

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: TABURAN LOGAM BERAT (Cd, Pb & Zn) DALAM SEDIMENT
DAN KERANG DI SEKITAR TELUK LIKAS

IJAZAH: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS

SAYA LEE SUE SUE SESI PENGAJIAN: 2003/04
(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau Kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan Oleh

SM

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 214, JALAN KALAI,
JENJANG, 08700 SURUN,
KEDAH.

Nama Penyelia

Tarikh: 20/4/06

Tarikh: _____

CATATAN:- *Potong yang tidak berkenaan.

**Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa /organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

@Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



4000008688



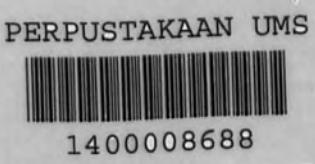
**TABURAN LOGAM BERAT (KADMUM, PLUMBUM, ZINK) DALAM
SEDIMEN DAN KERANG DI SEKITAR TELUK LIKAS**

LEE SUE SUE

**TESISINI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH
SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN**

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**PROGRAM SAINS SEKITARAN
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**



2006



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Saya mengakui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

Mac 2006



LEE SUE SUE
HS2003-1882



PENGESAHAN

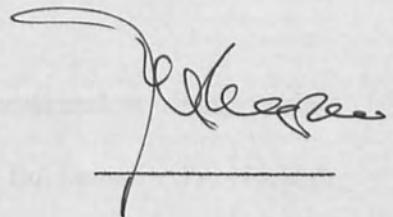
DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan

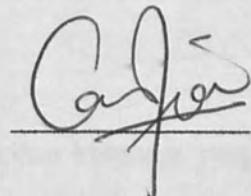
1. PENYELIA
(CIK FARRAH ANIS FAZLIATUL BT. ADNAN)



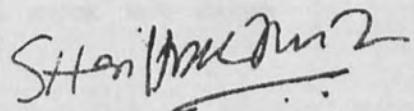
2. PEMERIKSA 1
(PROF. MADYA DR. MOHD. HARUN ABDULLAH)



3. PEMERIKSA 2
(CIK KAMSIA HJ. BUDIN)



4. DEKAN
(PROF. MADYA DR. SHARIFF A. KADIR S. OMAR)



PENGHARGAAN

Saya ingin menyampaikan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada penyelia saya, Cik Farrah Anis yang telah banyak membantu saya dalam menyiapkan disertasi ini. Beliau telah memberi tunjuk ajar serta bimbingan tanpa jemu kepada saya semasa projek dijalankan. Tidak lupa juga berterima kasih kepada pensyarah-pensyarah lain yang sudi memberi pendapat dan idea bernas yang tidak ternilai harganya sepanjang projek ini dijalankan.

Saya juga ingin mengambil kesempatan untuk merakamkan ribuan terima kasih kepada pembantu makmal En. Jalaluddin, Pn. Zainab, En. Sanudin, Pn. Noridah, Pn. Dayang dan Encik Muhin yang telah memberi bantuan dalam mendapatkan alat radas dan memberi tunjuk ajar dalam cara penggunaannya.

Selain itu, terima kasih kepada rakan-rakan seperjuangan dan keluarga yang telah membantu dalam projek atau memberi bantuan dari aspek lain dalam pelaksanaan projek serta sokongan moral mereka.

Akhir kata, budi kalian akan saya kenang buat selama-lamanya dengan harapan dapat dibalas kemudian.

Sekian, terima kasih.

Lee Sue Sue
HS2003-1882



ABSTRAK

Kajian paras kepekatan ke atas logam-logam berat (Cd, Pb dan Zn) dalam sedimen marin dan kerang telah dijalankan di sekitar Teluk Likas, Kota Kinabalu. Sampel kerang dan sedimen telah diambil pada Disember 2005 dan dihadamkan dengan menggunakan asid nitrik 69-70 % sebelum dianalisis dengan mesin Spektrofotometer Serapan Atom (Polarized Zeeman Z-5000). Nilai kepekatan logam yang dikaji dicatatkan dalam berat kering (μgg^{-1}). Stesen 4 iaitu kawasan rumah atas air mengandungi kepekatan logam yang paling tinggi berbanding dengan stesen-stesen yang lain iaitu Cd ($2.67 \pm 1.72 \mu\text{gg}^{-1}$), Pb ($27.81 \pm 4.39 \mu\text{gg}^{-1}$) dan Zn ($168.79 \pm 8.27 \mu\text{gg}^{-1}$). Di Stesen 4, kerang *Callista sp.* mempunyai kepekatan Cd ($1.68 \pm 0.17 \mu\text{gg}^{-1}$) yang paling tinggi manakala kerang *Anadara granosa* mencatatkan kepekatan Pb ($4.26 \pm 0.60 \mu\text{gg}^{-1}$) dan Zn ($122.00 \pm 37.85 \mu\text{gg}^{-1}$) yang paling tinggi. Korelasi antara kepekatan logam dalam sedimen dengan kepekatan logam dalam kerang *Meretrix meretrix* menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan ($p < 0.05$) bagi logam Cd dan Pb dan tidak bagi logam Zn. Ini mungkin disebabkan pengambilan Zn oleh kerang dikawal oleh tisu badannya. Hasil kajian menunjukkan bahawa paras kepekatan logam-logam Cd dan Pb dalam sedimen masih dalam julat normal yang ditetapkan oleh Alloway (1990) kecuali bagi logam Zn. Kepekatan logam Zn dalam sedimen adalah relatif tinggi berbanding dengan paras kepekatan logam yang wujud secara semulajadi dan berpotensi membawa kesan kritikal kepada persekitaran. Kerang yang diambil daripada kawasan kajian ini adalah selamat untuk dimakan kerana kepekatan logam Cd, Pb dan Zn dalam kerang ini adalah masih mematuhi piawai-piawai yang ditetapkan oleh ICES (1988), ABIA(1991), MPHT (1986), USFDA (1990) dan NHMRC (1987).



DISTRIBUTION OF HEAVY METALS (Cd, Pb & Zn) OF SEDIMENTS AND BIVALVES COLLECTED AT LIKAS BAY

ABSTRACT

This study was carried out to determine the concentration levels of heavy metals (Cd, Pb and Zn) in sediments and bivalves in the area of Teluk Likas in Kota Kinabalu. Bivalves and sediment samples were collected from three stations in December 2005 and later were digested with nitric acid 69-70% before analysed with Atomic Absorption Spectrophotometer (Polarized Zeeman Z-5000). The heavy metals concentrations were measured in dry weight (μgg^{-1}). Station 4 which is located in the water village area stated the highest mean concentration of metals in the sediments which are Cd ($2.67 \pm 1.72 \mu\text{gg}^{-1}$), Pb ($27.81 \pm 4.39 \mu\text{gg}^{-1}$) and Zn ($168.79 \pm 8.27 \mu\text{gg}^{-1}$) compared to the other stations. At Station 4, *Callista sp.* indicated the highest concentration for Cd ($1.68 \pm 0.17 \mu\text{gg}^{-1}$) while *Anadara granosa* stated the highest concentration for Pb ($4.26 \pm 0.60 \mu\text{gg}^{-1}$) and Zn ($122.00 \pm 37.85 \mu\text{gg}^{-1}$). Results showed that there were significant ($P<0.05$) correlations between Cd in *Meretrix meretrix* and Cd in the sediment, and between Pb in *Meretrix meretrix* and Pb in the sediment. No significant correlation ($P>0.05$) were found between Zn in *Meretrix meretrix* and Zn in the sediment and this may be due to the regulation of Zn in the soft tissue of *Meretrix meretrix*. The result of this study shows that the concentration level of Cd and Pb in the sediment samples are still within the normal range as stated by Alloway (1990) except for Zn. The concentration of Zn was relatively higher than the concentration level that exist naturally and is able to bring critical effects to the environment. The bivalves collected from this study area are safe to be consumed as the metal concentrations detected were lower than the recommended limits set by several food health guidelines namely [ICES, 1988], [ABIA, 1991], the [MPHT, 1986], [USFDA, 1990] and [NHMRC, 1987].

KANDUNGAN

MukaSurat

PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI FOTO	xii
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	xiii
SENARAI LAMPIRAN	
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kajian	4
BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN	5
2.1 Kerang	5
2.2 Sedimen	9
2.2.1 Taburan Logam Berat Dalam Sedimen	10
2.2.2 Kelarutan dan Mobiliti Logam Dalam Sedimen	12
2.3 Logam Berat	13
2.3.1 Punca Kewujudan Logam Berat	15
2.3.2 Faktor Yang Mempengaruhi Kepekatan Logam	
2.3.3 Kesan Logam Di Persekutaran	



2.3.4 Kadmium	20
2.3.5 Plumbum	23
2.3.6 Zink	25
BAB 3 BAHAN DAN METODOLOGI	27
3.1 Latar Belakang Tempat Kajian	27
3.2 Alat Radas dan Bahan Kimia	33
3.3 Pensampelan Sedimen dan Analisis Logam	33
3.4 Pensampelan Kerang	35
3.4.1 Kaedah Penghadaman	35
3.5 Penyediaan Larutan Piawai	36
3.6 Analisis Data	37
BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	38
4.1 Taburan logam berat dalam sedimen	38
4.2 Perbandingan logam berat dalam sedimen	40
4.2.1 Perbandingan tahap pencemaran sedimen	43
4.3 Taburan logam berat dalam kerang	44
4.3.1 Taburan Cd dalam kerang	46
4.3.2 Taburan Pb dalam kerang	47
4.3.3 Taburan Zn dalam kerang	48
4.3.4 Taburan logam berat dalam kerang <i>Meretrix meretrix</i> di Stesen 1, 2 dan 3	49
4.4 Perbandingan logam berat dalam sedimen dengan kerang <i>Meretrix meretrix</i> di Stesen 1, Stesen 2 dan Stesen 3	51
4.4.1 Kepekatan Cd dalam sedimen dengan <i>Meretrix meretrix</i>	52
4.4.2 Kepekatan Pb sedimen dengan <i>Meretrix meretrix</i>	53



4.4.3 Kepakatan Zn sedimen dengan <i>Meretrix meretrix</i>	55
4.5 Perbandingan antara kepekatan logam dalam sedimen dengan <i>Callista sp.</i> dan <i>Anadara granosa</i> di Stesen 4	57
4.6 Perbandingan kepekatan logam berat dalam sampel kerang dengan beberapa piawai makanan	59
BAB 5 KESIMPULAN	61
RUJUKAN	65
LAMPIRAN	72

SENARAI JADUAL

No. Jadual	Muka Surat
2.1 Piaawai logam berat untuk keselamatan makanan yang ditetapkan oleh beberapa negara.	8
2.2 Taburan kepekatan logam berat mengikut saiz partikel yang bebeza.	12
2.3 Kategori nilai saliniti mengikut kawasan pantai.	18
3.1 Lokasi kawasan kajian di sekitar Teluk Likas.	29
3.5.1 Kepekatan piaawai dalam penyediaan larutan piaawai bagi setiap logam.	35
4.1 Taburan logam berat sedimen di sekitar Teluk Likas dalam unit μgg^{-1} .	39
4.2 Piaawai kepekatan logam berat dalam sedimen (μgg^{-1}).	44
4.3 Taburan logam berat kerang di sekitar Teluk Likas dalam unit μgg^{-1} .	45
4.6.1 Perbandingan kepekatan logam dalam kerang di sekitar Teluk Likas dengan piaawai logam berat untuk keselamatan makanan yang ditetapkan oleh beberapa negara.	60



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
2.1 Lingkaran cara logam masuk ke dalam persekitaran	13
2.2 Kepekatan toksin bertambah apabila merentas ke bawah rantai makanan iaitu ke arah manusia.	16
3.1 Peta lokasi kajian dan stesen pensampelan di Teluk Likas, Kota Kinabalu.	32
4.1 Perbandingan kepekatan min logam berat (μgg^{-1}) dalam sedimen di sekitar Teluk Likas.	40
4.2 Taburan logam berat dalam <i>Meretrix meretrix</i> di sekitar Teluk Likas.	49
4.3 Perbandingan kepekatan Cd dalam sedimen dan kerang <i>Meretrix meretrix</i> di Stesen 1, Stesen 2 dan Stesen 3	52
4.4 Perbandingan kepekatan Pb dalam sedimen dan kerang <i>Meretrix meretrix</i> di Stesen 1, Stesen 2 dan Stesen 3	53
4.5 Perbandingan kepekatan Zn dalam sedimen dan kerang <i>Meretrix meretrix</i> di Stesen 1, Stesen 2 dan Stesen 3.	55
4.6 Perbandingan kepekatan logam berat sedimen dengan <i>Callista</i> dan <i>Anadara granosa</i> di Stesen 4.	57



SENARAI FOTO

No. Foto	Muka Surat
3.1 Stesen 1 yang berhampiran dengan bangunan Yayasan Sabah, Teluk Likas.	30
3.2 Stesen 2 yang berdekatan dengan medan makanan Anjung Selera, Teluk Likas..	30
3.3 Tempat kajian Stesen 3, Teluk Likas	31
3.4 Tempat kajian Stesen 4, kawasan rumah atas air.	31

SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

AAS	Spektrometer Serapan Atom
Cd	Kadmium
cm	sentimeter
g	gram
kg	kilogram
L	liter
M	Kepekatan
mg	miligram
mg/l	miligram per liter
ml	milliliter
Pb	Plumbum
pH	unit asid, neutral,bes atau alkali
ppm	bahagian per juta
V	Isipadu
Zn	Zink
$\mu\text{g/g}$	mikrogram per gram
μL	mikroliter
μm	mikrometer
%	peratus
$^{\circ}\text{C}$	Darjah Celcius



SENARAI LAMPIRAN**Muka surat**

A	Struktur kerang	72
B	Jadual 1: Piawai logam berat untuk keselamatan makanan yang ditetapkan oleh beberapa Negara.	73
C	Graf Kalibrasi	74
D	Data mentah	76
E	Keputusan SPSS	77
F	Foto	80

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Perkembangan pesat dalam kegiatan perindustrian menyebabkan peningkatan kes pencemaran logam berat yang signifikan terutamanya bagi teluk yang mempunyai arus aliran air lemah (Münir *et al.*, 2003). Pencemaran alam sekitar pada era kemajuan kini semakin meluas disebabkan kewujudan pelbagai sektor perindustrian dan masalah globalisasi. Pencemaran air dan pencemaran udara sudah menjadi isu yang biasa di kalangan masyarakat dan kurang mendapat perhatian yang serius. Oleh yang demikian, semua pihak perlu memberi perhatian dan mengawasi setiap aktiviti perindustrian di sekitarnya agar tidak mendatangkan masalah pencemaran.

Pencemaran yang disebabkan oleh logam berat telah menjadi perhatian kepada seluruh dunia. Logam berat boleh didefinisikan sebagai logam yang mempunyai ketumpatan yang melebihi 5g/cm^3 . Ini termasuk logam merkuri, nikel, arsenik, kadmium, aluminium, besi, platinum, plumbum dan kuprum. Logam berat ini adalah logam utama yang menyumbang dalam pencemaran (Landis dan Yu, 1998). Logam-logam ini banyak

digunakan dalam perindustrian seperti penghasilan produk bateri dan elektronik, barang kemas, pigmen cat, ink, pewarna, getah, plastik, pestisid, dan juga dalam bidang perubatan. Logam berat ini memasuki alam persekitaran semasa pemprosesan, penggunaan dan pembuangan bahan domestik. Logam berat adalah sangat bertoksik dengan bentuk ion atau sebatian, ia mudah meresap ke dalam air dan sedia untuk meresap masuk ke dalam organisma hidup (Landis dan Yu, 1998).

Logam seperti besi, mangan dan zink diperlukan dalam kuantiti yang kecil dalam kehidupan organisma hidup sebagai ion logam untuk membantu dalam tumbesaran (Forstner dan Wittmann, 1983).

Pencemaran logam berat boleh disebabkan oleh faktor semulajadi atau antropogenik (Novotny, 1995). Pencemaran yang disebabkan oleh logam berat adalah berpunca dari dua aspek yang utama iaitu aktiviti antropogenik yang berpunca daripada kegiatan manusia seperti perumahan, pembalakan, penternakan, penanaman dan pembinaan. Punca yang kedua adalah melalui proses alam semulajadi, contohnya hakisan, pemecahan batuan dan proses kitaran semulajadi dan rantaian makanan (Prego & Cobelo, 2003). Proses alam semulajadi ini dibantu oleh agen-agen tertentu seperti air, angin dan bakteria tertentu. Aras kepekatan logam yang diambil secara berlebihan akan menyebabkan masalah ketoksikan kepada organisma yang mengambilnya (Landis dan Yu, 1998).

Secara umumnya, tidak semua logam diperlukan dalam badan manusia seperti logam plumbum, kadmium dan merkuri. Logam-logam berat ini berupaya menyebabkan

ketoksikan kepada manusia apabila memasuki badan manusia melalui sumber makanan seperti ikan, daging, sayur-sayuran dan buah-buahan. Logam berat yang berada dalam kategori unsur logam yang mempunyai jisim atom yang tinggi boleh memberi kesan buruk kepada organisma hidup walaupun dalam kepekatan yang rendah dan logam-logam ini cenderung untuk terakumulasi dalam rantai makanan (Lee, 1997).

Kerang bukan sahaja merupakan salah satu sumber makanan nutrisi yang penting di seluruh dunia (Phillips, 1980 dan Widdows, 1985). Ia juga merupakan agen biomonitor yang baik dengan mempunyai kapasiti untuk mengumpul logam berat di persekitarannya (Cheung dan Wong, 1992; Wang dan Guo, 2000; Donald *et al.*, 1994; Han *et al.*, 1993). Kerang sering dijadikan sebagai penunjuk logam berat di dalam bidang sains kerana ia merupakan organisma sedentari (tidak bergerak ke tempat lain), mudah didapati sepanjang masa, pengenalpastian dan pensampelan yang mudah, dan berkemampuan untuk menahan perubahan dan pencemaran persekitaran (Wang *et al.*, 2004; Cheung dan Wong, 1992).

Memandangkan kerang merupakan sejenis makanan komersial, tahap kandungan logam dalam kerang dapat menentukan bahan toksid yang boleh membawa keburukan kepada kesihatan manusia (Yap *et al.*, 2004). Bahan toksik didefinisikan sebagai bahan yang merbahaya kepada organisma hidup melalui keupayaannya untuk menjelaskan tisu, organ atau proses biologi (Manahan, 1994).

Teluk Likas dijadikan tempat kajian kerana terdapat banyak aktiviti perikanan dijalankan di sana terutamanya bagi penduduk rumah atas air di kawasan itu. Hasil

perikanan seperti kerang mungkin dicemari oleh logam berat kerana terdapat kawasan perumahan atas air, tempat rekreasi, restoran dan jalanraya yang sibuk di sekitar kawasan itu. Teluk merupakan tempat yang sesuai bagi kehidupan kerang (Cheung dan Wong, 1992). Arus aliran air di teluk lebih perlahan jika dibandingkan dengan pantai terbuka boleh menyebabkan akumulasi bahan pencemar di teluk semakin serius. Jadi, kualiti air yang semakin merosot akan memberi kesan negatif kepada sistem ekologi dan menganggu aktiviti sosio-ekonomi di kawasan tersebut (Cheung dan Wong, 1992).

1.2 Objektif Kajian

Objektif-objektif kajian ini adalah seperti berikut:

- (i) Mengkaji paras logam kadmium, plumbum dan zink dalam sedimen.
- (ii) Mengkaji paras logam kadmium, plumbum dan zink dalam kerang.
- (iii) Membandingkan paras logam kadmium, plumbum dan zink dalam kerang dengan parameter yang berkaitan.

BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 Kerang

Moluska merupakan haiwan yang berbadan lembut dan bercengkerang. Kerang merupakan salah satu jenis moluska yang boleh didapati di kawasan pesisiran pantai. Ia dapat menyesuaikan diri pada suhu yang sederhana iaitu suhu yang tidak terlalu panas atau tidak terlalu sejuk. Oleh itu, kerang mudah didapati di antara air pasang dengan air surut (Cheung & Wong, 1992). Kawasan intertidal yang biasanya dekat dengan estuari merupakan habitat semulajadi bagi kerang. Walaubagaimanapun, air laut sering terdedah dengan pelbagai pencemar dan patogen-patogen yang disebabkan oleh aktiviti-aktiviti manusia (Wu dan Chen, 2005). Maka peluang pendedahan kerang kepada bahan pencemar dari punca kegiatan manusia yang dialirkan dari darat ke dalam sistem sungai dan seterusnya ke laut adalah tinggi (Yap *et al.*, 2004).

Hidupan air laut boleh mengakumulasi logam dalam badannya melalui air laut, partikel terampai, sedimen dan rantai makanan. Saiz sesuatu organisma mungkin ialah salah satu faktor yang mempengaruhi kepekatan logam berat (Blackmore, 2001).

Banyak logam berat wujud secara semulajadi dalam persekitaran air laut. Sebahagian daripada logam berat akan membawa kesan negatif kepada sistem ekologi apabila melebihi had kepekatan yang ditetapkan. Hidupan air seperti kerang mempunyai sifat mengumpul logam berat dalam tisunya menjadikannya sebagai pengesan pencemaran sekitar yang berkesan. Contohnya, kerang berupaya mengakumulasi kadmium dalam tisu lembutnya mencapai kepekatan 100000 kali lebih tinggi berbanding dengan air pada tempat tinggalnya. Kepekatan logam berat yang tinggi telah didapati pada kerang di seluruh dunia. Kerang boleh mengakumulasi logam berat yang lebih tinggi berbanding dengan organisma air laut yang lain. Kerang juga sebagai satu gambaran atau wakil bagi sesuatu tempat yang tercemar (Munir *et al.*, 2003)

Kerang merupakan pengesan logam berat yang baik disebabkan kebolehannya mengumpul logam dengan afiniti yang lebih tinggi dari persekitaran dalam bentuk yang tertentu jika dibandingkan dengan sedimen (Szefer *et al.*, 2004). Kerang juga merupakan organisma yang berupaya untuk mengumpul jumlah bahan pencemar yang banyak dalam tisu lembutnya (Goldberg *et al.*, 1978). Ini adalah disebabkan tisu lembutnya memudahkan logam berat terkumpul dalamnya dan ini akan memberi impak yang signifikan pada kesihatan manusia yang memakannya (Ismail *et al.*, 1999). Kepekatan logam berat adalah tinggi dalam dua tisu utama dalam kerang iaitu tisu insang (*gills*) dan kelenjar sistem penghadaman (*digestive gland*) yang boleh mempengaruhi fisiologi dalam proses respirasi dan proses pemakanan (Panfoli *et al.*, 2000)

Logam berat yang bertaburan dalam organisma akuatik bergantung pada beberapa faktor iaitu (i)kepekatan logam berat dalam air dan sedimen di persekitaran, (ii)spesies organisma dan (iii)saiz badan dan umur organisma. Kepekatan logam berat yang berbeza boleh didapati dalam organ yang berbeza dalam sampel biologi yang sama. Akumulasi logam berat boleh berpunca dari pelbagai sumber di persekitarannya. Punca-punca yang mungkin termasuklah sedimen, tanah runtuh dan pengaliran tanah, lepasan habuk dan aerosol ke udara serta pembuangan kumbahan (Ip *et al.*, 2005).

Kerang merupakan sumber protein yang mudah didapati dan murah bagi keperluan manusia. Contohnya, kerang hijau (*Perna viridis*) mengandungi 60% protein dalam setiap 100 g tisu lembutnya (Panfoli *et al.*, 2000). Dari segi nutrisi makanan, kerang adalah sumber makanan yang berperanan penting dalam membekalkan nutrien seperti kadmium dan ferum serta sebahagian vitamin seperti niasin, thiamin dan riboflavin (Cheong & Lee, 1984). Kerang juga mengandungi n-3 asid lemak iaitu polisakarida tak tepu yang penting secara biologikalnya bagi mengurangkan risiko penyakit kardiovaskular (Kromhout *et al.*, 1985).

Walaubagaimanapun, pengambilan makanan laut yang tercemar dengan logam berat dalam kuantiti yang banyak akan menyebabkan keracunan toksik pada manusia kerana logam berat adalah bahan kimia tak organik yang tidak terbiodegradasi serta tidak boleh berubah ke bentuk yang kurang merbahaya apabila dimakan oleh manusia. Dengan demikian, kerang memainkan peranan yang signifikan dalam penilaian tahap kandungan logam berat di dalam manusia (Kromhout *et al.*, 1985). Kandungan logam berat dalam

kerang yang ditetapkan oleh Akta Makanan Malaysia, 1985 bagi kadmium dan plumbum masing-masing ialah $1.00 \mu\text{g/g}$ dan $2.00 \mu\text{g/g}$ (Akta Makanan 1985).

Jadual 2.1 Piawai logam berat untuk keselamatan makanan yang ditetapkan oleh beberapa negara.

Lokasi	Berat	Cd ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)	Zn ($\mu\text{g/g}$)
Had yang dibenarkan oleh Akta Makanan Malaysia (1985)	Basah	1.00	2.00	100
<i>International Council for the Exploration of the Sea</i> (ICES, 1988)	Kering	1.80	3.00	-
Kementerian Kesihatan Brazil (ABIA, 1991)	Kering	5.00	10.0	250
Kementerian Kesihatan Awam Thailand (MPHT, 1986)	Kering	-	6.67	667
<i>Food and Drug Administration of the United States</i> (USFDA, 1990)	Kering	25.0	11.5	-
	Basah	3.70	1.70	-
Australian Legal Requirements (NHMRC, 1987)	Kering	10.0	-	750
Jabatan Pemeliharaan Persekutuan Hong Kong (HKEPD, 1997)	Basah	2.00	6.00	-

(Sumber : Yap *et al.*, 2004)

2.2 Sedimen

Sedimen merupakan sumber utama bagi bioakumulasi logam pada hidupan laut (Luoma, 1989; Chong dan Wang, 2000). Akibat daripada penyerapan dan proses akumulasi, kepekatan logam berat dalam sedimen adalah lebih tinggi daripada permukaan air dan keadaan ini kadang kala boleh menyebabkan masalah pencemaran sekunder (Chapman, 1996). Dalam persekitaran akuatik, logam berat yang dialirkkan hasil kegiatan perindustrian dan kumbahan ke dalam badan air akan dipindahkan ke dalam sedimen. Ini menyebabkan kepekatan logam dalam sedimen lebih tinggi daripada badan air (Luoma, 1989).

Estuari merupakan pertembungan antara air laut dengan sungai membekalkan tempat tinggal kepada ikan, kerang, laluan pengangkutan ataupun tempat rekreasi bagi orang ramai. Bahan buangan dari bandar dan industri melalui sungai telah mengalir ke laut melalui estuari. Perubahan fizikal dan kimia terhadap bahan buangan akan berlaku semasa pengaliran dari sungai ke laut mengakibatkan sedimen di estuari menjadi satu rekod yang penting untuk menunjukkan pencemaran kawasan tersebut. Di samping itu, sedimen di estuari merupakan punca pencemar sekunder yang boleh menjelaskan ekosistem di estuari dan air laut (Zhou *et al.*, 2004)

Logam dalam air secara semulajadi boleh wujud dalam bentuk terlarut, koloidal dan terampai. Kepelbagaiannya bergantung kepada jenis logam dan keadaan badan air yang berbeza. Pepejal terampai akhirnya termendar ke dasar laut akibat proses

RUJUKAN

- Akta Makanan Malaysia, 1985. Malaysian Food Regulation, Malaysian law on food and drugs, Malaysian Law Publishers (1985).
- Allen, H. E., 1995. *Metal Contaminated Aquatic Sediments*. Ann Arbor Press, Inc.
- Alloway, B. J., 1990. *Heavy metals in soil*. Blackie & Son Ltd, Glasgow.
- Blackmore, G., 2001. Interspecific variation in heavy metal body concentrations in Hong Kong marine invertebrates. *Environmental Pollution* **114**, 303-311.
- Botkin, D. B. dan Keller, E. A., 2003. *Environmental Science: Earth As A Living Planet*. Ed. 4th. John Wiley and Sons, Inc.
- Chan, Pei See, 2003. Produktiviti di Teluk Likas. Disertasi Sarjana Sains, Universiti Malaysia Sabah.(tidak diterbitkan).
- Chapman, D., 1996. *Water Quality Assessments: A guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. E & FN SPON.
- Cheung, Y. H., and Wong, M. H., 1992^a. Comparison of trace metal contents of sediments and mussels collected within and outside Tolo Harbour, Hong Kong. *Environmental Management* **16**, 743-751.
- Cheung, Y. H., and Wong, M. H., 1992^b. Trace metal contents of the Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*) purchased from markets in Hong Kong. *Environmental Management* **16**, 753-761.

- Chong, K., and Wang, W. X., 2000. Bioavailability of sediment-bound Cd, Cr and Zn to the green mussel *Perna viridis* and the Manila clam *Ruditapes philippinarum*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 255, 75-92.
- Dando, M., Burchett, M. dan Waller, G., 1996. *Sealife A Complete Guide To the Marine Environment*. Pica Press.
- Donald J. R., Philip, S. O., Alan, J. M. and Thomas C. G., 1994. Effects of pollution on saltwater organisms. *Water Environment Research* 67, 718-723.
- Drexler, J., Fisher, N., Henningsen, G., Lanno, R., McGeer, J. dan Sappington, K. 2003. *Issue Paper on the Bioavailability and Bioaccumulation of Metals (Draft)*. Washington: U.S. Environmental Protection Agency.
- Farmer, A., 1997. Managing Environmental Pollution. Routledge, London and New York.
- Feinberg, H. S., 1980. Guide to Shells. Simon and Schuster Inc.
- Forstner, U. dan Salomons, W., 1980. Trace metal analysis on polluted sediments. Part 1. Assessment of sources and intensities. *Environment Tech.*
- Forstner, U., dan Wittman, G. T. W., 1983. *Metal pollution in the Aquatic Environment*. Springer-Verlag, Berlin.
- Friberg, L., Piscator, M. dan Nordberg, G., 1974. *Cadmium in the Environment*. Ohio: CRC Press.
- Giordano, R., Arata, P., Ciaralli, L., Rinaldi, S., Giani, M., Cicero, AM dan Costantini, S., 1991. Heavy metals in mussels and fish from Italian coastal waters. *Mar Pollut Bull* 22, pp. 10-14.

- Goldberg E.D., Bowen, V.T., Farrington, J.W., Harvey, G., Martin, J.H., Parker, P.L., Risebrough, R.W., Robertson, W., Schneider, W. dan Gamble, E., 1978. The Mussel Watch. *Environmental Conservation* **5**, 101–125.
- Gorell, J. M., Johnson, C. C., Rybicki, B. A., Peterson, E. L., Kortsha, G. X., Brown G. G., dan Richardson, R. J., 1997. Occupational exposures to metals as risk factors for Parkinson's Disease. *Neurology* **48**, 650–658.
- Gundacker, C., 2000. Comparison of heavy metal bioaccumulation in freshwater mollusks of urban river habitats in Vienna. *Environmental Pollution* **110**, 61-71.
- Han, Bor-Cheng, Jeng, Woei-Lih, Tsai, Ya-ni & Jeng, Ming-Shiou, 1993. Depuration of copper and zinz by Green Oysters and Blue Mussels of Taiwan. *Environmental Pollution* **82**, 93-97.
- Han, B-C, Jeng, W-L, Hung, T-C dan Wen, M-Y. 1996. Relationship Between Copper Speciation in Sediments and Bioaccumulation by Marine Bivalves of Taiwan. *Enviromental Pollution* **91** (1): 35-39.
- Heath, A.G., 1995. *Water Pollution and Fish Physiocology*. Ed. Ke-2. CRC Press, Inc., Boca Raton.
- Horowitz, A.J., 1991. *A Primer on Sediment-Trace Elements Chemistry*. Chelsea: Lewis Publisher.
- Ip, C.C.M., Lia, X.D., Zhang, G., Wong, C.S.C. dan Zhang, W.L, 2005. Heavy metal and Pb isotopic compositions of aquatic organisms in the Pearl River Estuary, South China. *Environmental Pollution* **138**, Issue 3, 494-504.

- Ismail, A., Yap C. K. dan Tanabe, S., 1999. *Distribution of Heavy Metals in the Tissues of Green-Lipped Mussel Perna viridis (Linnaeus)*. College Universiti Terengganu, Malaysia.
- Krivolutzkii, D.A. dan Pokarzhevskii, A.D. 1991. Soil fauna as bioindicators of biological after-effects of the Chernobyl Atomic Power Station accident. Dlm. Jeffrey, D.W. dan Madden, B. (ed.). *Bioindicators and Environmental Management*. London: Academic Press Limited. 135-244.
- Kromhout, D., Bosschieter, E. B. dan Lezenne, C. C., 1985. The inverse relationship between fish consumption and 20-year mortality from Coronary Heart Disease. *New England Journal of Medicine* **312**, 1205–1209.
- Landis, W. G. & Yu. M. H., 1998. *Introduction To Environmental Toxicology: Impacts of Chemicals Upon Ecology System*. London: Lewis Publisher.
- Lee, C. C., 1997. *Dictionary of Environmental Legal Terms*. New York: Mc Graw-Hill.
- Luoma, S. N., 1989. Can we determine the biological availability of sediment-bound trace elements?. *Hydrobiologia*, 379–396.
- Manahan, S. E. 1994. *Environmental Chemistry*. Ed. 6th. United States: Lewis Publishers.
- Merian, E. (pnyt.), 1991. *Metals and their compounds in the environment: Occurrence, analysis, and biological relevance*. VCH Publishers, Inc., New York.
- Mohammad Iqbal Hashmi, Saleem Mustafa and Shabbir Ahmad Tariq, 2002. Heavy metal concentrations in water and tiger prawn (*Penaeus monodon*) from grow-out farms in Sabah, North Borneo. *Journal of Food Chemistry* **79**, 151-156.

Münir Ziya Lugal GÖKSU, Mustafa AKAR, Fatma ÇEVİK dan Özlem FINDIK, 2003.
Bioaccumulation of some heavy metals (Cd, Fe, Zn, Cu) in two bivalvia species.
 Faculty of Fisheries, Çukurova University, Adana – Turkey.

Mueller, J. A., Anderson, A.R. dan Jeris, J.J., 1976. Contaminants entering the New York
 Bight: Source, mass loads, significance. *Am. Soc. Limnol. Oceanographic* **2**, 162.

Novotny, V., 1995. Diffuse source of pollution by toxic metals and impact on receiving
 water. *Heavy metals: Problems and Solutions*. New York: Springer.

Otero, X.L., Vidal-Torrado, P., Calvo de Anta, R.M. dan Macías, F., 2005. Trace
 elements in biodeposits and sediments from mussel culture in the Ría de Arousa
 (Galicia, NW Spain). *Environmental Pollution* **136**, Issue 1, 119-134.

Panfoli, I., Burlando, B. dan Viarengo, A., 2000. Effects of heavy metals on
 phospholipase C in gill and digestive gland of the marine mussel *Mytilus
 galloprovincialis* Lam. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B:
 Biochemistry and Molecular Biology* **127**, Issue 3 , 391-397.

Phillips, D. J. H., 1980. *Quantitative Aquatic Biological Indicators: Their Use to Monitor
 Trace Metal and Organochlorine Pollution*. Applied Science Publishers, London.

Phillips, D.J.H, 1985. Organochlorines and trace metals in green-lipped mussels *Perna
 viridis* from Hong Kong waters: a test of indicator ability. *Mar Ecol Prog Ser* **21**,
 251–258.

Prego, R. dan Cobelo, A., 2003. Twentieth century overview of heavy metals in the
 Galician Rias (NW Iberian Peninsula). *Environmental Pollution* **121**, 425-452.

Rainbow, P.S., 1997. Trace metal accumulation in marine invertebrates: marine biology
 or marine chemistry. *Jurnal Marine Biogyl Association UK* **77**, 195–210.

Reilly, C., 1980. *Metal Contamination of Food*. London: Applied Science Publishers Ltd: 215.

Sokolova, I. M., Ringwood, A. H. dan Johnson, C., 2005. Tissue-specific accumulation of cadmium in subcellular compartments of eastern oysters *Crassostrea virginica* Gmelin (Bivalvia: Ostreidae). *Aquatic Toxicology* 74, 218-228.

Stumm, W. dan Morgan, J. 1970. *Aquatic Chemistry*. John Wiley & Sons, New York.

Szefer, P., Fowler, S.W., Ikuta, K. dan Klavour, A. G., 2004. A comparative assessment of heavy metal accumulation in soft parts and byssus of mussels from subarctic, temperate, subtropical and tropical marine environments. *Environment Pollution*, 15 Dec.

Tukimat, L., Dayang Aminah, Salmijah, S. & Lee, Y. H., 1999. Assessment of heavy metals in a Malaysian Diet. *Buletin Kesihatan Masyarakat* (5), 37-45.

Wang, Wen-Xiong dan Guo, Laodong, 2000. Influences of natural colloids on metal bioavailability to two marine bivalves. *American Chemical Society :Environ. Sci. Technoogy* 34 (21), 4571 -4576.

Wang Yawei, Liang Lina, Shi Jianbo dan Jiang Guibin, 2004. Study on the contamination of heavy metals and their correlations in mollusks collected from coastal sites along the Chinese Bohai Sea. *Environment International*, 10 Dec.

Widdows, J., 1985. *Physiological procedures: The Effects of Stress and Pollution on Marine Animals*. Praeger Press, New York, 161-178.

- Wu, Jui-Pin and Chen, Hon-Cheng, 2005. Metallothionein induction and heavy metal accumulation in white shrimp *Litopenaeus vannamei* exposed to cadmium and zinc. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* **140**, 383-394.
- Yap C. K., Ismail A., Tan S. G. dan Omar, H., 2002. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia. *Environment International* **28**, 117-126.
- Yap C. K., Ismail A. dan Tan S. G., 2004. Heavy metal (Cd, Cu, Pb and Zn) concentrations in the green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) collected from some wild and aquacultural sites in the west coast of Peninsular Malaysia. *Food Chemistry* **84** (4), 569-575.
- Zhou, Huai-yang, Peng, Xiao-tong dan Pan, Jian-ming, 2004. Distribution, source and enrichment of some chemical elements in sediments of the Pearl River Estuary, China. *Continental Shelf Research* **24**, 1857-1875.