

TABURAN Cd, Pb DAN Cr DALAM RUMPAI LAUT *Caulerpa lentillifera* DAN SEDIMEN

DI PULAU MANTANANI KECHIL, KOTA BELUD

FATMAHWATY BINTI SAWADA

DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT  
MEMPEROLEH IJAZAH SARJANA MUDA DENGAN KEPUJIAN

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH  
PROGRAM SAINS SEKITARAN

SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2011

256912

PUMS 99:1

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: TABURAN Cd, Pb DAN Cr DALAM RUMPAI LAUT (causerp)

IDENTIFIKASI DAN SEDIMENT DI PULAU MANTANANI  
KECHIL, KOTA BELUP.IJAZAH: SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPURTIAN  
CSAINS (SEKITERAN)  
SESI PENGAJIAN: 2008/2009Saya FATMAHWATY BINTI SAWAHA

(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 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 NURULAIN BINTI ISMAIL

LIBRARIAN

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

-ENGF-

(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: KG. SPAKONG  
REBAP. SEMPONA  
SABAH.PROF. MADYA DR. PIAKONG MOHD TUAH  
Nama PenyeliaTarikh: 19th MARCH 2011

Tarikh: \_\_\_\_\_

CATATAN: \* Potong yang tidak berkemauan.

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

@ Tesis  
diserta  
(LPSA)

\* 1000356448 \*

di Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau

dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## **PENGAKUAN**

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

- emafis -

FATMAHWATY BINTI SAWADA

( BS08110399 )

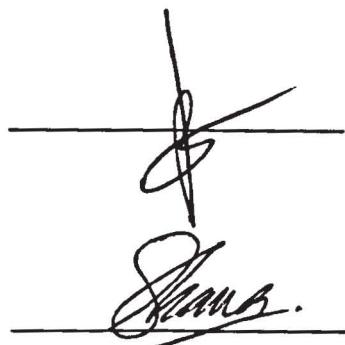
20 MEI 2011

**DIPERAKUKAN OLEH**

Tandatangan

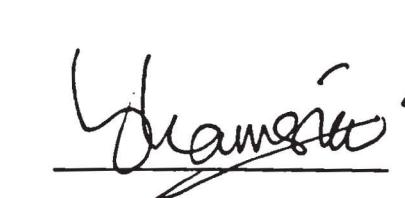
**1. PENYELIA**

(Prof. Madya Dr. Piakong Mohd. Tuah)



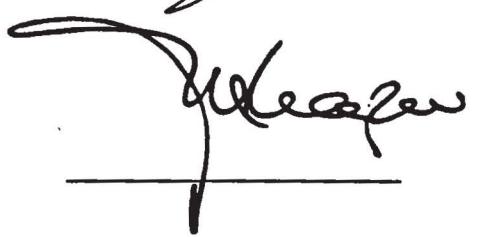
**2. PEMERIKSA 1**

(Cik Rohana binti Tair)



**3. PEMERIKSA 2**

(Cik Kamsia binti Budin)



**4. DEKAN**

(Prof. Dr. Mohd. Harun Abdullah)



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## **PENGHARGAAN**

Kejayaan menyiapkan disertasi ini adalah mustahil sekiranya tiada bantuan dan tunjuk ajar daripada beberapa orang individu yang banyak memberikan bantuan berharga sama ada secara langsung atau pun tidak langsung sepanjang tempoh kajian ini dijalankan. Oleh hal yang demikian, saya ingin melahirkan rasa syukur berterima kasih kepada semua individu yang telah meyumbang tenaga dan idea dalam kajian ini.

Pertama sekali, saya ingin mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada penyelia saya iaitu Professor Madya Dr. Piakong Mohd. Tuah atas segala sokongan yang penuh, tunjuk ajar dan nasihat yang berguna sepanjang kajian ini dijalankan. Saya juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada Cik Rohana Tair dan Cik Kamsia Budin atas tunjuk ajar analisis statistik dan metodologi eksperimen ini. Segala sokongan dan komen-komen membina telah banyak membantu saya untuk menjalankan kajian ini secara professional.

Selain daripada itu, saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada staf-staf yang terlibat terutama sekali kepada pembantu makmal Sekolah Sains dan Teknologi (SST) Universiti Malaysia Sabah iaitu Encik Saufie kerana telah membekalkan dan menyediakan radas-radas dan kemudahan makmal yang membantu saya dalam membuat persampelan dan analisis.

Akhir sekali, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada rakan-rakan saya terutama kepada Mohd Syafri bin Yusof, Celestina Aban, Farlinawaty, Puan Farzilawaty dan kepada kedua-dua ibubapa saya atas segala sokongan dan dorongan yang mereka berikan. Saya sangat terhutang budi kepada rakan-rakan dan seluruh penduduk Pulau Mantanani yang telah membantu saya sepanjang tempoh persampelan dijalankan di Pulau Mantanani Kecil.

## **ABSTRAK**

Satu kajian telah dijalankan untuk megenalpasti taburan dan hubungkait logam berat (Cd, Pb dan Cr) dalam rumpai laut *C. lentillifera* di stesen terpilih di Pulau Mantanani Kechil, Kota Belud. Sampel sedimen iaitu pasir juga telah diambil untuk mengenalpasti taburan kepekatan logam berat kajian dan pengaruhnya terhadap penumpukan logam berat dalam rumpai laut *C. lentillifera* dan untuk mendapatkan lebih banyak maklumat mengenai keadaan persekitaran. Sampel diambil di dua stesen yang berlainan yang terletak kira-kira 50 meter dari pesisir laut Pulau Mantanani Kechil. Sampel dianalisis dengan menggunakan kaedah penghadaman menggunakan asid nitrik ( $\text{HNO}_3$ ) 65% dan dianalisis dengan menggunakan Spektrometri Serapan Atom (AAS). Nilai Pb dicatatkan dalam *C. lentillifera* adalah  $14.84 \mu\text{g g}^{-1}$  bk, Cr ialah  $11.19 \mu\text{g g}^{-1}$  bk manakala Cd adalah  $4.55 \mu\text{g g}^{-1}$  bk. Sedimen pula mencatatkan nilai kepekatan Pb iaitu  $51.22 \mu\text{g g}^{-1}$  bk, Cr iaitu  $9.28 \mu\text{g g}^{-1}$  bk manakala Cd pula  $4.14 \mu\text{g g}^{-1}$  bk. Nilai kepekatan logam kajian yang paling tinggi dicatatkan dalam *C. lentillifera* dan sedimen adalah sama dan menurun mengikut  $\text{Pb} > \text{Cr} > \text{Cd}$ . Nilai kepekatan logam kajian adalah masih pada tahap yang rendah dan kurang pencemaran logam berat yang berlaku di kawasan perairan Pulau Mantanani.

## **DISTRIBUTION OF Cd, Pb AND Cr IN SEAWEED *Caulerpa lentillifera* AND SEDIMENT IN MANTANANI KECIL ISLAND, KOTA BELUD**

### **ABSTRACT**

A study was conducted to determine the distribution of concentrations and correlation of heavy metal (Cd, Pb and Cr) in seaweed *C. lentillifera* in the selected sampling stations in Mantanani Kecil Island, Kota Belud Sabah. The sediment samples were also taken to determine distribution of heavy metals and its influence to accumulation of the selected metals in seaweed *C. lentillifera* and to gather information on the marine environment and possible heavy metals accumulation. The samples were taken at two different station which are located approximately 50 meters from the shoreline of Mantanani Kecil Island. The samples were analyzed by digestion method using nitric acid ( $\text{HNO}_3$ ) 65% and analyzed with Atomic Absorption Spectrometry (AAS). The concentration value for Pb in *C. lentillifera* is  $14.84 \mu\text{g g}^{-1}$  bk, Cr is  $11.19 \mu\text{g g}^{-1}$  bk whereas Cd is  $4.55 \mu\text{g g}^{-1}$  bk. The average concentration value of sediment for Pb is  $51.22 \mu\text{g g}^{-1}$ , Cr is  $9.28 \mu\text{g g}^{-1}$  followed by Cd is  $4.14 \mu\text{g g}^{-1}$ . The highest concentration detected in *C. lentillifera* and sediment is decreasing as follow: Pb>Cr>Cd. The concentrations of selected heavy metals for the study is still in the low level and less pollution occur in the marine environment of Mantanani Kecil Island.

## KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	xii
SENARAI FOTO	xiv
SENARAI FORMULA	xv

### BAB 1 PENDAHULUAN

Pengenalan	1
Objektif Kajian	4

### BAB 2 ULASAN LITERATUR

2.1 Logam Berat	5
2.2 Kadmium	8
2.2.1 Pengenalan	9
2.2.2 Punca pendedahan kepada logam kadmium	9
2.2.3 Kesan pencemaran kadmium pada persekitaran	10
2.3 Plumbum	11
2.3.1 Pengenalan	11
2.3.2 Punca pendedahan kepada logam plumbum	12
2.3.3 Kesan pencemaran plumbum pada persekitaran	12
2.4 Kromium	13
2.4.1 Pengenalan	13
2.4.2 Punca pendedahan kepada logam kromium	13
2.4.3 Kesan pencemaran kromium pada persekitaran	14
2.5 Makroalga	15
2.5.1 Alga Hijau	17
2.6 Taburan Logam Berat dalam Makroalga	18

### BAB 3 BAHAN DAN KAEADAH

3.1 Rekabentuk Kajian	22
3.2 Kawasan Kajian	24
3.3 Bahan dan Radas	25
3.4 Penyediaan Alat Radas	25
3.5 Persampelan dan Penyediaan Sampel	26
3.4.1 <i>Caulerpa lentillifera</i>	26
3.4.2 Sedimen	27
3.6 Penghadaman Sampel	27
3.5.1 <i>Caulerpa lentillifera</i>	27
3.5.2 Sedimen	29
3.7 Penyediaan Larutan Piawai	30
3.8 Penentuan Kepekatan Logam Berat	30

**BAB 4 KEPUTUSAN**

4.1	Taburan Cd, Pb dan Cr dalam Rumpai laut <i>C. lentillifera</i> dan Sedimen	32
4.1.1	Taburan Cd di dalam Ramulus, Stolon dan Akar <i>C. lentillifera</i> dan Sedimen di Dua Stesen Berlainan	33
4.1.2	Taburan Pb di dalam Ramulus, Stolon dan Akar <i>C. lentillifera</i> dan Sedimen di Dua Stesen Berlainan	34
4.1.3	Taburan Cr di dalam Ramulus, Stolon dan Akar <i>C. lentillifera</i> dan Sedimen di Dua Stesen Berlainan	36
4.2	Hubungkait kepekatan Cd, Pb dan Cr antara <i>C.lentillifera</i> dan sedimen	37

**BAB 5 PERBINCANGAN**

5.1	Taburan Logam Berat Cd, Pb dan Cr di Dalam Bahagian Ramulus, Stolon Dan Akar <i>C.lentillifera</i> dan Sedimen	39
5.1.1	Taburan Cd di Dalam <i>C. lentillifera</i> dan Sedimen	39
5.1.2	Taburan Pb di Dalam <i>C. lentillifera</i> dan Sedimen	41
5.1.3	Taburan Cr di Dalam <i>C. lentillifera</i> dan Sedimen	42
5.2	Hubungkait kepekatan Cd, Pb dan Cr antara <i>C.lentillifera</i> dan Sedimen	43

**BAB 6 KESIMPULAN**

RUJUKAN	48
LAMPIRAN	53

## **SENARAI JADUAL**

No. Jadual	Muka surat
2.1 Punca kemasukan logam berat dan perantara	8
2.2 Ciri-ciri logam Cd	9
2.3 Ciri-ciri logam Pb	11
2.4 Ciri-ciri logam Cr	13
2.5 Taburan spesies makroalga	16
2.6 Taburan logam berat dalam beberapa jenis makroalga	20
3.1 Stesen kajian di Pulau Mantanani Kecil	23
3.2 Senarai bahan dan radas yang diperlukan untuk analisis makmal	24
4.1 Purata nilai kepekatan Cd, Pb dan Cr	32
4.2 Nilai koefisien korelasi antara <i>C. lentillifera</i> dan sedimen	38

## **SENARAI RAJAH**

No. Rajah	Muka Surat
2.1 Struktur asas <i>C. lentillifera</i>	18
3.1 Rekabentuk eksperimen bagi menentukan kandungan logam berat dalam <i>C. lentillifera</i>	29
4.1 Taburan Cd di dalam ramulus, stolon dan akar <i>C. lentillifera</i> dan sedimen	34
4.2 Taburan Pb di dalam ramulus, stolon dan akar <i>C. lentillifera</i> dan sedimen	35
4.3 Taburan Cr di dalam ramulus, stolon dan akar <i>C. lentillifera</i> dan sedimen	37

## SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

$\mu$	mikro
%	peratus
$^{\circ}\text{C}$	darjah Celsius
g	gram
mg	miligram
kg	kilogram
ml	mililiter
L	liter
nm	nanometer
sp.	spesies
DW	<i>Dry Weight</i> (berat kering)
bk	berat kering
Cd	kadmium
Ca	kalsium
Cu	kuprum
Pb	plumbum
Zn	zink
ppm	<i>part per million</i>

## **SENARAI FOTO**

No. Foto	Muka Surat
3.1 Peta Pulau Mantanani, Kota Belud	23
3.2 Sampel <i>C.lentillifera</i>	25
3.3 Proses penghadaman	27

## **SENARAI FORMULA**

No. formula	Muka Surat
3.1 Rumus molariti dan isipadu	29

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

Pencemaran merupakan masalah yang serius terhadap alam sekitar. Pencemaran merujuk kepada jumlah sisa buangan yang berlebihan yang mengandungi bahan yang berbahaya yang dilepaskan ke udara persekitaran, air, dan tanah (Botkin & Keller, 2005). Pencemaran ini telah menjadi masalah sejak sejumlah besar orang menduduki ruang yang mempunyai relatif kecil.

Namun, saat dunia menjadi semakin padat dan aktiviti industri perumahan semakin aktif, pencemaran alam sekitar menjadi satu masalah harus dipandang serius. Pencemaran biasanya disebabkan oleh aktiviti manusia iaitu dikenali sebagai pencemaran antropogenik (Chang, 1996). Terdapat banyak jenis pencemaran alam sekitar seperti pencemaran udara, air dan pencemaran tanah. Salah satu pencemaran yang paling serius adalah pencemaran logam berat dalam medium air yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti aktiviti perindustrian.

Pencemaran logam berat adalah pengenalan bahan logam yang mempunyai kepekatan tinggi melebihi kepekatan ditetapkan yang tidak menyenangkan terhadap alam sekitar kerana ianya mampu menurunkan kualiti hidup dan memberi kesan organisme yang terlibat dengan pencemaran tersebut (Crosby, 1998). Beberapa penyumbang utama pencemaran logam berat adalah dari kilang-kilang perindustrian, aktiviti penyulingan, pemprosesan logam, perlombongan, racun perosak, tumpahan minyak dan kegagalan sistem septik (Botkin & Keller, 2005). Sisa ini mengandungi

bahan kimia berbahaya yang dilepaskan ke dalam air termasuk tasik, sungai, muara dan seterusnya ke dalam laut.

Bahan kimia yang digunakan untuk mengendalikan pestisid dan baja tanaman juga berakhir di tasik dan sungai ketika air hujan mengalir dari kawasan pertanian ke sungai dan bawah tanah (Kraft, 2005). Aktiviti perindustrian seperti pembinaan kapal dan bot serta aktiviti pelabuhan menyumbang kepada pelepasan bahan pencemar iaitu logam ke dalam persekitaran. Hal ini memberikan kesan negatif terhadap kualiti air di kawasan yang terlibat dan seterusnya terhadap organisma-organisma yang mendiami kawasan tersebut sebagai habitat.

Logam berat boleh mencemari persekitaran melalui sumber kewujudan semulajadi dan antropogenik. Logam berat yang banyak hadir di jasad air adalah Cd, Al, Cu, Zn, Cr, Pb, Fe dan Hg (Chang, 2003). Logam berat ini memasuki jasad air melalui sumber-sumber pencemaran seperti aktiviti perindustrian dan pemprosesan. Kebanyakan pencemaran logam berat berasal dari sumber pembakaran suhu yang tinggi, seperti penjanaan elektrik tenaga batubara dan incinerator sisa pepejal (O'Neill, 1993). Menurut Stoeppler (1992), logam berat yang wujud di persekitaran juga disebabkan oleh faktor geologi seperti proses luluhawa. Kegiatan ini merupakan penyumbang utama kehadiran logam berat dalam persekitaran. Masalah ini menyebabkan pencemaran logam berat semakin mendapat perhatian daripada ahli sains dan ini dikuatkan lagi dengan sifatnya yang cenderung terakumulatif atau mengalami penumpukan di dalam persekitaran melalui rantai makanan dan sukar dinyahtoksikkan oleh aktiviti-aktiviti metabolismik organisme.

Kewujudan logam berat dalam persekitaran di kawasan tertentu boleh dikesan dengan menggunakan bioindikator (Chang, 1996). Bioindikator adalah penggunaan makhluk hidup atau organisma untuk memantau kesihatan persekitaran atau ekosistem di sesuatu tempat. Bioindikator diperhati melalui perubahan organisma atau respons biologi yang mendedahkan kehadiran bahan pencemar dengan menunjukkan gejala khas atau tanggapan terukur secara kualitatif (Kraft, 2005).

Menurut Chang (1996), organisma yang dipilih sebagai indikator memberi maklumat pada setiap perubahan lingkungan sekitarnya untuk menentukan kuantitatif bahan pencemar dengan mengukur perubahan kelakuan, fizikal atau kimia. Terdapat banyak spesies biologi yang dibahagikan dalam kumpulan populasi, fungsi atau status yang boleh digunakan sebagai penunjuk pencemaran alam sekitar. Organisma *in-situ* yang digunakan sebagai bioindikator bukan sahaja mampu mengenalpasti dan mengukur lingkungan bahan pencemar, ianya juga menyediakan data yang berguna untuk analisis kimia (Greger *et al.*, 2007).

Rumpai laut dan moluska telah banyak digunakan sebagai bioindikator pencemaran kerana kemampuan mereka untuk mengumpul logam di mana akumulasi total di dalaman organisme mencerminkan tahap logam yang terdapat di perairan sekitarnya (Ahmad, 1995). Salah satu contoh seperti bioindikator yang mempunyai kumpulan tertentu adalah makroalga yang selalu terdapat di dalam persekitaran air dan samudera. Perubahan organisme tersebut dipantau untuk menunjukkan keadaan pencemaran dalam lingkungan persekitaran organisma tersebut. Menurut Mance (1987), bioindikator juga boleh menentukan penyebaran logam berat dalam satu spesies yang dipilih.

Filum makroalga Chlorophyta genus *Caulerpa* boleh digunakan untuk menunjukkan pencemaran logam berat di suatu kawasan tertentu. Sumber pembebasan logam berat, kawasan yang terkena pembebasan dan variasi temporal dalam perubahan berdasarkan kepada kepekatan jenis logam berat pada sampel. Bioindikator yang berpotensi yang mendiami kawasan tertentu sebagai habitatnya mampu menentukan taburan logam berat di kawasan sekitarnya serta kepekatan kuantitatif (Mance, 1987). Hal ini dapat dibuktikan dengan menggunakan genus *Caulerpa* yang merupakan salah satu jenis alga hijau samudera yang mampu mengakumulasi unsur jejak logam dari lingkungan sekitarnya sebagai bioindikator.

## **1.1 Objektif Kajian**

Kajian ini dijalankan adalah bertujuan untuk mendapatkan maklumat-maklumat saintifik dan data-data asas bagi mengkaji kesesuaian makroalga seperti *Caulerpa lentillifera* sebagai bioindikator pencemaran logam berat. Antara logam berat yang dipilih dalam kajian ini adalah kadmium (Cd), plumbum (Pb) dan kromium (Cr). Tujuan kajian ini disenaraikan seperti yang berikut:

- (i) Mengenalpasti taburan kepekatan logam Cd, Pb dan Cr dalam setiap bahagian akar, stolon dan ramulus *C. lentillifera* dan sedimen.
- (ii) Menghubungkaitkan kepekatan Cd, Pb dan Cr dalam ramulus, stolon dan akar *C.lentillifera* dan sedimen dengan menggunakan ujian korelasi statistic SPSS ver.17.

## BAB 2

### ULASAN LITERATUR

#### 2.1 Logam Berat

Logam berat ditakrifkan sebagai unsur yang mempunyai ketumpatan melebihi 5 g/cm<sup>3</sup> dan merangkumi sejumlah 39 elemen dengan nombor atom 22-34 (Titanium-Selenium), 40-52 (Zirkonium-Tellerium) dan 72-83 (Hafnium-Bismuth) (Thayer, 1995). Logam berat tersebar luas di kerak bumi secara semulajadi yang terdiri daripada kumpulan elemen yang mempunyai berat atom antara 63.546 – 200.590 yang mempunyai ciri-ciri kimia dan fizikal yang tertentu. 39 unsur logam tersebut termasuklah Cd, Pb dan Cr. Taburan logam termasuk logam bumi, logam alkali bumi, lanthanid dan aktinid. Al, Fe, Ca, Na, K, Mg dan Ti merupakan unsur yang paling banyak dalam bumi (Merian, 1991).

Ciri-ciri logam terbahagi kepada tiga kumpulan yang utama, seperti yang ditunjukkan dengan penggunaan istilah metaloid, semi logam dan logam peralihan untuk elemen yang bersifat logam atau bukan logam dan ini bergantung kepada keadaan dimana elemen-elemen tersebut hadir di persekitaran (Chang, 2003). Oleh kerana logam-logam tersebut tidak boleh terdegradasi dan dimusnahkan, logam berat ini tetap wujud di semua bahagian persekitaran. Selain bercirikan bahan pencemaran (Pb, Cd, Hg, As dan Cr) sebahagian daripada logam berat (Zn, Cu, Co, Fe, Se) adalah penting untuk organisma hidup pada kepekatan yang rendah. Dalam kes ini, logam berat dikenali sebagai mikronutrien (Alloway, 1993). Ini dapat menunjukkan bahawa logam berat berkepekatan rendah juga sebagai unsur penting yang diperlukan oleh organisma.

Logam berat mempunyai tenaga pengionan yang rendah iaitu elektron yang mudah untuk dikeluarkan. Tenaga pengionan berkurang dari kiri ke kanan dan dalam kumpulan yang sama pula adalah secara menurun. Ini bermakna elemen logam berat berkeupayaan untuk menerima kation dari cas yang berlawanan. Menurut Yu *et al.*, (2005), logam berat mempunyai ketumpatan kira-kira lima kali ganda kurang dari air dan ia sebenarnya merupakan elemen yang stabil dan lazimnya manusia tidak boleh memetabolismekan logam berat tersebut. Logam berat merupakan unsur yang sukar diuraikan seperti bahan pencemar yang lain.

Logam berat juga disebut logam bertoksik kerana semua logam ini menyebabkan toksik kepada organisma sekiranya kepekatan logam tersebut lebih tinggi daripada had lingkungannya. Ia cenderung untuk berkumpul di persekitaran dan dipindahkan ke dalam bentuk yang lain berdasarkan jenis tindakbalas yang berlaku dan spesifikasi logam yang wujud. Oleh yang demikian, logam berat adalah unsur yang tidak akan hilang daripada persekitaran (Merian, 1991). Ada juga logam berat yang diperlukan oleh organisma sebagai mikronutrien tumbesaran namun dalam kuantiti yang sedikit. Akan tetapi, kepekatan dalam julat yang tinggi seperti logam berat Cr dan Hg boleh menyebabkan ketoksikan dan anomali metabolisme terhadap organisma (Fergusson, 1990). Maka, jurang antara keperluan dan kesan ketoksikan logam berat kepada organisma menjadi satu masalah.

Punca kemasukan logam berat kepada persekitaran terdiri daripada dua cara iaitu secara semulajadi dan antropogenik. Aktiviti manusia mempengaruhi taburan geologi dan biologi logam berat melalui pencemaran udara, air, dan tanah. Sumber antropogenik utama logam berat adalah seperti perlombongan, penjanaan kuasa tenaga batubara terbakar, juga sumber tersebar seperti pembakaran bahan buangan dan pembebasan bahan pencemar dari kenderaan. Manusia juga mempengaruhi taburan semula geologi dan biologi logam berat dengan mengubah bentuk kimia logam berat dialihkan ke persekitaran (Stoepler, 1992). Secara semulajadi pula, logam memasuki sedimen melalui proses luluhawa batuan sekitaran. Proses luluhawa melibatkan pemecahan batuan dan penapisan ion dalam tanah. Serpihan batuan akan mengalami proses pengangkutan dengan mengikut medium air sehingga

memasuki sistem sungai dan laut dan dikenali sebagai sedimen (Siddique, 2006). Kandungan setiap logam berbeza pada setiap persekitaran kerana jenis batuan yang berbeza. Di dalam persekitaran, logam berat wujud melalui bahan perantara persekitaran yang ditunjukkan dalam Jadual 2.1.

Logam berat yang mempunyai kepekatan yang tinggi akan memberi kesan kepada persekitaran dan juga badan manusia. Sebahagian kecil daripada logam berat memasuki tubuh kita melalui makanan, air minum dan udara. Apabila memasuki badan, ini akan memberikan kesan negatif terhadap fisiologi badan manusia (Yu, 2004). Logam seperti arsenik, merkuri dan tallium merupakan logam yang amat toksik kepada organisme hidup dan memberikan kesan yang lebih nyata. Menurut Fergusson (1990), beberapa unsur logam berat seperti Zn, Se dan Cu adalah penting untuk keseimbangan metabolisma tubuh manusia mahupun organisma-organisma tertentu. Namun, pada kepekatan tinggi boleh menyebabkan keracunan dan boleh membawa kesan yang berbahaya untuk makhluk hidup.

Menurut kajian Stoeppler (1992) dan Kumar & Kaladharan (2006), ketoksikan logam berat sangat dipengaruhi oleh faktor ekstrinsik seperti suhu, pH dan kemasinan. Manakala faktor intrinsik ialah faktor fisiologi serta persekitaran ekologikal sesuatu organisme (Yu, 2005). Selain itu, kepekatan logam yang terlibat boleh memberi kesan yang nyata kepada organisme tersebut. Contohnya, logam kadmium dan plumbum yang memasuki persekitaran pada asalnya berada pada kepekatan yang rendah. Tetapi peningkatan kepekatannya dalam tisu hidupan yang dipengaruhi oleh faktor intrinsik selari dengan peningkatan aras trofik dalam rantai makanan menyebabkan ia menjadi merbahaya kepada manusia. Proses ini dikenali sebagai bioakumulasi.

**Jadual 2.1:** Punca-punca kemasukan logam berat dalam persekitaran dan bahan perantara (Merian, 1991)

Punca	Medium Perantara
Pertanian	Udara (titisan racun kulat seperti pestisid dan insektisid), air (tumpahan racun), tanah (sisa dan baja).
Pembakaran	Udara (partikel aerosol dari pembakaran), air (debu-debu yang memasuki air), tanah (pemendapan partikel aerosol dan pelupusan debu).
Perlombongan	Udara (asap dan debu bijih), air (pengaliran keluar kumbahan), tanah (sisa, pemendapan debu dan bijih).
Elektronik	Udara (aerosol daripada proses pembuatan), air (kumbahan dan hakisan daripada komponen elektrik), tanah (sisa dan pemendapan hakisan komponen elektrik)
Industri kimia	Udara (pemeruapan daripada elektrod), air (sisa kumbahan dan tumpahan bahan kimia), tanah (sisa-sisa bahan kimia).
Sisa pelupusan	Udara (aerosol dari pembakaran menggunakan aerosol dan aktiviti timbus tanah), air (air larian dari tapak pelupusan), tanah (hasil bahan bakar, sisa pengkomposan dan najis).

## 2.2 Kadmium

### 2.2.1 Pengenalan

Kadmium merupakan salah satu elemen logam berat yang sangat berat yang bertoksik. Menurut Goyer & Cherin (1995), ketoksikannya telah dikaji secara terperinci sejak beberapa dekad yang lalu. Jumlah kadmium yang dibebaskan ke dalam persekitaran adalah 70% sejak bermula aktiviti perindustrian yang pesat di dunia (Crossby, 1998). Ini dikenali sebagai sumber antropogenik.

Elemen ini mempunyai sifat-sifat fizikal dan latar belakang yang tertentu yang membezakan logam ini dengan logam yang lain. Cd ialah suatu unsur kimia langka yang memiliki nombor atom 48 dan berjisim atom 112.40 dengan yang biasanya

wujud secara semulajadi (Chang, 2003). Takat lebur Cd adalah 321 °C dan takat didih 765 °C lebih rendah berbanding dengan Zn. Logam ini berwarna putih keperakan dengan warna terang kebiruan. Ciri-ciri logam Cd ditunjukkan dalam Jadual 2.2.

**Jadual 2.2:** Ciri-ciri logam berat Cd

Nombor atom	48
Jisim atom	112.40
Takat lebur	321 °C
Takat didih	765 °C

### **2.2.2 Punca Pendedahan kepada Logam Kadmium**

Pencemaran logam berat Cd secara majoriti disebabkan oleh aktiviti antropogenik. Dalam aktiviti industri, Cd digunakan secara meluas seperti pembuatan cat-cat berkualiti tinggi apabila bergabung dengan sulphur untuk membentuk kadmium sulfida. Cd juga digunakan dalam pembakaran bahan api fosil dan penggunaan racun fosfat dalam pertanian (Mohd. Noor, 1998). Cd digunakan dalam proses industri seperti pelakuran logam yang mempunyai takat lebur yang rendah, digunakan dalam alat penyiram api automatik dan sistem penggera keselamatan (Chang, 2003).

Melalui proses bioakumulasi, kepekatan logam berat yang berada di persekitaran di akumulasi oleh organisme hidup. Sebagai contoh, tumbuhan adalah sumber primer bagi haiwan pada peringkat sekunder. Haiwan yang memakan tumbuhan yang telah mengakumulasi elemen ini seterusnya merupakan sumber utama kemasukan Cd ke dalam badan manusia. Selain daripada itu, Cd juga boleh memasuki tubuh manusia melalui udara iaitu melalui proses pernafasan. Elemen Cd dibebaskan ke udara dalam bentuk partikel-partikel kecil yang membolehkannya bebas bergerak di udara (Botkin & Keller, 2003).

### **2.2.3 Kesan Pencemaran Kadmium Pada Persekitaran**

Menurut Crossby (1998), pencemaran yang berlaku hasil daripada sumber-sumber antropogenik ini boleh memberi kesan kepada organisme hidup, udara, air dan tanah. Logam Cd ini kekal berada di persekitaran kerana ianya tidak boleh dimusnahkan (Chang, 2003). Manusia lazimnya terdedah kepada pencemaran logam Cd melalui sumber makanan dan udara. Kesan daripada pencemaran air minum yang mengandungi unsur Cd boleh menyebabkan kerosakan organ seperti ginjal dan otot. Kualiti udara dan air di persekitaran juga turut terjejas akibat daripada pencemaran tersebut (Yu, 2005). Maka, kehadiran unsur Cd yang berlebihan boleh memudaratkan kesihatan dan alam sekitar.

Dalam populasi manusia pula, faktor biologi seperti umur, jantina, latar belakang dan tahap kesihatan mempengaruhi kesan pendedahan kepada logam Cd (Yu, 2005). Contoh kesan pendedahan kepada logam Cd adalah seperti kes wabak Itai-itai yang terjadi di Jepun. Operasi perkilangan yang dijalankan kira-kira 40 kilometer dari kawasan bandar tersebut telah menyebabkan pencemaran udara yang teruk. Sumber makanan seperti nasi dan bijirin yang dimakan oleh penduduk setempat yang tumbuh diatas tanah yang dicemari bahan pencemar tersebut menyebabkan kesan ketoksikan yang tinggi apabila terkumpul dalam badan manusia. Ia mengakibatkan kehilangan protein dan kalsium di dalam ginjal dan kesakitan tulang.

Lazimnya, jangkamasa separuh hayat bagi Cd di persekitaran adalah lebih kurang 20 tahun (Goyer & Cherin, 1995). Menurut kajian yang dibuat, 5-35% Cd memasuki badan melalui pernafasan. Walaubagaimanapun, ini bergantung kepada keadaan aerodinamik dan juga saiz partikel elemen tertentu. Pencemaran logam ini bukan sahaja mampu menjelaskan kesihatan manusia malahan merosakkan persekitaran seperti air, udara dan tanah.

## RUJUKAN

- Agusa, T., Kunito.T. Yasunaga. G. Iwata. H. & Ismail. A. 2005. Concentration of trace elements in marine fish and its risk assessment in Malaysia. *Marine Pollution Bulletin*. **51**: 896-911.
- Ahmad, I., 1995. *Rumpai Laut Malaysia*. Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur. m/s 171-225.
- Akchali, I. & Kucuksezgin. F. 2011. A Biomonitoring Study: Heavy Metals in Macroalgae from Eastern Aegean coastal areas. *Marine Pollution Bulletin*. **62**: 637-645.
- Alexander, D.E & Fairbridge, R.W. 1999. *Encyclopedia of Environmental Science*. Ed ke-2. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. m/s 277-402.
- Almella, C. Clemente.M.J. Velez.D. & Montoro.R. 2006. Total arsenic,inorganic arsenic, lead and cadmium contents in edible seaweed sold in Spain. *Food and Chemical Toxicology*. **44**: 1901-1908.
- Alloway, B.J & Ayres, D.C. 1993. *Chemical Principles of Environmental Pollution*. Chapman & Hall. London. m/s 169-403.
- Andrew, D.E., Lenore, S.C., Eugene, W.R., & Arnold, E.G. 2005. *Standard Method for the examination of Water and Wastewater*. Ed ke-21. Port City Press. United States of America.
- Apiratikul, R. & Pavasant, P. 2007. Batch and Column Studies of Biosorption of Heavy Metals by *Caulerpa lentillifera*. *Bioresource Technology*. **99**: 2766-2777.
- Beck, J.N & Sneddon, J. 2000. Use of Atomic Absorption Spectrometry for the determination of metals in sediments in south-west Louisiana. *Microchemical Journal*. **66**: 73-113.
- Besada, V., Andrade, J.M., Schultze, M. & Gonzales, J.J. 2009. Heavy metals in edible seaweeds commercialized for human consumption. *Journal of Marine System*. **75**:305-313.
- Botkin, D.B. & Keller, E.A. 2005. *Environmental Science: Earth as a Living Planet*. Ed. Ke-5. John Wiley & Sons. United States of America. m/s 306-367.
- Cabral, J.P., Fernanda, M.C., Teresa, M. & Isabel, S. 1997. Biomonitoring with Benthic Macroalgae and Direct Assay of Heavy Metals in Seawater of the Oporto Coast (Northwest Portugal). *Marine Pollution Bulletin*. **34**(12): 1006-1015.

- Caliceti, M., Argese, E., Sfriso, A. & Pavoni. B. 2002. Heavy metal contamination in the seaweeds of the Venice lagoon. *Chemosphere Journals*. **47**: 443-454.
- Chang, L.W. 1996. *Toxicology of Metals*. CRC Press Inc. United States of America. m/s 297-352.
- Chang, R. 2003. *An Introduction to General Chemistry*. Ed. Ke-3. McGraw-Hill. New York. m/s 156-233.
- Crossby, D.G. 1998. *Environmental Toxicology and Chemistry*. Oxford University Press. New York, United States of America. m/s 110-209.
- Duman, F., Obali, O. & Demirezen.D. 2006. Seasonal changes of metal accumulation and distribution in shining pondweed (*Potamogeton lucens*). *Chemosphere Journals*. **65**: 2145-2151.
- Emons, H., Waidmann, E., Froning, M., Mohl, C., May, K. & Ostapczuk.P. 1997. Mussels and algae as a bioindicators for long-term tendencies of elements pollution in marine ecosystem. *Chemosphere Journals*. **34**(9): 2049-2058.
- Fergusson, J.E. 1990. *The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effect*. Pergamon Press. New York. m/s 291-355.
- Figuiera, M., Volesky, V., Ciminelli, V.S.T. & Roddick, A.S. 2000. Biosorption of Metal in Brown Seaweed Biomass. *Water Resources*. **34**(1): 196-204.
- Giusti, L. 2001. Heavy metal contamination of brown seaweed and sediments from the UK coastline between the Wear River and the Tees River. *Environmental International*. **26**: 275-286.
- Greger, M., Malm, T. & Kautsky, L. 2007. Heavy Metal Transfer from composted Macroalgae. *Europe Agronomy Journal*. **26**: 257- 265.
- Goyer, R.A & Cherin, M.G. 1995. *Toxicology of Metals: Biochemistry Aspects*. Springer-Verlag. New York. ms 331-402.
- Hashim, M.A & Chu, K.H. 2004. Biosorption of Cadmium by Brown, Green and Red Seaweed. *Chemical Engineering Journal*. **97**:249-255.
- Hawkes, S. J. 1997. "What Is a Heavy Metal?" *Journal of Chemical Education* .**74**:1374.
- Ismail, A., Yap, C.K & Tan, S.G. 2004. Heavy metals (Cd, Cu, Pb and Zn) concentration in the green-lipped mussels *Perna viridis* (Linnaeus) collected from some wild and aquaculture sites in the west coast of Peninsular Malaysia. *Food Chemistry Journals*. **84**: 569-575.

- Ivanova, E.H. 2005. Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (FAAS). Dlm: Worsfold, P., Townshed, A. & Poole, C. (pnyt.) *Encyclopedia of Analytical Science*. Ed ke-2. Elsevier Ltd. United Kingdom.
- Iwyman, R.M. 2005. Wet Digestion. Dlm: Worsfold, P., Townshed, A. & Poole, C. (pnyt.) *Encyclopedia of Analytical Science*. Ed ke-2. Elsevier Ltd. United Kingdom.
- Kannan, S.K., Batvari, B.P., Lee, K.J., Krishnamoorthy, R. & Jayaprakash, M. 2008. Assessment of heavy metals (Cd, Cr and Pb) in water, sediment and seaweed (*Ulva lactuca*) in the Pulicat Lake, South East India. 2008. *Chemosphere Journals*. **71**: 1233-1240.
- Kraft, G.T. 2005. *Algae of Australia: Marine Benthic of Lord Howe Island and the Southern Great Barrier Reef Green Algae*. Csiro Publishing. Australia. m/s 305-342.
- Kumar, V. & Kaladharan P. 2006. Biosorption of metals from contaminated water using seaweed. *Current Science*. **9**: 122-129.
- Lopez, M.L., Narayan.M. Peralta.J.R. & Saupe.G. 2009. The biochemistry of heavy metals uptake by plants: Implication for the food chains. The *International Journals of Biochemistry & Cell Biology*. **41**: 1655-1677.
- Malik, D.J., Streat,M. Greig, J. 1999. Characterization and Evaluation of Seaweed-based Sorbent for Treating Toxic Metal-bearing Solution. *Institution of Chemical Engineering*. **77**: 227-233.
- Mance, G. 1987. *Pollution Threat of Heavy Metal in Aquatic Environment*. Elsevier Applied Science. London. m/s 291-324.
- Melville, F. & Pulkownik.A. 2006. Investigation of mangrove macroalgae as bioindicators of estuarine contamination. *Marine Pollution Bulletin*. **52**: 1260-1269.
- Merian, E. 1991. *Metals and Their Compounds In The Environment: Occurrence, Analysis and Biological Relevance*. Verlagsgessels Chaft. Germany. m/s 35-221.
- Mohd. Noor Ramlan, 1998. *Logam Berat di Alam Sekitar: Punca dan Kesan Pencemaran*. Unit Percetakan ITM. Shah Alam. m/s 13-66.
- Morley, N., Morrison, L., Macken, A. & Stengel, D.B. 2004. Zinc concentration in marine macroalgae and a lichen from western Ireland in relation to phylogenetic grouping, habitat and morphology. *Marine Pollution Bulletin*. **48**: 902-909.
- Morrison, L., Baumann, H.A. & Stengel. D.B. 2007. An assessment of metal contamination along the Irish coast using the seaweed *Ascophyllum nodosum* (Fucales, Phaeophyceae). *Environmental Pollution*. **152**: 293-303.

- O'Neill, P. 1993. *Environmental Chemistry*. Ed ke-2. Chapman & Hall. Great Britain. m/s 252-307.
- Osuna, F. & Fernandez, C.R. 1995. Comparative Bioaccumulation of Trace Metals in *Penaeus stylorostis* in Estuarine and Coastal Environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. **40**:35-44.
- Philips, S.R. 1995. Biomonitoring of Heavy Metal Availability in the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*. **31**: 183-192.
- Rajfur, M., Klos, A & Waclawek, M. 2010. Sorption properties of algae *Spirogyra sp.* and their use for determination of heavy metal ions concentrations in surface water. *Bioelectrochemistry*. **80**: 81-86.
- Rocha, S.R., Sanchez, F.J., Gomez, M. & Larrea, M.T. 2009. Trace elements determination in edible seaweeds by an optimized and validated ICP-MS method. *Journal of Food Composition and Analysis*. **22**: 330-336.
- Rodriguez, I.S. Diaz, M.A., Choumiline, E. & Gonzales, J.A. 2001. Elemental concentration in different species of seaweeds from Loreto Bay, Baja California Sur, Mexico; Implications for the geochemical control of metals in algal tissue. *Environmental Pollution*. **114**:145-169.
- Siddique, A., Mumtaz, M., Zaigham, N.A., Mallick, K.A., Saied,S. & Zahir, E. 2009. Heavy metal toxicity levels in the coastal sediments of the Arabian Sea along the urban Karachi (Pakistan) Region. *Marine Pollution Bulletin*. **58**: 1406-1419.
- Stoeppler, M. 1992. *Hazardous Metal in the Environment*. Elsevier Science Publisher. Armsterdam. m/s 49-98.
- Suthipariyanont, P., Wattanachira, S. Marhaba, T.F. 2005. Pretreatment of *Caulerpa lentillifera* with NaOH for Biosorption of Cu, Cd, Pb and Zn. *Thai Environmental Engineering Journal*. **20** (1): 11-23.
- Struck, B.D., Pelzer, R., Emons, H. & Mohl, C. 1997. Statistical Evaluation of Ecosystem Properties Influencing the Uptake of As, Cd, Co, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb and Zn in seaweed (*Fucus vesiculosus*) and common mussels (*Mytilus edulis*). *The Science of the Total Environment*. **207**: 29-42.
- Szefer, P. Zbikowski, R. & Latala, A. 2006. Distribution and relationships between selected chemical elements in green alga *Enteromorpha sp.* from the southern Baltic. *Environmental Pollution*. **143**: 435- 448.
- Villarez, R. Puente, X. & Carballeira, A. 2002. Seasonal variation and background levels of heavy metals in two green seaweeds. *Environmental Pollution*. **119**: 79-90.

Yu, Ming-Ho. 2005. *Environmental Toxicology- Biological and Health Effect of Pollutants*. Ed Ke-2 .Library of Cogress Cataloging in Publication Data. United States of America.

Yu, O., Matheickal, J. T., & Yin P. 1999. Heavy metal uptake capacities of common Marine Macro algal Biomass. *Water Resources*. **1**:33-48.

Zhou, J.L., Huang, P.L & Lin, R.G. 1998. Sorption and Desorption of Copper and Cadmium by Macroalgae and Microalgae. *Environmental Pollution*. **101**: 67-75.