

**TABURAN LOGAM ARSENIK (As), KADMIUM (Cd), DAN PLUMBUM  
(Pb) DALAM MAKROFIT AKUATIK *Ipomea aquatica***

**MURNI MIRU**

**PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

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

**PROGRAM SAINS SEKITARAN  
FAKULTI SAINS DAN SUMBER ALAM  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**2014**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BOJANG PUNJUK SALINAN STATUS TESIS

JUDUL: TABURAN LOGAM BERAT ARSENIK (As) KADMIUM (Cd) DAN  
PLOMBUM (Pb) DALAM MAKROFIT AKUATIK Ipoma aquatica

HAJAH: SAINS SEKITARAN

SAYA: MURNI BT NIRU  
(HURUF BESAR)

SESI PENGAJIAN: 2013/2014

Mengaku membolehkan tesis \*(LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hakmilik 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 rujuk ( / )

SULIT (Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang terkandung di AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD (Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/puan/institusi mana-mana Penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

*Murni*  
(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat tetapan  
KG. SIMPANG 4, WDT NU-01  
91209 KUNAK, SABAH

Disahkan oleh  
*Nurulain*  
**NURULAIN BINTI ISMAIL**  
LIBRARIAN  
(TANDATANGAN PUNJUK)

PROF. MADYA DR. PIKONG MUHD-TUAN  
NAMA PENYELIA

TARIKH: 25/06/2014

Catatan - \* Potong yang tidak berkenaan  
- Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkepentingan menulis berkenaan dengan pampasan sekiranya salinan tesis ini perlu dikeluarkan sebagai SULIT dan TERHAD  
- Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana Secara penyelidikan atau disertar bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM)

PERPUSTAKAAN UMS

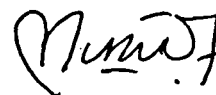


\*1000358163\*



## **PENAKUAN**

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



---

**MURNI BINTI MIRU**

**(BS11110406)**

**26 JUN 2014**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

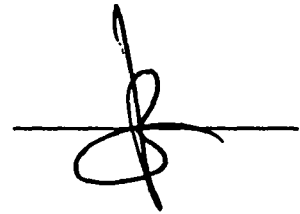
# PERAKUAN PEMERIKSA

DIPERAKUKAN OLEH

**PENYELIA**

(PROFESOR MADYA DR. PIAKONG MOHD.TUAH)

**Tandatangan**



## **PENGHARGAAN**

Alhamdulillahahirabbil 'Aalamin dipanjatkan kepada Allah SWT kerana dengan limpah dan kurniaNya saya dapat menyelesaikan penulisan disertasi ini untuk memenuhi keperluan pengumiaaan Ijazah Sarjana Muda Sains dengan Kepujian bagi sesi 2013/2014.

Dalam kesempatan mengambil peluang ini untuk merakamkan jutaan terima kasih yang ikhlas kepada kedua ibubapa saya kerana memberikan sokongan dari pelbagai aspek agar tidak berputus asa dalam usaha menyiapkan disertasi ini sebaik mungkin. Seterusnya saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada penyelia saya iaitu Profesor Madya Dr. Piakong Mohd. Tuah atas bimbingan, tunjuk ajar, kritikan dan kesabaran serta pengertian beliau dalam menggalakkan saya sepanjang penyelesaian projek ini. Terima kasih atas kesudian meluangkan masa untuk berbincang dan mengajar saya sepanjang tempoh menyiapkan projek ini.

Ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada Encik Saufie dan Puan Norlin selaku pembantu makmal kerana telah membantu saya menjalankan kerja-kerja makmal di Fakulti Sains dan Sumber Alam UMS. Tidak lupa juga kepada rakan-rakan seperjuangan yang sentiasa menghulurkan bantuan khususnya ketika proses pengambilan dan penyediaan sampel. Terima kasih atas dorongan dan sokongan dalam apa jua masalah yang dihadapi sepanjang menyiapkan projek ini.

Akhir kata, saya ingin mengucapkan terima kasih sekali lagi kepada semua pihak yang terlibat secara langsung mahupun tidak langsung dalam membantu saya dalam menyiapkan projek ini dan memohon maaf sekiranya terdapat kesalahan yang dilakukan secara sengaja atau tidak sengaja. Segala kesilapan dan kekurangan yang dilakukan amatlah saya kesali.



## ABSTRAK

Kajian telah dijalankan untuk mengkaji taburan logam arsenik (As), kadium (Cd), dan plumbum (Pb) dan faktor translokasi dan pengayaan logam dalam bahagian-bahagian makrofit akuatik *Ipomea aquatica* di 2 stesen pensampelan terpilih iaitu Daerah Tuaran dan Menggatal. Sampel tumbuhan *Ipomea aquatica* yang terdiri daripada akar, batang dan daun, dan juga sampel sedimen telah diambil sebanyak 2 kali dari 2 stesen yang berlainan. Sampel-sampel tumbuhan *Ipomea aquatica* dan sedimen telah dihadamkan dengan menggunakan asid nitrik pekat 65% sebelum dianalisis dengan menggunakan ICO-OES Spektrometer. Nilai kepekatan logam yang dikaji dinyatakan dalam berat kering (mg/kg). Analisis fiziko-kimia air seperti pH, suhu, saliniti, TDS, dan DO dijalankan untuk menguji kualiti air habitat semulajadi tumbuhan yang dikaji. Secara keseluruhannya taburan kepekatan logam adalah paling tinggi pada bahagian akar berbanding pada batang dan daun mengikut urutan menurun akar > daun > batang. Manakala jumlah kepekatan logam pula didapati logam As yang tertinggi berbanding logam Cd dan Pb mengikut urutan menurun As > Cd > Pb. Kandungan logam As dalam *Ipomea aquatica* adalah tertinggi didapati pada stesen kajian Tuaran dengan purata kepekatan 0.033 mg/kg dan kandungan logam Cd adalah terendah di dapati pada stesen kajian Tuaran iaitu 0.003 mg/kg. Keputusan kajian faktor translokasi dan faktor pengayaan pula menunjukkan keupayaan *Ipomea aquatica* dalam menyerap dan mengumpul logam berat dalam akar dan habitat sedimen seterusnya sesuai dijadikan sebagai *Phytoextractor* logam dari badan air dan sedimen yang tercemar.

# ***DISTRIBUTION OF HEAVY METALS As, Cd, AND Pb IN AQUATIC MACROPHYTE Ipomea aquatica***

## **ABSTRACT**

*This study was conducted to investigate the distribution of arsenic (As), Cadmium (Cd) and lead (Pb), and translocation and enrichment of metals in aquatic macrophyte Ipomea aquatica in two selected sampling stations which are Menggatal and Tuaran. Ipomea aquatica samples which consist of roots stems and leaves were taken together with sediment samples from 2 different sampling stations. All samples were then digested using concentrated nitric acid 65 % before analyzed using the ICO-OES Spectrometer. The concentrations of the studied metals expressed in dry weight (mg/kg). The physico-chemical analysis of water such as pH, temperature, salinity, TDS, and DO conducted to study the water quality of the natural habitat of plants studied. The overall distribution of metal concentrations was highest in root compared with stems and leaves in descending order roots > leaves > stems. The total metal concentrations were found highest in As compare to Cd and Pb in descending order As> Cd > Pb. Arsenic metal content in Ipomea aquatica is found the highest in Tuaran with an average concentration of 0.033 mg/kg and Cadmium is the lowest metal content, found in Tuaran with 0.003 mg/kg average concentration. The results of translocation factor and enrichment factor in Ipomea aquatica shows the ability to absorb and accumulate heavy metals in the roots and sediment, and also suitable as Phytoextractor metals for contaminated water and sediments.*

# KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PERAKUAN PEMERIKSA	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SIMBOL DAN UNIT	xii
SENARAI LAMPIRAN	xiii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kajian	6
1.3 Skop Kajian	6
1.4 Kepentingan Kajian	7
<b>BAB 2 ULASAN KEPUSTAKAAN</b>	<b>8</b>
2.1 Logam Berat	8
2.1.1 Ciri-ciri Fizikal dan Kimia Logam Berat	8
2.1.2 Sumber-sumber Logam Berat	13
2.1.3 Pergerakan Logam Berat dalam Persekitaran	16
2.1.4 Implikasi Ketoksikan Logam Berat	20
2.1.5 Kaedah Pembersihan Logam Berat dalam Persekitaran	23





2.2	Tumbuhan Makrofit	
2.2.1	Ciri-ciri Tumbuhan Makrofit	25
2.2.2	Taburan dan Adaptasi Tumbuhan Makrofit	25
2.2.2	Jenis-jenis Tumbuhan Makrofit	26
2.3	Makrofit Akuatik: <i>Ipomea Aquatica</i>	27
2.3.1	Morfologi	29
2.3.2	Anatomi	30
2.4	Faktor Serapan Logam dalam Makrofit Akuatik	31
2.5	Mekanisma Fitoremediasi	32
		33
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI</b>	<b>35</b>
3.1	Kawasan Kajian	35
3.2	Kaedah dan Reka Bentuk Kajian	37
3.3	Pensampelan	38
3.4	Penyediaan Alatan Makmal	39
3.5	Penyediaan Sampel	40
3.3.2	Tumbuhan <i>Ipomea aquatica</i>	40
3.5.2	Sedimen	41
3.5.3	Penghadaman Sampel	41
3.6	Analisis Logam Berat menggunakan ICP-OES Spektrometer	42
3.6.1	Penyediaan Larutan Piawai	43
3.7	Pengiraan TF dan EF	44
<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	<b>45</b>
4.1	Ciri Fiziko-Kimia Air	45
4.1.1	Purata pH	46
4.1.2	Purata Suhu	46

4.1.3	Purata Saliniti	47
4.1.4	Purata Oksigen Terlarut	48
4.1.4	Purata Pepejal Terampai	49
4.2	Taburan Logam dalam Akar, Batang, dan Daun dalam <i>Ipomea aquatica</i>	50
4.2.1	Arsenik (As)	52
4.2.2	Kadmium (Cd)	52
4.2.3	Plumbum (Pb)	53
4.2.4	Faktor taburan logam As, Pb, dan Cd dalam <i>Ipomea aquatica</i>	54
4.3	Kepekatan Logam dalam <i>Ipomea aquatica</i>	55
4.4	Penentuan Faktor Translokasi dan Faktor Pengayaan	58
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	61
	RUJUKAN	63
	<b>LAMPIRAN A</b>	68
	<b>LAMPIRAN B</b>	69
	<b>LAMPIRAN C</b>	71
	<b>LAMPIRAN D</b>	72
	<b>LAMPIRAN E</b>	73
	<b>LAMPIRAN F</b>	74
	<b>LAMPIRAN G</b>	77

## SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka Surat
2.1	Ringkasan ciri-ciri fizikal dan kimia logam berat As, Cd, dan Pb.	12
2.2	Sumber-sumber antropogenik bagi logam berat As, Cd, dan Pb.	15
2.3	Perbandingan julat kepekatan biasa dan julat kepekatan kritikal logam berat dalam sedimen.	18
2.4	Had kepekatan logam berat dalam tumbuhan yang dibenarkan menurut piawaian WHO.	20
2.5	Ringkasan ketoksikan logam berat As, Cd, dan Pb terhadap manusia.	24
2.6	Ringkasan kaedah rawatan fisio-kimia bagi logam berat dan efluen industri meliputi jenis rawatan, kelebihan dan kekurangan.	24
2.7	Ringkasan jenis-jenis tumbuhan makrofit bersama penerangan dan contoh tumbuhan.	28
2.8	Ringkasan mekanisma yang terlibat dalam proses fitoremediasi.	34
3.1	Penerangan mengenai stesen kajian dan koordinat berdasarkan bacaan GPS.	35
3.2	Senarai alatan makmal, radas dan bahan kimia yang digunakan dalam analisis kajian.	39
3.3	Penyediaan larutan piawai bagi logam-logam As, Cd, dan Pb.	43
4.1	Purata pH, saliniti, suhu, konduktiviti dan TDS air kolam di kawasan kajian S1 (Menggatal) dan S2 (Tuaran).	45

## SENARAI RAJAH

No. Rajah		Muka Surat
2.1	Kedudukan spesies <i>Ipomea aquatica</i> dalam biodiversiti.	29
2.2	Morfologi <i>Ipomea aquatica</i> yang terdiri daripada akar, batang dan daun.	30
3.1	Lokasi stesen pensampelan Daerah Tuaran (S2) dan Menggatal (S1).	35
3.2	Carta aliran kaedah dan rekabentuk kajian.	37
4.1	Taburan kepekatan logam berat As dalam akar, batang dan daun <i>Ipomea aquatica</i> kedua-dua stesen pensampelan S1 (Menggatal) dan S2 (Tuaran).	51
4.2	Taburan kepekatan logam berat Cd dalam akar, batang dan daun <i>Ipomea aquatica</i> bagi kedua-dua stesen pensampelan S1 (Menggatal) dan S2 (Tuaran).	51
4.3	Taburan kepekatan logam berat Pb dalam akar, batang dan daun <i>Ipomea aquatica</i> bagi kedua-dua stesen pensampelan S1 (Menggatal) dan S2 (Tuaran).	51
4.4	Perbandingan purata jumlah kepekatan logam berat As, Cd, dan Pb dalam <i>Ipomea aquatica</i> bagi kedua-dua stesen pensampelan S1 (Menggatal) dan S2 (Tuaran).	55
4.5	Faktor translokasi logam berat As, Cd, dan Pb dalam <i>Ipomea aquatica</i> bagi kedua-dua stesen pensampelan S1 (Menggatal) dan S2 (Tuaran).	59
4.6	Faktor pengayaan logam berat As, Cd, dan Pb dalam <i>Ipomea aquatica</i> dan sedimen bagi kedua-dua stesen pensampelan S1 (Menggatal) dan S2 (Tuaran).	59

## SENARAI SIMBOL DAN UNIT

As	Arsenik
Cd	Kadmium
Cu	Kuprum
Pb	Plumbum
Zn	Zink
EF	Faktor Pengayaan
TF	Faktor Translokasi
g	gram
g/mol	gram per mol
g/cm <sup>3</sup>	gram per sentimeter kiub
mg/L	miligram per liter
°C	<i>degree celcius</i>
nm	nanometer
µm	mikrometer
ppm	<i>part per million</i>
%	peratus
kg	kilogram
mg/kg	milligram per kilo
ml	mililiter
L	liter
=	sama dengan

## SENARAI LAMPIRAN

Lampiran	Muka Surat
A Keluk kalibrasi ICP-OES untuk logam arsenik (As), kadmium (Cd), dan plumbum (Pb).	68
B Lokasi stesen pensampelan S1 (Menggatal) dan S2 (Tuaran).	69
C Sampel <i>Ipomea aquatica</i> yang telah dibahagikan kepada akar, batang, dan daun.	71
D Taburan kepekatan logam berat dalam <i>Ipomea aquatica</i> mengikut akar batang dan daun dan sedimen; serta jumlah kepekatan logam berat dalam <i>Ipomea aquatica</i> berdasarkan stesen pensampelan S1 (Menggatal) S2 (Tuaran).	72
E Faktor translokasi (TF) dan faktor pengayaan (EF) logam As, Cd, dan Pb dalam <i>Ipomea aquatica</i> .	73
F Keputusan kajian kepekatan logam berat arsenik (As), kadmium (Cd), dan plumbum (Pb) pada bahagian akar, batang, dan daun tumbuhan <i>Ipomea aquatica</i> dan sedimen bagi kedua-dua stesen kajian S1 (Menggatal) dan S2 (Tuaran).	74
G Ringkasan langkah-langkah penyediaan sampel tumbuhan <i>Ipomea aquatica</i> dan sedimen.	77

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Pengenalan**

Alam sekitar merupakan warisan paling berharga yang perlu dijaga kepentingannya. Mendepani arus globalisasi, setiap manusia pasti menginginkan kondisi alam sekitar yang terbaik mahupun aset pembangunan melampaui kesedaran kita terhadap kepentingan alam sekitar. Dewasa ini, isu pencemaran alam sekitar bukan lagi suatu perkara biasa, malahan telah menjadi satu kemelut yang tidak dapat dielakkan khususnya bagi negara-negara yang sedang membangun termasuklah negara kita Malaysia. Aktiviti perindustrian masyarakat, pengenalan kepada kenderaan bermotor, dan ledakan populasi manusia, telah menyebabkan pertumbuhan pesat dalam pengeluaran barangan dan perkhidmatan. Secara tidak langsung, pertumbuhan ini telah menjadi salah satu penyumbang besar dalam pembuangan sisa produk yang mencemarkan alam sekitar, seterusnya merosakkan ekosistem dan memberikan impak negatif terhadap manusia. Justeru itu, ilmu serta kesedaran mengenai pencemaran alam sekitar haruslah diterapkan dalam kalangan masyarakat kerana kesannya melibatkan jangka masa panjang, iaitu secara turun-temurun dari suatu generasi kepada generasi akan datang.



Pencemaran boleh dibahagikan kepada beberapa pecahan seperti pencemaran air, pencemaran udara, dan pencemaran bunyi. Bagi pencemaran air, ia merujuk kepada kualiti biologikal, kimia, dan fizikal air tersebut di mana air yang tercemar memiliki lebih banyak kualiti negatif berbanding kualiti positif (Agarwal, 2009). Seperti yang kita sedia maklum, air merupakan salah satu keperluan asas yang penting untuk kelestarian hidup kerana ianya adalah antara komponen utama tubuh badan manusia. Namun begitu, peredaran zaman menyaksikan bahawa kapasiti bahan buangan di kawasan perairan telah melebihi kapasiti ketulenannya. Secara tidak langsung hal ini telah mencemarkan sistem perairan dan menjadikan ia tidak lagi sesuai untuk kegunaan domestik (Rai, 2011).

Peningkatan dalam kemerosotan kualiti air sungai, tasik, dan takungan terus berlaku menerusi perkembangan semasa, perindustrian dan pambandaran. Melalui perkembangan tersebut, air dan tanah boleh dicemari oleh logam berat yang terhasil daripada pelbagai aktiviti manusia seperti perkilangan dan proses pembuatan produk (Neil, 2007). Pencemaran yang disebabkan oleh logam berat telah mendapat perhatian serius selepas kes keracunan merkuri yang berlaku di Jepun dari Teluk Minamata ke Sungai Jintsu sekitar tahun 1950 hingga 1956 di mana sisa merkuri dari pabrik Chisso dibuang ke Teluk Minamata (Mirsal, 2008).

Istilah logam berat telah digunakan secara meluas dengan merujuk pada kumpulan logam dan metaloid serta kesan pencemaran komponen tersebut yang menyebabkan ketoksikan dan masalah ekologi (Banfalvi, 2011). Menurut Nico (2012) dan Nies (1999), logam berat ditakrifkan sebagai logam yang memiliki ketumpatan melebihi 5 g/cm<sup>3</sup>. Antara sumber utama antropogenik logam berat adalah aktiviti perlombongan arang batu dan aktiviti industri seperti stesen janakuasa termal dan industri kimia seperti loji klor-alkali di negara-negara membangun seperti India (Sharma, 2007). Kebanyakan logam berat adalah sangat toksik kepada manusia dan organisma hidup lain. Tambahan pula, logam toksik boleh terakumulasi dalam rantai makanan menyebabkan kepekatan atas pada rantai makanan lebih tinggi berbanding kepekatan dalam air, contohnya karnivor yang memakan mangsa yang tercemar akan mengakumulasi bahan pencemar yang lebih pekat (Harrison, 2001).



Logam berat juga merupakan bahan pencemar yang tidak terbiodegradasi di mana ianya tidak dapat diurai secara semula jadi, membuatkan ia menjadi salah satu ancaman terhadap organisma hidup (Greim & Snyder, 2008). Menurut *World Health Organisation*, logam berat memberikan kesan biotoksik seperti penyakit akut dan kronik. Logam berat kadmium dan arsenik misalnya, boleh mengakibatkan kerosakan organ dalaman seperti buah pinggang, tulang, dan sendi (Azizur Rahman & Hasegawa, 2011). Pada peringkat seterusnya, ianya boleh mengakibatkan penurunan berat badan serta jangkitan pada saluran pencernaan makanan. Keracunan pada peringkat akut melibatkan beberapa gejala utama seperti kekejangan pada bahagian perut dan kegagalan fungsi buah pinggang secara normal (Bleeker *et al.*, 2006). *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) turut mengklasifikasikan beberapa logam berat ke dalam senarai *Top 20 Hazardous Substance Priority List*. Antara logam berat yang terlibat adalah arsenik (As) pada peringkat pertama, kadmium (Cd) pada peringkat ke 6, dan kromium (Cr) pada peringkat ke 7.

Kehadiran logam berat dalam air lazimnya memberikan impak negatif terhadap proses-proses biologi. Kematian ikan dan organisma akuatik akibat logam berat berlaku kerana kadar logam berat yang berlebihan menyebabkan keracunan dalam lendir insang, sehingga insang diselaputi gumpalan logam berat dan seterusnya menyebabkan organisma mati akibat lemas (Sumardjo, 2009). Pergerakan logam berat pada bahagian-bahagian biotik dalam sistem akuatik bermula daripada pembuangan sisa-sisa efluen dari industri-industri mahupun domestik, melalui saluran sisa efluen ataupun melalui sistem perairan bawah tanah. Logam berat tidak larut dalam air, dan dipengaruhi faktor-faktor pemendapan, penyerapan dan kekayaan dalam organisma (Wan Zurnia, 2000).

Logam berat pada paras semulajadi biasanya berasal daripada batuan induk di permukaan bumi. Proses luluhawa yang berlaku akan membebaskan logam di sekitaran. Selain itu, pelbagai aktiviti manusia seperti pembakaran bahan api fosil, aktiviti pemprosesan logam, enap cemar kumbahan dan pertanian juga mampu menyumbang logam berat ke persekitaran (Sabrina Karim, 2007). Logam berat yang dibebaskan ke persekitaran mampu untuk berada di atmosfera apabila dilepaskan dalam bentuk yang halus terutamanya daripada aktiviti luluhawa angin dan pelepasan dari kenderaan dan perkilangan seterusnya membentuk bahan pencemaran udara. Melalui udara juga, bahan-bahan pencemar seperti logam berat boleh disingkirkan ke permukaan bumi melalui dua proses utama yang berlaku secara semulajadi iaitu proses pemendapan basah dan kering (Heryanto, 2004). Partikel halus yang berada di dalam awan akan bertindak sebagai nukleus kepada wap air, seterusnya membentuk gabungan yang lebih besar dan akhirnya termendap bersama air hujan yang turun. Sekiranya bahan pencemar berada di bawah awan, bahan tersebut akan termendap ke permukaan bumi melalui hujan seterusnya memasuki sistem sedimen (Mirsal 2008).

Beberapa teknologi kawalan dan pembersihan pencemaran logam telah diperkenalkan dan salah satunya ialah teknologi fitoremediasi. Fitoremediasi adalah proses bioremediasi yang menggunakan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, dan membersihkan pencemaran dalam tanah atau sedimen dan air bawah tanah (Kupuberg, 1999). Fitoremediasi berasal dari perkataan Bahasa Inggeris iaitu *phytoremediation* yang berasal daripada perkataan Yunani *phyton* yang bermaksud tumbuhan, dan *remediation* berasal dari perkataan latin yang bermaksud menyembuhkan atau menyelesaikan masalah dengan cara memperbaiki kesalahan dan kekurangan (Wan Zurina, 2000). Justeru, secara konseptualnya, fitoremediasi boleh didefinisikan sebagai proses menyingkir, mengurai, dan mengurangkan bahan-bahan pencemar yang wujud di dalam air bumi ataupun tanah menggunakan tumbuhan. Tumbuhan yang menjalankan proses fitoremediasi ini mampu bertindak untuk menyerap logam-logam berat yang terdapat dalam air (Manions & Millner, 2003). Secara tidak langsung, konsep fitoremediasi semakin berkembang untuk menangani masalah pencemaran tanah dan air.



Pembuangan air sisa yang mengandungi logam berat adalah satu permasalahan yang telah lama wujud. Teknologi rawatan biologi yang konvensional kurang memberikan kesan dalam mengeluarkan logam-logam berat. Ekosistem tanah lembap samada semulajadi atau buatan manusia, telah membuktikan sebagai satu teknologi yang mudah, murah dan senang diselenggarakan untuk merawat efluen domestik, perindustrian dan lombong yang berasid (Mirsal 2008). Teknologi fitoremediasi dengan menggunakan makrofit akuatik digunakan dalam pembinaan dan pengurusan ekosistem tanah lembap. Melalui rawatan ini, efluen-efluen dalam persekitaran lebih mudah didegradasikan dan dibersihkan. Makrofit akuatik berkemampuan untuk menyerap dan mengumpul logam-logam dalam kepekatan-kepekatan air ambien. Justeru itu, kajian mengenai taburan logam dalam makrofit akuatik seperti *Ipomea aquatica* mampu menjelaskan dan membuktikan kemampuan tumbuhan akuatik sebagai bioindikator pencemaran logam berat (Rai, 2011).

## 1.2 Objektif Kajian

Kajian terhadap taburan logam berat arsenik, kadmium, dan plumbum dalam *Ipomea aquatica* telah menggariskan empat objektif utama iaitu:

- i. Mengkaji ciri fiziko-kimia air bagi setiap stesen pensampelan.
- ii. Membandingkan taburan kepekatan logam berat arsenik, kadmium, dan plumbum dalam bahagian akar, batang, dan daun *Ipomea aquatica* di setiap stesen pensampelan.
- iii. Membandingkan jumlah kandungan logam berat arsenik, kadmium, dan plumbum di dalam *Ipomea aquatica* bagi setiap stesen pensampelan.
- iv. Menentukan faktor translokasi (TF) dan faktor pengayaan (EF) logam berat arsenik, kadmium, dan plumbum dalam tumbuhan *Ipomea aquatica* dan sedimen.

## 1.3 Skop Kajian

Skop kajian hanyalah tertumpu kepada tumbuhan makrofit dalam habitat semulajadi mereka. Fokus kajian adalah kajian terhadap keupayaan tumbuhan makrofit sebagai bioindikator pencemaran dalam menyerap logam berat arsenik, kadmium, dan plumbum. Tumbuhan makrofit yang digunakan dalam kajian ini adalah kangkung air atau lebih dikenali sebagai *Ipomea aquatica* dalam istilah saintifik. Ianya diambil daripada dua stesen pensampelan yang berbeza dalam satu habitat semulajadi yang dipilih sebagai kawasan kajian. Semua sampel yang diambil kemudiannya dibawa ke makmal untuk analisis logam berat dan data analisis dicatatkan.



## 1.4 Kepentingan Kajian

Pemantauan dan penilaian alam sekitar merupakan aspek penting bagi menjamin kelestarian hidup. Justeru itu, kajian ini penting untuk mengetahui jumlah kepekatan logam berat dalam habitat akuatik memandangkan hidupan akuatik merupakan salah satu sumber makanan manusia. Kajian ini juga penting untuk mengetahui bagaimana pergerakan logam berat di dalam air, sedimen dan tumbuhan *Ipomea aquatica*. Selain itu, ia juga penting untuk mengetahui had pengambilan logam berat yang selamat mengikut piawaian di samping memberi kesedaran tentang bahaya dan ketoksikan logam berat arsenik, kadmium, dan plumbum terhadap organism hidup.

## BAB 2

### ULASAN KEPUSTAKAAN

#### 2.1 Logam Berat

Logam berat adalah logam yang memiliki ketumpatan melebihi 5 g/cm<sup>3</sup>, contohnya arsenik, kadmiun, kuprum, plumbum dan zink. Keadaan sesuatu logam berat boleh diketahui berdasarkan kajian pada ciri kimia dan ciri fizikalnya seperti dari berat atom, ketumpatan, takat didih dan sebagainya. Sumber-sumber logam berat pula merangkumi sumber semulajadi dan sumber antropogenik. Melalui sumber-sumber tersebut, unsur-unsur logam berat akan bergerak dalam persekitaran samada melalui atmosfera, air, dan sedimen (Ana *et al.*, 2003). Dalam aspek teknologi, logam berat memainkan peranan yang besar dalam pembangunan industri dan kemajuan teknologi, sebagai contoh penggunaan kuprum dalam penghasilan konduktor elektrik.

Namun begitu, logam berat juga tidak terlepas sebagai salah satu penyumbang kepada pencemaran alam sekitar. Selain itu, logam berat turut dianggap sebagai anggota suatu subset sakit yang jelas kerana mendedahkan sifat-sifat logam di mana ianya memberikan impak toksik pada organisma hidup. Sebagai konklusinya, beberapa teknologi pengekstrakan logam telah dilaksanakan bagi menyingkirkan logam berat dalam persekitaran seperti fraksi geokimia dan kaedah remediasi menggunakan tumbuhan (Boeing, 2000).



### 2.1.1 Ciri-ciri Fizikal dan Kimia Logam Berat

Ciri-ciri fizikal dan kimia logam berat merangkumi komposisi dalaman dan luaran sesuatu logam berat. Logam-logam berat mempunyai suatu sifat yang mudah dibentuk samada dalam keadaan sejuk ataupun panas tanpa berlaku retakan pada permukaannya (Sharma, 2007). Logam berat kebiasaannya memiliki sifat berkilau, berketumpatan tinggi dan merupakan konduktor elektrik yang baik disamping dapat mengalirkan haba. Sesetengah logam berat juga mempunyai ketumpatan yang rendah, lembut, mulur dan mempunyai takat lebur yang rendah. Antara ciri-ciri lain logam berat ialah warna, tekstur, jisim atom relatif, nombor atom dan keelektronegatifan. Berikut merupakan penerangan lanjut ciri-ciri fizikal dan kimia bagi logam berat arsenik, kadmium dan plumbum (Harrison 2011).

#### a. Arsenik

Arsenik (As) merupakan elemen kimia yang mempunyai 33 nombor atom dan 74.92 g/mol jisim atom relatif, manakala ketumpatan spesifiknya pula ialah 5.73 g/cm<sup>3</sup>. Arsenik berlaku dalam banyak mineral, kebiasaannya dalam sulfur dan metal yang lain. Ianya juga merupakan elemen kristal asli. Arsenik wujud dalam -3, 0, +3, dan +5 keadaan pengoksidaan valens, dan turut wujud dalam pelbagai bentuk kimia dalam air dan sedimen. Ianya mempunyai takat lebur pada suhu 817 °C dan takat didih pada suhu 614 °C. Arsenik dibebaskan pada alam sekitar melalui proses peleburan logam berat Cu, Zn, dan Pb, dan juga melalui proses pembuatan bahan kimia dan kaca. Penggunaan utama logam arsenik adalah untuk menguatkan aloi tembaga dan plumbum, sebagai contoh penggunaan dalam bateri kereta (Harrison 2011).

Selain itu, arsenik juga boleh didapati dalam hidupan laut seperti kerang-kerangan dan ikan kod. Sumber-sumber lain arsenik termasuklah cat, racun tikus, racun kulat, dan bahan pengawet kayu (Duffus, 2002). Ketoksikannya pula bergantung pada bahan kimia (valensi) dan bentuk fizikal sebatian tersebut. Selain itu, ketoksikannya juga adalah berdasarkan laluan mana ianya memasuki tubuh badan, dos dan tempoh pendedahan, dan beberapa parameter biologi lain. Secara umumnya, terdapat tiga aloptrop arsenik iaitu, arsenik kelabu, arsenik kuning dan arsenik kelabu metalik (Kamble & Patil, 2001).

## **b. Kadmium**

Kadmium (Cd) merupakan elemen kimia yang mempunyai 48 nombor atom dan 112.4 g/mol jisim atom relatif, manakala ketumpatan spesifiknya pula ialah 8.65 g/cm<sup>3</sup>. Ianya mempunyai takat lebur pada suhu 321 °C dan takat didih pada suhu 765 °C. Kadmium tergolong dalam kumpulan IIB dalam senarai elemen pada jadual berkala, manakala dalam larutan akues kadmium mempunyai +2 keadaan pengoksidaan stabil. Kadmium juga mudah meruap dan memiliki ciri fizikal berkilau, putih keperakan, mulur, serta mempunyai permukaan yang sedikit kebiruan. Logam berat ini juga sangat mudah dibentuk kerana memiliki struktur yang lembut. Ianya larut dalam asid tetapi tidak dalam alkali. Ia juga mempunyai banyak persamaan pada zink, tetapi ia membentuk sebatian yang lebih kompleks (Harrison, 2011).

Lebih kurang tiga perempat daripada kadmium digunakan dalam bateri Ni-Cd, dan kebanyakan baki satu perempat selebihnya digunakan untuk pigmen, pelapisan dan penyaduran, serta penstabil untuk plastik. Kadmium juga mempunyai keupayaan untuk menyerap neutron, justeru itu ia digunakan sebagai penghalang untuk mengawal pembelahan nuklear (Kamble & Patil 2001).

## **c. Plumbum**

Plumbum (Pb) merupakan unsur kimia yang tergolong dalam kumpulan 14 dalam jadual berkala. Plumbum merupakan elemen kimia yang mempunyai 82 nombor atom dan 207.12 g/mol jisim atom relatif, manakala ketumpatan spesifiknya pula ialah 11.35 g/cm<sup>3</sup>. Ianya mempunyai takat lebur pada suhu 327.5°C dan takat didih pada suhu 1755°C. Plumbum adalah logam berkilat, putih kebiruan, dan lembut (Harrison, 2011). Ianya juga sangat mudah dibentuk, mulur, dan konduktor elektrik yang kurang baik. Plumbum sangat tahan pada hakisan tetapi mencemarkan apabila terdedah kepada udara (Duffus 2002).





## RUJUKAN

- Abernathy, C.O., Cantilli, R. & Du, J.T. 1993. Essentiality Versus toxicity: Some consideration in the risk assessment of essential trace elements (ed). *Hazard Assessment of Chemical*, **8**: 81-113.
- Agarwal, S. 2009. *Water Pollution*. New Delhi: APH Publishing.
- Asher, C.J. Reay, P.F., 1999. Arsenic uptake by barley seedlings. *Function Plant Biology*, **6**: 459-466.
- Banfalvi, G. 2011. *Cellular Effects of Heavy Metals*. Hungary: Library of Congress.
- Chandra, P., and Kulshreshtha, K. 2004. Chromium Accumulation and Toxicity in Aquatic Vascular Plant. *Botanical Review*, **70**: 313-327.
- Cook, C.D.K. 1999. *Aquatic Plant Book*, SPB Academic Publishing. The Hague, Netherlands.
- Cullen, W.R., and Reimer, K.J. 1999. Arsenic speciation in the environment. *Chemistry Review*, **89**: 713-764.
- Dogan, M., Saygideger, S., and Colak, U. 2009. Effect of lead toxicity on aquatic macrophyte. *Environmental Contaminant Toxicology*, **83**: 249-254.
- Duffus, J.H. 2002. Chemistry and human health division clinical chemistry section, commission on toxicology. *Pure Application Chemistry*, **75 (9)**: 793-807.
- Elith, M. & Garwood, S. 2001. Investigation into Levels of Heavy Metals within Manly Dam Catchment. *Freshwater Ecology Report*, **12**: 223-269.
- Fritioff, A., Gregar, M. 2006. Uptake and distribution of Zn, Cu, Cd, and Pb, in an aquatic plant. *Chemosphere*, **63**: 220-227.
- Gallon, C., Munger, C., Premont, S., and Campbell, P.G.C. 2004. Hydroponic study of alluminium accumulation by aquatic plants: effect of fluoride and pH. *Water Air Soil Pollution*, **153**: 135-155.

- Giraldo E., and Garzon, A. 2002. The potential for water hyacinth to improve the quality of Bogota River water in the Muna reservoir: comparison with the performance of waste stabilization ponds. *Water Science Technology*, **45** (1): 103-110.
- Grill, E. 1998. Phytochelatins, a class of heavy metal binding peptides from plants, are functionally analogous to metallothioneins. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **84**: 439-443.
- Guilizzoni, P. 1999. The role of heavy metals and toxic materials in the physiological ecology of submerged macrophytes. *Aquatic Botany*, **41**: 87-109.
- Gupta, P.K. 2009. *Concept to Biology: Genetics classical to modern*. Rastogi Publication, New Delhi.
- Harrison, R. M. 2001. *Pollution: Causes, Effects and Control*. The Royal Society of Chemistry: United Kingdom.
- Helmut Greim & Robert Snyder. 2008. *Toxicology and Risk Assessment: A Comprehensive Introduction*. United State of America: British Library Cataloguing.
- Irena Sherameti, A. V. 2012. *Soil Heavy Metals*. London: Springer Heidelberg Dordrecht.
- Kara, Y. 2004. Bioaccumulation of copper from contaminated wastewater by using *Lemna minor*. *Environmental Contamination Toxicology*, **72**: 467-471.
- Kara, Y. 2005. Bioaccumulation of arsenic from contaminated wastewater by using aquatic macrophyte. *Environmental Contamination Toxicology*, **72**: 467-471.
- Mal, T.K., Adorjan, P., Corbett, A.L., and Lager, S.C. 2002. Effect of copper on the growth of an aquatic macrophyte. *Environmental Pollution*, **120**: 307-311.
- Manions. T., Strentford, E.L. & Millner, P. 2003. Removal of Heavy Metals from a Metaliferous Water Solution by *Typha latifolia* Plants and Sewage Sludge Compost. *Journal of chemosphere*, **53**: 487-494.
- Miretzky, P., Saralegui, A., and Cirelli, A.F. 2004. Aquatic macrophytes potential for the simultaneous removal of heavy metals. *Chemosphere*, **57**: 997-1005.

- Mirsal, A. I. 2008. *Soil Pollution: Origin, Monitoring & Remediation*. Germany: Springer.
- Nico, M. V. 2012. *An Introduction to Ecological Genomics*. New York: Oxford University Press.
- Pizarro, F. 1999. Acute gastrointestinal effect of graded level of copper in drinking water. *Environmental Health Perspective*, **107(2)**: 117-121.
- Qihang Wu, N. F. 2014. Ecological risk and pollution history of heavy metals in Nansha mangrove, South China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* Volume 104, 143-151.
- Rai, P. K. 2009. Comparative assessment of *Azolla pinnata* and *Vallisneria spiralis* in Hg removal from G.B. Pant Sagar of Sintgrauli industria; region, India. *Environmental Monitoring Assessment*, **147**: 75-84.
- Rai, P. K. 2011. *Heavy Metals Pollution and its Phytoremediation through Wetland Plants*. New York: Nova Science Publisher, Inc.
- Robinson, B., Marchetti, M., Moni, C. 2005. Arsenic accumulation by aquatic and terrestrial plants in Nadui River. *Victoria*, **56**: 235-247.
- Sabrina Karim. 2007. Penspesian logam berat dalam air sisa campuran industri di sistem perparitan tertutup, Zon Perindustrian Prai 1 dan 2, Pulau Pinang. Universiti Sains Malaysia.
- Saffuan, R., Ariffin, J., and Amin, Z. 2012. Planning Park for Liveable Cities: Green Technology Design Practice for Tasik Biru Kundang, Kluang Selangor, Malaysia. *Journal of Procedia - Social and Behavioral Sciences*, **35**: 705-712.
- Sahuquillo, A., Rigol, A., and Rauret, G. 2003. Overview of the use of leaching/extraction tests for risk assessment of trace metals in contaminated soils and sediments. *Trends Anal Chem* **22**: 152-159.
- Sharma, B. K. 2007. *Environmental Chemistry*. India: GOEL Publishing House.
- Shuai, L. W. 2013. Heavy Metal pollution in coastal areas of South China: A review. *Marine Pollution Bulletin* **76**: 7-15.

- Singh, A., and Prasad, S.M. 2011. Reduction of heavy metal load in food chain: technology assessment. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* **10**:199–214.
- Sultan, K., and Shazili, N. A. 2009. Distribution and geochemical baselines of major, minor and trace elements in tropical topsoils of the Terengganu River basin. *Malaysia J Geochem Explore* **103**: 57–68.
- Sumardjo, D. 2009. *Pengantar Kimia*. Indonesia: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Taweel, A., Othman-Shuhaimi, M. and Ahmad, A. K. 2013. Assessment of heavy metals in tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) from the Langat River and Engineering Lake in Bangi, Malaysia, and evaluation of the health risk from tilapia consumption. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **93**: 45-51.
- Tay, Y. Z. 2010. Taburan Logam Berat Plumbum, Kuprum, dan Kadmium dalam *Typha latifolia* di Lagun Likas (Tidak Diterbitkan).
- Tiwari, S. 2007. An effective means of biofiltration of heavy metal contaminated water bodies using *Eichornia crassipes*, *Environmental Monitoring Assessment* **20**: 12-17.
- Varol, M. 2011. Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials Volume 195*, 355-364.
- Vithanage, M., Dabrowska, B.B., Mukherjee, B., Sandhi, A., Bhattacharya, P., 2012. Arsenic uptake by plants and possible phytoremediation applications: a brief overview. *Environ. Chem. Lett.* **10**: 217-224.
- Wan Zurina Wan Abdullah. 2000. Taburan Logam Berat Kadmium, Zink, Kuprum, dan Plumbum dalam *Eichornia crassipes* dan *Ipomea aquatica*. Tesis Sm. Sn, Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu (Tidak Diterbitkan).
- Wellney Binidek. 2012. Taburan Logam Berat Pb, Cu, dan Cd dalam *Ipomea aquatica* di habitat semulajadi. Tesis Sm. Sn, Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu (Tidak Diterbitkan).

- Xu, H., Yu, G., Yang, L. and Jiang, H. 2013. Combination of two-dimensional correlation spectroscopy and parallel factor analysis to characterize the binding of heavy metals with DOM in lake sediments. *Journal of Hazardous Materials*, **263**: 412-421.
- Yang, J., Chen, L., Liu, L. Z., Shi, W. L. and Meng, X. Z. 2014. Comprehensive risk assessment of heavy metals in lake sediment from public parks in Shanghai. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **102**: 129-135.
- Zakaria, Z., Gairola, S., & MohdShariff, N. 2010. Effective Microorganisms (EM) Technology for Water Quality Restoration and Potential for Sustainable Water Resources and Management. School of Distance Education, Universiti Sains Malaysia, Penang Malaysia.