang dikaitkan dengan pelbagai hasil akhir, tetapi hubungkait yang jelas masih belum dapat diberikan.

Penanda bio yang terakhir adalah pengganti exogenous. Selari dengan penanda bio pengganti endogenous, bahan kimia tertentu yang telah diketahui kesan pendedahannya, kebiasaannya akan disertai dengan kesan lain yang boleh digunakan sebagai indikator pengganti kepada kesan pendedahan yang utama. Contoh yang mudah mengikut EPA adalah paranitrofenol iaitu metabolit kepada metil paration. Pengukuran pendedahan metil paration kepada manusia dilakukan dengan mengukur paranitrofenol di dalam urin dan pengukuran tersebut digunakan sebagai indikator toksisiti kepada perencatan asetilkolinesterase akibat metil paration. Walaubagaimanapun, penggunaan pengganti eksogenous adalah terhad kerana ianya tidak dapat membezakan kesan yang terhasil dari pendedahan faktor ekstrinsik dan intrinsic yang lain yang mungkin boleh mempengaruhi keterukkan hasil akhir tersebut. Oleh yang demikian, penggunaan pengganti eksogenous sebagai penanda bio adalah terhad kepada bahan kimia yang ingin diukur, untuk mengurangkan potensi kesan pembaur dan untuk mengurangkan ketidakpastian yang berkait dengan pengukuran penanda bio pengganti tersebut.

Penanda bio kerentanan (Biomarker of susceptibility)

Penanda bio kerentanan adalah indikator keupayaan yang wujud atau diperolehi oleh sesuatu organisma yang merubah atau memodifikasikan respon badan terhadap pendedahan kepada sesuatu agen eksogenous atau luaran. Contoh mudah penanda bio kerentanan adalah untuk individu yang kekurangan ciri genetik tertentu di dalam DNANYa untuk menghasilkan enzim glutation transferase, individu tersebut adalah lebih rentan kepada kanser paru-paru kerana enzim glutation transferase adalah salah satu enzim yang terlibat dalam detoksifikasi asap rokok (Perera, 1997).

KESIMPULAN

Sebagai kesimpulan, penggunaan penanda bio jelas banyak bermanfaat kepada kajian yang berkait dengan perubatan dan kesihatan persekitaran. Penggunaannya tidak terhad kepada penentuan penyakit sahaja tetapi ianya mampu mencerminkan keseluruhan spektrum pendedahan, manifestasi klinikal peringkat permulaan hinggalah kepada tahap kronik. Ianya juga boleh digunakan sebagai indeks pengukur risiko yang amat bermanfaat dalam pencegahan primer.

RUJUKAN

Akta Malaysia 2004. (2008). Akta Makanan 1983. Peraturan Kawalan Produk Tembakau 2004. Malaysia.

Benowitz NL. (1996). Cotinine as a biomarker of environmental tobacco smoke exposure. *Epidemiol Rev*; 18,188-204.

Environmental Protection Agency 2014. <http://www.epa.gov/pesticides/science/biomarker.html>

Gupta RC. (2014). Biomarkers of Toxicology. Academic Press Publication. Page 1066-1067.

- Hecht SS. (2002). Human urinary carcinogen metabolites: biomarkers for investigating tobacco and cancer. *Carcinogenesis*, 23(6),907-922.
- Heinrich J, Hölscher B, Seiwert M, Carty CL, Merkel G, Schulz C. (2005). Nicotine and cotinine in adults' urine: The German Environmental Survey 1998. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 15,74–80. doi:10.1038/sj.jea.7500373
- Jarvis MJ, Fidler J, Mindell J et al. (2008). Assessing smoking status in children, adolescents and adults: Cotinine cut-points revisited. *Addiction*; 103, 1553-61.
- Jarvis MJ, Goddard E, Higgins V et al. (2000). Children's exposure to passive smoking in England since the 1980s: Cotinine evidence from population surveys. *Bri Med J*; 321: 343-5.
- Kapka-Skrzypczak, L., Cyranka, M., Skrzypczak, M., Kruszewski, M., (2011). Biomonitoring and biomarkers of organophosphate pesticides exposure – state of the art. *Ann. Agric. Environ. Med.*, 18, 294–303.
- Melikian AA, Djordjevic MV, Chen S, Richie JJ, Stellman SD. (2007). Effect of delivered dosage of cigarette smoke toxins on the levels of urinary biomarkers of exposure. *Cancer Epidemiology, Biomarkers dan Prevention*, 16(7),1408-1415.
- National Research Council. (2006). Committee on Human Biomonitoring for Environmental Toxicants, Human biomonitoring for environmental chemicals. National Academies Press.
- Perera FP. 1997. Environment and cancer: who are susceptible? *Science*. 278:1068-1073.
- Review of the Department of Defense Research Program on Low-Level Exposures By Committee on Toxicology, Subcommittee on Toxicologic Assessment of Low-Level Exposures to Chemical Warfare Agents, Board on Environmental Studies and Toxicology, Division on Earth and Life Studies, National Research Council 2005. National Academic Press.
- Ryan L, Huang W, Thurston SW, Kelsey KT, Wiencke JK, Christiani DC. (2004). On the use of biomarkers for environmental health research. *Statistical Methods for Medical Resesearch* 13(3):207-25.
- World Health Organization (WHO). Environmental Health Criteria 237. (2006). Principles for evaluating health risks in children associated with exposure to chemicals.
- Zulkifli, A. (2015). Secondhand Smoke Exposure and Its Association With Respiratory Symptoms Among Adolescents In Malaysia. Tesis Sarjana, Universiti Putra Malaysia.

7

Atmosfera Bumi dan Tindakbalas Kimia Pencemaran Udara

Fazrul Razman Sulaiman ¹

¹ *Fakulti Sains Gunaan, Universiti Teknologi MARA Pahang, 26400 Bandar Tun Abdul Razak Jengka
Pahang Darul Makmur*

PENGENALAN

Pencemaran udara telah menjadi salah satu isu perdebatan pada masa kini. Kemajuan sains dan teknologi tidak mampu membendung pencemaran udara daripada terus berlaku. Ketua-ketua kerajaan terpaksa bersidang dan berbincang, contohnya di Kyoto dan Montreal, dan masing-masing menzahirkan komitmen terhadap nasib atmosfera kita. Media juga tidak ketinggalan berperanan mengetengahkan masalah ini hingga menerbitkan rasa bimbang dalam kalangan masyarakat dunia kini.

Kita harus sedar masalah pencemaran ini bukanlah fenomena semulajadi semata, namun akibat kerakusan manusia sendiri. Sebagaimana yang ditegaskan oleh Allah dalam surah Ar-Rum ayat 41, *“Telah timbul berbagai kerosakan dan bala bencana di darat dan di laut dengan sebab apa yang telah dilakukan oleh tangan manusia; (timbulnya yang demikian) kerana Allah hendak merasakan mereka sebahagian dari balasan perbuatan-perbuatan buruk yang mereka telah lakukan, supaya mereka kembali (insaf dan bertaubat)”*. Dalam ayat lain, Allah berfirman, yang bermaksud, *“...dan janganlah engkau melakukan kerosakan di muka bumi; sesungguhnya Allah tidak suka kepada orang-orang yang berbuat kerosakan”*, surah Al-Qasas ayat 77.

Pencemaran udara adalah masalah pencemaran yang disebabkan oleh bahan terampai (sama ada dalam bentuk pepejal, cecair ataupun gas) yang terkandung dalam ruang udara pada kepekatan yang tinggi dan mampu membahayakan kesihatan manusia, mengancam flora dan fauna dan bangunan serta persekitaran alam bina. Pencemaran udara juga boleh didefinisikan sebagai kehadiran satu atau lebih bahan cemar atau gabungannya di atmosfera dalam kuantiti dan jangka masa yang boleh menyebabkan kemudaratan kepada manusia, tumbuhan, haiwan atau harta benda (Wark dan Warner, 1981).

Tahukah kita bahawa atmosfera merupakan bahagian paling kecil dalam takungan geologi bumi? Disebabkan faktor ini ruang atmosfera bumi terdedah kepada risiko pencemaran. Walaupun berlaku sedikit peningkatan kepekatan bahan dilepaskan ke ruang udara, keadaan ini boleh menjurus kepada perubahan tindakbalas kimia yang berlaku di ruang atmosfera. Pencemaran udara juga merupakan satu fenomena yang dilihat adil kepada semua. Tidak dapat tidak, semua golongan masyarakat terpaksa menghadapinya, tiada pilihan lain.

Kita harus sedar bahawa masa percampuran bahan (*mixing time*) di ruang udara berlaku sangat pantas. Justeru itu, partikel pencemar daripada Jepun misalnya, boleh sampai ke ruang udara Amerika Utara dalam masa yang singkat dengan dibantu oleh faktor cuaca seperti arah dan laju angin. Percampuran bahan cemar ini di samping boleh disebarluaskan ke tempat lain, ia juga mengalami proses pencairan. Sebagai perbandingan, pencampuran bahan cemar di takungan geologi bumi yang lain mengambil masa yang lama hingga berjuta tahun untuk berlaku. Penulis akan menerangkan dengan lebih lanjut mengenai tindakbalas kimia yang berlaku di ruang udara serta kesan-kesan pencemaran udara dalam sub-sub tajuk yang berikut. Teruskan membaca!

KOMPOSISI ATMOSFERA

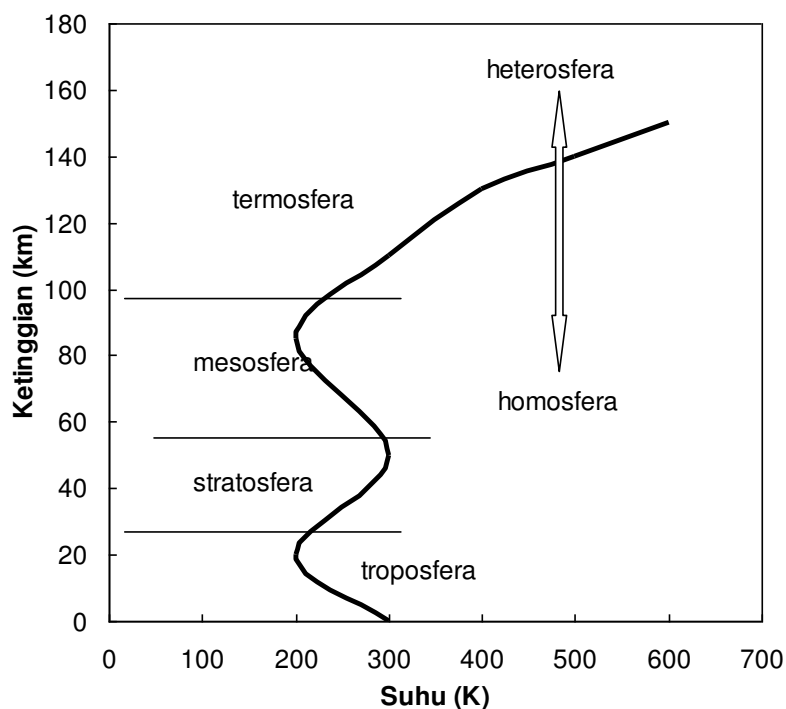
Sebelum membincangkan komposisi atmosfera, mari kita hayati sejenak firman Allah dalam surah Maryam ayat 65, “*Tuhan yang mencipta dan mentadbirkan langit dan bumi serta segala yang ada di antara keduanya; oleh itu, sembahlah engkau akan Dia dan bersabarlah dengan tekun tetap dalam beribadat kepadaNya; adakah engkau mengetahui sesiapaupun yang senama dan sebanding denganNya?*”

Komposisi udara adalah hampir sama di seluruh permukaan bumi. Ini disebabkan oleh tingginya kebolehpayaan percampuran bahan berlaku secara mendatar (*horizontal*) dan putaran bumi. Percampuran secara menegak (*vertical*) pula berlaku disebabkan pemanasan permukaan bumi oleh sinaran radiasi solar daripada matahari.

Ruangan paling bawah iaitu troposfera yang kita diami ini merupakan ruang percampuran lengkap disebabkan pergerakan molekul melalui bendalir (cecair ataupun gas) atau disebut sebagai konveksi (*convection*). Fenomena ribut petir adalah contoh daya konveksi yang biasa berlaku di troposfera. Suhu menurun dengan peningkatan ketinggian kawasan di troposfera. Tenaga solar memanaskan permukaan bumi dan keadaan ini memanaskan ruang udara troposfera dengan haba terperangkap dan menyebabkan percampuran konvektif berlaku. Udara panas adalah ringan dan apabila mengenai permukaan bumi udara panas ini akan naik ke atas.

Bagaimanapun, pada aras ketinggian 15-25 km, atmosfera dipanaskan oleh penyerapan sinaran ultraviolet oleh oksigen (O_2) dan ozon (O_3). Peningkatan suhu dengan ketinggian menyebabkan bahagian atas atmosfera lebih stabil. Udara sejuk yang berat di bahagian bawah tidak berupaya untuk naik ke atas. Pada aras ketinggian ini, lapisan atmosfera mempunyai lapisan strata yang lebih nyata dan dikenali sebagai stratosfera. Di ruang ini juga lapisan ozon yang kita ketahui terbentuk. Walaupun lebih stabil, di stratosfera juga berlaku percampuran lengkap berbanding lapisan-lapisan lain di atas.

Percampuran adalah lemah di ruang udara pada aras ketinggian 120 km sehingga menyebabkan molekul gas boleh terpisah di bawah pengaruh pemendapan graviti. Kepekatan relatif atom oksigen dan nitrogen adalah lebih tinggi dan berada di bawah manakala hidrogen dan helium yang lebih ringan berada di bahagian atas. Rajah 1 menunjukkan lapisan-lapisan atmosfera bumi. Pemendapan graviti berlaku pada lapisan yang dikenali sebagai heterosfera. Bahagian percampuran berlaku lebih baik iaitu di bawah dinamakan homosfera. Lapisan heterosfera adalah sangat tinggi (mencecah ratusan kilometer), oleh itu tekanan adalah sangat rendah. Di lapisan percampuran pelbagai gas, seperti troposfera, tekanan gas-gas ini akan menurun dengan kadar yang sama dengan jumlah tekanan keseluruhan.



Rajah 1: Struktur lapisan-lapisan atmosfera bumi mengikut ketinggian (dalam unit kilometer) dan pertalian dengan suhu (dalam unit Kelvin)

Kita semua mengetahui bahawa troposfera bumi mengandungi dua gas utama iaitu nitrogen dan oksigen. Wap air juga merupakan gas yang penting tetapi kepekatan wap air adalah berbeza-beza. Wap air bergantung kepada suhu. Karbon dioksida di ruang udara kita rendah kepekataannya. Kebanyakan gas-gas ini mempunyai kepekatan yang malar (tetap) di ruang udara. Komposisi gas di ruang udara tidak tercemar ditunjukkan dalam Jadual 1.

Jadual 1: Komposisi gas di ruang udara

Gas	Kepekatan
Nitrogen	78.08%
Oksigen	20.95%
Argon	0.93%
Wap air	0.5-4%
Karbon dioksida	360ppm
Gas-gas nadir (helium, metana, hidrogen, kripton, xenon)	8.66ppm

* Sumber: Diubahsuai daripada Andrew et al., (2004)

PUNCA PENCEMARAN

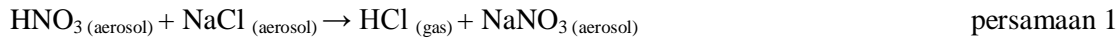
Terdapat banyak punca atau sumber pencemaran udara, yang boleh dikategorikan sebagai sumber semulajadi dan sumber buatan manusia (antropogenik). Sumber semulajadi boleh dibahagikan kepada sumber geokimia dan sumber biologi. Kita tidak perlu terlalu gusar dengan sumber pencemar semulajadi ini kerana ia memiliki imbang dan kitaran tersendiri. Bagaimanapun, sesetengah punca pencemaran ini sukar untuk dikategorikan. Misalannya, pembakaran hutan, adakah ianya berpunca daripada geokimia, biologi atau buatan manusia? Ini lebih mengelirukan apabila hutan berkenaan adalah hutan yang ditanam ataupun pembakaran berpunca daripada aktiviti manusia.

Sumber semulajadi

Sumber geokimia

Sumber geokimia yang utama adalah habuk daripada tiupan angin dan semburan air laut yang membawa bahan pejal dalam jumlah yang banyak ke ruang udara. Habuk ini adalah tanah yang berasal daripada kawasan-kawasan gurun. Jika habuk ini sangat halus, ia boleh disebarkan meliputi kawasan yang sangat luas. Bagaimanapun, habuk-habuk ini tidak reaktif secara kimia, justeru kesan secara kimia di ruang udara tidak dapat kita buktikan. Berbeza dengan angin yang membawa semburan air laut kerana ia membawa partikel-partikel garam yang reaktif secara kimia.

Partikel garam daripada laut adalah bersifat hidroskopik. Dalam keadaan udara yang lembab, partikel halus ini (contohnya kristal NaCl) menarik air dan membentuk titisan larutan pekat ataupun aerosol. Selalunya tindakbalas ini berlaku dalam proses pembentukan awan. Jika terdapat asid kuat seperti asid nitrik (HNO₃) di ruang udara, titisan-titisan kecil ini boleh dilarutkan dan hidrogen klorida boleh terbentuk seperti tindakbalas kimia berikut:



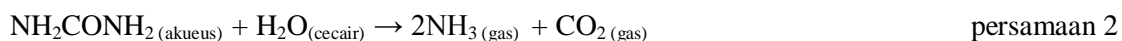
Meteor yang masuk ke ruang atmosfera bumi juga menyumbang kepada kehadiran partikel-partikel di udara. Namun, ini adalah penyumbang yang kecil berbanding habuk-habuk daripada tiupan angin mahupun pembakaran hutan. Meteor memainkan peranan dalam lapisan atmosfera yang lebih tinggi kerana gas di lapisan atmosfera atas memiliki ketumpatan yang rendah.

Selain itu, letusan gunung berapi yang kuat juga mengakibatkan habuk wujud di ruang udara hingga ke lapisan stratosfera. Partikel-partikel daripada letusan gunung berapi ini boleh mengubah suhu global kerana menyekat sinaran matahari. Selain habuk, gunung berapi juga mengeluarkan gas-gas seperti sulfur dioksida, hidrogen klorida dan hidrogen florida. Gas-gas ini boleh bertindakbalas di lapisan stratosfera untuk menyumbang kepada penghasilan partikel-partikel lain di udara. Secara tidak langsung letusan gunung berapi boleh menyebabkan pelbagai partikel di ruang udara seperti H₂SO₄. Pun begitu, kita harus sedar bahawa letusan gunung berapi adalah bergantung pada masa dan tempat. Ia tidak berlaku sepanjang masa, selepas berlaku satu letusan yang kuat, mungkin selang masa untuk berlaku satu lagi letusan yang kuat adalah lama.

Sumber biologi

Partikel di ruang udara yang berpunca daripada sumber biologi tidaklah sebesar sumber geokimia yang kita telah bincangkan. Melainkan pembakaran hutan kita kategorikan sebagai punca biologi. Hutan memainkan peranan penting dalam pertukaran gas di ruang udara. Gas utama, seperti karbon dioksida dan oksigen, terlibat dalam proses fotosintesis dan pernafasan (respirasi). Pun begitu, hutan juga menyumbang kepada bahan organik surih (*trace*). Contohnya, hutan merupakan sumber asid organik, aldehid dan terpenes (sejenis lipid). Hutan adalah penyumbang utama gas, namun peranan mikroorganisma dalam menghasilkan gas-gas surih juga penting. Metana, sebagai contoh, adalah dihasilkan oleh tindakbalas dalam sistem anaerobik.

Tanah adalah kaya dengan sebatian nitrogen, justeru pelbagai reaksi kimia menghasilkan gas-gas nitrogen di udara. Urea (NH₂CONH₂) adalah contoh tipikal sebatian nitrogen dalam tanah. Proses hidrolisis menghasilkan ammonia (NH₃), dan karbon dioksida (CO₂) seperti berikut:



Hidrolisis yang berlaku adalah tindakbalas alkali, menghasilkan ammonia tetapi dalam keadaan asid, ia juga boleh bertindakbalas dengan membentuk ion ammonium (NH_4^+);



Tumbuhan boleh menyerap ammonia atau ion ammonium secara terus. Seseengah mikroorganisma, *Nitrosomonas* sebagai contoh, mampu mengoksidakan ammonia dan menggunakan ia sebagai sumber tenaga untuk proses respirasi. Satu contoh tindakbalas kimia yang berlaku adalah;



Nitrous oksida (N_2O) adalah satu contoh gas surih yang stabil di troposfera. Sebatian nitrogen dalam tanah banyak menghasilkan pelbagai gas-gas lain seperti N_2 , nitrogen oksida (NO) dan ammonia (NH_3).

Mikroorganisma di lautan juga menghasilkan gas-gas surih yang dibebaskan ke ruang udara. Air laut kaya dengan sulfat dan klorida terlarut. Mikrob di persekitaran marin ini menggunakan elemen-elemen ini untuk menghasilkan gas-gas sulfur dan halogen. Nitrogen bagaimanapun mempunyai kepekatan yang sangat rendah dalam air laut, oleh itu, laut bukanlah sumber utama gas surih daripada nitrogen.

Sumber antropogenik (buatan manusia)

Pencemar primer

Pencemaran udara juga disebabkan oleh aktiviti-aktiviti manusia. Kesan pencemaran udara adalah sangat ketara jika kita lihat di kawasan-kawasan bandar. Kualiti udara dan atmosfera di kebanyakan tempat di dunia, khususnya bandar raya dan kawasan perindustrian telah merosot dengan teruk hingga banyak kawasan tersebut mengalami masalah pencemaran udara yang serius (Sham Sani, 1983). Oleh itu, penulis ingin membincangkan tindakbalas kimia yang berlaku di ruang udara kawasan perbandaran.

Secara umum, bahan pencemar yang dilepaskan terus ke ruang udara dikenali sebagai pencemar primer. Asap adalah contoh tipikal pencemar primer ini. Sementara itu, banyak tindakbalas kimia berlaku di atmosfera, hasil tindakbalas ini dipanggil pencemar sekunder. Hakikatnya, banyak pencemar primer juga boleh bertindakbalas menghasilkan pencemar sekunder. Masalah pencemaran udara di bandar berpunca daripada aktiviti pembakaran. Pembakaran bahan api fosil telah menyebabkan masalah pencemaran ini menjadi lebih serius. Bahan api fosil mengandungi hidrokarbon. Biasanya pembakaran bahan api fosil ini adalah tindakbalas pengoksidan seperti berikut:



(Bahan api + oksigen → karbon dioksida + air)

Tindakbalas ini mungkin tidak menghasilkan bahan toksik atau berbahaya. Namun apakah yang akan terhasil jika bekalan oksigen untuk pembakaran ini kurang seperti yang berlaku dalam enjin? Mari kita lihat tindakbalas berikut:



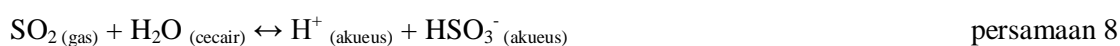
Gas karbon monoksida yang sangat bahaya telah dihasilkan. Dengan bekalan oksigen yang makin sedikit, pembakaran akan menghasilkan asap karbon:



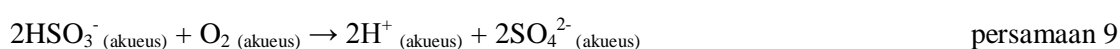
Pada suhu yang rendah dan bekalan oksigen juga rendah, tindakbalas pirolisis pula berlaku. Tindakbalas ini adalah tindakbalas pemecahan (*decomposition*) akibat haba dan boleh menghasilkan bahan kimia yang dikenali sebagai *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAH) semasa pembakaran. PAH adalah sebatian kimia yang sangat berbahaya kepada hidupan, sebagai contoh, benzo[a]pyrene yang merupakan bahan penyebab kanser.

Selain itu, bahan pencemar daripada bahan api fosil seperti sulfur turut menyumbang kepada masalah pencemaran udara. Punca utama bahan cemar sulfur di udara kawasan bandar adalah daripada sumber tidak bergerak seperti stesen janakuasa, cerobong asap dan relau pembakaran. Asap dan sulfur dioksida adalah pencemar primer disebabkan kedua-duanya terhasil secara terus dari punca dan dibebaskan ke udara dalam bentuk yang sama.

Contoh klasik pencemaran udara adalah masalah asbut (*smog*) yang berlaku di London pada musim sejuk tahun 1950an. Keadaan yang berkabus dan penggunaan bahan api yang membebaskan asap sebagai pemanas musim dingin telah menyebabkan masalah pencemaran udara yang serius pada ketika itu. Sulfur dioksida (SO_2) agak larut dalam air oleh itu ia boleh terdapat dalam air terkondensasi di sekeliling partikel asap.



Unsur logam seperti besi, Fe atau mangan, Mn boleh menjadi pemangkin (*catalyst*) untuk pertukaran SO_2 terlarut kepada asid sulfurik.



Asid sulfurik mempunyai keupayaan (*affinity*) yang tinggi terhadap air, oleh itu titisan kabus menyerap lebih banyak air dan menjadi semakin tebal. Masalah kesihatan berkaitan pernafasan telah meningkat mendadak. Walaupun petugas kesihatan pada masa itu menyedari bahawa keadaan berkabus itu memberi kesan kepada kesihatan, mereka tidak mampu untuk menghalang asap daripada terus dilepaskan.

Pencemar sekunder

Setakat ini, kita membincangkan bahan cemar udara berpunca dari sumber-sumber tidak bergerak yang lebih menggunakan bahan api fosil seperti arang batu/kayu. Namun kini punca pencemaran udara telah berubah kepada bentuk baharu. Bentuk baharu ini terhasil daripada pemeruapan bahan api cecair. Kenderaan bermotor yang menjadi pengguna bahan api cecair ini menjadi penyebab utama masalah pencemaran udara kini.

Sebagaimana telah dibincangkan sebelum ini, pencemar sekunder yang utama bukanlah gas yang dibebaskan ke ruang udara secara terus. Bahan cemar sekunder terbentuk di ruang udara dan merupakan hasil tindakbalas kimia bahan cemar primer seperti nitrogen oksida (NO) dan bahan api tak terbakar yang berasal dari kenderaan bermotor. Tindakbalas kimia yang menghasilkan pencemar sekunder ini berlaku dengan lebih berkesan dengan kehadiran cahaya matahari dan dikenali sebagai tindakbalas fotokimia.

Kita telah ketahui bahawa kandungan gas udara yang utama adalah campuran komposisi N₂ dan O₂. Pada suhu yang tinggi, apabila berlakunya pembakaran, molekul udara boleh berpecah seperti berikut;



Persamaan 11 menghasilkan atom oksigen, yang mana boleh bertindakbalas semula dengan persamaan 10. Jadi apabila kita cantumkan dua tindakbalas ini, kita akan dapat;



Nitrogen oksida terhasil daripada pembakaran. Ia terhasil kerana kita tidak membakar bahan api dalam oksigen sahaja sebaliknya dalam udara. Pengoksidaan nitrogen oksida ini dalam udara menghasilkan gas nitrogen dioksida yang berwarna perang. Warna perang gas ini bermaksud ia menyerap cahaya dan aktif secara fotokimia.



Persamaan di atas bukan sahaja membentuk semula NO malahan turut memisahkan atom oksigen dan mengaktifkannya untuk membentuk ozon, (O₃);



Ozon merupakan pencemar utama dalam tindakbalas fotokimia di lapisan troposfera. Bagaimanapun, ozon ini bukan dibebaskan oleh kenderaan bermotor, tetapi terbentuk di ruang udara dan inilah yang dikatakan pencemar sekunder. Mungkin kita sedikit keliru, ozon dikatakan pelindung daripada sinaran cahaya matahari yang berbahaya. Sebenarnya lapisan ozon pelindung yang dimaksudkan adalah lapisan ozon di stratosfera. Sebaliknya ozon yang terbentuk di troposfera adalah berbahaya dan merupakan pencemar sekunder.

Ozon di troposfera

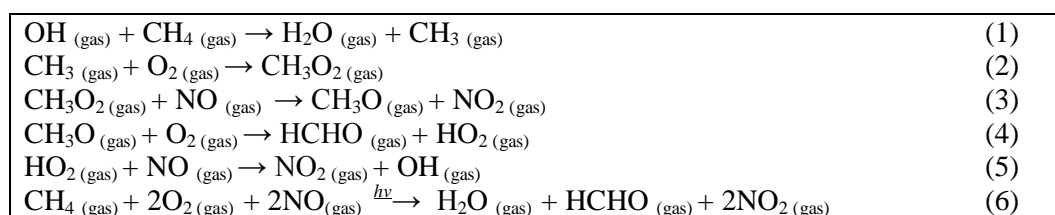
Persoalan timbul, mengapa ozon di troposfera berbahaya? Kita akan lihat tindakbalas fotokimia yang melibatkan nitrogen oksida (NO dan NO₂) dan ozon (O₃) untuk lebih memahami mengapa ozon berbahaya.



M dalam persamaan di atas merujuk kepada partikel pemangkin, seperti N₂ atau O₂, yang menyerap tenaga berlebihan yang dihasilkan semasa pembentukan molekul ozon. Molekul ozon ini akan terurai secara fotokimia. Kemudian atom oksigen akan bertindakbalas dengan wap air membentuk radikal hidroksi (OH).



Radikal OH inilah yang memainkan peranan utama dalam pengoksidaan bahan organik meruap (VOC) yang biasanya dilepaskan oleh bahan api yang mengandungi hidrokarbon. Tindakbalas kimia seterusnya yang berlaku akan menghasilkan aldehid yang boleh menyebabkan iritasi mata dan boleh menyebabkan kanser pada kepekatan yang tinggi. Tindakbalas kimia ini umumnya adalah kompleks tetapi kita cuba kaji tindakbalas yang melibatkan metana sebagai contoh di mana aldehid yang terhasil adalah formaldehid (HCHO) seperti dalam Rajah 2.



Rajah 2: Contoh tindakbalas fotokimia yang melibatkan metana yang berlaku di ruang udara

REAKTIVITI BAHAN-BAHAN SURIH (*TRACE*) DI RUANG ATMOSFERA

Kita mengetahui gas yang mempunyai masa mastautin (*residence*) yang pendek di ruang udara mudah untuk disingkirkan. Sebahagiannya mungkin diserap terus oleh tumbuhan, bahan pepejal atau air laut. Tahukah kita tindakbalas kimia menjadi penyebab mengapa gas mempunyai masa *residence* yang singkat? Sekarang, kita mungkin bertanya, apakah agaknya penyebab tindakbalas gas di ruang udara. Sebenarnya, gas-gas surih tidak reaktif kepada gas-gas utama dalam udara, tetapi kepada bahagian molekul air, yang disebut radikal hidroksi (OH). Bahan radikal ini terbentuk secara tindakbalas fotokimia, bermula dengan photon cahaya, *hv*, seperti yang telah kita bincang dalam tajuk pencemar sekunder sebelum ini (sila rujuk persamaan 16 dan 17).

Radikal OH ini bertindakbalas dengan banyak komposisi udara maka tidak hairanlah ia mempunyai masa *residence* yang singkat. Tindakbalas radikal OH ini dengan nitrogen dioksida (NO₂) boleh menghasilkan asid nitrik (HNO₃), komponen penting dalam hujan asid.



Ujikaji makmal telah membuktikan bahawa gas yang mempunyai kadar tindakbalas yang perlahan dengan bahan radikal ini biasanya mempunyai masa *residence* yang panjang di ruang udara. Kloroflorokarbon, CFC, misalannya kurang bertindakbalas secara kimia dengan bahan radikal OH ini. Justeru, gas ini boleh bertambah di ruang udara dan mampu menembusi ruang troposfera ke lapisan stratosfera. Di stratosfera, terdapat perbezaan tindakbalas kimia yang berlaku, di mana radikal OH bukan lagi pemain utama tindakbalas untuk berlaku. Sebaliknya atom oksigen, O, memainkan peranan utama, di mana gas yang bertindakbalas dengannya akan mengganggu pembentukan ozon, O₃ (O_(gas) + O_{2(gas)} → O_{3(gas)}).

Ini bermakna CFC adalah salah satu gas yang menyebabkan penipisan lapisan ozon di stratosfera. Sesetengah tindakbalas boleh menghasilkan partikel di ruang udara. Majoriti partikel boleh disingkirkan melalui hujan dan seterusnya mempunyai jangka hayat yang singkat di udara. Namun begitu, partikel yang bersaiz 0.1 hingga 1 μm tidak boleh disingkirkan melalui hujan dan memiliki jangkahayat yang lebih panjang di udara.

KESAN-KESAN PENCEMARAN UDARA

Kesihatan

Kita telah mengetahui sedikit sebanyak kesan partikel asap daripada pencemar primer dan pencemar sekunder terhadap kesihatan sebagaimana dinyatakan dalam tajuk sebelum ini. Bahan-bahan pencemar udara penting untuk dibincangkan kerana kesannya kepada kesihatan manusia. Kesan habuk daripada asap aktiviti pembakaran misalnya, boleh mengakibatkan masalah pada sistem

pernafasan kita. Pendedahan kepada pencemaran udara mungkin menyebabkan fungsi sistem imunisasi terganggu dan meningkatkan masalah pernafasan terutamanya kepada golongan kanak-kanak (Ilabaca et al., 1999). Selain itu, kita juga perlu mengambilkira pelbagai lagi bahan-bahan cemar surih yang lain yang turut memberi kesan negatif.

Sistem pernafasan manusia adalah bahagian badan yang selalunya menerima kesan utama akibat pencemaran udara. Kawasan sensitif bermula daripada membran hidung hingga ke paru-paru. Dalam sistem pernafasan dalaman iaitu paru-paru, saluran-saluran bronkiol akan berakhir dengan alveoli. Alveoli membekalkan luas permukaan lebih daripada 100 m^2 untuk pertukaran gas berlaku. Partikel atau pepejal terampai berinteraksi dengan cara berbeza dalam sistem pernafasan kita. Saiz partikel adalah penentu samada ia boleh dipindah ke dalam paru-paru. Partikel sangat halus mampu menembusi paru-paru dan kekal untuk satu tempoh masa yang lama (Harrop, 2002). Pelarutan bahan pejal boleh berlaku menyebabkan sesetengahnya mampu masuk ke dalam darah. Situasi ini membimbangkan kerana kebanyakan partikel halus adalah berpunca daripada enjin diesel yang mengandungi logam toksik dan bahan organik (Botkin dan Keller, 2000).

Dua gas utama dalam tindakbalas fotokimia, iaitu ozon dan nitrogen oksida, telah menyebabkan masalah berkaitan sistem pernafasan. Ozon mampu memusnahkan fungsi paru-paru. Nitrogen oksida pula dalam kepekatan yang tinggi menjadi masalah kepada pesakit asma. Kewujudan sebatian kimia yang mengandungi oksigen di ruang udara seperti aldehid mengakibatkan kesan iritasi kepada mata, hidung dan tekak.

Kenderaan bermotor bukan sahaja menjadi punca tindakbalas fotokimia yang menghasilkan bahan cemar sekunder. Malah, kenderaan bermotor juga melepaskan bahan pencemar lain seperti plumbum (Pb) dan benzene (C_6H_6). Plumbum banyak digunakan kerana mampu meningkatkan prestasi enjin. Plumbum adalah bahan bertoksin dan dikaitkan dengan beberapa masalah kesihatan terutamanya kepada perkembangan minda kanak-kanak yang terdedah kepada plumbum. Justeru, bahan api tanpa plumbum telah mula diperkenalkan pada awal tahun 1970an di Amerika Syarikat. Sejak itu, penggunaan bahan api tanpa plumbum semakin meluas dan kini hampir tiada bahan api berplumbum digunakan. Terdapat bukti kajian menunjukkan pengurangan plumbum yang berpunca daripada kenderaan telah menyebabkan penurunan kandungan plumbum dalam darah. Bagaimanapun, kita harus sedar pengurangan kandungan plumbum dalam udara tidak mengurangkan kesan kesihatan terhadap kanak-kanak. Ini disebabkan pengambilan makanan di kalangan kanak-kanak adalah tinggi secara relatif dengan berat badan mereka. Plumbum dalam makanan mungkin berpunca daripada udara, tetapi pemprosesan makanan juga mungkin menyebabkan kandungan plumbum tinggi dalam makanan.

Benzene pula wujud secara semulajadi dalam minyak mentah dan ia sangat berguna kerana boleh mengelakkan pra-pencucuhan (*pre-ignition*) dalam bahan api tanpa plumbum. Benzene juga adalah bahan yang boleh menyebabkan kanser (karsinogen). Kandungan benzene yang tinggi boleh dikesan di ruang udara bandar-bandar besar. Selain benzene, toluene juga satu lagi sebatian kimia yang terkandung dalam petrol. Ia kurang menjadi bahan penyebab kanser tetapi ia boleh bertindakbalas membentuk sebatian peroksiasetilnitrate (PAN) yang boleh mengakibatkan iritasi mata.

Bangunan dan tumbuhan

Pada masa lalu, apabila asap merupakan bahan cemar udara utama, kesannya begitu mudah dilihat. Sehingga hari ini kerak hitam pada bangunan-bangunan lama di bandar-bandar besar dunia masih kekal. Selain itu, pertumbuhan flora juga terjejas. Pada awal abad lalu, pokok-pokok di sekitar kawasan perindustrian menjadi kehitaman. Tumbuhan juga sensitif kepada SO₂ dan salah satu kesan awalnya adalah perubahan dalam proses fotosintesis.

Pembakaran bahan api tradisional mengandungi SO₂ dan produk pengoksidaannya adalah asid sulfurik (H₂SO₄), selain daripada asap. Asid sulfurik adalah agen peluntur kuat dan mengakibatkan hakisan dan luluhawa pada dinding batu bangunan. Arkitek sering kali menyatakan lapisan sulfur memusnahkan hingga 10 cm ketebalan pada batu *calcareous* menerusi persamaan:



Asid sulfurik menukarkan batu kapur (CaCO₃) kepada *gypsum* (CaSO₄ .2H₂O). Perubahan ini adalah ketara kerana *gypsum* adalah mudah larut dan hilang dalam air hujan (Sulaiman, 2011). Lebih penting lagi, *gypsum* memerlukan jumlah ruang besar daripada batu kapur yang meningkatkan tekanan mekanikal hingga bahan yang mengandungi batu ini boleh meletup dari dalam.

Enjin diesel bukan lagi masalah kepada sebahagian besar kenderaan di benua Eropah, kereta juga telah direka bentuk untuk menggunakan bahan api kos rendah. Proses injeksi bahan api enjin diesel menjadikan bahan api dibebaskan sebagai titisan dalam enjin. Pembakaran yang berlaku bukanlah sempurna, oleh itu enjin diesel boleh membebaskan kuantiti asap yang banyak jika tidak diselenggara dengan betul. Asap dari diesel merupakan penyumbang signifikan kepada masalah kualiti udara di kawasan bandar.

Dalam ruang udara moden, ozon, O₃ juga merupakan pencemar yang memberi kesan kesihatan seperti tindakbalas yang telah dibincangkan sebelum ini. Bagaimanapun, gas reaktif ini menyerang ikatan gandadua pada molekul organik. Getah adalah bahan polimer yang mempunyai banyak ikatan gandadua, jadi ia boleh dimusnahkan oleh O₃. Tayar dan pengilap cermin kereta adalah terdedah kepada bahan oksidan namun kini getah sintetik memiliki ikatan gandadua yang mampu melindungi daripada dimusnahkan akibat tindakbalas dengan O₃.

Banyak pigmen dan bahan pewarna (*dye*) juga bertindakbalas dengan O₃. Oleh itu adalah penting untuk galeri seni di bandar-bandar untuk menapis udara, terutama yang menempatkan lukisan-lukisan menggunakan bahan pewarna tradisional. Nitrogen oksida juga memusnahkan pigmen. Ada kemungkinan nitrogen oksida meningkatkan kadar kemusnahan pada bangunan berbatu, namun tidak dipastikan bagaimana proses ini berlaku. Sesetengah penyelidik mengatakan NO₂ meningkatkan keberkesanan penghasilan H₂SO₄ pada permukaan batuan di bandar-bandar yang mempunyai kepekatan SO₂ sederhana tinggi.



Sesetengah yang lain mencadangkan bahan bernitrogen di ruang atmosfera tercemar menyebabkan pertumbuhan mikroorganisma makin efektif pada permukaan batuan dan meningkatkan kemusnahan biologi. Kemungkinan yang lain, tindakbalas fasa gas yang menghasilkan HNO₃ (persamaan 18) dan bahan ini termendap secara terus pada batuan *calcareous*. Habuk (*soot*) diesel juga boleh membawa nutrien organik pada permukaan dan boleh meningkatkan kesan kemusnahan biologi pada batuan.

Kita harus sedar bukan sahaja bahan-bahan yang musnah akibat pencemaran udara, tumbuhan juga sensitif kepada bahan pencemar udara hari ini. Ozon memusnahkan tumbuhan melalui pertukaran sel kepada ion yang penting seperti kalium. Tanda awal keadaan ini boleh dilihat dengan wujudnya kawasan tak telap air pada dedaun.

Pencemaran udara di bandar kekal sebagai isu yang mendapat perhatian umum. Di kebanyakan bandar, masalah tradisi adalah seperti pelepasan asap dan SO₂ dari sumber tak bergerak (*stationary*), namun masalah baharu telah muncul. Lebih tepat, kehadiran kenderaan bermotor dan penggunaan bahan api teruap telah memburukkan lagi keadaan. Ini bermakna penggubal undang-undang harus memberi perhatian kepada usaha mengurangkan pelepasan bahan organik ini ke ruang atmosfera.

TINDAKBALAS KIMIA DI RUANG STRATOSFERA

Pembentukan dan pemusnahan ozon

Gas-gas di atmosfera boleh bertindakbalas dengan radikal OH. Gas yang tidak bertindakbalas dengan OH di lapisan troposfera mampu wujud di ruang angkasa dan berpindah ke lapisan stratosfera ini termasuklah, OCS, N₂O dan CH₄. Apabila berada di ruang stratosfera, gas-gas ini bertindakbalas dengan atom oksigen. Di samping gas-gas semulajadi ini, terdapat juga gas-gas antropogenik surih yang bertindakbalas dengan radikal OH secara berterusan. Antaranya, CFC (klorofluorokarbon) yang dikenali kerana kesannya terhadap lapisan ozon di stratosfera.

Walaupun ozon di troposfera adalah gas berbahaya (toksin), tetapi ia memainkan peranan sangat penting di stratosfera untuk melindungi semua hidupan di bumi daripada sinaran UV berbahaya. Ozon adalah sangat sedikit di lapisan atas atmosfera kita. Ozon yang kebanyakan berada di stratosfera, jika dibawa turun ke bawah, hanya akan membentuk lapisan setebal 3 mm. Maka tidak hairan mengapa para saintis sangat bimbang kemusnahan ozon di stratosfera akibat kehadiran CFC.

Pembentukan ozon adalah proses fotokimia yang menggunakan tenaga dalam sinaran cahaya. Semakin pendek gelombang cahaya, semakin banyak tenaga yang dibawa. Sinaran ultraviolet (UV) kurang daripada 242 nm diperlukan untuk memecah molekul oksigen (O_2);



di mana hv adalah simbol mewakili photon UV. Apabila atom oksigen (O) terbentuk, ia boleh bertindakbalas dengan molekul oksigen (O_2);



Pembentukan ozon melalui proses fotokimia ini boleh diseimbangkan dengan tindakbalas pemusnahan ozon;

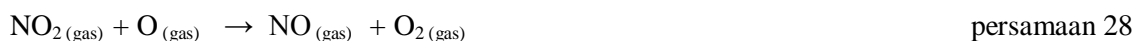


Kehadiran bahan M membawa lebih tenaga dalam tindakbalas pemusnahan ini. Bahan M mungkin O_2 atau molekul nitrogen (N_2). Tanpa kehadiran bahan M, oksigen (O_2) yang terbentuk mungkin berpecah lagi.

Pemusnahan ozon juga boleh berlaku dengan penglibatan spesies hidrogen seperti berikut:



Kehadiran spesies nitrogen seperti nitrik oksida (NO) daripada jet supersonik, atau N_2O yang merentasi troposfera ke stratosfera juga memusnahkan ozon;



N₂O pula boleh bertindakbalas seperti persamaan 27 melalui tindakbalas awal;



Tindakbalas melibatkan spesis-spesis ini memusnahkan ozon dan atom oksigen dan menghasilkan molekul OH dan NO. Bahan-bahan ini dikenali sebagai pemangkin (*catalyst*) kepada pemusnahan ozon. Tindakbalas katalitik ini menjadi penting terhadap tindakbalas kimia ozon di stratosfera kerana satu molekul pencemar mampu memusnahkan banyak molekul ozon.

Pemusnahan ozon oleh bahan berhalogen

Klorin semulajadi di stratosfera dipindahkan dalam bentuk metil klorida (CH₃Cl) yang mungkin berpunca daripada sumber marin dan biologi. Pun begitu, sumber semulajadi ini hanya 25 peratus klorin yang berpindah daripada troposfera. Dalam tahun 1970an penggunaan CFC dalam penyembur aerosol dan peti sejuk telah menyebabkan ia tersebar luas di troposfera. Tidak ada mekanisma untuk kemusnahan sebatian stabil ini di lapisan bawah atmosfera. Tetapi CFC yang berpindah ke lapisan stratosfera telah menyebabkan kebimbangan terhadap kesannya kepada lapisan ozon. Bahan sebatian stabil ini seperti CFCl₃ dan CF₂Cl₂ menyerap radiasi UV di antara 190-220 μm mengakibatkan tindakbalas berikut;



Tindakbalas-tindakbalas ini menghasilkan atom klorin bebas yang bertindakbalas dengan ozon dalam tindakbalas katalitik;



Bagaimanapun, ClO yang terhasil tidak semestinya bertindakbalas dengan atom oksigen. Ia boleh bertindakbalas dengan sebatian nitrogen;



Tindakbalas yang memusnahkan ozon ini turut menyingkirkan nitrogen dan klorin secara efektif. Namun, jika terdapat permukaan pepejal, klorin boleh dibebaskan;





Persamaan-persamaan 35-40 boleh diringkaskan:



Tindakbalas-tindakbalas seperti dalam persamaan 35-40 berlaku dengan pantas pada suhu yang rendah. Proses pada suhu rendah yang berlaku pada permukaan partikel inilah yang menghuraikan pengurangan ozon seperti yang dikaji di benua Antartika. Selain permukaan pepejal, titisan-titisan cecair juga mampu menjadi medium untuk tindakbalas ini berlaku.

Pada tahun 1990an, sebatian yang mengandungi bromin (halon) juga memainkan peranan penting dalam tindakbalas kimia di lapisan stratosfera. Bromoform (CHBr_3), gas yang dibebaskan secara semulajadi oleh laut, juga memainkan peranan, namun pelepasannya akibat aktiviti manusia adalah lebih dominan. Sebagai contoh, halon digunakan dalam pemadam api, adalah tidak bertoksik dan tidak meninggalkan kesan selepas sejatan (*evaporation*). Namun, bahan ini mampu membekal bromin dan klorin ke lapisan stratosfera. Justeru, ia telah diletakkan di bawah kawalan undang-undang dalam usaha untuk mengawal kesan aktiviti manusia terhadap lapisan ozon.

KESIMPULAN

Pada masa kini pelbagai langkah telah dan sedang diambil oleh pelbagai pihak untuk mengurangkan pencemaran udara. Langkah-langkah ini umumnya memupuk kesedaran yang luas terhadap alam sekitar khususnya komponen udara dan mencegah tindakan manusia yang memberi kesan negatif terhadapnya. Kita berharap langkah-langkah positif ini akan berterusan dan menjadi antara pertimbangan utama dalam pembentukan sebarang polisi kerajaan tanpa berkompromi dengan alam sekitar khususnya komponen udara.

Kita telah mengetahui sumber-sumber dan kesan-kesan buruk masalah pencemaran udara. Kita juga telah melihat secara umum bagaimana pencemar udara boleh terbentuk di ruang atmosfera bumi. Justeru, setelah menyedari ancaman bahaya pencemaran ini, kita perlu bersama mengembleng tenaga dan berusaha untuk mengambil tindakan mencegah atau sekurang-kurangnya mengawal keadaan. Mulakan dari rumah kita sendiri seperti tidak sewenang-wenangnya melakukan pembakaran terbuka. Sewajarnya kita sedar bahawa pencemaran udara bukan sahaja mempengaruhi cuaca dan iklim malah boleh mengancam kesihatan manusia sendiri.

Sedarlah bahawa alam ini adalah ciptaan Yang Maha Kuasa. Sesungguhnya, kita hanya meminjamnya daripada generasi akan datang dan tentu sekali kita tidak mahu dipersalahkan jika segalanya musnah pada masa hadapan dek kerakusan manusia hari ini. Artikel ini diharap dapat memberi kefahaman yang lebih jelas tentang pencemaran udara sekaligus mendekatkan kita dengan Pencipta alam. Renungkan firman Allah s.w.t dalam surah Al-A'raf ayat 56, “*Dan janganlah kamu berbuat kerosakan di bumi sesudah Allah menyediakan segala yang membawa kebaikan padanya, dan berdoalah kepadaNya dengan perasaan bimbang (kalau-kalau tidak diterima) dan juga dengan perasaan terlalu mengharap (supaya makbul). Sesungguhnya rahmat Allah itu dekat kepada orang-orang yang memperbaiki amalannya*”.

RUJUKAN

Andrews, J.E., Brimblecombe, P., Jickells, T.D., Liss, P.S. dan Reid, B. (2004). *An Introduction to Environmental Chemistry*. Edisi Kedua. Oxford: Blackwell Publishing.

Botkin, D.B. dan Keller, E.A. (2000). *Environmental Science: Earth As Living Planet*. Edisi Ketiga. New York: John Wiley dan Sons

Harrop, D.O. (2002). *Air Quality Assessment dan Management: A Practical Guide*. New York: Spon Press.

Ilabaca, M., Olaeta, I., Campos, E., Villaire, J., Tellez-Rajo, M.M. dan Romien, I. (1999). Association between levels of fine particulate and emergency visits for pneumonia dan other respiratory illness among children in Santiago, Chile. *Journal of the Air and Waste Management*, 49, 154-163.

Sham Sani. (1983). *Pengantar Cuaca dan Iklim*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.

Sulaiman, F.R. (2011). *The Chemistry of Roof Run off and Tile Surfaces*. Tesis Sarjana Falsafah. Norwich: University of East Anglia.

Wark, K. dan Warner, C.F. (1981). *Air Pollution: Its Origin and Control*. Edisi Kedua. New York: John Wiley and Sons.

8

Aplikasi Sumber Bio Dalam Rawatan Air Kumbahan

Suhada Syaza Safiee ¹ dan Mohd Armi Abu Samah ²

¹ *Kejuruteraan Kimia Alam Sekitar, Universiti Kuala Lumpur (MICET), 78000 Alor Gajah, Melaka*

² *Kuliah Sains, Universiti Islam Antarabangsa Malaysia, 25200 Kampus Kuantan, Pahang*

PENDAHULUAN

Jackson et al., (2000) telah menyatakan pencemaran air adalah istilah yang digunakan untuk menerangkan bahan-bahan berbahaya dalam apa jua bentuk yang berpotensi untuk mencemarkan sumber air. Hal ini turut melibatkan pencemaran dari sudut fizikal, biologi dan kimia yang berlaku kepada air kolam, tasik, laut atau takungan yang digunakan oleh manusia atau haiwan. Antara pelbagai jenis pencemaran air yang biasa berlaku ialah aliran bahan kimia dari rumah, kawasan industri dan premis perniagaan ditambah pula dengan bahan buangan yang terhasil daripada manusia dan haiwan. Sekurang-kurangnya 20 logam yang diklasifikasikan sebagai toksik dengan separuh daripadanya dilepaskan ke persekitaran yang menimbulkan risiko besar kepada kesihatan manusia (Akpör dan Muchie, 2010). Pada zaman dahulu, air yang tercemar telah dirawat menggunakan proses rawatan industri seperti sistem “pam dan rawat” dan ternyata rawatan ini tidak berkesan sepenuhnya. Fitopemulihan memerihalkan pengolahan masalah persekitaran menerusi penggunaan tumbuh-tumbuhan untuk mengurangkan masalah tersebut tanpa menggali bahan kontaminasi dan melupuskannya. Rawatan menggunakan tumbuhan ini merupakan teknologi yang pesat membangun dan sesuai digunakan untuk merawat air yang tercemar dan sedimen tanpa menggunakan kos yang tinggi.

FITOPEMULIHAN (*PHYTOREMEDIATION*)

Menurut Ross, (1994), Salt et al., (1995) fitopemulihan (phytoremediation) yang berasal daripada bahasa Greek, (phyto) bermaksud tumbuh-tumbuhan, dan bahasa Latin “remedium” memberi maksud memulihkan keseimbangan, atau pemulihan. Fitopemulihan bertujuan untuk mengurangkan kepekatan bahan pencemar di dalam tanah, air, atau udara yang dicemari dengan menggunakan tumbuh-tumbuhan yang berupaya mengawal, mendegradasikan, atau menghapuskan bahan-bahan cemar yang terdapat di dalam tanah mahupun air yang tercemar adalah teknologi rawatan yang digunakan untuk merawat tanah yang tercemar, air bawah tanah dan air kumbahan. Teknologi ini memerlukan kos

yang rendah dan ditakrifkan sebagai penggunaan kejuruteraan tumbuhan hijau (termasuk rumput, forbs dan spesis tumbuhan berkayu) untuk menyingkirkan bahan cemar alam sekitar seperti logam berat, unsur surih, sebatian organik dan sebatian radioaktif di dalam tanah atau air. Proses rawatan ini turut mempunyai kelebihan dan keupayaan unik untuk memerangkap dan menyimpan bahan cemar di dalam seluruh bahagian tumbuhan. Beberapa tumbuhan akuatik telah digunakan di seluruh dunia dalam proses ini bagaimanapun di Malaysia antara tumbuhan akuatik yang digunakan untuk menyingkirkan salah satu logam berat yang terkandung dalam air kumbahan iaitu plumbum ialah pokok keladi bunting (*Eichhornia crassipes*) dan pokok kiambang (*Pistia statiotes*). Tumbuhan jenis ini memiliki ciri daun dan batang yang terapung di atas permukaan air tetapi bagi spesis yang berakar kebanyakannya bebas bergantung di dalam air dan langsung tidak mencengkam pada sebarang tumbuhan di dalam air. Tambahan lagi, tumbuhan jenis ini akan bergerak mengikut arah angin dan air. Tumbuhan terapung dipilih untuk merawat air sisa buangan kerana tumbuhan jenis ini mempunyai akar yang sangat padat dan fleksibel agar dapat menyerap nutrient yang terkandung di dalam air sisa buangan (Cronk dan Julie, 2001). **Rajah 1** menunjukkan imej bagi kedua-dua jenis tumbuhan ini.



Rajah 1: Pokok Kiambang (*Pistia statiotes*) (kiri) dan Pokok Keladi Bunting (*Eichhornia crassipes*)(kanan). (Sumber:<http://www.meckreacja.pl>)

KELEBIHAN POKOK KELADI BUNTING (*Eichhornia crassipes*) DALAM PROSES FITOPEMULIHAN

Pokok keladi bunting (*Eichhornia crassipes*) telah digunakan dalam proses fitopemuliharaan untuk membersihkan air buangan di loji rawatan kumbahan. Pokok Keladi Bunting (*Eichhornia crassipes*) merupakan ejen penting dalam rawatan ini kerana mampu menyerap logam berat daripada air tercemar selain mampu untuk hidup dalam air buangan kumbahan dengan mencerna bahan cemar yang terdapat dalam air buangan kumbahan lalu menukar effluen kumbahan menjadi air yang bersih. akarnya merupakan akar serabut yang bercabang-cabang halus, permukaan akarnya digunakan mikroorganism sebagai tempat pertumbuhan dan di sini bahan cemar akan digunakan kerana fungsi akar ini sebagai sistem filtrasi biologi, menghilangkan nutrient mineral dan juga logam berat.

(Hidayah, 2004). Selain itu, tumbuhan akuatik ini akan menggunakan sejumlah besar nutrien yang beracun serta berisiko kepada manusia untuk tumbesarnya. Pokok keladi bunting juga telah dibuktikan mampu untuk menyingkirkankan logam berat, nitrogen dan phosphorus termasuklah permintaan oksigen kimia (COD) yang terkandung dalam air buangan kumbahan sekaligus mengembalikan keadaan air kepada neutral. Menerusi teknologi baru ini, air terhasil berada dalam kategori bersih dan tidak berbau serta boleh disalurkan terus ke dalam longkang atau sungai kerana ia tidak membahayakan tumbuhan dan hidupan.

KELEBIHAN POKOK KIAMBANG (*Pistia statiotes*) DALAM PROSES FITOPEMULIHAN

Pistia statiotes adalah tumbuhan akuatik yang tumbuh dengan banyaknya dan merupakan biomas daripada hasil tanaman yang mempunyai sistem akar yang sistematik serta luas dan mampu untuk menyingkirkan logam berat dengan berkesan. Kiambang merupakan salah satu biofiltrasi yang mempunyai sistem dalaman yang sulit dan unik. Hal ini menyebabkan pertumbuhan kiambang yang sangat cepat dan daya tahan hidupnya tinggi. Tumbuhan ini menunjukkan cara yang berbeza untuk menyingkirkan logam berat contohnya plumbum yang terdapat di dalam air buangan kumbahan dengan menyerap dan mengumpul semua kepekatan plumbum ini ke dalam sistem akarnya. Plumbum memiliki sifat fizik, lembut dan mudah di bentuk namun plumbum merupakan logam berat dan beracun. Baharudin dan Sharel, (2008) mendapati bahawa dalam kawasan lembap atau di dalam loji kumbahan kecil yang mempunyai 15 peratus tumbuhan akuatik ini mampu menyingkirkan 99.28% plumbum dan 65.89% kadmium dan menukar keadaan air menjadi neutral (pH7) .

KESIMPULAN

Fitopemuliharaan atau '*phytoremediation*' adalah proses rawatan baru yang melibatkan penggunaan tumbuhan untuk membersihkan persekitaran yang tercemar. Kini, kehadiran banyak teknologi yang memerlukan kos yang tinggi untuk merawat air buangan kumbahan namun, tumbuhan mungkin merupakan cara terbaik untuk merawat serta meningkatkan kualiti air. Berdasarkan kajian yang telah dijalankan oleh ramai penyelidik tumbuhan akuatik seperti pokok keladi bunting (*Eichhornia crassipes*) dan pokok kiambang (*Pistia statiotes*) berpotensi besar dalam proses penyingkiran logam berat yang terkandung dalam air buangan kumbahan seperti plumbum. Walaubagaimanapun, masih banyak penyelidikan yang harus dijalankan untuk mengenalpasti kebolehan dan keberkesanan kedua-dua tumbuhan ini dalam proses rawatan air tercemar agar spesifikasi air yang terawat menerusi kaedah ini selamat untuk dilepaskan ke sungai-sungai. Lebih banyak penyelidikan harus dijalankan untuk mengenalpasti tumbuhan lain yang mampu dan mempunyai keupayaan yang tinggi dalam merawat air buangan kumbahan dari kawasan industri, pertanian, premis perniagaan, perumahan dan sebagainya.

RUJUKAN

Akpor, O.B. and Muchie, M. (2010). Remediation of heavy metals in drinking water and wastewater treatment systems: Processes and applications. *International Journal of the Physical Sciences*, 5(12),1807-1817.

Baharudin, B. and Shahrel, Mohd (2008). Lead and cadmium removal in synthetic wastewater using constructed wetland. Faculty of Chemical dan Natural Resources Engineering Universiti, Malaysia Pahang.

Cronk, Julie K. (2001). Wetland Plants: Biology and Ecology. Copper: Technology dan Competitiveness: Copper Production Technology.

Ross, S. (1994). Toxic Metals in Soil-Plant Systems. John Wiley and Sons, Ltd. New York, NY.

Salt, D.E., M. Blaylock, N.P.B.A. Kumar, V. Dushenkov, B.D. Ensley, I.Chet, and I. Raskin. (1995). Phytoremediation - A Novel strategy for the Removal of Toxic Metals from the Environment Using Plants. *Biotechnology*, 13(5), 468-474.

9

Penilaian Kesan Kesihatan dari Pendedahan Air Pantai Morib (Malaysia)

Sarva Mangala Praveena ¹, Norfasmawati Mohd Pauzi ¹, Munashamimi Hamdan ¹

¹*Jabatan Kesihatan Persekitaran dan Pekerjaan, Fakulti Perubatan dan Sains Kesihatan, Universiti Putra Malaysia, Serdang, Selangor, Malaysia..*

PENDAHULUAN

Pencemaran sisa najis daripada manusia, haiwan dan burung dilepaskan ke alam sekitar setiap tahun. Sisa najis wujud di permukaan atau pantai sama ada secara langsung atau tidak langsung. Patogen mikroorganisma yang dibawa oleh sisa najis tersebut boleh menimbulkan risiko kesihatan kepada manusia (Al Dufour et al., 2012). Peningkatan pencemaran najis dilihat sebagai risiko kesihatan di kalangan pengunjung pantai. Bakteria koliform najis, enterococci dan streptococci adalah yang paling sering digunakan sebagai indikator pencemaran najis dalam kajian air pantai. Namun demikian, pencemaran sisa najis oleh manusia, haiwan dan burung sukar dibezakan dengan menggunakan petunjuk pencemaran najis. Oleh itu, tahap risiko kesihatan manusia dianggap sama tanpa mengira sumber pencemaran sisa najis tersebut (Praveena et al., 2013; Byappanahalli et al., 2008).

Pelbagai kajian dijalankan untuk membentuk kaedah baru dalam menentukan punca pencemaran sisa najis (Santo Domingo et al., 2007; Rochelle dan De Leon 2006; United States Environmental Protection Agency, 2005). Kaedah baru ini adalah lebih mendalam dalam pengukuran kualiti air menggunakan teknik genetik. Teknik genetik ini merupakan kaedah dalam mengukur *pathogen* secara terus, cepat dan mudah berbanding kaedah lama. Walau bagaimanapun, kaedah genetik ini tidak boleh didapati secara komersial walaupun ia mampu untuk mendapatkan keputusan yang cepat (Colford et al., 2007). Namun demikian, tiada kaedah yang dibangunkan untuk mengklasifikasi risiko kesihatan di kalangan pengunjung pantai. Dalam pencarian kaedah kuantifikasi sumber pencemaran sisa najis yang sesuai, kajian epidemiologi boleh digunakan untuk mengenalpasti risiko kesihatan di kalangan pengunjung pantai terutamanya di kawasan pantai yang terdedah dengan pencemaran sisa najis.

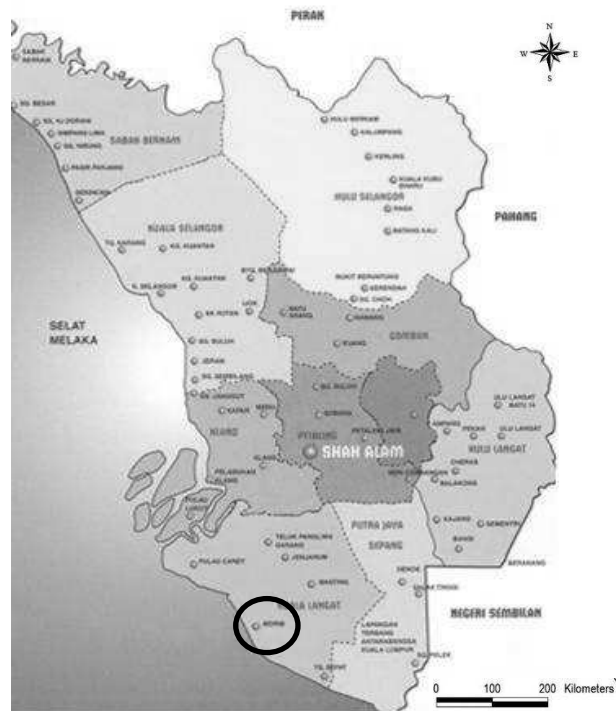
Pantai Morib (2° 45'N 101° 26'E) terletak di selatan negeri Selangor yang mengambil masa satu jam perjalanan dari Kuala Lumpur. Pantai Morib terletak di Banting (Selangor) kira-kira 30km dari utara Bagan Lalang (Rajah 1) yang mampu menarik lebih daripada 10,000 pengunjung terutamanya pada cuti umum dan musim perayaan. Pantai Morib juga dikenali sebagai Resort Bersepadu Malaysia Pertama. Ia kekal sebagai destinasi popular untuk keluarga yang dilengkapi dengan kemudahan yang baik, termasuk pantai resort, taman permainan, laluan pejalan kaki dan medan selera. Walau bagaimanapun beberapa tahun lalu, pantai Morib tercemar dengan kumbahan najis khinzir dari Ladang Tumbuk yang terletak kira-kira 3-5 kilometer dari pantai Morib. Walaubagaimanapun, masalah ini telah ditangani oleh Pejabat Daerah Kuala Langat (Selangor) dengan pelan Resort Bersepadu Malaysia Pertama. Kini, pantai Morib mempunyai imej baru yang berfungsi sebagai salah satu kawasan rekreasi yang popular di Selangor. Walaupun dengan imej baru pantai Morib, tiada kajian yang telah dijalankan untuk mengesahkan bahawa air pantai ini adalah selamat untuk orang ramai dan aktiviti rekreasi.

Matlamat kajian ini adalah untuk menentukan kesan kesihatan di kalangan para pengunjung pantai dan hubungannya dengan pendedahan air pantai menggunakan kaedah epidemiologi. Kajian ini dianggap sebagai kajian epidemiologi yang pertama mengaplikasi petunjuk 'bukan tradisional' untuk mengumpul maklumat mengenai risiko kesihatan dilihat dan hubungannya dengan pendedahan air di pantai Morib. Hasil kajian ini dapat digunakan bagi tujuan pemantauan kualiti air pantai yang selamat untuk aktiviti awam dan rekreasi. Ini adalah penting kerana Malaysia disenaraikan antara sepuluh destinasi pelancongan di dunia oleh Lonely Planet, (2014). Kualiti air pantai adalah salah satu kriteria penting untuk menarik sejumlah besar pelancong tempatan dan antarabangsa untuk melawat pantai di Malaysia

METODOLOGI

Kajian ini telah dijalankan pada hujung minggu untuk mewakili keadaan yang paling sibuk di pantai Morib. Kajian ini menggunakan kaedah persampelan rawak keratan rentas bagi pemilihan para pengunjung pantai sebagai responden di pantai Morib. Seramai 117 orang responden mengambil bahagian dalam kajian ini. Kriteria inklusif bagi responden adalah orang dewasa yang sihat di antara 15 tahun hingga 65 tahun, tidak mempunyai sejarah aktiviti air pantai lain dalam 7 hari sebelum hari kajian dan tidak terdedah kepada air pantai. Kesan kesihatan berkaitan dengan pendedahan air pantai termasuk gejala pernafasan, gejala kulit, gejala mata dan telinga serta gejala-gejala lain seperti sakit kepala / pening. Kertas soal selidik dinilai terlebih dahulu dengan nilai alpha Cronbach sebanyak 0.71 bagi memastikan keseragamannya.

Analisis statistik dijalankan dengan menggunakan IBM SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) Version 21. Taburan kekerapan telah digunakan untuk menganalisis data kategori. Analisis bivariat telah dijalankan untuk menentukan hubungan yang signifikan di antara kesan kesihatan yang dialami oleh para pengunjung dan tahap pendedahan air pantai.



Rajah 1: Lokasi pantai Morib di daerah Kuala Langat

HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Tahap pendedahan air pantai oleh para pengunjung pantai Morib adalah seperti di dalam Jadual 1. Kekerapan lawatan tertinggi di kalangan responden adalah sekali setahun (41.9%) manakala yang paling rendah untuk setiap minggu (7.7%). Untuk aktiviti air, aktiviti berenang adalah yang aktiviti yang paling dilakukan manakala bermain di pasir adalah yang paling rendah (3.4%) di pantai Morib. Untuk sentuhan air, pendedahan seluruh badan termasuk kepala adalah yang tertinggi (38.5%) di pantai Morib. Untuk tempoh pendedahan, 30.8% responden memilih untuk berada di dalam air selama kira-kira 30 minit manakala peratusan yang paling rendah (7.7%) telah didapati untuk tempoh yang lebih lama (lebih dari 2 jam). Walau bagaimanapun, majoriti responden (70.9%) merasakan bahawa terdapat kemungkinan terminum air pantai secara tidak sengaja.

Kesan kesihatan yang dilaporkan oleh responden di pantai Morib adalah seperti di dalam Jadual 2. Sebanyak 56.4% daripada jumlah responden tidak menunjukkan sebarang gejala yang berkaitan dengan pendedahan air pantai. Walau bagaimanapun, kira-kira 30.8% daripada responden yang dilaporkan mempunyai tanda-tanda kulit gatal manakala 4.3% untuk gejala telinga setelah terlibat dalam aktiviti air pantai. Penemuan yang sama ditemui oleh Praveena et al., (2013) di dalam air pantai Teluk Kemang (Port Dickson, Malaysia). Gejala kulit adalah gejala yang paling tinggi manakala lebih separuh daripada responden yang dilaporkan tidak mempunyai gejala sama sekali di Teluk Kemang (Port Dickson, Malaysia).

Analisis bivariat di antara kesan kesihatan dan tahap pendedahan air pantai di pantai Morib dilaporkan di dalam Jadual 1. Antara semua tahap pendedahan air pantai dianalisis, hanya aktiviti air, sentuhan air dan terminum secara tidak sengaja menunjukkan hubungan yang signifikan dengan kesan kesihatan. Kebanyakan kesan kesihatan yang dialami oleh para pengunjung di pantai Morib adalah alahan kulit dan tanda-tanda mata serta "*gastrointestinal illness*". Prieto et al., (2001) juga mendapati bahawa "*gastrointestinal illness*" dan alahan kulit dan mata ditemui apabila pencemaran najis hadir dalam air di pantai Santander di Sepanyol. Sebaliknya, tempoh pendedahan mempunyai kesan yang rendah terhadap kesan kesihatan dalam kajian ini. Turbow et al., (2008) mendapati bahawa aktiviti air dengan tempoh pendedahan yang lebih lama dan kekerapan lawatan ke pantai meningkatkan kesan kesihatan. Menurut National Beach Guidance, (2014), laluan utama pendedahan air pantai adalah melalui terminum air pantai secara tidak sengaja.

Jadual 1: Analisis bivariat di antara tahap pendedahan air pantai dan kesan kesihatan di pantai Morib

Tahap pendedahan air pantai	Jumlah kes	%	Hubungan
Kekerapan lawatan			Pearson Chi-Square=16.40, $p=0.565$
Setiap seminggu	9	7.7	
Setiap sebulan	28	23.9	
Setiap 6 bulan	31	26.5	
Setiap setahun	49	41.9	
Pendedahan air			Pearson Chi-Square=33.60, $p=0.014$
Pendedahan ke kaki sahaja	33	28.2	
Pendedahan ke pinggang sahaja	11	9.4	
Pendedahan keseluruhan badan tidak termasuk kepala	28	23.9	
Pendedahan keseluruhan badan termasuk kepala	45	38.5	
Julat masa pendedahan			Pearson Chi-Square=35.01, $p=0.068$
30 minit	36	30.8	
1 jam	34	29.1	
1 jam 30 minit	17	14.5	
2 jam	21	17.9	
2 jam and 30 minit	9		
Pendedahan aktiviti air			Pearson Chi-Square=24.40, $p=0.043$
Berenang	62	53.2	
Aktiviti air	16	13.6	
Berjalan di permukaan air	33	28.2	
Lain-lain	6	5.0	
Terminum air pantai secara tidak sengaja			Pearson Chi-Square=16.71, $p=0.010$
Ya	34	29.1	
Tidak	83	70.9	

Jadual 2: Kesan kesihatan yang dilaporkan oleh responden di pantai Morib

Kesan Kesihatan	Ya	Tidak
	%	%
Gastroenteritis	0.9	99.1
Gejala pernafasan	3.9	96.1
Gejala kulit	29.7	70.3
Gejala melibatkan mata	3.4	96.6
Gejala teinga	4.7	95.3
Lain-lain	3.6	96.4
Tiada	56.7	43.3

Terdapat beberapa persoalan yang berkaitan dengan reka bentuk dan hasil kajian ini. Kredibiliti kesan kesihatan yang dialami oleh perenang boleh dipersoalkan jika tiada analisis makmal kualiti air dan ujian klinikal untuk mengenal pasti punca pencemaran najis. Selain itu, dalam kajian masa depan yang melibatkan pantai Morib, kesan kesihatan yang dialami oleh perenang diperolehi melalui soal selidik perlu dijalankan bersama-sama dengan petunjuk kualiti air (penunjuk pencemaran najis). Kajian masa depan juga perlu diberi tumpuan terhadap hasil kesihatan terhadap kanak-kanak. Kajian epidemiologi yang lengkap di pantai Morib adalah perlu kerana pantai ini telah menghadapi isu-isu pencemaran dengan pelepasan najis ternakan babi dan telah menjalani pelan resort bersepadu dengan imej baru sebagai salah satu kawasan rekreasi yang popular di Selangor.

KESIMPULAN

Kekerapan tertinggi para pengunjung ke pantai Morib adalah sekali setahun. Aktiviti berenang adalah aktiviti air yang paling banyak dijalankan di pantai Morib oleh para pengunjung pantai. Untuk sentuhan air, pendedahan seluruh badan termasuk kepala adalah yang tertinggi. Kebanyakan responden memilih untuk berada di dalam air kira-kira 30 minit dengan majoriti responden (70.9%) merasakan bahawa terdapat kemungkinan terminum air pantai secara tidak sengaja. Hubungan antara pendedahan air pantai (aktiviti air, sentuhan air dan minum secara tidak sengaja) dan berenang berkaitan kesan kesihatan telah ditemui di kalangan para pengunjung di pantai Morib. Berenang dengan pendedahan seluruh badan dengan terminum tidak sengaja air pantai mampu untuk meningkatkan kesan kesihatan di kalangan para pengunjung. Analisis kualiti air pantai bersama tahap pendedahan air dan kesihatan dalam kajian masa depan yang melibatkan pantai Morib adalah penting sebelum keputusan mengenai sama ada pantai ini biasanya selamat untuk aktiviti rekreasi untuk orang ramai boleh dibuat.

RUJUKAN

Al Dufour, T., Wade, J., David, K., (2012). *Animal Waste, Water Quality and Human Health*, pp. 476. London: IWA Publishing.

Byappanahalli, M.N., Przybyla-Kelly, K., Shively, D.A., Whitman, R.L., (2008). Environmental occurrence of the enterococcal surface protein (esp) gene is an unreliable indicator of human fecal contamination. *Environ. Sci. Technol.*, 42, 8014–8020.

Colford, J.M., Wade, T.J., Schiff, K.C., Wright, C.C., Griffith, J.F., Sandhu, S.K., Burns, S., Lovelace, G., Weisberg, S.B., (2007). Water quality indicators and the risk of illness at beaches with nonpoint sources of fecal contamination. *Epidemiol.*, 18, 27-35.

Daniel, W.W., (1999). *Biostatistics: A Foundation for Analysis in Health Sciences*. 7th ed. New York: John Wiley dan Sons.

Lonely Planet. (2014). Destinations top travel lists. <<http://www.lonelyplanet.com/world/things-to-do/destinations-top-travel-lists>>, accessed October 2014.

National Beach Guidance. (2014). National Beach Guidance and Required Performance Criteria for Grants. EPA-823-B-14-001. Pennsylvania Avenue: United States Environmental Protection Agency.

Praveena, S.M., Chen, K.S., Ismail, S.N.S., (2013). Indicators of microbial beach water quality: Preliminary findings from Teluk Kemang beach, Port Dickson (Malaysia). *Mar. Pollut. Bull.*, 76, 417-419.

Prieto, M.D., Lopez, B., Juanes, J.A., Revilla, J.A., Llorca, J., Delgado-Rodriguez, M., (2001). Recreation in coastal waters: health risks associated with bathing in seawater. *J. Epidemiol. Community Health*, 55, 442-447.

Rochelle, P.A., De Leon, R.. (2006). Workshop on microbial source tracking in water. Final Report 03-HHE-3. Virginia: Water Environment Research Foundation.

Santo Domingo, J.W., Bambic, D., Edge, T.A., Wuertz, S., (2007). Quo Vadis source tracking? Towards a strategic framework for environmental monitoring of faecal pollution. *Water. Res.*, 41, 1474-1477.

Turbow, D., Lin, T.H., Jiang, S., (2008). Impacts of beach closures on perceptions of swimming-related health risk in Orange County, California. *Mar. Pollut. Bull.*, 48, 132–136.

United States Environmental Protection Agency. (2005). Microbial Source. Tracking Guide Document, EPA/600-R-05-064. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency.

Pencemaran Marin dan Alam Sekitar di Malaysia

Mohd Armi Abu Samah ¹, Kamaruzzaman Yunus ¹ dan Zaleha Binti Kassim¹

¹ *Kuliah Sains, Universiti Islam Antarabangsa Malaysia, Kampus Kuantan Jalan Sultan Ahmad Shah, 25200 Kuantan, Pahang*

PENGENALAN

Secara asasnya lautan meliputi hampir 70% luas permukaan planet bumi ini, malahan lautan yang luas dan persekitaran pantai yang kaya dengan sumber kepelbagaian habitat yang menjadi tempat tinggal pelbagai hidupan laut yang saling menyokong antara satu sama lain. Hidupan dalam lautan juga sebenarnya menghasilkan satu pertiga daripada oksigen yang kita perlukan dan secara tidak langsung dapat mengimbangi perubahan iklim global. Terma marin merupakan satu perkataan adjektif yang digunakan untuk menggambarkan perkaitan antara satu-satu perkara dengan laut. Sebagai contoh, biologi marin dan ekologi marin serta pencemaran mari. Dalam konteks saintifik pula, terma marin digunakan secara eksklusif untuk merujuk kepada persekitaran air masin. Malaysia dikelilingi oleh tiga lautan; Lautan China Selatan, Selat Melaka dan Selat Tebrau. Lautan China Selatan merupakan sebahagian daripada Lautan Pasifik dan dianggarkan berkeluasan 3,500,000 km².

PENCEMARAN MARIN

Pencemaran marin merupakan keadaan dimana berlakunya pelbagai sumber pencemaran keatas lautan yang asalnya bersih dan segar dengan hidupan laut. Pencemaran seperti yang ditakrifkan oleh Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974, adalah sebarang perubahan sama ada secara langsung atau tidak langsung kepada sifat-sifat fizik, kimia, biologi atau aras-aras radiasi mana-mana bahagian alam sekeliling dengan melepaskan, mengeluarkan atau meletakkan buangan hingga menjejaskan kegunaan-kegunaan berfaedah yang menimbulkan sesuatu keadaan berbahaya atau mungkin berbahaya kepada kesihatan, keselamatan atau kebajikan awam atau organisma-organisma lain, tumbuhan dan haiwan. Menurut satu kumpulan kerja Pertubuhan Bangsa-bangsa-bangsa bersatu, ‘Group Expert Scientific Aspectsof Marine Environment Protection’ (GESAMP), pencemaran marin adalah pengenalan oleh manusia, secara terus atau secara tidak langsung bahan atau tenaga ke dalam persekitaran marin (termasuk kawasan kuala) mengakibatkan kesan yang merosakkan sumber hidupan, membahayakan kepada kesihatan manusia, halangan kepada aktiviti marin termasuk

menangkap ikan, kerosakan kualiti untuk kegunaan air laut dan pengurangan kemudahan. Pencemaran marin secara umumnya berpunca daripada beberapa sumber yang utama iaitu melalui saluran sungai ke laut, larian air permukaan di sepanjang pinggir pantai dan tumpahan minyak yang berlaku di laut, pencemaran daripada buangan sampah dan sisa yang lain. Dalam kes pencemaran marin, ia boleh dinyatakan dalam beberapa parameter seperti minyak dan gris (O dan G), jumlah pepejal terampai (TSS), bakteria kolifom (*E. Coli*) serta logam berat seperti kuprum, raksa, plumbum, kadmium, arsenik dan kromium. Parameter penanda aras yang ditetapkan oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) bagi mengukur kualiti air marin seperti (Jadual 1) dan parameter yang dipilih untuk dijadikan sebagai penanda aras yang merupakan bahan pencemar utama yang terdapat dalam persekitaran marin.

Pencemaran marin kadang kala dikelirukan dengan pencemaran air namun pada dasarnya, pencemaran air dan pencemaran marin adalah berkait antara satu sama lain. Pencemaran air terutamanya pencemaran di sungai-sungai utama seperti Sungai Selangor dan Sungai Klang adalah semakin meningkat (Utusan Online, 2014). Perkaitan antara pencemaran air dan marin boleh difahami melalui konsep kawasan tadahan air. Air sungai akan mengalir ke satu kawasan tadahan air dan kawasan tadahan air yang terbuka akan mengalirkan air ke laut.

Jadual 1: Parameter penanda aras bagi pencemaran marin

Parameter(Analisis Makmal)	Unit	Tahap Piawaian
Bakteria Kolifom(<i>E. Coli</i>)	MPN/100ml	100
Minyak dan Gris (O dan G)	mg/l	0
Jumlah Pepejal Terampai (TSS)	mg/l	50
Arsenik (As)	mg/l	0.1
Kadmium (Cd)	mg/l	0.1
Total kromium (Cr)	mg/l	0.5
Kuprum (Cu)	mg/l	0.1
Plumbum (Pb)	mg/l	0.1
Raksa (Hg)	mg/l	0.001

Sumber: Laporan Kualiti Alam Sekitar 2006

PUNCA PENCEMARAN MARIN

Pembuangan sampah

Pencarian kapal penerbangan komersial MH370 telah dilakukan secara besar-besaran dan ianya termasuklah pencarian di lautan. Di sebalik pencarian ini, salah satu fokus yang telah mendapat perhatian masyarakat dunia ialah lautan sampah atau 'ocean garbage patch'. Lautan Hindi yang dianggarkan mempunyai saiz seluas 73,556,000 km² dan merangkumi hampir 20% daripada jumlah permukaan air bumi ini. Marcus Eriksen, seorang ahli kaji selidik marin dan pengasas bersama 5 Gyre Institute menemukan longgokan sampah ini pada tahun 2010 bersama krew kumpulannya setelah

mereka berlayar ke arah selatan dari Perth, Australia ke Afrika. Longgokan sampah di Lautan Hindi merangkumi satu kawasan yang sangat luas; sekurang-kurangnya 5 juta km² dan tanpa satu sempadan yang jelas. Kandungan kepada longgokan ini sentiasa berubah, bergerak mengikut aliran Gyre Lautan Hindi. Sementara itu dianggarkan 90% daripada cebisan sampah yang terdapat di Gyre adalah plastik. Plastik adalah bahan polimer yang tidak akan terurai dan hanya akan berubah bentuk melalui proses '*photodegradation*' atau penguraian melalui proses perubahan fotokimia. Plastik akan berubah bentuk kepada jisim yang lebih ringan dan saiz yang lebih kecil dan proses ini akhirnya memberi kesan kepada rantaian pemakanan hidupan marin. Satu kajian telah dilakukan terhadap tahap pencemaran di tiga buah pantai (Pantai Teluk Chempedak, Pantai Cahaya Bulan dan Pantai Batu Buruk) di Semenanjung Malaysia dan hasil kajian menunjukkan bahawa rata-rata pengunjung yang melawat kawasan berkenaan menyumbang kepada masalah sampah sarap dan antara jenis pencemar utama adalah sisa makanan, plastik bungkusan, botol dan bahan plastik lain (Haslina et al., 2006). Ini merupakan salah satu bukti bahawa kurangnya kesedaran dan etika di dalam mentaliti rakyat tempatan berkaitan dengan kebersihan dan pembuangan sampah yang tidak betul.

Laluan pengangkutan air

Sejak beratus tahun lamanya, lautan adalah satu laluan yang penting dan bertindak sebagai penghubung kepada benua yang berbeza. Pada hari ini, lautan bukan sahaja bertindak sebagai penghubung antara manusia berbeza benua malahan sebagai salah satu kaedah operasi yang menggerakkan ekonomi sesebuah negara. Aktiviti perdagangan adalah salah satu sumber penting buat negara terutamanya Malaysia yang dikelilingi oleh lautan. Malaysia merupakan sebuah negara yang mempunyai kedudukan strategik untuk iaitu di antara Selat Melaka dan Laut China Selatan yang juga merupakan antara laluan perkapalan komersial terpenting di antara Lautan Pasifik dan Lautan Hindi. Hal ini menjadikan Perairan Selat Melaka untuk terdedah kepada pencemaran marin berpunca daripada perkapalan terutamanya semenjak beberapa tahun yang lalu berikutan peningkatan jumlah kapal yang melalui perairan ini (Mustafa et al., 2011). Jabatan Perangkaan Malaysia telah merekodkan insiden tumpahan minyak di laut Malaysia sepanjang tahun 2008 sehingga 2012 seperti di (Jadual 2).

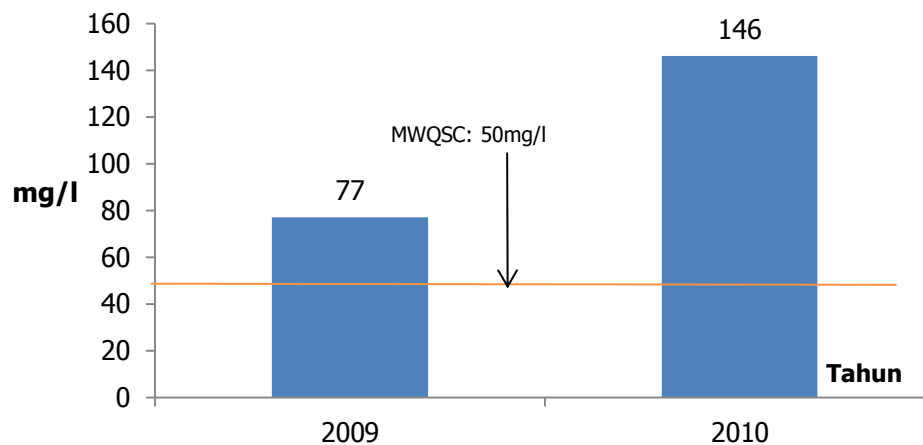
Jadual 2: Rekod insiden tumpahan minyak dari 2008 sehingga 2012.

Laut	2008	2009	2010	2011	2012
Selat Melaka	1	2	6	7	3
Laut China Selatan	7	6	6	5	6
Selat Johor	3	12	4	2	10
Laut Sulu dan Sulawesi	1	1	-	-	2
Jumlah keseluruhan	12	21	16	14	21

Sumber: Jabatan Perangkaan Malaysia

Aktiviti pembangunan daratan

Jarak persisiran pantai Malaysia ialah sejauh 4,492 km yang mana ianya terbahagi kepada dua iaitu 1,737 km bagi Semenanjung Malaysia manakala Sabah dan Sarawak 2,755 km. Aktiviti pembangunan yang terlalu pesat khususnya di kawasan zon pinggir pantai dalam sektor pertanian, pembalakan, perindustrian, pemandaran dan perumahan serta pelancongan telah menyebabkan air laut seolah-olah tidak mampu menerima beban pencemaran yang terlalu banyak sehingga berlakunya masalah pencemaran marin yang kritikal. Berdasarkan rekod yang telah diambil dari Kompendium Perangkaan Alam Sekitar Malaysia 2011, paras purata kepekatan TSS di kawasan pantai Malaysia adalah melebihi Piawaian dan Kriteria Kualiti Air Marin (MWQCS) bagi tahun 2009 dan 2010 seperti (Rajah 1) iaitu 50 mg/l.



Rajah 1: Paras purata kepekatan jumlah bahan terampai (TSS).
(Sumber: Jabatan Perangkaan Malaysia)

Pembangunan bandar, industri, pertanian, pembalakan, infrastruktur dan perlombongan di kawasan pedalaman juga telah menyebabkan pendedapan dan pencemaran di zon pinggir pantai (Jamaludin, 2009). Efluen cecair biasanya dilepaskan terus ke pantai akibat daripada kegagalan perancangan yang rapi untuk mewujudkan sistem pemetangan terpusat. Permasalahan ini ditambah pula dengan pembinaan perusahaan pelancongan kecil-kecilan yang dibina terlalu hampir dengan pinggir pantai. Efluen cecair yang dimaksudkan termasuklah sisa buangan manusia yang dilaporkan oleh Levenin (1991) mengandungi kuantiti kadmium, raksa, plumbum, kuprum, besi, kromium dan nikel yang tinggi. Kajian menunjukkan bahawa tidak kurang dari 1 juta kilogram buangan sisa di masukkan ke sungai setiap hari akibat daripada kumbahan, industri kelapa sawit dan industri getah.

Pencemaran petroleum juga boleh berpunca daripada aktiviti daratan. Kimia petroleum boleh dibahagikan kepada beberapa kategori berdasarkan komposisi kimia iaitu seperti polycyclic hidrokarbon, aliphatic hydrocarbon dan biomarkers (Neffet. al., 1979; Wang dan Stout, 2007). Menurut Sakarietal (2010), pencemaran yang dihasilkan oleh hidrokarbon adalah berbeza mengikut kawasan dan tempat. Sebagai contoh, di pantai barat Semenanjung Malaysia tahap pencemaran hidrokarbon direkodkan berada di antara sederhana dan tinggi yang berpunca daripada sisa bandar raya, perindustrian, bengkel dan air larian (Zakaria et al., 2002; Zakaria dan Mahat, 2006; Sakari et al., 2008a). Bagi kawasan pantai timur Semenanjung Malaysia, memandangkan kawasan tersebut tidak mempunyai kawasan perindustrian berat mahupun pembangunan perumahan, tahap pencemaran hidrokarbon yang direkodkan adalah lebih rendah dan sumber pencemaran adalah datang daripada bot tempatan (Sakari et al., 2008b).

KESAN PENCEMARAN MARIN

Di Malaysia, pencemaran marin ini tidak dibincangkan dengan meluas malahan dianggap tidak seberapa penting bagi masyarakat tempatan. Berbanding pencemaran darat yang boleh dilihat secara fizikal dengan jelas dan lebih mudah diuruskan, manakala pencemaran di laut tidak dapat dikawal dan diselia dengan mudah, perbuatan membuang sampah dilakukan dengan sewenang – wengangnya tanpa memberi sedikit pertimbangan terhadap kesan aktiviti tersebut untuk jangka pendek dan panjang. Satu kajian telah mendapati bahawa sekurang – kurangnya hampir 30,000 haiwan marin mati terperangkap atau mati akibat sampah buangan manusia di kawasan laut (Akademi Laut Malaysia, 2011).

Pertumpahan minyak di laut akan mengakibatkan pembentukan satu lapisan minyak di atas permukaan air laut dan proses pembersihan lapisan minyak ini akan mengambil masa berbulan-bulan lamanya dan memerlukan kosnya tinggi. Minyak boleh dibahagikan kepada beberapa jenis iaitu; minyak mentah, produk petroleum yang telah diproses (petrol dan diesel), minyak enjin dan buangan minyak yang telah digunakan. Berikutan dengan itu, kesan yang diberikan dari tumpahan minyak adalah berbeza-beza dari segi kepekatannya. Salah satu contohnya, petrol dan diesel (produk daripada petroleum yang telah diproses) mempunyai sifat yang membolehkan mereka bercampur lebih mudah dengan lapisan permukaan air namun mereka mempunyai toksik yang tinggi, tetapi lebih mudah meruap dan tidak kekal lama dalam persekitaran berlakunya tumpahan. Sebaliknya minyak mentah, walau pun tidak begitu toksik berbanding minyak yang telah diproses tetapi akan tinggal lebih lama di permukaan air dan boleh terdampar di pesisiran pantai lebih lama dan boleh menjejaskan aspek landskap pantai. Sebagai contoh, tumpahan minyak dari kes Exxon Valdez dan Peperangan Teluk (Peperangan di Iraq), masih kekal di pesisiran pantai. Sebaliknya tumpahan petrol di Shetland Island pada tahun 1993 dan tumpahan di Milford Haven pada tahun 1996 tidak lagi meninggalkan kesan kepada alam sekitar, walau pun kedua-dua tumpahan tersebut lebih dua kali ganda besarnya dari tumpahan minyak mentah Exxon Valdez.

Kajian yang dijalankan oleh Kadaruddin (2000) tentang kualiti air pantai rekreasi di Semenanjung Malaysia menunjukkan bahawa terdapat banyak pantai rekreasi yang mengalami masalah pencemaran daripada pelbagai punca. Masalah bahan mendak dikaitkan juga dengan kemerosotan kualiti air di perairan pinggir pantai dan impaknya terhadap hidupan akuatik serta batu karang. Banyak kawasan batu karang kini hampir pupus bukan hanya disebabkan oleh pengambilannya oleh pelancong yang tidak bertanggungjawab, tetapi juga oleh masalah pencemaran bahan mendak (Jamaluddin, 2009). Laporan Kualiti Alam Sekitar 2010 telah merekodkan hasil analisis purata kepekatan bahan pencemar utama berdasarkan Standard Interim Kualiti Air Marin Malaysia (IMWQS) sepanjang tahun 2005 sehingga 2009 seperti (Jadual 3).

Jadual 3: Analisis purata kepekatan bahan pencemar

Bahan pencemar	2005	2006	2007	2008	2009
Minyak dan Gris (O dan G)	1.33	0.87	1.95	2.43	3.72
Jumlah Pepejal Terampai (TSS)	290	214	100	103	77
Bakteria Kolifom	29 045	3 790	10 523	4 340	2 561
Logam berat:					
Raksa	0.0018	0.0040	0.0011	0.0008	0.0006
Kuprum	0.1159	0.00340	0.0373	0.0300	0.0134
Plumbum	0.1393	0.1540	0.1314	0.1085	0.0703
Kadmium	0.0347	0.0260	0.0177	0.0082	0.0029
Arsenik	0.0023	0.0130	0.0028	0.0028	0.0026
Kromium	0.0605	0.0680	0.0667	0.0410	0.0103

Sumber: Jabatan Perangkaan Malaysia

LANGKAH-LANGKAH MENGATASI

Usaha oleh badan bukan kerajaan dan badan kerajaan

Pada Sidang Kemuncak Dunia 1992 yang diadakan di Rio De Janeiro, Brazil, persidangan dari Kanada telah mencadangkan bagi mengadakan kempen antarabangsa bagi memelihara kepentingan laut yang dinamakan sebagai Hari Lautan Sedunia. Pada tahun 2008, Pertubuhan Bangsa-bangsa Bersatu menerima tarikh 8 Jun dan mengisytiharkan secara rasminya tarikh tersebut sebagai Hari Lautan Sedunia dan semenjak daripada itu, pelbagai kempen dan aktiviti diadakan pada hari berkenaan bagi meningkatkan kesedaran masyarakat sedunia. Di peringkat antarabangsa, pelbagai aktiviti diadakan bagi meningkat kesedaran masyarakat dan antara aktiviti yang berjaya menarik minat masyarakat adalah program skuba di samping membersihkan pantai dan penanaman semula taman batu karang baru di lagun.

Di peringkat kebangsaan, 'Malaysian Nature Society', sebuah badan bukan kerajaan telah turut serta meraikan Hari Lautan Sedunia pada tahun 2013 dengan mengadakan kem pendidikan untuk masyarakat tempatan di Kampung Tekek, Pulau Tioman yang turut menjadikan aktiviti di pantai dan laut sebagai agenda utama. Program ini telah berjaya menarik minat masyarakat tempatan malahan

meningkatkan rasa kasih kepada laut di dalam diri golongan muda tempatan dan masyarakat. Program kesedaran seperti ini haruslah diadakan dengan lebih kerap dan bukan sahaja bersempena Hari Lautan Sedunia sahaja. Selain daripada itu, proses menerapkan pendidikan yang boleh membentuk rasa prihatin terhadap bukan sahaja persekitaran marin malahan alam sekitar kita bersama, boleh membentuk masyarakat yang menilai kesan daripada perbuatan mereka terhadap alam sekitar. Pihak kerajaan dan swasta terutamanya badan bukan kerajaan memainkan peranan penting dalam usaha meningkatkan kesedaran masyarakat tempatan dan mendidik golongan muda untuk lebih prihatin dalam kesihatan alam sekitar.

Penguatkuasaan Undang-undang

Semasa Rancangan Malaysia ke-8, penekanan telah diberikan kepada isu alam sekitar dan pengurusan sumber secara berintegrasi dan berholistik (Halimahton et al., 2012). Usaha kerajaan diteruskan dalam meningkatkan kualiti air dan marin di samping menggalakkan pengukuran prestasi alam sekitar dan instrumen berasaskan pasaran sebagai komuniti terlibat dalam menangani isu sumber asli dan alam sekitar (Rancangan Malaysia Ke-8, 2001). Dua peruntukan khas telah diperuntukkan oleh Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974 untuk kawalan pelepasan daripada bahan buangan dan minyak ke dalam laut. Menurut kepada Seksyen 27, mana-mana individu dilarang dari mengeluarkan atau menjatuhkan sebarang minyak atau campuran mengandungi minyak ke dalam perairan Malaysia manakala dalam Seksyen 29, mana-mana individu dilarang daripada mengeluarkan bahan yang membahayakan alam sekitar, bahan pencemar atau bahan buangan ke dalam perairan Malaysia (Maizatun et. al., 2011).

Jabatan Alam Sekitar merupakan badan yang bertindak dalam mengawasi semua aktiviti badan-badan berwajib dalam mereka melaksanakan tanggungjawab yang berkaitan dengan alam sekitar. Bergantung kepada punca pencemaran, badan-badan khas akan ditugaskan dalam memeriksa pencemaran yang terjadi. Sebagai contohnya, mengawasi kemalangan dan pertumpahan minyak di kawasan marin adalah menjadi tanggungjawab Jabatan Maritim Malaysia. Memandangkan kedudukan fizikal Malaysia yang menjadikan negara ini tidak boleh mengelak daripada pencemaran marin, beberapa peraturan undang-undang telah dicadangkan untuk mengawal permasalahan ini, antaranya adalah “Merchant Shipping Ordinance 1954” yang menetapkan larangan pengeluaran sebarang bahan berbahaya atau bahan minyak ke dalam perairan Malaysia dan di bawah Seksyen 306 D jika terdapat kemungkinan untuk berlakunya pengeluaran minyak atau bahan berbahaya yang boleh atau berkemungkinan untuk mencemarkan perairan Malaysia, notis akan dikeluarkan kepada pihak terbabit dan sekiranya tiada sebarang tindakan diambil dan pihak terbabit didapati bersalah, denda boleh dikenakan sebanyak tidak melebihi RM 50,000 sehari sepanjang tempoh yang diberikan (Mustafa, et al., 2011).

KESIMPULAN

Alam sekitar adalah tanggungjawab setiap individu, tidak kira bangsa, status mahupun pangkat malahan, bumi ini bukanlah milik kita tetapi juga adalah milik generasi akan datang juga. Sama ada biodiversiti marin dan lautan dapat bertahan hingga ke generasi akan datang adalah bergantung kepada kita iaitu generasi masa kini. Sekecil – kecil perbuatan kita dalam memelihara persekitaran marin akan dapat menyelamatkan sedikit sebanyak khazanah bumi ini dari terus mengalami kemusnahan dan kerosakan akibat aktiviti manusia sendiri. Ingatlah kehidupan dimuka bumi ini adalah amanah daripada pencipta kita dan haruslah kita bersama-sama menjaga dan sentiasa memupuk sikap bertanggungjawab yang tinggi terhadap keseluruhan alam sekitar kita.

RUJUKAN

- Jamaluddin Md. Jahi. (2009). Pembangunan Pelancongan dan Impaknya terhadap Persekitaran Fizikal Pinggir Pantai. *Malaysian Journal of Environmental Management*, 10(2), 71-88.
- Kadaruddin Aiyub. (2000). Impak pembangunan ke atas kualiti air pantai rekreasi. Dlm. Mohd Yusof Hussain, Nor Azizan Idris dan Lukman Z. Mohamad (eds.). Isu-isu pembangunan di awal Abad ke-21. Bangi: Fakulti Sains Pembangunan, Universiti Kebangsaan Malaysia: 133-146.
- Konpendium Perangkaan Malaysia. (2011). Jabatan Perangkaan Malaysia.
- Konpendium Perangkaan Malaysia. (2013). Jabatan Perangkaan Malaysia.
- Levinen, R. (1991). Puhdistamolietaja sen hyödyntäminen. *Kemi-Kemi* 18. 2:116–119. (atas talian)
- Mustafa, M. dan Ariffin, M. (2011). The Application of Lawon Pollution Control towards Marine Biodiversity Conservation in Malaysia. *International Conference on Environment and BioScience*, 21, 129-133.
- Neff JM. (1979). Polycyclic Aromatic Hydrocarbon in the Aquatic Environment: Sources, Fates and Biological Effects. Applied Science Publishers, London.
- Rancangan Malaysia Ke-8. (atas talian)
- Sakari M, Zakaria MP, Junos MB, Anuar NA, Yan YH, Sin HY et al. (2008a). Spatial Distribution of Petroleum Hydrocarbon in Sediments of Major Rivers from East Coast of Peninsular Malaysia. *The Journal of Coastal Marine Science* 32, 1-10.
- Sakari M, Zakaria MP, Lajis N, Mohamed CAR, Shahpoury P, Anita S et al. (2008b). Characterization, distribution, sources and origins of aliphatic hydrocarbons from surface sediments of Prai Straits, Penang, Malaysia: A widespread anthropogenic input. *Environment Asia*, 2, 1-14.
- Sakari, M. et al. (2010). The History of Petroleum Pollution in Malaysia; Urgent Need for Integrated Prevention Approach. *Environment Asia 3 (special issue)*, 131-142.
- Sungai tercemar teruk. Utusan Online. (atas talian)
- Wang Z and Stout SA. (2007). Oil Spill Environmental Forensics. Elsevier San Diego.

Zakaria MP and Mahat AA. (2006). Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs) in Sediments in the Langat Estuary. *Coastal Marine Science Journal*, 30(1).

Zakaria MP, Takada H, Kumata H, Nakada N, Ohno K, Mihoko Y. (2002). Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in rivers and estuaries in Malaysia: widespread Input of petrogenic hydrocarbons. *Environmental Science and Technology*, 36,1907-18.

Kesan *Episodic Hypoxia* dan *Anoxia* pada Metabolit Organik dalam Sedimen Muara

Widad Fadhlullah^{1,2} dan Alastair Grant¹

¹*School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich Research Park, Norwich,
Norfolk NR4 7TJ, U.K.*

²*Bahagian Teknologi Persekitaran, Pusat Pengajian Teknologi Industri, Universiti Sains Malaysia,
11800 Pulau Pinang, Malaysia.*

PENGENALAN

Penggunaan metabolit organik secara meluas dalam kajian di ekosistem marin dan muara adalah bagi mengenalpasti sumber dan punca biotik sedimen tersebut setelah melalui proses *catagenesis* dan *diagenesis* (Zonneveld et al., 2010). Selain itu, penentuan metabolit organik ini dapat mengenalpasti kewujudan sesuatu organisma atau bahan pencemaran dan bertindak sebagai penanda biologi bagi organisma atau bahan pencemaran yang terdapat dalam sesuatu ekosistem yang dikaji (Bianchi dan Canuel, 2011). Penanda biologi merupakan sebatian organik yang berupaya mengekalkan struktur kimia asalnya dalam sedimen bagi mengenalpasti sumbernya kerana sifatnya yang spesifik (Humrawali et al., 2009).

Lipid merupakan komponen bahan organik yang terdiri daripada pelbagai kompaun seperti hidrokarbon, asid lemak, alkohol lemak dan sterol yang telah digunakan sebagai penanda biologi bagi bahan organik di ekosistem marin dan muara (Sun et al., 2002). Lipid adalah penanda biologi yang tegar terhadap proses degradasi dalam sedimen yang membolehkan penggunaannya dalam mengesan sejarah pembentukan sesuatu sedimen itu berbanding karbohidrat dan protein (Meyers, 1997). Asid lemak ialah sejenis lipid yang mempunyai ikatan, cabang dan tahap ketidaktepuan yang pelbagai dan mewakili sebahagian besar jumlah lipid keseluruhan dalam organisma akuatik (Dalsgaard et al., 2003). Asid lemak yang sering dijumpai adalah asid lemak tepu dan tak tepu iaitu C16 dan C18. Asid lemak tepu adalah lebih stabil dan kebiasaannya kandungan asid lemak bertambah dengan kedalaman sedimen (Pulchan et al., 2003). Rantai asid lemak yang panjang (C>22) seringkali dikaitkan sebagai penanda biologi bahan organik terrestrial atau daratan (tumbuhan bervaskular dan tanah) (Shi et al., 2001).

Kuantiti dan kualiti bahan organik yang terdapat dalam sedimen berpunca daripada pelbagai sumber. Dalam sedimen, perubahan redoks secara *episodic* disebabkan oleh perubahan kandungan oksigen dalam air akan memberi kesan pada kandungan metabolit organik dalam sedimen. Oleh itu, objektif kajian ini adalah untuk menentukan kandungan metabolit organik polar dan tidak polar dalam sedimen dan melihat peranan oksigen dalam menentukan kandungan metabolit organik dalam sedimen selama 7 hari.

KAEDAH KAJIAN

Lokasi dan kawasan persampelan

Sampel sedimen telah diambil semasa air surut pada bulan April 2011 di Breydon Water, Great Yarmouth. (52° 36' N, 1° 41' E). Persampelan sedimen adalah menggunakan 8.4 cm diameter dan 10 cm tinggi silinder Plexiglas *cores*. Alat persampelan sedimen tersebut telah ditekan ke dalam bagi mengambil sampel sedalam 2 cm daripada permukaan. Sampel telah dibawa ke makmal dan dianalisa secepat mungkin.

Eksperimen Makmal

Setibanya di makmal, *core* yang mengandungi 2 cm sedimen telah diisi dengan 100 mL air laut yang dibancuh dengan kandungan saliniti yang sama seperti di lapangan (32 ‰) di bahagian atas *core*. Penggunaan air laut artifisial adalah bagi mengawal faktor variasi antara replikat. *Core* telah ditutup dengan penutup plastik yang ditebuk bagi membolehkan udara dan nitrogen disalurkan pada setiap rawatan. Bagi kumpulan *oxia*, tiub pengudaraan disalurkan pada kadar 500 ml per minit dan diletakkan 5 cm di atas permukaan sedimen, 100 ml/min campuran gas disalurkan untuk kumpulan *hypoxia* dan 100 ml/min aliran gas nitrogen untuk kumpulan *anoxia*. Aliran gas dikawal oleh suis dan pengawal gas. Kesemua *cores* diletakkan dalam bilik sejuk dengan kawalan suhu konstan pada 12 °C yang menyamai suhu *in-situ* semasa persampelan.

Eksperimen ini terdiri daripada 5 rawatan, n = 25; 1) *oxia* dengan menyalurkan udara secara berterusan dengan pam udara selama 7 hari, 2) *hypoxia* dengan menyalurkan campuran 3% oksigen, 97% gas nitrogen selama 7 hari, 3) 1 hari tanpa oksigen (1DA) dengan menyalurkan gas nitrogen, diikuti dengan penyaluran udara selama 6 hari, 4) 4 hari tanpa oksigen (4DA) dengan menyalurkan

gas nitrogen, diikuti dengan penyaluran udara selama 3 hari 5) *anoxia* dengan menyalurkan gas nitrogen selama 7 hari. Kelima-lima rawatan ini adalah bertujuan untuk menghasilkan keadaan *oxia* (95% oksigen), keadaan *hypoxia* (25% oksigen), keadaan *anoxia* (0% oksigen), dan bagi mengenalpasti sejauhmana sistem ini dapat pulih semula selepas keadaan tanpa oksigen dalam jangkamasa yang singkat (4 hari dan 1 hari tanpa oksigen) diikuti dengan pengudaraan semula selama 3 hari dan 6 hari. Semasa eksperimen dijalankan, *cores* ditutup dengan penutup plastik bagi mengelakkan kemasukan oksigen dalam air daripada udara di dalam bilik sejuk tersebut dan bagi mengekalkan kandungan oksigen mengikut rawatan yang berbeza.

Pengekstrakan metabolit organik

Sebanyak 100g berat basah sedimen dimasukkan ke dalam 500 ml botol kaca Schott dan seterusnya 30 ml metanol dimasukkan. Campuran ini dipastikan terlarut menggunakan *vortex mixer* selama 0.5 minit. Botol ini dimasukkan dalam sonikator bagi melarutkan campuran ini sepenuhnya. Sebanyak 30 ml campuran diklorometana dan metanol (2:1 V/V) ditambah dalam botol dan pengekstrakan dijalankan selama 1 jam. Selepas itu, 30 ml 2:1 diklorometana, metanol ditambah untuk mengekstrak sedimen sepenuhnya dalam sonicator selama 1 jam. Langkah ini diulang dengan menambahkan 2:1 diklorometana dan metanol selama 2 jam.¹⁹ Selepas proses pengekstrakan telah selesai, botol yang mengandungi campuran larutan yang diekstrak daripada 4 kali tambahan bahan kimia dikacau dengan menyeluruh selama 1 minit dan kesemua larutan disatukan dan ditapis dengan menggunakan kertas turas Whatman no 1 dan corong turas. Daripada 100 g yang diekstrak, 30 ml campuran pelarut ini ditapis dan dikeringkan dengan vakum pada suhu 40 °C selama 120 minit.

Proses metilasi

Proses metilasi dijalankan bagi mengekstrak metabolit organik lipid dalam bentuk asid lemak metil ester. Pelarut yang telah dikeringkan daripada proses pengekstrakan dikumpul dan diletakkan dalam mangkuk pijar kaca dalam bentuk serbuk. 100 mg diambil untuk proses metilasi kesemua lipid ke dalam bentuk asid lemak metil ester. Lipid yang telah diekstrak daripada mangkuk pijar dipindahkan ke dalam 20 ml botol kaca bertutup dan 1 ml toluen ditambah. Kemudian, sebanyak 2 ml 1% methanolic sulfuric acid ditambah. Sampel dibiarkan semalaman pada suhu bilik untuk mengesktrak metil ester. Selepas itu, sebanyak 5 ml air yang mengandungi 2% sodium klorida ditambah ke dalam tiub. Metil ester yang telah terhasil diekstrak sebanyak 2 kali dengan 5 ml hexane menggunakan Pasteur pipet berkaca. Hanya lapisan atas yang mengandungi heksana dipindahkan ke dalam 20 ml botol kaca dan 4 ml air yang mengandungi 5% potassium bikarbonat ditambah. Sampel ini disimpan

di dalam desiccator yang mengandungi sodium sulfat kontang untuk menghilangkan air dan kompaun polar yang tinggal dalam sampel dan untuk proses metilasi sepenuhnya. Pada keesokan harinya, hanya lapisan atas yang dipindahkan ke dalam 8 ml botol kaca dan dikeringkan dengan vakum pada suhu 40 °C selama 120 min. Sampel yang dikeringkan kemudian dilarutkan semula dalam 50 µl heksana and divorteks selama 0.5 min (Christie dan Han, 2010). Kemudian, sampel dipindahkan ke dalam 0.2 ml *inserts* dengan kaki polimer dalam 2 ml botol GC untuk analisa GC/MS.

Analisa GC/MS untuk Pengekstrakan Asid Lemak

Analisis telah dilakukan menggunakan Agilent (Agilent Technologies, Wilmington, Delaware, USA) GC 6890N yang disambung dengan Mass Selective Detector 5973 *inert*. Suntikan *splitless* secara automatik (3 µl) telah dilakukan dengan menggunakan Agilent 7683 automatik sampler. Berikut merupakan keadaan dalam kromatografi; suhu dalaman 250 °C, gas pembawa adalah helium pada kadar 0.9 ml/min, nominal inlet pressure adalah 8.70 psi, suhu program oven adalah: 80 °C selama 2 min, 10 °C/min sehingga 380 °C kemudian ditahan selama 3 min, memberikan jumlah masa selama 35 minit. *Column* yang digunakan adalah DB-23 (JdanW: 122-2332, Agilent Technologies, Wilmington, Delaware, USA) 30m x 0.25mm x 0.25 µm. Parameter jisim spektrometri adalah; menggunakan elektron pengionan dalam mod positif (70eV), dengan sumber suhu 230 °C dan suhu quad 150 °C. Jumlah ion yang diimbis pada 50 sehingga 500 amu diproses dengan perisian Agilent GC Chemstation (D.03.00) dan NIST Mass Spectral Library, V8.0 (*National Institute of Standards and Technology*, Gaithersburg, Maryland, USA).

Pengiraan dan Ketepatan Kaedah

Pengecaman kompaun telah dilakukan dengan membandingkan dengan ciri-ciri retensi kromatografi, spektra jisim yang dilaporkan dan perpustakaan spektra jisim NIST V8.0 (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA). Pengiraan dilakukan dengan menggunakan kawasan puncak jumlah kromatogram ion (TIC) dan diubah menjadi kompaun jisim menggunakan piawaian dalaman: 0.05 mg/ml asid heptadekanoik ditambah kan sebelum analisa GC. Di makmal, analisa dijalankan dengan menggunakan radas yang telah dibilas dengan Decon-90. Memandangkan banyak asid lemak/kompaun jenis lipid yang didapati dalam sampel, MSD telah ditutup selepas 15 minit bagi mengelakkan gangguan dengan proses integrasi puncak. OSR (*Oil Seed Rape*) campuran piawaian FAME dan GLC-90 FAME campuran piawaian telah dianalisa sebagai perbandingan dan bagi mengenalpasti mesin GC-MS dapat berfungsi dan mengesan puncak/kompaun. Sampel kawalan juga dianalisa dan tiada kompaun dapat dikesan. Semua radas telah dibilas dengan pelarut organik sebelum analisa dijalankan.

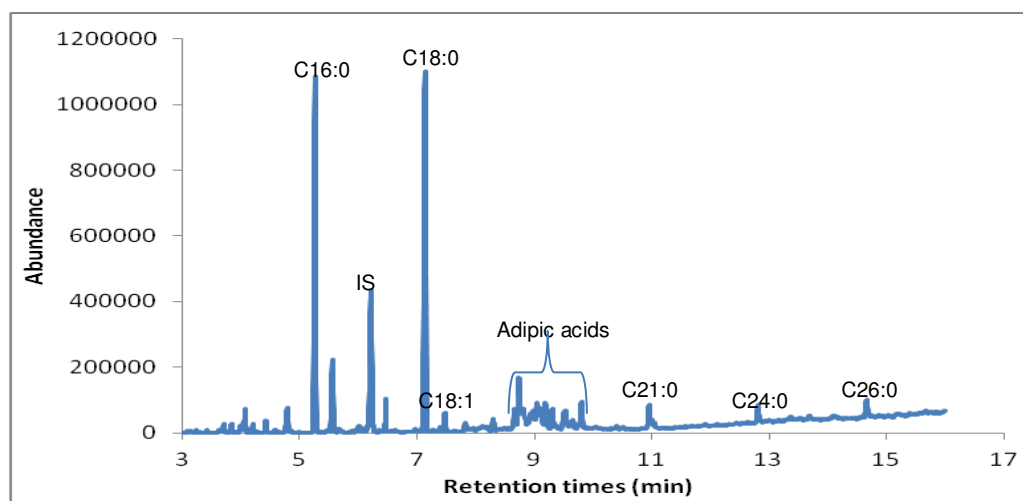
Analisa Statistik

Analisa statistik telah dijalankan menggunakan SPSS 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Ujian ANOVA sehalal digunakan untuk menguji perubahan metabolit organik dalam sedimen selepas ujikaji oksigen yang berbeza. Ujian lanjutan (post-hoc) Tukey digunakan sekiranya terdapat perubahan yang signifikan.

HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Metabolit organik yang diekstrak daripada sedimen di Breydon Water, Great Yarmouth

Jumlah kromatogram ion bagi metabolit organik yang diekstrak daripada sedimen di Breydon Water, Great Yarmouth ini menghasilkan beberapa puncak (*peak*), namun majoriti daripada puncak ini terletak di garisan dasar (*baseline*) (Rajah 1). Sebelas daripada 16 metabolit telah dilabel dalam rajah 1 bagi mewakili kandungan metabolit organik yang dapat dianalisa. Dalam rajah 1, puncak asid heksadekanoik metil ester (C16:0) dan asid oktadekanoik metil ester (C18:0) mendominasi asid lemak yang lain. Dominasi metabolit C16:0 dan C18:0 ini adalah sejajar dengan penemuan Ali dan Mudge, (2005) di Muara Conwy di Utara Wales. C16:0 dan C18:0 adalah asid lemak tidak-spesifik, yang terdapat dengan banyak dalam fitoplankton dan zooplankton (Pearson et al., 2001). Sedimen dari Sungai Deschute di Oregon juga menunjukkan C16:0 mendominasi dan dikaitkan dengan letusan alga yang berlaku di sungai yang beriklim temperat (Medeiros dan Simoneit, 2007). C18:0 pula dilaporkan terkandung di dalam sedimen di Laut Wadden, Teluk Tokyo dan Teluk Fos yang disebabkan oleh kehadiran organisma prokariot (White et al., 1998).



Rajah 1: Jumlah kromatogram ion bagi metabolit organik yang diekstrak daripada sedimen di Breydon Water, Great Yarmouth. Singkatan, IS= standard dalaman.

Analisa GC/MS terhadap sedimen dari Breydon Water menunjukkan kehadiran 16 metabolit asid lemak, hidrokarbon dan sulfur dengan menggunakan pengkalan data NIST V8.0 (Jadual 1). Selepas 7 hari eksperimen, asid tetrakosanoik dan asid heksakonoik tidak dikesan di dalam kromatogram. Asid lemak tepu yang mempunyai rantai yang panjang seperti asid tetrakosanoik dan asid heksakonoik dijangka akan mengalami penguraian yang lebih lambat berbanding asid lemak yang berantai lebih pendek (Sun et al., 1997) namun, gangguan bising yang tinggi daripada latarbelakang ketika masa pengekalakan kedua-dua metabolit juga berkemungkinan menyebabkan ketidakhadiran asid-asid lemak tersebut selepas 7 hari eksperimen dijalankan.

Jadual 1: Asid lemak, alkohol lemak, asid dikarboksilik, hidrokarbon dan kompaun sulfur dalam sedimen di Breydon Water, Great Yarmouth dikenalpasti menggunakan perpustakaan NIST V8.0. Komposisi dikira menggunakan kepekatan jisim yang ditukar dalam bentuk peratus.

Bil	Kompaun	RT	Komposisi (%)
1	Benzena	3.09	0.24
2	Asid Dekanedioik	3.67	0.19
3	Metil 9-metil tetradekanoat	3.82	0.60
4	Asid Fumarik	4.01	0.63
5	5-Tetradekanol	4.16	0.05
6	Siklik oktaatomik sulfur	4.77	0.83
7	Asid Heksadekanoik	5.25	14.10
8	Asid Heptadekanoik (IS)	6.21	4.94
9	Asid Propanedioik	6.51	0.60
10	Asid Oktadekanoik	7.29	13.57

11	9-octadekanoik (z)	8.03	0.58
12	Asid Sikloheksanokarboksilik	8.11	0.05
13	Pelbagai Asid adipik	9.02-9.78	0.10 – 0.77
14	Asid Dokosanoik	11.00	0.69
15	Asid Tetrakosanoik	12.81	0.45
16	Asid Heksakosanoik	14.68	0.43

Singkatan RT= masa retensi, IS=standard dalaman

Pengekstrakkan metabolit organik daripada lima rawatan yang berbeza

Daripada 16 metabolit organik yang dikesan daripada 5 rawatan yang berbeza, 4 daripadanya menunjukkan perubahan yang signifikan (ANOVA sehala, $p < 0.05$) seperti yang ditunjukkan di dalam jadual 2. Kepekatan metil 9-metil tetradekanoat, asid fumarik, siklik oktaatomik sulfur dan 9-oktadekanoik (Z) di dalam keadaan *oxia* dan 1DA adalah rendah berbanding dengan eksperimen awal *hypoxia*, 4DA dan *anoxia* (Tukey, $p < 0.05$).

Walaupun kepekatan metil 9-metil tetradekanoat, asid fumarik, siklik oktaatomik sulfur dan 9-oktadekanoik (Z) lebih rendah dalam keadaan *hypoxia*, 4DA dan *anoxia* berbanding eksperimen awal, tetapi tidak ada sebarang perubahan yang signifikan dalam kalangan rawatan-rawatan tersebut (Tukey, $p > 0.05$). Jadual 2 menunjukkan kepekatan 10 metabolit organik dalam setiap rawatan. Tiada perubahan yang ketara diukur antara 10 metabolit organik tersebut (ANOVA sehala, $p > 0.05$).

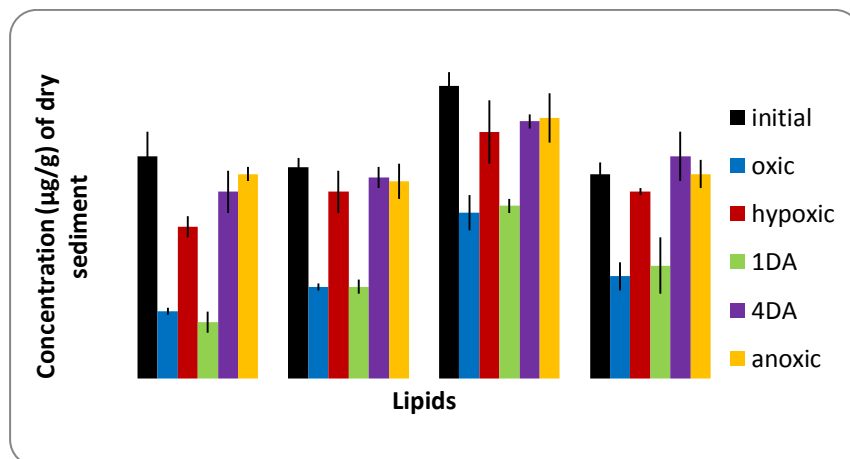
Kesan oksigen atas metabolit organik ini dibincangkan berdasarkan pembentukan asid lemak tepu dan tidak tepu dan struktur molekulnya. Dalam ujikaji *oxia*, kepekatan metil 9-metil tetradekanoat, asid fumarik, asid 9-oktadekanoik (Z) (C18:1), dan siklik oktaatomik sulfur adalah rendah berbanding dalam rawatan *hypoxia*, 4DA, *anoxia* dan keadaan peringkat awal (Rajah 2). Metil 9-metil tetradekanoat adalah asid lemak tepu yang bercabang, dan seringkali menjadi penunjuk kepada kehadiran bakteria (Wakeham, 1999). Asid lemak tepu yang bercabang banyak terkandung di dalam bakteria pengurai sulfat dan di dalam bakteria gram positif (Piotrowska-seget dan Mrozik, 2003). Mille et al., (1992) telah melaporkan asid lemak bernombor ganjil dan bercabang lebih tinggi dalam keadaan *anoxia* berbanding *oxia* dalam sedimen di pesisir Mediterranean Perancis. Corak yang berbeza

berdasarkan tindakbalas bakteria di dalam ujikaji *oxia* dapat dilihat menggunakan asid lemak yang bercabang.

Jadual 2: Kepekatan metabolit organik selepas 7 hari ujikaji dijalankan.

Metabolit organik	Kepekatan ($\mu\text{g g}^{-1}$)					
	Eksperimen awal	<i>Oxia</i>	<i>Hypoxia</i>	1DA	4DA	<i>Anoxia</i>
Benzena	0.24 ± 0.01	0.29 ± 0.03	0.25 ± 0.02	0.27 ± 0.01	0.28 ± 0.05	0.27 ± 0.06
Asid Dekanedioik	0.19 ± 0.01	0.15 ± 0.02	0.21 ± 0.09	0.14 ± 0.05	0.24 ± 0.04	0.20 ± 0.02
5-Tetradekanol	0.05 ± 0.01	0.10 ± 0.02	0.09 ± 0.01	0.12 ± 0.04	0.11 ± 0.02	0.09 ± 0.01
Asid Heksadekanoik	14.10 ± 0.51	12.23 ± 1.14	15.45 ± 0.68	12.33 ± 0.43	14.90 ± 0.71	15.20 ± 1.28
Asid Heptadekanoik (IS)	4.94 ± 1.24	4.58 ± 1.09	4.38 ± 0.41	4.81 ± 0.29	4.76 ± 0.43	4.28 ± 0.68
Asid Propanedioik	0.60 ± 0.04	0.61 ± 0.03	0.64 ± 0.04	0.58 ± 0.01	0.56 ± 0.01	0.61 ± 0.03
Asid Oktadekanoik	13.57 ± 0.73	12.28 ± 1.18	14.84 ± 0.68	12.10 ± 0.51	12.82 ± 1.63	12.32 ± 0.36
Sikloheksana	0.05 ± 0.01	0.09 ± 0.03	0.08 ± 0.03	0.09 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.02
Pelbagai asid adipik	0.10-0.77	0.23-0.89	0.17-0.73	0.14-0.88	0.15-0.75	0.18-0.90
Asid Dokosanoik	0.69 ± 0.33	0.60 ± 0.10	0.58 ± 0.08	0.64 ± 0.11	0.59 ± 0.05	0.60 ± 0.02

Singkatan, 1DA= 1 hari tanpa oksigen, 4DA= 4 hari tanpa oksigen, IS = standad dalaman



Rajah 2: Kepekatan metabolit organik yang dikira dalam jisim menggunakan standad dalaman. Nilai dilaporkan dalam $\text{min} \pm \text{SE}$ ($n=3$). Singkatan, S8-Siklik Oktaatomik sulfur, C18:1- Asid 9-oktadekenoik (Z), 1DA=1 hari tanpa oksigen, 4DA= 4 hari tanpa oksigen.

Asid lemak tidak tepu pula adalah lebih terdedah kepada oksigen yang berkemungkinan besar disebabkan oleh kehadiran ikatan dedua (Dai et al., 2009). Corak tersebut ditunjukkan dengan kepekatan asid fumarik dan C18:1 yang rendah dalam masa 7 hari ujikaji *oxia* (Rajah 2). Asid fumarik adalah asid lemak tidak tepu berbentuk trans yang mempunyai sekurang-kurangnya satu ikatan dedua dalam konfigurasi trans (Xiao et al., 2009) yang menunjukkan dua atom hidrogen terikat pada arah bertentangan dengan ikatan dedua. Keadaan ini menyebabkan rantai tidak boleh dilentur dengan mudah dan bentuknya mirip asid lemak tepu bergaris lurus (Christie dan Han, 2010).

Kesan oksigen terhadap kadar penguraian asid lemak tepu dan tidak tepu juga berbeza. Kepekatan asid fumarik dan C18:1 yang rendah telah ditunjukkan dalam keadaan *oxia* berbanding *anoxia*. Walau bagaimanapun, kepekatan asid lemak seperti C16:0, C18:0 dan C21:0 tidak menunjukkan perubahan yang signifikan dalam kalangan ujikaji-ujikaji tersebut (Jadual 2).

Asid fumarik, salah satu asid lemak berbentuk trans adalah lebih stabil berbanding asid lemak berbentuk cis terhadap kesan pengoksidaan tetapi kepekatan asid fumarik adalah rendah, 0.26 $\mu\text{g/g}$ (Rajah 2) dalam ujikaji *oxia* jika dibandingkan dengan asid lemak tepu yang lain seperti C16:0 dan C18:0 (yang mencecah 14 $\mu\text{g/g}$), menunjukkan pendedahan asid lemak tidak tepu terhadap kesan oksigen berbanding asid lemak tepu (Sun et al., 1997). Lu et al., (2010) telah melaporkan C18:1 terurai lebih cepat dan lengkap berbanding asid lemak tepu (14:0 dan 16:0) dalam keadaan *anoxia* dan ini disebabkan oleh ikatan dedua yang memainkan peranan yang penting dalam kemerosotan asid lemak (Sun et al., 1997).

Faktor ini mungkin disebabkan oleh penguraian ikatan karbon tidak tepu terlebih dahulu (Dai et al., 2009) yang menyumbang kepada kepekatannya yang rendah dalam keadaan *oxia*. Kajian oleh Sun et al., (2004) juga melaporkan asid lemak tidak tepu selalunya terurai lebih banyak berbanding asid lemak tepu. Jaffe et al., (2001) pula melaporkan ketidakhadiran asid lemak tidak tepu dalam 5 daripada 6 kawasan persampelan dalam sadimen di Sungai Harney, yang menunjukkan pengoksidaan dan penguraian bahan lipid yang tinggi di dalam baja dan sedimen.

Selepas 7 hari eksperimen, 0.47 $\mu\text{g/g}$ siklik oktaatomik sulfur telah dijumpai dalam ujikaji *oxia* berbanding 0.74 $\mu\text{g/g}$ siklik oktaatomik sulfur dalam ujikaji *anoxia* (gambarajah 2). Kehadiran metabolik siklik oktaatomik sulfur yang kurang dalam sedimen menunjukkan kemungkinan berlakunya kadar pengurangan sulphur (Chang et al., 2009). Sesetengah bakteria menggunakan hidrogen sulfide berbanding air sebagai rangsangan untuk meningkatkan penguraian asid lemak (Bartoli et al., 2009). Walaubagaimanapun, tiada perubahan yang signifikan terhadap kepekatan metil 9-metil tetradekanoat, asid fumarik asid 9-oktadekanoik (Z) dan siklik oktaatomik sulfur dalam keadaan *hypoxia*, 4DA dan *anoxia* berbanding keadaan awal penderma elektron dalam proses primitif seakan-fotosintesis. Ini mungkin menunjukkan bahawa siklik oktaatomik sulfur telah ditukarkan kepada hidrogen sulfida sebelum ia digunakan oleh mikro-organisma. Kekurangan sulfur dalam keadaan *oxia* mungkin disebabkan oleh ianya telah digunakan sepenuhnya semasa penguraian bahan organik, yang mana penguraian bahan organik masih berlaku dalam keadaan *anoxia*. Chang et al. (2009) telah melaporkan pengesanan sulfur dan produk siklik oktaatomik di dalam sedimen paya bakau Taiwan selepas 35 hari dibiarkan dan kaitan bahan ini dengan kadar pengurangan sulfat. Kepekatan metil 9-metil tetradekanoat, asid fumarik asid 9-oktadekanoik (Z) dan siklik oktaatomik sulfur dalam ujikaji 1DA adalah lebih rendah berbanding dalam keadaan *hypoxia*, 4DA, *anoxia* dan keadaan awal (Rajah 2). Ini menunjukkan kesan sehari tanpa oksigen boleh kembali kepada keadaan asal dan pengudaraan semula dapat meningkatkan tindakbalas mikrobiologi.

Selain daripada asid lemak, alkohol lemak, hidrokarbon aromatik dan metabolit sulfur, asid dikarboksilik berantai pendek tepu seperti asid dekanedoik, asid propanedoik dan asid adipik juga dikesan dalam semua ujikaji (Jadual 2). Kesemua asid dikarboksilik berantai pendek ini terjadi melalui proses pengoksidaan mirob (Volkman, 2006). Rezanka et al., (2003) telah melaporkan bahawa asid dikarboksilik rantai pendek dan sederhana (sehingga 11 karbon) telah dikesan dalam sianobakteria genus *Aphanizomenon*. Naafs dan Bergen, (2002) juga telah melaporkan asid dikarboksilik rantai pendek daripada C6 hingga C14 berasal daripada proses degradasi bakteria. Asid adipik dalam kajian ini berkemungkinan berpunca daripada proses pengoksidaan asid lemak daripada kompaun benzena dan sikloheksana yang terdapat dalam kesemua sampel (Jadual 2). Asid adipik atau asid heksanedioik adalah sejenis asid dikarboksilik rantai pendek yang asas, dihasilkan melalui proses pengoksidaan sikloheksana, berpunca daripada proses pengoksidaan benzena (Lovley et al., 1995).

KESIMPULAN

Struktur molekular dan panjang rantai karbon lipid adalah faktor utama yang mengubah kadar penguraian kesan daripada kepekatan oksigen yang berbeza. Asid lemak tidak tepu yang rendah dalam

keadaan *oxia* adalah berkait dengan struktur ikatan dedua, yang kurang stabil berbanding dengan asid lemak tepu. Tempoh masa *anoxia* adalah faktor yang perlu dititikberatkan untuk melihat tindakbalas mikrobiologi di dalam sedimen muara bagi meningkatkan pemahaman dalam fungsi ekosistem.

RUJUKAN

- Ali, M.M. dan Mudge, S. M. (2005). *Sains Malaysiana* 34(2): 23-33.
- Bartoli, M., Vezzulli, L., Nizzoli, D., Azzoni, R., Porrello, S., Moreno, M., Fabiano, M. dan Viaroli, P. (2009). *Hydrobiologia*, 629(1), 123-136.
- Bianchi, T. S. dan Canuel, E. A. (2011). *Chemical Biomarkers in Aquatic Ecosystems*, Princeton University Press.
- Boisselle, A. P.; Hennion, G. F. (1961). *J. Org. Chem.*, 26, 725–727.
- Chang, B.-V., Lu, Z.-J. dan Yuan, S.-Y. (2009). *Journal of Hazardous Materials*, 165(1-3), 162-167.
- Christie, W. W. dan Han, X. (2010). Bridgwater, U.K, Oily Press.
- Dai, J., Sun, M.-Y., Culp, R. dan Noakes, J. (2009). *Aquatic Ecology*, 43(4), 825-841.
- Dalsgaard, J., St. John, M., Kattner, G., Müller-Navarra, D. dan Hagen, W. (2003). *Advances in Marine Biology*, 46, 225-340.
- Humrawali, N.; Kwan, Y.L.; Latif, M.T.; Mohamed, C.A.R.; Mohd Ali, M. (2009). *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 13(1), 36 - 43.
- Jaffe, R., Mead, R., Hernandez, M. E., Peralba, M. C. dan DiGuida, O. A. (2001). *Organic Geochemistry*, 32(4), 507-526.
- Lovley, D. R., Coates, J. D., Woodward, J. C. dan Phillips, E. (1995). *Applied and Environmental Microbiology*, 61(3), 953-8.
- Lü, D., Song, Q. dan Wang, X. (2010). *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 28(1): 131-143
- Meyers, P. A. 1997. *Organic Geochemistry* 27(5-6): 213-250.
- Medeiros, P. M. dan Simoneit, B. R. T. (2007). *Journal of Chromatography A*, 1141(2), 271-278
- Mille, G., El Jammal, T., Doumenq, P. dan Bertrand, J. C. (1992). *Science of The Total Environment*, 113(3), 209-228
- Naafs, D. F. W. dan van Bergen, P. F. (2002). *Organic Geochemistry* 33(3), 189-199.
- Pearson, A., McNichol, A. P., Benitez-Nelson, B. C., Hayes, J. M. and Eglinton, T. I. (2001). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 65(18), 3123-3137.
- Piotrowska-Seget, Z. dan Mrozik, A. (2003). *Polish Journal of Environmental Studies*, 12(6), 669-675.

- Pulchan, K. J., Helleur, R. dan Abrajano, T. A. (2003). *Organic Geochemistry*, 34(2), 305-317.
- Řezanka, T., Dor, I., Prell, A. dan Dembitsky, V. (2003). *Folia Microbiologica*, 48(1), 71-75.
- Shi, W., Sun, M.-Y., Molina, M. dan Hodson, R. E. (2001). *Organic Geochemistry*, 32(4), 453-467.
- Sun, M.-Y., Cai, W.-J., Joye, S. B., Ding, H., Dai, J. dan Hollibaugh, J. T. (2002). *Organic Geochemistry*, 33(4), 445-459.
- Sun, M.-Y., Wakeham, S. G. dan Lee, C. (1997). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61(2), 341-355.
- Sun, M.-Y., Zou, L., Dai, J., Ding, H., Culp, R. A. dan Scranton, M. I. (2004). *Organic Geochemistry*, 35(8), 895-908.
- Volkman, J. (2006). Springer Berlin / Heidelberg. 2N: 27-70.
- Wakeham, S. G. (1999). *Organic Geochemistry*, 30(9), 1059-1074.
- White, D. C., Flemming, C. A., Leung, K. T. dan Macnaughton, S. J. (1998). *Journal of Microbiological Methods*, 32(2), 93-105
- Xiao, M., Wu, F. C., Liao, H. Q., Li, W., Lee, X. Q. dan Huang, R. S. (2009). *Journal of Hydrology*, 365(1-2), 37-45.
- Zonneveld, K. A. F., Versteegh, G. J. M., Kasten, S., Eglinton, T. I., Emeis, K. C., Huguet, C., Koch, B. P., Lange, d. G. J., Leeuw, D. J. W., Middelburg, J. J., Mollenhauer, G., Prahl, F. G., Rethemeyer, J. dan Wakeham, S. G. (2010). *Biogeosciences*, 7, 483 - 511.

12

Pengurusan Sisa Pepejal di Malaysia: Praktikal dan Cabaran

Mohd Armi Abu Samah ¹, Siti Rohana Mohd Yatim ² dan Latifah Abd Manaf ³

¹ *Kuliah Sains, Universiti Islam Antarabangsa Malaysia, Kampus Kuantan Jalan Sultan Ahmad Shah, 25200 Kuantan, Pahang*

² *Jabatan Kesihatan Persekutaran, Fakulti Sains Kesihatan, Universiti Teknologi MARA, Malaysia*

³ *Jabatan Sains Alam Sekitar, Fakulti Alam Sekitar, Universiti Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang*

PENGENALAN

Pengurusan sisa pepejal merupakan suatu cabaran baru dan berterusan di Malaysia dalam membangunkan negara ini menjadi sebuah negara maju menjelang tahun 2020. Pengurusan sisa pepejal yang efektif perlu selari dengan komitmen Malaysia seperti yang tercatat dalam Deklarasi Rio pada tahun 1992 yang menekankan tahap kesihatan awam yang baik, kehidupan manusia yang selesa dan seimbang serta bebas dari masalah persekitaran alam sekitar. “Mengawal dan menguruskan sisa pepejal merupakan tunjang kemajuan dalam pembangunan sesebuah negara maju” (Deklarasi Rio, 1992). Dalam erti kata lain, sisa pepejal merupakan gabungan diantara disiplin yang melibatkan pencegahan penghasilan, penyimpanan, pemungutan dan pengangkutan, pemprosesan dan akhir sekali pelupusan sisa pepejal berlandaskan kepada prinsip-prinsip kesihatan umum, ekonomik, kejuruteraan, pengekalan estetik dan pertimbangan alam sekitar. Sisa pepejal boleh didefinisikan kepada perkara-perkara dinyatakan seperti berikut iaitu :

- (i) Sebarang bahan yang menjadi atau lebihan bahan yang tidak dikehendaki.
- (ii) Sebarang bahan atau benda yang mesti dibuang setelah ianya pecah, haus, lusuh atau rosak.
- (iii) Sebarang bahan yang dibuang di dalam apa-apa bekas yang diperuntukkan. Bahan yang dimaksudkan ialah sisa pepejal perbandaran (*municipal waste*) iaitu dari rumah kediaman, pejabat, pusat beli belah, sektor pembinaan dan hasil buangan seharian yang kelihatan tidak bernilai atau tidak boleh digunakan lagi. Ini termasuk sisa makanan, bahan-bahan pembungkusan seperti botol, plastik, kotak kertas, tin aluminium serta besi, kertas kadbod, kain tenunan dan kayu. Bahan-bahan tersebut tidak termasuk sebagai sisa kimia dan berbahaya yang memerlukan kaedah pelupusan tersendiri (JKT, 2002).

Pengurusan sisa pepejal yang efektif perlu dikenalpasti bagi menguruskan penghasilan sisa pepejal dengan kaedah yang selamat dan berupaya memberi kesan impak yang baik bagi masa depan alam sekitar. Kepesatan sesebuah kawasan yang melibatkan penambahan penduduk, peningkatan sosio-ekonomi, pembinaan rumah kediaman dan komersil turut mengundang penjana dan pertumbuhan sisa pepejal hasil aktiviti harian penduduk dan masyarakat setempat (EPA, Decision Makers, Vol. II). Di Malaysia, pengurusan sisa pepejal masih dianggap baru dan banyak pihak seolah-olah tidak mengambil kira kepentingan dan keperluan dalam pengurusan sisa pepejal yang efektif seperti guna tenaga mahir dan buruh, kos serta masa. Masalah pengurusan sisa pepejal bukan sahaja berlaku di bandaraya seperti Kuala Lumpur, Pulau Pinang, Johor Bahru atau Ipoh tetapi berlaku di kawasan yang mempunyai bilangan penduduk yang kecil. Selain daripada kawasan-kawasan terpencil, terdapat juga kawasan yang mempunyai keluasan kegunaan tanah yang terhad. Ini boleh menyebabkan kawasan tumpuan yang terhad mudah dicemari dengan sisa pepejal sekiranya tiada sistem pengurusan yang bersepadu dipraktikkan bagi mengurangkan dan melupuskan sisa pepejal yang dihasilkan.

PRAKTIKAL TERHADAP PENGURUSAN SISA PEPEJAL

Modul latihan atau pembelajaran adalah satu aspek penting yang mempengaruhi kehidupan seharian manusia. Menurut Goldenson, (1984) dalam Mahmood Nazar Mohamed, (1990), pembelajaran ialah satu proses individu mendapatkan informasi-informasi, tingkah laku atau kebolehan yang baru. Pembelajaran juga boleh didefinisikan sebagai perubahan tingkah laku yang agak tetap dan berlaku kerana pengalaman atau latihan yang diteguhkan dan ia boleh berlaku secara formal, informal dan non-formal (Ee Ah Meng, 1992).

Memperkenalkan modul latihan menyeluruh bagi pengurusan sisa pepejal dalam pembelajaran pelajar merupakan langkah yang bagus bagi mengurangkan pembuangan sisa pepejal. Modul latihan ini dimulakan dari peringkat sekolah rendah hinggalah ke institusi pengajian tinggi. Dengan cara ini para pelajar akan mempelajari isu – isu berkenaan pengurusan sisa pepejal di Malaysia dan bagaimana untuk menguruskan sisa pepejal secara bertanggungjawab. Mereka diberi ilmu dan pengetahuan mengenai konsep 4R2C iaitu *Rethink* (Fikir Semula), *Reduce* (Kurangkan), *Reuse* (Guna Semula), *Recycle* (Kitar Semula), *Compost* (Kompos) dan *Close the Loop* (membeli balik barangan yang diperbuat daripada bahan - bahan kitar semula) serta diberikan latihan praktikal mengendalikan teknik pengendalian yang betul dalam tatacara kitar semula.

PEWUJUDAN UNDANG-UNDANG DAN PERATURAN

Pewujudan peraturan dan garis panduan pelaksanaan adalah sangat penting dalam pengurusan sisa buangan, ini kerana undang undang yang diwujudkan boleh menyeragamkan sistem yang diguna pakai. Menggubal dan menguatkuasakan pengurusan sisa pepejal (PSP) khusus bagi sisa pepejal bukan toksik dan merbahaya merupakan satu kaedah yang baik untuk memudahkan PSP. Selain

daripada itu penganan penalti terhadap pelanggaran undang-undang Pengurusan sistem pepejal untuk kilang kilang di Malaysia juga perlu diperketatkan lagi dengan menaikkan bayaran denda terhadap kilang kilang yang tidak mengikut peraturan. Pewujudan jabatan khusus yang bertanggungjawab ke atas PSP juga diperlukan, ini kerana segala urusan yang melibatkan PSP dapat diuruskan segera tanpa halangan dan kekangan daripada pihak pihak lain.

PENGGUNAAN TEKNOLOGI

Teknologi yang mesra alam dan selamat perlulah dipertekankan di dalam PSP kerana, ia bukan sahaja selamat malah boleh menjadi sumber ekonomi kepada Negara. Penggunaan teknologi perlu mendapat kelulusan Kerajaan kerana ianya melibatkan penggunaan tanah di negeri negeri yang terlibat. Selain daripada itu, penggunaan teknologi hendaklah berdasarkan *waste management hierarchy* dan kos efektif kerana ia perlu mematuhi kehendak-kehendak dan peraturan yang ditetapkan oleh pihak berkuasa sebelum dimulakan. Tapak pelupusan juga perlulah dibuat di tempat yang bersesuaian, sanitari berasingan bagi *inert waste, municipal waste, treated* perlu dibuat kerana ia dapat memudahkan PSP serta dapat menjimatkan kos untuk jangka masa panjang. Mempertingkatkan usaha-usaha penyelidikan dengan kerjasama institusi tempatan merupakan satu langkah yang baik kerana dengan cara ini, ia bukan sahaja dapat mengurangkan kos mengambil penyelidikan dari luar negara malah dapat membimbing ke arah pembangunan teknologi supaya menjadikan Malaysia sebagai pusat pemasaran teknologi PSP.

KESIMPULAN

Kesimpulanya pelbagai langkah yang berkesan haruslah diambil untuk mengatasi masalah-masalah berkaitan pengurusan sisa pepejal. Segala cabaran - cabaran ini boleh diatasi jika kesedaran terhadap masalah sisa pepejal ini kepada rakyat Malaysia dapat dikesan dari awal lagi. Jadi praktikal-praktikal yang dicadangkan perlulah dilaksanakan supaya Malaysia dapat menjadi negara maju berlandaskan wawasan 2020. Ini seiring azam untuk menjadikan Malaysia sebuah negara yang sihat dan bebas pencemaran. Barulah generasi yang akan datang mempunyai persekitaran yang baik dan kelestarian alam sekitar dapat dikekalkan.

RUJUKAN

Ee Ah Meng (1992). *Pedagogi Satu Pengenalan*. Edisi ketiga. Kuala Lumpur, Penerbit Fajar Bakti Sdn.Bhd.

EPA. 1990. *Sites for Our Solid Waste: Decision Makers's Guide to Solid Waste Management - Vol. II*. P. 2 -15

Mahmood Nazar Mohamed (1990). *Pengantar Psikologi: Satu Pengenalan Asas Kepada Jiwa Dan Tingkah Laku Manusia*. Kuala Lumpur, Dewan Bahasa dan Pustaka.

The United Nations Conference on Environment and Development (1992). The Rio Declaration on Environment and Development.

Helena Mohd Yussof (2008). Pengurusan sisa pepejal – Apakah yang terbaik. Universiti Teknologi Malaysia. Malaysia.

Smart Ranger (2012). Managing Solid Waste - 4R 2C. [Atas Talian]. Boleh didapati di: http://www.smartranger.net/aeimages//Image/smart_ranger_booklet/Binder2_Page_01.jpg [26 April 2012]

13

Aplikasi Teknologi Insinerator dalam Pengurusan Sisa Pepejal di Malaysia

Mohd Armi Abu Samah ¹ dan Mohd Yusoff Ishak ²

¹ *Kuliah Sains, Universiti Islam Antarabangsa Malaysia, Kampus Kuantan Jalan Sultan Ahmad Shah,
25200 Kuantan, Pahang*

² *Jabatan Pengurusan Alam Sekitar, Fakulti Pengajian Alam Sekitar, Universiti Putra Malaysia,
43400 UPM Serdang*

PENDAHULUAN

Pembangunan di Malaysia telah menyaksikan perkembangan mendadak kawasan penempatan perumahan, institusi dan industri serta pusat perdagangan saban tahun. Kepesatan pemodenan negara juga turut mengakibatkan semakin banyak kuantiti sisa pepejal yang semakin kompleks daripada segi komposisinya dihasilkan oleh masyarakat setiap hari. Rakyat Malaysia pula menghasilkan produk sisa pada kadar yang amat membimbangkan serta lebih cepat berbanding dengan proses degradasi bahan buangan secara semulajadi. Malahan rakyat Malaysia kini menggunakan sumber-sumber pada kadar yang lebih cepat berbanding dengan kadar bahan berkenaan boleh diganti semula. Malahan pengurusan sisa dengan menggunakan teknologi moden yang canggih bukan lagi merupakan satu pilihan sebaliknya satu keperluan dalam usaha untuk melindungi alam sekitar dan kualiti kehidupan kita.

Kaedah dan teknologi yang terkini diperlukan untuk menguruskan sisa pepejal di Malaysia kerana banyak bandar raya di seluruh dunia telah mulai membangunkan teknologi yang sedemikian dalam usaha masing-masing untuk memastikan kelestarian kehidupan masyarakat masing-masing. Namun, ramai yang tidak pernah mempedulikan tentang isu pengurusan sisa pepejal yang mampan. Pengurusan sisa pepejal bermula dari tong sampah di rumah sehinggalah ke penghujungnya iaitu di tapak pelupusan. Tidak ramai yang betul-betul mengambil berat tentang impak sisa pepejal yang tidak diurus dengan sempurna terhadap alam sekitar. Orang ramai juga kurang mengambil tahu tentang jangka hayat bagi sesuatu tapak pelupusan sisa pepejal yang memberi khidmat kepada mereka.

Sebagai makluman, jangka hayat bagi satu-satu tapak pelupusan sisa pepejal bergantung kepada keluasan dan kuantiti sampah yang diterima sepanjang operasi sesuatu tapak. Namun tempoh jangka hayat tapak yang semakin singkat bukanlah satu-satunya cabaran dalam pengurusan tapak sisa pepejal yang mampan. Kebakaran tapak pelupusan sampah seringkali berlaku secara tiba-tiba dan mengejutkan orang ramai kerana luahan asap yang tebal. Kejadian kebakaran tapak pelupusan sisa pepejal yang seringkali terjadi secara tidak langsung turut mencetuskan kesedaran tentang betapa sampah yang menggunung itu perlu dilupus dengan cara yang lebih berkesan, moden dan selamat untuk alam sekitar dan manusia. Meskipun tanah di Malaysia nampak banyak, pengambilan tanah yang kian meningkat untuk digunakan sebagai penimbunan dilihat bukan sebagai penyelesaian berkekalan kepada masalah sisa pepejal yang sememangnya semakin bertambah meruncing ini (BERNAMA, 2013).

Secara amnya pengurusan sisa pepejal di Malaysia bermula daripada sampah yang telah dikutip dari premis dan dihantar ke tapak pelupusan atau ke pusat pembakaran (*incinerator*). Melalui Portal Rasmi yang dikeluarkan Institut Kefahaman Islam Malaysia, terdapat 161 tapak pelupusan sisa pepejal di Malaysia (jumlah ini tidak termasuk sepuluh pihak berkuasa tempatan di Sabah dan Sarawak). Negeri Sarawak memiliki jumlah tapak pelupusan sampah yang tertinggi iaitu sebanyak 28 tapak diikuti dengan Johor (26), Perak (18), Pahang (14) dan Kelantan (12). Antara 161 tapak ini, 77 daripadanya terdiri dari tapak pembuangan sampah terbuka (*open dumping*), 49 tapak terdiri dari jenis pelupusan terkawal (*controlled tipping*) manakala 19 tapak mempunyai *bund* dimana sisa pepejalnya dikambus setiap hari dan sepuluh tapak pula mempunyai kemudahan paip pengumpulan *leachate* dan paip pengudaraan serta selebihnya mempunyai sistem rawatan *leachate* (IKIM, 2014).

Walaupun Malaysia mempunyai tapak pelupusan sisa pepejal yang banyak namun jumlah ini diyakini masih belum mencukupi untuk menampung jumlah sisa pepejal yang dihasilkan setiap hari oleh rakyat Malaysia. Sikap dan tabiat tidak endah masyarakat dalam mengamalkan kitar semula terhadap sisa pepejal akan turut meninggikan kemungkinan tapak pelupusan sisa yang sedia ada akan semakin cepat sampai ke tahap muatan tampungnya yang maksima. Kesukaran mendapatkan lokasi tapak pelupusan sampah yang sesuai serta masalah tapak pelupusan sampah sedia ada yang semakin menghampiri kapasiti maksimum, menyebabkan teknologi insinerator disebut-sebut sebagai antara cara penyelesaian masalah ini.

Insinerator merupakan suatu alatan untuk memproses bahan buangan melalui kaedah haba dari aktiviti pembakaran. Sisa berbahaya seperti cat, asbestos, karton susu, kertas lap dan piring serta lampin pakai buang adalah tidak selamat dibuang dalam tong sampah dan lebih sesuai dilupuskan dengan menggunakan kaedah insinerator. Secara konsepnya, bahan buangan boleh dibahagi kepada dua kategori iaitu bahan buangan umum (buangan pepejal dan najis) dan bahan buangan industri iaitu

hasil daripada aktiviti industri. Terdapat beberapa jenis insinerator iaitu *mass burning grate system*, *rotary kiln*, *fluid bed* dan *multiple heart* (JPBD, 2005). Secara asasnya mengikut atas dasar menangani permasalahan sisa pepejal yang semakin meruncing, Kementerian Kesejahteraan Bandar, Perumahan dan Kerajaan Tempatan telah merancang untuk membina tiga lagi insinerator berkapasiti lebih besar di Kuala Lumpur; Sungai Udang, Melaka; dan Bukit Payong, Johor (Berita Harian, 2013). Ini sebagai tambahan kepada pembinaan empat buah insinerator bersaiz mini di Pulau Langkawi, Pulau Tioman, Pulau Pangkor dan Cameron Highlands. Sehingga kini, terdapat sejumlah tujuh buah pusat pembakaran mini di Pulau Langkawi, Pulau Tioman, Pulau Pangkor dan Pulau Labuan. Pusat pembakaran yang bersaiz kecil ini mempunyai kapasiti pengurusan sisa pepejal sebanyak 3-10 tan/hari/unit. Selain itu, sebuah pusat pembakaran berteknologi tinggi (*Thermal Treatment Plant*) akan dibina di Kampung Broga, Semenyih, Selangor. Pusat pembakaran ini mampu menguruskan 1,500 tan sisa pepejal dalam sehari. Bukan itu sahaja, di Pulau Labuan turut terdapat sebuah pusat pembakaran yang menggunakan kaedah *Thermal Oxidation*. Pusat pembakaran ini mampu mengendalikan 40 tan sisa pepejal sehari (IKIM, 2014).

KELEBIHAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI INSINERATOR

Teknologi loji rawatan termal atau insinerator adalah selamat dan tidak akan membawa kesan buruk kepada kesihatan manusia serta alam sekitar, malah ia sebenarnya membantu menyelesaikan isu berkaitan alam sekitar (BERNAMA, 2013). Malaysia sangat memerlukan alternatif yang berteknologi tinggi seperti ini untuk menyelesaikan masalah tapak pelupusan sisa pepejal yang semakin kritikal berikutan peningkatan penghasilan sisa pepejal setiap hari di negara ini. Teknologi insinerator merupakan satu keperluan untuk mengatasi masalah sampah-sarap terutamanya yang melibatkan pelupusan sisa pepejal secara pukal. Insinerasi adalah kaedah terbaik bagi menyelesaikan masalah pertambahan jumlah sisa pepejal di tapak pelupusan kerana berdasarkan kajian, ia dapat mengurangkan 85 hingga 90 peratus kuantiti sisa pepejal (Berita Harian, 2013).

Ketua Setiausaha Kementerian Kesejahteraan Bandar, Perumahan dan Kerajaan Tempatan (KPKT) Datuk Seri Arpah Abdul Razak berkata penggunaan sistem berteknologi tinggi bagi pelupusan sisa pepejal itu dapat menangani pembentukan dan pelepasan bahan kimia toksik yang telah terbukti keberkesanan penggunaannya di beberapa negara seperti Jepun, Taiwan, Jerman dan Austria. (KOSMO, 2014). Secara tidak langsung, insinerator membantu mengurangkan pemanasan global dan pencemaran alam sekitar selain berupaya menghasilkan bahan sampingan yang boleh diguna semula sebagai komponen dalam bahan binaan. Melalui teknologi insinerator ini, terdapat beberapa proses perawatan sisa pepejal yang lebih berkesan perlu dilalui terlebih dahulu agar tidak menggugat alam sekitar. Antara proses itu termasuklah sistem penerimaan sisa pepejal, sistem dandang dan insinerator, sistem penggunaan haba sisa pepejal, sistem rawatan gas serombong dan sistem rawatan abu sisa

(KOSMO, 2014). Hasil pembakaran melalui incinerator akan menjana dalam lingkungan 10 hingga 15 peratus abu daripada kuantiti asal sisa pepejal yang dibakar (Berita Harian, 2013). Penggunaan teknologi insinerator ini diyakini mampu mengatasi masalah pelupusan sisa pepejal di Malaysia kerana sistem ini berkeupayaan membakar sisa pepejal dengan lebih cepat berbanding pelupusan sampah dengan menggunakan kaedah konvensional yang sedia ada. Selain itu, kaedah insinerator dapat memanjangkan tempoh jangka hayat tapak pelupusan sisa pepejal kerana tapak pelupusan hanya melupuskan abu sisa insinerator sahaja.

Teknologi insinerator ini berupaya membakar 99 peratus sisa pepejal menggunakan suhu yang tinggi antara 500 hingga 600 darjah Celsius dan separuh dari sisa pepejal yang dihasilkan boleh dibakar setiap hari. Selain itu, hasil pembakaran iaitu abu itu pula dikatakan 99 peratus selamat untuk ditanam di mana-mana tapak pelupusan sampah yang sedia ada. Bukan itu sahaja, kaedah pembakaran juga dipercayai mampu membakar kuman-kuman yang terdapat dalam sisa bagi mengelakkan masalah penyebaran penyakit. Dalam masa yang sama, sistem ini telah dibina dengan mengambil kira semua aspek bagi mengatasi masalah jerebu, masalah bau busuk dan pelepasan gas dioksin (IKIM, 2014). Selain itu, dengan menggunakan teknologi insinerator turut dapat membantu menambah jangka hayat tapak pelupusan sisa pepejal sedia ada sekaligus dapat menjadi alternatif lain kepada masalah kekurangan tapak pelupusan sisa pepejal. Teknologi insinerator turut berfungsi mengurangkan pelepasan gas rumah hijau yang menyebabkan perubahan iklim dan pemanasan global (BERNAMA, 2013).

Penggunaan teknologi insinerator ini dapat membekalkan tenaga yang percuma dan bermanfaat kepada pengguna. Sebagai contoh, melalui proses pembakaran sisa dapat membekalkan tenaga elektrik kepada pengguna yang memerlukannya. Insinerator dapat menghasilkan tenaga boleh diperbaharui yang boleh diguna pakai semula umpamanya sumber elektrik yang mampu mengurangkan kebergantungan kita kepada penggunaan sumber asli yang semakin menyusut kini (BERNAMA, 2013). Bagaimanapun terdapat segelintir masyarakat yang tidak bersetuju dengan pembinaan loji rawatan termal atau insinerator ini kerana mereka menyangka ianya mempunyai banyak kesan buruk terhadap kehidupan manusia. Ketua Pengarah Jabatan Pengurusan Sisa Pepejal Negara Datuk Dr Nadzri Yahaya memaklumkan bahawa kemudahan yang bakal dibina oleh kerajaan ini menggunakan teknologi tinggi yang dilengkapi dengan peralatan kawalan pencemaran yang secukupnya dan canggih termasuk unit kawalan pencemaran udara (APC) yang akan memerangkap dan merawat gas-gas yang terhasil sebelum dilepaskan. Selain itu, sebagai contoh penggunaan teknologi terkini insinerator di Jepun, Taiwan, Jerman dan Austria menyebabkan tiada lagi keperluan zon penampungan, malah ia dibina berhampiran hospital, sekolah, dan pusat komuniti (BERNAMA, 2013). Melalui pelaksanaan teknologi insinerator ini di Malaysia, teknologi canggih dari luar dapat diperkenalkan dalam negara sekaligus membuka peluang kepada tenaga kerja tempatan untuk

mempelajari teknologi baharu serta mengetahui keberkesanan teknologi insinerator dalam mengatasi masalah sisa pepejal seperti mana yang diamalkan di negara maju. Antara negara yang telah menggunakan teknologi dari Jepun ini untuk mengatasi masalah tapak pelupusan sisa pepejal teknologi ini termasuklah Taiwan, China, Amerika Syarikat dan Korea Selatan (KOSMO, 2014).

KOS PERLAKSANAAN TEKNOLOGI INSINERATOR

Walaupun kaedah pembakaran menjadi pilihan untuk mengatasi masalah pelupusan sampah yang meningkat, terdapat beberapa perkara yang perlu diambil kira. Pembinaan pusat pembakaran sebenarnya memerlukan sumber kewangan yang sangat tinggi. Misalnya, pembinaan pusat pembakaran mini di Langkawi sahaja melibatkan kos sebanyak RM5.7 juta. Manakala pembinaan pusat pembakaran di ibu kota pula menelan belanja antara RM500 juta hingga RM1 billion. Kos yang setinggi ini perlu ditanggung oleh seluruh rakyat secara bersama. Ini tentu sahaja akan menimbulkan rungutan pihak tertentu (IKIM, 2014). Bagaimanapun, menerusi laporan kepada umum, kerajaan Malaysia akan memberi keutamaan dalam membangunkan teknologi insinerator bagi mengatasi masalah pelupusan sisa pepejal yang kian meningkat di negara ini. Menteri Kesejahteraan Bandar, Perumahan dan Kerajaan Tempatan, Datuk Abdul Rahman Dahlan berkata, kerajaan akan memperuntukkan RM600 juta hingga RM800 juta untuk satu insinerator bagi melaksanakan projek pelupusan sisa pepejal yang dihasilkan oleh rakyat Malaysia (Utusan Malaysia, 2014).

KESIMPULAN

Teknologi insinerator memerlukan sokongan serta kerjasama daripada semua pihak termasuk kerajaan, pertubuhan bukan kerajaan (NGO) dan orang ramai untuk menjamin pelaksanaan yang sempurna. Masyarakat harus sedar bahawa cara pengurusan sisa pepejal yang dipraktikkan sekarang iaitu menggunakan kaedah tapak pelupusan sampah bukan lagi merupakan cara terbaik untuk Malaysia maju ke hadapan. Malahan, kaedah konvensional melalui tapak pelupuan sisa pepejal akan memberi kesan negatif kepada alam sekitar pada masa hadapan. Sehubungan itu, pihak kerajaan memandang serius perkara ini dengan merangka pelan untuk membina tiga insinerator yang akan menggunakan teknologi Stoker di Taman Beringin, Kuala Lumpur; Bukit Payong, Johor dan Sungai Udang, Melaka. Teknologi yang bakal digunakan di tiga lokasi ini dianggarkan boleh memuatkan 1,000 tan sampah sehari. Perdana Menteri Malaysia turut mengeluarkan arahan agar Kementerian Kesejahteraan Bandar, Perumahan dan Kerajaan Tempatan mewujudkan tender antarabangsa bertujuan mendapatkan teknologi terbaik untuk pembinaan insinerator dari luar negara. Adalah menjadi harapan semua agar permasalahan yang berkaitan dengan pelupusan sisa pepejal di Malaysia tidak akan berlarutan lagi dengan penggunaan teknologi yang lebih moden ini dan diharapkan dapat memberikan lebih banyak manfaat kepada manusia.

RUJUKAN

Bernama 2006; Kurangkan Sisa: Bukan Lagi Satu Pilihan Tetapi Keperluan. February 09, 2006
<http://kpdnkk.bernama.com/newsBm.php?id=179375>

BERNAMA, 2013, Teknologi Insinerator Selamat. Penuh: 21 Oktober 2013.
<http://www.bernama.com/bernama/v7/bm/ge/newsgeneral.php?id=987200>.

Berita Harian, 25 Julai 2013. Kementerian rancang bina tiga incinerator:
<http://www2.bharian.com.my/bharian/articles/Kementerianrancangbinatigainsinerator/Article>

Jabatan Pembangunan Bandar Dan Desa Negeri Pahang, 2014. Tapak Incinerator. Diperoleh pada: 1 Sept 2014. Penuh: <http://jpbd.pahang.gov.my/gpp/9TAPAK%20INCINERATOR.pdf>.

Kosmo. 29 Ogos, 2014. Penyelesaian Krisis Sisa Pepejal oleh Nadzarul Amir Zainal Azam. Penuh:http://www.kosmo.com.my/kosmo/content.asp?y=2011dandt=1026danpub=Kosmodansec=Infinitidanpg=in_01.htm#ixzz3Bk8pzxEj.

Portal Rasmi Institut Kefahaman Islam Malaysia (2014). Pengurusan Sisa Pepejal di Malaysia dan Masalahnya oleh Azrina Binti Sobian. Penuh: <http://www.ikim.gov.my/index.php/ms/artikel/7193-pengurusan-sisa-pepejal-di-malaysia-dan-masalahnya>.

Utusan Malaysia, 1998, Sampah sarap perlu dikendali dengan sempurna; 09 February 1998.
http://ww1.utusan.com.my/utusan/info.asp?y=1998dandt=0209danpub=Utusan_Malysiadansec=Rencanadanpg=ot_07.htm#ixzz3JLOcCUJc

Utusan Malaysia, 2014, 27 Ogos 2014. Sisa Pepejal: Teknologi Insinerator Diutamakan. Penuh:
http://www.utusan.com.my/utusan/Dalam_Negeri/20130827/dn_18/Sisa-pepejal_Teknologi-insinerator-diutamakan.

Analisis Toksik Air Larut Resap dari Tapak pelupusan Sisa Pepejal Menggunakan *Oreochromis mossambicus* (Mozambique *Tilapia*)

Umi Raihana Abdul Rahman¹, Sharifah Norkhadijah Syed Ismail¹, Emilia Zainal Abidin¹ dan Sarva
Mangala Praveena¹

¹*Jabatan Kesihatan Prsekitaran dan Pekerjaan, Fakulti Perubatan dan Sains Kesihatan, Universiti
Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor, Malaysia.*

PENGENALAN

Kaedah *bioassay* telah digunakan secara meluas untuk menilai tahap ketoksikan tapak pelupusan ketoksikan larut resapan. Ia juga telah digunakan untuk mengira jumlah bahan yang boleh terdedah kepada organisma sebelum kesan buruk berlaku (Thomas et al., 2009). Penilaian ketoksikan menggunakan *bioassay* boleh mewakili pendedahan sama ada akut (*acute*) atau kronik (Singh dan Mittal 2011). Banyak organisma telah digunakan sebagai penunjuk biologi untuk menilai ketoksikan tapak pelupusan sampah seperti bakteria, alga hijau, ikan dan lain-lain (Thomas et al., 2009). Sebagai contoh, dalam Bortolotto et al., (2009), mereka menggunakan beberapa organisma seperti krustasia (*Artemia sp.*), invertebrata (*Daphnia magna*), ikan (*Geophagus brasiliensis* atau ikan mutiara *cichlid*) dan tumbuhan (*Allium cepa* atau bawang) untuk menentukan ketoksikan tapak pelupusan sampah lama di Brazil.

Air larut resap tapak pelupusan sisa pepejal terhasil apabila kelembapan dari air hujan, air bawah tanah, air permukaan dan salji (di negara-negara beriklim sederhana) memasuki tapak pelupusan sampah (Kulikowska dan Klimiuk, 2008). Apabila air ini bergerak melalui sisa, ia membawa bersama-sama bahan organik, bahan bukan organik, logam berat, koloid, patogen dan bahan-bahan pencemar yang lain (Zin et al., 2012). Cecair yang tidak diserap atau tersejat akan mengalir ke luar dan ke bawah, mengangkut bahan-bahan di dalam tapak pelupusan. Komposisi air larut resap berbeza-beza antara tapak pelupusan bergantung kepada komposisi sisa, sisa umur dan teknologi tapak pelupusan (Kjeldsen et al., 2002). Ia berpotensi menyumbang kepada pencemaran alam sekitar yang akan memberi kesan kepada air bawah tanah dan air permukaan (Kjeldsen et al., 2002). Ciri-ciri air larut resap yang dihasilkan bergantung kepada bahan-bahan yang dilupuskan di tapak pelupusan.

Faktor-faktor lain yang mempengaruhi bahan cemar toksik dalam air larut lesapan adalah penguraian sisa pepejal, kadar hujan, umur sisa, dan reka bentuk tapak pelupusan dan operasi (Bhambulkar, 2011). Paras toksik air larut resap di persekitaran akuatik boleh diukur menggunakan organisma hidup sebagai penunjuk biologi. *Bioassay* ikan adalah salah satu kaedah yang biasa digunakan, namun penggunaan ikan Tilapia Mozambique atau *Oreochromis mossambicus* dalam eksperimen *bioassay* sangat jarang dilaporkan.

Oreochromis mossambicus atau Tilapia Mozambique adalah sejenis spesies tilapia yang juga dikenali umum sebagai tilapia hitam. Oleh kerana kejayaannya sebagai jenis ikan yang biasa ditanak melalui akuakultur, penggunaannya telah meluas sehingga ke negara-negara tropika dan subtropika di seluruh dunia. Ikan ini merupakan ikan tahan lasak yang boleh bertolak ansur dengan suhu air yang tinggi dan rendah, mudah ditanak, mempunyai diet yang luas dengan memakan segala jenis makanan, dan mempunyai tekstur yang teguh dan rasa ringan yang menjadikannya amat popular (Ensiklopedia kehidupan, 2014). Ia biasanya bersaiz sederhana dengan panjang lebih kurang 0.35 m bagi jantan dan 0.25 m bagi betina, sisi yang mampat, mempunyai sirip *dorsal* panjang dengan 10-13 *ray* dan duri (De piaza, 2007). Skala yang besar di sepanjang muncung dan hadapan kepala dan menjadi lebih kecil sepanjang badan (Asas Ikan, 2014). Selain dimakan sebagai makanan, ikan ini juga boleh digunakan dalam eksperimen makmal kerana toleransinya dengan keadaan air dan mudah untuk dikendalikan.

Artikel ini memberikan gambaran keseluruhan ujikaji ketoksikan *bioassay* ikan yang dilaporkan sebelum ini. Ciri-ciri dan morfologi tilapia atau *Oreochromis mossambicus* sebagai merit dalam *bioassay* berbanding dengan lain-lain jenis ikan juga dibincangkan. Artikel ini menyediakan maklumat asas berkenaan *bioassay* ikan dan tahap ketoksikan di tapak pelupusan sisa pepejal menggunakan *Oreochromis mossambicus*.

Artikel kajian berkenaan dengan penilaian toksik yang diterbitkan dari tahun 2001 sehingga 2014 telah dikaji semula menggunakan kata kunci *bioassay* ikan tilapia dan ketoksikan tapak pelupusan sisa pepejal. Pencarian artikel telah dilakukan dengan menggunakan *Scopus* dan *Google Scholar* sebagai enjin carian. Carian ini bertujuan untuk mengumpul maklumat mengenai *bioassay* ikan menggunakan *Oreochromis mossambicus*. Di samping itu, ciri-ciri *Oreochromis mossambicus* dan teknik penilaian ketoksikan yang digunakan juga telah diketengahkan dalam kertas kerja ini sebagai kelebihan menggunakan ikan ini dalam eksperimen ketoksikan. Terdapat 75 kertas ilmiah dipilih untuk dikaji dan dirumus ke dalam artikel ini.

AIR LARUT RESAP

Air larut resap di tapak pelupusan sisa pepejal mengandungi sejumlah besar bahan organik termasuk bahan organik larut, *phenol*, *ammoniacal-nitrogen*, fosfat, logam berat, sulfida, kekerasan, keasidan, kealkalian, kemasinan, pepejal, garam bukan organik dan sebatian toksik lain (Zainol et al., 2012; Foul et al., 2009; Aziz et al., 2009; Renou et al., 2008; Kang et al., 2002; Wang et al., 2002). Ciri-ciri ini menjadikan air larut resapan lebih sukar untuk diuruskan. Amalan pembuangan sisa yang tidak betul membawa kepada pelbagai isu alam sekitar seperti degradasi alam sekitar dan risiko kepada kesihatan manusia terutama kepada negara-negara membangun di dunia (Fauziah et al., 2013).

Tanpa sistem pelupusan yang baik, tapak pelupusan lambakan terbuka boleh mengalirkan air larut resap yang mencemar permukaan air dan juga mencemarkan sistem air bawah tanah (Fauziah et al., 2013). Air larut resap mengandungi tahap pencemaran organik dalam bentuk COD dan TOC yang tinggi lalu melarutkan pelbagai unsur-unsur logam berat (Fauziah et al., 2013a; Emenike et al., 2011). Air larut lesap terbentuk apabila kandungan lembapan di tapak pelupusan yang tinggi menghasilkan cecair yang mengandungi campuran sebatian organik larut dalam tapak pelupusan. Ciri-ciri air larut lesap bergantung kepada jenis tanah, komposisi sisa, tahap pemadatan sisa yang dilupuskan, jenis tapak pelupusan, penyejatpeluhan, jumlah sisa dan usia tapak pelupusan (Fauziah et al., 2013a; Agamuthu, 2001). Di samping itu, air larut lesap yang dihasilkan juga berbeza dari semasa ke semasa. Air larut lesap dihasilkan dalam jumlah yang tinggi semasa proses biodegradasi. Biasanya biodegradasi air larut resap berlaku pada kadar yang tinggi dalam tempoh tiga hingga lapan tahun pertama penggunaan tapak pelupusan.

Air larut lesap adalah berbahaya dan toksik kepada manusia dan alam sekitar. Ia mengandungi pelbagai logam berat yang berbahaya kepada alam sekitar dan kesihatan awam seperti plumbum (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), nikel (Ni), dan kobalt (Co). Ia boleh mendatangkan bahaya kepada kesihatan manusia walaupun pada kepekatan surih (*trace*) (Singh dan Mittal, 2011). Singh dan Mittal (2011) menyatakan air larut resap mengandungi sebatian toksik dan karsinogenik seperti Pb, Ni, dan Cd. Pb adalah elemen karsinogen berpotensi dan toksik kepada manusia, boleh dikesan menyebabkan beberapa gejala. Gejala-gejala yang dikaitkan dengan pendedahan Pb adalah penyakit sistem saraf, seperti tremor otot, sawan, lumpuh dan koma (Singh dan Mittal, 2011; Wang et al., 2006).

Selain itu, sebatian organik juga boleh menyebabkan *hepatotoxicity*, *immunotoxicity*, *carcinogenicity* dan mengubah metabolik organisma akuatik serta manusia. Ia boleh membawa kepada penurunan kadar pembiakan dan aktiviti-aktiviti lain dalam badan (Bortolotto et al., 2009; Ogundiran dan Afolabi, 2008; Araujo et al., 2006; Dave dan Nilson, 2005).

Lain-lain jenis unsur-unsur toksik juga dikesan dalam sampel air larut seperti sebatian alifatik terhalogen, ester phthalate, microcomponents bukan organik, logam berat dan racun perosak (Ogundiran dan Afolabi, 2008; Araujo et al., 2006; Dave dan Nilson, 2005; Oman dan Junestedt, 2008). Jadual 1 menyenaraikan contoh-contoh sebatian yang terdapat dalam air larut resap di tapak pelupusan sampah.

Jadual 1: Elemen toksik yang terdapat dalam air larut resap di tapak pelupusan sampah. (Sumber: Ogundiran dan Afolabi, (2008); Oman dan Junestedt, (2008); Sharma et al., (2009); Kalmykova et al., (2013); Radic et al., (2013).

<p><i>Halogenated aliphatic compound</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Dichloromethane</i> • <i>Cis- 1, 2 – dichloroethylene</i> • <i>1,2 – dichloropropane</i> <p><i>Phthalate esters</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Diethyl phthalate</i> • <i>Di-isobuthyl phthalate</i> • <i>Di-n-buthyl phthalate</i> • <i>Butylbenzyl phthalate</i> • <i>Di-(2-ethylhexyl)phthalate</i> • <i>Dimethyl phthalate</i> • <i>Di-n-octyl phthalate</i> • <i>Diisononyl phthalate</i> • <i>Diisodecyl phthalate</i> <p><i>Chlorinated phenols</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Monochlorophenols</i> • <i>Dichlorophenols</i> • <i>Trichlorophenols</i> • <i>Tetrachlorophenols</i> • <i>Pentachlorophenol</i> • <i>4-Nonylphenol</i> • <i>Nonylphenolmonoethoxylate</i> • <i>4-tert-Octylphenol</i> • <i>Octylphenolmonoethoxylate</i> • <i>4-tert-Butylphenol</i> • <i>4-tert-Pentylphenol</i> • <i>Bisphenol A</i> <p><i>Organochlorine</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Polychlorinated biphenyls (PCBs)</i> • <i>Hexachlorobenzene (HCB)</i> • <i>Heptachlor epoxide (HCE)</i> • <i>Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDTs)</i> <p><i>Pesticides</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Lindane</i> • <i>2, 4 – D</i> • <i>MCPA</i> • <i>MCPP (mecoprop)</i> • <i>2,4,5 – T</i> • <i>2,4 – DP (dichloroprop)</i> • <i>Bentazone</i> • <i>BAM (2,6- dichlorobenzamid)</i> 	<p><i>Inorganic microcomponents</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Calcium (Ca)</i> • <i>Magnesium (Mg)</i> • <i>Sodium (Na)</i> • <i>Potassium (K)</i> • <i>Ammonium (NH₄)</i> <p><i>Heavy metals</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Cadmium (Cd)</i> • <i>Chromium (Cr)</i> • <i>Lead (Pb)</i> • <i>Nickel (Ni)</i> • <i>Zinc (Zn)</i> • <i>Mercury (Hg)</i> • <i>Copper (Cu)</i> <p><i>Metal organic compounds</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Monobutyl tin</i> • <i>Dibutyl tin</i> • <i>Tributyl tin</i> • <i>Monooktyl tin</i> • <i>Dioktyl tin</i> • <i>Methyl mercury</i> <p><i>Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Naphtalene</i> • <i>1-Methylnaphthalene</i> • <i>2-Methylnaphthalene</i> • <i>Acenaphthylene</i> • <i>Fluorene</i> • <i>Phenanthrene</i> • <i>Anthracene</i> • <i>Pyrene</i> • <i>Fluoranthene</i> • <i>Benzanthracene</i> • <i>Chrysene</i>
--	---

EKSPERIMEN *BIOASSAY*

Bioassay adalah kaedah yang digunakan untuk mengukur kesan bahan-bahan tertentu dalam organisma hidup. Analisis kimia hanya mengesan peratusan kecil daripada sebatian toksik hadir dalam organisma, tetapi dalam ujian ketoksikan *bioassay*, kesan ketoksikan pada organisma boleh dikesan termasukla bahan yang tidak dapat dikenal pasti melalui analisis kimia (Thomas et al., 2009). *Bioassay* mempunyai keupayaan untuk mencerminkan kesan kumulatif dan sinergi pelbagai sebatian. Terdapat banyak jenis organisma yang telah digunakan dalam eksperimen *bioassay* seperti bakteria, invertebrata, ikan dan tumbuhan. Jadual 2 menunjukkan pelbagai jenis organisma yang biasa digunakan dalam eksperimen *bioassay*.

Jadual 2: Jenis organisma yang digunakan dalam eksperimen *bioassay*.

Spesis kajian	Contoh	Elemen yang dikaji	Rujukan
Bakteria	<i>Vibrio fischeri</i> (<i>Luminescent bacteria</i>)	Ammonia	Pivato dan Gaspari, (2006)
	<i>Photobacterium phosphoreum</i>	Sebatian <i>aromatic</i>	Thomas et al., (2009); Fan et al., (2006)
Alga Hijau	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	Ammonia, <i>nonylphenyl</i> , <i>bisphenol A</i> , <i>4-tert-butylphenol</i>	Okamura et al., (2005)
Ikan	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (<i>rainbow trout</i>)	Organofosfat	Johnson et al., (2004)
	<i>Oreochromis niloticus</i>	Logam berat (Cr, Co, Cu, Ni, Zn, Pb, Cd)	El-Sadaawy et al., (2013)
Tumbuhan	<i>Lemna gibba</i> and <i>Lemna minor</i> (<i>Lemna Sp.</i>)	Ammonia	Thomas et al. (2009)
	<i>Allium cepa</i>	<i>Biological oxygen demand</i> (BOD), besi (Fe) dan mangan (Mn)	Bortolotto et al., (2009)
Invertebrata	<i>Daphnia magna</i>	Bahan pembuatan <i>nanomaterials</i> (ZnO, TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , C ₆₀ , SWCNTs, dan MWCNTs)	Zhu et al., (2009)
	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	Ammonia, nitrite dan nitrate	Dave dan Nilsson, (2005)

Setiap spesies organisma yang digunakan mempunyai kekuatan dan kelemahan sebagai sampel *bioassay*. Sebagai contoh, bakteria yang digunakan untuk sistem ujian mikrob akut boleh dilakukan dalam masa yang singkat dengan menggunakan isipadu sampel yang sedikit dalam beberapa mililiter (Pivato dan Gaspari, 2006). *Bioassay* menggunakan bakteria boleh dilakukan dalam masa 15 minit berbanding dengan organisma lain yang memerlukan kira-kira 48 jam ujian.

Selain itu, kos pemantauan penilaian ketoksikan bakteria juga lebih rendah. Walaupun bakteria digunakan sebagai petunjuk biologi untuk menentukan sebatian organik dan ammonia, namun ia kurang sensitif terhadap sebatian bukan organik (Pivato dan Gaspari, 2006). Halangan lain adalah bakteria seperti *Vibrio fischeri* kurang sensitif dalam saringan ketoksikan efluen, oleh itu ianya tidak sesuai untuk menentukan kesan pelepasan efluen (Fulladosa et al. 2004). Untuk invertebrata, ujian ketoksikan mengambil masa beberapa hari bergantung kepada jenis spesies yang digunakan. Sebagai contoh, *Daphnia magna* mengambil masa kira-kira enam hingga 10 hari untuk ujian ketoksikan akut manakala *Ceriodaphnia dubia* mengambil masa kira-kira tiga hingga lima hari (Thomas et al., 2009). Spesies invertebrata yang paling sesuai digunakan sejak 30 tahun yang lalu untuk menguji ketoksikan di tapak pelupusan sisa pepejal adalah *Daphnia magna* kerana ia sensitif dan mudah untuk dikendalikan (Thomas et al., 2009; Selivanovskaya et al., 2004).

EKSPERIMEN KETOKSIKAN *BIOASSAY* MENGGUNAKAN IKAN

Ujian ketoksikan akuatik digunakan untuk mengesan dan menilai kesan toksikologi potensi bahan kimia atau bahan toksik yang memberi kesan kepada persekitaran akuatik (Fagbenro dan Akinduyite, 2011). Ikan sebahagian besarnya digunakan untuk penilaian kualiti alam sekitar akuatik dan oleh itu ia boleh berfungsi sebagai petunjuk biologi pencemaran alam sekitar (Farombi et al., 2007; Dautremepuits et al., 2004; Lopes et al., 2001). Ikan merupakan penunjuk yang ideal bagi pencemaran dalam ekosistem akuatik kerana berbeza dalam tahap trofik, saiz dan umur (Burger et al., 2002).

Selain itu, ikan terletak di hujung rantaian makanan dalam ekosistem akuatik. Ia boleh mencerminkan status kualiti air dan bertindak sebagai penunjuk pencemaran air terutama logam berat (Ahmed et al., 2011). Bahan-bahan toksik boleh dikesan di dalam ekosistem akuatik, merosakkan kualiti air dan menjadikannya tidak sesuai untuk hidupan akuatik. Apabila kepekatan bahan toksik adalah lebih tinggi daripada keadaan homeostasis yang boleh dikawal oleh ikan, ia boleh menyebabkan kematian atau menyebabkan kerosakan di operkulum ikan dan juga boleh menyebabkan kerosakan fizikal kepada ikan terutamanya pada permukaan kulit, hati dan insang (Fagbenro dan Akinduyite, 2011). Jadual 3 menyenaraikan contoh-contoh kertas penyelidikan yang mencadangkan penggunaan ikan untuk ujian ketoksikan.

Jadual 3: Jenis ikan yang digunakan serta jenis bahan cemar yang diuji dalam eksperimen *bioassay* ikan.

Spesis	Sebatian	Jenis bahan cemar	Kawasan kajian	Rujukan
<i>Anabas testudineus</i>	Cd, Cu, Pb, Zn, Mn, K, Hg, Fe dan <i>ammoniacal nitrogen</i>	Air larut resap tapak pelupusan sanitari	Malaysia	Fauziah et al., (2013) ^a
<i>Leporinus obtusidens</i>	Pb, Cr, Zn, Cl ₂ , BOD, COD, P, <i>ammoniacal nitrogen</i> , nitrogen dan pH	Air larut resap	Brazil	Klauck et al., (2013)
<i>Pangasius sutchi</i>	Mn, Cu, Zn, Fe, Cr, Al	Air larut resap	Malaysia	Fauziah et al. (2013) ^b
<i>Oreochromis niloticus</i> (Nile tilapia)	Cr, Co, Cu, Ni, Zn, Pb, Cd	Air kumbahan yang mengandungi sisa buangan pertanian, industri dan sisa domestik	Mesir	El-Sadaawy et al., (2013)
<i>Oreochromis niloticus</i>	Cu, Cd, Zn, Pb, Ni	Sungai dan tasik	Malaysia	Taweel et al., (2013)
<i>Oreochromis mossambicus</i> (Mozambique tilapia)	Logam, <i>volatile fatty acids</i> , <i>monocyclic aromatic hydrocarbons</i> , <i>semivolatile organic carbon</i> , <i>organophosphorus pesticides</i> dan alkohol	Air larut resap	Malaysia	Emenike et al., (2011)
<i>Oreochromis niloticus</i> (Nile tilapia)	Zn	Eksperimen makmal	Mesir	Abdel-Tawwab et al., (2011)
<i>Oryzias latipes</i> (Japanese medaka)	Estrogenik, <i>bisphenol A</i> , <i>4-Nonylphenol</i> , <i>4-tert-Octylphenol</i>	Tapak pelupusan sisa industri	Jepun	Kamata et al., (2011)
<i>Clarias</i> <i>Batrachus</i> (Ikan keli)	Cd dan Hg	Sisa industri	India	Selvanathan et al., (2011)
<i>Danio rerio</i> (Ikan Zebra)	Ciri-ciri fizik kimia	Air larut resap	Brazil	Mannarino et al., (2010)
<i>Oreochromis niloticus</i> (Nile Tilapia)	Zn, Cu dan Pb	Eksperimen makmal	Malaysia	Kamaruzzaman et al., (2010)
<i>Cyprinus carpio</i> L. (Common Carp)	Ciri-ciri fizik kimia	Air larut resap	Malaysia	Alkassasbeh et al., (2009)
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Pearl chichild)	BOD, Fe dan Mn	Air larut resap	Brazil	Bortolotto et al., (2009)
<i>Gambusia affinis</i>	<i>Pass</i> , <i>silicate</i> , <i>screen</i> , <i>methyl red</i> , Cd, Cu, Ni, Zn	Air sisa pewarna tekstil	India	Sharma et al., (2009) ^b
<i>Fundulus heteroclitus</i>	<i>Benzo[a]pyrene</i> (BaP)	Eksperimen makmal	Kanada	Couillard et al., (2009)

<i>Gambusia affinis</i>	<i>Methyl red</i> , Cu	Air sisa pewarna tekstil	India	Sharma et al., (2007)
<i>Sparus aurata</i> and <i>Solea senegalensis</i>	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, PCBs, PAHs	Sedimen	Sepanyol	Jimenez-Tenorio et al., (2007)
<i>Oryzias latipes</i>	Ciri-ciri fizik kimia dan logam berat	Air larut resap	Jepun	Osaki et al., (2006)
<i>Oryzias latipes</i> (<i>Japanese medaka</i>)	Ciri-ciri <i>Physico-chemical</i>	Air larut resap	Jepun	Kashiwada et al., (2005)
<i>Channa punctatus</i>	<i>Mercuric chloride</i> , sebatian logam berat dan <i>malathion</i> (<i>organophosphorus pesticide</i>)	Eksperimen makmal	India	Pandey et al., (2005)
<i>Melanotaenia nigrans</i>	Cu	Eksperimen makmal	Australia	Gale et al., (2003)
<i>Oryzias latipes</i>	<i>4-nonylphenols (NP)</i> and <i>4-tert-octylphenol (OP)</i>	Eksperimen makmal	Jepun	Tsuda et al., (2001)

Spesies ikan yang biasa digunakan dalam eksperimen *bioassay* di negara tropika seperti Malaysia adalah *Anabas testudineus*, *pangasius Sutchi*, *Cyprinus Carpio*, *Oreochromis niloticus* dan *Oreochromis mossambicus* (Fauziah et al., 2013a;. Emenike et al., 2011;. Fauziah et al., 2013b;. Taweel et al., 2013;. Kamaruzzaman et al., 2010; Alkassasbeh et al., 2009). Kebanyakan kajian telah dilakukan untuk menguji ciri-ciri fizikal air larut resap dan pencemaran logam berat seperti Pb, Cr, Zn, Fe dan Mn, dan juga elemen lain seperti fosforus.

Di negara lain seperti Brazil, spesies *obtusidens Leporine*, *Danio rerio* dan *Geophagus brasiliensis* telah biasa digunakan dalam eksperimen *bioassay* (Bortolotto et al., 2009;. Klauck et al., 2013; Mannarino et al., 2010). Kajian dari Mesir menggunakan *Oreochromis niloticus* sebagai organisma (El-Sadaawy et al., 2013; Abdel-Tawwab et al., 2011). Kajian juga telah dijalankan untuk menilai kandungan logam berat dalam badan ikan. Di Jepun, *Japanese medaka* atau *Oryzias latipes* adalah salah satu ikan yang biasa digunakan dalam kajian *bioassay* (Kamata et al., 2011; Osaki et al., 2006; Kashiwada et al., 2005; Tsuda et al., 2001). Ikan emas juga digunakan untuk menilai ketoksikan. Elemen-elemen yang diuji adalah ammonia dan natrium klorida ditambah dengan ciri fiziko-kimia air larut resapan. Di India, *Gambusia affinis* digunakan untuk menguji ketoksikan air sisa tekstil (Selvanathan et al., 2011; Sharma et al., 2009b; Sharma et al., 2007; Pandey et al., 2005.). *Fundulus heteroclitus* digunakan di Kanada untuk menguji ketoksikan *Benzo [a] pirena (BAP)* (Couillard et al., 2009). Di Sepanyol, *Sparus aurata* dan *Solea senegalensis* telah digunakan untuk menguji As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, PCB, dan ketoksikan PAH dalam sedimen (Jimenez-Tenorio et al., 2007). Akhir sekali, *Melanotaenia nigrans* digunakan di Australia untuk menguji ketoksikan tembaga (Gale et al., 2003).

Kajian-kajian yang dilaporkan menunjukkan variasi dalam keputusan ketoksikan. Ini adalah disebabkan oleh perbezaan spesies ikan, saiz, berat basah, panjang dan faktor alam sekitar. Ikan yang terdedah kepada peningkatan tahap logam dalam persekitaran akuatik boleh menyerap logam terus daripada alam sekitar melalui insang dan kulit atau melalui pengambilan air yang tercemar dan makanan. Semua bahan pencemar boleh terkumpul dalam tisu dan memasuki rantai makanan manusia dan boleh menyebabkan beberapa kesan buruk kesihatan kepada manusia sebagai pengguna akhir dalam rantaian makanan (Ismail dan Saleh, 2012; Nussey et al., 2000).

CIRI-CIRI OREOCHROMIS MOSSAMBICUS

Tilapia adalah salah sejenis ikan eksotik yang paling banyak di dunia (Diana, 2009). Ia adalah ikan air tawar yang tergolong dalam keluarga *Cichlidae*. Keluarga *Cichlidae* terdapat di seluruh Afrika, Amerika, India dan Ceylon dan ia merangkumi lebih daripada 100 spesies (El-Sadaawy et al., 2013; Mahomoud et al., 2011). *Oreochromis mossambicus* atau *Mozambique Tilapia* umumnya adalah ikan bersaiz sederhana yang mempunyai sirip dorsal panjang, dengan kira-kira 10-13 ray dan duri (De Piazza, 2007). Ia mempunyai skala yang besar di sepanjang muncung dan hadapan kepala dan skala kecil di sepanjang bahagian lain di badan (Asas Ikan, 2014).

Warna ikan ini adalah kuning kehijauan kusam dengan corak banding lemah sepanjang badan (De Piazza, 2007). Saiz dan warnanya berbeza-beza mengikut pemakanan dan diet. Sejumlah *Oreochromis mossambicus* dilihat hampir berwarna hitam; betina, jantan yang belum membiak dan *juveniles* mempunyai warna keperakan pada sirip (Asas Ikan, 2014). Saiz ikan dewasa berbeza mengikut jantina dengan betina umumnya menjadi lebih kecil pada kira-kira 0.25 m panjang manakala jantan lebih besar yang lebih kurang 0.35 m panjang. Jantan mempunyai berat badan purata 2.5 paun dan julat betina 1,8-2 pound sebagai berat maksimum (De Piazza, 2007). *Oreochromis mossambicus* boleh hidup di kedua-dua air payau dan masin, dan boleh hidup dalam pelbagai suhu (De Piazza, 2007) sehingga 11 tahun (Asas Ikan 2014). Ikan ini jarang ditemui di kawasan tanah tinggi dan dikenali sebagai ikan tropika. Suhu pelbagai habitat bagi spesies ini adalah antara 17-35°C (ScienceinAfrica.com, 2014). Ia diperkenalkan secara meluas di Asia Tenggara termasuk Taiwan, India dan Jepun dan juga di Trinidad dan Tobago. *Oreochromis mossambicus* makan segala jenis makanan. *Juveniles* cenderung untuk menjadi karnivor dan makan anak ikan dan ikan ini kadangkala kadang memakan anak ikan mereka sendiri (Asas Ikan 2014). Rajah 1 menunjukkan *Oreochromis mossambicus*.



Rajah 1: Mozambique Tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Sumber: Sultana dan Sultana, 2014).

UJIAN KETOKSIKAN DARIPADA TAPAK PELUPUSAN SISA MENGGUNAKAN *ORECHROMIS MOSSAMBICUS* (TILAPIA)

Bajak kajian penyelidikan telah dijalankan untuk mengukur kesan tapak pelupusan sisa pepejal menggunakan ikan zebra (Osaki et al., 2006) dan ikan *Japanese Medaka* (Jaffar et al., 2009). Emenike et al., (2011) menggunakan tilapia hitam sebagai penunjuk untuk menilai ketoksikan tapak pelupusan sisa. Di Malaysia, spesies tilapia yang biasa didapati adalah *Nile tilapia*, tilapia merah dan tilapia hitam. Semua tilapia ini digunakan oleh masyarakat di Malaysia sebagai makanan. Dalam usaha untuk memenuhi permintaan bekalan ikan, ikan tilapia ditenak dalam skala yang besar. Tilapia ditenak dalam kolam, sangkar atau pen dan hidup dengan baik di dalam air tawar dan air payau. Seperti lain-lain jenis ikan tilapia, *O. mossambicus* makan segala jenis makanan di mana ia mampu untuk membersihkan mana-mana sungai dan parit atau pengairan dan terusan. Ia mudah menyesuaikan diri dan merupakan jenis ikan yang mudah dibiak (Diana, 2009). Oleh kerana ciri-cirinya sebagai pemakan omnivor yang makan sisa di sungai dan perparitan, ikan ini mempunyai potensi untuk tercemar dari pelbagai jenis bahan pencemar dan ia boleh menyebabkan keracunan dalam rantaian makanan.

Tilapia telah dipilih dan diketengahkan dalam kertas kerja ini kerana permintaan pasaran yang tinggi sebagai sumber makanan dan ia juga terdedah kepada pencemaran air larut resap (Emenike et al., 2011). Kelebihan utama ikan tilapia adalah kos pengeluarannya yang rendah, terutamanya untuk anak-anak ikan dan benih, dan kualiti dagingnya (Fagbenro dan Akinduyite, 2011). Tambahan pula, dalam sistem pembiakan asal yang banyak atau separa intensif, tilapia lebih tahan penyakit berbanding dengan spesies ikan yang lain (Diana, 2009). Dari sisi negatif, kemerosotan kualiti persekitaran menyebabkan masalah penyakit parasit yang berjangkit kepada ikan (Diana, 2009).

Mozambique Tilapia boleh menjadi salah satu petunjuk untuk *bioassay* yang menentukan ketoksikan air larut resap. Ikan ini adalah sejenis ikan air tawar yang boleh didapati di sungai dan tasik. Untuk tujuan bekalan, ramai usahawan menggunakan pembenihan ikan di kolam ikan untuk memenuhi permintaan pasaran. Walau bagaimanapun, bagi penduduk di kawasan luar bandar atau mereka yang suka memancing, mereka akan mengail ikan ini di tasik atau sungai untuk dimakan sebagai makanan. Kajian oleh Ismail dan Saleh, (2012) telah menentukan pengumpulan logam berat dalam spesies tilapia di Tasik Mutiara, Puchong, Malaysia. Kajian ini menunjukkan bahawa ikan tilapia yang terdapat di tasik atau sungai berpotensi untuk tercemar dengan air larut resap dan keselamatan ikan ini untuk kegunaan manusia telah dipersoalkan. Penyelidikan menggunakan *O. mossambicus* adalah sangat terhad, seperti yang disenaraikan dalam Jadual 4.

Jadual 4: Penilaian ketoksikan menggunakan *Oreochromis mossambicus*.

Rujukan	Elemen yang diuji	Sampel yang digunakan
Emenike et al., (2011)	<i>Metals, volatile fatty acids, monocyclic aromatic hydrocarbons, semi volatile organic carbon, organo phosphorus pesticides</i> dan alkohol	1) Sampel air larut resap 2) Sampel ikan
Ismail dan Saleh, (2012)	Logam berat (Al, As, Cd, Cu, Fe, Pb, Zn)	1) Sampel air 2) Sampel ikan
Arain et al., (2008)	As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Al, Ca, K, Mg dan Na	1) Sampel air 2) Sampel ikan 3) Sampel sedimen

MEKANISME PENYERAPAN BAHAN PENCEMAR DALAM IKAN

Sejak beberapa dekad yang lalu, mekanisme penyerapan pencemar dalam ikan telah dikaji. Sebagai contoh Farombi et al., (2007) telah mengkaji pengumpulan logam berat dalam organisma akuatik. Logam berat yang terkumpul dalam tisu hidupan akuatik boleh menjadi masalah kesihatan awam untuk haiwan dan manusia (Farombi et al., 2007; Ashraf, 2005). Kebolehtelapan insang dan permukaan badan ikan berbeza dengan suhu dan pembolehubah fizikal yang lain (Eddy, 2005). Menurut Kagamiyama dan Fukushima, (2002), penyerapan logam oleh organisma akuatik melibatkan pemindahan logam ke dalam sistem peredaran darah di seluruh epitelium insang, sistem penghadaman atau lapisan atas (Deb dan Fukushima, 1999). Pemindahan seluruh sel-sel epitelium terdiri daripada tiga cara. Yang pertama adalah pengambilan oleh membran apikal dengan persekitaran luaran. Kedua, adalah gerakan melalui sel dan interaksi dengan ligan intraselular dan akhir sekali adalah penembusan di seluruh membran basolateral dengan sistem peredaran darah. Organ-organ yang berfungsi sebagai tempat untuk pengambilan (contohnya, insang, usus dan kelenjar pencernaan) juga cenderung untuk

terkumpul dengan logam dan ianya berpotensi tinggi untuk bio-pengumpulan. Jezierska dan Witeska, (2006) menunjukkan bahawa lebih tinggi kepekatan logam dalam persekitaran, semakin banyak ia boleh diambil dan terkumpul di dalam ikan. Kekerasan air (terutamanya yang berkaitan dengan kepekatan kalsium) dengan ketara memberi kesan pengambilan logam di insang epitelium. Bury et al., (2003) telah menunjukkan bahawa pengambilan logam berkhasiat seperti Fe, Cu dan Zn dalam jumlah yang berlebihan boleh menjadi toksik kepada ikan.

Ikan yang terdedah kepada pencemaran organoklorin diserap secara langsung melalui membran insang, dan membran gastrousus melalui pengambilan makanan (Sharma et al., 2009a). Semua bahan pencemar organoklorin mempunyai keupayaan untuk bio-terkumpul. Dilaporkan bahawa kepekatan logam dalam tisu ikan tidak berkaitan secara langsung dengan kepekatan yang sama di dalam air (Maceda-Veiga et al., 2012), yang bermakna tidak semua logam diambil dikumpulkan dalam badan ikan kerana ikan boleh mengawal kepekatan logam dalam tisu pada tahap tertentu. Pengumpulan logam boleh dikesan di bahagian-bahagian yang berbeza daripada ikan sebagai contoh, pengumpulan Cu telah biasa dikesan di dalam hati ikan manakala Hg telah dikesan dalam kedua-dua hati dan otot tisu ikan (Chen dan Liao, 2004). Chen dan Liao, (2004) telah menyatakan bahawa terdapat tiga laluan yang mungkin bagi bahan yang masuk ke dalam ikan iaitu: melalui insang, makanan dan kulit. Insang adalah sasaran pertama logam bawaan air kerana ia terdedah kepada persekitaran akuatik. Beberapa kajian juga mendakwa bahawa laluan utama bio pengambilan bagi logam yang tertumpu pada ikan ialah pada insang epitelium. Jumlah logam terkumpul bergantung kepada keseimbangan antara kadar pengambilan, kadar metabolisme kimia dan perkumuhan. Dalam Akan et al., (2012), pengumpulan logam dalam badan ikan adalah melalui insang dan makanan oleh ikan. Terdapat beberapa logam yang penting untuk ikan. Walau bagaimanapun, kepekatan logam menjadi toksik kepada ikan apabila melebihi tahap yang dibenarkan. Kesan toksik logam menjadi buruk apabila pelbagai aktiviti metabolik di dalam badan organisma gagal untuk menyahtoksik. Jadual 5 menunjukkan mekanisme pengumpulan bahan cemar dalam ikan.

Jadual 5: Mekanisme pengumpulan bahan cemar dalam ikan.

Mekanisme	Organ yang terlibat	Rujukan
Melalui sistem peredaran (<i>Circulatory system</i>)	Insang, usus, dan kelenjar perkumuhan	Deb dan Fukushima, (1999)
Melalui insang	Hati, buah pinggang, insang dan otot	Jeziarska dan Witeska,(2006)
Melalui insang dan epitelium usus	Insang dan usus	Bury et al., (2003)
Melalui membran insang dan membran <i>gastrointestinal</i>	Insang dan usus	Sharma et al., (2009) ^a
Tidak dinyatakan	Hati dan otot	Maceda-Veiga et al., (2012)
Melalui insang, makanan dan kulit	Insang	Chen dan Liao, (2004)
Melalui insang an makanan	Insang, hati, perut, buah pinggang	Akan et al., (2012)

KEBAIKAN DAN KEBURUKAN *BIOASSAY* IKAN

Terdapat beberapa kebaikan dan keburukan menggunakan ikan sebagai penunjuk biologi dalam menilai ketoksikan air larut resap dari tapak pelupusan sisa. Ikan terletak di hujung rantai makanan akuatik. Ini menjadikan ikan sangat sesuai untuk bertindak sebagai penunjuk dalam menilai ketoksikan. Ikan juga boleh mencerminkan tahap kualiti air di tempat-tempat tertentu. Selain daripada itu, ia juga boleh mengesan keracunan air walaupun bahan-bahan yang tidak dikenal pasti oleh analisis kimia. Ini disebabkan oleh tingkah laku semula jadi ikan yang akan memberi respons atau berkelakuan dengan cara yang tertentu kepada perubahan alam sekitar. Dalam kalangan ikan-ikan lain, tilapia lebih tahan penyakit walaupun dibiakkan dalam sistem pembiakan asal ataupun separa intensif (Thomas et al., 2009; Johnson et al., 2004).

Walau bagaimanapun, pada tahap tertentu, ikan mudah rosak jika homeostasis di antara ikan dan bahan-bahan toksik yang tidak terkawal. Keadaan ini boleh berlaku dan dipengaruhi oleh jenis ikan yang digunakan dalam eksperimen *bioassay*. Ikan juga mempunyai penyakit disebabkan oleh parasit dan berjangkit kepada ikan lain (Burger et al., 2002). Jadual 6 menunjukkan kelebihan dan kekurangan *bioassay* ikan.

Jadual 6: Kelebihan dan kekurangan eksperimen *bioassay* ikan.

Kelebihan	Kekurangan
<ol style="list-style-type: none">1) Mencerminkan paras kualiti air di sesuatu tempat.2) Tilapia tahan penyakit berbanding ikan lain walaupun dibiakkan secara asal mahupun sistem pembiakan separa-intensif.3) Terletak di hujung rantai makanan akuatik, di mana ia boleh menjadi penanda aras untuk pencemaran air di sungai atau tasik.4) Boleh mengesan toksik walaupun bahan cemar tersebut tidak dapat dikenalpasti melalui analisis kimia.5) Boleh membiak dalam kos yang rendah terutama apabila dibela di dalam jumlah yang besar sebagai bekalan makanan.	<ol style="list-style-type: none">1) Ikan boleh rosak jika kadar homeostasis di antara ikan dan bahan toksik tidak terkawal.2) Ikan boleh mendapat penyakit yang disebabkan oleh parasit dan berjangkit daripada ikan lain.

Adaptasi daripada: Thomas et al., (2009); Johnson et al., (2004); Burger et al., (2002).

KESIMPULAN

Kesimpulannya, *Oreochromis mossambicus* atau *Mozambique Tilapia* adalah petunjuk yang sesuai dalam menilai ketoksikan air larut resap dari tapak pelupusan sisa. Ia boleh memberikan lebih banyak faedah berbanding dengan organisma lain terutamanya dalam penilaian keracunan air. Ciri dan morfologi tilapia menjadikan ianya spesies ikan yang sesuai menjadi petunjuk biologi. Melalui penilaian ketoksikan, bahan pencemar yang terkandung di dalam air larut resap dapat diukur. Ini akan mengelakkan masalah kesihatan yang berpotensi kepada manusia di masa akan datang.

RUJUKAN

Abdel-Tawwab, M., El-Sayed, G., and Shady, S. (2011). Acute toxicity of water-borne zinc in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *BETTER SCIENCE, BETTER FISH, BETTER LIFE*, 44.

Agamuthu, P. (2001). Solid waste: Principle and management. *Universiti Malaya Press*, 9-27.

Ahmed, M., Aslam, Y., and Khan, W. (2011). Absorption and Bioaccumulation of Water-Borne Inorganic Mercury in the Fingerlings of Grass Carp, *Ctenopharyngodon idella*. *Anim. And Plant Sci*, 21(2), 176-181.

- Akan, J., Mohmoud, S., Yikala, B., and Ogugbuaja, V. (2012). Bioaccumulation of Some Heavy Metals in Fish Samples from River Benue in Vinikilang, Adamawa State, Nigeria. *American Journal Of Analytical Chemistry*, 3, 727.
- Alkassasbeh, J., Heng, L., and Surif, S. (2009). Toxicity Testing and the Effect of Landfill Leachate in Malaysia on Behavior of Common Carp (*Cyprinus carpio* L., 1758; Pisces, Cyprinidae). *American Journal Of Environmental Sciences*, 5(3), 209.
- Arain, M., Kazi, T., Jamali, M., Jalbani, N., Afridi, H., and Shah, A. (2008). Total dissolved and bioavailable elements in water and sediment samples and their accumulation in *Oreochromis mossambicus* of polluted Manchar Lake. *Chemosphere*, 70(10), 1845-1856.
- Araujo, R., Botta-Paschoal, C., Silverio, P., Almeida, F., Rodrigues, P., and Umbuzeiro, G. et al. (2006). Application of toxicity identification evaluation to sediment in a highly contaminated water reservoir in southeastern Brazil. *Environmental Toxicology And Chemistry*, 25(2), 581-588.
- Ashraf, W. (2005). Accumulation of heavy metals in kidney and heart tissues of *Epinephelus microdon* fish from the Arabian Gulf. *Environmental Monitoring And Assessment*, 101(1-3), 311-316.
- Aziz, H., Daud, Z., Adlan, M., and Hung, Y. (2009). The use of polyaluminium chloride for removing colour, COD and ammonia from semi-aerobic leachate. *International Journal Of Environmental Engineering*, 1(1), 20-35.
- Bhambulkar, A. (2011). Effects of leachate recirculation on a landfill. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED ENGINEERING SCIENCES AND TECHNOLOGIES*, 11(2), 286 - 291.
- Bortolotto, T., Bertoldo, J., Silveira, F., Defaveri, T., Silvano, J., and Pich, C. (2009). Evaluation of the toxic and genotoxic potential of landfill leachates using bioassays. *Environmental Toxicology And Pharmacology*, 28(2), 288-293.
- Burger, J., Gaines, K., Boring, C., Stephens, W., Snodgrass, J., and Dixon, C. et al. (2002). Metal levels in fish from the Savannah River: potential hazards to fish and other receptors. *Environmental Research*, 89(1), 85-97.
- Bury, N., Walker, P., and Glover, C. (2003). Nutritive metal uptake in teleost fish. *Journal Of Experimental Biology*, 206(1), 11-23.
- Chen, B., and Liao, C. (2004). Farmed tilapia *Oreochromis mossambicus* involved in transport and biouptake of arsenic in aquacultural ecosystems. *Aquaculture*, 242(1), 365-380.
- Couillard, C., Laplatte, B., and Pelletier, . (2009). A fish bioassay to evaluate the toxicity associated with the ingestion of benzo [a] pyrene-contaminated benthic prey. *Environmental Toxicology And Chemistry*, 28(4), 772-781.
- Dautremepuits, C., Paris-Palacios, S., Betoulle, S., and Vernet, G. (2004). Modulation in hepatic and head kidney parameters of carp (*Cyprinus carpio* L.) induced by copper and chitosan. *Comparative Biochemistry And Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 137(4), 325-333.
- Dave, G., and Nilsson, E. (2005). Increased reproductive toxicity of landfill leachate after degradation was caused by nitrite. *Aquatic Toxicology*, 73(1), 11-30.
- De Piazza, M. (2007). *Oreochromis mossambicus* (*Mozambique Tilapia*). Retrieved 10 January 2014, from http://sta.uwi.edu/fst/lifesciences/documents/Oreochromis_mossambicus.pdf

- Deb, S., and Fukushima, T. (1999). Metals in aquatic ecosystems: mechanisms of uptake, accumulation and release-Ecotoxicological perspectives. *International Journal Of Environmental Studies*, 56(3), 385-417.
- Diana, J. (2009). Aquaculture production and biodiversity conservation. *Bioscience*, 59(1), 27-38.
- Eddy, F. (2005). Ammonia in estuaries and effects on fish. *Journal Of Fish Biology*, 67(6), 1495-1513.
- El-Sadaawy, M., El-Said, G., and Sallam, N. (2013). Bioavailability of heavy metals in fresh water Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758): Potential risk to fishermen and consumers. *Journal Of Environmental Science And Health, Part B*, 48(5), 402-409.
- Emenike, C., Agamuthu, P., and Fauziah, S. (2011). Characterization of active landfill leachate and associated impacts on edible fish (*Oreochromis mossambicus*). *Malaysian Journal Of Science*, 30(2), 99-104.
- Encyclopedia of Life,. (2014). *Mozambique Tilapia (Oreochromis mossambicus) - Information on Mozambique Tilapia - Encyclopedia of Life*. Retrieved 21 October 2014, from <http://eol.org/pages/356342/overview>.
- Fagbenro, O., and Akinduyite, I. (2011). Acute toxicity of aqueous *Morinda lucida* leaf extracts to *Oreochromis niloticus*. In *Proceedings of 9th International Symposium on Tilapia in Aquaculture* (pp. 46-51). Shanghai, China.
- Fan, H., Shu, H., Yang, H., and Chen, W. (2006). Characteristics of landfill leachates in central Taiwan. *Science Of The Total Environment*, 361(1-3), 25-37.
- Farombi, E., Adelowo, O., and Ajimoko, Y. (2007). Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicators of environmental pollution in African cat fish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria Ogun River. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 4(2), 158-165.
- Fauziah, S., Emenike, C., and Agamuthu, P. (2013). Leachate risk and identification of accumulated heavy metals in *Pangasius sutchi*. *Waste Management and Research*, 31(10 suppl), 75-80.
- Fauziah, S., Izzati, M., and Agamuthu, P. (2013). Toxicity on *Anabas Testudineus*: A Case Study of Sanitary Landfill Leachate. *Procedia Environmental Sciences*, 18, 14-19.
- Fish Base,. (2014). *Oreochromis mossambicus summary page*. Retrieved 10 January 2014, from <http://www.fishbase.org/summary/Oreochromis-mossambicus.html>
- Foul, A., Aziz, H., Isa, M., and Hung, Y. (2009). Primary treatment of anaerobic landfill leachate using activated carbon and limestone: batch and column studies. *International Journal Of Environment And Waste Management*, 4(3), 282-298.
- Fulladosa, E., Murat, J., Martinez, M., and Villaescusa, I. (2004). Effect of pH on arsenate and arsenite toxicity to luminescent bacteria (*Vibrio fischeri*). *Archives Of Environmental Contamination And Toxicology*, 46(2), 176-182.
- Gale, S., Smith, S., Lim, R., Jeffree, R., and Petocz, P. (2003). Insights into the mechanisms of copper tolerance of a population of black-banded rainbowfish (*Melanotaenia nigrans*)(Richardson) exposed to mine leachate, using ^{64/67}Cu. *Aquatic Toxicology*, 62(2), 135-153.

- Okamura, H., Kuchii, M., Kose, T., Mohri, S., Yamada, M., and Ono, Y. (2005). Phytotoxic effects of landfill leachate in Japan. In *Tenth International Waste Management and Landfill Symposium* (pp. 789-790). Cagliari, Italy: Proceedings Sardinia 2005.
- Ismail, I., and Saleh, I. (2012). Analysis of Heavy Metals in Water and Fish (*Tilapia* sp.) Samples from Tasik Mutiara, Puchong.
- Jaffar, Y., Lee, Y., and Salmijah, S. (2009). Toxicity Testing and the effect of landfill leachate in Malaysia on behaviour of Common Carp (*Cyprinus carpio* L., 1758; Pisces, Cyprinidae). *American Journal of Environmental Sciences* 5(3), 209-217.
- Jeziarska, B., and Witeska, M. (2006). The metal uptake and accumulation in fish living in polluted waters. *Springer*, 107-114.
- Jimenez-Tenorio, N., Morales-Caselles, C., Kalman, J., Salamanca, M., Gonzalez de Canales, M., Sarasquete, C., and DelValls, T. (2007). Determining sediment quality for regulatory proposes using fish chronic bioassays. *Environment International*, 33(4), 474-480.
- Johnson, I., Hutchings, M., Benstead, R., Thain, J., and Whitehouse, P. (2004). Bioassay selection, experimental design and quality control/assurance for use in effluent assessment and control. *Ecotoxicology*, 13(5), 437-447.
- Kalmykova, Y., Bjorklund, K., Stromvall, A., and Blom, L. (2013). Partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons, alkylphenols, bisphenol A and phthalates in landfill leachates and stormwater. *Water Research*, 47(3), 1317-1328.
- Kamaruzzaman, B., Akbar, B., Jalal, K., and Shahbudin, S. (2010). Accumulation of metals in the gills of tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) from in vitro toxicology study. *Jfas*, 509.
- Kamata, R., Shiraishi, F., Nakajima, D., and Kageyama, S. (2011). Estrogenic effects of leachates from industrial waste landfills measured by a recombinant yeast assay and transcriptional analysis in Japanese medaka. *Aquatic Toxicology*, 101(2), 430-437.
- Kang, K., Shin, H., and Park, H. (2002). Characterization of humic substances present in landfill leachates with different landfill ages and its implications. *Water Research*, 36(16), 4023-4032.
- Kashiwada, S., Osaki, K., Yasuhara, A., and Ono, Y. (2005). Toxicity studies of landfill leachates using Japanese medaka (*Oryzias latipes*). *Australasian Journal Of Ecotoxicology*, 11(2), 59-71.
- Kjeldsen, P., Barlaz, M., Rooker, A., Baun, A., Ledin, A., and Christensen, T. (2002). Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. *Critical Reviews In Environmental Science And Technology*, 32(4), 297-336.
- Klauck, C., Rodrigues, M., and da Silva, L. (2013). Toxicological evaluation of landfill leachate using plant (*Allium cepa*) and fish (*Leporinus obtusidens*) bioassays. *Waste Management and Research*, 073424213502388.
- Kulikowska, D., and Klimiuk, E. (2008). The effect of landfill age on municipal leachate composition. *Bioresource Technology*, 99(13), 5981-5985.
- Lopes, P., Pinheiro, T., Santos, M., da Luz Mathias, M., Collares-Pereira, M., and Viegas-Crespo, A. (2001). Response of antioxidant enzymes in freshwater fish populations (*Leuciscus alburnoides* complex) to inorganic pollutants exposure. *Science Of The Total Environment*, 280(1), 153-163.

- Maceda-Veiga, A., Monroy, M., and de Sostoa, A. (2012). Metal bioaccumulation in the Mediterranean barbel (*Barbus meridionalis*) in a Mediterranean River receiving effluents from urban and industrial wastewater treatment plants. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 76, 93-101.
- Mahomoud, W., Amin, A., Elboray, K., Ramaand, A., and El-Halfawy, M. (2011). Reproductive biology and some observation on the age, growth, and management of *Tilapia zilli* (Gerv, 1848) from Lake Timsah, Egypt. *Int J Fish Aquac*, 3, 16-26.
- Mannarino, C., Ferreira, J., Moreira, J., Bila, D., and Magalhães, D. (2010). Assessment of combined treatment of landfill urban solid waste leachate and sewage using *Andio rerio* and *Daphnia similis*. *Bulletin Of Environmental Contamination And Toxicology*, 85(3), 274-278.
- Nussey, G., Van Vuren, J., and Du Preez, H. (2000). Bioaccumulation of chromium, manganese, nickel and lead in the tissues of the moggel, *Labeo umbratus* (Cyprinidae), from Witbank Dam, Mpumalanga. *WATER SA-PRETORIA*, 26(2), 269-284.
- Ogundiran, O., and Afolabi, T. (2008). Assessment of the physicochemical parameters and heavy metals toxicity of leachates from municipal solid waste open dumpsite. *International Journal Of Environmental Science and Technology*, 5(2), 243-250.
- Oman, C., and Junestedt, C. (2008). Chemical characterization of landfill leachates-400 parameters and compounds. *Waste Management*, 28(10), 1876-1891.
- Osaki, K., Kashiwada, S., Tatarazako, N., and Ono, Y. (2006). Toxicity testing of leachate from waste landfills using medaka (*Oryzias latipes*) for monitoring environmental safety. *Environmental Monitoring And Assessment*, 117(1-3), 73-84.
- Pandey, S., Kumar, R., Sharma, S., Nagpure, N., Srivastava, S., and Verma, M. (2005). Acute toxicity bioassays of mercuric chloride and malathion on air-breathing fish *Channa punctatus* (Bloch). *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 61(1), 114-120.
- Pivato, A., and Gaspari, L. (2006). Acute toxicity test of leachates from traditional and sustainable landfills using luminescent bacteria. *Waste Management*, 26(10), 1148-1155.
- Radic, S., Gregorovic, G., Stipanivcev, D., Cvjetko, P., vSrut, M., and Vujvcic, V. et al. (2013). Assessment of surface water in the vicinity of fertilizer factory using fish and plants. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 96, 32-40.
- Renou, S., Givauand, J., Poulain, S., Dirassouyan, F., and Moulin, P. (2008). Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *Journal Of Hazardous Materials*, 150(3), 468-493.
- Scienceinafrica.com,. (2014). *MOZAMBIQUE TILAPIA ARE ENANDGERED BY NILE TILAPIA*. Retrieved 10 January 2014, from <http://www.scienceinafrica.com/old/index.php?q=2002/january/tilapia.htm>.
- Selivanovskaya, S., Latypova, V., Stepanova, N., and Hung, Y. (2004). Bioassay of industrial waste pollutants. In L. Wang, *Handbook of industrial and hazardous wastes treatment* (1st ed., pp. 15-63). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Sharma, C., Rosseland, B., Almvik, M., and Eklo, O. (2009). Bioaccumulation of organochlorine pollutants in the fish community in Lake Arungen, Norway. *Environmental Pollution*, 157(8-9), 2452-2458.

- Sharma, K., Sharma, S., Sharma, S., Singh, P., Kumar, S., Grover, R., and Sharma, P. (2007). A comparative study on characterization of textile wastewaters (untreated and treated) toxicity by chemical and biological tests. *Chemosphere*, 69(1), 48-54.
- Sharma, S., Sharma, S., Singh, P., Swami, R., and Sharma, K. (2009). Exploring fish bioassay of textile dye wastewaters and their selected constituents in terms of mortality and erythrocyte disorders. *Bulletin Of Environmental Contamination And Toxicology*, 83(1), 29-34.
- Singh, V., and Mittal, A. (2011). Toxicity Analysis and Public Health Aspects of Municipal Landfill Leachate: A Case Study of Okhla Landfill, Delhi, (18).
- Sultana, S., and Sultana, S. (2014). *Mozambique Tilapia: Oreochromis mossambicus*. *BdFISH Feature*. Retrieved 4 February 2014, from <http://en.bdfish.org/2010/02/mozambique-tilapia-oreochromis-mossambicus/>.
- Taweel, A., Shuhaimi-Othman, M., and Ahmad, A. (2013). Assessment of heavy metals in tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) from the Langat River and Engineering Lake in Bangi, Malaysia, and evaluation of the health risk from tilapia consumption. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 93, 45-51.
- Thomas, D., Tyrrel, S., Smith, R., and Farrow, S. (2009). Bioassays for the Evaluation of Landfill Leachate Toxicity. *Journal Of Toxicology And Environmental Health, Part B*, 12(1), 83-105.
- Tsuda, T., Takino, A., Muraki, K., Harada, H., and Kojima, M. (2001). Evaluation of 4-nonylphenols and 4-tert-octylphenol contamination of fish in rivers by laboratory accumulation and excretion experiments. *Water Research*, 35(7), 1786-1792.
- Selvanathan, J., Kumar, M.S., Vincent, J. (2011). Determination of Median Tolerance Limit (LC50) of *Clarias batrachus* for Cadmium Chloride and Mercuric Chloride. *Recent Research In Science And Technology*, 3(11).
- Wang, Q., Matsufuji, Y., Dong, L., Huang, Q., Hirano, F., and Tanaka, A. (2006). Research on leachate recirculation from different types of landfills. *Waste Management*, 26(8), 815-824.
- Wang, Z., Zhang, Z., Lin, Y., Deng, N., Tao, T., and Zhuo, K. (2002). Landfill leachate treatment by a coagulation-photooxidation process. *Journal Of Hazardous Materials*, 95(1-2), 153-159.
- Zainol, N., Aziz, H., and Yusoff, M. (2012). Characterization of Leachate from Kuala Sepetang and Kulim Landfills: A Comparative Study. *Energy And Environment Research*, 2(2), 45.
- Zhu, X., Zhu, L., Chen, Y., and Tian, S. (2009). Acute toxicities of six manufactured nanomaterial suspensions to *Daphnia magna*. *Journal Of Nanoparticle Research*, 11(1), 67-75.
- Zin, M., Shaylinda, N., Abdul Aziz, H., Adlan, M., and Ariffin, A. (2012). Characterization of leachate at Matang Landfill site, Perak, Malaysia. *Academic Journal Of Science*, 1(2), 317-322.

15

Pengurusan Sisa Tayar di Malaysia

Mohd Armi Abu Samah ¹

¹ *Kuliah Sains, Universiti Islam Antarabangsa Malaysia, Kampus Kuantan Jalan Sultan Ahmad Shah, 25200 Kuantan, Pahang*

PENGENALAN

Menurut *Malaysian Association of Tyre Retreaders and Dealers Societies*, sisa tayar dianggap sebagai sisa yang terhasil daripada aktiviti perniagaan. Pengeluaran kenderaan yang semakin meningkat menyebabkan banyak getah tayar yang telah digunakan atau rosak perlu dibuang. Tayar yang terbuang sememangnya boleh menyebabkan masalah pencemaran alam sekitar di seluruh dunia (Syahmi, 2011). Tiada peraturan menyebabkan pengurusan sisa tayar dibuat dengan tidak bersistematik. Dianggarkan bahawa 285 juta tayar dibuang setiap tahun di Amerika syarikat, dan hanya 34% (97juta) digunakan atau dikitar semula. 66% (188juta) baki tayar yang dibuang menyumbang kepada masalah sisa pepejal (Toutanji, 1995). Timbunan tayar yang dibuang akan menimbulkan banyak masalah yang membahayakan kesihatan masyarakat.

CIRI/KONSEP

Dianggarkan 180,000 tan sisa tayar terpakai dihasilkan di Semenanjung Malaysia setiap tahun. Jumlah ini bersamaan dengan 493 tan sisa tayar terpakai sehari. Jadual 1 menunjukkan anggaran penjanaan sisa tayar untuk Semenanjung Malaysia mengikut kawasan. Zon tengah yang mewakili Kuala Lumpur dan Selangor mencatatkan penjanaan tayar tertinggi diikuti dengan zon utara, selatan dan terakhir sekali ialah zon pantai timur.

Pada kebiasaannya pengedar tayar akan mengupah kontraktor kutipan persendirian yang tidak berdaftar. Bagi kontraktor kutipan persendirian yang ingin mengaut keuntungan yang banyak, sisa tayar yang dikutip tidak dihantar ke tapak pelupusan yang berdaftar. Tayar terbuang yang dikutip akan diletakkan atau dibuang sewenang-wenangnya. Hal ini mengakibatkan krisis alam sekitar seperti pembiakan nyamuk dan kehadiran banyak makhluk perosak. Selain itu, ketiadaan mekanisma atau peraturan bagi meletakkan tanggungjawab melupuskan sisa tayar yang tamat jangka hayat kepada pengilang telah menambah lagi keseriusan masalah ini ditambah pula dengan kekurangan aktiviti kitar semula yang sepatutnya dipraktikkan oleh setiap individu. Semua ini berlaku disebabkan faktor kos pengangkutan dan kos pelaburan yang tinggi.

Jadual 1: Anggaran penjaan sisa tayar untuk Semenanjung Malaysia

Kawasan	Negeri	Sisa tayar (tan/tahun)
Utara	Perlis	543
	Kedah	8,421
	Pulau Pinang	17,913
	Perak	16,140
	Jumlah	43,017
Pantai timur	Kelantan	5,833
	Terengganu	4,146
	Pahang	8,023
	Jumlah	18,018
Tengah	Kuala Lumpur	50,902
	Selangor	26,648
	Jumlah	77,550
Selatan	Melaka	6,066
	Johor	27,145
	Negeri Sembilan	8,103
	Jumlah	41,313

Sumber : JPJ (2005)

PENGUMPUL DAN PENIAGA TAYAR SCRAP

Pengumpul dan peniaga tayar *scrap* mengumpul dan mengangkut tayar- tayar ini dari kedai-kedai tayar *retreaders*, kemudahan kitar semula atau ke tapak pelupusan yang terdekat. Walaupun pengumpul mengenakan bayaran untuk membuang tayar ini, tetapi tidak diketahui sejauh mana tayar-tayar ini dilupuskan dengan cara yang mesra alam dan mematuhi undang-undang. Antara tiga kumpulan pengumpul atau peniaga tayar *scrap* ialah:

- i. Pengumpul yang menyediakan perkhidmatan pelupusan ke kedai tayar (dibayar perkhidmatan). Terutamanya tayar yang tidak diingini yang perlu dilupuskan ke tapak pelupusan yang terdekat.
- ii. Pengumpul yang membeli tayar *scrap* dari kedai-kedai tayar. Terutamanya *retreadable* dan boleh diguna semula tayar (tayar *second hand*).
- iii. Pengumpul yang secara sukarela mengumpul tayar yang tidak diingini yang digunakan dari kedai-kedai tayar tanpa sebarang caj (pelupusan perkhidmatan percuma). Kekekapan koleksi ini biasanya tidak tetap. Contoh sekali atau dua kali pengutipan seminggu.

Bagi peniaga tayar *scrap*, mereka akan mengenal pasti dan menyusun tayar *scrap* mengikut penggunaan mereka, sama ada untuk menghantarnya kepada *retreaders* tayar atau pusat-pusat kitar semula. *Trader* adalah orang tengah yang membeli tayar ini sama ada dari pengumpul atau terus dari bengkel tayar. Para peniaga ini kemudian menjual semula tayar ini kepada *retreaders* tempatan ataupun antarabangsa. Manakala selebihnya akan dibawa ke tempat kemudahan rawatan tayar sekerap atau penggunaan lain.

RAWATAN SISA TAYAR

Kitar Semula Tayar Scrap

Kitar semula tayar *scrap* merujuk kepada pemulihan granul getah atau serbuk getah dan dawai keluli dari tayar *scrap*. Syarikat kitar semula tayar *scrap* contohnya G-Kitaran, yang terletak di Sungai Lalang Kedah, memulihkan granul getah dan wayar keluli sebagai produk akhir. Granul getah dihantar ke Klang dan Kuala Lumpur yang kemudiannya akan diproses menjadi jubin getah sebagai produk kedua. Manakala, wayar keluli pulih dijual kepada kilang-kilang keluli. Selain daripada itu, G-Kitaran mempunyai pengangkutan mereka sendiri untuk mengumpul tayar *scrap*.

Pengeluaran Getah Tambakan

Pengeluaran getah tambakan merujuk kepada proses *buffing* tayar ke dalam serbuk getah. Remah getah ini kemudian terus diproses menjadi pelbagai gred dan dijual sebagai produk seperti jubin getah dan tikar getah. Bahan yang berkualiti dalam bentuk remah ini banyak sekali digunakan untuk pelbagai produk akhir seperti getah asfalt untuk pembinaan jalan dan bahan binaan, peralatan sukan, dasar permaidani, penebat bunyi dan getaran, lintasan keretapi, halangan bunyi, lantai perindustrian, *sealant*, tapak kasut, taman permainan, pelapik kolam, tali pinggang, tong sampah kitar semula, minyak penyerap tumpahan, dek terapung, pemasangan cerucuk dermaga dan penampan, paip pertanian, peralatan tempat tidur haiwan dan *fencing*. Rubplast Sdn. Bhd., yang terletak di Taiping, Perak adalah syarikat yang mengitar semula tayar *scrap* dan serbuk getah proses. Rubplast menggunakan serbuk getah untuk mengeluarkan produk akhir seperti jubin getah dan tikar getah dalam pelbagai gred. Dua lagi syarikat yang dikenal pasti pengeluar getah tambahan ialah Jeng Yuan Tambakan Getah Sdn. Bhd. dan Yong Fong Rubber Industries Sdn. Bhd. Kedua-duanya terletak di Klang.

Rawatan Pyrolysis

Pyrolysis adalah kaedah mesra alam yang mengurai pelbagai sisa, termasuk tayar *scrap*. Proses pirolisis menghasilkan produk yang boleh digunakan sebagai bahan api atau sumber kimia. Ia tidak menghasilkan karbon hitam dan komponen organik kekal sebagai sisa, dan boleh dikitar semula dalam aplikasi lain. Rawatan pirolisis bergantung kepada pasaran untuk produknya. Pada masa kini,

aplikasi utama bagi karbon hitam digunakan sebagai karbon aktif, sebagai tetulang dalam industri getah dan sebagai bahan api tanpa asap. Produk cecair digunakan sebagai bahan api, atau sumber bahan kimia, dan pecahan gas sebagai bahan api dalam proses pirolisis.

Advanced Pyrotech Sdn. Bhd adalah sebuah syarikat subsidiari Octagon Consolidated Berhad, telah dibangunkan dan mengendalikan proses rawatan sistem berterusan untuk tayar sisa dengan menggunakan teknologi pirolisis. Selain Advanced Pyrotech Sdn. Bhd., Green Pluslink Sdn. Bhd. dan Perlindungan Alam Sekitar Technology Sdn. Bhd adalah dua syarikat yang dikenalpasti mengaplikasi rawatan pirolisis yang terletak di Klang.

PERUNDANGAN DAN AGENSI KERAJAAN DALAM PENGURUSAN TAYAR DAN TAYAR *SCRAP*

Peringkat Persekutuan

Jabatan Pengurusan Sisa Pepejal Negara (JPSPN)

JPSPN adalah agensi utama yang mengawalselia pengurusan sisa pepejal di Malaysia. Di bawah Akta Pengurusan Sisa Pepejal, JPSPN mempunyai pelbagai peruntukan kawal selia dalam pengurusan mana-mana pepejal sisa termasuk sisa pepejal terkawal seperti mengeluarkan lessen, mengenakan caj atau levi, menguatkuasakan peruntukan pengawalseliaan dan mengurangkan dan memulihkan sisa pepejal terkawal. Tayar *scrap* tidak ditakrifkan secara khusus dalam Akta 627 tetapi mungkin dikategorikan sebagai 'sisa pepejal khas'. Peruntukan khas diperlukan dalam proses rawatan, penjagaan, penyimpanan dan pelupusan sisa tayar ini. Menurut pelbagai peruntukan dalam Akta ini, JPSPN tidak mempunyai kapasiti yang diperlukan dalam menubuhkan dasar-dasar yang berkaitan, peraturan-peraturan dan garis panduan bagi pengurusan tayar *scrap* di Semenanjung Malaysia.

Sisa Pepejal dan Pengurusan Pembersihan Awam Corporation (SWPCMC)

SWPCMC adalah agensi peneraju dalam pelaksanaan pengurusan sisa pepejal bersepadu di Malaysia. Perbadanan ini telah ditubuhkan di bawah Akta Perbadanan Sisa Pepejal dan Pengurusan Pembersihan Awam 2007 (Akta 673). Perbadanan berfungsi sebagai pelaksana sistem dan mereka boleh diwakilkan kuasa untuk menuntut, memungut dan menyimpan caj sisa pepejal terkawal, *fee* atau levi berkenaan perkhidmatan pengurusan sisa pepejal yang disediakan. Perbadanan mempunyai fungsi untuk mengesyorkan dasar, rancangan dan strategi, termasuk skim berkenaan perkhidmatan pengurusan sisa dan pembersihan awam kepada kerajaan Persekutuan. Ia juga berfungsi untuk menggubal dan melaksanakan program pembiayaan dan kerjasama bagi menjalankan fungsi Perbadanan. Perbadanan juga berfungsi menggalakkan dan merangsang pertumbuhan pengurusan sisa

pepejal dan perkhidmatan pembersihan awam dengan pelbagai cara termasuklah menjalankan penyelidikan, penilaian, dan khidmat nasihat.

SWPCMC telah menubuhkan pejabat-pejabat di setiap Negeri di Semenanjung Malaysia dan berpotensi memainkan peranan yang penting untuk mentadbir, melaksana dan menguatkuasakan dasar, peraturan dan garis panduan bagi pengurusan tayar *scrap*. Di samping itu, SWPCMC mempunyai tenaga kerja yang mencukupi untuk melaksanakan peraturan mengenai pengurusan tayar *scrap* pada masa akan datang. Walaubagaimanapun, peranan SWPCMC pada sisa tayar buat masa ini masih terhad.

Lembaga Getah Malaysia (LGM)

Lembaga Getah Malaysia (LGM) ditubuhkan untuk memastikan pembangunan industri getah Malaysia lancar dan teratur. LGM mempunyai lesen untuk memantau semua aktiviti perniagaan dan pengumpulan industri tayar. Tayar *scrap* adalah tertakluk di bawah permit bertajuk "Surat Kebenaran untuk Beli *Scrap* / Sisa Produk Getah" yang dikeluarkan oleh Lembaga Getah Malaysia. Permit ini diperlukan oleh kemudahan rawatan tayar *scrap*. Syarikat kitar semula tayar *scrap*, pengeluar getah tambakan dan industry rawatan pirolisis adalah tertakluk di bawah permit ini. Selain daripada itu, kemudahan-kemudahan rawatan tayar *scrap* juga dikehendaki untuk memohon Lesen C; "Lesen Untuk Beli Getah untuk Pengeluar Produk Getah". Keperluan bagi permohonan Lesen C ialah modal berbayar minimum sebanyak RM20, 000 bergantung kepada saiz kilang dan produk yang dikeluarkan. Di samping itu, projek-projek yang dicadangkan akan dirujuk kepada Pejabat Daerah / Majlis Bandaran Tempatan / Majlis Tempatan, Jabatan Kesihatan, Jabatan Bomba dan Penyelamat dan Jabatan Alam Sekitar untuk perbincangan dan kelulusan.

KESIMPULAN

Getah merupakan bahan yang tahan lasak dan mempunyai ketahanan yang kuat untuk pelbagai jenis persekitaran. Akibat daripada kekuatan dan ketahanannya, pembuangan tayar terpakai merupakan masalah utama yang menjadi perhatian kerana cara pelupusan tayar yang tidak sesuai boleh menyebabkan masalah pencemaran alam sekitar dan meburukkan keadaan persekitaran. Masalah ini berlaku dikebanyakkan negara-negara membangun di mana undang-undang alam sekitar tidak diberi keutamaan. Untuk menangani masalah ini, guna semula dan memulihkan kembali getah terpakai dianggap cara yang paling berkesan untuk menguruskan masalah berkaitan sisa getah. Kaedah ini dapat memastikan generasi akan datang dapat hidup dalam persekitaran yang bersih dan kelestarian alam dapat dipelihara.

RUJUKAN

H.A.Toutanji. (1995). The use of Rubber Tire Particles in Concrete to Replace Mineral Aggregates. *Science Direct*.

Syahmi S. (2011). Sifat-sifat konkrit dengan tambahan getah tayar terbang. Fakulti kejuruteraan awam, University Teknologi Malaysia.

Dimensi-dimensi Motivasi terhadap Pembelian Produk Makanan Hijau di Kalangan Pengguna Malaysia

Hairazi Rahim¹, Mad Nasir Shamsudin², Zainal Abidin Mohamed² dan Alias Radam³

¹*Pusat Penyelidikan Ekonomi dan Pengurusan Teknologi, MARDI*

²*Jabatan Perniagaantani dan Sistem Maklumat, Fakulti Pertanian Universiti Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor*

³*Jabatan Pengurusan dan Pemasaran, Fakulti Ekonomi dan Pengurusan Universiti Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor*

PENGENALAN

Perubahan dalam membuat keputusan dalam pembelian makanan di kalangan pengguna di Malaysia telah membawa satu dimensi baru dalam industri makanan di Malaysia. Faedah yang berubah-ubah daripada produk-produk makanan yang dihasilkan secara konvensional untuk produk makanan yang mesra alam harus dilihat sebagai manifestasi kesedaran yang semakin meningkat tentang alam sekitar di kalangan orang-orang yang menuntut makanan yang lebih selamat dan produk makanan hijau. Di Malaysia, pengguna cenderung untuk menggunakan istilah "produk makanan organik" dan bukannya "produk makanan hijau" atau "produk makanan mesra alam". Namun hakikatnya, kelebihan produk makanan organik adalah sama dengan kelebihan produk makanan hijau. Roitner-Schobesberger et al., (2008) melaporkan bahawa sebab utama bagi pengguna untuk membeli produk makanan organik adalah kerana persepsi mereka terhadap produk makanan organik sebagai sihat dan lebih mesra alam. Pengguna juga melihat kualiti produk makanan organik kerana kriteria yang diketahui dalam proses pengeluaran seperti penggunaan bahan-bahan mentah semulajadi, penternakan berorientasikan kebajikan, penggunaan tanah yang mesra alam dan teknik pemprosesan yang baik (Midmore et al., 2005). Bermula dari 1 Januari 2010, kerajaan Malaysia telah menyediakan bajet bernilai RM1.5 bilion di bawah Bajet 2010 untuk pinjaman dengan kadar faedah sebanyak dua peratus kepada mana-mana syarikat yang melaksanakan teknologi hijau dalam usaha untuk meningkatkan dan menggalakkan sektor itu. Tambahan pula, MARDI telah membangunkan produk untuk menggantikan penggunaan racun atau racun perosak dalam pertanian; GenKimo yang dihasilkan seratus peratus menggunakan bahan organik tempatan. Pada April 2010 pula, kerajaan negeri Perak telah menggalakkan

penggunaan plastik mesra alam yang boleh terbiodegradasi dengan mudah untuk melindungi alam sekitar. Peristiwa-peristiwa yang berkaitan dengan pencemaran di negara ini telah membuat pengguna menjadi lebih sedar tentang manfaat menjadi pengguna produk-produk hijau dan menjadi lebih berhati-hati sebelum meletakkan kepercayaan mereka terhadap produk-produk makanan yang dihasilkan secara konvensional. Ini telah mencipta satu fenomena dalam tingkah laku di kalangan pengguna yang mengambil berat tentang isu-isu alam sekitar seperti pencemaran dalam pengeluaran makanan dan penggunaan. Walau bagaimanapun, beberapa faktor lain juga telah dikenal pasti sebagai faktor motivasi dalam menentukan tingkah laku pembelian hijau di kalangan rakyat, seperti sikap, norma subjektif, dan pengetahuan 'hijau'.

Sikap boleh digambarkan sebagai konstruk hipotesis yang mewakili tahap individu suka atau tidak suka bagi suatu item. Sikap adalah umumnya pandangan yang positif atau negatif seseorang, tempat, benda, atau peristiwa, yang sering dirujuk sebagai objek sikap. Seseorang juga boleh menjadi konflik atau berbelah bahagi terhadap sesuatu objek. Dalam konteks produk makanan hijau, ia bermakna bahawa seseorang itu secara serentak mempunyai kedua-dua sikap positif dan negatif terhadap produk makanan hijau. Beberapa kajian (Thøgersen, 1996; Bell et al., 1996; Padel 2005) mendapati bahawa sikap adalah peramal yang baik untuk tingkah laku niat kerana kebanyakan negara maju percaya pada kesan tindakan individu dalam memelihara alam sekitar. Perubahan dalam sikap dan corak pengambilan pada asasnya dipengaruhi oleh kesedaran tentang alam sekitar di negara-negara tersebut dan dilihat daripada corak pengambilan makanan mereka. Chern et al., (2003) menyifatkan perubahan tersebut sebagai "kebaratan" di mana orang Asia memilih makanan yang sama dan kuantiti makanan seperti negara-negara barat. Tambahan lagi, faktor normatif atau norma subjektif, berpotensi mewakili satu lagi penentu utama yang wajar dipertimbangkan dalam konteks tingkah laku yang bertanggungjawab terhadap alam sekitar. Norma pada dasarnya dibincangkan dari segi motivasi individu untuk kelihatan mematuhi norma kumpulan dan tingkah laku dalam usaha untuk mencapai ganjaran atau mengelakkan hukuman (Park dan Lessig, 1977).

Penyelidik telah mendapati bahawa pengaruh norma subjektif mempunyai kesan positif terhadap tingkah laku pembelian hijau. Deci dan Ryan (1990) mentakrifkan norma-norma sosial sebagai motivasi yang datang dari sumber luaran seperti ganjaran wang atau pengiktirafan. Cialdini et al., (1990), Minton dan Rose, (1997), dan Soonthonsmai, (2001) juga melaporkan kebergunaan norma sosial dalam meramal dan menerangkan tingkah laku sebagai satu lagi penentu penting berdasarkan teori asas pengetahuan. Seperti yang disebutkan oleh Kouris et al., (2001), sebagaimana era maklumat berkembang, pengguna akan menjadi lebih celik kesihatan dan profesional. Pengguna hijau sentiasa mempertimbangkan kesan kepada alam sekitar apabila membeli sesuatu produk makanan. Alam sekitar dan tahap kesihatan menjadi persoalan utama dalam isu "kepenggunaan" dan sangat berpengaruh ke atas kesihatan manusia, dan penyelenggaraan jangka panjang sumber planet (Silverstone, 1993). Wardle et al., (2000) telah melakukan satu kajian untuk mencari hubungan antara

pengetahuan pemakanan dan pengambilan makanan, yang menunjukkan perkaitan yang signifikan antara pengetahuan dengan tingkah laku pemakanan sihat lebih daripada faktor-faktor demografi yang lain. Pengetahuan atau maklumat menyediakan panduan kepada pengguna dalam membuat keputusan apabila membeli produk. Penggunaan produk makanan dengan keteguhan pengetahuan menyumbang kepada susunan yang optimum antara pengeluar dan pengguna untuk keseimbangan penentuan permintaan bekalan yang efisien di pasaran.

Pengguna di Malaysia masih tidak cukup terdedah dengan konsep hijau dan produk makanan yang mesra alam atau produk makanan hijau. Pemahaman tentang manfaat dan kesan pengambilan produk makanan hijau kepada alam sekitar boleh mengubah tingkah laku membeli pengguna dari produk konvensional kepada produk makanan hijau. Menurut Ottman, (1992), pengguna akan menerima produk makanan hijau apabila kehendak utama mereka bagi prestasi, kualiti, kemudahan dan kemampuan dipenuhi, serta apabila mereka memahami bagaimana produk makanan hijau boleh membantu untuk menyelesaikan masalah alam sekitar. Permintaan untuk ciri-ciri makanan seperti kesegaran, sifat mesra alam atau hijau, dan sihat juga semakin meningkat. Kajian oleh Ahmad Hanis et al., (2010) menunjukkan bahawa pengguna Malaysia sanggup membayar harga premium bagi makanan yang disifatkan hijau dan selamat. Peralihan dalam corak penggunaan akan mempengaruhi pilihan makanan masa depan di negara ini, dan rangkaian tindak balas sistem agro-makanan adalah penting untuk memastikan pertumbuhan mapan industri agro-makanan di Malaysia. Rezai et al., (2011) telah menunjukkan bahawa tahap pendidikan, pendapatan, keselamatan makanan dan kemesraan alam sekitar yang ketara mempengaruhi niat pengguna Malaysia dalam membeli makanan hijau. Oleh itu, kajian ini cuba untuk menerokai dimensi motivasi yang boleh mempengaruhi niat pengguna Malaysia ke arah membeli produk makanan hijau.

KAEDAH KAJIAN

Aplikasi Theory of Reasoned Action

Theory of Reason Action (TORA) telah digunakan secara meluas terutamanya dalam konteks sains sosial dalam usaha untuk menentukan niat tingkah laku dan tingkah laku. Dalam konteks TORA, *Behaviour* ditentukan oleh niat tingkah laku, *Intention* ditentukan oleh *Attitude* dan *Subjective Norms*, *Attitude* ditentukan oleh *Salient beliefs* dan *Evaluation of the Outcomes*, dan *Subjective Norms* ditentukan oleh *Salient referents* dan *Motivation to comply*. Teori ini pada asasnya menyatakan bahawa untuk tingkah laku di bawah kawalan kemahuan penuh, sikap dibangunkan dari kepercayaan, niat tingkah laku dari sikap, dan tingkah laku dari niat. Kelakuan ini juga ditentukan secara langsung oleh niat kepada melakukan tingkah laku seseorang; *Intention*, seterusnya, adalah dipengaruhi oleh *Attitude* (iaitu penilaian seseorang positif atau negatif dalam melaksanakan tingkah laku) dan oleh *Subjective Norms* (iaitu yang dianggap sebagai tekanan sosial kepada melaksanakan atau tidak

melaksanakan tingkah laku) dengan niat sebagai mekanisme pengantara. Ramai penyelidik telah mengkaji aplikasi *Theory of Reason Action (TORA)* yang dibangunkan oleh Fishbein dan Ajzen, (1975) dalam kajian-kajian mereka yang berkaitan tingkah laku yang berkaitan alam sekitar seperti Pieters, (1991), Goldenhar dan Connel, (1992), Jones, (1996), Thogersen, (1996), Bell et al., (1996) dan Montano dan Kasprzyk, (2008). Pembolehubah luaran termasuk demografi, personaliti dan gaya hidup, lokus kawalan, dan pengetahuan dikatakan mempunyai kesan tidak langsung terhadap tingkah laku, operasi langsung pada komponen penilaian dalam sikap dan faktor normatif. Tambahan pula, hubung kait yang signifikan antara sikap dan tingkah laku telah dilaporkan meningkat di bawah situasi penglibatan yang tinggi secara individu mahupun berkumpulan.

Pembangunan Instrumen

Peringkat awal kajian adalah untuk menyediakan senarai ciri-ciri atau faktor-faktor yang berdasarkan teori-teori asas yang dimasukkan di dalam soal selidik. Ini boleh dilakukan dengan mengkaji literatur, menganjurkan perbincangan kumpulan fokus, dan temu duga expertises untuk mengumpul maklumat. Mengkaji literatur dan mengadakan perbincangan kumpulan fokus telah digunakan dalam kajian ini sebagai kaedah untuk menentukan soalan yang paling sesuai untuk ditanya dalam usaha untuk mencapai objektif kajian.

Dalam usaha untuk menjalankan analisis, item *Knowledge* telah dinilai menggunakan enam mata skala Likert, iaitu 1 = Pasti tidak tahu, 2 = Agak tidak tahu, 3 = Sedikit tidak tahu, 4 = Sedikit tahu, 5 = Tahu, 6 = Pasti tahu. Item-item *Knowledge* di dalam soal selidik ini terdiri daripada sepuluh soalan yang berkaitan dengan pengetahuan yang meneliti isu-isu alam sekitar seperti penggunaan bio-diesel, pencemaran air, kitar semula bahan buangan dan kesan bahan kimia berbahaya dalam bahan makanan atau produk berkaitan kepada pengambilan makanan. Beberapa isu lain yang berkaitan dengan isu-isu produk makanan hijau dan pengetahuan mengenai sistem penambahbaikan dan keperluan dalam pengeluaran dan industri makanan prosedur pemasaran juga telah diketengahkan di dalam soal selidik.

Berdasarkan model TORA yang diubahsuai, *Attitude* dibahagikan kepada dua komponen utama iaitu *Salient beliefs* dan *Evaluation of the outcomes*. Kedua-dua komponen sikap di dalam soal selidik ini terdiri daripada sepuluh soalan yang berkaitan dengan sikap pengguna terhadap isu-isu alam sekitar seperti kualiti, rasa dan harga produk makanan hijau. Beberapa isu lain seperti mengelakkan bahan makanan beracun atau berbahaya, kesan alahan produk makanan hijau dan kemudahan dalam membeli penggunaan makanan hijau juga dimasukkan di dalam soal selidik. Dalam usaha untuk menjalankan analisis, 10 item utama *Salient beliefs* telah dinilai menggunakan enam mata skala Likert, iaitu 1 = Pasti tidak bersetuju, 2 = Agak tidak bersetuju, 3 = Sedikit tidak bersetuju, 4 = Sedikit bersetuju, 5 = Agak bersetuju, 6 = Pasti bersetuju. Bagi menentukan *Evaluation of the outcomes*, 10

item telah dinilai menggunakan enam mata skala Likert, iaitu 1 = Pasti tidak penting, 2 = Agak penting, 3 = Sedikit tidak penting, 4 = Sedikit penting, 5 = Agak penting, 6 = Pasti penting. Ukuran penting yang lain adalah *Intention*, diberi nilai menggunakan enam mata skala Likert, iaitu 1 = Pasti tidak membeli, 2 = Kemungkinan besar tidak untuk membeli, 3 = Kemungkinan untuk tidak membeli, 4 = Kemungkinan untuk membeli, 5 = Kemungkinan besar untuk membeli, 6 = Pasti membeli. Dua komponen utama *Subjective Norms* iaitu *Salient referents* dan *Motivation to comply* juga telah diukur dengan skala Likert enam kepentingan. Komponen *Subjective Norms* pada dasarnya terdiri daripada soalan-soalan yang berkaitan dengan pengaruh segmen tertentu masyarakat seperti keluarga, pensyarah, rakan-rakan dan ahli-ahli politik ke arah keputusan responden dalam tingkah laku membeli makanan hijau.

Pembolehubah *Intention* telah diukur berdasarkan lima soalan yang direka untuk mengetahui niat untuk membeli produk makanan hijau dalam perjalanan membeli-belah seterusnya dengan syarat dan perbezaan tertentu seperti: Jika harga makanan produk hijau adalah 10% lebih tinggi daripada produk makanan yang dihasilkan secara konvensional, apakah respons terbaik mencerminkan niat anda untuk membeli ia bagi tujuan membantu untuk melindungi alam sekitar dalam perjalanan membeli-belah anda yang seterusnya; dan jika harga produk makanan hijau adalah sama seperti produk konvensional yang dihasilkan, apakah respons terbaik mencerminkan niat anda untuk membeli ia bagi tujuan membantu untuk melindungi alam sekitar dalam perjalanan membeli-belah anda yang seterusnya? Nilai-nilai dari jumlah semua item dalam pembolehubah *Intention* mewakili nilai niat dalam analisis korelasi dalam menentukan korelasi antara dimensi sikap dengan niat untuk membeli produk makanan hijau.

Prosedur Pengumpulan Data

Seramai 2100 responden dari bandar-bandar utama semua negeri di Malaysia telah ditemuramah menggunakan kaedah persampelan rawak berstrata. Walau bagaimanapun, hanya 1763 soal selidik telah dianalisis (84 peratus daripada jumlah responden) selepas proses penyaringan data dilakukan. Bandar-bandar yang diliputi adalah Kuantan, Kuala Terengganu, Kota Bharu, Ipoh, Kangar, Alor Setar, Georgetown, Shah Alam, Johor Bahru, Seremban, Melaka, Kota Kinabalu, dan Kuching. Sasaran kajian adalah orang dewasa berumur lebih daripada 18 tahun. Kaji selidik itu dijalankan dari Julai 2012 hingga September 2012 di mana responden telah ditentukan dari taksiran besar daripada saiz sampel yang sesuai dalam melaksanakan *Exploratory Factor Analysis (EFA)* yang digunakan dalam kajian ini, juga dipercayai dapat menyediakan kayu pengukur asas untuk menentukan saiz sampel seperti yang dicadangkan oleh Sudman (1976). Oleh kerana Malaysia berbilang kaum, responden untuk kajian ini telah dipilih di kalangan orang Melayu, Cina, India dan kaum-kaum lain

termasuk Bumiputera dari Sabah dan Sarawak. Peratusan kaum dan lain-lain profil sosio-ekonomi berdasarkan statistik yang disediakan oleh Jabatan Perangkaan Malaysia.

HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Analisis deskriptif profil responden

Hampir 66 peratus daripada responden adalah perempuan, dan 63.1 peratus responden adalah orang Melayu. Keputusan juga menunjukkan bahawa 48.7 peratus umur responden adalah di antara 22-30 tahun. Purata umur responden adalah kira-kira 27 tahun dengan sisihan piawai 8,609. Dapatan juga menunjukkan bahawa 65.7 peratus daripada responden adalah bujang, 45.5 peratus daripada responden mempunyai ahli keluarga antara 4-6 orang ahli, dan 49.4 peratus daripada responden tidak mempunyai ahli keluarga di bawah umur 12 tahun. Keputusan itu juga mendapati bahawa 50.7 peratus daripada responden telah lulus sekolah menengah, 50.3 peratus daripada responden bekerja dalam sektor swasta, dan 23.6 peratus daripada responden memperoleh pendapatan isi rumah bulanan antara RM1000-RM1999.

Exploratory Factor Analysis (EFA)

Ujian Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) dan Bartlett

Keputusan dalam Jadual 1 menunjukkan bahawa korelasi antara pembolehubah adalah signifikan pada kadar 1 peratus. Keputusan menunjukkan *Knowledge* adalah signifikan, $\chi^2 = 7166.13$, $p < 0.001$. Ukuran Kaiser-Mayer-Olkin bagi kecukupan persampelan adalah 0.853. Keputusan juga menunjukkan bahawa *Salient beliefs* dan *Evaluation of the Outcomes* adalah signifikan, $\chi^2 = 6056.17$, $p < 0.001$ dan $\chi^2 = 12600.27$, $p < 0.001$, masing-masing. Pengiraan Kaiser-Mayer-Olkin bagi kecukupan persampelan adalah 0.860 dan 0.888. Keputusan juga menyatakan bahawa *Salient referents* dan *Motivation to comply* memenuhi keperluan kecukupan persampelan $p = 0.874$ dan $p = 0.730$, masing-masing. Kedua-dua pembolehubah adalah signifikan, $\chi^2 = 10565.18$ dan $\chi^2 = 3707.10$, masing-masing, manakala $p < 0.001$ bagi kedua-dua pembolehubah.

Ukuran KMO menyediakan nilai antara 0 dan 1. Nilai kecil untuk *KMO* menunjukkan bahawa analisis faktor pembolehubah tidak mungkin sesuai, di mana korelasi antara pembolehubah tidak boleh dijelaskan oleh pembolehubah lain (Norusis, 1993). Nilai-nilai yang lebih tinggi daripada 0.6 dianggap memuaskan bagi analisis faktor. Terdapat kriteria tertentu atau keperluan yang ditetapkan sebagai keutamaan dalam *Exploratory Factor Analysis (EFA)*. Perkara-perkara yang dikekalkan apabila pembebanan adalah lebih besar daripada 0.40 dan perbezaan beban silang adalah lebih besar daripada 0.50. Maksud menggunakan analisis faktor untuk membentuk faktor untuk memaksimumkan penjelasan set pembolehubah keseluruhan, dan untuk mengenalpasti pembolehubah wakil daripada set

yang lebih besar pembolehubah untuk kegunaan dalam analisis multivariat berikutnya (Hair et al., 2006).

Jadual 1: Ujian Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) dan Bartlett

Pembolehubah	<i>Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy</i>	<i>Bartlett's Test of Sphericity and Significance</i>
<i>Knowledge</i>	.853	7166.13 (p < .001)
<i>Salient beliefs</i>	.860	6056.17 (p < .001)
<i>Evaluation of the outcome</i>	.888	12600.27 (p < .001)
<i>Salient referents</i>	.874	10565.18 (p < .001)
<i>Motivation to comply</i>	.730	3707.10 (p < .001)

Nota: Ujian Bartlett menunjukkan bahawa matriks korelasi pada tahap yang sesuai untuk melaksanakan analisis faktor ke atas data untuk setiap skala, dengan semua skala mencapai tahap signifikan sebanyak $p < .001$.

Dalam kajian ini, semua pembolehubah memenuhi keperluan *EFA*. Kaedah putaran *varimax with Kaiser Normalisation* telah sengaja dipilih untuk mengurangkan daripada bilangan yang lebih besar daripada item-item yang mewakili pembolehubah set beberapa dimensi korelasi untuk kegunaan seterusnya. Kelebihan utama normalisasi *varimax* adalah bahawa hubungan matematik faktor utama kekal stabil, yang bermaksud bahawa jumlah nilai eigen dan peratusan jumlah varian dimensi prinsip telah tidak terjejas kerana putaran tidak mengubah sudut setiap faktor. Keputusan *EFA* dengan hasil putaran *varimax* tiga dimensi *Knowledge* dan dua dimensi bagi setiap *Salient beliefs*, *Evaluation of the outcomes*, *Salient referents*, and *Motivation to comply* seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.

Jadual 2: Komponen hasil daripada item kajian

Pembolehubah	Item-item	Komponen				
		1	2	3		
Pengetahuan (<i>knowledge</i>)	Pencemaran air yang disebabkan oleh tindakan membuang sisa ke dalam sungai dan terusan	.821				
	Mengitar semula bahan buangan boleh membantu melindungi alam sekitar	.811				
	Adakah anda tahu bahawa beberapa bahan kimia dalam bahan makanan yang boleh menyebabkan bahaya atau kesan-kesan negatif kepada pengguna dan alam sekitar	.670				
	Pengambilan sayur-sayuran bebas racun perosak dan buah-buahan boleh membantu melindungi alam sekitar	.626				
	Pernahkah anda mendengar mengenai sistem <i>Hazards Analysis Critical Control Point</i> (HACCP) yang merupakan sistem pencegahan yang memastikan pengeluaran yang selamat untuk produk makanan?		.872			
	Adakah anda tahu mengenai <i>Intergrated Pest Management</i> (IPM) yang sentiasa menangani isu-isu pengeluaran tanaman alam sekitar yang mapan dan pematuhan fitosanitasi		.860			
	Produk berlabel hijau adalah produk mesra alam			.883		
	Penggunaan produk makanan hijau boleh membantu menjaga persekitaran			.828		
Sikap (<i>attitude</i>)	Kepercayaan (<i>Salient beliefs</i>)	Kualiti produk makanan hijau adalah bersamaan dengan penghasilan produk makanan konvensional		.812		
		Rasa produk makanan hijau adalah sama dengan produk makanan konvensional		.842		
		Produk makanan hijau mempunyai harga yang sama seperti produk makanan konvensional		.755		
		Membeli produk makanan hijau akan membantu menjaga persekitaran	.673			
		Membeli produk makanan hijau akan mencegah bahan-bahan makan yang beracun dan merbahaya	.753			
		Membeli produk makanan hijau akan membantu anda menjimatkan wang	.492			
		Membeli produk makanan hijau akan membantu anda menjimatkan penggunaan produk makanan	.602			
		Membeli produk makanan hijau akan mencegah anda dari alahan produk makanan	.751			
		Membeli produk makanan hijau adalah mungkin lebih baik dari produk berasaskan konvensional	.821			
		Membeli produk makanan hijau adalah mudah dan menyenangkan	.610			
		Harga bagi produk makanan hijau adalah...		.799		
		Penilaian hasil (<i>Evaluation of the outcomes</i>)	Menjimatkan wang dengan membeli produk makanan adalah...		.847	
			Menjimatkan penggunaan produk makanan adalah...		.607	
Membantu menjaga persekitaran dengan membeli produk makanan hijau adalah...	.729					
Kualiti bagi produk makanan hijau adalah...	.720					
	Rasa bagi produk makanan hijau adalah...	.537				

	Merasa yakin akan keselamatan makanan dengan membeli produk makanan hijau adalah...	.664	
	Mencegah anda dari alahan produk makanan adalah...	.700	
	Membeli produk makanan hijau mungkin lebih baik dari produk makanan yang dihasilkan secara konvensional	.710	
	Mudah dan menyenangkan membeli produk makanan hijau adalah...	.637	
<i>Norma subjektif (Subjective Norm)</i>	<i>Rujukan (Salient referents)</i>	Rakan saya berpendapat bahawa saya patut membeli produk makanan hijau	.814
		Ibu bapa saya berpendapat bahawa saya patut membeli produk makanan hijau	.932
		Keluarga saya berpendapat bahawa saya patut membeli produk makanan hijau	.917
		Saudara mara saya berpendapat bahawa saya patut membeli produk makanan hijau	.795
		Pihak kerajaan berpendapat bahawa saya patut membeli produk makanan hijau	.859
		Aktivis alam sekitar berpendapat bahawa saya patut membeli produk makanan hijau	.839
		Guru atau professor saya berpendapat bahawa saya patut membeli produk makanan hijau	.791
		Media massa berpendapat bahawa saya patut membeli produk makanan hijau	.840
		Ahli politik berpendapat bahawa saya patut membeli produk makanan hijau	.769
	<i>Motivasi untuk dipatuhi (Motivation to comply)</i>	Nasihat rakan saya kerap mempengaruhi keputusan saya untuk membeli produk makanan hijau	.709
		Nasihat ibu bapa saya kerap mempengaruhi keputusan saya untuk membeli produk makanan hijau	.917
		Nasihat keluarga saya kerap mempengaruhi keputusan saya untuk membeli produk makanan hijau	.894
		Nasihat saudara mara saya kerap mempengaruhi keputusan saya untuk membeli produk makanan hijau	.631
		Nasihat pihak kerajaan kerap mempengaruhi keputusan saya untuk membeli produk makanan hijau	.836
		Nasihat aktivis alam sekitar kerap mempengaruhi keputusan saya untuk membeli produk makanan hijau	.827
		Nasihat guru atau profesor saya kerap mempengaruhi keputusan saya untuk membeli produk makanan hijau	.824
		Media massa kerap mempengaruhi keputusan saya untuk membeli produk makanan hijau	.769
		Nasihat ahli politik kerap mempengaruhi keputusan saya untuk membeli produk makanan hijau	.874

Kaedah Putaran: Varimax dengan Kaiser Normalisasi, putaran tertumpu dalam 3 lelaran.

Tiga komponen faktor muncul dari pembolehubah *Knowledge* iaitu *General Knowledge of Pollution (GKP)*, *Knowledge of Quality Control and Management (KQCM)*, and *Knowledge of Green Food Products (KGFP)*. GKP telah diiktiraf sebagai faktor pertama yang terdiri daripada 4 item dan mempunyai varian sebanyak 25.51 peratus. Hasil daripada faktor ini mencadangkan bahawa pengetahuan umum pengguna tentang pencemaran mempunyai hubungan dengan niat untuk membeli produk makanan hijau. KQCM telah diiktiraf sebagai faktor kedua iaitu terdiri daripada 2 item dan mempunyai varian berjumlah 7.85. Hasil daripada faktor ini mencadangkan bahawa pengetahuan pelaksanaan mana-mana sistem dalam menguruskan produk makanan hijau secara mapan mempunyai hubungan dengan niat untuk membeli produk makanan hijau. KGFP adalah faktor ketiga, yang mempunyai varians jumlah 6.98 peratus dan terdiri daripada 2 item. Maklumat tentang produk makanan hijau itu sendiri mempunyai hubungan dengan niat untuk membeli produk makanan hijau.

Salient beliefs: Dua komponen faktor yang muncul adalah Food Safety (FS) dan Green Food Attribute (GFA). FS telah diiktiraf sebagai faktor pertama. Faktor ini terdiri daripada 7 item dan mempunyai varian sejumlah 4.47 peratus. Hasil daripada faktor ini mencadangkan bahawa kepercayaan utama dalam aspek keselamatan makanan mempunyai hubungan dengan niat untuk membeli produk makanan hijau. GFA pula mempunyai varian sebanyak 3.87 peratus dan terdiri daripada 3 item. Sifat makanan hijau dalam kepercayaan utama mempunyai hubungan dengan niat untuk membeli produk makanan hijau.

Evaluation of the outcomes: Dua komponen faktor muncul iaitu Green Food Quality (GFQ) dan Price Attribute (PA). GFQ telah diiktiraf sebagai faktor pertama. Faktor ini terdiri daripada 7 item dan 3.62 peratus varian. Hasil daripada faktor ini mencadangkan bahawa kualiti makanan hijau dalam penilaian hasil dari kepercayaan mempunyai hubungan dengan niat untuk membeli produk makanan hijau. PA adalah faktor lain yang mempunyai jumlah varian sebanyak 3.00 peratus dan terdiri daripada 3 item. Penilaian hasil dari kepercayaan dalam makanan hijau aspek sifat mempunyai hubungan dengan niat untuk membeli produk makanan hijau.

Salient referents: Dua komponen faktor muncul iaitu Non-family (NF) dan Family (F). NF terdiri daripada 5 item dan mempunyai jumlah varian sebanyak 2.54 peratus merupakan komponen pertama. Hasil daripada faktor ini mencadangkan bahawa bukan keluarga mempunyai hubungan dengan niat untuk membeli produk makanan hijau. Keluarga (F) adalah faktor lain dengan varian sebanyak 2.20 peratus, terdiri daripada 4 item. Keluarga secara umum mempunyai hubungan dengan niat untuk membeli produk makanan hijau.

Motivation to comply: Dua komponen faktor muncul dengan Non-family Importance (NFI) telah diiktiraf sebagai faktor pertama. Faktor ini terdiri daripada 5 item dan mempunyai jumlah varian sebanyak 2.05 peratus. Ia mencadangkan bahawa pengaruh bukan keluarga mempunyai hubungan dengan niat untuk membeli produk makanan hijau. Family Importance (FI) adalah faktor lain dengan

varian sejumlah 1.92 peratus dan terdiri daripada 4 item mempunyai hubungan dengan niat untuk membeli produk makanan hijau.

Nilai Eigen dan Varian

Pengekstrakan data yang dilakukan menggunakan EFA menghasilkan 11 sub-faktor oleh semua faktor-faktor yang disenaraikan yang berada di atas 1.0 dan jumlah varian menjelaskan 63.98 peratus. Eigen adalah jumlah ruang segiempat untuk faktor; ia juga membentangkan jumlah varian yang diambilkira oleh faktor (Hair et al., 1992.). Oleh itu, nilai eigen lebih besar daripada 1.0 dianggap penting dan jumlah varian yang lebih besar daripada 60 peratus itu juga dianggap memuaskan.

Keputusan menjelaskan bahawa faktor-faktor yang diekstrak menjelaskan jumlah tertentu varian. Dalam usaha untuk mencapai nilai jumlah varian bagi semua faktor, kaedah pengekstrakan mengambil semua item walaupun sesetengahnya telah dikelaskan.

Jadual 3: Nilai Eigen dan Varian Dimensi-dimensi

Dimensi	Nilai Eigen (>1)	Varian (%)
<i>General Knowledge of Pollution (GKP)</i>	13.520	25.510
<i>Knowledge of Quality Control and Management (KQCM)</i>	4.162	7.852
<i>Knowledge of Green Food Product (KGFP)</i>	3.699	6.980
<i>Food Safety (FS)</i>	2.366	4.465
<i>Green Food Attribute (GFA)</i>	2.050	3.868
<i>Green Food Quality (GFQ)</i>	1.918	3.618
<i>Price Attribute (PA)</i>	1.588	2.997
<i>Non-Family (NF)</i>	1.345	2.537
<i>Family (F)</i>	1.168	2.204
<i>Non-Family Influence (NFI)</i>	1.087	2.050
<i>Family Influence (FI)</i>	1.008	1.902

Nota: Nilai Eigen > 1.0 dan jumlah varian > 60% dianggap memuaskan.

Hubungkait dimensi

Knowledge

Seperti yang dapat dilihat dalam Jadual 4, pekali korelasi antara *GKP* dan *Intention* adalah 0.355. Berdasarkan nilai t-statistik dan ujian ekor, hipotesis nol boleh ditolak di peringkat 0.01 signifikan ($r = 0.355$ $p = 0.000$). Ini menunjukkan bahawa terdapat korelasi positif antara pengetahuan umum pengguna tentang pencemaran dan niat mereka untuk membeli produk makanan hijau. Dimensi lain dari pengetahuan, *KQCM* juga menunjukkan pekali korelasi 0.222 ($r = 0.222$ $p = 0.000$) menjelaskan korelasi positif antara pengetahuan pengguna mengenai kawalan kualiti dan pengurusan produk makanan dengan niat mereka untuk membeli produk makanan hijau. Terdapat juga korelasi positif antara pengetahuan pengguna mengenai produk makanan hijau dengan niat untuk membeli produk makanan hijau mereka. Pekali korelasi antara *KGFP* dan *Intention* adalah 0.290 ($r = 0.290$ $p = 0.000$). Oleh itu, berdasarkan keputusan, semua dimensi *Knowledge* pada dasarnya mempunyai korelasi positif dengan niat untuk membeli produk makanan hijau.

Berdasarkan keputusan dalam jadual, pekali korelasi antara *FS* dan *Intention* adalah 0.488 ($r = 0.488$ $p = 0.000$). Ini menunjukkan bahawa terdapat korelasi positif antara sikap pengguna ke arah dimensi keselamatan makanan dengan niat mereka untuk membeli produk makanan hijau. Pekali korelasi antara *GFA* dan niat adalah 0.301 ($r = 0,301$ $p = 0,000$) menjelaskan betapa atribut-atribut produk makanan hijau merupakan salah satu faktor positif dalam keputusan pembelian produk makanan oleh pengguna. Ini diikuti dengan *GFQ* dengan pekali korelasi 0.409 ($r = 0.409$ $p = 0.000$). Tidak dinafikan kualiti produk makanan hijau amat dititikberatkan pengguna dan mampu mempengaruhi keputusan pembelian mereka. Keputusan juga menunjukkan bahawa pekali korelasi antara *PA* dan niat adalah 0.055. Walau bagaimanapun, hipotesis nol hanya boleh ditolak di peringkat 0.05 signifikan ($r = 0.055$ $p = 0.001$) tetapi gagal untuk ditolak di peringkat 0.01 signifikan. Jadi, pada tahap 0.01 signifikan, tidak ada korelasi positif antara keduanya menjelaskan kemungkinan bahawa harga bukan menjadi persoalan utama pengguna dalam mempengaruhi niat mereka untuk membeli produk-produk makanan hijau.

Terdapat korelasi positif antara dimensi (*NF*), (*F*), (*NFI*) dan (*F*) dengan *Intention* untuk membeli produk makanan hijau. Pekali korelasi antara *NF* dan *Intention* adalah 0.593 ($r = 0.593$ $p = 0.000$). Pekali korelasi antara *F* dan *Intention* pula adalah 0.351 ($r = 0.351$ $p = 0.000$). Ini diikuti dengan *NFI* dan *FI* masing-masing mencatatkan 0.538 ($r = 0.538$ $p = 0.000$) dan 0.235 ($r = 0.235$ $p = 0.000$). Hipotesis-hipotesis nol tertolak sekaligus menunjukkan bahawa terdapat korelasi positif antara dimensi-dimensi *Subjective norms* pengguna dengan niat mereka untuk membeli produk makanan hijau.

Jadual 4: Koefisien korelasi antara dimensi-dimensi dan *Intention*

Dimensi	Koefisien	p-value
Pengetahuan asas tentang pencemaran (<i>General Knowledge about Pollution</i>) (<i>GKP</i>)	.355**	< .001
Pengetahuan tentang kawalan kualiti dan pengurusan (<i>Knowledge about Quality Control and Management</i>) (<i>KQCM</i>)	.222**	< .001
Pengetahuan tentang Produk Makanan Hijau (<i>Knowledge about Green Food Product</i>) (<i>KGFP</i>)	.254**	< .001
Keselamatan dalam makanan (<i>Food Safety</i>) (<i>FS</i>)	.488**	< .001
Sifat-sifat makanan hijau (<i>Green Food Attribute</i>) (<i>GFA</i>)	.301**	< .001
Kualiti makanan hijau (<i>Green Food Quality</i>) (<i>GFQ</i>)	.409**	< .001
Sifat-sifat harga (<i>Price Attribute</i>) (<i>PA</i>)	.055*	.001
Bukan keluarga (<i>Non-Family</i>) (<i>NF</i>)	.593**	< .001
Keluarga (<i>Family</i>) (<i>F</i>)	.351**	< .001
Pengaruh bukan keluarga (<i>Non-Family Influence</i>) (<i>NFI</i>)	.538**	< .001
Pengaruh keluarga (<i>Family Influence</i>) (<i>FI</i>)	.235**	< .001

Nota: ** Korelasi adalah signifikan pada .001 (2-tailed). * Korelasi adalah signifikan pada .05 (2-tailed)

PERBINCANGAN

Hasil kajian menunjukkan dimensi ilmu memainkan peranan yang penting di kalangan pengguna dalam niat mereka untuk membeli produk makanan hijau. Seperti yang dapat dilihat daripada keputusan, *GKP*, *KQCM*, dan *KGFP* mempunyai hubungan yang positif dengan niat, mencadangkan bahawa penyebaran maklumat mengenai isu-isu alam sekitar atau pencemaran pada dasarnya mungkin secara positif mampu menggerakkan dan memberi motivasi kepada pengguna menjadi mesra alam sekitar. Selain itu, pengetahuan mengenai produk makanan hijau telah terbukti mempunyai hubungan yang positif dengan niat untuk membeli produk makanan hijau. Pengetahuan mampu menentukan ciri-ciri produk-produk makanan hijau, seperti penggunaan bahan-bahan mesra alam dan penggunaan bahan-bahan berbahaya kepada alam sekitar dalam aktiviti pertanian produk makanan hijau. Selain daripada itu, pengetahuan mengenai kawalan kualiti dan sistem pengurusan juga secara positif mampu meningkatkan kefahaman dan memberi faedah kepada pengguna.

Kajian ini mendapati hubungan yang positif antara dimensi sikap; *FS*, *GFA*, *GFQ*, dan *PA* dengan niat untuk membeli produk makanan hijau. Walau bagaimanapun dimensi harga didapati tidak berkait secara positif dengan niat pada tahap 0.01 signifikan. Jelas sekali, sifat harga, yang dikenali sebagai parameter utama yang penting untuk mempengaruhi niat tingkah laku bagi kebanyakan proses membuat keputusan pembelian produk, tidak mempunyai hubungan dengan niat pengguna untuk membeli produk makanan hijau. Sebagai pengguna yang terlibat dalam pemeliharaan alam sekitar (membeli produk makanan hijau), sudah tentu mereka akan menikmati faedah daripada persekitaran yang bersih. Mereka pada dasarnya perlu membayar sekian harga yang ditetapkan iaitu *trade-off* dalam nilai wang. Walau bagaimanapun, terdapat segmen di kalangan pengguna yang menikmati faedah tanpa mengorbankan apa-apa atau boleh dikategorikan sebagai pengguna "penunggang bebas". Dimensi yang muncul dari sikap menunjukkan bahawa sasaran, yang merupakan pengguna, mudah dipujuk untuk menukar sikap mereka terhadap produk makanan hijau dengan dimensi yang tertentu atau faktor-faktor sepertimana yang telah dikaji. Dari segi keselamatan makanan, penggunaan produk makanan hijau didapati sangat penting. Kualiti produk makanan hijau juga menunjukkan nilai pekali korelasi yang tinggi dengan niat untuk membeli produk makanan hijau. Kedua-dua faktor iaitu *Food Safety (FS)* dan *Green Food Quality (GFQ)* mewakili kedua-dua aspek tarikan emosi dan fizikal pengguna dalam proses membuat keputusan untuk membeli produk makanan hijau. Kepercayaan tentang manfaat yang besar diperolehi daripada membeli produk makanan hijau - dari segi keselamatan, sihat, dan kesan positif kepada alam sekitar - menyumbang kepada nilai pekali korelasi yang sangat positif dengan niat oleh pengguna. Walau bagaimanapun, dimensi asas yang paling berkait positif telah dikenal pasti sebagai *Food Safety (FS)* dan *Green Food Quality (GFQ)* walaupun mereka mewakili keadaan fizikal dengan manfaat positif yang tidak dapat dilihat atau penting apabila membeli produk makanan hijau.

Ukuran normatif; *NF*, *F*, *NFI*, dan *FI* telah didapati berkorelasi positif dengan hasrat untuk membeli produk makanan hijau. Kajian ini mengenal pasti bahawa hubungan antara norma subjektif berhubung pembelian produk makanan hijau, dan dengan niat untuk membeli produk makanan hijau adalah positif, seperti yang dicadangkan oleh Warren dan Warren (1977) dan Gill et al., (1986). Kedua-dua kesimpulan awal ini boleh diterima berdasarkan penemuan dalam analisis ujian hipotesis. Dua faktor penentu asas yang mewakili norma subjektif dengan sub-faktor wujud sebagai faktor penting atau yang mendasari ukuran dalam menentukan niat di kalangan pengguna Malaysia untuk membeli produk makanan hijau. Daripada keputusan kajian, *Non-Family (NF)*, yang mewakili *Salient referents*, telah dikenal pasti sebagai faktor tertinggi yang mempunyai hubungan positif dengan niat untuk membeli produk makanan hijau. *Non-Family Importance (NFI)*, yang merupakan wakil *Motivation to comply*, juga menunjukkan korelasi yang tinggi kepada *Intention*. Dalam kedua-dua penentu normatif ini, peranan keluarga dalam mempengaruhi niat untuk membeli produk makanan hijau secara positif berkait rapat dengan niat, tetapi lemah jika dibandingkan dengan bukan keluarga.

Walau bagaimanapun, semua dimensi wujud sebagai penentu faktor normatif, yang dianggap memuaskan dalam menentukan norma-norma yang mempunyai hubungan yang positif dengan niat di kalangan pengguna untuk membeli produk makanan hijau. Penemuan ini membuahkan hasil yang sama dengan penyelidikan sebelum ini iaitu hubungan norma-niat dalam bidang tingkah laku tanggungjawab persekitaran yang mendapati bahawa faktor-faktor yang normatif adalah penentu yang lebih penting bagi tingkah laku tanggungjawab alam sekitar menggunakan model Theory of Reasoned Action (TORA). Derksen dan Gartrell (1993) membuat kesimpulan bahawa konteks sosial sahaja sudah mencukupi untuk menghasilkan tingkah laku.

Daripada keputusan, *Non-Family (NF)*, yang mewakili perujuk utama, telah dikenal pasti sebagai faktor tertinggi yang mempunyai hubungan positif dengan niat untuk membeli produk makanan hijau. *Non-Family Importance (NFI)*, yang merupakan wakil dorongan untuk mematuhi dimensi, juga menunjukkan beberapa korelasi yang tinggi kepada tujuan. Dalam kedua-dua penentu normatif yang dinamakan perujuk utama dan dorongan untuk mematuhi, peranan keluarga dalam mempengaruhi niat untuk membeli produk makanan hijau secara positif berkait rapat dengan niat, tetapi dengan cara yang lemah jika dibandingkan dengan penentu bukan keluarga. Walau bagaimanapun, semua dimensi wujud sebagai penentu faktor normatif, yang dianggap memuaskan dalam menentukan norma-norma yang mempunyai hubungan yang positif dengan niat di kalangan pengguna Malaysia untuk membeli produk makanan hijau. Penemuan ini membuahkan hasil yang sama dengan penyelidikan sebelum ini iaitu hubungan norma niat dalam bidang tingkah laku tanggungjawab persekitaran yang mendapati bahawa faktor-faktor yang normatif adalah penentu yang lebih penting bagi tingkah laku tanggungjawab alam sekitar menggunakan model Theory of Reasoned Action (TORA). Derksen dan Gartrell (1993) membuat kesimpulan bahawa konteks sosial sahaja sudah mencukupi untuk menghasilkan tingkah laku.

Selaras dengan hasil kajian ini, keutamaan dari ukuran normatif secara positif berkait rapat dengan niat untuk membeli produk makanan hijau. Sifat yang sangat ketara, meluas, dan keinginan bersosial daripada program member maksud atas dasar kejiranan, norma untuk mengitar semula mungkin berubah. Orang yang mempunyai sikap yang positif terhadap isu alam sekitar akan mengitar semula jika diberi peluang, tetapi lebih penting lagi, keputusan menunjukkan bahawa orang-orang yang tidak prihatin terhadap alam sekitar tetapi tinggal dalam masyarakat yang mengamalkan kitar semula mempunyai penglibatan tinggi dalam aktiviti kitar semula. Oleh itu, tindakan-tindakan pengguna Malaysia adalah bergantung kepada persekitaran atau orang-orang di sekeliling mereka dan pemilikan dalam kumpulan tertentu. Dalam erti kata lain, niat mereka untuk membeli produk makanan hijau lebih dipengaruhi oleh aktiviti kolektivisme seperti yang diwakili oleh tahap mental program yang dijalankan masyarakat dan dikongsi dengan sesetengah orang. Dalam kes ini, perkiraan mengenai interaksi antara orang-orang dalam kumpulan untuk menimba ilmu pengetahuan dan maklumat adalah tinggi.

KESIMPULAN

Penentuan hubungan antara ukuran pengetahuan dengan niat untuk membeli produk makanan hijau dalam kajian ini menyarankan penambahbaikan dalam penyaluran maklumat mengenai produk makanan hijau dan isu-isu alam sekitar ke tahap yang baru, bagi menggalakkan rakyat Malaysia untuk menjadi lebih mesra alam dalam membuat keputusan mengenai pengambilan makanan mereka. Keputusan yang konsisten diperolehi daripada analisis faktor dalam menentukan dimensi asas dan ujian korelasi menunjukkan kewujudan hubungan antara ukuran ilmu dengan niat adalah berguna, sekaligus boleh meningkatkan jumlah rakyat Malaysia yang membeli produk makanan hijau.

Tidak dinafikan, usaha-usaha kerajaan dalam menggalakkan sikap mesra alam di kalangan rakyat Malaysia dapat dilihat melalui pelaksanaan peraturan-peraturan dan amalan-amalan seperti *Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)*, *Integrated Pest Management (IPM)*, dan *Good Manufacturing Practices (GMP)*. Walau bagaimanapun, kajian ini telah mengenal pasti bahawa ukuran pengetahuan juga memainkan peranan utama dalam meningkatkan niat pengguna untuk membeli produk makanan hijau. Oleh itu, media seperti televisyen dan agensi-agensi kerajaan perlu lebih terkehadapan dalam menyokong visi dan objektif kerajaan untuk menggalakkan sikap mesra alam di kalangan rakyat Malaysia. Iklan yang berterusan dan maklumat tentang produk makanan hijau melalui media sudah pasti akan memberi kesan kepada tingkah laku dan corak pengambilan makanan di kalangan rakyat Malaysia. Pelaksanaan penyebaran ilmu pengetahuan dapat mengubah pilihan pengguna dari pengambilan makanan biasa, yang merupakan produk makanan konvensional kepada pengambilan makanan alternatif, yang merupakan produk makanan hijau.

Berdasarkan hasil kajian yang telah dicapai dengan objektif; untuk mengenal pasti dan menentukan hubungan antara ukuran sikap dan niat tingkah laku, terdapat beberapa cadangan teori dan praktikal. Secara teorinya, sikap yang berasaskan kepada kualiti makanan hijau dan keselamatan makanan membawa perubahan tingkah laku individu bagi niat terhadap produk makanan hijau. Kedua-dua dimensi ini, bagaimanapun, adalah lebih cenderung untuk berada dekat dengan interpretasi subjek (produk makanan hijau) dalam keadaan kesan faedah yang tidak kelihatan. Secara praktikalnya, pujukan langsung melalui iklan dan medium bermaklumat boleh digunakan oleh kerajaan sebagai usaha-usaha untuk mempromosikan produk makanan hijau yang mesra alam dan tidak berbahaya kepada alam sekitar. Iklan berterusan sedemikian dan maklumat tentang produk makanan hijau melalui media pasti boleh mempengaruhi sikap di kalangan rakyat Malaysia untuk berubah daripada menggunakan produk makanan konvensional kepada yang lebih baik; produk makanan hijau, dan akhirnya untuk memaksimumkan penggunaan produk makanan hijau untuk kegunaan harian. Dari sudut ekonomi, pelaksanaan spesifikasi hijau dalam pengeluaran makanan perlu mendalami konsep kebajikan sosial yang secara langsung memberi manfaat kepada pengguna dengan menyediakan produk makanan yang lebih sihat dan selamat. Daripada analisis faktor, dua dimensi dari

pembolehubah *Salient referents* iaitu "Family" dan "Non-Family", dan dua dimensi dari *Motivation to comply* iaitu "Family Importance" dan "Non-Family Importance" didapati sebagai dimensi motivasi penting.

Kajian ini telah mengenal pasti bahawa penglibatan dimensi yang bukan dari keluarga di kalangan pengguna adalah faktor yang paling penting untuk meningkatkan hasrat untuk membeli produk makanan hijau. Kepentingan tahap pengaruh di kalangan ukuran asas yang datang dari penentu normatif boleh mencetuskan beberapa perubahan dalam amalan dan niat pengguna. Penemuan telah menunjukkan kaitan positif yang tinggi di antara ukuran bukan keluarga dengan niat untuk membeli produk makanan hijau berbanding dengan dimensi keluarga. Dengan sumbangan daripada pelbagai peringkat masyarakat - daripada saudara-mara kepada ahli politik - kejayaan penggunaan makanan hijau di kalangan pengguna Malaysia boleh ditingkatkan bergantung kepada bagaimana pihak yang berkenaan memainkan peranan mereka untuk mendidik masyarakat menjadi lebih sihat.

RUJUKAN

- Ahmad Hanis, I. A. H., Jinap, S., Mad Nasir, S., Alias, R. and, and Muhammad Shahrin, A. K. (2012). Consumers' demand and willingness to pay for rice attributes in Malaysia. *International Food Research Journal*, 19(1), 363-369.
- Bell, S. J., Erwin, P. J., dan McLeod, C. S. (1996). Attitudes, Norms and Knowledge: Implications for Ecologically Sound Purchasing Behavior. In *Marketing Theory and Application*. (pp. 348-356). Chicago: AMA.
- Chern, W.S., Ishibashi, K., Taniguchi, K. and Yokoyama, Y., (2003). Analysis of Food Consumption Behavior by Japanese Households.FAO Economic and Social Development Paper, 152.
- Cialdini, R. B., Petty, R. E., danCacioppo, J. T. (1982).Attitude and Attitude Change. *Annual Review of Psychology*, 32, 357-404.
- Deci, E. L. dan Ryan M. R. (1990). A Motivational Approach to Self: Intergration in Personality.In Richard Diensbier (Ed.), *Perspective in Motivation*. (pp. 237-286). Nebraska Symposium of Motivation.
- Derksen, L. danGartrell, J. (1993).The Social Context of Recycling. *American Sociological Review*, 58(June), 434 – 442.
- Fishbein, M. danAjzen, I. (1975).*Belief, Attitude, Intention and Behavior*. Reading MA: Addison-Wesley.
- Gill, J. D., Crosby, L. A., dan Taylor, J. R. (1986). Ecological Concern Attitudes, and Social Norms in Voting Behavior. *Public Opinion Quarterly*, 50, 537-554.
- Goldenhar, L. M., dan Connel, C. M. (1992). Understanding and Predicting Recycling Behavior: An Application of the Theory of Reasoned Action, *Journal of Environmental Systems*, 22(1), 91-103.
- Hair, J.F, Black, W.C, Babin, B.R, Anderson, R.E, Tatham, R.L, (2006). *Multivariate Data Analysis* (6th edition). New Jersey: Prentice Hall

- Jones, A. (1996). The Psychology of Sustainability: What Planners Can Learn from Attitude Research. *Journal of Planning Education and Research*, 16 (Fall), 56-65.
- Kouris-Blazos, A., Setter, T. and Wahlqvist, M. (2001). Nutrition and Health Informatics. *Nutrition Research* 21(1-2): 269-278.
- Midmore, P., Naspetti, S., Sherwood, A., Vairo D., Wier, M., and Zanolli R. (2005). Consumer Attitudes to Quality and Safety of Organic and Low Input Foods: A Review [Online]http://www.unctad.org/trade_env/itfororganic/meetings/misc/QLIF_Review_Reanalysis200509.pdf
- Minton, A. P. dan Rose, R. L. (1997). The Effects of Environmental Concern on Environmentally Friendly Consumer Behavior: An Exploratory Study. *Journal of Business Research*, 40, 37-48.
- Montano, D. E., dan Kasprzyk, D. (2008). Theory of reasoned action, theory of planned behavior, and the integrated behavioral model. *Health Behavior and Health Education: Theory, Research, and Practice*. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 67-92.
- Norusis, M.J. (1993). SPSS for Windows: Professional Statistics, Release 6.0. p 47-82. Chicago, IL: SPSS Inc.
- Ottman, J. (1992). Sometimes, Consumer Will Pay More to go Green. *Marketing News*, 26(25), 13.
- Padel, S., dan Foster, C. (2005). Exploring the gap between attitudes and behaviour: Understanding why consumers buy or do not buy organic food. *British Food Journal*, 107(8), 606-625.
- Park, C. W. dan Lessig, V. P. (1977). Students and Housewives: Differences in Susceptibility of Reference Group Influence. *Journal of Consumer Research*, 4(September), 102-110.
- Pieters, R. G. M. (1991). Changing Garbage Disposal Patterns of Consumers: Motivation, Ability, and Performance. *Journal of Public Policy and Marketing*, 10, 59-76.
- Rezai, G., Mohamed, Z., Shamsudin, M. N., dan Teng, P. K. (2011). "Demographic and Attitudinal Variables Associated with Consumers' Intention to Purchase Green Produced Foods in Malaysia", *International Journal of Innovation Management and Technology*, 2 (5), 401-406.
- Roitner- Schobesberger, B., Darnhofer, I., Somsook, S., and Vogl, C.R. (2008). Consumer Perceptions of Organic Foods in Bangkok, Thailand. *Food Policy*, 33(2), 112-121.
- Silverstone, R. (1993), "Organic Farming: Food for the Future?", *Nutrition dan Food Science*, Vol. 5 No.September/October, pp.10-14.
- Soonthonsmai, V. (2001). Predicting Intention and Behavior to Purchase Environmentally Sound or Green Products among Thai Consumers: An Application of the Theory of Reasoned Action. *Pro Quest Information and Learning*, 70 – 117.
- Sudman, S. (1976). *Applied Sampling*. New York: Academic Press, 87.
- Thøgersen, J. (1996). Recycling and Morality. *Environment and Behavior*, 28(4).536-558.
- Wardle, J., Parmenter, K. and Waller, J. (2000). Nutrition Knowledge and Food Intake. *Appetite* 34(3): 269-275.
- Warren, R. B. dan Warren, D. I. (1977). *The Neighborhood Organizer's Handbook*, Notre Dame. University of Notre Dame Press.

Remote Sensing dan Aplikasi GIS dalam Islam

Mohamad Abd Manap ¹

¹ *Bahagian Perkhidmatan Teknikal, Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia (JMG), 30820 Ipoh*

Perak, Malaysia

PENGENALAN

Remote sensing juga dikenali sebagai penderiaan jauh pertama kali diperkenalkan oleh Evelyn Pruitt, dimana beliau merasakan bawa istilah foto udara yang digunakan secara meluas didapati kurang tepat dalam menggambarkan berbagai bentuk imej yang menggunakan radiasi diluar kawasan boleh nampak spektrum elektromagnetik. Secara amnya, *remote sensing* boleh didefinisikan sebagai pemerhatian ke atas sasaran ataupun proses pemerhatian daripada jauh tanpa sentuhan fizikal yang mana berbeza dengan pengukuran pencerapan secara *in situ*.

Remote sensing dikategorikan sebagai satu bidang sains yang berurusan dengan perolehan, pemprosesan dan interpretasi imej serta data berkaitan yang diperolehi daripada kapal terbang dan satelit dimana ianya merekodkan interaksi diantara bahan dengan radiasi elektromagnetik. Menurut Lilles and dan Kiefer, teknik remote sensing terbahagi kepada dua jenis iaitu aktif dan pasif remote sensing dimana ianya bergantung kepada sumber tenaga elektromagnetik.

Terdapat banyak definasi umum tentang Sistem Maklumat Geografi (GIS) oleh beberapa orang penyelidik dimana GIS secara amnya didefinisikan sebagai komputer berbantu bagi pemetaan dan aplikasi kartografi, alat analisa spatial, system pangkalan data dan bidang pembelajaran akedemik. GIS merupakan sistem perkakasan, perisian dan prosedur yang direka bagi tujuan mengumpul, mengurus, mengubah suai, menganalisa, permodelan dan pemaparan data spatial berujukan bagi tujuan menyelesaikan permasalahan kompleks berkaitan perancangan dan pentadbiran.

Sementara itu penyelidik seperti Burrough; Aronoff; Bonham-Carter; DeMers dan Clarke telah mendefinisikan GIS sebagai satu sistem komputer yang mengurus data geografi khususnya data spatial bagi menyelesaikan berbagai permasalahan spatial. Manakala Das dalam kajiannya menyimpulkan bahawa GIS sebagai alat untuk menyimpan, memanipulasi, memperolehi dan mempersembahkan kedua data spatial dan non-spatial dengan lebih cepat, efisien dan lebih teratur.

REMOTE SENSING DAN APLIKASI GIS

Remote sensing dan GIS adalah antara peralatan serta teknik dalam teknologi geomatik. Antara disiplin lain dalam geomatik adalah sistem penentuan kedudukan sejagat (GPS), geodesi, kartografi, pemetaan *mobile* dan pengurusan data spatial. Terkini ramai penyelidik yang lebih cenderung menggunakan terma geospasial disebabkan oleh data spatial berujukan. Bagaimanapun terdapat perbezaan diantara GIS dan geospasial. GIS lebih kepada definisi tradisional berkaitan lapisan data geografik dalam penghasilan analisa spatial dan peta terbitan. Manakala geospasial lebih luas penggunaannya dimana merujuk kepada semua teknologi dan aplikasi berkaitan data geografik.

Remote sensing dan GIS telah digunakan secara meluas dalam banyak bidang antaranya pertanian, perhutanan, geologi, sumber air, kajicuaca, pemetaan, perancang bandar dan oceanografi. Manafaat di bidang pertanian contohnya inventori kawasan pertanian dan anggaran hasil pengeluaran, bidang perhutanan (pencerobohan kawasan hutan simpan), geologi (pemetaan struktur geologi dan sempadan jenis batuan), sumber air (pemetaan kawasan potensi air bawah tanah dan lembangan sungai), kajicuaca (kawasan jerebu dan taburan hujan), pemetaan (pemetaan cerun dan rangkaian jalanraya), perancang bandar (pemuliharaan bandar bersejarah) dan oceanografi (perubahan garisan pantai dan pemetaan kawasan batu karang).

Penggunaan teknik *remote sensing* telah terbukti sebagai satu pendekatan yang menjimatkan kos khususnya dari segi kajian awal dan potensi. Manakala Hoffman dan Sander mendapati *remote sensing* tidak dapat menggantikan pengumpulan maklumat di lapangan tetapi sangat sesuai bagi kawasan kajian yang tidak boleh dimasuki. Kepentingan GIS pula dapat mengintergrasikan lapisan data spatial, menganalisa jumlah data yang banyak dan membenarkan hubungan antara entiti berasaskan jarak geografi. GIS juga merupakan alat yang berkesan untuk mengendalikan data spatial, membuat keputusan dan penyelesaian masalah alam sekitar yang ideal.

REMOTE SENSING DAN APLIKASI GIS DALAM ISLAM

Bidang *remote sensing* dan GIS merupakan bidang yang semakin berkembang bukan sahaja dari segi teknologi tetapi penggunaannya yang semakin meluas termasuklah juga dalam bidang keislaman. Antara penggunaan *remote sensing*, GIS dan GPS dalam bidang keislaman yang paling dikenali adalah dalam aplikasi ilmu falak dan astronomi. Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) adalah antara yang bertanggungjawab dalam melaksanakan kerja-kerja hitungan serta cerapan bulan, matahari dan bintang untuk penentuan arah kiblat, waktu solat, cerapan hilal bagi awal bulan hijrah, penetapan awal Ramadan, Syawal serta Zulhijah mengikut hukum fiqah, penentuan waktu solat dan zon waktu serta pembentukan takwin islam.

Menurut, Nor Azam "*GPS Remote Sensing*" mengandungi maklumat latitud, longitud dan ketinggian dari purata paras laut. Maklumat dari GPS ini bertujuan untuk memberikan kedudukan yang sangat accurate apabila kita ingin menjejak sesuatu peristiwa kelangitan. Dalam kajian tersebut iaitu konstellasi ketika Israk Mi'raj, beliau berjaya mengenal pasti objek angkasa yang paling dekat dengan titik zenith sewaktu transit Nabi Muhammad SAW di-'isra'-kan dari Mekah ke Baitul Maqdis seterusnya di-Mi'raj-kan dari Baitul Maqdis ke Baitul Ma'mur di Sidratul Muntaha adalah Galaksi atau dalam New General Catalog sebagai NGC 4382 (katalog Messier: M85). Objek ini agak sukar kelihatan pada mata kasar kerana berada pada magnitud 10.5. Ia tidak dianggap sebagai yang terjauh tetapi kemungkinan sebagai objek yang berada dalam laluan terhampir mi'raj Nabi SAW. Beliau meyakini bahawa ilmu seperti remote sensing (satelit) pula membolehkan gabungan kedua-dua bidang ilmu astronomi lapangan (*field astronomy*) atau astronomi pemposisian (*positional astronomy*) membantu kita untuk merumuskan sesuatu persoalan dengan lebih baik sebab semuanya menuju kepada satu matlamat yang sama iaitu mencari kebenaran.

Dalam memilih kawasan yang sesuai dalam menjadikan sebidang tanah sebagai kawasan tapak perkuburan, terdapat kriteria-kriteria yang perlu dipatuhi mengikut garis panduan islam. Antaranya ialah jenazah diwajibkan mengadap ke kiblat atau kaabah. Bagi tujuan ini, tanah yang rata adalah paling sesuai, perletakan berhampiran dengan masjid dan kawasan perumahan untuk memudahkan pengurusan jenazah untuk disembahyangkan dahulu sebelum dikebumikan serta memudahkan mereka menziarahi simati, hendaklah jauh dari kawasan sungai, saluran atau lain-lain punca air. Ia sesuai ditempatkan di pinggir kawasan pembangunan dan berhampiran dengan rumah ibadat.

Dalam hasil kajian Norazman Ismail dan rakan-rakan (2008) yang bertajuk kajian penentuan lokasi memorial park menggunakan aplikasi GIS (perkuburan islam) menggunakan imej satelit, peta tanah, data digital topografi, lot tanah di kawasan kajian yang merangkumi mukim Cheras, Selangor dengan keluasan 5,973 hektar dan mempunyai kepadatan penduduk seramai 99,700 orang (tahun 2000). Mereka telah mengenal pasti klasifikasi kesesuaian guna tanah, keluasan dan peratusan guna tanah, garis panduan pemajuan tanah, di kawasan berbukit, serta melalui beberapa proses GIS. Tujuan analisis ini dijalankan adalah untuk mendapatkan maklumat lot tanah bagi kawasan tersebut. Mereka kemudiannya menghasilkan peta cadangan tapak perkuburan islam di kawasan yg dikaji sebagai hasil akhir kajian mereka. Kawasan yang dipilih disebabkan berdekatan dengan jalan raya, kawasan perumahan serta masjid yang mudah urusan penghantaran jenazah, kawasan topografi rata, tidak bercuram serta jenis tanah yang porous. Ianya menepati kriteria yang ditetapkan oleh Jabatan Perancang Bandar dan Desa (JPBD) melalui Garis Panduan Perancangan Perkuburan Islam dan Bukan Islam Bil.17/1997. Justeru itu dengan adanya aplikasi GIS ianya dapat membantu Pihak Berkuasa Tempatan (PBT) mengenalpasti kesesuaian kawasan dan meminimakan masalah kekurangan tanah untuk kawasan perkuburan di negara kita.

Makalah Jamassi dan rakan-rakan menghuraikan penggunaan GIS pattern analisis bagi lokasi sesuai bagi mendirikan masjid baru di Gaza city dengan mengambil kira beberapa kriteria antaranya lokasi masjid mestilah jauh daripada kebisingan, pencemaran dan bahaya alam sekitar, sebagai pusat khidmat masyarakat, tidak terletak di kawasan perkuburan, tanah awan dan kawasan kotor, tidak berdekatan dengan masjid sediaada, boleh dihubungkan melalui jalan dan merupakan titik tarikan umum serta menara yang boleh dilihat daripada jauh.

Remote sensing dan GIS juga digunakan dalam penyelidikan arkeologi kota-kota Islam yang terdapat di kawasan timur tengah Asia. Dalam kertas kerja penyelidik arkeologi dari University of Nottigham iaitu Keith Challis dan rakan-rakan telah menggunakan imej satelit untuk penyelidikan bagi tujuan meneroka potensi imej Corona dalam penyiasatan arkeologi menggunakan sebagai contoh, topografi dan budaya landskap kota Islam awal al-Raqqa di utara Syria. Bukti arkeologi dan dokumentari menunjukkan bahawa aktiviti komersial dan industri di kawasan itu bermula pada tahun 780 , berkembang semasa pemerintahan Harun al-Rashid dalam tahun 790 dan terus berkembang ke dalam abad kesembilan. Terdapat bukti arkeologi untuk meneruskan industri aktiviti di kawasan ini selewat abad ke-11. Sumber dokumentari merujuk kepada bahagian-bahagian dinding al-Rafiq. Kawasan ini menyaksikan kebangkitan perdagangan dan perindustrian dalam ke-12 dan awal abad ke-13 walaupun aktiviti tertumpu dalam dinding al-Rafiq. Kemudiannya bandar itu ditinggalkan pada tahun 1250. Pelbagai sumber data penderiaan jauh telah digunakan dalam kajian al-Raqqa. Landsat TM dan SPOT XS telah digunakan untuk menyediakan satu rangka kerja serantau untuk kerja-kerja arkeologi dan khususnya untuk alam sekitar dan pemetaan topografi. Digital remote sensing iaitu gambar satelit Corona amat berguna bagi mereka dalam menunjukkan al-Raqqa sebelum pembangunan moden yang memberi kesan kepada kawasan arkeologi, dan Euphrates dan lembah Bahkh sebelum kesan empangan Tabqa dan pertanian pengairan. Dalam Raqqa Industri Ancient Projek, imej satelit imej telah menyediakan penyelesaian bagi imej kos rendah untuk pemetaan Islam iaitu landskap budaya al-Raqqa, turut memberikan gambaran yang terperinci daripada kawasan bandar dan perindustrian yang telah menjadi tumpuan kerja tanah lapang. Kajian ini telah menunjukkan bahawa imej satelit Corona menyediakan imej resolusi tinggi yang sesuai untuk kajian arkeologi di peringkat tapak individu dan landskap yang lebih luas. Imej yang telah terbukti berkesan dalam persekitaran darat, di mana pelbagai aplikasi arkeologi selanjutnya boleh dijangkakan.

Massasati membincangkan dapatan kajian beliau mengenai penggunaan GIS bagi tujuan menghapuskan kekeliruan mengenai arah yang betul ke kaabah Mekah. Beliau menghasilkan peta yang menunjukkan bulatan arah solat dan lingkaran solat (PDC/PC). Sistem yang baru diperkenalkan ini menggunakan penyelesaian triangulation sfera dimana kota suci Mekah sebagai pusat lingkaran sembahyang.

Gambar yang diambil daripada satelit angkasa menunjukkan kota Madinah dan kota Mekah paling bersinar berbanding dengan bahagian dunia lain yang kelihatan gelap dan kabur. Ini merupakan sebahagian daripada mukjizat kebesaran Allah. Susulan daripada perkara ini beberapa angkasawan telah memilih untuk memeluk agama Islam.

KESIMPULAN

Penggunaan *remote sensing* dan aplikasi GIS semakin meluas dalam bidang keislaman. Teknologi *remote sensing* semakin berkembang dengan pesatnya melalui kewujudan berbagai sistem satelit dan pemprosesan data GIS semakin pantas pada masa kini. Oleh itu kepekaan pada pembangunan semasa teknologi *remote sensing* dan GIS, dan penyalurannya kepada operasi melalui penyelidikan adalah menjadi tanggungjawab para penyelidik untuk memanfaatkannya dalam bidang keislaman. Ini kerana Islam mewajibkan kita menuntut ilmu-ilmu dunia yang memberi manfaat dan berguna untuk kita dalam hal-hal yang berhubungan dengan kehidupan kita di dunia dalam batas-batas yang direndhai Allah swt.

PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada En Mohd Hussein Jamaludin dari Bahagian Perkhidmatan Teknikal, JMG Ipoh yang membantu dalam membuat semakan penulisan. Begitu juga kepada Cik Siti Suhaida Sepawi dan Cik Ishazmine Ishak pelajar UiTM Perlis yang mengumpulkan segala bahan rujukan.

***Iminium salt* sebagai Pemangkin Organik untuk Tindakbalas
Assymmetric Epoxidation di bawah Keadaan Akueus dan Tidak
Akueus**

Noor Armylisan Abu H.^{1,2}, Philip C. Bulman Page¹, Hazimah A. Hassan², Shoot K. Yeong², Yuen M. Choo², Ahmad K. Din², Kamaruzaman Jusoff²

¹*School of Chemistry, University of East Anglia, Norwich Research Park, Norwich, Norfolk NR4 7TJ, U.K.*

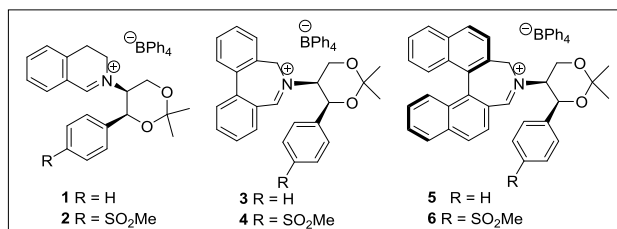
²*Specialty Chemicals (SC) Group, Synthetic and Product Development (SPD) Unit, Advanced Oleochemical Technology Division (AOTD), Malaysian Palm Oil Board (MPOB), 6, Persiaran Institusi, Bandar Baru Bangi, 43000 Kajang, Selangor, Malaysia.*

PENGENALAN

Penggunaan *organocatalyst* atau pemangkin organik dalam penghasilan bahan aktif optik (*optically active compound*) telah menarik perhatian kumpulan penyelidik dalam dunia kimia sintesis kerana kelebihannya. Penggunaan katalis biasanya dikaitkan dengan penggunaan logam berat ataupun enzim namun kehadiran pemangkin organik menjadi pelengkap kepada dunia sintesis kimia. Jika dibandingkan antara pemangkin logam berat dan pemangkin organik, pemangkin organik lebih bersifat mesra alam dan tidak melibatkan keadaan tindakbalas yang melampau seperti suhu dan tekanan tinggi, atau sensitif kepada air dan udara. Sifat ini menjadikan penggunaan pemangkin organik lebih selamat dan mudah untuk digunakan. Antara transformasi *asymmetric* menggunakan pemangkin organik terawal telah dilaporkan pada 1871, oleh J. von Liebig. Tindakbalas ini kemudiannya telah digunakan dalam sintesis *Degussa oxamide* berskala industri (Dalko et al., 2007).

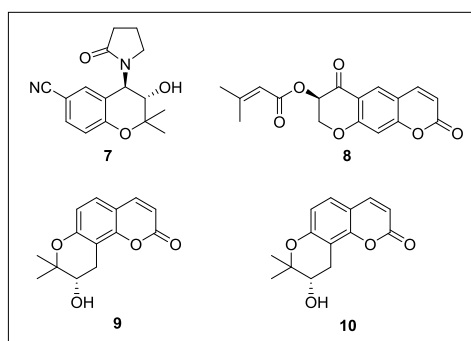
Dioxirane dan *oxaziridinium salts* merupakan antara pemangkin organik yang paling berjaya dalam tindakbalas *asymmetric epoxidation*. *Dioxiranes*, dihasilkan dari *chiral ketone*, sebagaimana yang dilaporkan oleh Yang, Denmark, Armstrong, dan Shi, dengan *enantiomeric excesses (ee)* sehingga 97%. *Oxaziridinium salt* telah dilaporkan buat pertama kali oleh Lusinchi pada 1976, sebagai reagen pemindah oksigen elektrofilik yang reaktif (Picot et al., 1976; Milliet et al., 1976).

Selama lebih sedekad, kajian yang meluas dalam penyelidikan dan penghasilan pemangkin *iminium salt* berasaskan dihydroisoquinolinium telah dijalankan (Rajah 1) (cth., **1**, **2**) (Page et al., 2000; Page et al., 2001), *biphenylazepinium* (cth., **3**, **4**) (Page et al., 2002), dan *binaphthylazepinium* (cth., **5**, **6**) (Rajah 1) (Page et al., 2007; Page et al., 2009; Page et al., 2004) dan sebahagian pemangkin ini memberikan *ee* setinggi 99% (Bertlett et al., 2012).



Rajah 1: Contoh sebahagian pemangkin *oxaziridinium salt* paling reaktif yang dihasilkan oleh kumpulan Page.

Chiral epoxychromanes merupakan sebatian yang boleh menjadi perantara atau sebagai produk akhir dalam sintesis sebatian semulajadi atau sintetik yang mempunyai aktiviti biologi yang aktif. Beberapa sebatian telah berjaya disintesis oleh kumpulan Page, antaranya sebatian seperti *levcromakalim 7*, *scuteflorin A 8*, *lomatina 9* and *trans-khellactone 10* (Rajah 2) melalui tindakbalas *asymmetric epoxidation* ke atas sebatian *chromene* sebagai perantara (Bertlett et al., 2012; Page et al., 2009; Page et al., 2005).



Rajah 2: Sebatian yang mempunyai aktiviti biologi dihasilkan daripada substrat *chromene*

Dalam kumpulan Page, terdapat dua keadaan piawai yang digunakan untuk tindakbalas *asymmetric epoxidation*: akueus dan tidak akueus. Keadaan akueus menggunakan Oxone® sebagai agen

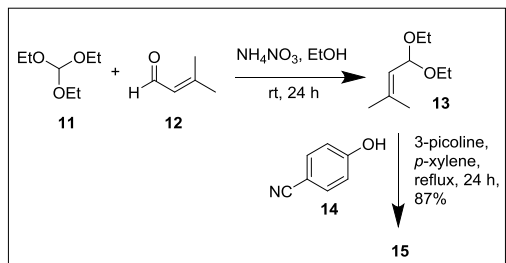
pengoksida dengan kehadiran Na_2CO_3 or NaHCO_3 sebagai bes, dan air: *acetonitrile* sebagai campuran pelarut (Page et al., 2005). Page kemudiannya membangunkan system tidak akueus bagi tindakbalas *asymmetric epoxidation* menggunakan *tetraphenylphosphonium monoperoxyulfate (TPPP)* sebagai agen pengoksida (Page et al., 2007; Page et al., 2006). Penggunaan *TPPP* sebagai agen pengoksida telah menghapuskan penggunaan air sebagai pelarut dan juga bes. Kehadiran bes dalam tindakbalas *asymmetric epoxidation* di bawah keadaan akueus adalah penting untuk meneutralkan keasidan Oxone® dan ketidakhadiran bes dalam tindakbalas ini boleh meningkatkan kadar tindakbalas kerana kehadiran bes sebenarnya boleh merencatkan proses *epoxidation*. Di dalam pelarut organik, biasanya klorofom, tindakbalas ini boleh dilakukan pada suhu yang lebih rendah, sehingga $-40\text{ }^\circ\text{C}$. Sebaliknya, medium akueus menghadkan julat suhu di mana tindakbalas *epoxidation* boleh dilakukan ($0\text{ }^\circ\text{C}$ to suhu bilik). Had atas bagi julat suhu ini dipengaruhi oleh kestabilan Oxone®, yang terurai dengan lebih cepat dalam keadaan beralkali pada suhu bilik (Page et al., 2006).

HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

6-Cyano-3,4-epoxy-2,2-dimethylchromane **19** merupakan pengantara untuk mengakses agen antihipertensi, *levcromakalim* **7**. *6-cyano-2,2-dimethylchromene* **15** yang merupakan bahan awal boleh disintesis menggunakan dua pendekatan iaitu melalui tindakbalas kondensasi *4-cyanophenol* **14** dan *dialkyl acetal* **13** yang dimungkinkan oleh bes (Rajah 3) (Nordin dan Thomas, 1984), dan *Claisen thermal rearrangement* oleh *propargyl ether* **18** (Rajah 4) (Bell et al., 1995).

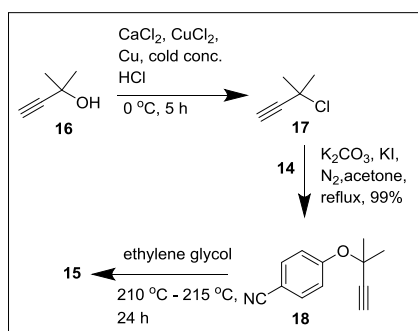
Penghasilan *chromene* **15** melalui kaedah pertama dimulakan dengan penyediaan *diethyl acetal* **13**. North *et al* melaporkan bahawa penghasilan *diethyl acetal* **13** daripada *ethanol*, *triethyl orthoformate* **11**, and *3-methyl-2-butenal* **12** dengan kehadiran *p-toluenesulfonic acid* sebagai pemangkin berasid gagal disebabkan pempolimeran berlaku sebagai tindakbalas sampingan. Kumpulan ini kemudiannya mendapati bahawa penggunaan KHSO_4 sebagai pemangkin berasid berjaya menghasilkan produk yang dikehendaki sehingga 86% hasil (North et al., 1995). Pada 1986, Mori *et al.* melaporkan penggunaan NH_4NO_3 sebagai pemangkin pepejal untuk mensintesis *α,β -unsaturated acetal* dan seterusnya telah digunakan untuk tindakbalas *asymmetric Simmons-Smith* tanpa melalui proses penulenan (Mori et al., 1986). Tindakbalas ini lengkap dalam tempoh 24 jam. Penyejatan cecair pelarut, bagaimanapun harus dilakukan dengan berhati-hati pada suhu yang rendah (lebih kurang suhu bilik) berikutan takat didih *acetal* yang agak rendah. *Acetal* **13** selalunya akan disediakan apabila diperlukan disebabkan oleh ketidakstabilan sebatian ini pada suhu bilik. Sebatian ini juga cenderung

untuk mengurai apabila disimpan di dalam peti sejuk untuk satu jangkamasa. *Acetal 13* seterusnya direfluks dengan *4-cyanophenol 14* di dalam *p-xylene* dengan kehadiran *3-picoline* sebagai bes.



Rajah 3: Kondensasi yang dimungkinkan oleh bes Base-catalysed condensation of 4-cyanophenol and diethyl acetal route to synthesise chromene 15.

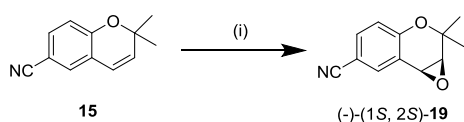
Claisen thermal rearrangement merupakan kaedah kedua yang boleh digunakan dalam penyediaan *chromene* yang telah dimajukan oleh Harfenist dan Thom untuk menghasilkan *chromenes* seperti **15**, (Harfenist dan Thom, 1987) dan telah diiktiraf sebagai salah satu cara umum untuk menghasilkan *chromene* (Ellis et al., 2009). Menggunakan kaedah ini, *dimethylated propargyl alcohol 16* akan dihalogenasikan terlebih dahulu kepada *dimethylated propargyl chloride 17* menggunakan kalsium klorida, kuprum klorida, dan serbuk kuprum dalam kuantiti yang sangat kecil serta asid hidroklorik pekat yang sejuk, mengikut kaedah yang dilaporkan oleh Boisselle dan hennion, (1961) *O-alkylation* oleh *4-cyanophenol 14* boleh dicapai dengan pemanasan *phenol* dan *3-chloro-3-methylbutyne 17* dengan kalium karbonat dan kalium iodida dalam aseton: menghasilkan *propargyl ether 18* dengan kuantiti yang tinggi, mencecah 99% jumlah hasil. *Thermal rearrangement* oleh *ether 18* dalam cecair pelarut bertakat didih tinggi (>150 °C) (Wypych, 2001) menyebabkan pensiklikan (*cyclization*) oleh *ether* berlaku (Rajah 4).



Rajah 4: Kaedah *Claisen thermal rearrangement* untuk menghasilkan *chromene* 15.

Tindakbalas *asymmetric epoxidation* di bawah kedua-dua keadaan akueus dan tidak akueus kemudiannya diaplikasikan ke atas *6-cyano-2,2-dimethylchromene* 15 sebagai substrat untuk mengkaji kesan pelarut ke atas *enantioselectivity* dengan menggunakan beberapa *iminium salt* yang telah dipilih.

Di bawah keadaan tidak akueus, *enantioselectivity* yang tinggi diperhatikan untuk tindakbalas *asymmetric epoxidation* ke atas *chromene* 15 menggunakan pemangkin 2, 3 and 4, menghasilkan *epoxy-chromane* 19 sebagai produk (Rajah 5). Walau bagaimanapun, apabila pemangkin 1, dari *dihydroisoquinoline* digunakan, penguraian *chromene* 15 diperhatikan. Apabila pemangkin 5 dan 6, digunakan di bawah keadaan tidak akueus, tiada tindakbalas transformasi kepada pembentukan *epoxide* berlaku berdasarkan analisis menggunakan spektrokopi ^1H NMR. Pemangkin 5 dan 6, diperoleh dari kumpulan *binaphthyl*, adalah kurang reaktif jika dibandingkan dengan pemangkin yang diperolehi dari *dihydroisoquinoline* dan juga *biphenyl*. Sebagaimana yang boleh dilihat dalam Jadual 1, di bawah keadaan tidak akueus, tindakbalas ke atas *chromene* 15 dimungkinkan oleh pemangkin berasaskan kumpulan *binaphthyl*, tidak menunjukkan sebarang tindakbalas selepas 48 jam. Sifat kurang reaktif kedua-dua pemangkin ini pernah dilaporkan sebelum ini oleh kumpulan kami bagi *asymmetric epoxidation* ke atas alkene yang mudah didapati secara komersial.²³ Peratusan *ee* tertinggi yang berjaya diperolehi adalah menggunakan pemangkin 3, yang diperolehi dari kumpulan *biphenyl*, menghasilkan *epoxide* 19 sebanyak >99% *ee*, di bawah keadaan tidak akueus. Jadual 1 menunjukkan tindakbalas *asymmetric epoxidation* ke atas *6-cyano-2,2-dimethylchromene* 15 di bawah keadaan tidak akueus.



Rajah 5: Reagen dan keadaan (i) TPPP (6 equiv), CHCl_3 , 0 °C, 2 hari.

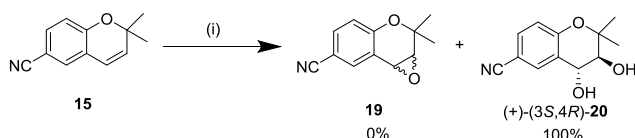
Jadual 1: Tindakbalas *asymmetric epoxidation* ke atas *6-cyano-2,2-dimethylchromene* 15 di bawah keadaan tidak akueus.^a

Pemangkin	Hasil	<i>ee</i>	Konfigurasi ^c
<i>Iminium salt</i>	(%)	(%) ^b	
1	–	–	–

2	59	97.0	(-)-1 <i>S</i> , 2 <i>S</i>
3	20	99.3	(-)-1 <i>S</i> , 2 <i>S</i>
4	20	96.6	(-)-1 <i>S</i> , 2 <i>S</i>
5	–	–	–
6	–	–	–

^aReagen dan keadaan: *Iminium salt* (10 mol%), TPPP (6 equiv), CHCl₃, 0 °C, 1 day; ^b*Enantiomeric excesses* (*ee*) ditentukan melalui chiral HPLC menggunakan Chiracel OD column; ^ckonfigurasi mutlak bagi enantiomer utama ditentukan melalui perbandingan putaran optik dengan yang dilaporkan sebelum ini.

Kami menjangkakan tindakbalas menggunakan pemangkin *binaphthyl-derived* **5** dan **6** di bawah keadaan akueus akan lebih berhasil, kerana kumpulan pemangkin ini telah dilaporkan lebih reaktif di bawah keadaan akueus. *Epoxide* berkenaan berjaya dihasilkan daripada tindakbalas *asymmetric epoxidation* menggunakan pemangkin **5** and **6**, tetapi malangnya *epoxy-chromane* **19** tidak stabil di bawah keadaan akueus, dan seterusnya menghasilkan *diol* **20** (Rajah 6). Mujur *enantiomeric excess* berjaya ditentukan menggunakan analisis *chiral HPLC*. Berikutan keputusan ini, kami menggunakan pemangkin yang lain di bawah keadaan yang sama, dan menilai peratusan *ee* bagi produk *diol* yang diperolehi menggunakan analisis *chiral HPLC* (Jadual 2). Tindakbalas *chromene* **15** di bawah keadaan akueus memberikan (+)-(3*S*,4*R*)-**20** sebagai enantiomer utama. Data yang dikumpulkan dalam Jadual 2 menunjukkan kedua-dua pemangkin **3** dan **4** dari kumpulan *biphenyl* merupakan pemangkin yang paling reaktif dan selektif, dengan masing-masing memberikan peratusan *ee* sebanyak 68% dan 71%. Konfigurasi mutlak produk *diol* ini ditentukan melalui perbandingan putaran optik (*optical rotation*) yang diperolehi dengan yang telah dilaporkan oleh Patel et al., (1995). Berbeza dengan pemangkin **1** – **4** yang menunjukkan keselektifan yang baik, kedua pemangkin dari kumpulan *binaphthyl* menunjukkan sebaliknya, di mana pemangkin **5** tidak memberi sebarang keselektifan manakala pemangkin **6** memberikan peratus keselektifan yang rendah iaitu hanya sebanyak 20%. Penemuan ini agak mengejutkan kerana pemangkin **5** sebelum ini dilaporkan sebagai pemangkin *iminium* yang bersifat paling *enantioselective* bagi tindakbalas *asymmetric epoxidation*, dengan memberikan peratusan *ee* sehingga 95% bagi *1-phenyl-3,4-dihydronaphthalene* sebagai substrat (Page et al., 2009).



Rajah 6: Reagen dan keadaan:(i) Na₂CO₃ (4 equiv), Oxone® (6 equiv), iminium salt catalyst (10 mol%), MeCN/H₂O (1:1), 0 °C, 24 h

Pembentukan *diol 20* dalam tindakbalas *asymmetric epoxidation* menggunakan Page's *iminium salt* sebagai pemangkin di bawah keadaan akueus ini merupakan sesuatu yang berada di luar jangkaan dan ini merupakan laporan pertama seumpamanya. Penemuan ini boleh menjadi batu loncatan untuk kajian seterusnya berkaitan pembentukan *diols* daripada substrat *chromene* menggunakan *iminium salts* tanpa melalui tindakbalas *epoxidation*.

Jadual 2: Pembentukan *diol 20* di bawah keadaan akueus.^a

Pemangkin <i>Iminium salt</i>	Penukaran (%)	<i>ee</i> (%) ^b	Konfigurasi ^c
1	65	60	(+)-(3 <i>S</i> ,4 <i>R</i>)
2	44	57	(+)-(3 <i>S</i> ,4 <i>R</i>)
3	100	68	(+)-(3 <i>S</i> ,4 <i>R</i>)
4	100	71	(+)-(3 <i>S</i> ,4 <i>R</i>)
5	25	–	–
6	52	20	(+)-(3 <i>S</i> ,4 <i>R</i>)

^aReagen dan keadaan: *Iminium salt* (10 mol%), TPPP (6 equiv), CHCl₃, 0 °C, 1 day; ^b*Enantiomeric excesses (ee)* ditentukan melalui chiral HPLC menggunakan Chiracel OD column; ^ckonfigurasi mutlak bagi enantiomer utama ditentukan melalui perbandingan putaran optik dengan yang dilaporkan sebelum ini

KESIMPULAN

Dalam tindakbalas *asymmetric epoxidation* ke atas substrat *chromene* yang dimangkinkan oleh *iminium salts*, kami akhirnya mendapati 6-cyano-3,4-epoxy-2,2-dimethylchromane **12** adalah tidak stabil di bawah keadaan akueus, dengan membentuk diol yang sepadan, 6-cyano-3,4-diol-2,2-dimethylchromanes **13**, dengan peratusan *ee* 71% dan (+)-(3*S*, 4*R*)-**13** sebagai enantiomer utama. Di bawah keadaan tidak akueus, kami Berjaya mendapatkan peratusan *ee* sehingga 99.3% dengan (S,S)-epoxide **12** sebagai enantiomer utama menggunakan pemangkin biphenyl **3**. Berdasarkan hasil kajian ini, kami menyimpulkan bahawa pemangkin biphenyl **3** dan **4** adalah pemangkin *iminium salt* yang paling reaktif dan selektif.

EKSPERIMEN

1,1-Diethoxy-3-methyl-2-butene 13

Triethyl orthoformate **11** (1 equiv) dan *3-methyl-2-butenal* **12** (1 equiv) (North et al., 1995) dimasukkan ke dalam kelalang bulat yang mengandungi EtOH pada suhu bilik dan dikacau 5 min. NH_4NO_3 (25 mol%) dicampurkan. Tindakbalas ini dibiarkan selama 24 jam. Larutan tepu NaHCO_3 kemudiannya dimasukkan ke dalam campuran tersebut diikuti *brine*. Campuran ini diekstrak dengan Et_2O beberapa kali untuk memberikan sebatian **13** dalam bentuk cecair keperangan. Tiada proses penulenan diperlukan. ν_{max} (film)/ cm^{-1} 2975, 2930, 2914, 2879, 1682, 1447, 1377, 1358, 1348, 1206, 1142, 1115, 1083, 1053, 1017, 991. $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3): δ 1.23 (m, 6H, C7 dan C9), 1.72 (d, $J = 1$ Hz, 3H, C1 or C3), 1.75 (d, $J = 1$ Hz, 3H, C1 or C3), 3.42 – 3.58 (m, 2H C6 or C8), 3.60 – 3.63 (m, 2H C6 or C8), 5.14 (d, $J = 7$ Hz, 1H, C5), 5.30 (d, $J = 7$ Hz, 1H, C4) (Page et al., 2005); C-NMR (125 MHz, CDCl_3): δ 15.5 (2C, C7 dan C9), 18.4 (C6 or C8), 25.6 (C6 or C8), 60.4 (2C, C1 dan C3), 98.6 (C5), 125.1 (C4), 137.6 (C2).

3-Chloro-3-methyl-1-butyne 17

(Stulgies et al., 2005) Kelalang berleher tiga 1-L (three-necked flask) disertakan dengan pengacau magnetik, termometer, and corong penitis dimasukkan dengan 56 g (0.5 mol) CaCl_2 , 40 g CuCl_2 , 400 mg serbuk kuprum, and 430 mL (5 mol) HCL pekat yang sejuk. Campuran ini dialirkan dengan gas argon beberapa kali dan disejukkan dengan ais dan dikacau. *2-Methyl-3-butyne-2-ol* **16** (1 mol) dimasukkan dalam tempoh 30 min. Pengacauan diteruskan selama 1 jam pada suhu 0 – 5 °C. Lapisan organik di bahagian atas dipisahkan dan dibasuh serta merta dengan tiga bahagian 100 mL HCl pekat yang sejuk, dua bahagian 100 mL air dan dikeringkan dengan K_2CO_3 . *Propargyl chloride* **17** boleh digunakan untuk tindakbalas seterusnya tanpa sebarang proses penulenan. ν_{max} (film)/ cm^{-1} 2983, 2927, 1739, 1666, 1616, 1447, 1370, 1111, 938, 836, 604; $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3): δ 1.87 (s, 6H, $\text{HC}\equiv\text{CC}(\text{CH}_3)_2\text{-Cl}$), 2.62 (s, 1H, $\text{HC}\equiv\text{CC}(\text{CH}_3)_2\text{-Cl}$); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3): δ 34.6 (2C, 2 X $\text{HC}\equiv\text{CC}(\text{CH}_3)_2\text{-Cl}$), 56.9 (C quat., $\text{HC}\equiv\text{CC}(\text{CH}_3)_2\text{-Cl}$), 71.9 (acetylenic C, $\text{HC}\equiv\text{CC}(\text{CH}_3)_2\text{-Cl}$), 86.5 (quat. C, $\text{HC}\equiv\text{CC}(\text{CH}_3)_2\text{-Cl}$).

3-(3-Cyanophenoxy)-3-methylbut-1-yne 18

(Bell et al., 1995) 4-Cyanophenol **14** (0.5 g, 4.2 mmol), anhydrous K_2CO_3 (0.58 g, 4.2 mmol, 1.0 equiv), KI (0.07 g, 0.42 mmol, 0.1 equiv), were stirred in acetone (25mL per gram of phenol) under N_2 . Addition of 3-chloro-3-methyl-1-butyne **92** (1.3 g, 8.8 mmol, 2.1 equiv) was followed by refluxing for 18 h to obtain the title compound **18** as light yellow oil (0.77 g, 99%) without further purification. ν_{max} (film)/ cm^{-1} 3292, 3103, 3078, 3048, 2991, 2939, 2226, 2112, 1602, 1572, 1504, 1464, 1452, 1420, 1384, 1366, 1254, 1227, 1172, 1137, 956, 911, 839, 736, 696, 671, 651. $^1\text{H-NMR}$

(500 MHz, CDCl₃): δ 1.70 (s, 6H, OC(CH₃)₂), 2.65 (s, 1H, alkyne), 7.28 (d, J = 9 Hz, 2H, CH arom.), 7.57 (d, J = 9 Hz, 2H, CH arom.); ¹³C-NMR (125 MHz, CDCl₃): δ 29.5 (2C, 2 X CH₃), 72.7 (OC(CH₃), C quat.), 75.3 (-C≡CH), 84.7 (1 C, -C≡CH), 105.1 (C quat. arom.), 119.1 (Ar-C≡N), 120.0 (2C, 2 X C arom.), 133.4 (2C, 2 X C arom.), 159.4 (C quat. arom.).

6-Cyano-2,2-dimethylchromene 15 (Kaedah A – base-catalysed condensation of phenol and dialkyl acetal):

(North et al., 1995) Sebuah kelalang yang dilengkapi *distilling head* dimasukkan sebatian asetal **13** (1.74 g, 11.0 mmol), *p*-xylene (20 mL/g phenol), 4-cyanophenol **14** (2.65 g, 22.0 mmol) dan 3-picoline (0.27 mL, 2.75 mmol). Campuran tindakbalas direfluks selama 24 jam, yang kemudiannya disejukkan ke suhu bilik. Campuran tindakbalas ini dicairkan dengan EtOAc dan dibasuh dengan 1 N HCl. Lapisan akueus yang berasid itu diekstrak dengan EtOAc. Semua fasa organik yang digabungkan dibasuh dengan 1 N NaOH, *brine* dan dikeringkan (MgSO₄). Pelarut kemudiannya disejatkan di bawah vakum untuk memberikan sebatian **15** dalam bentuk hablur berwarna kekuningan. Penghabluran dari *light petroleum* memberikan serbuk kekuningan (1.78 g, 87%); mp 47 – 48 °C [Lit.¹⁷ mp 47 °C]. ν_{\max} (film)/cm⁻¹ 3054, 2985, 2226, 1605, 1487, 1421, 1369, 1265, 1212, 1148, 1128, 1107, 961, 896, 828, 739, 705. ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃): δ 1.45 (s, 6H, OC(CH₃)₂), 5.70 (d, J = 12 Hz, 1H, C(CH₃)₂CHCH), 6.28 (d, J = 12 Hz, 1H, C(CH₃)₂CHCH), 6.78 (d, J = 8 Hz, 1H, CH arom.), 7.24 (d, J = 4 Hz, 1H, CH arom.), 7.37 (dd, J = 8 Hz, 4 Hz, 1H, CH arom.); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃): δ 28.4 (2C, 2 X C(CH₃)₂), 77.9 (C(CH₃)₂, C quat.), 103.8 (C quat. arom.), 117.2 (C arom.), 119.3 (C quat., arom.), 120.6 (C(CH₃)₂CH=CH), 121.7 (C quat. arom.), 130.1 (C arom.), 132.2 (C(CH₃)₂CH=CH), 133.3 (C arom.), 156.8 (C≡N).

6-Cyano-2,2-dimethylchromene 15 (Kaedah B – Claisen thermal rearrangement of propargyl ether)

(Bell et al., 1995) Larutan *phenyl propargyl ether* **18** dalam *ethylene glycol* (5 mL/g propargyl ether) dipanaskan ke suhu 210 – 215 °C di bawah nitrogen. Selepas 24 campuran jam dikacau pada suhu tindakbalas, H₂O ditambahkan ke dalam larutan dan diekstrak dengan Et₂O. Penghabluran sebatian **15** dilakukan menggunakan *light petroleum*.

Penyediaan Dimethyldioxirane (DMDO)

H₂O (air suling) (20 mL), aseton (30 mL), dan NaHCO₃ (24 g, 0.285 mol) dimasukkan ke dalam 1-L kelalang bulat dan disejukkan serta dikacau 20 min. Selepas 20 min, pengacauan dihentikan dan Oxone[®] (25 g, 0.164 mol) dimasukkan sekaligus. Kelalang tersebut ditutup longgar dan campuran dikacau 15 min sambil direndam dalam air berisi ais. Selepas 15 min, bar pengacau dikeluarkan dari kelalang tindakbalas dan dibilas dengan sedikit air suling. Kelalang ini kemudiannya disambungkan

kepada *rotary evaporator* dengan air rendaman ditetapkan pada suhu bilik. *Rotary evaporator splash trap* (250 mL) disejukkan dalam *dry ice/acetone bath* dan dipasangkan pada *benchtop diaphragm pump* dan *in-line vacuum regulator* untuk mendapatkan keadaan vakum dengan tekanan 155 mmHg. Semasa proses ini, kelalang diputarkan dengan kelajuan tinggi untuk mengelakkan larutan berkocak ke dalam (210 rpm) bump trap. Selepas 15 min, suhu air rendaman dinaikkan kepada untuk tempoh 10 min. Apabila suhu mencecah 40 °C, penyulingan dihentikan serta merta dengan mengalihkan kelalang dari air rendaman. Larutan DMDO yang berwarna jernih yang terkumpul di dalam *rotary evaporator splash trap* dituangkan ke dalam silinder penyukat untuk menyukat jumlah kuantiti larutan yang (an average of 25 mL) dan larutan ini dikeringkan menggunakan Na₂SO₄. Na₂SO₄ diasingkan melalui penapisan dan dibilas dengan 10 mL aseton. Kepekatan DMDO ditentukan melalui penitratan iodometrik.

Kaedah Umum bagi Pembentukan Racemic Epoxides menggunakan DMDO

Kepada larutan alkena dalam CHCl₃ (2 mL untuk setiap 0.1 g alkena) yang disejukkan kepada 0 °C, larutan DMDO dalam aseton (0.03 M, 1.5 equiv) dimasukkan sedikit demi sedikit. Selepas 5 min dikacau, hasil tindakbalas diperiksa menggunakan TLC. Setelah tindakbalas lengkap, pelarut dikeringkan di bawah tekanan rendah pada suhu bilik dan penulenan dilakukan melalui *column chromatography*.

Kaedah Umum bagi Pembentukan Racemic Diols

Racemic epoxide dilarutkan dalam aseton (50 mL/g epoxide) dan dikacau pada suhu bilik selama 5 min. Larutan akueus asid sulfurik (1 M, 5.5 equiv) ditambah ke dalam larutan, dan campuran ini dikacau selama 1 jam pada suhu bilik. Setelah tindakbalas lengkap, campuran tindakbalas ini di netralkan ke pH 7 menggunakan natrium hidrogen karbonat. DCM (150 mL/g of epoxide) ditambah ke dalam larutan tindakbalas dan lapisan organik dipisahkan. Lapisan akueus diekstrak dengan DCM (2 X 150 mL/g epoxide), dan lapisan organik digabungkan dan dikeringkan (Na₂SO₄). Pelarut disingkirkan di bawah tekanan rendah dan penulenan dilakukan melalui *column chromatography*.

Kaedah Umum bagi Tindakbalas Catalytic Asymmetric Epoxidation of Alkenes yang Dimangkinakan oleh Iminium Salts menggunakan Oxone[®] di bawah keadaan akueus:

Oxone[®] (2 equiv dibandingkan dengan alkena) ditambah sambil dikacau ke dalam larutan natrium karbonat (Na₂CO₃) yang direndam di dalam larutan ais (12 mL untuk setiap 1.50 g Na₂CO₃), dan larutan berbuih yang terhasil dikacau selama 5-10 minit, sehingga semua buih hilang. *Iminium salt* (10 mol% dibandingkan dengan alkena) yang dilarutkan dalam CH₃CN (6 mL untuk setiap 1.50 g

Na₂CO₃), dimasukkan, diikuti dengan substrat alkene yang dilarutkan dalam CH₃CN (6 mL untuk setiap 1.50 g Na₂CO₃). Campuran ini dikacau dengan penyejukan di dalam ais sehingga tindakbalas lengkap mengikut analisis TLC. Campuran tindakbalas ini kemudiannya dicairkan dengan larutan *diethyl ether* yang disejukkan (20 mL untuk setiap 100 mg substrat) dan air dalam kuantiti yang sama dimasukkan dengan serta merta. Fasa akueus dibasuh sebanyak empat kali menggunakan larutan *diethyl ether* dan larutan organik yang digabungkan menggunakan pelarut seterusnya dibasuh dengan *brine* dan pelarut organik dikeringkan dengan MgSO₄. Penapisan dan penyingkiran pelarut memberikan sebatian berwarna kekuningan yang kemudiannya akan dituliskan melalui *column chromatography* menggunakan pelarut *ethyl acetate/light petroleum* (1:99).

Tetraphenylphosphonium Monoperoxysulfate (TPPP)

Tetraphenylphosphonium chloride (15.0 g, 40 mmol) dilarutkan dalam DCM (200 mL) dalam kelalang bulat dilengkapi pengacau. Oxone[®] (15.0 g, 48 mmol) yang dilarutkan dalam air ternyahion (300 mL) pada suhu 0°C, ditambahkan ke dalam larutan *tetraphenylphosphonium chloride* untuk jangkamasa 5 min. Campuran dwifasa yang terbentuk dikacau selama 1 jam di dalam rendaman ais, dan kemudiannya lapisan organik dipisahkan dan pelarut disingkirkan di bawah tekanan rendah pada suhu bilik. Hasil pepejal berwarna putih dipindahkan ke dalam corong kaca bersinter dan dibasuh menggunakan air ternyahion (3 X 80 mL). Pepejal yang diperolehi dilarutkan semula dengan DCM (150 mL) dan dikeringkan dengan MgSO₄, heksana ditambahkan ke dalam larutan ini sehingga pepejal berwarna putih mula terbentuk, dan kelalang ini kemudiannya diletakkan di dalam penyejukbeku selama satu malam, menghasilkan mendakan putih sehingga 94% tulen dengan peroksida. ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃): δ 7.63 – 7.67 (m, 8H, 8 CH X arom.), 7.76 – 7.80 (m, 8H, 8 X CH arom.), 7.88 – 7.92 (m, 4H, 4 X CH arom.), 9.34 (s, 1H, OH). Kandungan oksigen ditentukan dengan membandingkan *integrals* isyarat aromatik signals dengan *hydroxyl proton* pada ¹H NMR.

Kaedah Umum bagi Tindakbalas Catalytic Asymmetric Epoxidation of Alkenes yang Dimungkinkan oleh Iminium Salts menggunakan Tetraphenylphosphonium Monoperoxysulfate (TPPP) di bawah keadaan tidak akueus:

Tetraphenylphosphonium monoperoxysulfate (2 equiv dibandingkan dengan alkene) dilarutkan di dalam mana-mana pelarut yang bersesuaian (2 mL untuk setiap 0.1 g oxidant) dan larutan ini disejukkan kepada suhu yang dikehendaki. *Iminium salt* dalam bentuk larutan kemudiannya ditambah (0.5 mL untuk setiap 0.1 g agen pengoksida). Larutan *iminium salt* ini disejukkan terlebih dahulu kepada suhu yang telah ditetapkan bagi larutan TPPP, dan kemudiannya ditambah setitis demi setitis untuk tempoh 15 – 20 minit; suhu tindakbalas diawasi bagi memastikan tiada perubahan suhu yang ketara berlaku semasa penambahan ke dalam larutan dilakukan. Alkene yang dilarutkan dengan pelarut yang digunakan untuk tindakbalas (0.5 mL untuk setiap 0.1 g agen pengoksida) kemudiannya

dimasukkan titis demi titis. Campuran ini dikacau pada suhu tindakbalas sehingga tindakbalas lengkap menurut analisis TLC. Et₂O (disejukkan terlebih dahulu kepada suhu tindakbalas) (20 mL untuk setiap 0.1 g agen pengoksida) ditambah dan campuran ini ditapis melalui *Celite*. Pelarut tindakbalas disingkirkan dan Et₂O (40 mL) ditambah dan larutan ini ditapis melalui silica gel untuk menyingkirkan sepenuhnya pemangkin. Pelarut kemudiannya disingkirkan untuk memberikan *epoxide*.

6-Cyano-3,4-epoxy-2,2-dimethylchromane 19

(Page et al., 2005) Disediakan melalui kaedah umum bagi tindakbalas *catalytic asymmetric epoxidation of alkane* yang dimungkinkan oleh *iminium salts* menggunakan TPPP di bawah keadaan tidak akueus daripada *6-cyano-2,2-dimethylchromene* 15. Produk *6-Cyano-3,4-epoxy-2,2-dimethylchromane* 19 dihasilkan sebagai pepejal berwarna putih yang dituliskan melalui *column chromatography* menggunakan pelarut *EtOAc/light petroleum* (5:95) + 2% TEA. ν_{\max} (film)/cm⁻¹ 3055, 2987, 2305, 2228, 1616, 1580, 1494, 1466, 1421, 1385, 1369, 1344, 1265, 1236, 1207, 1162, 1133, 1100, 1040, 958, 935, 920, 896, 868, 828, 816, 737, 705. ¹H-NMR (500 MHz, CDCl₃): δ 1.30 (s, 3H, OC(CH₃)₂), 1.60 (s, 3H, OC(CH₃)₂), 3.54 (d, J = 4 Hz, 1H, C(CH₃)₂CH(O)CH-Ar), 3.91 (d, J = 4 Hz, 1H, C(CH₃)₂CH(O)CH-Ar), 6.87 (d, J = 9 Hz, 1H, CH arom.), 7.53 (dd, J = 9 Hz, 2 Hz, 1H, CH arom.), 7.65 (d, J = 2 Hz, 1H, CH arom.); ¹³C-NMR (125 MHz, CDCl₃): δ 23.0 (CH₃, C11 or C12), 25.5 (CH₃, C11 or C12), 49.9 (C-epoxide, C3), 62.3 (C-epoxide, C4), 74.7 (C quat., C2), 104.3 (C quat. arom.), 118.8 (C quat. arom.), 119.1 (C arom.), 121.1 (C quat. arom.), 133.8 (C arom.), 134.4 (C arom.), 156.5 (-C≡N).

6-Cyano-3,4-dihydroxy-2,2-dimethylchromane 20

(Patel et al., 1995) Disediakan melalui kaedah umum bagi tindakbalas *catalytic asymmetric epoxidation of alkenes* yang dimungkinkan oleh *iminium salts* menggunakan oxone di bawah keadaan akueus daripada *6-cyano-2,2-dimethylchromene* 15. Produk terhasil sebagai pepejal keperangan yang dituliskan melalui *column chromatography* menggunakan pelarut *EtOAc/light petroleum* (50:50) + 2% TEA. Produk dikeringkan pada suhu 60 °C di bawah tekanan rendah, memberikan sebatian 20 sebagai pepejal berwarna kuning. m.p. 147 – 149 °C; ν_{\max} (film)/cm⁻¹ 3397, 2984, 2919, 2851, 2229, 1611, 1580, 1489, 1372, 1311, 1273, 1195, 1147, 1126, 1072, 1037, 1000, 952, 921, 836. ¹H-NMR (500 MHz, CDCl₃): δ 1.25 (s, 3H, C11 or C12), 1.52 (s, 3H, C11 or C12), 3.62 (d, J = 9 Hz, 1H, C3), 4.59 (d, J = 9 Hz, 1H, C4), 6.85 (d, J = 9 Hz, 1H, C9), 7.46 (ddd, J = 9, 2, 1 Hz, 1H, C8), 7.81 (dd, J = 2, 1 Hz, 1H, C6); ¹³C-NMR (125 MHz, CDCl₃): δ 19.3 (CH₃, C11 or C12), 26.6 (CH₃, C11 or C12), 68.6 (CH₂-OH, C3), 75.8 (CH₂-OH, C4), 79.8 (C quat., C2), 104.0 (C quat. arom.), 118.0 (C arom.), 119.2 (C quat. arom.), 124.4 (C quat. arom.), 132.4 (C arom.), 133.3 (C arom.), 156.0 (Ar-C≡N).

RUJUKAN

- Bartlett, C. J.; Day, D. P.; Chan, Y.; Allin, S. M.; McKenzie, M. J.; Slawin, A. M. Z.; Page, P. C. B. (2012). *J. Org. Chem.*, 77, 772–774.
- Bell, D.; Davies, M. R.; Graham, R. G.; Inderjit, S. M. (1995). *Synthesis (Stuttg.)*, 707 – 712.
- Bell, D.; Davies, M. R.; Geen, R. G.; Mann, I. S. (1995). *Synthesis (Stuttg.)*, 707–712.
- Boisselle, A. P.; Hennion, G. F. (1961). *J. Org. Chem.*, 26, 725–727.
- Dalko, P. I.; Aggarwal, V. K.; Armstrong, A.; Balensiefer, T.; Barbas, III, C. F.; Bogliotti, N.; Bressy, C.; Christmann, M. (2007). *Asymmetric Organocatalysis: A New Stream in Organic Synthesis*; Dalko, P. I., Ed.; Wiley-VCH Verlag GmbH dan Co. KGaA: Weinheim, pp. 1–17.
- Ellis, G. P. (2009). *The Chemistry of Heterocyclic Compounds, Chromenes, Chromanones, and Chromones*; Ellis, G. P.; Weissberger, A.; Taylor, E. C., Eds.; John Wiley dan Sons, Inc., pp. 1–10.
- Harfenist, M.; Thom, E. (1987). *J. Org. Chem.*, 37, 841 – 848.
- Milliet, P.; Picot, A.; Lusinchi, X. (1976). *Tetrahedron Lett.*, 4, 1573 – 1576.
- Mori, A.; Yamamoto, H.; Arai, I. (1986). *Tetrahedron*, 42, 6447–6458.
- Nordin, I. C.; Thomas, J. A. (1984). *Tetrahedron Lett.*, 25, 5723–5724.
- North, J. T.; Kronenthal, D. R.; Pullockaran, A. J.; Real, S. D.; Chen, H. Y. (1995). *J. Org. Chem.*, 60, 3397–3400.
- Page, P. C. B.; Rassias, G. A.; Barros, D.; Bethell, D.; Schilling, M. B. J. (2000). *Chem. Soc. Perkin Trans. 1*, 2, 3325–3334.
- Page, P. C. B.; Rassias, G. A.; Barros, D.; Ardakani, A.; Buckley, B. R.; Bethell, D.; Smith, T. A.; Slawin, A. M. (2001). *J. Org. Chem.*, 66, 6926–6931.
- Page, P. C. B.; Rassias, G. A.; Ardakani, A.; Bethell, D.; Merifield, E. (2002). *Synlett*, 580–582.
- Page, P. C. B.; Farah, M. M.; Buckley, B. R.; Blacker, A. J. (2007). *J. Org. Chem.*, 72, 4424–4430.
- Page, P. C. B.; Buckley, B. R.; Farah, M. M.; Blacker, A. J. (2009). *Eur. J. Org. Chem.*, 3413–3426.
- Page, P. C. B.; Buckley, B. R.; Blacker, A. J. (2004). *Org. Lett.*, 6, 1543 – 1546.
- Page, P. C. B.; Appleby, L. F.; Day, D.; Chan, Y.; Buckley, B. R.; Allin, S. M.; McKenzie, M. J. (2009). *Org. Lett.*, 11, 1991–1993.
- Page, P. C. B.; Buckley, B. R.; Heaney, H.; Blacker, A. J. (2005). *Org. Lett.*, 7, 375–377.
- Page, P. C.; Buckley, B. R.; Appleby, L. F.; Alsters, P. A. (2005). *Synthesis (Stuttg.)*, 3405–3411.
- Page, P. C. B.; Buckley, B. R.; Barros, D.; Blacker, A. J.; Heaney, H.; Marples, B. A. (2006). *Tetrahedron*, 62, 6607–6613.
- Page, P. C. B.; Bartlett, C. J.; Chan, Y.; Day, D.; Parker, P.; Buckley, B. R.; Rassias, G. A.; Slawin, A. M. Z.; Allin, S. M.; Lacour, J.; Pinto, A. (2012). *J. Org. Chem.*, 77, 6128–6138.

Patel, R. N.; Banerjee, A.; Mcnamee, C. G.; Szarka, L. J. (1995). *Tetrahedron: Asymmetry*, 6, 123–130.

Picot, A.; Milliet, P.; Lusinchi, X. (1976). *Tetrahedron Lett.*, 4, 1577–1580.

Stulgies, B.; Prinz, P.; Magull, J.; Rauch, K.; Meindl, K.; Rühl, S.; de Meijere, A. (2005). *Chem. Eur. J.*, 11, 308–320.

Wypych, G. (2001). *Handbook of Solvents*; ChemTec Publishing, p. 44.

Pengenalan kepada Bidang Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan di Malaysia

Afiza Abdullah Suhaimi ¹

¹ *Fakulti Teknologi Kejuruteraan, Universiti Malaysia Pahang, 26300 Gambang, Kuantan Pahang*

PENGENALAN

Secara asasnya bidang keselamatan dan kesihatan pekerjaan merupakan bidang yang telah bermula pada akhir abad ke-19 iaitu kira-kira 120 tahun yang lalu di Malaysia. Segala perkembangan dan penambahbaikan bagi keselamatan dan kesihatan pekerjaan di Malaysia dapat dilihat dengan berlakunya beberapa era keselamatan seperti Era Keselamatan Dandang sebelum 1914, Era Keselamatan Jentera 1914-1952, Era Keselamatan Industri 1953-1967, Era Keselamatan dan Kesihatan Industri 1970-1994, Era Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan selepas 1994 dan Era Keselamatan Pelan Induk Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan, (OSHMP) 2015.

Keselamatan dan kesihatan pekerjaan ini bukanlah asing bagi majikan atau pekerja yang berada di industri yang terdapat di Malaysia kerana ia telah dilaksanakan sejak tahun 1878 oleh seorang pemeriksa jentera yang dikenali sebagai Encik William Givan. Beliau telah diberi tugas untuk memeriksa keselamatan dandang stim yang digunakan di kawasan-kawasan lombong bijih timah khususnya di Perak. Pada Era Keselamatan Dandang sebelum 1914 terdapat 83 buah dandang stim di negeri Perak. Oleh itu, kerajaan negeri Perak melaksanakan satu sistem pemeriksaan oleh seseorang yang mempunyai kelayakan dalam bidang dandang stim serta diberi perlantikan sebagai '*boiler surveyor*'. Walau bagaimanapun, pada tahun 1900 sistem *boiler surveyor* telah dimansuhkan dan diganti dengan jawatan '*Inspector of Boiler*' yang dipegang oleh Encik C. Finchman.

Bagi Era Keselamatan Jentera 1914-1952, enakmen-enakmen dandang stim yang dilaksanakan oleh Negeri-Negeri Bersatu telah dimansuhkan pada tahun 1914 dan telah diperbaharui dengan *Machinery Enactment of 1913*. Antara pembaharuan yang telah dilakukan adalah pemeriksaan bagi jentera lain seperti enjin pembakaran dalam, turbin air dan pemasangan jentera auxiliary yang bersangkutan. Selain itu, jawatan '*Inspector of Boiler*' juga telah ditukarkan kepada jawatan '*Inspector of Machinery*' dan '*Assistant Inspector of Machinery*' bagi menjalankan tugas pemeriksaan jentera-

jentera dan dandang stim yang digunakan oleh industri pada masa itu. Di samping itu, Pemeriksaan, pendaftaran serta pemeriksaan pemasangan jentera telah dikuatkuasakan dengan pelaksanaan *Machinery Enactment of 1932* akibat pemansuhan *Machinery Enactment of 1913* pada tahun 1932. Hal ini menjadikan semua pemeriksa jentera bertugas di bawah pentadbiran Jabatan Galian yang disebabkan industri perlombongan merupakan perusahaan utama ketika itu. Jika diteliti dengan lebih mendalam, keselamatan para pekerja juga telah dititiberatkan dengan pelaksanaan *Machinery Ordinance 1953* bagi menggantikan kesemua enakmen kejenteraan yang terpakai oleh Negeri-Negeri Melayu Bersekutu dan Tidak Bersekutu serta Negeri-Negeri Selat. Tambahan lagi, jawatan yang bermula dari perseorangan pada tahun sebelum 1914 dan kemudian ditambah pula dengan pembantu pada tahun 1914 telah bercambah menjadi 24 orang pemeriksa termasuklah Jurutera Pemeriksa, Penolong Jurutera Pemeriksa, Pemeriksa Kilang (Juruteknik).

Sebagai lanjutan daripada Era Keselamatan Industri 1953-1967, Parlimen telah meluluskan Akta Kilang dan Jentera 1967 yang banyak memberi wajah baru dalam bidang keselamatan dan kesihatan termasuklah dari segi penyusunan semula jabatan seperti tanggungjawab dan fungsi pemeriksa, kaedah pentadbiran dan sistem fail serta penutupan pejabat cawangan kecil yang terdapat di sekitar Tapah, Muar, Taiping dan Rawang. Selain itu, jawatan pemeriksa juga telah diselaraskan sebagai Pemeriksa Kilang dan Jentera berikutan penguatkuasaan Akta tersebut. Dalam Era Keselamatan dan Kesihatan Industri 1970-1994, jawatankuasa petugas penyusunan semula memberi dua kertas kerja kepada Jabatan Perkhidmatan Awam bagi menyusun semula struktur organisasi Jabatan Kilang dan Jentera Malaysia dan hasilnya struktur jabatan baru telah berkuatkuasa pada tahun 1993.

Selepas 1994, Era Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan telah muncul dengan mewartakan perundangan yang lebih menepati aspek-aspek keselamatan dan kesihatan pada waktu itu. Akta tersebut lebih dikenali sebagai Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan 1994. Dengan wujudnya Akta ini yang bermula April 1994, Jabatan Kilang dan Jentera telah dikenali sebagai Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (JKKP) serta jawatan pemeriksa juga telah digantikan dengan jawatan Pegawai Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan. Seajar dengan pembangunan dan kestabilan Malaysia, Pelan Induk Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan 2015 telah dilancarkan oleh Yang Amat Berhormat Perdana Menteri Malaysia, Datuk Seri Najib Tun Razak pada tahun 2009 dengan matlamat utama untuk melahirkan modal insan yang selamat, sihat dan produktif dengan menerap, memupuk dan mengekalkan budaya selamat dan sihat di tempat kerja. Bersangkutan dengan matlamat untuk menjadikan Malaysia sebuah negara '*High Income, Advance Technology*', Pelan Induk ini mampu menyokong halatuju kerajaan tersebut menjelang 2020 kelak.

DEFINISI KESELAMATAN DAN KESIHATAN PEKERJAAN

Definisi keselamatan, kesihatan dan kebajikan pekerja telah ditakrifkan mengikut Garis Panduan bagi Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan 1994 adalah seperti berikut:

1. Keselamatan ke atas ketidakwujudan risiko kepada kecederaan.
2. Kesihatan ialah keadaan fizikal, mental dan sosial yang baik dan ia bukan hanya dengan ketiadaan penyakit.
3. Kebajikan pekerja adalah termasuk peruntukan peti kecemasan, air minuman, kantin, kemudahan membasuh dan tandas untuk lelaki dan perempuan.

Aspek keselamatan dan kesihatan pekerjaan dan kebajikan pekerja telah dipandang serius oleh Malaysia adalah bagi memastikan pekerja bekerja dalam keadaan tempat kerja yang selamat. Oleh yang demikian Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan 1994 telah digubal bertujuan untuk:

1. Memastikan keselamatan, kesihatan dan kebajikan orang-orang yang sedang bekerja terhadap risiko kepada keselamatan atau kesihatan yang berbangkit daripada aktiviti orang-orang yang sedang bekerja
2. Melindungi orang-orang di tempat kerja selain daripada orang-orang yang sedang bekerja terhadap risiko keselamatan atau kesihatan yang berbangkit daripada aktiviti orang-orang yang sedang bekerja
3. Menggalakkan suatu persekitaran pekerjaan bagi orang-orang yang sedang bekerja yang disesuaikan dengan keperluan fisiologi dan psikologi mereka.
4. Mengadakan cara yang menurutnya perundangan keselamatan dan kesihatan pekerjaan yang berkaitan boleh digantikan secara berperingkat-peringkat oleh sistem peraturan dan tataamalan industri yang diluluskan, yang berjalan secara bergabung dengan peruntukan akta ini yang dimaksudkan untuk mengekalkan atau memperbaiki standard keselamatan dan kesihatan.

JABATAN DAN AGENSI YANG BERKAITAN DENGAN KESELAMATAN DAN KESIHATAN PEKERJAAN

Menurut kronologi keselamatan dan kesihatan pekerjaan yang bermula di industri perlombongan pada abad ke-9, bidang ini ditadbir di bawah kuasa Jabatan Galian dan seterusnya ditukarkan ke Jabatan Kilang dan Jentera Malaysia. Kini, bidang tersebut telah dikenali sebagai Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan yang diletakkan dibawah pentadbiran Kementerian Sumber Manusia Malaysia. Anjakan paradigma inibanyak memberi manfaat kepada majikan dan pekerja industri termasuklah

pengamal keselamatan dan kesihatan pekerjaan sendiri. Dengan adanya jabatan tersebut pelbagai kekangan di industri yang melibatkan isu keselamatan dan kesihatan pekerjaan mampu diatasi dengan lebih cepat dan teratur.

Sehubungan itu, Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan ini merupakan agensi kerajaan yang bertanggungjawab mentadbir dan menguatkuasakan perundangan mengenai Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan di Malaysia dengan wawasan untuk menjadi sebuah organisasi yang menerajui negara dalam membentuk budaya kerja selamat dan sihat ke arah mempertingkatkan kualiti hidup semasa bekerja. Oleh itu objektif jabatan ini adalah mencegah kemalangan industri dan penyakit pekerjaan menjelang tahun 2015 dengan menepati sasaran berikut:

1. Pengurangan kadar kemalangan maut sehingga 20%;
2. Pengurangan kadar kemalangan yang dilaporkan (maut, hilang upaya kekal, tanpa hilang upaya kekal) sehingga 30%;
3. Peningkatan bilangan penguatkuasaan dan pemeriksaan tempat kerja sebanyak 20%;
4. Pertambahan orang yang kompetan dalam bidang KKP sebanyak 30%.

Di samping itu, sektor industri yang terlibat dalam kuasa pentadbiran JKPP ini adalah:

1. Pengilangan
2. Perlombongan dan Pengkuarian
3. Pembinaan
4. Hotel dan Restoran
5. Pertanian, Perhutanan dan Perikanan
6. Pengangkutan, Penyimpanan dan Komunikasi
7. Perkhidmatan Awam dan Pihak Berkuasa Berkanun
8. Kemudahan - Gas, Elektrik, Air dan Perkhidmatan Kebersihan
9. Kewangan, Insuran, Hartanah dan Perkhidmatan Perniagaan
10. Perniagaan Borong dan Runcit

Dalam konteks ini, banyak inisiatif pihak JKPP dalam memastikan isu keselamatan dan kesihatan sentiasa di bawah kawalan majikan dan pekerja berdasarkan fungsi JKPP itu sendiri. Antara fungsi dan peranan Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan adalah:

1. Menjalankan kajian, penyelidikan, pembangunan dan analisis teknikal ke atas isu-isu keselamatan dan kesihatan pekerjaan yang wujud di tempat-tempat kerja.
2. Menguatkuasakan undang-undang berikut:

- a) Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan 1994 dan peraturan-peraturan yang dibuat di bawahnya.
 - b) Akta Kilang dan Jentera 1967 dan peraturan-peraturan yang dibuat di bawahnya.
 - c) Sebahagian daripada Akta Petroleum (Langkah-langkah Keselamatan) 1984 dan peraturan-peraturan yang dibuat di bawahnya.
3. Menjalankan kajian dan analisis teknikal ke atas isu-isu keselamatan pekerjaan yang wujud di tempat-tempat kerja.
 4. Menjalankan program-program galakan dan publisiti kepada majikan, pekerja dan orang awam untuk memupuk dan meningkatkan kesedaran mereka terhadap keselamatan dan kesihatan pekerjaan.
 5. Memberi khidmat nasihat dan maklumat kepada agensi-agensi kerajaan dan swasta berkaitan aspek-aspek pengurusan dan teknikal yang ada hubungkait dengan keselamatan dan kesihatan pekerjaan.
 6. Menjadi urusetia untuk Majlis Negara Bagi Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan.

Lazimnya, pelbagai institut dan organisasi lain yang turut membantu dalam mengatasi isu keselamatan dan kesihatan pekerjaan serta mendedahkan pengetahuan terhadap bidang tersebut seperti Institusi Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan Negara (NIOSH). Institusi ini merupakan satu organisasi yang menyediakan perkhidmatan kursus dan latihan, khidmat perundingan, peperiksaan dan sijil serta pemyelidikan yang berkaitan dengan keselamatan dan kesihatan pekerjaan. Secara umumnya, orang awam sering keliru dengan fungsi dan peranan JKKP dan NIOSH dalam mengendalikan isu keselamatan dan kesihatan pekerjaan di Malaysia. Antara fungsi dan peranan NIOSH adalah memberi latihan dan khidmat perundingan, menyebarkan maklumat dan menjalankan penyelidikan dalam bidang keselamatan dan kesihatan pekerjaan (OSH) malah membekalkan perkhidmatan perpustakaan, OSH Shop, ceramah dan penerbitan Jurnal Keselamatan Pekerjaan dan Kesihatan, FYI, Siri Tutorial Asas, Poster Keselamatan dan buku-buku OSH untuk memenuhi keperluan industri. Manakala , objektif institusi ini adalah:

1. Untuk menyumbang ke arah usaha meningkatkan tahap keselamatan dan kesihatan pekerjaan melalui pembangunan kurikulum dan program latihan untuk pekerja, majikan dan mereka yang bertanggungjawab, sama ada secara langsung atau tidak langsung untuk keselamatan dan kesihatan pekerjaan.
2. Untuk membantu sektor industri, perdagangan dan sektor lain dalam menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan keselamatan dan kesihatan pekerjaan.
3. Untuk membantu mereka yang bertanggungjawab terhadap keselamatan dan kesihatan pekerjaan dengan maklumat terkini dalam bidang keselamatan dan kesihatan pekerjaan di negara ini dan di luar negara.

4. Untuk menjalankan penyelidikan jangka pendek dan jangka panjang dalam keselamatan pekerjaan dan bidang yang berkaitan kesihatan yang akan membawa faedah dan manfaat kepada negara.
5. Untuk menyebarkan maklumat berdasarkan penyelidikan dan juga menjadi pusat rujukan di dalam bidang keselamatan dan kesihatan pekerjaan.

Meskipun terdapat jabatan dan institusi di bawah Kementerian Sumber Manusia yang telah ditubuhkan bagi mengurus dan mentadbir bidang keselamatan dan kesihatan pekerjaan ini, terdapat beberapa institusi pendidikan tinggi awam mahupun swasta yang bergading bahu dalam menjalankan program-program di peringkat sijil, diploma, ijazah sarjana muda, ijazah sarjana serta doktor falsafah bagi meningkatkan kualiti pendidikan dan pengetahuan pengamal keselamatan dan kesihatan pekerjaan di Malaysia bagi keperluan industri masa kini. Dalam era pascaindustri dan pascaglobalisasi yang mencabar minda dan akal kini, keperluan tahap pendidikan yang tinggi dari segi teori dan teknikal sangat berguna dalam mengatasi isu-isu semasa dalam bidang ini. Beberapa universiti tempatan dan kolej swasta yang telah diiktiraf oleh JKKP menyediakan peluang pembelajaran yang kondusif bagi generasi muda kini termasuklah Universiti Malaysia Pahang (UMP), Universiti Putra Malaysia (UPM), Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), Universiti Utara Malaysai (UUM), Pusat Pengajian Berterusan dan Pembangunan Profesional (CENFED) UMP, NIOSH, Kolej CONSIST, Kolej Antarabangsa Fajar dan sebagainya. Dari sudut kerjaya sebagai seorang yang mempunyai kelayakan pendidikan tersebut, mereka mampu memegang jawatan sebagai pegawai keselamatan dan kesihatan pekerjaan, pegawai alam sekitar, eksekutif keselamatan dan kesihatan pekerjaan, pengurus keselamatan dan kesihatan pekerjaan serta tenaga pengajar di institusi tersebut.

TANGGUNGJAWAB MAJIKAN DAN PEKERJA INDUSTRI TERHADAP ISU KESELAMATAN DAN KESIHATAN PEKERJAAN

Pengurusan pekerjaan memerlukan satu prosedur yang sistematik dalam membentuk kerja yang efisien dan memberi impak positif kepada organisasi kerja, masyarakat dan negara. Hal-hal pengurusan pekerjaan, yang haruslah dititik beratkan termasuklah pemantauan tahap keselamatan dan kesihatan pekerja di tempat kerja. Tafsiran Majikan dalam Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan 1994 adalah majikan langsung atau majikan utama atau kedua-duanya. Majikan jugaditafsirkan di bawah Akta Kerja 1955 iaitu seseorang yang telah memasuki kontrak perkhidmatan untuk menggaji orang lain sebagai pekerja. Seseorang majikan juga termasuk majikan langsung atau majikan utama atau kedua-duanya. “Majikan langsung”, berhubungan dengan pekerja yang diambil khidmat oleh atau melaluinya, ertinya seseorang yang telah mengaku janji untuk melaksanakan, di tempat kerja di mana majikan utama menjalankan perdagangan, perniagaan, profesion, vokasion, pekerjaan atau

pencariannya di bawah pengawasan majikan utama atau ejennya, kesemua atau mana-mana bahagian apa-apa kerja yang biasanya menjadi sebahagian daripada kerja perdagangan, perniagaan, profesion, vokasion, pekerjaan atau pencarian majikan utama itu atau yang menjadi permulaan bagi kerja yang dijalankan dalam atau bersampingan dengan maksud mana-mana perdagangan, perniagaan, profesion, vokasion, pekerjaan atau pencarian itu dan termasuklah seseorang yang olehnya perkhidmatan seseorang pekerja yang telah membuat kontrak perkhidmatan dengannya dipinjamkan atau disewakan untuk sementara kepada majikan utama. Majikan utama ertinya pemunya suatu industri atau orang yang dengannya seseorang pekerja telah membuat kontrak perkhidmatan dan termasuklah:

1. Pengurus, ejen atau orang yang bertanggungjawab bagi pembayaran gaji atau upah kepada seseorang pekerja;
2. Penghuni sesuatu tempat kerja;
3. Wakil di sisi undang-undang pemunya atau penghuni yang telah meninggal dunia; dan
4. Mana-mana kerajaan di Malaysia, jabatan mana-mana kerajaan itu, pihak berkuasa tempatan atau badan berkanun

Tafsiran pekerja dalam Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan 1994 adalah seperti berikut:

“pekerja” ertinya seseorang yang diambil kerja dengan diberi gaji di bawah kontrak perkhidmatan mengenai atau yang berkaitan dengan kerja suatu industri yang baginya Akta ini terpakai dan :

1. yang diambil kerja secara langsung oleh majikan utama mengenai apa-apa kerja industri itu, atau yang bersampingan dengan atau sebagai permulaan bagi atau yang berkaitan dengan kerja industri itu, sama ada kerja itu dilakukan oleh pekerja itu di tempat kerja atau di tempat lain;
2. yang diambil kerja oleh atau melalui seseorang majikan langsung di tempat kerja industri itu atau di bawah pengawasan majikan utama atau ejennya mengenai kerja yang biasanya menjadi sebahagian daripada kerja industri itu, atau yang menjadi permulaan bagi kerja yang dijalankan dalam atau bersampingan dengan maksud industri itu: atau
3. yang perkhidmatannya dipinjamkan atau disewakan sementara kepada majikan utama oleh orang yang dengannya orang yang perkhidmatannya dipinjamkan atau disewakan itu telah memasuki suatu kontrak perkhidmatan;

Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan 1994 juga memperuntukkan tentang kewajipan majikan, orang yang bekerja sendiri dan pekerja. Kewajipan majikan ini dinyatakan dalam seksyen 15, 16, 17 atau 18. Kegagalan untuk mematuhi akta ini boleh membawa kepada hukuman penjara selama dua tahun atau denda RM 20 000.00 atau kedua-duanya sekali.

Seksyen 15(1) Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan 1994 memperuntukkan bahawa adalah menjadi kewajipan setiap majikan dan setiap orang yang bekerja sendiri untuk memastikan setakat yang boleh dipraktikkan, keselamatan, kesihatan dan kebajikan pekerja-pekerjanya di tempat kerja. Antara, kewajipan majikan termasuk:

1. Pengadaan dan penyenggaraan loji dan sistem kerja setakat yang boleh dipraktikkan, selamat dan tanpa risiko kepada kesihatan.
2. Pembuatan perkiraan bagi menjamin, setakat yang boleh dipraktikkan, keselamatan dan ketiadaan risiko kepada kesihatan dengan penggunaan atau pengendalian, penanganan, penyimpanan dan pengangkutan loji dan bahan.
3. Pengadaan maklumat, arahan, latihan dan penyeliaan sebagaimana yang perlu untuk memastikan, setakat yang boleh dipraktikkan, keselamatan dan kesihatan pekerja-pekerjanya yang sedang bekerja.
4. Setakat yang boleh dipraktikkan, berkenaan dengan mana-mana tempat kerja di bawah kawalan majikan atau orang yang bekerja sendiri, penyenggaraannya dalam keadaan yang selamat dan tanpa risiko kepada kesihatan dan pengadaan dan penyenggaraan cara masuk ke dalamnya dan keluar darinya yang selamat tanpa risiko sedemikian.
5. Pengadaan dan penyenggaraan persekitaran pekerjaan bagi pekerja-pekerja yang setakat yang boleh dipraktikkan, selamat, tanpa risiko kepada kesihatan, dan memadai berkenaan dengan kemudahan bagi kebajikan mereka yang sedang bekerja.

Selain itu, Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan 1994 juga telah menggariskan bahawa majikan perlu menyediakan satu dasar am secara bertulis berkenaan keselamatan dan kesihatan di tempat kerja. Dasar am yang telah dibentuk itu, perlu disemak dan dikaji semula dari semasa ke semasa bagi merangkumi isu keselamatan dan kesihatan yang terdapat di industri di Malaysia.

KESIMPULAN

Secara kesimpulannya, bidang keselamatan dan kesihatan pekerjaan mampu membantu meningkatkan pembangunan negara Malaysia dalam memastikan taraf ekonomi negara ini semakin maju tanpa memudaratkan tenaga kerja di pelbagai industri yang terlibat. Jika ditinjau dari aspek lain terdapat banyak kepentingan sekiranya isu keselamatan dan kesihatan ini terpelihara termasuklah peningkatan kualiti barangan, motivasi dan kepuasan bekerja. Malah, secara keseluruhannya mampu meningkatkan kualiti hidup seseorang individu dalam masyarakat sekiranya kebajikan semasa bekerjanya terjamin. Oleh itu, kolaborasi diantara organisasi-organisasi yang telah diberi mandat untuk memastikan keselamatan dan kesihatan ini terpelihara perlulah dilipatgandakan lagi agar hasilnya mampu

diperolehi bersama. Selain itu, semua institusi pendidikan awam dan swasta perlu mempertingkatkan lagi kualiti dan mutu pembelajaran dan pengajaran dalam bidang keselamatan dan kesihatan ini mampu melahirkan insan yang lebih prihatin dan bertanggungjawab dalam menjalankan tugas setelah memegang apa sahaja jawatan dalam industri. Disamping itu, para majikan dan pekerja perlu menitikberatkan tanggungjawab masing-masing dalam menjalankan tugas di tempat kerja tanpa mengabaikan isu keselamatan dan kesihatan pekerjaan yang mampu mengundang malapetaka dan bahaya. Pelbagai usaha dan penambahbaikan telah dijalankan sejak awal lagi bagi memastikan bidang ini sentiasa berkembang dan membawa sejuta manfaat kepada warga industri. Dalam membudayakan kerja secara selamat, sikap dan pemikiran yang terbuka serta rasional amat diperlukan bagi memastikan matlamat JKKP dan organisasi lain dapat dicapai dengan jayanya. Hakikatnya bidang keselamatan dan kesihatan ini di Malaysia ini umpama peribahasa '*Bulat Air Kerana Pembetung, Bulat Manusia Kerana Muafakat*'. Tegasnya, sikap manusia memainkan peranan yang penting dalam mengekalkan keselamatan dan memastikan kesihatan semasa bekerja sentiasa terjamin dan kecuaiaan manusia dapat dikurangkan dan produktiviti akan terus meningkat dan berjaya.

RUJUKAN

Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan 1994 (Akta 514)

Garis Panduan bagi Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan 1994.

Laman Web Rasmi Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan Malaysia.

Laman Web Rasmi Institusi Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan Malaysia

Kesan Pendedahan Partikel Terampai Kepada Kesihatan Mental dan Fizikal di Kalangan Polis Trafik

Irni Rasdi ¹ dan Suhainizam Muhamad Saliluddin ²

¹*Jabatan Kesihatan Persekitaran dan Pekerjaan, Fakulti Perubatan dan Sains Kesihatan, UPM*

²*Jabatan Kesihatan Komuniti, Fakulti Perubatan dan Sains Kesihatan, UPM*

PENGENALAN

Polis trafik adalah individu yang bertanggungjawab untuk menjaga kelancaran jalan raya dan memantau kesalahan-kesalahan trafik. Mereka juga terlibat dalam mengiringi kenderaan orang-orang ternama, menyiasat kes-kes kemalangan dan berdepan dengan orang-orang awam berkaitan dengan isu-isu keselamatan jalan raya. Kebanyakan daripada mereka menghabiskan sebahagian besar daripada waktu bekerja di luar bangunan. Memandangkan mereka biasanya bekerja di kawasan bandar, keadaan ini banyak mendedahkan mereka kepada hazard pencemaran udara yang dihasilkan daripada kenderaan. Pencemaran udara boleh memberikan kesan negatif kepada kesihatan tubuh badan termasuklah kesihatan mental.

PENCEMARAN TRAFIK

Pencemar udara utama berkaitan trafik dan mempunyai kesan kesihatan yang ketara adalah sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), Ozon (O₃), karbon monoksida (CO), partikel terampai (PM₁₀) dan sebatian organik meruap (VOC) (Shyam et al., 2006). Pertubuhan Kesihatan Sedunia (PBB) (2011) menyatakan bahawa pendedahan kepada PM₁₀ dan ozon telah menimbulkan risiko kesihatan yang serius di banyak bandar raya di negara-negara maju dan membangun. PBB juga menekankan bahawa dengan mengurangkan tahap PM₁₀ daripada 70 µg kepada 20 µg / m³, kematian yang berkaitan dengan kualiti udara dapat dikurangkan sehingga 15 %.

Pertubuhan Kesihatan Sedunia, (2011) menerangkan bahawa partikel terampai adalah campuran kompleks zarah pepejal dan cecair bahan-bahan organik dan bukan organik yang berterbangan di udara. Kandungan utama zarah-zarah ini adalah sulfat, nitrat, ammonia, natrium klorida, karbon,

habuk mineral dan air (Pertubuhan Kesihatan Sedunia , 2011). Zarah dengan diameter aerodinamik yang lebih kecil daripada 10 μm dinamakan PM_{10} yang merangkumi zarah kasar (saiz zarah di antara 2.5 dan 10 μm) dan zarah halus (saiz zarah yang lebih rendah daripada 2.5 μm). PM_{10} boleh memasuki paru-paru, berkumpul di sel lapisan dalam salur pernafasan dan menembusi ke dalam lapisan pinggir paru-paru (Pertubuhan Kesihatan Sedunia, 2011) itu.

Partikel terampai berasal dari pelbagai sumber seperti jalan raya, industri, perdagangan, pemanasan dan memasak domestic (Han dan Naeher, 2006). Pengangkutan jalan adalah sumber langsung untuk partikel ekzos dan bukan ekzos (Harrison et al., 2004). Komponen kimia utama partikel ekzos adalah sulfat , nitrat , klorida , karbon organik , unsur karbon , besi dan kalsium (Harrison et al., 2004). Ekzos PM_{10} juga mengandungi komponen lain seperti zink, plumbum, tembaga, mangan dan antimoni (Amato, et al., 2009). Zarah bukan ekzos adalah tayar, lapisan brek, serpihan jalan dan debu jalan (Thorpe dan Harrison, 2008).

Merujuk kepada aliran pelepasan partikel terampai seluruh dunia (1950-2005), Amerika Latin dianggarkan menghasilkan pelepasan partikel terampai tertinggi di dunia (28750000 tan metrik) diikuti oleh Asia Timur (16670000 tan metrik) dan Amerika Syarikat (11,67 juta tan metrik) (Metz, 2005). Pada tahun 2006, China merupakan penyumbang pelepasan PM_{10} utama Asia (63 %), diikuti oleh India (14 %). Sementara itu, bagi Asia Tenggara , Indonesia menghasilkan kepekatan PM_{10} tertinggi (1838 Gg / tahun), diikuti oleh Vietnam (737 Gg / tahun), Thailand (475 Gg / tahun) dan Malaysia (471 Gg / tahun) (Zhang et al., 2009).

Secara umumnya, banyak negara telah meletakkan stesen pemantauan tetap untuk memantau tahap pencemaran udara di kawasan-kawasan yang besar. Walau bagaimanapun, bukti menunjukkan bahawa tahap kepekatan PM_{10} diukur dengan stesen pemantauan tetap adalah lebih rendah daripada di jalan atau di tepi jalan (Diapouli et al., 2008; Han dan Naeher, 2006; Jerrett et al., 2005; Panis et al., 2010). Dua kajian menunjukkan bahawa tahap kepekatan PM_{10} semakin berkurangan dengan bertambahnya jarak dari jalan (Horng dan Cheng, 2008; Sharma et al., 2009). Di kawasan bandar banyak negara , penyelidik mendapati bahawa di jalan atau di tepi jalan PM_{10} kepekatan melebihi piawaian kebangsaan kualiti udara (Amato et al., 2009, Arkouli et al., 2010; Diapouli et al., 2008; Kongtip et al., 2008; Ng dan Lam, 2001). Ini menunjukkan bahawa, polis trafik terdedah kepada paras partikel terampai lebih tinggi daripada data yang dikumpul oleh stesen-stesen pemantauan kualiti udara yang sedia ada.

Kajian terdahulu menunjukkan bahawa kepekatan PM_{10} telah meningkat dengan ketara semasa waktu puncak (Diapouli , et al., 2008; Siti Zawiyah et al., 2010) . Kajian di Buenos Aires menunjukkan bahawa kepekatan PM_{10} adalah lebih tinggi dengan peningkatan kepadatan penduduk dan kepadatan

trafik (Arkouli , et al., 2010). Kenaikan itu boleh digambarkan oleh proses pembangunan di setiap daerah. Sebagai contoh, di negara-negara Eropah , berdasarkan undang-undang semasa yang berkaitan dan pengurangan teknikal dilaksanakan maksimum (MFR) , kepekatan anggaran trafik berkaitan PM₁₀ ketara akan berkurangan pada tahun 2020 (Kousoulidou et al., 2008). Di negara-negara membangun, bagaimanapun, berdasarkan undang-undang yang berkaitan semasa, pembangunan ekonomi yang pesat dan peningkatan tinggi kepadatan trafik, kepekatan PM₁₀ dijangka meningkat secara berterusan untuk tahun 2030 (Klimont et al., 2001).

VARIASI KEPEKATAN PARTIKEL TERAMPAI

Kajian di Buenos Aires menunjukkan bahawa kepekatan PM₁₀ adalah lebih tinggi dengan peningkatan kepadatan penduduk dan jumlah kenderaan di jalan raya (Arkouli, et al., 2010). Kenaikan itu boleh digambarkan oleh proses pembangunan di setiap negara. Sebagai contoh, di negara-negara Eropah , berdasarkan undang-undang semasa yang berkaitan dan pelaksanaan pengurangan teknikal maksimum (MFR) , anggaran kepekatan PM₁₀ berkaitan trafik akan berkurangan secara ketara pada tahun 2020 (Kousoulidou et al., 2008). Tetapi, di negara-negara membangun, berdasarkan undang-undang semasa yang berkaitan, pembangunan ekonomi yang pesat dan peningkatan kepadatan trafik yang tinggi, kepekatan PM₁₀ dijangka meningkat secara berterusan untuk tahun 2030 (Klimont et al., 2001).

Kepekatan partikel terampai juga berubah-ubah sepanjang hari. Kepekatan partikel akan tinggi ketika waktu puncak. Waktu puncak ini biasanya merujuk kepada waktu penduduk pergi dan balik bekerja. Variasi ini adalah signifikan dan telah dibuktikan oleh beberapa kajian lepas (Diapouli et al., 2008; Siti Zawiyah et al., 2010). Sebagai contoh, di Nepal, tahap pendedahan PM₁₀ antara polis trafik telah juga didapati paling tinggi diwaktu pagi ($2093 \mu\text{g} / \text{m}^3$) ($N = 35$) (Bashyal et al., 2008). Hasil kajian Cattaneo et al., (2010) di Itali juga menyokong hasil kajian tersebut.

Terdapat juga beberapa kajian yang membandingkan paras partikel terampai antara musim yang berlainan. Sebagai contoh, penyelidikan oleh Cattaneo et al., (2010) di Itali menunjukkan bahawa pendedahan peribadi tertinggi untuk partikel terampai (PM₁₀) adalah pada musim sejuk ($153 \mu\text{g} / \text{m}^3$). Terdahulu di Republik Czech, Novotna et al., (2007) menilai tahap pendedahan partikel terampai halus (PM_{2.5}) di kalangan pegawai-pegawai polis trafik. Begitu juga, dalam kajian ini, tahap tertinggi pendedahan dilaporkan dalam musim sejuk ($33.2 \pm 39.7 \mu\text{g} / \text{m}^3$) dan kedua tertinggi di musim bunga ($14.5 \pm 8.6 \mu\text{g} / \text{m}^3$). Selaras dengan penemuan di Itali dan di Republik Czech, pendedahan individu tertinggi partikel terampai di kalangan pegawai polis trafik di China adalah pada musim sejuk (Liu et al., 2007). Dalam kajian ini, pendedahan individu purata partikel terampai di kalangan pegawai-

pegawai polis trafik adalah 82.10 ng / m^3 dan ini adalah jauh lebih tinggi daripada pegawai polis yang tidak terlibat dengan pemantauan jalan raya (13 ng / m^3) ($r = 0.51$, $p < 0.02$). Kesimpulannya, dapatan kajian-kajian sebelum ini menunjukkan bahawa tahap tertinggi PM_{10} adalah pada musim sejuk dan semasa syif pagi.

KAITAN ANTARA PENDEDAHAN KEPADA PARTIKEL TERAMPAI DAN MASALAH PERNAFASAN POLIS TRAFIK

Beberapa penyelidik telah mengkaji perkaitan antara pendedahan kepada pencemaran udara dan gejala pernafasan mirip asma di kalangan pegawai-pegawai polis trafik. Enam kajian telah menjalankan ujian fungsi paru-paru ke atas pegawai-pegawai polis trafik untuk menilai bagaimana paru-paru mereka berfungsi dan keputusan menunjukkan bahawa pendedahan kepada pencemaran udara trafik memberi kesan signifikan kepada kesihatan pernafasan mereka. Ujian fungsi paru-paru ini digunakan untuk mendiagnosis asma dan beberapa penyakit pernafasan yang lain (Pertubuhan Kesihatan Sedunia, 2011). Dengan menggunakan ujian ini, DeToni et al., (2005) mendapati bahawa pegawai polis trafik di Itali ($N = 290$) ditugaskan untuk mengawal lalu lintas mempunyai lebih banyak masalah pernafasan atas (28%) daripada melakukan pegawai polis di jabatan-jabatan pentadbiran (11%) ($p < 0.01$). Keputusan yang sama dijumpai kemudian di India oleh Gupta et al., (2011) ($N = 100$) ($p < 0.01$), Singh et al., (2009) ($N = 350$) ($95\% \text{ CI} = 4.42-10.52$) ($p < 0.01$) dan Pal et al., (2010) ($p < 0.05$) ($N = 30$). Juga di India, Satapathy et al., (2009) mendapati bahawa di kalangan pegawai-pegawai polis trafik ($N = 48$ (60%)) dilaporkan mempunyai gangguan pernafasan. Dua pertiga daripada lima puluh orang pegawai polis trafik Bangladesh yang bekerja lebih daripada 10 tahun telah diperhatikan untuk berada dalam keadaan yang berpotensi membimbangkan status paru dan rawatan yang diperlukan segera (Rahman et al., 2010). Terdahulu di Thailand ($N = 78$), penemuan oleh Karita et al., (2001) menunjukkan bahawa kumpulan yang lebih terdedah mempunyai fungsi paru-paru yang jauh lebih rendah daripada kumpulan yang kurang terdedah ($sr^2 = 0.25$).

Jadual 1 menyenaraikan kajian-kajian lepas mengenai pendedahan kepada pencemaran udara yang berpunca dari kenderaan dan asma serta gejala pernafasan serupa asma di kalangan pegawai polis. Seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1, banyak kajian mengenai pencemaran udara jalan raya dan penyakit pernafasan di kalangan pegawai-pegawai polis trafik telah dijalankan di negara-negara membangun. Kepekatan tertinggi zarah di negara-negara beriklim sederhana telah secara konsisten didapati pada musim sejuk yang menunjukkan kepentingan variasi bermusim dalam meramalkan tahap zarah. Semua penemuan bersetuju bahawa pegawai polis trafik yang lebih terdedah kepada pencemaran udara kenderaan dilaporkan mempunyai lebih gejala penyakit pernafasan daripada polis trafik yang kurang terdedah kepada pencemaran udara.

Jadual 1: Pendedahan kepada pencemaran udara berpunca dari kenderaan dan asma serta gejala pernafasan serupa asma di kalangan pegawai-pegawai polis.

Lokasi	Pengarang	Kaedah kajian	Hasil Kajian
Itali	(Cattaneo et al., 2010)	130 pegawai polis trafik dalam satu kajian keratan rentas dengan mengukur 12 jam pendedahan peribadi untuk PM ₂ dan CO. Data sosio-demografi tidak termasuk.	SD: pendedahan peribadi tertinggi kepada habuk terampai (PM ₁₀) adalah dalam musim sejuk (153 µg / m ³) dan pada waktu pagi.
Itali	(DeToni et al., 2005)	290 polis trafik dalam satu kajian susulan dengan menjalankan ujian fungsi paru-paru.	SD: Pegawai-pegawai polis trafik ditugaskan untuk mengawal lalu lintas mempunyai lebih banyak masalah pernafasan (28 %) daripada pegawai polis di jabatan pentadbiran (11 %) (p < 0.01). Umur dan tempoh kerja dikawal.
Republik Czech	(Novotna et al., 2007)	54 pegawai polis trafik dan 11 polis pentadbiran didalam kajian berulang-ulang melalui analisis sampel darah. Tabiat merokok telah dikawal.	SD: Tahap min pendedahan kepada PM _{2.5} kalangan pegawai polis trafik ialah 33.2 ± 39.7 µg / m ³ pada musim sejuk dan 14.5 ± 8.6 µg / m ³ pada musim luruh.
India	(Gupta et al., 2011)	100 pegawai polis trafik dalam satu kajian keratan rentas dengan menjalankan ujian fungsi paru-paru dan dengan menggunakan Soal Selidik RMEQ. Umur dan tempoh pekerjaan dikawal.	SD: Kumpulan terdedah mempunyai risiko yang lebih tinggi untuk mendapat batuk yang kerap (OR = 6.37, p < 0.05), sesak nafas (OR = 2.06, p < 0.05) dan kerengsaan pada saluran pernafasan (OR = 3.18, p < 0.05). Perbezaan parameter spirometric yang signifikan antara kumpulan terdedah dan kumpulan kawalan (p < 0.01).
India	(Singh et al., 2009)	350 pegawai polis trafik dan pegawai polis bukan trafik dalam satu kajian keratan rentas dengan menjalankan ujian fungsi paru-paru. Status merokok dan ciri-ciri sosio-demografi dikawal	SD: Pegawai polis trafik yang bekerja di lalu lintas yang sangat sibuk mempunyai morbiditi pernafasan lebih ketara daripada pegawai polis yang bukan terlibat dengan pengangkutan 95 % CI = 4,42-10,52), p < 0.01).

India	(Pal et al., 2010)	30 pegawai polis trafik dan 30 pegawai polis umum dalam suatu kajian keratan rentas dengan menjalankan ujian fungsi paru-paru . Data sosio - demografi telah dikawal.	SD: Sepuluh daripada dua belas parameter ujian fungsi paru-paru adalah lebih tinggi di kalangan pegawai-pegawai polis trafik daripada pegawai polis am ($p < 0.05$).
India	(Satapathy, et al., 2009)	48 pegawai polis trafik dalam satu kajian keratan rentas dengan menjalankan ujian fungsi paru-paru.	SD: 60 % daripada pegawai polis trafik dilaporkan mempunyai gangguan pernafasan.Data sosio-demografi tidak dikawal
Bangladesh	(Rahman et al., 2010)	50 polis trafik dalam satu kajian keratan rentas dengan menjalankan ujian fungsi paru-paru	SD: Dua pertiga daripada pegawai polis trafik yang bekerja lebih daripada 10 tahun berada dalam keadaan status paru-paru yang berpotensi membimbangkan dan rawatan segera diperlukan.
Nepal	(Bashyal et al., 2008)	35 pegawai polis trafik dalam satu kajian keratan rentas mengukur tahap PM10 di tempat bertugas.	SD: Kepekatan tertinggi PM ₁₀ di tiga tempat bertugas adalah di sesi pagi ($2093 \mu\text{g} / \text{m}^3$) yang melebihi had pendedahan yang dibenarkan.
China	(Liu et al., 2007)	120 pegawai polis dalam satu kajian keratan rentas mengukur tahap pendedahan zarah individu.	SD: Pendedahan purata zarah individu di kalangan pegawai-pegawai polis trafik adalah ($82.10 \text{ ng} / \text{m}^3$) dan ketara lebih tinggi daripada pegawai polis bukan pengangkutan ($13 \text{ ng} / \text{m}^3$) ($r = 0.51$, $p < 0.02$). Pendedahan individu tertinggi purata zarah didapati di musim sejuk.
Thailand	(Karita et al., 2004)	530 pegawai polis trafik dan isteri mereka dalam satu kajian keratan rentas dengan menggunakan soal selidik ATS-DLD untuk menilai kesihatan pernafasan.	MLR: Peningkatan risiko batuk dan kahak yang kerap kalangan polis trafik yang berkaitan dengan bekerja di lokasi lalu lintas yang sesak ($\text{OR} = 1.27$, $95\% \text{CI} = 1.01-1.61$).

Thailand	(Karita et al., 2001)	78 polis trafik lelaki dalam keratan rentas dengan menjalankan ujian fungsi paru-paru	MR: Kumpulan lebih terdedah mempunyai fungsi pulmonari jauh lebih rendah daripada yang kumpulan yang kurang terdedah ($sr^2 = 0.25$). Pegawai-pegawai polis yang lebih tua mempunyai fungsi paru-paru yang lebih rendah daripada pegawai polis muda ($sr^2 = 0.16$).
Thailand	(Tamura et al., 2003)	Pegawai-pegawai polis yang lebih tua mempunyai fungsi paru-paru yang lebih rendah daripada pegawai polis muda.	MLR: Nisbah kemungkinan untuk penyakit pernafasan tidak spesifik (NSRD) adalah 1.11 bagi setiap $10\mu\text{g} / \text{m}^3$ peningkatan zarah ambien (95%CI = 1.00 – 1.24).

Nota kaki: SD = Statistik Deskriptif; MLR = Multiple Logistic Regression; MR = Multiple Regression; PM10 = partikel terampai $10\ \mu\text{m}$; ATS-DLD = American Thoracic Society Division of Lung Diseases (Ferris, 1978); RMEQ = Respirator Medical Evaluator Questionnaire (Raymond, 2002)

PENDEDAHAN KEPADA PARTIKEL TERAMPAI DAN KESIHATAN MENTAL KALANGAN POLIS TRAFIK.

Di dalam model '*Business Case in a Nutshell*' (World Health Organization, 2009), faktor fizikal tempat kerja yang tidak sihat telah dihipotesis mempunyai kesan langsung terhadap kesihatan pekerja mental dan kesejahteraan. Walau bagaimanapun, penemuan yang menyokong hubungan ini di kalangan polis adalah terhad. Tiga kajian tentang ciri-ciri fizikal alam sekitar sebagai faktor tekanan berpotensi kalangan polis telah diteliti. Sebuah kajian diskriptif berkenaan pencemaran udara dan bunyi telah dilakukan di India. Dalam kajian ini, 32.3 % daripada polis trafik (N = 68) dilihat bahawa pencemaran udara dan bunyi bising adalah antara punca utama tekanan kerja mereka (Deb et al., 2008). Di Iran, 73 % daripada pegawai polis trafik melaporkan bahawa mereka mengalami tekanan yang berkaitan dengan insomnia disebabkan oleh pendedahan kepada bunyi bising trafik berkaitan (N = 79) (Omidvari dan Nouri, 2009). Kajian lain di Itali menunjukkan bahawa paras purata prolactin plasma (PRL) (hormone berkaitan stress) adalah lebih tinggi secara signifikan kalangan polis trafik yang tidak merokok (purata paras PRL = 10.10 ± 7.10) yang bekerja di kawasan lebih tercemar daripada kumpulan kawalan selepas faktor umur, jantina dan jabatan dikawal (paras purata PRL = 6.90 ± 7.10) (F. Tomei et al., 2006). Hasil daripada ketiga-tiga kajian membuktikan bahawa ciri-ciri fizikal persekitaran juga boleh mempengaruhi kesihatan mental dan psikologi pegawai polis.

PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

Hasil daripada kajian-kajian lepas berkenaan dengan paras partikel terampai di jalan raya menunjukkan bahawa bacaan paras terampai di jalan raya lebih tinggi daripada bacaan yang diperolehi daripada stesen pemantauan tetap. Semakin jauh alat pemantauan diletakkan daripada jalan raya, semakin rendah bacaan partikel terampai yang diperolehi. Oleh itu, untuk mendapatkan hasil kajian lebih tepat, adalah disyorkan supaya pengiraan berkenaan dengan paras pendedahan pencemaran udara kalangan pekerja-pekerja yang terlibat dengan pemantauan jalan raya termasuk polis trafik, pegawai Jabatan Kerja Raya, pegawai Kerajaan Tempatan haruslah dilakukan di jalan raya dan bukannya bergantung kepada data-data yang diperolehi daripada stesen pemantauan tetap sahaja. Kaedah ini juga perlu diguna pakai untuk pekerja-pekerja yang sebahagian besar tugasnya adalah di tepi jalan raya seperti penjual-penjual gerai, pengayuh beca, pengeluar tiket parkir kereta dan penjaga tol.

Selain itu, adalah juga penting bagi penyelidik-penyelidik untuk mengambil kira faktor-faktor musim di Malaysia ketika pengukuran. Ini adalah kerana jumlah partikel terampai di musim hujan adalah sangat berbeza berbanding dengan jumlah partikel terampai di musim kering kerana hujan bertindak seperti pembasuh partikel terampai. Oleh itu, sekiranya kajian yang akan dilakukan adalah berkenaan dengan kesan daripada pencemaran udara kepada kesihatan pekerja-pekerja di jalan raya, penekanan haruslah diberikan ketika musim kering dimana paras partikel terampai adalah lebih tinggi dan mungkin merbahaya kepada para pekerja.

Jumlah pendedahan partikel terampai juga berbeza secara signifikan pada waktu berlainan di hari yang sama. Semua hasil kajian lepas menunjukkan bahawa waktu puncak paras partikel terampai adalah pada waktu penduduk pergi dan balik bekerja iaitu pada waktu pagi dan petang. Hasil kajian lepas secara konsisten menunjukkan bahawa paras partikel paling tinggi adalah pada waktu pagi. Oleh itu, adalah disyorkan supaya kajian berkenaan dengan paras pendedahan partikel terampai kalangan pekerja yang terlibat secara langsung dengan jalan raya haruslah mengambil kira variasi waktu puncak penggunaan jalan raya. Waktu puncak ini juga haruslah juga merujuk kepada cara kerja dan jenis kerja pekerja-pekerja tersebut. Sebagai contoh, kebanyakan peniaga gerai barang-barang kering seperti baju, beg, kasut dan sebagainya mula membuka gerai mereka pada jam 10 pagi dan mereka tidak terdedah kepada waktu puncak paras partikel terampai. Manakala, bagi polis trafik pula, mereka memulakan kerja-kerja pengawalan jalan raya seawal jam 6.30 pagi bergantung kepada tahap kesesakan lalu lintas. Polis trafik adalah terdedah secara langsung kepada waktu puncak paras partikel terampai. Walaubagaimanapun, kebanyakan peniaga-peniaga gerai pula berada di tepi jalan raya sehingga malam dan ini menunjukkan bahawa jangkasa masa pendedahan mereka adalah lebih panjang daripada polis trafik walalupun mereka tidak terdedah kepada waktu puncak paras partikel terampai.

Selain itu, dapatan hasil kajian lepas secara konsisten menunjukkan bahawa polis trafik mempunyai masalah pernafasan akibat pendedahan mereka kepada paras partikel di jalan raya ketika kerja-kerja pemantauan lalu lintas. Kebanyakan kajian-kajian yang dijalankan adalah di negara-negara sedang membangun iaitu di India, Thailand dan Malaysia. Oleh itu, adalah disyorkan bahawa kajian-kajian seterusnya lebih memfokuskan kepada program-program intervensi tentang bagaimana untuk mengurangkan pendedahan mereka kepada pencemaran udara daripada jalan raya. Memandangkan pengurangan paras partikel jalan raya adalah satu usaha yang sangat sukar dan melibatkan jangkasa yang panjang dan kos yang tinggi, program-program intervensi ini boleh difokuskan kepada pentadbiran iaitu sistem kerja dan pengenalan alat perlindungan diri kalangan polis trafik.

Seterusnya, walaupun kajian berkenaan kesan pencemaran udara kepada kesihatan mental dan psikologi kalangan polis trafik adalah sangat terhad jumlahnya, hasil kajian daripada penyelidikan yang sedia ada menunjukkan bahawa ciri-ciri fizikal persekitaran juga boleh mempengaruhi kesihatan mental dan psikologi pegawai polis. Walaubagaimanapun, kajian-kajian ini hanya dilakukan di India, Itali dan Iran. Lebih kajian diperlukan terutamanya di Malaysia untuk mendapat rumusan atau kesimpulan berkenaan aspek psikososial polis trafik dengan pencemaran udara di jalan raya.

RUJUKAN

Amato, F., Pandolfi, M., Escrig, A., Querol, X., Alastuey, A., Pey, J., et al. (2009). Quantifying road dust resuspension in urban environment by Multilinear Engine: A comparison with PMF2. *Atmospheric Environment*, 43(17), 2770-2780.

Arkouli, M., Ulke, A. G., Endlicher, W., Baumbach, G., Schultz, E., Vogt, U., et al. (2010). Distribution and temporal behavior of particulate matter over the urban area of Buenos Aires. *Atmospheric Pollution Research*, 1, 1-8.

Bashyal A, Majumder A.K, Khanal S.N. (2008). Quantification of PM10 Concentration in Occupation Environment of Traffic Police Personnel in Pokhara Sub-Metropolitan City, Nepal. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*. 4:73-80

Cattaneo, A., Taronna, M., Consonni, D., Angius, S., Costamagna, P., dan Cavallo, D. M. (2010). Personal exposure of traffic police officers to particulate matter, carbon monoxide, and benzene in the city of Milan, Italy. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 7(6), 342-351.

DeToni, A., Larese, F. F., dan Finotto, L. (2005). Respiratory diseases in a group of traffic police officers: Results of a 5-year follow-up. *Giornale Italiano di Medicina Del Lavoro Ed Ergonomia*, 27(3), 380-382.

Diapouli, E., Grivas, G., dan Chaloulakou, A. (2008). PM10 and ultrafine particles counts in-vehicle and on-road in the Athens area. *Water, Air dan Soil Pollution: Focus*, 8(1), 89-97.

Gupta, S., Mittal, S., Kumar, A., dan Singh, K. D. (2011). Respiratory effects of air pollutants among nonsmoking traffic policemen of Patiala, India. *Lung India*, 28(4), 253-256.

Han, X., dan Naeher, L. P. (2006). A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. *Environment International*, 32(1), 106-120.

Harrison, R. M., Jones, A. M., dan Lawrence, R. G. (2004). Major component composition of PM10 and PM2.5 from roadside and urban background sites. *Atmospheric Environment*, 38(27), 4531-4538.

Hornig, C.-L., dan Cheng, M.-T. (2008). Distribution of PM2.5, acidic and basic gases near highway in central Taiwan. *Atmospheric Research*, 88, 1-12.

Jerrett, M., Richard T. Burnett, Ma, R., Pope, C. A., Krewski, D., K. Bruce Newbold, et al. (2005). Spatial Analysis of Air Pollution and Mortality in Los Angeles. *Epidemiology*, 16(6), 727-736.

Karita, K., Yano, E., Jinsart, W., Boudoung, D., dan Tamura, K. (2001). Respiratory symptoms and pulmonary function among traffic police in Bangkok, Thailand. *Archives of Environmental Health*, 56(5), 467-470.

Karita, K., Yano, E., Tamura, K., dan Jinsart, W. (2004). Effects of working and residential location areas on air pollution related respiratory symptoms in policemen and their wives in Bangkok, Thailand. *European Journal of Public Health*, 14, 24-26.

Klimont, Z., Cofala, J., Schöpp, W., Amann, M., Streets, D. G., Ichikawa, Y., et al. (2001). Projections of SO₂, NO_x, NH₃ and VOC emissions in East Asia up to 2030. *Water, Air dan Soil Pollution: Focus*, 130(1-4), 193-198.

Kongtip, P., Thongsuk, W., Yoosook, W., Chantanakul, S., dan Singhanियom, S. (2008). Health Effects of Air Pollution on Street Vendors: A Comparative Study in Bangkok. *Thai Journal of Toxicology*, 23(1), 5-14.

Kousoulidou, M., Ntziachristos, L., Mellios, G., dan Samaras, Z. (2008). Road-transport emission projections to 2020 in European urban environments. *Atmospheric Environment*, 42(32), 7465-7475.

Liu, Y., Tao, S., Yang, Y., Dou, H., Yang, Y., dan Coveney, R. M. (2007). Inhalation exposure of traffic police officers to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) during the winter in Beijing, China. *Science of the Total Environment*, 383(1-3), 98-105.

Metz, I. N. (2005). World wide emission trend 1950 to 2050 road transport and all sources. Paper presented at the EUROCHAMP2 Workshop: Chemistry, transport and impacts of atmospheric pollutants with focus on fine particles. Retrieved from http://www.eurochamp.org/events/2005/workshop_andechs

Ng, S. L., dan Lam, K. C. (2001). Respiratory suspended particulate (RSP) concentration and its implications to roadside workers: A case study of Hong Kong. *Environmental Monitoring and Assessment*, 72(3), 235-247.

Novotna, B., Topinka, J., Solansky, I., Chvatalova, I., Lnenickova, Z., dan Sram, R. J. (2007). Impact of air pollution and genotype variability on DNA damage in Prague policemen. *Toxicology Letteres*, 172(1-2), 37-47.

Pal, P., John, R. A., Dutta, T. K., dan Pal, G. K. (2010). Pulmonary function test in traffic police personnel in Pondicherry. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 54(4), 329-336.

Panis, L. I., Geus, B. d., Vandenbulcke, G., Willems, H., Degraeuwe, B., Bleux, N., et al. (2010). Exposure to particulate matter in traffic: A comparison of cyclists and car passengers. *Atmospheric Environment*, 44(19), 2263-2270.

Pertubuhan Kesehatan Sedunia (2011). Air quality and health. Fact Sheet. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/index.html>.

Rahman, M. A., Badruzzaman, dan Rahman, H. M. (2010). Assessing the impact of exposure to polluted air on the pulmonary systems of service personnel using a peak flow meter. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(11), 5533-5549

Satapathy, D. M., Behera, T. R., dan Tripathy, R. M. (2009). Health status of traffic police personnel in Brahmapur city. *Indian Journal of Community Medicine* 34(1), 71-72.

Sharma, A., Massey, D. D., dan Taneja, A. (2009). Horizontal gradients of traffic related air pollutants near a major highway in Agra, India. *Indian Journal of Radio dan Space Physics*, 38(6), 338-346.

Shyam, S., Verma, H. N., dan Bhargava, S. K. (2006). Study plan for air pollution monitoring and impact analysis. Air Pollution and It's Impact on Plant Growth. (pp. 147-172). New Delhi: New India Publishing Agency.

Singh, V., Sharma, B. B., Yadav, R., dan Meena, P. (2009). Respiratory morbidity attributed to auto-exhaust pollution in traffic policemen of Jaipur, *India. Journal of Asthma*, 46(2), 118-121.

Siti Zawiyah, A., Mohd Talib, L., Aida Shafawati, I., Juneng, L., dan Abdul Aziz, J. (2010). Trend and status of air quality at three different monitoring stations in the Klang Valley, Malaysia. *Air Quality, Atmosphere and Health*, 3(1), 53-64.

Tamura, K., Jinsart, W., Yano, E., Karita, K., dan Boudoung, D. (2003). Particulate air pollution and chronic respiratory symptoms among traffic policemen in Bangkok. *Archives of Environmental Health*, 58(4), 201-207.

Thorpe, A., dan Harrison, R. M. (2008). Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic: A review. *Science of the Total Environment*, 400(1-3), 270-280.

Zhang, Q., Streets, D. G., Carmichael, G. R., He, K. B., Huo, H., Kannari, A., et al. (2009). Asian emissions in 2006 for the NASA INTEX-B mission. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9, 5131-5153.

Buku bertajuk Meneroka Interaksi Dinamik dalam Kesihatan Persekitaran, Himpunan Siri Kajian di Malaysia ini dapat digunakan sebagai bahan rujukan kepada masyarakat umum mahupun pelajar yang ingin mendapatkan maklumat berkenaan dengan interaksi dinamik komponen alam sekitar yang berkaitan dengan kesihatan persekitaran. Buku ini ditulis dengan tujuan untuk memberikan pendedahan kepada pembaca berkenaan dengan interaksi dinamik dan hubungkait antara komponen-komponen utama alam sekitar dalam kesihatan persekitaran yang boleh memberi kesan kepada kesihatan manusia. Kefahaman mengenai hubungkait atau interaksi antara alam sekitar dan kesihatan manusia dapat mendorong individu untuk mengambil peranan yang lebih aktif dalam memulihara alam sekitar.

