

PENGUMPULAN LOGAM BERAT OLEH *Typha angustifolia* DALAM SISTEM TANAH LEMBAP
DALAM KEADAAN SALIRAN ASID LOMBONG (AMD) DI BEKAS LOMBONG TEMBAGA MAMUT,
RANAU.

LO VUN YEN

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

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

PROGRAM BIOLOGI PEMULIHARAAN
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2010



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PUMS99:1

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Pengumpulan Logam Berat Oleh Typha angustifolia Dalam Sistem Tanah Lembap Dalam Kandang Saliran Asid Lumbang (AMD) Di Bekas Lumbang Terbaga Marut, Ranau

IAZAH: Ijazah Sarjana Muda Sains dengan Kejurian

SAYA LO VUN YEN
(HURUF BESAR)

SESI PENGAJIAN: 2009/2010

mengaku membenarkan 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 institutsi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

☐ SULIT

☐ TERHAD

☒ TIDAK TERHAD

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

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

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

Disahkan Oleh

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

NURULAIN BINTI ISMAIL
LIBRARIAN

Yk.
(TANDATANAN PENULIS)

Nurulain Binti Ismail
(TANDATANAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: Peti Surat 61,
8907 Terengganu,
Sabah.

Dr. Kartini Saibeh
Nama Penjelia

Tarikh: 4/5/2010

Tarikh: 7/5/2010

CATATAN:- *Potong yang tidak berkenaan.

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

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

PERPUSTAKAAN UMS



1000354036



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

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



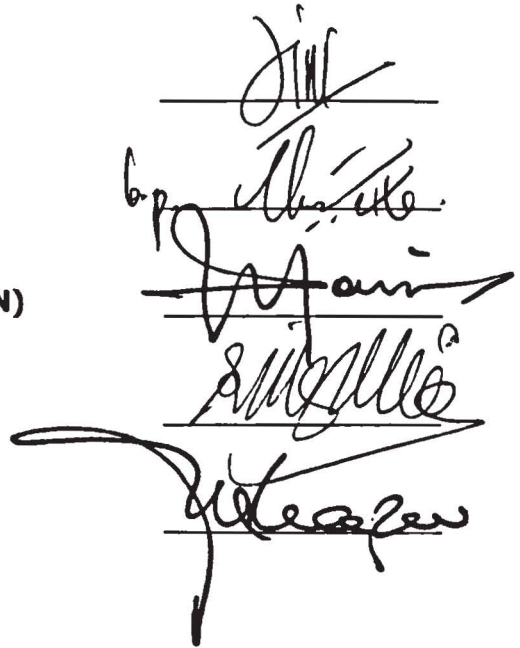
LO VUN YEN
(BS07110088)

29 MAC 2010

DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan

1. **PENYELIA**
(DR. KARTINI SAIBEH)
2. **KO- PENYELIA**
(DR SHAMSUL KAMAL BIN SULAIMAN)
3. **PEMERIKSA 1**
(PROF. MADYA. DR. MONICA SULEIMAN)
4. **PEMERIKSA 2**
(PUAN LUIZA MAJUAKIM)
5. **DEKAN**
(PROF. DR. MOHD. HARUN ABDULLAH)





UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGHARGAAN

Projek ini adalah hasil daripada proses pembelajaran yang dilalui selama tiga tahun menuntut ilmu di Universiti Malaysia Sabah. Oleh itu, saya ingin mengucapkan setinggi-tinggi terima kasih kepada keluarga saya terutama ibu bapa saya yang telah memberi dorongan dan sokongan kepada saya.

Jutaan terima kasih turut disampaikan kepada penyelia projek ini iaitu Dr. Kartini Saibeh dan ko-penyelia iaitu Dr. Shamsul Kamal Bin Sulaiman kerana banyak berkongsi ilmu pengetahuan, meluangkan masa dan memberi komitmen yang tinggi serta bimbingan dan tunjuk ajar dalam kerja-kerja penulisan, projek pembentangan dan kerja makmal. Sumbangan dalam bentuk idea dan nasihat serta tenaga terutamanya sewaktu berhadapan dengan masalah sepanjang projek ini dijalankan amat saya hargai.

Setinggi-tinggi ucapan terima kasih saya ucapkan kepada pihak Pengurusan Jabatan Mineral Dan Geosains diatas bantuan kemudahan peralatan dan makmal yang diberikan samasa saya merencanakan kajian. Di samping itu, ucapan terima kasih juga diucapkan kepada kakitangan-kakitangan Jabatan Mineral Dan Geosains yang turut menyumbang tenaga secara langsung mahupun tidak langsung dalam menyiapkan projek ini terutamanya Encik Khairun Nasir Moktar yang memberi bantuan dalam kerja makmal amat saya hargai.

Ucapan ribuan terima kasih juga diucapkan kepada pembantu-pembantu makmal di Institut Biologi Tropika dan Pemuliharaan dan Sekolah Sains dan Teknologi, iaitu Cik Juliana dan Cik Doreen yang turut menyumbang tenaga dalam menyiapkan projek ini. Selain itu, ucapan terima kasih juga diucapkan kepada saudara Khairul Nizam bin Yakob yang banyak meluangkan masa dan memberi tunjuk ajar kerja makmal.

Ucapan terima kasih tidak lupa juga diucapkan kepada rakan-rakan seperjuangan yang memberikan sokongan dalam bentuk moral dan dorongan, segala jasa dan budi anda akan saya kenang.

ABSTRAK

Kepekatan cadmium (Cd), chromium (Cr), kuprum (Cu), ferum (Fe), plumbum (Pb), nikel (Ni) and zink (Zn) dalam bahagian akar, batang, daun *Typha angustifolia* telah diuji di mana ia ditanam dalam sistem tanah lembap dalam keadaan saliran asid lombong (AMD). Lokasi kajian ini dijalankan di bekas lombong tembaga Mamut, Ranau, Sabah. *Typha angustifolia* yang mempunyai ketinggian 40 cm hingga 60 cm dipindah-tanam dari Tanjung Lipat, Kota Kinabalu ke tempat kajian. Manakala, 20 tumbuhan *T. angustifolia* telah dipindah-tanam ke dalam pasu yang terletak di Institut Biologi Tropika dan Pemuliharaan (IBTP), Universiti Malaysia Sabah di mana ia tidak didedahkan kepada AMD. Kepekatan logam berat dalam *T. angustifolia* yang didedahkan kepada AMD dan juga yang tidak didedahkan kepada AMD dianalisis pada hari ke-0 hari dan hari ke-60. Komposisi logam-logam berat dalam sampel tumbuhan diekstrak dengan menggunakan asid nitric, 65% dan asid perklorik, 70% dengan menggunakan kaedah penghadaman basah. Kandungan logam berat dalam larutan ekstrak tumbuhan ditentukan dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (AAS). Pada akhir eksperimen, keputusan menunjukkan bahawa Fe mempunyai kepekatan logam berat yang tertinggi dalam *T. angustifolia*. Manakala, kepekatan logam berat yang terendah ialah Cd. Jumlah kepekatan logam berat dalam tumbuhan yang didedahkan kepada AMD adalah lebih tinggi berbanding tumbuhan yang tidak didedahkan kepada AMD. Walaubagaimanapun, jumlah kepekatan logam berat dalam *T. angustifolia* untuk kedua-dua situasi ini telah menurun pada hari ke-60 berbanding dengan hari ke-0. Ini mungkin disebabkan oleh tekanan terhadap tumbuhan kebiasaanya berlaku pada hari ke-60 yang disebabkan oleh pembatasan nitrogen. Hanya logam Cr, Cu dan Fe meningkat dalam tumbuhan pada hari ke-60 selepas didedahkan kepada AMD. Secara keseluruhannya, bahagian akar menunjukkan pengumpulan kandungan logam berat yang tertinggi berbanding bahagian batang dan juga daun. Ini adalah kerana tisu akar lebih terdedah kepada logam berat kerana terendam di dalam air dan ia mempunyai sistem akar-rizom yang berkembang dengan baik.

ABSTRACT

ACCUMULATION HEAVY METALS OF *Typha angustifolia* UNDER ACID MINE DRAINAGE (AMD) IN A CONSTRUCTED WETLAND SYSTEM AT EX-MAMUT COPPER MINE, RANAU, SABAH.

The concentration of cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), iron (Fe), lead (Pb), nickel (Ni) and zinc (Zn) were evaluated in root, stem and leaves of *Typha angustifolia* which were planted under acid mine drainage (AMD) in a constructed wetland system. The study site was located at the Ex-Copper Mamut Mine, Ranau, Sabah. *Typha angustifolia* individuals of 40 cm to 60 cm of growth in Tanjung Lipat, Kota Kinabalu was replanted in the study site. Twenty individuals of *T. angustifolia* were replanted in the pots under non-AMD condition at Institution Tropical Biology and Conservation (IBTP), Universiti Malaysia Sabah. The concentration of the heavy metals in *T. angustifolia* were analyzed for 0 day and 60 days after exposure to AMD and without AMD. The content of heavy metals was extracted from the samples with nitric acid, 65% and perchloric acid, 70%. The method used was wet digestion. Heavy metals in extracted compound were determined with Atomic Absorption Spectrometer (AAS). The result showed that the highest concentration of heavy metal in *T. angustifolia* was Fe at the end of experiment. While, the lowest concentration of heavy metal was Cd. The total concentration of heavy metals in the plants which were exposed to AMD was higher than the plants which were not exposed to the AMD. However, the total concentration of heavy metal in *T. angustifolia* for both conditions decreased in day 60 compare to day 0. This may be due to the plant stress which generally occur at day 60 resulting from nitrogen limitation. Only Cr, Cu and Fe in the plants increased after 60 days exposure to AMD. Overall, the root presented the highest accumulation of heavy metals compared to the stem and leaves. This is because the root tissue is more exposed to the existing heavy metals in the water and it has a well developed root-rhizome system.

PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI FOTO	xi
SENARAI SIMBOL	xii
BAB 1	
PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Justifikasi	3
1.3 Objektif	4
1.4 Skop Kajian	4
BAB 2	
ULASAN PERPUSTAKAAN	5
2.1 Saliran Asid Lombong (AMD)	5
2.2 Sistem Tanah Lembap	6
2.3 <i>Typha angustifolia</i> L.	7
2.4 Logam Berat Dalam Tumbuhan dan Alam Sekitar	9
2.5 Keupayaan Tumbuhan Akuatik Yang Berbeza Dalam Membaiki Kualiti Air	11
2.5.1 <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms.	11
2.5.2 <i>Hydrilla verticillata</i> Casp., <i>Salvinia</i> sp.	11
2.5.3 <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud., <i>Phragmites carka</i> (Retz.) Trin. ex Steud.	12
2.5.4 <i>Scirpus americanus</i> Pers.	12
2.6 Alat Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)	12
BAB 3	
BAHAN DAN KAEDAH	14
3.1 Tempat Kajian	14
3.2 Pembinaan Sistem Tanah Lembap	14
3.3 Persampelan	17
3.4 Penyediaan Analisis Makmal	17
3.4.1 Penyediaan Radas	17
3.4.2 Bahan Kimia Dan Alat Radas	18
3.4.3 Penyediaan Larutan Piawai	18
3.4.4 Penyediaan Sampel	19
BAB 4	
KEPUTUSAN	21
4.1 Kandungan Logam Berat Dalam Tumbuhan	21
4.1.1 Kandungan Logam Berat Dalam Bahagian Tumbuhan Pada Hari Ke-0	21

4.1.2	Kandungan Logam Berat Pada Bahagian Tumbuhan Pada Hari Ke-60	22
4.1.3	Perbandingan Kandungan Logam Berat Dalam Tumbuhan Pada Hari Ke-0 Dan Hari Ke-60	28
BAB 5	PERBINCANGAN	29
5.1	Perbincangan Kajian	29
BAB 6	KESIMPULAN DAN CADANGAN	33
6.1	Kesimpulan	33
6.2	Cadangan	34
	RUJUKAN	35
	LAMPIRAN	40

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka Surat
3.1	Bahan kimia dan alat radas yang perlu digunakan untuk analisis sampel	18
3.2	Nilai kepekatan larutan piawai	19
4.1	Kepekatan logam-logam berat dalam bahagian tumbuhan <i>Typha angustifolia</i> pada hari ke-0	21

SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
3.1 Peta bagi kedudukan Mamut, Ranau, Sabah	15
3.2 Komponen bagi sistem tanah lembap buatan (Duongruitai <i>et al.</i> , 2006; Zipper <i>et al.</i> , 2001).	16
3.3 Saliran asid lombong (AMD) mengalir dari besen pemendapan (SD) ke setiap tangki (C) yang ditanam dengan tumbuhan <i>Typha angustifolia</i> .	16
4.1 Kepekatan logam Cd dalam bahagian tumbuhan <i>Typha angustifolia</i> dalam AMD dan air paip pada hari ke-60.	23
4.2 Kepekatan logam Cr dalam bahagian tumbuhan <i>Typha angustifolia</i> dalam AMD dan air paip pada hari ke-60.	23
4.3 Kepekatan logam Cu dalam bahagian tumbuhan <i>Typha angustifolia</i> dalam AMD dan air paip pada hari ke-60.	25
4.4 Kepekatan logam Fe dalam bahagian tumbuhan <i>Typha angustifolia</i> dalam AMD dan air paip pada hari ke-60.	25
4.5 Kepekatan logam Ni dalam bahagian tumbuhan <i>Typha angustifolia</i> dalam AMD dan air paip pada hari ke-60.	26
4.6 Kepekatan logam Pb dalam bahagian tumbuhan <i>Typha angustifolia</i> dalam AMD dan air paip pada hari ke-60.	27
4.7 Kepekatan logam Zn dalam bahagian tumbuhan <i>Typha angustifolia</i> dalam AMD dan air paip pada hari ke-60.	27

SENARAI FOTO

No. Foto		Muka Surat
2.1	Saliran asid lombong (AMD) yang berada di bekas lombong tembaga Mamut, Ranau.	6
2.2	<i>Typha angustifolia</i> yang berada di Tanjung Lipat, Kota Kinabalu. (tidak mengikut skala)	9

SENARAI SIMBOL

AMD	Saliran Asid Lombong
AAS	Spektrofotometer Serapan Atom
Al	Aluminium
Cd	Kadmium
Cr	Kromium
Cu	Kuprum
Fe	Ferum
Mn	Mangan
Ni	Nikel
Pb	Plumbum
Zn	Zink
pH	Ukuran Kadar Keasidan/ Kealkalian Sesuatu Bahan
TE	Unsur Surih
C	Tangki PVC Terbuka
SD	Besen Pemendapan
HNO ₃	Aisid Nitrik
HCl ₄	Asid perklorik
FeS ₂	Pirit
FeOOH	Hidrosida ferik
O ₂	Oksigen
H ₂ O	Air
Fe ⁺²	ion ferus
SO ₄ ⁻²	ion sulfat
H ⁺	ion hidrogen
Fe ⁺³	ion ferik
m	meter

m^3	isipadu (meterpadu)
cm	sentimeter
cm^3	isipadu (sentimeterpadu)
$^{\circ}C$	darjah Celsius
$\mu g/ml$	mikrogram per milliliter
$\mu g/g$	mikrogram per gram
mg/L	milligram per liter

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Kegiatan perlombongan merupakan salah satu penyumbang besar kepada sumber ekonomi negara seperti perlombongan di Mamut, Ranau yang bermula pada tahun 1975. Perlombongan tersebut penting kerana mempunyai nilai tembaga yang tinggi. Walaubagaimanapun, perlombongan tersebut telah ditutup pada bulan Oktober tahun 1999 berikutan harga logam yang rendah dan hakisan batu (Azizli *et al.*, 1995). Kegiatan perlombongan di Mamut ini, turut menyumbang kepada pencemaran alam sekitar. Secara tidak langsung, ia mengakibatkan perubahan fizikal bentuk muka bumi, seperti lubang besar yang ditinggalkan selepas aktiviti perlombongan. Sisa-sisa buangan lombong seperti logam berat menyebabkan pencemaran tanah dan air di mana logam berat tersebut akan mengalir masuk ke dalam air dan menyebabkan keadaan bertoksik kepada hidupan akuatik. Ini menyebabkan ekosistem akuatik terganggu dan seterusnya turut menjejaskan kesihatan manusia dan haiwan. Oleh sebab itu, pentingnya pengurusan sisa-sisa buangan dari lombong agar tidak mendatangkan kesan yang negatif terhadap alam sekitar mahupun manusia.

Antara pencemaran yang membawa kesan buruk ialah saluran asid lombong atau *acid mine drainage* (AMD). Ia terhasil apabila mineral yang mengandungi



sulfida mengalami beberapa siri tindak balas setelah terdedah kepada air and oksigen (Skousen *et al.*, 2000). Biasanya, AMD menunjukkan ciri-ciri pH yang rendah, kadar keasidan yang tinggi serta kepekatan sulfat yang tinggi (Zagury & Neculita, 2007). Tanah yang terdedah kepada AMD akan menyebabkan kadar penumbuhan sesuatu tumbuhan terbantut (Gagliano, 2004). Antara logam berat yang menyumbang kadar keasidan yang tinggi bagi AMD ialah Ferum (Fe), Mangan (Mn), Zink (Zn) dan Aluminium (Al) (Kleinmann, 2006).

Sistem tanah lembap merupakan rawatan semulajadi bagi AMD di mana ia meningkatkan kualiti air yang mengalir melaluinya dengan menyaringkan kotoran, bertujuan menyingkirkan kandungan bahan kimia (Moore, 1993). Sebagai bukti, sistem tanah lembap buatan telah banyak digunakan di luar negara untuk merawat air buangan (Gagliano, 2004; Duongutai *et al.*, 2006; Kleinmann, 2006; Zagury & Neculita, 2007). Sebagai rawatan AMD yang berkesan, sistem tanah lembap buatan ini hanya melibatkan kos serta penyenggaraan yang rendah. Sistem tanah lembap buatan terdiri daripada lapisan kerikil, diikuti lapisan bahan organik dan lapisan tersebut diakhiri dengan tanaman tumbuhan akuatik (Moore, 1993; Zipper *et al.*, 2001; Kleinmann, 2006).

Komponen terakhir iaitu penanaman tumbuhan akuatik memainkan peranan penting dalam membina sistem tanah lembap buatan bagi memastikan keberkesanan rawatan AMD. Tumbuhan akuatik yang biasa ditanam dalam sistem tanah lembap buatan ialah *wool grass*, *cattail* dan *bulrush*. Tumbuhan akuatik tersebut mempunyai keupayaan untuk menyerap dan mengumpul logam berat dalam tisunya (Ghaly *et al.*, 2008). Oleh itu, kepekatan logam berat yang berada di dalam tanah lembap dapat dikurangkan. Tumbuhan yang mempunyai keupayaan yang tinggi untuk mengumpul logam di dalam biojisimnya dikenali sebagai "hiperakumulator" seperti *Brassica juncea* merupakan hiperakumulator yang mampu mengumpul zink yang empat kali ganda lebih tinggi daripada *Thlaspi caerulescens* J. & C. Presl (Weiss *et al.*, 2006).

Dalam kajian ini, tumbuhan *Typha angustifolia* L. dipilih sebagai tumbuhan akuatik dalam sistem tanah lembap buatan. Pemilihan tumbuhan akuatik adalah bergantung kepada penguasaan tumbuhan di dalam tanah lembap. *Typha angustifolia* mempunyai toleransi hidup dalam keadaan berasid (Batty, 2003; Ghaly, 2008). Ia mempunyai kapasiti yang tinggi untuk menyerap logam berat ke dalam tisunya tanpa kerosakkan fisiologinya (Sasmaz *et al.*, 2008). Selain penyingkiran logam berat, ia juga terlibat dalam proses penyaringan bahan cemar dalam tanah lembap (Shutes, 2001).

1.2 Justifikasi

Aktiviti melombong logam ini telah wujud sekian lama dahulu, oleh itu secara langsung pencemaran yang disebabkan oleh AMD juga adalah seera dengan kegiatan perlombongan ini. Untuk merawat air bagi menyingkirkan logam, melibatkan kos yang tinggi serta teknologi terkini, oleh itu lombong yang terbiar akan menyebabkan keadaan tidak begitu praktikal berhubung dengan kawalan semulajadi dan juga melibatkan skala yang sangat luas berkaitan masalah ini.

Bagi tujuan rawatan air ini, pilihan penyenggaraan minima serta kos yang rendah amat diperlukan. Sistem tanah lembap buatan yang bertujuan merawat AMD telah diperkenalkan selepas suatu kajian mendapati bahawa saluran toksik lombong lebih bersih selepas melalui paya semulajadi ataupun tanah lembap yang lain. Ini kerana tumbuhan akuatik yang terdapat di paya semulajadi dan kawasan tanah lembap dapat menyaringkan dan menyerap logam berat ke dalam tisunya. Oleh kerana rawatan ini melibatkan tanah lembap buatan, pemilihan tumbuhan bergantung kepada kesesuaian tumbuhan tersebut terhadap lokasi tanah lembap buatan tersebut, adaptasinya terhadap keadaan persekitaran, serta kemudahan mendapatkan spesiesnya.

1.3 Objektif

Objektif bagi kajian ini adalah menentukan keupayaan *Typha angustifolia* menyerap dan mengumpul logam berat pada bahagian akar, batang dan daunnya.

1.4 Skop Kajian

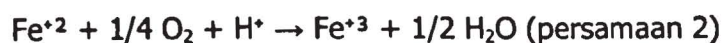
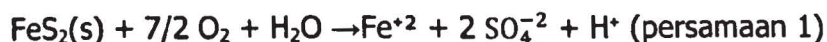
Kajian ini melibatkan dua proses berbeza iaitu analisis luar makmal dan analisis dalam makmal. Analisis luar makmal ialah proses penanaman dan persampelan tumbuhan *Typha angustifolia* di mana ia dipilih sebagai tumbuhan akuatik untuk ditanam di dalam sistem tanah lembap buatan di bekas lombong Mamut, Ranau. Tumbuhan dituai pada hari ke-60 setelah didedahkan kepada AMD. Manakala, analisis dalam makmal ialah menguji kepekatan logam-logam berat yang mengandungi dalam bahagian akar, batang dan daun tumbuhan.

BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 Saliran Asid Lombong (AMD)

Saliran asid lombong (AMD) merupakan pencemaran teruk yang disebabkan oleh aktiviti perlombongan (Foto 2.1). AMD terhasil apabila mineral yang mengandungi sulfida dioksidakan akibat daripada pendedahan terhadap oksigen dan air. Mineral yang biasanya terdapat di kawasan perlombongan ialah pirit (FeS_2). Pembentukan AMD terhasil seperti berikut:



Proses ini bermula dengan pengoksidaan pirit dan secara tidak langsung ianya membebaskan ion ferus (Fe^{+2}), sulfat (SO_4^{-2}) and hidrogen (H^+) (persamaan 1). Proses pengoksidaan sulfida dipercepatkan dengan kehadiran bakteria *Thiobacillus* dan *Ferroplasma*. Ion ferus seterusnya dioksida menjadi ion ferik (Fe^{+3}) (persamaan 2). Akhirnya, ion ferik (Fe^{+3}) tersebut akan bertindak balas dengan air untuk membentuk hidrosida ferik (FeOOH), iaitu mendakan berwarna jingga serta membebaskan ion hidrogen yang akan menyebabkan kenaikan kadar asid (persamaan 3). Pembentukan FeOOH bergantung kepada kadar pH dan bertindak secara pantas pada pH melebihi empat (Skousen *et al.*, 2000).





Foto 2.1 Saliran asid lombong (AMD) yang berada di bekas lombong tembaga Mamut, Ranau.

2.2 Sistem Tanah Lembap

Sistem Tanah lembap menggabungkan proses fizikal, biologi dan kimia untuk merawat air buangan. Air buangan yang mengalir masuk telah diperlahankan semasa melalui permukaan tanah lembap lalu membenarkan tanah dan mendapan menuras, menyaring dan menyingkirkan bahan buangan. Sistem tanah lembap buatan merupakan kaedah rawatan air buangan yang menyerupai sistem tanah lembap semulajadi (Moore, 1993). Ia terdiri daripada tangki septik yang diisi dengan lapisan kerikil, bahan organik serta tumbuhan akuatik (Moore, 1993; Zipper *et al.*, 2001; Kleinmann, 2006).

Sistem tanah lembap buatan memberikan rawatan yang maksimum dengan mengenalpasti pengaliran yang berkadar perlahan, dan tumbuhan memberi kawasan permukaan yang luas. Contohnya, komuniti mikrob yang terdapat dalam batang sesuatu tumbuhan akan menukar nitrogen organik kepada nitrogen ammonium bukan organik. Rawatan lain yang bertindak secara biologi melibatkan penyerapan tumbuhan nutrien seperti fosfat (Gagliano, 2004).

Komponen tumbuhan merupakan salah satu faktor penting dalam proses merawat AMD. Sistem tanah lembap buatan biasanya ditanam dengan tumbuhan supaya lebih berkesan dalam merawat air buangan. Tumbuhan yang biasa digunakan ialah *Typha* sp., *Cyperus* sp. dan *Phragmite* sp. (Ghaly *et al.*, 2008). Kajian telah dijalankan untuk mengkaji keupayaan tumbuhan menyerap dan mengumpul logam berat di dalam biojisimnya. Tumbuhan yang mempunyai keupayaan untuk mengumpul logam berat yang banyak di dalam biojisimnya dikenali sebagai "hiperakumulator" (Skousen *et al.*, 2006). Tumbuhan hiperakumulator mengumpul satu atau lebih unsur surih (TE) dalam biojisimnya. Kepekatan TE dalam biojisim kering hiperakumulator adalah 100 kali ganda lebih tinggi berbanding dengan bukan hiperakumulator yang ditanam dalam tanah yang sama. Contohnya, *Thlaspi caerulescens* merupakan spesies yang selalu digunakan dalam kajian. Ia mempunyai keupayaan tinggi mengumpul zink (Zn) dan kadmium (Cd) yang disimpan di bahagian pucuknya (Milner & Kochian, 2008).

Ferum (Fe) merupakan unsur yang terdapat dalam tisu sesuatu tumbuhan dan haiwan. Fe penting bagi menjalankan proses fotosintesis dan penghasilan enzim di dalam tumbuhan. Manakala, ianya juga penting untuk pengangkutan dan penyimpanan oksigen dalam haiwan. Fe merupakan toksik kepada tumbuhan, manusia dan juga hidupan akuatik sekiranya kepekataannya terlalu tinggi (Ghaly *et al.*, 2008). Sistem tanah lembap buatan merupakan salah satu kaedah yang digunakan untuk menyingkirkan Fe di dalam air buangan. Penyerapan Fe pada tumbuhan akuatik yang ditanam di dalam sistem tanah lembap dapat membantu mengurangkan kepekatan Fe di dalam air. Apabila kepekatan Fe dalam air buangan meningkat, maka kepekatan Fe di dalam tumbuhan juga akan meningkat (Ghaly *et al.*, 2008).

2.3 *Typha angustifolia* L.

Di England, tumbuhan *Typha* sp. dikenalkan sebagai "bulrush". Manakala, ianya dikenali sebagai "cattail" di Amerika. *Typha angustifolia* mempunyai taburan yang besar di hemisfera utara. Ia mudah dijumpai di habitat tanah lembap. Ia adalah

tumbuhan akuatik yang mempunyai ketinggian tiga atau lebih tiga meter (Foto 2.2). Ia bertumbuh dengan tegak dan mempunyai kitar hidup sepanjang tahun (Demirezen & Aksoy, 2004). Ia mempunyai daun yang panjang seperti tali kelit yang dapat mengikat, akar yang menjalar serta cabangan akar yang menjalar di bawah tanah. Oleh itu, seluas satu ekar tumbuhan *T. angustifolia* pada dasarnya hanya terdiri daripada beberapa tumbuhan sahaja. Pendebungaan tumbuhan ini adalah dibantu oleh angin (Batty, 2003), atau membiak secara vegetatif (Demirezen & Aksoy, 2004.) Ia berbunga pada bulan Mei dan Jun, kadang-kadang pada hujung bulan Jun, ini adalah bergantung kepada suhu tanah dan suhu air. Buahnya matang pada bulan Ogos dan September (Keddy & Ellis, 1985).

Berdasarkan nilai ekologi, *T. angustifolia* merupakan sumber makanan yang penting bagi memerang. Ia juga merupakan habitat yang menjadi perhatian burung paya, ayam hutan dan lagu. Ia juga merupakan kawasan pembiakan bagi ikan matahari dan sebagai tempat perlindungan bagi anak-anak ikan (Batty, 2003).

Typha angustifolia merupakan salah satu tumbuhan yang selalu digunakan di sistem tanah lembap buatan untuk merawat air buangan. Ia mempunyai keupayaan menyerap dan mengumpul logam berat di dalam tisunya (Batty, 2003; Ghaly, 2008). Ia mempunyai biojisim yang besar di atas (daun) dan di bawah (sistem rizom bawah tanah) permukaan tanah atau substrat (Shutes, 2001). Tisu tumbuhan di bawah permukaan tumbuh dengan melintang dan menegak serta mencipta matriks yang luas di mana ia mengikat zarah tanah dan mencipta kawasan permukaan yang besar untuk menyerap nutrisi dan ion (Shutes, 2001).

Saluran berongga di dalam tisru tumbuhan membolehkan udara berpindah dari daun tumbuhan ke akar serta persekitarannya. Mikroorganisma aerobik berkembang dalam zon (rhizosfera) di sekitar akar dan mikroorganisma anaerobik pula hadir dalam lapisan di bawah tanah. Penyaringan semulajadi di substrat juga membantu penyingkiran bahan cemar dan mikroorganisma patogen (Shutes, 2001).

Maklumat Taksonomi:

Alam: Plantae

Divisi: Magnoliophyta

Kelas: Liliopsida

Order: Poales

Famili: Typhaceae

Genus: *Typha*



Foto 2.2 *Typha angustifolia* yang berada di Tanjung Lipat, Kota Kinabalu. (tidak mengikut skala)

2.4 Logam Berat Dalam Tumbuhan Dan Alam Sekitar

Logam berat yang sedia ada dalam metabolisme tumbuhan dan aras ketoksidannya adalah berkaitan dengan bentuk kimia dalam logam, tumbuhan tanah atau tumbuhan air adalah saling berinteraksi dan aktiviti mikrob (Carranza-Alvarez *et al.*, 2008). Toksisiti tumbuhan disebabkan oleh ikatan logam dengan kumpulan sulfid dalam protein dan menyebabkan tumbuhan tersebut bantut dan akhirnya mati (Carranza-Alvarez *et al.*, 2008).

Beberapa spesies tumbuhan mempunyai strategi yang berkembang untuk mengelakkan kepekatan logam berat yang toksik di tempat sensitif dalam selnya. Jika logam berat diserap pada tumbuhan, logam tersebut disimpan jauh daripada bahagian metabolisme yang aktif, oleh itu mengelakkan kesan fitotoksi (Memon *et al.*, 2001). Tumbuhan yang mempunyai keupayaan mengumpul kepekatan logam berat yang tinggi pada akar atau daunnya telah menunjukkan strategi yang penting dalam remediasi di tempat yang dicemar oleh logam berat, kaedah ini dikenali sebagai fitoremediasi (Carranza-Alvarez *et al.*, 2008).

Kadmium (Cd) diserap secara pasif dan diangkut dalam tumbuhan dengan mudahnya (Allen, 1989). Mengikut kepada Allen, 1989, dalam alam sekitar yang tidak dicemar, kandungan Cd dalam tumbuhan adalah di antara 0.01 hingga 0.3 $\mu\text{g/g}$. Punca-punca logam Cd hadir dalam alam sekitar ialah pembuatan plastik, industri bateri, proses penulenan logam seperti zink, timah dan kuprum, asap rokok, aktiviti perlombongan dan baja tumbuhan (Dodson, 2005). Mengikut kepada Allen, 1989, kepekatan Cr di antara 0.5 hingga 1.0 $\mu\text{g/g}$ dibertimbangkan sebagai toksik kepada tumbuhan. Punca-punca logam Cr hadir dalam alam sekitar ialah industri pengekstrakan bijih besi (Dodson, 2005).

Kepekatan nikel (Ni) yang normal dalam tumbuhan adalah antara 0.5 hingga 5 $\mu\text{g/g}$. Nilai kepekatan yang melebihi 5 $\mu\text{g/g}$ adalah keadaan beracun (Allen, 1989). Zink (Zn) ialah elemen asas yang diperlukan oleh tumbuhan dan ia diserapkan dengan aktif oleh akar tumbuhan (Allen, 1989). Sisa buangan industri, sistem perpaipan dan tangki merupakan punca-punca logam Zn hadir dalam alam sekitar (Dodson, 2005).

Plumbum (Pb) bukan elemen asas yang diperlukan dalam tumbuhan. Kelebihan kandungan Pb dalam tumbuhan akan mengganggu proses pertumbuhan dan fotosintesisnya (Solomons *et al.*, 1995). Sisa perindustrian, bahan bakar dalam perlombongan, asap kenderaan dan pembakaran plastik adalah punca-punca logam ini hadir dalam alam sekitar (Dodson, 2005).

RUJUKAN

- Allen, S.E. 1989. *Analysis of Ecological Materials*. Ed. ke-2. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Azizli, K. M, Tan, C.Y. & Birrel, J. 1995. *Technical Note Design of The Lohan Tailings Dam, Mamut Copper Mining Sdn. Bhd., Malaysia*. Elsevier Science Ltd.
- Baker, A. J. M. 1981. Accumulators and Excluders-Strategies in the Responses of Plants to Heavy Metals. *Journal of Plant Nutrition* , **3**: 643–654.
- Baker, D.E. & Senft, J. P. 1995. Cooper. Dalam Alloway, B.J., *Heavy Metals in Soil*. Blackie Academic and Professional, UK, ms. 152-170.
- Bareen, F. & Khilji, S. 2008. Bioaccumulation of Metals from Tannery Sludge by *Typha angustifolia* L. *African Journal of Biotechnology*, **7(18)**: 3314-3320.
- Batty, L. C. 2003. Wetland Plants- More Than Just a Pretty Face? *Land Contamination & Reclamation*, **11(2)**: 173- 180. EPP Publications Ltd.
- Beatty, R. D. & Kerber, J. D. 1993. *Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry*. Ed. ke-2. The Perkin-Elmer Corporation.
- Boyd, C. E. 1976. Accumulation of dry matter N and P by Cultivated Water Hyacinths. *Economic Botana*, **30(1)**: 51-56.
- Bunluesin, S., Krutrachue, M., Pokethitiyook, P., Upatham, S. & Lanza, G. R. 2007. Batch and Continuous Packed Column Studies of Cadmium Biosorption by *Hydrilla verticillata* Biomass. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, **103(6)**: 509–513.

- Carranza-Alvarez, C., Alonso-Castro, A. J., Alfaro-De La Torre, M.C. & Garcia-De La Cruz, R. F. 2008. Accumulation and Distribution of Heavy Metals in *Scirpus americanus* and *Typha latifolia* from an Artificial Lagoon in San Luis Potosi, Mexico. *Water Air Soil Pollut*, **188**: 297-309.
- Demirezen, D. & Aksoy, A. 2004. Accumulation of Heavy Metals in *Typha angustifolia* (L.) and *Potamogeton pectinatus* (L.) Living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey). *Chemosphere*, **56**: 685-696.
- Dhotc, S. & Dixit, S. 2009. Water Quality Improvement Through Macrophytes - a Review. *Environment Monitor Assessment*, **152**: 149-153.
- Dodson, S.I. 2005. *Introduction to Limnology. Aquatic Ecosystem*. Mc Graw-Hill Higher Education, 252 ms.
- Duongrutai, N., Warren, A. D. & Tuovinen, O. H. 2006. Microbial Population Identified by Fluorescence in Situ Hybridization in a Constructed Wetland Treatment Acid Coal Mine Drainage. *Journal of Environment Quanlity*, **35**: 1329-1337.
- Elankumaran, R., Raj, M. B. & Madhyastha, M. N. 2003. Biosorption of Copper from Contaminated Water by *Hydrilla verticillata* Casp. and *Salvinia* sp. *Green Pages, Environmental News Sources*.
- Farago, M.E. 1994. *Plant and The Chemical Elements Biochemistry, Uptake, Tolerance, and Toxicity*. VCH. New York.
- Gagliano, W. B. M. S. 2004. Biogeochemical Characterization of a Constructed Wetland for Acid Mine Drainage Treatment. The Ohio State University.
- Ghaly, A.E, Snow, A. & Kamal, M. 2008. Kinetics of Iron Uptake By Wetland Plants. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, **4(3)**:279-287.

- Jones, G.B. & Belling, G.B. 1967. The Movement of Copper, Molybdenum and Selenium in Soils as Indicated by Radioactive Isotopes. *Aust. J. Agri. Res.*, **18**: 733–740.
- Juwarkar, A. S., Oke, B., Juwarkar, A. & Patnaik, S. M. 1995. Domestic Wastewater Treatment Through Constructed Wetland in India. *Water Science Technology, London*, **32(3)**: 291–294.
- Keddy, P.A. & Ellis, T.H. 1985. Seedling Recruitment of 11 Wetland Plant Species Along a Water Level Gradient: Shared or Distinct Responses? *Can. J. Bot.*, **63**: 1876–1879.
- Kleinmann, R. L. P. 2006. Acid Mine Water Treatment Using Engineered Wetlands. *Mine Water and the Environment*, **90**: 269-275.
- Laing, G. Du., Tack, F. M. G. & Verloo, M. G. 2003. Performance of Selected Destruction Methods for the Determination of Heavy Metals in Reed Plants (*Phragmites australis*). *Analytica Chimica Acta*, **497(1–2)**: 191–198.
- McGrath, S. P. 1995. Chromium and Nickel. Dalam Alloway, B.J., *Heavy Metals In Soil*. Blackie Academic and Professional, UK, ms. 152-170.
- Memon, A. R., Aktoprakligul, D., Zdemur, A. & Verti, A. 2001. Heavy Metal Accumulation and Detoxification Mechanisms in Plants. *Turkish Journal of Botany*, **25**: 111-121.
- Milner, M. J. & Kochian, L. V. 2008. Investigating Heavy-metal Hyperaccumulation Using *Thlaspi caerulescens* as a Model System. *Annals of Botany*, **102(1)**: 3-13.
- Moore, J. A. 1993. Using Constructed Wetlands to Improve Water Quality. *Water Quality*. Oregon State University Extension Service.

- Muramoto, S., & Oki, Y. 1983. Removal of Some Heavy Metals from Polluted Water by Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **30**:170–177.
- Panich-Pat, T., Pokethitiyook, P., Kruatrachue, M., Upatham, E.S., Srinives, P. & Lanza, G.R. 2004. Removal of Lead from Contaminated Soils by *Typha angustifolia*. *Water, Air, and Soil Pollution*, **155**: 159–171.
- Pulford, I.D. & Dickinson, N.M. 2006. *Trace Elements in the Environment Biogeochemistry Biotechnology and Bioremediation*. Taylor & Francis Group, ms. 383-397.
- Reeves, R. D. & Brooks, R. R. 1983. 'European Species of *Thlaspi* L. (Cruciferae) as Indicators of Nickel and Zinc. *J. Geochem. Explor*, **18**: 275–283.
- Salati, E. 1987. Edaphic–phytodepuration: A new approach to waste water treatment. Dalam Reddy, K. R. & Smith, W. H. (pnyt). *Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery*. Orlando FL, Magnolia, ms. 199-208.
- Sasmaz, A., Obek, E. & Hasar, H. 2008. The Accumulation of Heavy Metals in *Typha latifolia* L. Grown in Stream Carrying Secondary Effluent. *Ecological Engineering*, **33**: 278-284.
- Shutes, R. B. E. 2001. Artificial Wetlands and Water Quality Improvement. *Environment International*, **26**: 441-447.
- Skousen, J. G., Sexstone, A. & Ziemkiewicz, P. F. 2000. Acid Mine Drainage Control and Treatment. American Society of Agronomy and American Society for Surface Mining and Reclamation. *Agronomy*, **41**: 1-42.
- Smith, S. B. JR. & Hieftje, G. M. 1983. A New Background-Correction Method for Atomic Absorption Spectrometry. *Applied Spectroscopy*, **37(5)**: 419-424.
- Solomons, W., Forstner, U. & Allan, R. 1995. *Heavy Metal Problems and Solutions*.

- Terry, N. & Banuelos, G. 1999. *Potential for Phytoextraction of Zinc and Cadmium from Soil Using Hyperaccumulator Plant. Phytoremediation of Contaminated Soil and Water.*
- Weiss, J., Hondzo, M., Biesboer, D. & Semmens, M. 2006. Laboratory Study of Heavy Metal Phytoremediation by Three Wetland Macrophytes. *International Journal of Phytoremediation* **8**: 245-259.
- Wieteska, E., Zioek, A. & Drzewinska, A. 1996. Extraction as a Method for Preparation of Vegetable Samples for the Determination of Trace Metals by Atom Absorption Spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, **330**: 251-257.
- Zagury, G. J. & Neculita, C. 2007. Passive Treatment of acid Mine Drainage In Bioreactors: Shortreview, Applications, and Research Needs. OttawaGeo. Department of Civil, Geological, and Mining Engineering, Canada, ms. 1439-1446.
- Zipper, C., Skousen, J. & Jage, C. 2001. Passive Treatment of Acid-Mine Drainage. *Reclamation Guidelines for Surface Mined Land*, **460(133)**: 1-23. Virginia Cooperative Extension Publication.