

PENGARUH EDTA KE ATAS KEBOLEHUPAYAAN *Imperata cylindrica*

MENYERAP LOGAM Ni DALAM TANAH

IYLIA IRYANI IDRIS

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

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

PROGRAM SAINS SEKITARAN
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

MAC 2006

PUMS99:1

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

TITUL: PENGAJIAN EDTA KE ATAS KEBOLEHPAYAAN

Imperata cylindrica MENYERAP LOGAM NI DALAM TANAH

ZAH: SMSn. SAINS SEKUTARAN

NAMA: AYU IYLIA IRYANI BT IDLIS
(HURUF BESAR)

SESI PENGAJIAN: 2003/2006

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

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

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

(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

SMI

Jey

TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: NO. 63, BLOCK D, PERUMAHAN POLIS SERIARAB, 200 KANGAR, PERLIS

CIK KAMSIA BUDIN

Nama Penyelea

Tarikh: 24 APRIL 2006

Tarikh: 24 APRIL 2006

PETAKATAN:- *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).



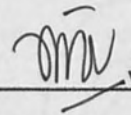
UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

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

28 Mac 2006

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**



(IYLIA IRYANI BT. IDRIS)

HS 2003-3196

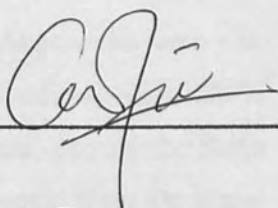


PENGESAHAN PEMERIKSA**DIPERAKUI OLEH**

Tandatangan

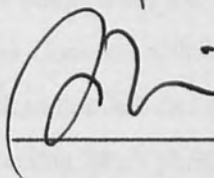
1. PENYELIA

(Cik Kamsia Budin)



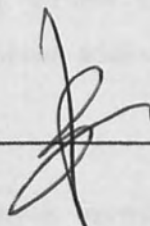
2. PEMERIKSA 1

(Dr. Kawi Bidin)



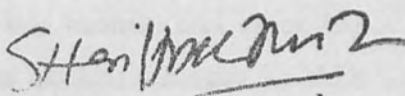
3. PEMERIKSA 2

(Dr. Piakong Mohd Tuah)



4. DEKAN

(SUPT/KS Prof. Madya Dr. Shariff A.K. Omang)



PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, syukur ke hadrat Allah S.W.T kerana dengan limpah dan kurnia-Nya, akhirnya saya berjaya menyiapkan tesis ini dalam tempoh yang telah ditetapkan bagi memenuhi keperluan untuk pengurniaan Ijazah Sarjana Muda Sains dengan Kepujian.

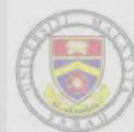
Ribuan terima kasih yang tidak terhingga saya ucapkan kepada penyelia saya, Cik Kamsia Budin yang telah banyak membantu, membimbing dan memberi sokongan 100% kepada saya dalam menyiapkan penulisan ini. Juga kepada para pensyarah Sains Sekitaran iaitu Prof. Madya Dr. Mohd Harun Abdullah, Dr. Vun Leong Wan, Dr. Kawi Bidin, Dr. Piakong Mohd Tuah, Dr. Miroslav Radojevic, Dr. Anja Gassner, Cik Farrah Anis Fazliatul Adenan serta En. Justin yang telah banyak memberikan nasihat dan tunjuk ajar sepanjang pengajian saya di UMS ini. Tidak lupa juga ribuan terima kasih yang tidak terhingga kepada pembantu makmal SST, SKTM, dan IBTP yang terlibat dalam membantu saya mendapatkan alatan dan memberi tunjuk ajar membuat analisis di makmal dan cara menggunakan AAS.

Jutaan terima kasih kepada semua rakan-rakan yang banyak membantu menyiapkan projek ini serta memberikan sokongan moral dan bantuan dari aspek lain dalam menjalankan projek ini. Jasa kalian tidak akan saya lupakan sehingga ke akhir hayat. Akhir sekali, sekalung budi dan terima kasih kepada abah, mama dan keluarga tersayang atas dorongan yang diberikan. Tanpa bantuan kalian semua, projek ini tidak akan dapat saya siapkan dengan jayanya. Terima kasih atas segalanya.

Iylia Iryani Bt. Idris
(HS 2003-3196)

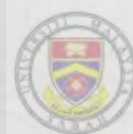
ABSTRAK

Kebolehan tumbuhan '*hyperaccumulator*' untuk menyerap logam berat dari tanah yang tercemar oleh logam berat telah menunjukkan potensi yang baik. Salah satu tumbuhan yang pernah dilakukan oleh kajian terdahulu adalah *Imperata cylindrica*. Dalam kajian ini, EDTA (*ethylenediaminetetracetic acid*) telah digunakan sebagai agen penjerap. Empat kepekatan EDTA (0.1, 0.3, 0.5, 1.0 gkg⁻¹) yang berbeza digunakan untuk mengkaji kebolehannya dalam penyerapan logam Ni dan 2 sampel tanpa EDTA iaitu sampel kawalan (tanpa EDTA dan Ni) dan sampel tanpa EDTA (Ni sahaja) juga digunakan. Semua kepekatan EDTA menunjukkan kesan yang positif dalam penyerapan logam Ni dalam *Imperata cylindrica*. Apabila 1.0 gkg⁻¹ EDTA digunakan, kepekatan logam Ni yang paling tinggi dalam *Imperata cylindrica* adalah sebanyak 11.79 mg l⁻¹ dan kepekatan logam Ni yang paling rendah adalah bagi sampel kawalan iaitu sebanyak 2.01 mg l⁻¹. Perbezaan purata kepekatan di antara 2 sampel ini adalah sebanyak 9.78 mg l⁻¹.



ABSTRACT

The possibility to clean heavy metal contaminated soils with hyperaccumulator plants has shown great potential. One of the most previous studied species use in phytoremediation applications are *Imperata cylindrica*. In this study, EDTA (ethylenediaminetetracetic acid) was used as chelating agent. Four different concentrations of EDTA (0.1, 0.3, 0.5, 1.0 gkg⁻¹) was used to study its ability to uptake Ni and 2 samples without EDTA such as control sample (without EDTA and Ni) and sample without EDTA (Ni only). All concentrations of EDTA showed the positive result to uptake Ni in *Imperata cylindrica*. When 1.0 gkg⁻¹ EDTA was used, the highest total concentration of uptake Ni was 11.79 mg l⁻¹ and the lower total concentration of uptake Ni in control sample was 2.01 mg l⁻¹. Difference average concentration between these 2 samples was 9.78 mg l⁻¹.



KANDUNGAN

	Halaman
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN PEMERIKSA	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI FOTO	xiii
SENARAI LAMPIRAN	xiv
SENARAI SIMBOL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kajian	3
BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN	
2.1 <i>Fitoremediasi (Phytoremediation)</i>	4
2.2 Agen Penjerap Sintetik, EDTA (<i>ethylenediaminetetracetic acid</i>)	6
2.3 Logam Berat di Persekitaran	7



2.3.1	Logam Nikel (Ni)	9
2.3.2	Taburan Logam Berat Dalam Tanah	12
2.3.3	Faktor-faktor Mempengaruhi Penyerapan Logam Berat Dalam Tanah	13
2.4	Potensi Tumbuh-tumbuhan Dalam <i>Fitoremediasi</i>	18
2.4.1	Rumpai Noksius di Malaysia	20
2.4.2	<i>Imperata cylindrica</i>	21
2.4.3	Penyerapan Logam Berat Oleh Tumbuhan <i>Imperata cylindrica</i>	24
2.4.4	Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Penumpukkan Logam Berat Pada <i>Imperata cylindrica</i>	30

BAB 3 METODOLOGI

3.1	Penyediaan Alat Radas	31
3.2	Penyediaan Sampel Tanah dan Tumbuhan	31
3.3	Penentuan Kelembapan Tanah	32
3.4	Penentuan Kandungan Bahan Organik Dalam Tanah	32
3.5	Analisis pH Tanah	33
3.6	Penentuan Taburan Saiz Partikel Tanah	33
3.6.1	Pemusnahan Bahan Organik	34
3.6.2	Persampelan Untuk Kelodak dan Liat	34
3.6.3	Persampelan Butiran Bersaiz > 20 μm	35
3.7	Penentuan Muatan Pertukaran Kation (CEC)	36
3.8	Penyediaan Rawatan Sampel	37



3.9	Penyediaan Agen Penjerap	37
3.10	Penyediaan, Penuaian, dan Penghadaman Sampel Tumbuhan	38
3.11	Penghadaman Sampel Tanah	39
3.12	Penyediaan Larutan Piawai	40
3.13	Analisis Kepekatan Logam Berat Dalam Sampel Tumbuhan dan Tanah	41

BAB 4 HASIL DAN PERBINCANGAN

4.1	Keadaan Fiziko-kimia Sampel Tanah	42
4.1.1	Peratusan Kelembapan Tanah	43
4.1.2	Peratusan Bahan Organik Tanah	43
4.1.3	pH Tanah	44
4.1.4	Saiz Partikel Tanah	45
4.1.5	Muatan Pertukaran Kation (CEC)	46
4.2	Taburan Kepekatan Logam Ni Pada Bahagian <i>Imperata cylindrica</i>	47
4.2.1	Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kepekatan Logam Ni Pada Bahagian <i>Imperata cylindrica</i>	49
4.3	Taburan Kepekatan Logam Ni Dalam Tanah dan <i>Imperata cylindrica</i>	51
4.3.1	Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kepekatan Logam Ni Dalam Tanah dan <i>Imperata cylindrica</i>	53
4.4	Perbandingan Sampel <i>Imperata cylindrica</i> Tanpa Penambahan EDTA dan Dengan Penambahan EDTA	55
4.5	Kesan Kepekatan EDTA Yang Berbeza Terhadap Pertumbuhan <i>Imperata cylindrica</i>	57



BAB 5 KESIMPULAN 64

RUJUKAN 66

LAMPIRAN 71

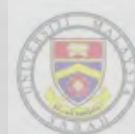
SENARAI JADUAL

No. Jadual	Halaman
2.1 Ciri-ciri mengenai logam nikel	9
2.2 Kelebihan dan kekurangan tumbuhan yang digunakan dalam <i>fitoremediasi</i>	19
3.1 Saiz butiran yang berlainan dikelaskan mengikut Piawaian Antarabangsa	77
3.2 Kepekatan serapan bagi larutan piawai Na	72
3.3 Kepekatan serapan bagi larutan piawai K	73
3.4 Kepekatan serapan bagi larutan piawai Ca	74
3.5 Kepekatan serapan bagi larutan piawai Mg	75
3.6 Kepekatan serapan bagi larutan piawai Ni	76
4.1 Ciri-ciri fiziko-kimia sampel tanah	42
4.2 Perbezaan sifat fizikal setiap <i>Imperata cylindrica</i> bagi kepekatan EDTA yang berbeza	57
4.3 Data mentah paras kepekatan logam Ni dalam sampel tanah	78
4.4 Data mentah paras kepekatan logam Ni pada akar <i>Imperata cylindrica</i>	78
4.5 Data mentah paras kepekatan logam Ni pada batang <i>Imperata cylindrica</i>	79
4.6 Data mentah paras kepekatan logam Ni pada daun <i>Imperata cylindrica</i>	79
4.7 Data mentah bagi muatan pertukaran kation (CEC)	80
4.8 Purata paras kepekatan logam Ni pada bahagian <i>Imperata cylindrica</i>	81
4.9 Purata paras kepekatan logam Ni dalam sampel tanah dan jumlah keseluruhan <i>Imperata cylindrica</i>	81



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Halaman
2.1 Struktur klasik bagi EDTA	7
2.2 Lukisan kasar bahagian-bahagian <i>Imperata cylindrica</i>	29
3.1 Lengkung kalibrasi bagi larutan piawai Na	72
3.2 Lengkung kalibrasi bagi larutan piawai K	73
3.3 Lengkung kalibrasi bagi larutan piawai Ca	74
3.4 Lengkung kalibrasi bagi larutan piawai Mg	75
3.5 Lengkung kalibrasi bagi larutan piawai Ni	76
4.1 Ciri-ciri fiziko-kimia sampel tanah	42
4.2 Purata kepekatan logam Ni pada bahagian <i>Imperata cylindrica</i>	47
4.3 Purata kepekatan logam Ni dalam sampel tanah dan <i>Imperata cylindrica</i>	51
4.4 Perbandingan Sampel <i>Imperata cylindrica</i> Tanpa Penambahan EDTA dan Dengan Penambahan EDTA	55
4.5 Sistem pengelasan segitiga USDA	82
4.6 Pengelasan tekstur tanah untuk sampel tanah 1 (Loam Berpasir)	83
4.7 Pengelasan tekstur tanah untuk sampel tanah 2 (Loam)	84



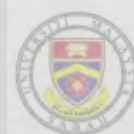
SENARAI FOTO

No. Foto		Halaman
1	Sampel <i>Imperata cylindrica</i> yang sedikit kekeringan	58
2	Sampel <i>Imperata cylindrica</i> yang hidup subur	59
3	Sampel <i>Imperata cylindrica</i> yang berdaun lebat	60
4	Sampel <i>Imperata cylindrica</i> yang subur tetapi sedikit kekeringan	61
5	Sampel <i>Imperata cylindrica</i> yang hidup subur tetapi mula mengering	62
6	Sampel <i>Imperata cylindrica</i> yang semakin mengering	63
7	Sampel basuhan akar, tanah, dan bahagian <i>Imperata cylindrica</i> selepas dihadamkan	85
8	Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)	85



SENARAI LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A:	
(a) Pengiraan bagi muatan pertukaran kation (CEC)	71
(b) Pengiraan bagi kepekatan logam berat	71
Lampiran B	72
Lengkung kalibrasi	
Lampiran C	77
Saiz butiran yang berlainan dikelaskan mengikut piawaian Antarabangsa	
Lampiran D	78
Data mentah paras kepekatan logam Ni dalam sampel	
Lampiran E	81
Purata paras kepekatan logam Ni dalam sampel	
Lampiran F:	
Rajah 4.5 Sistem pengelasan segitiga USDA	82
Rajah 4.6 Pengelasan tekstur tanah untuk sampel tanah 1 (Loam Berpasir)	83
Rajah 4.7 Pengelasan tekstur tanah untuk sampel tanah 2 (Loam)	84
Lampiran G:	
Foto 7 Sampel basuhan akar, tanah, dan bahagian <i>Imperata cylindrica</i> selepas dihadamkan	85
Foto 8 Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)	85



SENARAI SIMBOL

Senarai singkatan simbol dan nama

>	lebih daripada
<	kurang daripada
$\mu\text{g g}^{-1}$	mikrogram per gram
g	gram
g cm^{-3}	gram per sentimeter padu
g kg^{-1}	gram per kilogram
mg	miligram
mg l^{-1}	miligram per liter
mg kg^{-1}	miligram per kilogram
kg	kilogram
μm	mikrometer
mm	milimeter
cm	sentimeter
ml	mililiter
L	liter
ppm	bahagian per juta
K	Kelvin
$^{\circ}\text{C}$	darjah celcius
s	saat
%	peratus



CEC	muatan pertukaran kation
meq	miliequilibrium
OM	bahan organik
H ⁺	ion hidrogen
E _h	keupayaan redoks
AAS	Spektrofotometer Serapan Atom
UMS	Universiti Malaysia Sabah
SST	Sekolah Sains dan Teknologi
IBTP	Institut Biologi Tropika dan Pemuliharaan
USDA	Jabatan Pertanian Amerika Syarikat
EDTA	<i>ethylenediaminetriacetic acid</i>
HNO ₃	Asid Nitrik
HCl	Asid Hidroklorik
NH ₄ OAc	Ammonium Asetat
NH ₄ NO ₃	Ammonium Nitrat
MgSO ₄	Magnesium Sulfat
KH ₂ PO ₄	Kalium Hidrogen Fosfat
MnO	Mangan Oksida
Ni	Nikel
Zn	Zink
Mn	Mangan
Co	Kobalt
Cu	Kuprum



Pb	Plumbum
Cd	Cadmium
Cr	Kromium
Fe	Ferum
Hg	Merkuri
Ca	Kalsium
Mg	Magnesium
K	Kalium
Na	Natrium
N	Nitrogen
P	Fosforus
T. K	Tidak dapat dikesan
<i>I.c</i>	<i>Imperata cylindrica</i>



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Pencemaran tanah oleh logam berat adalah merupakan masalah persekitaran yang utama bagi seluruh dunia. Tanah yang telah dicemari oleh logam berat boleh mengancam ekosistem dan kesihatan manusia. Rawatan bagi tanah yang tercemar ini adalah satu tugas yang amat mencabar kerana logam berat mempunyai keupayaan yang tinggi sebagai bahan pencemar dan keterlarutan yang rendah dalam persekitaran serta terdapat beberapa logam berat yang dikelaskan sebagai karsinogenik dan mutagenik. Logam berat juga dapat mempengaruhi kualiti atmosfera dan air permukaan di mana ia boleh mengancam kesihatan manusia dan haiwan melalui kemasukannya ke dalam rantai makanan (Turgut *et al.*, 2004).

Teknologi rawatan yang biasa secara amnya memerlukan kos yang tinggi untuk memperbaharui kawasan tanah yang tercemar dan selalunya akan membahayakan ciri-ciri utama tanah seperti tekstur tanah dan bahan organik tanah. Kemunculan teknologi yang memerlukan kos yang rendah dan mesra alam, *fitoremediasi* iaitu kaedah yang

melibatkan penggunaan tumbuhan untuk menyingkirkan logam berat daripada tanah telah mendapat perhatian ramai terutamanya para saintis pada masa kini. Kejayaan proses *fitoremediasi* adalah di mana logam berat dapat disingkirkan daripada tanah secara efektifnya bergantung kepada kadar pertumbuhan tumbuhan dan keupayaan logam berat diangkut daripada akar ke pucuk tumbuhan tersebut (Luo *et al.*, 2005).

Beberapa kajian telah mengenalpasti beberapa spesies tumbuhan yang mempunyai kebolehan untuk '*hyperaccumulate*' logam berat dalam tanah. Tumbuhan yang dikelaskan sebagai '*hyperaccumulator*' ini adalah tumbuhan yang berkebolehan untuk mengangkut dan mengasingkan satu atau lebih logam berat mengikut kumpulan dalam pucuk tumbuhan berkenaan pada kepekatan $> 10000 \text{ ug g}^{-1}$ bagi logam Zn dan Mn, $> 1000 \text{ ug g}^{-1}$ bagi logam Ni, Co, Cu, dan Pb dan $> 100 \text{ ug g}^{-1}$ bagi logam Cd (Turgut *et al.*, 2005).

Wenzel dan Jockwer (1999) mendapati bahawa terdapat beberapa spesies tumbuhan '*hyperaccumulators*' bagi logam Co (26 spesies), Cu (24), Mn (8), Ni (145), Pb (4), dan Zn (14). Daripada kajian tersebut didapati jumlah spesies '*hyperaccumulators*' yang terbesar adalah bagi logam Ni dan ini menunjukkan logam Ni mempunyai potensi yang baik dalam kaedah *fitoremediasi* samada di zon tropika ataupun di zon iklim yang sederhana.

Agen penjerap seperti EDTA (*ethylenediaminetriacetic acid*) berkebolehan dalam membentuk ikatan kimia yang kuat dengan kebanyakan logam berat dan ini membuatkan logam berat terlarut dan mudah disingkirkan daripada tanah yang tercemar (Sinex, 2004).

Ini menunjukkan EDTA sesuai digunakan dalam meningkatkan mobiliti logam berat, oleh itu dapat meningkatkan penyerapan logam berat seperti Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, dan Zn daripada tanah (Kartal, 2003).

1.2 Objektif kajian

1. Menentukan kepekatan EDTA yang sesuai bagi penyerapan logam Ni pada bahagian akar, batang dan daun *Imperata cylindrica*.
2. Menilai kesan EDTA terhadap penyerapan logam Ni dalam tanah dan *Imperata cylindrica*.
3. Membuat perbandingan kepekatan logam Ni dalam *Imperata cylindrica* yang tidak ditambah EDTA dengan yang ditambah EDTA.
4. Melihat perbezaan sifat fizikal *Imperata cylindrica* bagi kepekatan EDTA yang berbeza.



BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 *Fitoremediasi (Phytoremediation)*

Fitoremediasi atau '*phytoremediation*' adalah gabungan perkataan Greek iaitu '*phyton*' (tumbuhan) dengan perkataan Latin iaitu '*remediare*' (untuk memulihkan). *Fitoremediasi* adalah merupakan satu kaedah yang melibatkan penggunaan tumbuhan hijau untuk menyingkirkan, memindahkan, serta memusnahkan bahan pencemar organik atau inorganik daripada tanah, sedimen, air dan udara. Sesetengah tumbuhan digunakan untuk memulihkan kawasan yang tercemar, di mana kaedah ini juga dititikberatkan kepada potensi yang besar dalam '*hyperaccumulators*' logam berat (Kruger *et al.*, 1997).

Tumbuhan mempunyai sifat penyesuaian yang lama yang mana penting untuk terus wujud dalam pelbagai tekanan persekitaran yang luas ini. Tekanan yang terdapat di persekitaran ini termasuklah kawasan yang mempunyai saliniti (kemasinan) yang tinggi, haba yang melampau (ekstrem), kemarau, dan suhu yang sejuk. Tetapi kini, dengan menggunakan kaedah pengubahsuaian genetik, saintis mampu untuk mengembangkan peranan yang dimainkan oleh tumbuhan terhadap persekitaran.

Tumbuhan (*phytoremediator*) yang mana telah digunakan untuk merawat tanah dalam kawasan yang tercemar boleh menyingkirkan logam berat, petroleum, dan elemen-elemen lain daripada tanah yang toksik (Kruger *et al.*, 1997).

Fitoremediasi dapat disifatkan sebagai satu kaedah yang menggunakan spesies tumbuhan untuk rawatan *in situ* bagi sesuatu kawasan tanah yang telah tercemar oleh pelbagai sebatian yang berbahaya terutamanya logam berat (Terry dan Bañuelos, 2000).

Tumbuhan adalah spesies yang amat berguna dalam proses *fitoremediasi* kerana ia berkebolehan menghalang hakisan dan larut resap yang mana akan mengakibatkan penyebaran sebatian toksik ke persekitaran. Terdapat beberapa metodologi dalam *fitoremediasi* (Punshon, 2001) yang digunakan pada hari ini iaitu:

- i. *Fitoekstraksi* – bergantung kepada kebolehan semulajadi tumbuhan untuk menyerap sesetengah bahan pencemar terutamanya logam berat daripada persekitaran oleh akar dan translokasi atau penumpukan bahan pencemar ini ke dalam pucuk dan daun tumbuhan.
- ii. *Fitodegradasi* – merupakan metabolisma bahan pencemar (logam berat) dalam tisu tumbuhan. Tumbuhan menghasilkan enzim seperti 'dehalogenase' dan 'oxygenase' yang dapat membantu memangkinkan proses degradasi. Proses ini membolehkan tumbuhan menukar bahan pencemar organik kepada bentuk yang tidak toksik.
- iii. *Fitopenstabilan* – fenomena di mana tumbuhan berkemampuan untuk menghasilkan sebatian kimia yang dapat mengikat bahan pencemar (logam berat) untuk membuatkan ia kurang bergerak bebas dalam persekitaran.

- iv. *Fitopemeruapan* – proses di mana tumbuhan mengekstrakkan bahan pencemar daripada tanah dan menukarkan ia dalam bentuk gas yang selamat dibebaskan ke atmosfera.

Dalam kaedah *fitoremediasi* untuk logam berat, tumbuhan yang optimum terhadap proses *fitoekstraksi* tidak hanya mampu untuk bertoleransi dan menumpukkan logam berat pada pada paras yang tinggi tetapi juga ia mempunyai kadar pertumbuhan yang pesat serta berpotensi untuk menghasilkan biojisim yang tinggi dalam lapangan.

2.2 Agen Penjerap Sintetik, EDTA (*ethylenediaminetetracetic acid*)

Beberapa kajian telah menunjukkan bahawa EDTA boleh digunakan untuk meningkatkan penyerapan logam berat di mana secara tidak langsung ia juga dapat meningkatkan proses *fitoekstraksi* dalam *fitoremediasi* (Turgut *et al.*, 2004).

EDTA adalah merupakan satu reagen untuk mengkompleks dan digunakan secara meluas sebagai agen penjerap sintetik dalam *fitoremediasi* kerana kecekapannya di dalam proses pengekstrakan logam berat (Luo *et al.*, 2005). Molekul EDTA mempunyai 6 bahagian ikatan bagi ion logam iaitu 4 kumpulan karboksil dan 2 kumpulan ammonia seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1. EDTA merupakan reagen yang berupaya membentuk kelat dengan semua kation. Kestabilan ini adalah kesan daripada bahagian

RUJUKAN

- Ahmad Azly M. Yusof., 1988. *Rumpai Panduan Berilustrasi*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Anke, M. K., 2004. Transfer of Macro, Trace and Ultratrace Elements in the Food Chain. *Elements and Their Compounds in the Environment: Occurrence, Analysis and Biological Relevance*. Wiley-VCH, Germany.
- Broks, R. R., 2003. *Phytochemistry of Hyperaccumulator*. Cab International, New Zealand.
- Fowden, L., Mansfield, T. dan Stoddart, J., 1993. *Plant Adaption to Environmental stress*. Chapman & Hall, London.
- George, C. F. K., 2000. *Pengaruh pH Terhadap Kelarutan Logam Berat (Cu, Cr, Mn, Pb, Ni, dan Cd)*, Tesis Sarjana Muda Sains Dengan Kepujian. Universiti Malaysia Sabah (Tidak Diterbitkan).
- Hertel, R. F., Maass, T. dan Muller, V. R., 1991. *Environmental Health Criteria 108 (Nickel)*. Dlm: [http://www.Nickel \(EHC 108, 1991\).htm](http://www.Nickel (EHC 108, 1991).htm).

- Hong, K. C., 2002. *Jerapan Pb dan Ni Menggunakan Pasir Bersalut Ferum (III) Oksida*, Tesis Sarjana Muda Sains Dengan Kepujian. Universiti Malaysia Sabah (Tidak Diterbitkan).
- Kartal, S. N., 2003. Removal of copper, chromium, and arsenic from CCA-C treated wood by EDTA extraction. *Waste management* **23**, 537-546.
- Khadijah Wahari., 2002. *Kajian Terhadap Pembebasan Elemen K, Mg, Zn, Ca, Fe, Cu, Pb, Ni, dan Cr Semasa Pembakaran Biomass Melastoma malabathricum*, Tesis Sarjana Muda Sains Dengan Kepujian. Universiti Malaysia Sabah (Tidak Diterbitkan).
- Kruger, E. L., Anderson, T. A. dan Coats, J. R., 1997. *Phytoremediation of Soil and Water Contaminants*. American Chemical Society, Washington.
- Lum, A. F., Chikoye, D. dan Adesiyan, S. O., 2005. Control of *Imperata cylindrica* (L.) Raeuschel (speargrass) with nicosulfuron and its effects on the growth, grain yield and food components of maize. *Crop Protection* **24**, 41-47.
- Luo, C., Shen, Z. and Li, X., 2005. Enhanced phytoextraction of Cu, Pb, Zn and Cd with EDTA and EDDS. *Chemosphere* **59**, 1-11.

- Marmioli, dan McCutcheon., 2003. *Making Phytoremediation a Successful Technology*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Mashhor Mansor., 1994. *Biologi Rumpai*. Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang.
- Mukherjee, A. B., 2001. Behaviour of Heavy Metals and Their Remediation in Metalliferous Soils. Dlm: Prasad, M. N. V (pnyt.) *Metals in the Environment: Analysis by Biodiversity*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Naidu, R., Krishnamurti, G. S. R., Wenzel, W. dan Megharaj, M., 2001. Heavy Metal Interactions in Soils and Implications for Soil Microbial Biodiversity. Dlm: Prasad M. N.V (pnyt.) *Metals in the Environment: Analysis by Biodiversity*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Norlay Mat Zain., 2004. *Kajian Paras Logam Berat (Cd, Cr, Cu, dan Pb) Dalam Imperata cylindrica*, Tesis Sarjana Muda Sains Dengan Kepujian. Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu (Tidak Diterbitkan).
- Parker, R., 2000. *Introduction to Plant Science*. Delmar Thomson Learning, Africa.
- Patricia Dominic Niseng, 1999. *Kajian Tindak Balas Parakuat Dan EDTA*, Tesis Sarjana Muda Sains Dengan Kepujian. Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu (Tidak Diterbitkan).

Pendias A. K., 2004. Soil-plant transfer of trace elements – an environmental issue. *Geoderma* **58**, 1-7.

Punshon, T., 2001. Tree Crops. *Metals in the Environment: Analysis by Biodiversity*. Marcel Dekker, Inc., New York.

Rodríguez, N., Menéndez, N., Tornero, J., Amils, J. dan Fuente, V., 2005. Internal iron biomineralization in *Imperata cylindrica*, a perennial grass: chemical composition, speciation and plant localization. *New Phytologist* **165**, 781.

Shamsuddin Jusop, 1981. Asas Sains Tanah. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.

Shkolnik, M. Y., 1984. Trace Elements in Plants. *Developments in Crop Science* (6). Elsevier, Amsterdam.

Sinex, S. A., 2004. *EDTA – A molecule with a complex story*. Dlm: <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/edta/edtah>.

Terry, N. dan Bañueles, G., 2000. *Phytoremediation of Contaminated Soil and Water*. Lewis Publisher, Boca Raton.

- Tejowulan, R. S. dan Hendershot, W. H., 1998. Removal of trace metals from contaminated soils using EDTA incorporating resin trapping techniques. *Environmental Pollution* **103**, 135-142.
- Turgut, C., Pepe, M. K. dan Cutright, T. J., 2004. The effect of EDTA and citric acid on phytoremediation of Cd, Cr, and Ni from soil using *Helianthus annuus*. *Environmental Pollution* **131**, 147-154.
- Turgut, C., Pepe, M. K. dan Cutright, T. J., 2005. The effect of EDTA on *Helianthus annuus* uptake, selectivity, and translocation of heavy metals when grow in Ohio, New Mexico and Colombia soils. *Chemosphere* **58**, 1087-1095.
- Wan Fuad Wan Hassan dan Hing, T. T (ptrj.), 1997. *Geokimia Dalam Penyelajahan Mineral*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Wenzel, W. W. dan Jockwer, F., 1999. Accumulation of heavy metals in plants grown on mineralised soils of Austrian Alps. *Environmental Pollution* **104**, 145-155.
- Wycisk, K., Kim, E. J., Schroeder, J. I. dan Krämer, U., 2004. Enhancing the first enzymatic step in the histidine biosynthesis pathway increase the free histidine pool and nickel tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *FEBS Letters* **578**, 128-134.

