

**PENGAMBILAN Cd, Co, Pb, Ni dan Zn OLEH *Melastoma malabathricum* DARIPADA
TANAH BEKAS LOMBONG DI LOMBONG PELEPAH KANAN,
KOTA TINGGI, JOHOR**

**Sahibin Abd. Rahim, Tukimat Lihan, Wan Mohd. Razi Idris, *Baba Musta, *Adong
Laming And Choo Lee Chain**

Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia
43600, Bangi, Selangor, Malaysia
Sekolah Sains dan Teknologi, Universiti Malaysia Sabah
88999, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia

ABSTRAK. Sebanyak lima belas sampel *Melastoma malabathricum* dan tanah telah diambil di tapak bekas lombong besi dan timah yang dikenali sebagai Lombong Pelepah Kanan, Kota Tinggi, Johor. Bahagian tumbuhan yang berbeza (akar, batang, daun) telah dianalisis untuk mengkaji penyerapan kandungan logam berat seperti Cd, Co, Pb, Ni dan Zn. Parameter tanah yang dijangka mempengaruhi pengambilan dan penumpukan logam berat dalam tumbuhan seperti taburan saiz, pH, kekonduksian elektrik dan kandungan bahan organik juga turut dikaji. Hasil kajian menunjukkan kandungan logam berat dalam bahagian-bahagian tumbuhan adalah mengikut turutan seperti berikut; Ni>Co>Zn>Cd>Pb. Secara amnya kepekatan logam berat adalah tertinggi dalam akar diikuti oleh daun dan batang. Data koefisien serapan biologi (BAC) menunjukkan bahawa spesies tumbuhan *Melastoma malabathricum* adalah sesuai sebagai penunjuk biologi bagi logam berat Ni, Co dan Cd. Taburan saiz partikel kebanyakan tanah di kawasan kajian adalah jenis berpasir dan bertekstur pasir berloam. Kandungan bahan organik adalah sekitar 1.45% hingga 5.91%. Nilai pH bagi tanah di kawasan kajian adalah sekitar 3.55 hingga 5.68 iaitu bersifat asid. Kekonduksian elektrik tanah adalah antara 2.14 mS/cm hingga 2.58 mS/cm. Sela kepekatan logam berat dalam tanah ialah daripada 134.66 mg/kg hingga 1268.5 mg/kg bagi Zn, 132.99 mg/kg hingga 164.14 mg/kg bagi Co, 21.31 mg/kg hingga 148.12 mg/kg bagi Pb, 2.93 mg/kg hingga 10.71 mg/kg bagi Ni dan 0.89 mg/kg hingga 3.35 mg/kg bagi Cd.

KATAKUNCI. Logam-logam Berat, tanah bekas lombong, Petunjuk Biologi, *Melastoma Malabathricum*

ABSTRACT. Fifteen samples of *Melastoma malabathricum* and their soil substrates were collected from a former iron and tin mine known as Lombong Pelepah Kanan, Kota Tinggi, Johor. The different parts of plant (root, stem and leaves) were analysed to evaluate the absorption and accumulation of heavy metals such as Cd, Co, Pb, Ni and Zn. Parameters of soil expected to be influential in the uptake of heavy metal by plants such as particle size, pH, electrical conductivity and organic matter were also studied. Results showed that the concentration of heavy metals in different parts of the plant were in the following order; Ni>Co>Zn>Cd>Pb. Generally the heavy metal concentration was highest in roots followed by leaf and stem. The biological absorption coefficient (BAC) result indicated that *Melastoma malabathricum* can be used as bio-indicator for Ni, Co and Cd. Soil in the study area was dominated by sand and has a loamy sand texture. Organic matter content was in the range of 1.45% to 5.91%. Soil pH values range from 3.55 to 5.68 which rendered it as acidic. Electrical conductivity was in the range of 2.14 mS/cm to 2.58 mS/cm. Heavy metals range of concentration in soils were from 134.66 mg/kg to 1268.5 mg/kg for Zn, 132.99 mg/kg to 164.14 mg/kg for Co, 21.31 mg/kg to 148.12 mg/kg for Pb, from 2.93 mg/kg to 10.71 mg/kg

for Ni and from 0.89 mg/kg to 3.35 mg/kg for Cd.

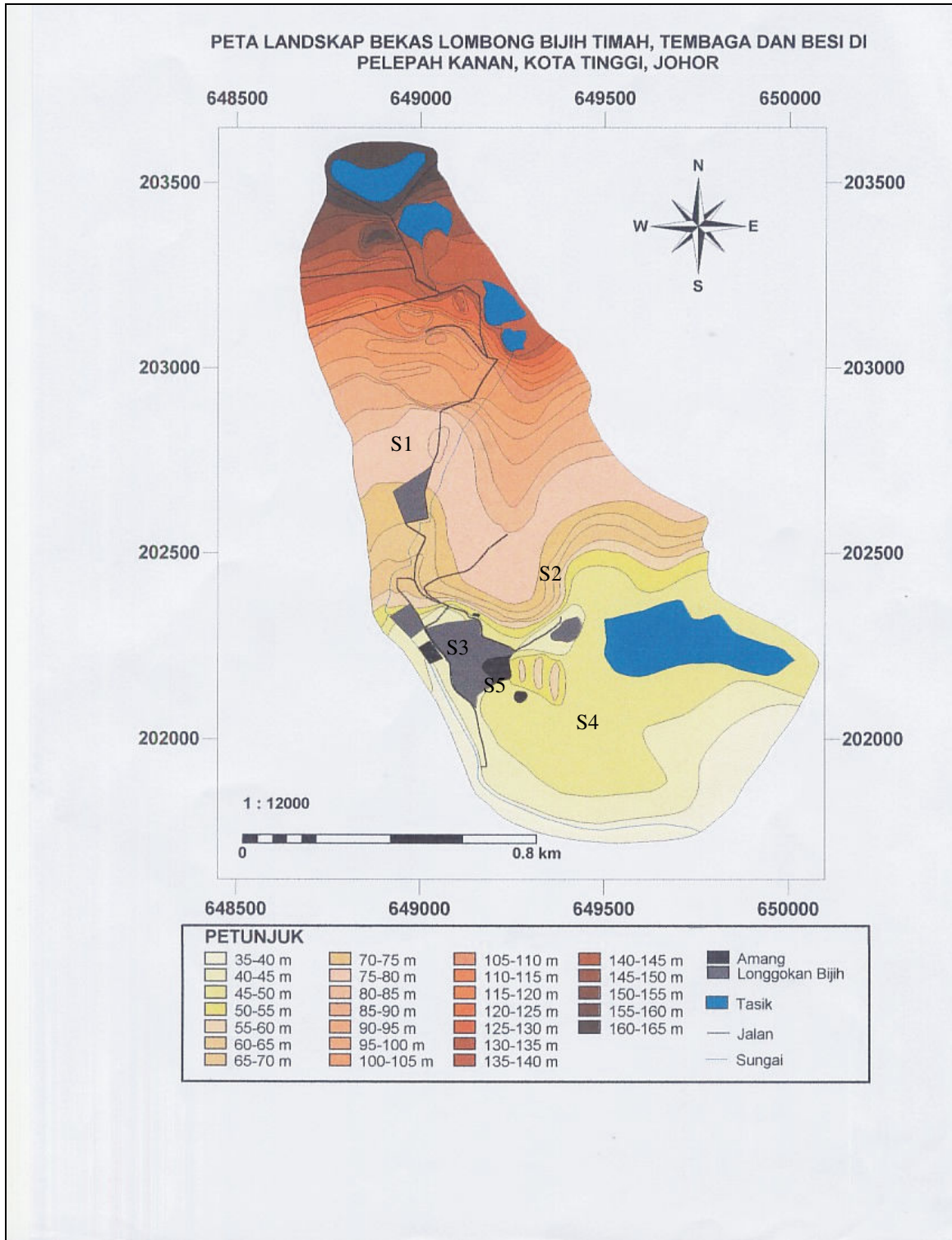
KEYWORDS. *Heavy Metals, ex-mine soil, Bio-indicator, Melastoma malabathricum,*

PENDAHULUAN

Lombong Pelepah Kanan, Pelepah Kanan merupakan sebuah bekas lombong besi dan timah yang terletak pada latitud 1°47'42.0"U ke 1°50'23.3"U dan longitud 103°49'58.9"T ke 103°51'23.3"T. Ia mempunyai keluasan kira-kira 7 km² dan merupakan sebuah lombong tinggal yang terletak di Kota Tinggi, Johor. Ia merupakan lombong dedah dengan keadaan permukaan yang menunjukkan kerosakan ketara topografi, kerosakan struktur tanah dan kehilangan tanah baki, bahan organik serta nutrien. Tanah di kawasan lombong juga jelas menunjukkan tekstur yang berbeza-beza dengan kandungan lodak atau pasir menjadi terlalu tinggi di sesetengah kawasan iaitu kawasan pembuangan sisa pepejal, longgokan amang dan kawasan longgokan bijih yang sedia untuk diangkut. Terdapat kesan aktiviti pemecahan batuan yang mengandungi bijih kepada saiz yang lebih kecil untuk dihancurkan oleh penghancur batuan. Batuan yang telah dihancurkan diasingkan daripada lodak dan pasir kemudian dilonggokkan di kawasan pelonggokan bijih. Kawasan hutan di sekitarnya masih mengekalkan tekstur asal tanah kerana masih belum terganggu. Sisa lombong dan amang yang dilonggokkan di bahagian yang lebih tinggi didapati tertabur ke bahagian lombong yang lebih rendah menuju ke arah legeh Sg. Pelepah Kanan. Angkutan sisa lombong ini berlaku secara hakisan air permukaan terutamanya pada masa hujan dan menuju terus ke arah legeh Sg. Pelepah Kanan tanpa sebarang penghalang.

Kandungan logam berat di dalam tanah di kawasan ini dilaporkan tinggi (Wan Mohd. Razi, *et al.*, 2005) dan melebihi had berpotensi toksik yang digariskan oleh Kabata-Pendias dan Pendias (2001). Ini boleh memberikan impak yang bahaya terhadap persekitaran dan komponennya (Kabata-Pendias & Pendias, 2001). Antara punca utama pencemaran logam berat adalah hasil aktiviti manusia (antropogenik), antaranya aktiviti perlombongan (Herawati, *et al.*, 2000). Pengumpulan logam berat oleh tanah dikenalpasti akan menyebabkan kesan kerosakan terhadap kualiti air bawah tanah, kesuburan jangka masa panjang tanah dan juga pertumbuhan tumbuhan (McBride, *et al.*, 1999). Logam berat mudah bergerak di sekitar dan berupaya berkumpul dalam flora. Sayur-sayuran juga telah menunjukkan keupayaan penyerapan kuantiti logam berat yang banyak. Kandungan logam berat di dalam tanah pertanian yang melebihi takat tertentu akan menjejaskan pengeluaran produk pertanian termasuk haiwan ternakan dan sayur-sayuran (McLaughlin, *et al.*, 2000).

Melalui kajian tentang pengumpulan unsur surih dalam tumbuhan, terdapat juga banyak spesies tumbuhan lain yang berupaya bertindak sebagai pengumpulan logam berat (Brooks, 1972; Brooks, 1983; Kovaleveskii 1979). Prasad dan Vijayasaradhi (1985) mendapati *Desmodium adscendens* adalah tumbuhan pengumpul nikel (Ni). *Pterocarpus santalinus* pula merupakan tumbuhan yang berupaya mengumpul Sr, Zn, dan Cu dalam jumlah yang banyak (Raju, *et al.*, 1999). Menurut Tiagi (1990), organ tumbuhan yang berlainan akan menunjukkan perbezaan yang besar dalam pengumpulan logam berat yang berlainan. Tumbuhan-tumbuhan yang bertindak sebagai pengumpulan logam berat tersebut boleh dijadikan sebagai penunjuk biologi untuk memantau keadaan bahan pencemar di tempat itu. Kertas ini membincangkan kandungan logam-logam berat dalam tanah dan dalam komponen tumbuhan *Melastoma malabathricum* di sekitar tapak bekas Lombong Pelepah Kanan, Kota Tinggi, Johor dan melihat sama ada tumbuhan ini sesuai untuk dijadikan penunjuk biologi bagi logam berat yang dikaji.



Rajah 1. Peta menunjukkan stesen persampelan di dalam kawasan lombong Pelepah Kanan. (1, Kawasan pecah batu; 2, Sempadan hutan, longkang, lereng bukit; 3, Longgokan bijih besi; 4, Longgokan pasir; 5, Longgokan amang.)

BAHAN DAN KAEDAH

Kawasan kajian mengalami iklim khatulistiwa dengan purata suhu tahunan 28°C. Lombong ini terletak di bahagian pangkal Sungai Pelepah Kanan iaitu di bahagian susuk tenggara Gunung Muntahak (634 meter) yang merupakan gunung tertinggi di Kota Tinggi (Rajah 1). Terdapat empat buah sungai yang mengalir di sekitar kawasan lombong ini. Kawasan kajian terletak di kawasan bekas lombong besi dan timah Lombong Pelepah Kanan yang bersebelahan dengan tempat rekreasi Pelepah Kanan Kota Tinggi dan dikelilingi oleh Hutan Rezab Panti, Kota Tinggi, Johor.

Sebanyak 15 sampel tanah atas (0-20cm) dan pokok *Melastoma malabathricum* daripada lima stesen yang terdiri daripada kawasan tapak perlombongan (stesen 1), kawasan sempadan hutan, berdekatan longkang, lereng bukit (stesen 2), kawasan longgokan bijih (stesen 3), kawasan longgokan sisa pepejal pasir (stesen 4) dan longgokan amang (stesen 5) telah diambil. Pokok *M. malabathricum* di kawasan persampelan tanah yang dipilih turut diambil. Sampel tanah atas (< 2 mm) yang disediakan telah dianalisis bagi menentukan beberapa ciri fiziko-kimia dan kandungan logam beratnya. Kandungan logam berat dalam bahagian pokok *Melastoma malabathricum* yang berbeza (akar, batang dan daun) turut ditentukan. Penentuan saiz partikel dilakukan mengikut kaedah pipet berserta ayakan kering (Abdulla, 1966). Tekstur tanah didapatkan dengan memplot peratus kandungan pasir, kelodak dan lempung dalam carta tigasegi tekstur. Kandungan bahan organik ditentukan secara pembakaran (Avery & Bascomb 1982). Pengukuran pH tanah dilakukan di dalam nisbah 1:2.5 bagi tanah:air suling (MAFF 1986) menggunakan meter pH berelektrod kaca Model WTW INOLAB Aras 1. Kekonduksian elektrik ditentukan daripada ekstrak $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ tepu (Massey & Windsor, 1967) menggunakan alat meter kekonduksian Model H 18819 Hanna. Pengekstrakan logam-logam berat dalam pokok *Melastoma malabathricum* mengikut bahagian masing-masing iaitu akar, batang dan daun dilakukan secara penghadaman basah menurut kaedah AOAC (1984), manakala logam berat di dalam tanah diekstrak berdasarkan kaedah Archer dan Hodgson (1987). Logam berat dalam tumbuhan dan tanah yang dapat diekstrak ke dalam larutan dicairkan menjadi 100 mL dengan air suling nyahion dan analisis logam-logam berat dilakukan dengan spektrofotometer penyerapan atom (AAS) nyalaaan Model Perkin Elmer 3300/4400B.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Taburan saiz partikel tanah ditunjukkan dalam Jadual 1. Tekstur tanah kawasan yang dikaji adalah pasir, pasir berlom, lom, lom berpasir, lom lempung berpasir, lom lempung dan lom berkelodak. Kandungan pasir adalah dominan diikuti oleh kelodak dan lempung. Kandungan bahan organik adalah rendah dengan julat di antara 1.69 hingga 4.58%. Nilai pH juga adalah berasid ke sangat berasid, manakala kekonduksian elektrik adalah rendah iaitu di bawah 2.51 mS/cm. Kandungan pasir yang tinggi pada stesen 3 dan 4 disebabkan oleh proses pemecahan dan pengasingan batuan yang dilakukan untuk mendapatkan bijih. Kandungan bahan organik rendah kerana kawasan bekas lombong ini tidak dilitupi oleh tumbuhan yang banyak. Tanah bekas lombong adalah sangat berasid ke asid disebabkan oleh larutlesap yang keterlaluan, hakisan dan kehadiran FeS_2 , CuFeS .

Jadual 1. Nilai Purata Ciri Fiziko-Kimia Tanah Setiap Stesen Di Kawasan Kajian

Stesen	Peratusan Pasir	Peratusan kelodak	Peratusan lempung	Peratusan bahan organik	pH	Kekonduksian elektrik (mS/cm)
1	43.87±6.70	39.89±12.26	16.23±6.33	3.76±1.47	4.10±0.32	2.33±0.06
2	55.28±5.19	20.04±13.38	24.68±11.91	4.58±2.10	4.16±0.53	2.19±0.09
3	85.40±4.82	10.34±5.68	4.27±1.22	1.69±0.21	4.83±0.48	2.24±0.14
4	87.96±3.60	7.34±3.14	4.71±1.80	3.18±0.70	5.05±0.71	2.32±0.09
5	43.40±9.12	33.38±10.86	23.22±1.21	2.91±0.66	4.88±0.43	2.51±0.05

1, Kawasan pecah batu; 2, Sempadan hutan, longkang, lereng bukit; 3, Longgokan bijih besi; 4, Longgokan pasir; 5, Longgokan amang.

Komposisi logam berat dalam tanah

Analisis data bagi kandungan logam berat dalam tanah di kawasan kajian ditunjukkan dalam Jadual 2. Antara lima logam berat yang dikaji, Zn menunjukkan purata kepekatan yang paling tinggi diikuti oleh Co, Pb, Ni dan Cd.

Jadual 2. Purata kandungan logam berat (mg/kg) di dalam tanah setiap stesen di kawasan kajian

Stesen	Zn	Co	Pb	Ni	Cd
1	364.06±203.8	132.99±6.2	79.14±61.1	7.44±3.9	1.54±0.6
2	431±53.7	143.14±8.1	38.15±15.2	5.00±1.3	1.50±0.4
3	783.34±186.6	152.21±2.9	53.23±5.9	6.32±1.3	2.52±0.3
4	475.33 ±34.3	164.14±4.1	53.76±1.8	8.21±1.9	1.82±0.3
5	754.50±446.9	163.04±6.7	52.14±25.5	7.08±3.8	2.20±1.0

1, Kawasan pecah batu; 2, Sempadan hutan, longkang, lereng bukit; 3, Longgokan bijih besi; 4, Longgokan pasir; 5, Longgokan amang.

Kandungan logam berat Zn dan Co didapati mencatatkan nilai purata yang melebihi nilai kepekatan kritikal (Kabata-Pendias & Pendias, 2001) yang berpotensi toksik dalam tanah. Walau bagaimanapun purata kepekatan logam Pb, Ni dan Cd masih di bawah aras kepekatan kritikal yang berpotensi toksik dalam tanah. Kepekatan kritikal dalam tanah bagi Zn, Co, Pb, Ni dan Cd adalah masing-masing 70-400 mg/kg, 25-50, 100-400, 100 dan 5 mg/kg.

Kandungan logam berat dalam bahagian tumbuhan *melastoma malabathricum*

Kajian ini bertujuan menilai koefisien penyerapan biologi (BAC) bagi spesies *Melastoma malabathricum*. BAC ialah nilai kandungan logam berat dalam tumbuhan berbanding dengan nilai kandungan logam berat dalam tanah. Data tentang kandungan logam berat dan nilai BAC dalam bahagian-bahagian tumbuhan *Melastoma malabathricum* ditunjukkan dalam Jadual 3 hingga Jadual 7.

Nikel (Ni)

Purata kepekatan Ni dalam akar adalah tertinggi dengan nilai 608.83 ± 487.27 mg/kg diikuti oleh daun dengan purata kepekatan 239.03±120.67 mg/kg dan batang dengan purata kepekatan 159.60±77.91 mg/kg. Analisis statistik menunjukkan korelasi positif Ni dalam batang dengan akar ($r=0.622$, $n=15$) pada aras keertian $p < 0.05$. Analisis ANOVA menunjuk terdapat perbezaan yang bererti antara Ni dalam akar, batang dan daun tumbuhan dengan nilai $F = 5.44$ pada aras keertian $p < 0.01$.

Jadual 3. Kepekatan (mg/kg) logam Nikel (Ni) dan koefisien penyerapan biologi (BAC) bagi tumbuhan *Melastoma malabathricum*

Stesen	Sampel	Akar	Batang	Daun	Tanah
1	a (BAC)	100.11 (11.71)	98.88 (11.56)	102.14 (11.95)	8.55
	b (BAC)	96.12 (31.51)	94.89 (31.11)	99.67 (32.68)	3.05
	c (BAC)	103.88 (9.70)	114.38 (10.68)	113.73 (10.62)	10.71
2	a (BAC)	164.23 (34.50)	90.35 (18.98)	218.49 (45.90)	4.76
	b (BAC)	100.18 (15.75)	94.48 (14.86)	112.46 (17.68)	6.36
	c (BAC)	1507.97 (388.65)	236.77 (61.02)	104.48 (26.93)	3.88
3	a (BAC)	940.23 (174.12)	103.71 (19.21)	113.71 (21.06)	5.40
	b (BAC)	254.05 (35.14)	109.45 (15.14)	407.95 (56.42)	7.23
	c (BAC)	109.82 (15.32)	114.0 (15.90)	122.61 (17.10)	7.17
4	a (BAC)	262.81 (25.57)	123.49 (12.01)	214.56 (20.87)	10.28
	b (BAC)	104.46 (15.95)	102.06 (15.58)	273.33 (41.73)	6.55
	c (BAC)	838.93 (107.69)	108.13 (13.88)	468.84 (60.18)	7.79
5	a (BAC)	1391.07 (173.67)	200.89 (25.08)	207.18 (25.87)	8.01
	b (BAC)	500.64 (170.87)	375.12 (128.03)	247.47 (84.46)	2.93
	c (BAC)	687.02 (66.70)	187.52 (18.21)	356.76 (34.64)	10.30

Menurut Cataldo, *et al.* (1978) apabila Ni dalam fasa larut, ia tersedia diserap oleh akar. Ni adalah tersedia dan kerap diambil oleh tumbuhan dan tertumpuk dalam tisu tumbuhan hingga suatu kuantiti tertentu, penyerapannya mempunyai korelasi positif dengan penumpukan Ni dalam tanah. pH tanah merupakan faktor yang utama dalam mempengaruhi pengambilan Ni oleh akar tumbuhan. Dalam keadaan tanah berasid, pengambilan Ni oleh tumbuhan adalah meningkat.

Interaksi antara Ni dengan logam Fe dipercayai adalah mekanisme biasa dalam mendorong ketoksikan Ni. Ni yang berlebihan dipercayai menyebabkan berkurangan kandungan Fe dengan menghalang perpindahan Fe daripada akar ke bahagian atas tumbuhan.

Nilai BAC Ni adalah tertinggi dalam akar tumbuhan berjulat antara 9.70 hingga 388.65 dengan purata 85.12 ± 20.67 , diikuti oleh bahagian daun dengan purata 33.87 ± 20.67 dan batang dengan purata 27.42 ± 30.50 . Secara keseluruhannya, nilai BAC Ni adalah paling tinggi berbanding dengan logam-logam lain. Nilai BAC tinggi ini menunjukkan penumpukan logam dalam bahagian tumbuhan adalah lebih tinggi berbanding dengan dalam tanah. Spesies tumbuhan ini menunjukkan spesies akumulator Ni yang mempunyai keupayaan tinggi untuk menyerap Ni.

Kobalt (Co)

Unsur Co tertumpuk paling banyak di bahagian akar dengan kepekatan berjulat daripada 38.68 mg/kg hingga 828.14 mg/kg dengan purata 287.52 ± 284.05 mg/kg. Julat kepekatan Co dalam daun antara 50.18 mg/kg hingga 155.68 mg/kg manakala purata kepekatan antara 76.85 ± 31.16 mg/kg. Hasil analisis korelasi menunjukkan hubungan positif yang signifikan antara batang dengan akar ($r=0.615$, $n=15$) dan antara tanah dengan akar ($r=0.567$) pada aras keertian ($p<0.05$) serta antara batang dengan daun ($r=0.697$) pada aras keertian ($p<0.01$). Analisis ANOVA pula menunjukkan perbezaan yang bererti Co dalam ketiga-tiga bahagian tumbuhan iaitu $F = 3.60$ pada aras keertian ($p<0.05$).

Jadual 4. Kepekatan (mg/kg) logam kobalt (Co) dan koefisien penyerapan biologi (BAC) bagi tumbuhan *Melastoma malabathricum*

Stesen	Sampel	Akar	Batang	Daun	Tanah
1	a (BAC)	53.90 (0.04)	50.18 (0.38)	57.67 (0.44)	131.52
	b (BAC)	38.68 (0.30)	59.04 (0.46)	63.75 (0.50)	127.62
	c (BAC)	79.98 (0.57)	61.65 (0.44)	63.80 (0.46)	139.83
2	a (BAC)	96.31 (0.72)	52.97 (0.40)	121.0 (0.90)	134.10
	b (BAC)	57.34 (0.38)	61.90 (0.41)	63.60 (0.42)	149.72
	c (BAC)	828.14 (5.69)	134.08 (0.92)	67.94 (0.47)	145.60
3	a (BAC)	606.53 (4.01)	66.90 (0.44)	73.66 (0.49)	151.18
	b (BAC)	155.86 (1.04)	66.92 (0.45)	220.16 (1.50)	149.95
	c (BAC)	69.03 (0.44)	68.29 (0.44)	73.59 (0.47)	155.49
4	a (BAC)	169.78 (1.04)	71.09 (0.44)	144.55 (0.88)	163.89
	b (BAC)	73.68 (0.46)	64.42 (0.40)	154.47 (0.96)	160.16
	c (BAC)	540.95 (3.21)	68.44 (0.41)	283.76 (1.69)	168.37
5	a (BAC)	813.39 (5.11)	111.77 (0.70)	131.38 (0.82)	159.20
	b (BAC)	297.21 (1.87)	247.21 (1.56)	136.19 (0.86)	158.79
	c (BAC)	432.09 (2.53)	101.60 (0.59)	217.35 (1.27)	170.81

Pengambilan Co oleh tumbuhan adalah salah satu faktor yang membolehkan Co bergerak dalam tanah dalam larutan. Banyak kajian menunjukkan tanah yang kaya dengan Co mendorong peningkatan pengambilan logam ini dalam tumbuhan.

Co dan Fe dalam tumbuhan menunjukkan hubungan yang sangat signifikan. Geokimia dan biokimia yang bersifat antagonistik bagi kedua-dua logam itu telah wujud disebabkan kedua-dua logam bersaing dalam tempat struktur kristal yang sama dan daripada sebatian ikatan logam dengan organik (metallo-organik) yang sama.

Koefisien penyerapan biologi (BAC) Co menunjukkan bacaan yang paling tinggi

dalam akar dengan julatnya 0.04 hingga 5.11, dengan purata dan sisihan piawai 1.83 ± 1.86 . BAC paling rendah pada bahagian batang dengan purata dan sisihan piawai 0.56 ± 0.31 mg/kg (Jadual 4). Secara keseluruhannya, penumpukan logam ini dalam bahagian-bahagian tumbuhan adalah agak kurang. Ini dapat dilihat dalam nilai BAC yang rendah. Walau bagaimanapun spesies tumbuhan ini masih berupaya untuk menumpuk logam Co.

Zink (Zn)

Kepekatan Zn paling tinggi dalam akar tumbuhan yang berjulat 13.8 mg/kg hingga 140.49 mg/kg dengan purata 76.61 ± 133.88 mg/kg. Kepekatan Zn paling rendah berlaku pada bahagian batang dengan julat kepekatan antara 11.6 mg/kg hingga 136.58 mg/kg (Jadual 5), dengan purata kepekatan terendah iaitu 42.91 ± 30.95 mg/kg. Analisis korelasi positif agak kuat ditunjukkan antara Zn dalam daun dengan akar ($r=0.654$) dan dengan tanah ($r = 0.712$) pada aras keertian ($p < 0.05$). ANOVA tidak menunjukkan perbezaan yang bererti Zn dalam ketiga-tiga bahagian tumbuhan.

Akar biasanya mengandungi lebih banyak Zn berbanding dengan bahagian atas tumbuhan, terutamanya bagi tumbuhan yang hidup dalam tanah yang kaya dengan Zn. Zn akan dipindah daripada akar dan tertumpu pada bahagian atas tumbuhan. Zn juga dikenali tertumpu di kloroplas dan dalam cecair vakuol serta dalam membran sel. Oleh itu, Zn adalah kemungkinan tertumpu pada daun yang matang. Jadi, boleh dikatakan Zn tertumpuk banyak dalam bahagian akar dan daun tumbuhan.

Zn dengan Cd bersifat antagonistik dan sinergistik dalam proses pengambilan dan pengangkutan tumbuhan. Kitagishi & Yamane (1981) memperhatikan dalam bijirin, Zn bersaing untuk tempat Cd, di mana terdapat peningkatan keterlarutan Cd dan perpindahan Cd daripada akar ke atas tumbuhan. Wallace, *et al.* (1980) pula menyatakan Cd tertumpu tinggi dalam akar pada aras Zn yang tinggi dan pada larutanyang mempunyai pH yang rendah.

Zn dengan Cu menunjukkan interaksi antagonistik di mana pengambilan salah satu logam adalah bersaing untuk menghalang antara satu sama lain Hal ini kerana tempat pengambilan bagi kedua-dua logam adalah sama dalam mekanisme penyerapan.

Zn dengan Fe juga bersifat antagonistik dan mempunyai mekanisme yang sama dalam kesan tekanan logam berat lain pada pengambilan Fe. Zn yang berlebihan mengurangkan penumpukan Fe dalam tumbuhan. Ini berlaku kerana persaingan Zn^{2+} dan Fe^{2+} dalam proses pengambilan dan gangguan dalam proses kelat semasa pengambilan dan pengangkutan Fe daripada akar ke daun. Menurut Olsen (1972), Fe menurunkan penyerapan Zn.

Zn tertumpuk paling tinggi dalam bahagian akar dan daun tumbuhan dengan purata BAC 0.14 ± 0.25 . Manakala dalam bahagian batang, nilai BAC berada dalam julat antara 0.05 hingga 0.10 dengan purata dan sisihan piawai 0.09 ± 0.08 . Zn dalam bahagian tumbuhan menunjukkan kandungan yang sedikit. Jadi boleh dikatakan spesies tumbuhan ini tidak mempunyai ciri penumpukan logam Zn.

Kadmium (Cd)

Cd tertumpuk paling tinggi pada bahagian akar tumbuhan dengan julat di antara 0.69 mg/kg hingga 44.99 mg/kg dengan purata dan sisihan piawai 12.88 ± 15.07 mg/kg. Logam Cd diserap paling sedikit pada bahagian batang dengan kekekatannya berjulat di antara 1.09 mg/kg hingga 13.92 mg/kg dengan puratanya 3.66 ± 3.34 mg/kg. Hasil analisis ANOVA tidak menunjukkan perbezaan kandungan Cd yang signifikan antara bahagian-bahagian tumbuhan tersebut.

Jadual 5. Kepekatan (mg/kg) logam Zink (Zn) dan koefisien penyerapan biologi (BAC) bagi tumbuhan *Melastoma malabathricum*

Stesen	Sampel	Akar	Batang	Daun	Tanah
1	A (BAC)	14.81 (0.03)	22.05 (0.05)	33.69 (0.08)	433.17
	B (BAC)	4.26 (0.03)	34.08 (0.25)	14.08 (0.10)	134.66
	C (BAC)	13.80 (0.03)	46.49 (0.09)	28.16 (0.05)	524.34
2	A (BAC)	42.24 (0.09)	16.16 (0.03)	130.39 (0.27)	483.33
	B (BAC)	42.85 (0.11)	35.13 (0.09)	64.93 (0.17)	376.00
	C (BAC)	15.50 (0.04)	136.58 (0.31)	35.16 (0.08)	433.67
3	A (BAC)	39.60 (0.05)	45.96 (0.06)	84.38 (0.11)	752.67
	B (BAC)	82.69 (0.13)	18.80 (0.03)	197.03 (0.32)	614.00
	C (BAC)	15.85 (0.02)	69.07 (0.07)	91.40 (0.09)	983.34
4	a (BAC)	25.26 (0.05)	26.83 (0.06)	73.89 (0.16)	461.67
	b (BAC)	29.60 (0.07)	24.31 (0.05)	87.24 (0.19)	450.00
	c (BAC)	140.49 (0.27)	11.60 (0.02)	80.86 (0.16)	514.33
5	a (BAC)	541.65 (1.01)	46.49 (0.09)	89.00 (0.16)	537.00
	b (BAC)	42.73 (0.09)	45.89 (0.10)	28.37 (0.06)	458.00
	c (BAC)	97.84 (0.08)	64.15 (0.05)	162.83 (0.13)	1268.50

Cd diserap efektif oleh akar dan daun tumbuhan walaupun Cd dinyatakan tidak penting bagi tumbuhan. Secara umum, pH tanah adalah faktor utama dalam pengawalan jumlah dan relatif pengambilan Cd. Apabila pH tanah berkurang, penumpukan Cd dalam tisu tumbuhan akan bertambah.

Akar bagi sesetengah spesies tumbuhan boleh mengambil jumlah Cd yang banyak daripada medium bawah. Perpindahan lokasi Cd melalui tumbuhan mungkin terhad kerana Cd mudah dipegang dalam tempat pertukaran sebatian aktif yang terletak pada dinding sel.

Interaksi Cd dengan Zn adalah berlawanan. Zn menurunkan pengambilan Cd oleh akar. Cd dengan Cu bersifat antagonistik kerana Cu menghalang penyerapan Cd. Terdapat juga interaksi Cd dengan logam lain seperti Mn dan Ni kerana wujudnya tempat pertukargantian yang sama semasa proses pengambilan.

Nilai BAC dalam Jadual 6 didapati agak tinggi. Nilai BAC dalam akar mempunyai sela di antara 0.39 hingga 24.86, dalam batang selanya antara 0.45 hingga 9.67 manakala dalam daun selanya antara 0.2 hingga 58.89. Ini menunjukkan Cd dalam bahagian-bahagian tumbuhan adalah lebih tinggi daripada tanah. Oleh itu spesies tumbuhan ini bersifat untuk menumpuk logam ini.

Jadual 6. Kepekatan (mg/kg) logam kadmium (Cd) dan koefisien penyerapan biologi (BAC) bagi tumbuhan *Melastoma malabathricum*

Stesen	Sampel	Akar	Batang	Daun	Tanah
1	a (BAC)	0.75 (0.39)	1.28 (0.67)	1.9 (0.99)	1.91
	b (BAC)	0.69 (0.78)	2.14 (2.4)	53.3 (58.89)	0.89
	c (BAC)	2.07 (1.13)	2.1 (1.15)	3.34 (1.83)	1.83
2	a (BAC)	3.77 (3.43)	1.48 (1.35)	3.87 (3.52)	1.10
	b (BAC)	2.18 (1.50)	1.3 (0.90)	2.01 (1.39)	1.45
	c (BAC)	40.43 (20.84)	7.56 (3.90)	3.54 (1.82)	1.94
3	a (BAC)	24.86 (8.54)	1.32 (0.45)	3.14 (1.08)	2.91
	b (BAC)	1.42 (0.61)	2.99 (1.28)	3.33 (1.42)	2.34
	c (BAC)	1.63 (0.71)	3.49 (1.52)	0.46 (0.2)	2.30
4	a (BAC)	7.97 (3.89)	4.01 (1.96)	6.8 (3.32)	2.05
	b (BAC)	2.32 (1.59)	4.15 (2.84)	9.33 (6.39)	1.46
	c (BAC)	25.27 (12.96)	1.09 (0.56)	11.87 (6.09)	1.95
5	a (BAC)	44.99 (24.86)	3.17 (1.75)	6.94 (3.83)	1.81
	b (BAC)	12.49 (8.67)	13.92 (9.67)	6.59 (4.58)	1.44
	c (BAC)	22.35 (6.87)	4.86 (1.45)	12.59 (3.76)	3.35

Plumbum (Pb)

Jadual 7 menunjukkan kebanyakan Pb tidak berapa diserap oleh akar, daun dan batang tumbuhan. Terdapat hanya akar tumbuhan stesen 5, 1b, 3b, 4b yang menunjukkan kepekatan Purata kepekatan dalam akar adalah 3.91 ± 3.58 mg/kg. Dalam batang purata kepekatan adalah 0.96 ± 0.75 mg/kg dan dalam daun tumbuhan pula puratanya sebanyak 0.42 ± 0.46 mg/kg.

Pb diserap oleh akar dengan pengambilan secara pasif. Pb diserap terutamanya oleh akar rerambut dan disimpan dalam dinding sel dengan tahap yang agak tinggi. Akar tumbuhan dapat mengambil jumlah Cu yang banyak apabila Pb hadir dalam bentuk larutan dalam cecair nutrien.

Perpindahan Pb daripada akar ke atas adalah sangat terhad. Terdapat hanya 3% Pb dalam akar akan dipindahkan ke batang (Zimdahl 1975). Hipotesis Zimdahl & Koepe (1977) menyatakan pengambilan Pb daripada tanah adalah tidak diambil secara langsung daripada tanah oleh tumbuhan tetapi lebih kepada serapan daripada tumbuhan mati yang tertumpu hampir pada permukaan tanah. Namun demikian, terdapat banyak bukti yang menunjukkan

Pb diambil oleh akar daripada tanah.

Peningkatan kapasiti pertukaran kation, pH yang sangat rendah, bahan organik, dan P menurunkan pengambilan Pb ke dalam tumbuhan. Terdapat kesan penghalang Pb atas pengambilan Cd oleh akar tumbuhan. Zn dengan Pb yang bersifat antagonistik memberi kesan perpindahan elemen daripada akar ke atas bahagian tumbuhan (Pendias, 1984).

Secara keseluruhannya, Pb tidak atau hanya diserap sedikit oleh tumbuhan maka nilai BAC akan menjadi rendah. Nilai BAC rendah menunjukkan spesies tumbuhan ini tidak berupaya menumpukkan logam Pb di dalamnya.

Jadual 7. Kepekatan (mg/kg) logam plumbum (Pb) dan koefisien penyerapan biologi (BAC) bagi tumbuhan *Melastoma malabathricum*

Stesen	Sampel	Akar	Batang	Daun	Tanah
1	a (BAC)	ND	0.38 (0.007)	0.15 (0.003)	57.59
	b (BAC)	2.05 (0.065)	ND	0.16 (0.005)	31.70
	c (BAC)	ND	ND	ND	148.12
2	a (BAC)	ND	ND	ND	21.31
	b (BAC)	ND	1.23 (0.024)	ND	50.96
	c (BAC)	ND	0.32 (0.008)	0.95 (0.023)	42.19
3	a (BAC)	ND	ND	ND	60.08
	b (BAC)	3.76 (0.076)	1.91 (0.039)	ND	49.57
	c (BAC)	ND	ND	ND	50.03
4	a (BAC)	ND	ND	ND	52.04
	b (BAC)	0.088 (0.002)	ND	ND	53.60
	c (BAC)	ND	ND	ND	55.63
5	a (BAC)	7.90 (0.177)	ND	ND	44.61
	b (BAC)	1.07 (0.034)	ND	ND	31.30
	c (BAC)	8.60 (0.107)	ND	ND	80.52

ND – Tidak dapat dikesan: 1, Kawasan pecah batu; 2, Sempadan hutan, longkang, lereng bukit; 3, Longgokan bijih besi; 4, Longgokan pasir; 5, Longgokan amang.

KESIMPULAN

Kebanyakan tanah di kawasan kajian adalah jenis berpasir dan bertekstur pasir berloam. Purata kandungan bahan organik adalah rendah iaitu antara 1.69% hingga 4.58%. Nilai pH bagi tanah di kawasan kajian adalah sekitar 4.10 hingga 5.05 iaitu bersifat asid. Kekonduksian elektrik tanah adalah di antara 2.14 mS/cm hingga 2.58mS/cm.

Kandungan purata logam-logam berat dalam tanah kawasan kajian adalah tinggi bagi Zn iaitu di antara 364.06 mg/kg hingga 783.74 mg/kg. Purata kepekatan Zn adalah tertinggi diikuti oleh logam Co iaitu antara 132.99 mg/kg hingga 164.14 mg/kg, Pb di antara 38.15 mg/kg hingga 79.14 mg/kg, Ni di antara 5.0 mg/kg hingga 8.21 mg/kg dan Cd di antara 1.50 mg/kg hingga 2.52 mg/kg.

Kandungan logam berat yang terkandung dalam bahagian akar, batang dan daun tumbuhan *Melastoma malabathricum* menunjukkan bahawa Ni paling banyak diserap oleh tumbuhan ini. Keduanya ialah logam Co diikuti Zn, Cd dan akhir sekali Pb. Logam-logam ini tertumpuk paling banyak pada akar diikuti oleh daun dan batang tumbuhan. Didapati spesies tumbuhan *Melastoma malabathricum* adalah sesuai sebagai penunjuk biologi bagi Ni, Co dan Cd.

RUJUKAN

- Abdulla, H. H. 1966. *A study of the development of podzol profiles in Dovey forest*. Tesis Ph.D Aberystwyth: University of Wales.
- Adong Laming. 2001. *Permineralan besi, timah dan tembaga di Lombong Pelepah Kanan, Kota Tinggi, Johor*. Tesis Sarjana Sains, UKM (Tidak diterbitkan).
- Archer, F. C. and Hodgson, I. H. 1987. Total and extractable trace element content of soils in England and Wales. *Journal of Soil Science*, **38**: 421-432.
- Avery, B. W. and Bascomb, C.L. 1982. *Soil Survey Laboratory Methods*. Soil Survey Technical Monograph No. 6. Harpenden.
- AOAC. 1984. *Official Method of Analysis* (14th Ed.). William, S. (Ed.). Association of Official Chemist, Virginia.
- Brooks, R. R. 1972. *Geobotany and biogeochemistry in mineral exploration*. Harper and Row, New York.
- Brooks, R. R. 1983. *Biological methods of prospecting for minerals*. Wiley, New York.
- Cataldo, D. A., Garland, T. R., and Wildung, R. E. 1978. Nickel in plant, *Plant Physiol*, **62**: 1563-1566.
- Chiras, D. D, 2001. *Environmental Science: Creating A Sustainable Future*. USA: Zones and Bartlett Publishers. Inc.
- Graham, R. D. 1981. Absorption of cooper by plant roots, in *Copper in Soil and Plants*. In: Loneragan, J. F., Robsoon, A. D., and Graham, R. D., Eds. Academic Press, New York, 141.
- Herawati, N., Susuki, S., Hayashi, K., Rivai, I.P. and Koyama, H. 2000. Cadmium, copper and zinc levels in rice and soil of Japan, Indonesia and China by soil type. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. **64**: 33-39
- Kabata-Pendias, A and Pendias, H. 2001. *Trace elements in soils and plants* (3rd Ed.). Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Kitagishi, K. and Yamane, I., Eds, 1981. *Heavy metal Pollution in soil of Japan*. Tokyo: Japan Science Society Press.
- Kovaleveskii, A. L. 1979. *Biogeochemical exploration for mineral deposits*. Amerind Publ Co Pvt Ltd, New Delhi.
- MAFF (1986). *The Analysis of Agricultural Materials* (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food). Technical Bulletin 27). HMSO, London.
- Massey, D. M, and Windsor, G. W., 1967. Rep.glasshouse crops res.Inst.,P.72.

- McBride, M.B., Richards, B. K., Steenhuis, T. and Spiers, G. 1999. Long-term leaching of trace elements in heavily sludge-amended silty clay loam soil. *Soil Science*. **164**: 613-623.
- McLaughlin, M.J., Hamon, R.E., McLaren, R.G., Speir, T. W. & Rogers, S.L. 2000. Review: A bioavailability-based rationale for controlling metal and metalloid contamination of agricultural land in Australia and New Zealand. *Aus. J. Soil Res.* **38**: 1037-1086.
- Metson, A.J. (1956). *Method of Chemical Analysis for Soil Survey samples*. N.Z.D.S.I.R. Soil Bureau Bulletin no. 12.
- Olsen, S. R. 1972. *Micronutrient interactions, in Micronutrients in Agriculture*. Soil Science Society of America, Madison, Wis., 243.
- Prasad, E. A. V. and Vijayaradhhi, D. 1985. Biogeochemistry of chromium and vanadium from mineralized zones of Kondapalli and Putrela, Krishna District, Andhra Pradesh. *J Geol Soc India*, **26**: 133-136.
- Raju, K. K, Raju, A. N. and Sudheer, A. S. 1999. Red sanders (*Pterocarpus santalinus*): a biogeochemical study from south eastern part of Andhra Pradesh. *J Geol Soc India*, **54**: 259-266.
- Tiagu, T. D. 1990. Geobotany and biogeochemistry in mineral prospecting. Presidential address, Botany section, *Proc 77th Indian Sci Congr*, pp 1-26.
- Tidball, R, R., 1976. *Lead in soils, in Lead in The Environment*. Lovering, T.G. (Ed.) U.S.Geol. Surv. Proc. Pap., 957, 43.
- Tiffin, L. O. 1972. Translocation of micronutrients in plants, in *Micronutrients in Agriculture*, Soil Science Society of America, Madison, Wis.
- Tukimat, L., Wan Mohd Razi Idris, Sharilnizam, M. Y., Azman, H. dan Sahibin, A. R. 2004. Pengumpulan logam berat di dalam spesies *Melastoma malabathricum* di sekitar lombong besi dan tembaga Pelepah Kanan, Kota Tinggi, Johor. *Prosiding Simposium Biologi Kebangsaan Ke-7. Asmat, A., et al. (Eds)*.
- Wallace, A., Romney, E. M., and Alexander, G. V. 1980b. Zinc-cadmium interactions on the availability of each to bush bean plants grown in solution culture, *J. Plant Nutr.*, **2**: 51.
- Wan Mohd Razi Idris, Tukimat, L., Sharilnizam, M. Y., Azman, H. and Sahibin, A. R. 2005. Impact of mining activity on physico-chemical properties of soil in Kota Tinggi, Johor. *Proceeding of the Second Regional Symposium on Environment and Natural Resources*, p. 187-189.
- Zimdahl, R. L. 1975. Entry and movement in vegetation of lead derived from iron and soil sources. Paper presented at 68th Annu. Meeting of the Air Pollution control Association, Boston, Mass.
- Zimdahl, R.L. and Koeppel, D.E., 1977. Uptake by plants, in *Lead in the environment*. In: Boggess, W. R. and Wixson, B.G., Eds., Report NSF, National Science Foundation, Washington, D.C., 99.