

**KEUPAYAAN KULIT KETAM, TIRAM DAN KERANG MENJERAP LOGAM  
BERAT KADMIU**

**ANDRESIA A. LOJINGAU**

**PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UTUK MEMENUHI  
SEBAHAGIANDARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI  
IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN**

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

**MAC 2007**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PERCERAIHAN STATUS TESIS@

JUDUL: KEUPAYAAN KULIT KETAM, TIRAM DAN KEPAH MENJERAP LOGAM BERAT CADMIUM.

Ijazah: SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUTIAN (SAINS SEKITARAN)

SESI PENGAJIAN: 2004/2007

Saya ANDRESIA A LOSINGAU

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/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 sabaja.
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

*Gwyn*

(TANDATANGAN PENULIS)

Disahkan oleh

*dy*  
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

CIK KAMSIA BUDIN

Nama Penyclia

Tarikh: 23 APRIL 2007

Tarikh: 23 APRIL 2007

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 disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGAKUAN

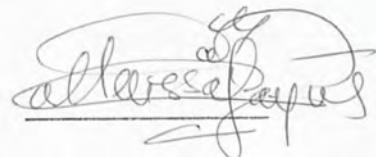
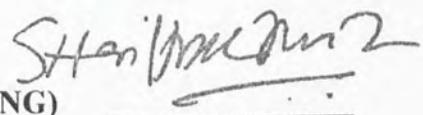
Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

16 MAC 2007

  
\_\_\_\_\_  
ANDRESIA A. LOJINGAU  
HS2004-2988

**DIPERAKUKAN OLEH**

Tandatangan

**1. PENYELIA  
(CIK KAMSIA BUDIN)****2. PEMERIKSA 1  
(PROF. MADYA DR. MOHD HARUN ABDULLAH)****3. PEMERIKSA 2  
(CIK CAROLYN MELISSA PAYUS)****4. DEKAN  
(SUPT/KS. PROF. MADYA DR. SHARIFF A.K. OMANG)**

## PENGHARGAAN

Dalam menyempurnakan disertasi ini, saya telah dibantu oleh pelbagai individu yang telah menyokong saya tidak kira dari segi moral atau kewangan. Terlebih dahulu, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada Cik Kamsia Budin selaku penyelia saya atas teguran dan ajaran yang telah diberikan olehnya, saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pensyarah-pensyarah lain yang telah memberikan pendapat untuk memperbaiki penulisan disertasi ini. Selain daripada itu, rakan-rakan seperjuangan saya terutama sekali Christina Pun Nyuk Chin dan Alice Ngo Chin Chin juga telah memberikan pendapat yang tidak kurang untuk memperbaiki penulisan disertasi ini. Ibu bapa saya juga sedikit sebanyak telah membantu saya dari segi sokongan kewangan dan juga sokongan moral. Tidak lupa juga kepada kakitangan-kakitangan makmal yang telah memberikan kerjasama yang baik. Dengan sokongan daripada individu-individu ini, saya dapat membuat disertasi ini dengan lebih baik.

## ABSTRAK

Kajian ini dilakukan bagi melihat pengaruh faktor saiz partikel, faktor jisim serta faktor masa dalam keupayaan penjerapan sampel penjerap kulit tiram, kulit kepah serta kulit ketam. Selain daripada itu, perbandingan di antara sampel penjerap juga dilakukan bagi menetapkan sampel penjerap yang terbaik. Faktor saiz partikel yang diambil kira adalah 0.25mm, 0.5mm dan 1mm. Manakala faktor jisim yang diambil kira adalah jisim 0.25g, 0.5g dan 1g. Daripada kajian yang telah dilakukan, sampel penjerap yang mempunyai saiz partikel yang paling kecil menunjukkan peratus penjerapan yang paling tinggi diikuti oleh saiz partikel 0.5mm dan 1mm. Dari segi faktor jisim, sampel penjerap ketam menunjukkan peratus penjerapan yang paling tinggi pada sampel penjerap yang mempunyai jisim yang paling banyak iaitu 1g diikuti oleh sampel penjerap yang berjisim 0.5g dan 0.25g. Dalam sampel tiram dan kepah pula, sampel penjerap yang menunjukkan peratus penjerapan yang paling tinggi adalah sampel yang berjisim 0.5g, diikuti 1g dan 0.25g. Sampel penjerap dengan jisim 1g menunjukkan peratus penjerapan yang lebih rendah kerana mempunyai jisim yang terlalu tinggi. Ion-ion Cd tidak dapat memenuhi ruang permukaan pertukaran ion yang lebih besar menyebabkan peratus penjerapan berkurangan. Dari segi sampel penjerap pula, sampel ketam didapati mempunyai peratus penjerapan yang paling tinggi sebanyak 98.92% diikuti sampel tiram sebanyak 98% dan seterusnya kepah sebanyak 94.93%.

## ABSTRACT

### The Ability Of Crab Shell, Oyster shell And Clam Shell To Adsorb Cadmium From Aqueous Solution.

In This study, the Cadmium uptake capacity of crab shell, oyster shell and clam shell is evaluated by taking into account three factors which is particle size, quantity of sorbent (g) and time frame. This study also compares the Cd uptake capacity of crab shell, oyster shell and clam shell. The biosorption capacity of oyster, clam and crab shell were studied at different particle sizes (0.25mm, 0.5mm & 1mm) and sorbent quantity (0.25g, 0.5g & 1g). Sorbents with the smallest particle size (0.25mm) recorded the highest uptake capacity followed by 0.5mm and 1mm. in crab sorbents, samples with the highest quantity showed the highest uptake capacity followed by sorbents with lower sorbent quantity (0.5g & 0.25g). However, in oyster shell and clam shell sorbents, samples with 1g sorbents seems to record a lower uptake capacity compared to 0.25g and 0.5g sorbents. This is due to the increasing quantity of sorbent limits the uptake capacity. Cd ions are not sufficient to fill all the surface exchangeable sites of the sorbent, resulting in low uptake capacity. Crab shell shows the highest uptake capacity (98.92%) followed by oyster (98%) and clam shell (94.93%).

## ISI KANDUNGAN

	<b>Muka Surat</b>
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	ix
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI FOTO	xiii
SENARAI SIMBOL	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Pengenalan	1
1.2 Kepentingan Kajian	5
1.3 Objektif Kajian	5
<b>BAB 2 ULASAN LITERATUR</b>	<b>6</b>
2.1 Kadmium	6
2.2 Pencemaran dan Pendedahan Kadmium	7
2.3 Kesan dan Ketoksikan Kadmium	10
2.3.1 Kesan Terhadap Tumbuhan	10
2.3.2 Kesan Terhadap Haiwan dan Manusia	10
2.4 Piawaian yang ditetapkan bagi Kadmium	12
2.5 Penjerapan Logam Berat oleh Kitin dan Kitosan	14
2.6 Kitin dan Kitosan	15
2.7 Kajian yang pernah dibuat	15
<b>BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH</b>	<b>18</b>
3.1 Penyediaan Larutan Sampel Ketam, Tiram dan Kepah	18
3.2 Penyediaan Stok Piawai Logam Berat	19
3.3 Penggoncangan Sampel Penjerap (Faktor Masa)	20
3.4 Penetapan Ph	20

3.5	Formula Kadar Penjerapan	21
<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN</b>	<b>24</b>
4.1	Pengaruh Masa Dalam Penjerapan Cd Oleh Tiram, Kepah dan Ketam	24
4.2	Pengaruh Saiz Partikel dan Jisim Dalam Penjerapan Kadmium oleh Tiram	25
4.3	Pengaruh Saiz Partikel dan Jisim Dalam Penjerapan Kadmium oleh Kepah	27
4.4	Pengaruh Saiz Partikel dan Jisim Dalam Penjerapan Kadmium oleh Ketam	29
4.5	Perbandingan Jenis Bahan Penjerap Mengikut Jisim 0.25g	32
4.6	Perbandingan Jenis Bahan Penjerap Mengikut Jisim 0.5g	35
4.7	Perbandingan Jenis Bahan Penjerap Mengikut Jisim 1g	38
4.8	Perkaitan antara Faktor Jisim, Saiz Partikel dan Masa	41
<b>BAB 5</b>	<b>PERBINCANGAN</b>	<b>42</b>
5.1	Pengaruh Masa dalam Penjerapan Cd oleh Tiram, Kepah dan Ketam	42
5.2	Pengaruh Saiz Partikel dan Jisim Dalam penjerapan Kadmium Oleh Tiram	43
5.3	Pengaruh Saiz Partikel dan Jisim Dalam penjerapan Kadmium Oleh Kepah	44
5.4	Pengaruh Saiz Partikel dan Jisim Dalam penjerapan Kadmium Oleh Ketam	45
5.5	Perbandingan Keupayaan Penjerapan Sampel Tiram, Kepah dan Ketam	46
<b>BAB 6</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	<b>47</b>
6.1	KESIMPULAN	47
6.2	CADANGAN	48
RUJUKAN		49
LAMPIRAN		52

**SENARAI JADUAL**

No. Jadual	Muka Surat
2.1 Data yang diperolehi daripada kajian Kilang bateri Xianjin dan GP.	8
2.2 Kadmium yang Dibebaskan ke Dalam Air dan Tanah , 1987 ke 1993 (dalam paun).	12

## SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
4.1 Peratus Penjerapan Cd Oleh 0.25g Kulit Tiram Mengikut Saiz 0.25mm, 0.5mm & 1mm.	25
4.2 Peratus Penjerapan Cd Oleh 0.5g Kulit Tiram Mengikut Saiz 0.25mm, 0.5mm & 1mm.	25
4.3 Peratus Penjerapan Cd Oleh 1g Kulit Tiram Mengikut Saiz 0.25mm, 0.5mm & 1mm.	26
4.4 Peratus Penjerapan Cd Oleh 0.25g Kulit Kepah Mengikut Saiz 0.25mm, 0.5mm & 1mm.	27
4.5 Peratus Penjerapan Cd Oleh 0.5g Kulit Kepah Mengikut Saiz 0.25mm, 0.5mm & 1mm.	28
4.6 Peratus Penjerapan Cd Oleh 1g Kulit Kepah Mengikut Saiz 0.25mm, 0.5mm & 1mm.	28
4.7 Peratus Penjerapan Cd Oleh 0.25g Kulit Ketam Mengikut Saiz 0.25mm, 0.5mm & 1mm.	29
4.8 Peratus Penjerapan Cd Oleh 0.5g Kulit Ketam Mengikut Saiz 0.25mm, 0.5mm & 1mm.	30
4.9 Peratus Penjerapan Cd Oleh 1g Kulit Ketam Mengikut Saiz 0.25mm, 0.5mm & 1mm.	30
4.10 Perbandingan Jenis Penjerap Mengikut Jisim 0.25g & Saiz Partikel 0.25mm.	32
4.11 Perbandingan Jenis Penjerap Mengikut Jisim 0.25g & Saiz Partikel 0.5mm.	33

No. Rajah	Muka Surat
4.12 Perbandingan Jenis Penjerap Mengikut Jisim 0.25g & Saiz Partikel 1mm.	34
4.13 Perbandingan Jenis Penjerap Mengikut Jisim 0.5g & Saiz Partikel 0.25mm.	35
4.14 Perbandingan Jenis Penjerap Mengikut Jisim 0.5g & Saiz Partikel 0.5mm.	36
4.15 Perbandingan Jenis Penjerap Mengikut Jisim 0.5g & Saiz Partikel 1mm.	37
4.16 Perbandingan Jenis Penjerap Mengikut Jisim 1g & Saiz Partikel 0.25mm.	38
4.17 Perbandingan Jenis Penjerap Mengikut Jisim 1g & Saiz Partikel 0.5mm.	39
4.18 Perbandingan Jenis Penjerap Mengikut Jisim 1g & Saiz Partikel 1mm.	40

**SENARAI FOTO**

No. Foto	Muka Surat
3.1 Gambar sampel ketam ( <i>Scylla Serata</i> ) sebelum ditumbuk	22
3.2 Gambar sampel tiram ( <i>Pinctada Margaritifera</i> ) sebelum ditumbuk	22
3.3 Gambar sampel kepah ( <i>Perna Veridis</i> ) sebelum ditumbuk	23

## SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

Zn	zink
Cd	kadmium
Fe	ferum
Cu	kuprum
Ni	nikel
Co	kobalt
Pb	plumbum
NH <sub>2</sub>	amina
CaCO <sub>3</sub>	kalsium karbonat
mm	millimeter
g	gram
ml	milliliter
µg/l	mikrogram per liter
µg <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	mikrogram padu per meter pada
mg/kg	milligram per kilogram
mg/l	milligram per liter
ppb	parts per billion
ppm	part per million
MT	metallothionein
MCL	interim maximum contaminant level
MCLG	maximum contaminant level goals
OSHA	occupational safety and health administration
NIOSH	national institute for occupational safety and health
FDA	food and drugs administration
USEPA	United States environmental protection agency

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Pengenalan**

Logam berat diketahui merbahaya terhadap kesihatan manusia. Walaupun dalam kuantiti yang sedikit, ia berupaya menyebabkan kerosakan pada sistem tubuh manusia. Terdapat juga logam berat yang walaupun didedahkan pada kuantiti yang sedikit tetapi untuk selang masa yang lama boleh menyebabkan kerosakan yang sangat serius pada sistem tubuh.

Sisa logam berat boleh dikategorikan ke dalam semua empat kategori mengikut USEPA (United States Environment Protection Agency) iaitu F-list, K-list, P-list dan juga U-list, contohnya, plumbum boleh tersebar daripada sumber tidak spesifik seperti cat pada dinding dan juga pada paip-paip lama. Kadmium pula boleh tersebar melalui sumber spesifik seperti industri penghasilan cat, selain itu, ia juga boleh tersebar melalui produk kimia komersial contohnya dalam industri penghasilan kadmium secara komersial. Sisa merbahaya yang dikategorikan sebagai F-list adalah sisa yang datang daripada sumber

yang tidak spesifik, contohnya, sisa daripada proses pengeluaran dan industri seperti bahan pelarut yang digunakan dalam operasi pembersihan. K-list pula mengkategorikan sisa-sisa daripada sumber yang spesifik, sisa-sisa di bawah kategori ini biasanya terhasil daripada industri-industri yang lebih spesifik seperti industri pestisid dan petroleum. P-list dan U-list pula adalah produk komersial kimia yang dibuang atau tidak berguna (USEPA, 2006).

Sisa merbahaya tergolong di bawah 4 ciri iaitu mudah terbakar (Ignitibility), menghakis (Corrosivity), kereaktifan (Reactivity) serta ketoksikan (Toxicity). Jika sesuatu sisa menunjukkan salah satu daripada ciri-ciri ini, ia dikategorikan sebagai sisa merbahaya (USEPA, 2006). Ciri mudah terbakar adalah situasi di mana sesuatu sebatian boleh menyebabkan kewujudan api dalam situasi yang tertentu. Ciri menghakis adalah kebolehan sesuatu sebatian untuk menghakis. Ciri kereaktifan adalah kebolehan sesuatu sebatian untuk bertindak balas dalam keadaan normal. Ciri ketoksikan pula, kebolehan sesuatu sebatian untuk menyebabkan kerosakan atau maut apabila dihadam atau diserap. Logam berat mempunyai ciri ketoksikan di mana logam berat seperti kadmium dan merkuri berupaya menyebabkan kerosakan pada sistem badan atau penyakit serta kecacatan. Oleh itu, logam berat adalah dikategorikan sebagai sisa yang merbahaya (USEPA, 2006).

Tiram, ketam dan kerang merupakan haiwan-haiwan yang menghuni sebahagian besar daripada kawasan marin atau air masin. Kulit-kulit moluska dan juga krustasia ini mengandungi kandungan kalsium yang tinggi, selain itu ia juga diketahui mengandungi

kitin (Cardenas *et al*, 2006). Haiwan-haiwan ini mengambil makanan dengan menapis air menggunakan insang melalui pergerakkan silia, menapis dan memakan makanan seperti plankton dan nutrien. Kulit-kulit haiwan ini juga mempunyai potensi untuk menyerap logam berat. Selain itu, menurut Science Daily yang diterbitkan pada 19 Jun, 1998, kajian yang dilakukan oleh Clemson University mendapati bahan penyerap kimia dalam kulit tiram berupaya membersihkan tumpahan minyak. Haiwan-haiwan ini juga boleh dimakan dan merupakan makanan yang digemari di kalangan penggemar makanan laut.

Remediasi melibatkan perawatan tanah, air atau udara daripada dicemari oleh sisa merbahaya akibat daripada bahan pencemar seperti logam berat, tumpahan minyak, kontaminasi organik dan lain-lain. Bahan-bahan ini adalah merupakan toksik kepada kesihatan manusia. Kaedah remediasi berbeza dari segi metodologinya, contohnya, photoremediasi menggunakan tumbuhan untuk menyerap pencemar toksik daripada tanah. Alternatif ini menggunakan tumbuh-tumbuhan yang berpotensi untuk menyerap logam berat seperti lalang. Bioremediasi menggunakan bakteria untuk menyerap atau membersihkan bahan pencemar (An *et al*, 2001). Contohnya dalam kes pertumpahan minyak, bakteria digunakan dalam membersihkan tumpahan minyak, ini kerana bakteria mampu memecahkan minyak kepada molekul-molekul yang kurang merbahaya kepada kesihatan manusia. Walau bagaimanapun, bioremediasi biasanya memerlukan kos yang tinggi. Terdapat juga teknologi yang menggunakan kaedah in-situ di mana pembersihan boleh dilakukan pada tempat dimana kontaminasi berlaku secara in-situ. Contohnya, pam dan rawatan (pump and treat), geokinetik, geochemical fixation, penggalian dan penstabilan (excavation and stabilization) dan juga kawasan tanah lembap tiruan

(artificial wetlands). Walaubagaimanapun, terdapat keburukan serta kebaikan teknologi-teknologi ini. Contohnya, sistem pam dan rawat tidak begitu efisien, memakan masa dan juga memerlukan kos penyelenggaraan yang tinggi. Ia juga tidak dapat dinafikan bahawa kebanyakkan kaedah remediasi tersebut adalah memerlukan kos yang mahal (Wise *et al*, 1994).

Semua teknologi-teknologi ini boleh digunakan untuk remediasi logam berat, walaupun bagaimanapun, teknologi-teknologi ini memerlukan kos yang tinggi untuk dijalankan. Selain daripada itu, ia juga menghasilkan sisa sampingan contohnya dalam kaedah pam dan rawat produk sampingan seperti lumpur (sludge) dihasilkan. Untuk mengatasi kelemahan ini, kaedah remediasi yang dikenali sebagai ‘Biosorption’ boleh diperkembangkan. Biosorption adalah kaedah remediasi logam berat dengan menggunakan sisa biomass. Kaedah ini murah dari segi kos di mana bahan-bahan yang digunakan sebagai penjerap logam berat adalah bahan yang mudah didapati, selain daripada itu, sisa-sisa biomass juga boleh digunakan semula (Wise *et al*, 1994).

Kaedah Biosorption bukan merupakan sesuatu yang baru. Malah pada isu Science Daily yang dikeluarkan pada 2 Ogos 2000 menyatakan bahawa sekumpulan penyelidik dari University of Illinois dan Illinois State Geology Survey telah menemui alternatif baru untuk mengeluarkan merkuri dalam asap yang dihasilkan daripada stesen janakuasa. Keadah ini adalah dengan menggunakan sisa biomass iaitu tayar lama serta kulit pistachio untuk membuat penyerap karbon aktif (activated carbon adsorbent) yang dipasang pada cerobong-cerobong asap untuk menyerap merkuri. Alternatif ini dikatakan lebih baik jika

dibandingkan dengan produk komersial yang sedia ada, kos penghasilannya juga dijangka lebih murah berbanding produk sedia ada (Wise *et al*, 1994).

## 1.2 Kepentingan Kajian

Melalui kajian yang akan dilakukan, kulit ketam, kerang serta tiram akan dapat dimanfaatkan dan tidak dibuang begitu sahaja oleh industri-industri yang menghasilkan bahan-bahan ini sebagai sisa industri, ini seterusnya akan dapat membantu mengurangkan sisa industri. Kajian ini juga berupaya membuka jalan kepada satu kaedah remediasi logam berat yang baru iaitu ‘biosorption’ yang bukan sahaja murah tetapi efektif berbanding dengan kaedah remediasi yang sedia ada.

## 1.3 Objektif Kajian

Kajian ini mempunyai beberapa objektif iaitu :

- I. Mengkaji faktor pengaruh saiz partikel terhadap kebolehan kulit kepah, tiram dan ketam menjerap logam berat Cd.
- II. Mengkaji faktor pengaruh jisim terhadap kebolehan kulit kepah, tiram dan ketam menjerap logam berat Cd.
- III. Mengkaji faktor pengaruh masa terhadap kebolehan kulit kepah, tiram dan ketam menjerap logam.
- IV. Membandingkan kebolehan menjerap di antara kulit ketam, tiram dan kepah.

## BAB 2

### ULASAN LITERATUR

#### 2.1 Kadmium

Kadmium tergolong dalam kumpulan logam perantaraan iaitu dalam kumpulan IIb bersama dengan merkuri dan juga Zn. Kadmium adalah logam yang berwarna perak keputihan dengan jisim atom relatif 112.4, ia juga mempunyai takat lebur yang lebih rendah jika dibandingkan dengan logam-logam lain iaitu pada suhu  $321^{\circ}\text{C}$ , pada suhu ini, ia adalah mudah terbentuk dan boleh dihasilkan dalam bentuk kepingan-kepingan yang nipis. Logam ini boleh bergabung dengan logam-logam yang lain untuk membentuk aloi. Kadmium sedia teroksida dalam bentuk  $\text{Cd}^{2+}$ , menghasilkan ion  $\text{Cd}^{2+}$  yang tidak berwarna. Kadmium wujud dalam persekitaran dengan separuh hayat dari 10 hingga 25 tahun (Landis *et al*, 1999).

Lebih kurang 2/3 daripada kadmium yang dihasilkan digunakan untuk menyalut besi, Fe, Cu dan aloi yang lain untuk mengelakkannya daripada hakisan. Kegunaan-kegunaan kadmium yang lain termasuklah pada bahagian-bahagian alat elektrik, pigmen, plastik, getah, pestisid, besi bergalvani dan lain-lain. Kegunaan kadmium yang istimewa termasuklah dalam pembuatan kapal terbang dan semi

konduktor. Oleh kerana kadar penjerapan kadmium yang tinggi terhadap neutron, ia juga digunakan pada rod kawalan dalam reaktor nukluer. Amerika Syarikat merupakan pengeluar kadmium yang terbanyak di dunia iaitu sebanyak 5000 tan (Landis *et al*, 1999).

## 2.2 Pencemaran dan Pendedahan Kadmium

Punca pencemaran kadmium biasanya datang daripada sumber-sumber seperti udara, air dan makanan. Kandungan kadmium dalam atmosfera adalah disebabkan oleh aktiviti-aktiviti seperti perlombongan, pembakaran bahan api fosil, pencetakan tekstil, pengitaran semula ferus dan minyak kereta, pembuangan dan pembakaran hasil lebihan kadmium dalam incinerator (contohnya plastik) dan juga asap tembakau. Sumber utama pendedahan kadmium kepada orang yang tidak terdedah kepada kadmium di tempat kerja adalah melalui pengambilan makanan serta melalui udara iaitu pernafasan. Dalam udara biasa, kandungan kadmium adalah sangat rendah dan tidak menyumbang kepada pencemaran. Kajian mendapati bahawa udara dalam kawasan perindustrian mengandungi kepekatan kadmium yang tinggi, ini dapat membuktikan bahawa pencemaran kadmium adalah disebabkan oleh aktiviti manusia (Landis *et al*, 1999).

Pencemaran kadmium dalam air mungkin menjadi masalah yang paling besar kerana pencemaran kadmium biasanya wujud dalam persekitaran akuatik. Kebanyakkannya sisa yang mengandungi kadmium mengalir ke kolam serta laut. Contoh sumber pencemaran adalah daripada lombong plumbum, kilang pelbagai jenis industri kimia, minyak kereta, tayar getah dan kilang bateri (Landis *et al*, 1999). Salah satu

contoh ialah kilang bateri yang memproses bateri NiCd (Nikel-kadmium) cas semula oleh Xianjin dan GP di China. Pada 22 Julai 2004, pihak Green Peace telah melawat kawasan kilang tersebut untuk memeriksa serta menjalankan kajian bagi membuktikan sama ada kilang tersebut menghasilkan sisa logam berat dan menyebabkan pencemaran pada kawasan setempat. Fokus utama dalam kajian tersebut adalah kandungan sisa bahan pencemar kadmium yang dihasilkan oleh kilang tersebut. Sampel air yang diambil didapati mengandungi kandungan logam kadmium yang tinggi (Brigden *et al.*, 2004).

**Jadual 2.1** Data yang diperolehi daripada kajian Kilang bateri Xianjin dan GP DI China. ( sumber daripada Brigden K & Santillo D, 2004).

No.Sampel	MI04023	MI04023	MI04022	MI04024	MI04021
Penerangan	Efluen x ditapis	Efluen x ditapis	Debu/pasir	Sedimen	Tanah
Lokasi	Parit kilang	Parit kilang	Parit kilang	Parit kilang	Kaw. perumahan
Logam	µg/l	µg/l	mg/kg dw	mg/kg dw	mg/kg dw
Arsenik (As)	<50	<50	<20	<20	<20
Kadmium (Cd)	1970	169	131	7070	7
Kromium (Cr)	<20	<3	27	41	13
Kobalt (Co)	264	78	24	200	4
Kuprum (Cu)	<30	<30	39	110	12
Plumbum (Pb)	256	<5	277	430	30
Mangan (Mn)	184	68	310	456	179
Merkuri (Hg)	<10	<10	<2	<2	<2
Nikel (Ni)	300	46	263	2230	23
Zink (Zn)	623	19	288	1910	95

Data seperti yang ditunjukkan di dalam jadual 2.1 di atas menunjukkan bahawa kepekatan kandungan sisa logam berat kadmium yang terdapat di dalam

sampel air bernombor MI04023 yang tidak ditapis adalah sebanyak 1970 µg/l dan sebanyak 169 µg/l pada sampel yang sama tetapi mengalami penapisan. Kandungan ini adalah jauh lebih tinggi dan merbahaya berbanding dengan kandungan kadmium semulajadi pada air permukaan iaitu kurang daripada 1µg/l (Elinder, 1992; ATSDR, 2000,). Akibat daripada pengeluaran sisa air yang mengandungi kepekatan logam berat yang tinggi, sebahagian besar daripada logam berat dalam sisa air tersebut akan bergabung dengan sedimen terampai dan seterusnya akan mendap ke dasar (Salomons *et al*, 1984). Oleh itu, penghasilan sisa air yang berterusan akan menyebabkan pengumpulan logam berat pada dasar.

Pencemaran kadmium dalam tanah berpunca daripada beberapa sumber. Sumber utama adalah daripada sisa air atau air sungai yang tercemar dengan logam berat yang dialirkan kepada kawasan agrikultur. Air yang dialirkan ke kawasan agrikultur mungkin tercemar, contohnya, dua buah kilang kimia di Taoyuan, Taiwan, telah menghasilkan air sisa yang tidak dirawat serta mengandungi logam berat kadmium dan juga plumbum, akibat daripada itu, lebih 100 hektar tanah tidak dapat digunakan kerana tercemar dengan logam berat ini (JKAZS, Universiti Taiwan, 2000). Sumber-sumber lain yang menjadi sumber kepada pencemaran tanah termasuklah hujan dan presipitasi kering, baja fosfat, logam berat dalam sisa merbahaya, cat atau warna, electroplating dan rawatan suhu, pengeluaran bateri, rawatan logam serta perlombongan.

Pencemaran makanan biasanya mempunyai kaitan secara terus dengan pencemaran tanah. Ini kerana makanan seperti padi serta sayur-sayuran yang ditanam dalam keadaan tanah yang tercemar, akan menyerap dan seterusnya mengumpulkan

logam berat pada tisunya, ini menjurus kepada pencemaran makanan (JKAZS, Universiti Taiwan, 2000). Pencemaran air juga mempunyai perkaitan dengan pencemaran kadmium pada makanan, kandungan logam berat yang tinggi dalam air menyebabkan ia diakumulasi oleh organisme seperti ikan.

### **2.3 Kesan dan Ketoksikan Kadmium**

#### **2.3.1 Kesan Terhadap Tumbuhan**

Kadmium diakumulasi oleh semua tumbuhan. Tahap penyerapan atau akumulasi kadmium walaubagaimanapun bergantung kepada jenis dan spesies tumbuhan. Keadaan pH memberi kesan kepada kadar penyerapan kadmium oleh tumbuhan, pada pH yang lebih rendah, kadar penyerapan kadmium meningkat. Tumbuhan tembakau mempunyai kadar penyerapan kadmium yang paling tinggi (Bache, 1985; Landis *et al*, 1999).

#### **2.3.2 Kesan Terhadap Haiwan dan Manusia**

Kadmium adalah bersifat toksik walaupun dalam kuantiti yang sedikit, kadmium tidak diketahui mempunyai sebarang kegunaan dari segi biologikal. Kesan kadmium melalui udara atau pernafasan (tidak termasuk perokok tembakau) mendatangkan kesan yang paling minimum terhadap manusia serta haiwan secara amnya. Walaupun air minuman merupakan sumber utama tetapi ia jarang menjadi punca utama pencemaran kadmium yang serius (Landis *et al*, 1999).

## RUJUKAN

- An, H.K., Park, B.Y., Kim, D.S. 2001. Crab shell for the removal of heavy metals from aqueous. *Water Research.* **35** (15). 3551-3556.
- Brigden, K., Santillo, D. 2004. *Environmental Heavy Metal Contamination Arising from the Xianjin and GP NiCd Battery Manufacturing Facilities Huizhou, Guang Dong, China.* Green Peace Research Laboratories Note. Guang Dong China.
- Cardenas, G., Cabrera, G., Taboada, E., Rinaudo M. 2006. Synthesis and characterization of chitosan alkyl phosphate. *Jurnal Of The Chilean Chemistry Society.* **50** (1).
- Chandumpai, A., Singhpibulporn, N., Faroongsarn, D., Soinprasit, P. 2004. Preparation and physico-chemical characterization of chitin and chitosan from the pens of the squid species, *Loligo Lessoniana* and *Loligo Formosana*. *Carbohydrate Polymers.* **58** (4). 467-474.
- Chu, K.H. 2001. Removal of Copper from aqueous solution by chitosan in prawn shell : Adsorption Equilibrium and Kinetics. *Jurnal of Hazardous Materials.* **B90**. 77-95.
- Elinder, C.G. 1992. Cadmium as an environmental hazard. IARC Science Publication. **118**. 123-132.
- Johnson, E.L., Peniston, Q.P. 1997. *Utilization of Shellfish Waste For Chitin and Chitosan Production.* Dalam Martin, R.E., Flick, G.J., Herbard, C.E., Ward, D.R. 1999. *Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products.* AVI, Westport, CT.

Kamsia, B., Abdullah, H., Siti Rohayu Mohd. Hashim, Abdullah, N. 2006. Removal of lead(Pb) from aqueous solutions using crab (*Portunus Pelagicus*) and clam (*Anadara Granosa*) shell waste. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> SANREM Conference*, 2006.

Kim, D.S. 2004. Pb<sup>2+</sup> removal from aqueous solution using crab shell treated by acid and alkali. *Bioresource Technology*. **94** (3). 345-348.

Landis, W.G, Ming, H.Y. 1999. *Introduction to Environmental Toxicology, Impacts of Chemical Upon Ecological System*. CRC Press LLC, Florida, 182-183ms.

Science Daily. 1998. *Chemical in Oyster Shells May Help Clean Oil Spill*.  
<http://www.sciencedaily.com/release/1998/06/9806/9073435.htm>

Solomons, W., Forstner, U. 1984. Metals in the hyrocycle. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. ISBN 3540127550.

Swapna, P., Shyam, S.S., Dorris, K.L. 2005. Removal of nickel from aqueous solutions using crab shell. *Journal of Hazardous Materials*. **B125** (2005) 201-204.

Tangaromsuk, J., Pokethitiyook, P., Kruatrachue, M. dan Upatham, E.S. 2002. Cadmium biosorption by *Sphingomonas Paucimobilis* biomass. *Bioresource Technology*. **85**. 103-105.

U.S Environmental Protection Agency. 2006. *Hazardous Wastes*.  
<http://www.epa.gov/epaoswear/osw/hazwaste.htm>.

Vijayaraghavan, K., Jegan, J., Palavelu, K. dan Velan, M. 2004. Removal of nickel(II) ions from aqueous solution using crab shell particles in a packed bed up-flow column. *Journal of Hazardous Materials*. **113** (1-3). 223-230.

Vijayaraghavan, K., Palavelu, K., Velan, M. 2005. Biosorption of copper(II) and cobalt(II) from aqueous solution by crab shell particles. *Bioresource Technology*. 97(12). 411-1419.

Wikipedia Encyclopedia. 2006. Chitin. <http://en.wikipedia.org/wiki/chitin>

Wikipedia Encyclopedia. 2006. Chitosan. <http://en.wikipedia.org/wiki/chitosan>

Wikipedia Encyclopedia. 2006. Oyster. <http://en.wikipedia.org/wiki/oyster>

Wise, D.L, Trantolo, D.J. 1994. *Remediation of Hazardous Waste Contaminated Soil*. Marcel Dekker Inc.

Zueng-Sang Chen Department of Agricultural Chemistry National Taiwan University, Taipei, Taiwan. 2000. *Relationship Between Heavy Metal Concentration in Soils of Taiwan and Uptake by Crops*. <http://www.agnet.org/library/article/tb149.html>