

Kandungan Logam Berat dalam Tumbuhan Penyedap Rasa Terpilih dan dalam Tanah Ultrabes di Felda Rokan Barat, Negeri Sembilan, Malaysia

(Heavy Metal Content in Selected Flavouring Plants and in Ultra-Basic Soil of Felda Rokan Barat, Negeri Sembilan, Malaysia)

SAHIBIN ABD. RAHIM*, WAN MOHD. RAZI IDRIS, ZULFAHMI ALI RAHMAN,
TUKIMAT LIHAN, RAMLAN OMAR & LIEW KAH YAN

ABSTRAK

Kajian ini dijalankan di kawasan tanah ultrabes di Felda Rokan Barat (FRB), Negeri Sembilan. Sebanyak dua puluh sampel cili, kunyit, pandan dan serai serta substratnya telah diambil secara rawak untuk penentuan kandungan logam berat Fe, Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Cr dan Zn. Kandungan logam berat dalam tumbuhan diekstrak secara penghadaman basah, manakala kandungan logam berat resistan dan tersedia dalam tanah diekstrak dengan kaedah pengekstrakan berjjukan. Kandungan logam berat jumlah diperolehi dengan menjumlahkan kandungan logam berat rintang dan tersedia. Kandungan logam berat di dalam larutan ekstrak tanah dan tumbuhan ditentukan dengan menggunakan Spektrofotometer Penyerapan Atom Nyalaan (FAAS). Hasil kajian menunjukkan logam Fe adalah dominan di dalam tanah di kawasan kajian manakala kepekatan logam Cd paling rendah dengan nilai < 10 mg/kg. Sela kepekatan logam-logam berat dalam tanah ialah Fe (2618.4 hingga 4248 mg/kg), Mn (240.9 hingga 741.9 mg/kg), Zn (81.9 hingga 324.8 mg/kg), Cr (46.8 hingga 438.7 mg/kg), Cu (15.7 hingga 81.7 mg/kg), Pb (14.9 hingga 116.8 mg/kg), Ni (10.1 hingga 545.6 mg/kg), Cd (5.6 hingga 10.6 mg/kg) dan Co (0.8 hingga 126.1 mg/kg). Nilai kepekatan Fe tersedia mencatatkan nilai tertinggi bagi semua substrat tumbuhan, diikuti oleh Mn, Zn, Pb, Ni, Cr, Cu, Co dan Cd. Berdasarkan peratusan tersedia Mn, Pb dan Zn merupakan logam berat yang paling banyak tersedia diambil oleh tumbuhan dengan nilai 8 hingga 10%. Kepekatan Fe, Mn, Ni dan Zn menunjukkan purata kepekatan yang tinggi pada bahagian tumbuhan yang dikaji berbanding dengan logam lain. Nilai koefisien penyerapan biologi (BAC) bagi cili, kunyit, pandan dan serai masing-masing dalam julat 0.02-0.36, 0.03-0.41, 0.03-0.63 dan 0.03-1.15. Boleh disimpulkan bahawa penyerapan logam berat oleh tumbuhan adalah normal walaupun kepekatan logam berat dalam tanah ultrabes adalah tinggi.

Kata kunci: Cili; koefisien penyerapan biologi (BAC); kunyit; pandan; serai; tanah ultrabes

ABSTRACT

A study was carried out at an ultrabasic soil area in Felda Rokan Barat (FRB), Negeri Sembilan. Twenty plants of samples namely chili, turmeric, pandan and lemon grass were collected randomly for the determination of heavy metal contents such as Fe, Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Cr and Zn. Heavy metals in plants were extracted by wet digestion method, whereas available and resistant heavy metals in soil were extracted by sequential extraction. Total heavy metals content in the soil were obtained by summation of resistant and available heavy metals. Heavy metals content in soil and plant extract were determined by using the Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (FAAS). Results showed that Fe was the dominant composition in soil in the study area while Cd concentration was very low with values of < 10 mg/kg. The range of heavy metals concentration in soils were Fe (2618.4 to 4248 mg/kg), Mn (240.9 to 741.9 mg/kg), Zn (81.9 to 324.8 mg/kg), Cr (46.8 to 438.7 mg/kg), Cu (15.7 to 81.7 mg/kg), Pb (14.9 to 116.8 mg/kg), Ni (10.1 to 545.6 mg/kg), Cd (5.6 to 10.6 mg/kg) dan Co (0.8 to 126.1 mg/kg). Available Fe recorded the highest value in all of the plant substrates followed by Mn, Zn, Pb, Ni, Cr, Cu, Co and Cd. Based on percentage of availability Mn, Pb and Zn are considered most available by plant with availability percentage of 8 to 10%. Concentration of Fe, Mn, Ni and Zn were high in all parts of plants compared to the other metals. The value of biological absorption coefficient (BAC) in chili, turmeric, pandan and lemon grass were in the range of 0.02-0.36, 0.03-0.41, 0.03-0.63 and 0.03-1.15, respectively. It can be concluded that the uptake of heavy metals by plants were normal even though the heavy metals concentration in the ultrabasic soil was high.

Keywords: Biological absorption coefficient (BAC); chili; lemon grass; pandan; turmeric; ultrabasic soil

PENDAHULUAN

Tanah mengandungi unsur-unsur yang terbentuk daripada penguraian batuan induk. Batuan induk berbeza-beza jenis seperti granit, batu pasir, batu lumpur, ultrabes,

batu kapur dan lain-lain lagi. Oleh itu setiap batuan induk ini mengandungi logam berat pada kepekatan yang berbeza. Serpentininit yang merupakan batuan ultrabes tersingkap di Felda Rokan Barat. Secara amnya, serpentininit

mengandungi Co, Cr, Fe, Mg dan Ni pada kepekatan yang tinggi manakala kepekatan makronutrien tumbuhan iaitu Ca, K, N dan P adalah rendah (Brearley 2006; Brooks et al. 1988).

Tumbuhan merupakan makanan utama dalam rantaian makanan asas untuk kegunaan hidupan seperti haiwan dan manusia. Tumbuhan yang ditanam di kawasan yang mempunyai kandungan logam berat yang tinggi secara semula jadi berkecenderungan untuk mengumpulkan logam berat tersebut (Kabata-Pendias & Pendias 2001). Tanah Siri Sungai Mas di Malaysia terbentuk daripada batuan ultrabes telah berjaya digunakan sebagai kawasan penanaman kelapa sawit dan getah. Walau bagaimanapun penggunaan untuk tanaman lain seperti pokok buah-buahan memberikan hasil yang tidak menggalakkan. Antara masalah yang dihadapi adalah pengeluaran buah yang sangat lambat, buah yang tidak bulat dan sempurna, jangka hayat pokok yang pendek dan pokok mudah diserang penyakit. Walaupun sayur-sayuran boleh tumbuh tetapi saiz yang dihasilkan adalah kecil. Kawasan pertanian yang memang mempunyai kepekatan logam berat yang tinggi boleh mendatangkan kemudaratan kerana keupayaan logam untuk terkumpul pada bahagian tertentu tumbuhan. Logam berat juga akan menjadi toksik kepada tumbuhan sekiranya kepekatan melebihi kepekatan maksimum yang boleh diambil oleh tumbuhan (Kabata-Pendias & Pendias 2001). Tanah ultrabes yang mempunyai kepekatan Cr dan Ni yang tinggi boleh membawa kesan buruk terhadap tumbesaran tumbuhan seperti jangka hayat tumbuhan yang pendek dan tumbuhan tidak subur serta berpenyakit. Selain itu, kepekatan logam berat yang tinggi dalam tanah ultrabes menyebabkan kandungan bahan organik dan kandungan nutrien (fosforus, kalium dan magnesium) dalam tanah menjadi rendah (Brooks 1987). Makanan merupakan tapak jalan utama kemasukan logam berat ke dalam badan manusia dan haiwan. Pengumpulan logam berat yang tinggi dalam tumbuhan makanan membawa kesan negatif terhadap kesihatan manusia dan haiwan yang memakan tumbuhan tersebut. Kajian terdahulu di kawasan Selaru dan Felda Rokan Barat, Negeri Sembilan (Sahibin et al. 2008; 2009) menunjukkan bahawa substrat tanah ultrabes mengandungi kepekatan logam berat yang tinggi dengan tertib kepekatan logam berat iaitu $Fe > Cr > Ni > Mn > Co$. Unsur Co, Cr, Fe dan Ni kaya dalam tanah ultrabes berbanding dengan batuan jenis lain (Brooks 1987).

Kertas ini membincangkan kajian yang telah dilakukan bagi menentukan kepekatan logam berat di dalam substrat tanah ultrabes dan empat bahagian (akar, batang, daun, buah, rizom) tumbuhan makanan penyedap rasa iaitu cili (*Capsicum* spp.), pandan (*Pandanus amaryllifolius*), serai (*Cymbopogon* spp.) dan kunyit (*Curcuma* spp.) di Felda Rokan Barat (FRB), Negeri Sembilan. Tumbuhan makanan ini dipilih kerana ia merupakan tumbuhan penyedap rasa yang biasa digunakan dalam masakan harian penduduk Malaysia.

BAHAN DAN KAEDAH

KAWASAN KAJIAN

Kawasan kajian terletak di Felda Rokan Barat (FRB), Negeri Sembilan iaitu pada kedudukan garis bujur $02^{\circ}40'27.2''$ N ke $02^{\circ}40'48.8''$ N dan garis lintang $102^{\circ}22'76.8''$ E ke $102^{\circ}22'99.6''$ E (Rajah 1).

SAMPEL TUMBUHAN DAN TANIH

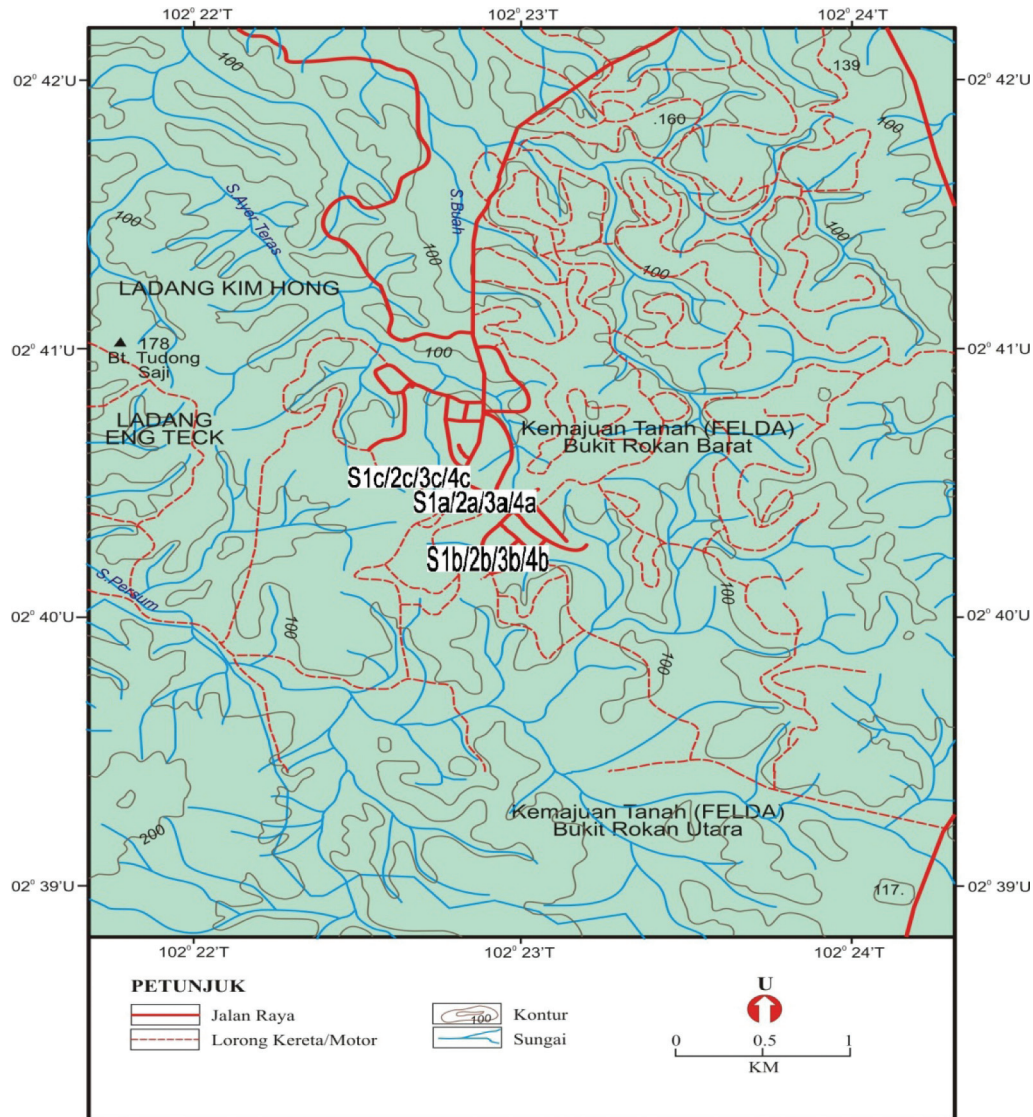
Sebanyak lima sampel replikasi iaitu masing-masing bagi cili (*Capsicum* spp.), pandan (*Pandanus amaryllifolius*), serai (*Cymbopogon* spp.) dan kunyit (*Curcuma* spp.) telah dikutip secara rawak di kawasan Felda Rokan Barat (FRB), Negeri Sembilan. Setiap bahagian tumbuhan iaitu cili (akar, batang, daun, buah), pandan (akar, daun), serai (akar, batang, daun) dan kunyit (akar, batang, daun, rizom) digunting dengan gunting plastik sehingga kecil. Sampel ini dikeringkan di dalam oven pada suhu 80°C sehingga mencapai berat yang tetap sebelum digunakan untuk penentuan kandungan logam berat. Sampel tanah untuk analisis logam berat diambil daripada tempat yang sama dengan sampel tumbuhan. Sampel tanah diambil menggunakan skop plastik dan dimasukkan ke dalam beg plastik berlabel untuk analisis makmal. Sampel tanah untuk analisis kandungan logam berat dikeringkan pada suhu bilik, selepas itu dihancurkan menggunakan penumbuk agat sehingga mendapat saiz kurang daripada $63\ \mu\text{m}$. Sampel ini sedia untuk penentuan logam berat.

PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT DALAM TANIH FRAKSI TERSEDIA

Sebanyak 5 g tanah kering udara $<63\ \mu\text{m}$ ditimbang dan dimasukkan ke dalam botol Kartel dan 100 mL pengekstrak ammonium asetat-asid asetik 1M ditambahkan ke dalamnya. Botol Kartel ditutup dan digoncang di atas alat penggoncang selama $1\ \frac{1}{2}$ jam pada kelajuan 150 rpm. Selepas itu sampel diletakkan di dalam kukus air pada suhu 70°C selama 30 min. Sampel dipindahkan ke dalam tiub pengempar dan diempar pada kelajuan 1,500 rpm selama 30 min. Sampel kemudiannya dituras dengan kertas turas $0.45\ \mu\text{m}$. Kandungan logam-logam berat dalam larutan pada fraksi ini ditentukan dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom Kaedah Nyalaan (FAAS).

FRAKSI TIDAK TERSEDIA

Sampel tanah daripada penentuan fraksi tersedia digunakan semula. Sampel tanah daripada tiub pengempar dipindahkan ke dalam botol Kartel dan 50 mL air suling ditambahkan ke dalamnya. Botol Kartel ditutup dan digoncangkan di atas mesin penggoncang selama $1\ \frac{1}{2}$ jam. Larutan sampel dipindahkan ke dalam tiub pengempar dan diempar pada kelajuan 1,500 rpm selama 30 min. Apabila proses pengemparan selesai, air suling dituang keluar. Proses ini dilakukan untuk mencuci bahan kimia yang digunakan



RAJAH 1. Peta topografi kawasan kajian di FELDA Rokan Barat (FRB), Negeri Sembilan

pada fraksi tersedia. Selepas proses pencucian selesai, sampel tanah dipindahkan ke dalam bikar PTFE 50 mL yang tahan suhu tinggi dan diletakkan di atas kukus pasir. Sebanyak 25 mL asid nitrik ditambah dalam PTFE dan dipanaskan pada kukus pasir pada suhu 90-100°C selama 2 jam. Apabila hampir kering, 10 mL asid perklorik ditambah dan dihadam selama 2 jam lagi. Sampel tanah dipindahkan ke dalam tiub pengempar dan diempar pada kelajuan 1,500 rpm selama 30 min. Larutan sampel yang telah diempar dituras menggunakan kertas turas 0.45 μm . Kandungan logam-logam berat pada fraksi ini ditentukan dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom Kaedah Nyalaan (FAAS).

PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT DALAM TUMBUHAN

Pengekstrakan logam berat dalam tumbuhan cili (*Capsicum* spp.) (akar, batang, daun, buah), pandan (*Pandanus amaryllifolius*) (akar, daun), serai (*Cymbopogon* spp.)

iaitu (akar, batang, daun) dan kunyit (*Curcuma* spp.) (akar, batang, daun, rizom) dilakukan secara penghadaman basah menurut kaedah AOAC (1984). Lebih kurang 1.3-1.5 g sampel tumbuhan setiap bahagian yang telah diserbukkan ditimbang dan dimasukkan ke dalam kelalang kon kemudian ditambahkan dengan 15 mL 69% asid nitrik pekat. Campuran asid dan sampel tumbuhan dipanaskan di atas kukus pasir pada suhu antara 90-100°C sehingga semua wasap perang asid nitrik tersejat. Selepas itu, 5 mL 60% asid perklorik ditambahkan dan pemanasan sampel larutan diteruskan sehingga warna kuning kelihatan. Setelah larutan sampel sejuk pada suhu bilik larutan dituras dengan kertas turas (Whatman No. 6) ke dalam kelalang kon. Selepas itu larutan tersebut dituras sekali lagi dengan menggunakan kertas turas 0.45 μm ke dalam botol ubat 100 mL. Hasil turasan dicairkan sehingga 50 mL dengan air suling dan analisis logam-logam berat dijalankan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom Kaedah Nyalaan (FAAS).

HASIL DAN PERBINCANGAN

KANDUNGAN LOGAM BERAT JUMLAH DALAM TANIH

Tertib kehadiran logam berat jumlah dalam substrat tumbuhan ditunjukkan dalam Jadual 1, manakala nilai purata kandungan logam berat jumlah dalam substrat tumbuhan ditunjukkan dalam Jadual 2. Tertib kehadiran logam berat secara purata dalam semua substrat tumbuhan adalah Fe > Mn > Ni > Cr > Zn > Co > Cu > Pb > Cd. Substrat cili dan kunyit mempunyai tertib kehadiran logam berat yang sama. Secara umumnya, kepekatan Ni, Co, Cr, Mn, Cu, Fe dan Cd menunjukkan kepekatan yang tinggi di dalam substrat tanah ultrabes. Menurut Roberts dan Proctor (1992), serpentinit mengandungi kepekatan logam berat (Ni, Co, Cr, Mg dan Fe) yang tinggi.

JADUAL 1. Tertib kepekatan logam berat jumlah dalam substrat tumbuhan terpilih

Tumbuhan	Tertib kehadiran logam berat
Cili	Fe > Mn > Ni > Cr > Zn > Cu > Co > Pb > Cd
Kunyit	Fe > Mn > Ni > Cr > Zn > Cu > Co > Pb > Cd
Pandan	Fe > Mn > Cr > Ni > Co > Zn > Cu > Pb > Cd
Serai	Fe > Mn > Ni > Cr > Co > Pb > Zn > Cu > Cd

Antara sembilan jenis logam berat yang dikaji, kepekatan Fe paling tinggi. Logam Fe merupakan logam yang kedua paling banyak wujud dalam kerak bumi (Liptort 1980). Berdasarkan Jadual 2, nilai kritikal kepekatan logam berat dalam tanah dan tumbuhan daripada Kabata-Pendias dan Pendias (2001), didapati nilai purata kepekatan Ni, Co, Cr dan Cd bagi keempat-empat substrat tumbuhan telah melebihi kepekatan nilai kritikal, manakala bagi logam Cu dan Zn, kepekatan purata substrat berada di dalam sela kepekatan nilai kritikal.

Nilai purata kepekatan Pb pula masih di bawah aras kritikal dalam tanah. Antara keempat-empat substrat tumbuhan, substrat cili mengandungi logam Fe dan Cr dalam kepekatan yang paling banyak berbanding substrat tumbuhan lain, manakala substrat kunyit mengandungi Cd dan Zn dalam kepekatan yang paling banyak. Substrat serai pula mengandungi Ni, Co, Pb, Cu dan Mn dalam jumlah kepekatan yang paling tinggi berbanding tumbuhan terpilih yang lain.

Kajian lepas oleh Sahibin et al. (2009), menunjukkan kandungan purata kepekatan Ni dan Co dalam tanah di Felda Rokan Barat berada dalam julat yang sama, kandungan logam Cr lebih tinggi, manakala kandungan logam Fe, Mn dan Co adalah lebih rendah. Perubahan ini berlaku mungkin disebabkan oleh luluhawa berterusan di masa sebahagian logam berat akan mengalami larut lesap dan sebahagian lagi mengalami pemendakan. Menurut Brooks (1987), unsur bagi Co, Cr, Fe dan Ni adalah kaya dalam tanah ultrabes berbanding dengan batuan jenis lain.

Kandungan purata Fe bagi keempat-empat substrat tumbuhan adalah 4132.3 mg/kg. Secara puratanya, kepekatan Fe adalah yang tertinggi berbanding dengan logam lain dalam semua substrat tumbuhan. Logam Fe merupakan unsur yang sangat umum dan mempunyai kekayaan tertinggi di daratan. Kepekatan logam berat yang kedua paling tinggi adalah Mn dengan purata keseluruhan 679.9 mg/kg. Menurut McKenzie (1980), Mn wujud sebagai oksida dan hidroksida serta menyelaputi partikel tanah lain ataupun membentuk nodul-nodul. Bentuk-bentuk Mn ini mempunyai kapasiti serapan yang tinggi khasnya logam-logam seperti Co, Fe, Mo, Ni dan Zn. Mn boleh tertumpuk di banyak horizon tanah tetapi paling banyak ditumpukan pada permukaan tanah dan tanah yang kaya dengan ferum oksida atau hidroksida. Ini disebabkan terdapat kation dwivalen (Fe^{2+} dan Mg^{2+}) yang mudah ditukarganti oleh kation Mn.

JADUAL 2. Nilai purata kandungan logam berat jumlah dalam substrat tumbuhan (mg/kg)

Substrat Tumbuhan	Fe	Mn	Ni	Cr	Zn	Pb	Co	Cu	Cd
Cili	4248.0	653.3	475.0	438.7	97.1	20.7	72.7	78.6	7.2
(±SP)	69.9	174.0	154.7	89.3	41.6	6.0	52.0	41.3	3.7
Kunyit	4160.9	694.8	485.1	392.9	144.0	37.3	68.3	76.8	10.6
(±SP)	302.1	56.4	495.0	100.6	10.2	12.1	70.2	17.6	0.4
Pandan	3954.6	617.7	310.8	365.3	81.9	14.9	89.8	76.1	7.3
(±SP)	334.7	237.4	317.2	118.3	29.0	1.9	112.9	11.2	1.1
Serai	4165.8	741.9	545.6	400.6	102.9	116.8	126.1	81.7	9.2
(±SP)	472.4	64.6	597.2	119.1	49.1	168.0	147.6	19.8	1.4
Purata	4132.3	676.9	454.1	399.4	106.5	47.4	89.2	78.3	8.6
(±SP)	125.0	53.6	100.5	30.3	26.5	47.2	26.3	2.5	1.6
*Kepekatan kritikal	-	-	100	75-100	70-400	100-400	25-50	60-125	3-8

*Kabata Pendias dan Pendias (2001)

Logam Mn juga banyak didapati dalam tanah yang mempunyai kekayaan Fe yang tinggi dan di kawasan tanah beriklim arid atau semi-arid (Kabata-Pendias & Pendias 2001). Purata kepekatan kandungan Ni dan Cr adalah hampir sama dengan nilai masing-masing 454.1 mg/kg dan 399.4 mg/kg. Kepekatan logam Ni dan Cr tinggi dalam batuan seperti ini (Brooks 1987). Kandungan logam hidroksida dan oksida, khususnya daripada kumpulan Fe turut meningkatkan kepekatan Ni dalam tanah. Mn oksida juga berkecenderungan mengikat Ni (Kabata-Pendias & Pendias 2001). Kandungan Cr juga meningkat dalam tanah yang mempunyai kandungan bahan organik yang tinggi (Aubert & Pinta 1977).

Logam Co lazimnya berasosiasi dengan mineral Fe, menyebabkan kandungannya dalam tanah ultrabes turut tinggi. Nilai purata Cu bagi keempat-empat substrat tumbuhan adalah 78.3 mg/kg. Ujian korelasi menunjukkan Cu mempunyai hubungan signifikan positif dengan Mn ($p < 0.05$, $r = 0.636$). Ikatan kuat antara Cu dalam tanah biasanya dengan tapak-tapak organik dan inorganik serta membentuk kompleks dengan bahan organik menimbulkan masalah ketersediaan Cu terhadap tumbuhan (Mengel & Kirkby 1978). Kandungan Cd bagi keempat-empat substrat tumbuhan turut tinggi berbanding kandungan normal dalam tanah. Kandungan Pb pula berada di dalam sela kepekatan normal dalam tanah.

KANDUNGAN LOGAM BERAT TERSEDIA DALAM TANAH

Kandungan logam berat tersedia dalam tanah merujuk kepada kandungan kepekatan logam berat yang tersedia dibekalkan kepada tumbuhan. Tertib kepekatan kandungan logam berat tersedia dalam substrat tumbuhan terpilih ditunjukkan dalam Jadual 3, manakala nilai purata kandungan logam berat tersedia dalam substrat tumbuhan ditunjukkan dalam Jadual 4. Tertib kehadiran logam berat tersedia secara purata dalam semua substrat tumbuhan adalah $Fe > Mn > Ni > Cr > Zn > Co > Cu > Pb > Cd$. Kepekatan Co dan Cr tersedia (substrat cili dan kunyit) serta Cd (substrat pandan) adalah di bawah had pengesanan.

Secara umumnya, kebolehdapatan logam Co, Cu, Cd dan Cr adalah di bawah aras 1% kecuali bagi substrat pandan, manakala purata peratusan Ni dan Fe yang tersedia diambil oleh tumbuhan adalah kurang daripada 3%. Logam berat yang paling tinggi purata peratusan tersedianya ialah Mn (10.80%) diikuti oleh Pb (10.43%) dan Zn (8.55%). Walaupun kandungan logam berat dalam substrat adalah tinggi tetapi jumlah yang tersedia untuk diambil oleh tumbuhan adalah rendah, menunjukkan logam-logam berat ini terikat dengan kuat di dalam tanah.

JADUAL 3. Tertib kepekatan kandungan tersedia logam dalam substrat tumbuhan

Tumbuhan	Tertib kehadiran logam berat
Cili	$Fe > Mn > Zn > Ni > Pb > Cu > Cd > Co^* = Cr^*$
Kunyit	$Fe > Mn > Zn > Ni > Pb > Cu > Cd > Co^* = Cr^*$
Pandan	$Mn > Fe > Ni > Zn > Cr > Pb > Cu > Co > Cd^*$
Serai	$Fe > Mn > Ni > Cr > Co > Pb > Zn > Cu > Cd$

* = Di bawah had pengesanan

JADUAL 4. Nilai purata kandungan logam berat tersedia dalam substrat tumbuhan (mg/kg)

Tumbuhan		Ni	Co	Cr	Mn	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd
Cili	FRB	7.71	ND	2.14	67.15	0.98	123.99	1.64	10.06	0.16
	(\pm SP)	2.66	ND	3.70	33.33	1.09	163.56	1.06	11.58	0.28
	% Tersedia	1.62	0	0.49	10.28	1.25	3.04	7.91	10.36	2.21
Kunyit	FRB	6.19	ND	ND	61.63	0.72	167.66	3.86	15.56	0.16
	(\pm SP)	2.38	ND	ND	22.99	1.24	140.54	2.36	9.24	0.28
	% Tersedia	1.28	0	0	8.87	0.94	4.03	10.35	10.81	1.52
Pandan	FRB	11.96	1.64	3.16	96.86	0.64	53.17	1.12	6.11	ND
	(\pm SP)	11.93	2.84	1.85	61.30	1.11	33.49	0.55	5.01	ND
	% Tersedia	3.85	1.83	0.87	15.68	0.84	1.34	7.51	7.45	0
Serai	FRB	7.33	ND	3.20	62.08	0.62	77.08	27.51	5.73	ND
	(\pm SP)	5.30	ND	2.56	19.12	0.60	84.78	45.41	5.25	ND
	% Tersedia	1.34	0	0.80	8.37	0.76	1.85	23.56	5.57	0
Purata	FRB	8.30	0.41	1.33	71.93	0.73	106.10	8.53	9.37	0.08
	% Tersedia	2.02	0.46	0.54	10.80	0.95	2.57	10.43	8.55	0.93

* ND = Di bawah had pengesanan

KANDUNGAN LOGAM BERAT DALAM BAHAGIAN (DAUN, BATANG, AKAR, BUAH, RIZOM) TUMBUHAN

Penyerapan logam oleh tumbuhan dipengaruhi oleh faktor tanah dan sifat fisiologi tumbuhan (McKone 1994). Secara puratanya, kepekatan Fe, Mn, Ni dan Zn menunjukkan purata kepekatan yang tinggi dalam bahagian tumbuhan yang dikaji berbanding dengan logam lain. Menurut Johnston dan Proctor (1997), Fe merupakan unsur yang mudah larut, jadi tumbuhan cenderung menyerap Fe dalam kuantiti yang tinggi.

Berdasarkan kriteria yang diberikan oleh Kabata-Pendias dan Pendias (2001), didapati purata Ni dalam semua bahagian cili terletak dalam julat kepekatan kritikal iaitu 10-100 mg/kg. Kepekatan Co dalam bahagian daun serai dan Cu dalam bahagian daun pandan terletak dalam julat kepekatan kritikal masing-masing iaitu 15-50 mg/kg dan 20-100 mg/kg. Kepekatan Cr dalam cili (bahagian daun dan akar), kunyit (semua bahagian), daun pandan dan daun serai serta kepekatan Mn dalam kunyit (bahagian batang dan akar) dan batang serai terletak dalam julat kepekatan kritikal masing-masing iaitu 5-30 mg/kg dan 300-500 mg/kg. Kepekatan Zn bagi daun serai serta semua bahagian pandan terletak dalam julat kepekatan kritikal iaitu 100-400 mg/kg.

Hasil kajian menunjukkan kebanyakan kandungan logam berat adalah sedikit tinggi dalam bahagian daun berbanding dengan bahagian lain. Menurut Rost et al. (2006), sekiranya kepekatan garam dalam saluran xilem adalah tinggi, kadar penyejatan adalah tinggi dan pertumbuhan daun baru adalah lambat dan kemungkinan

garam dirembes pada permukaan daun sebagai hablur. Proses perembesan ini berlaku daripada trichomes dengan kelenjar garam yang giat mengumpul dan merembeskan garam-garam.

CILI (*CAPSICUM* spp.)

Secara keseluruhannya, tertib purata kepekatan logam berat dalam cili adalah $Fe > Mn > Ni > Zn > Cu > Cr > Pb > Cd > Co$ (Jadual 5). Logam Fe menunjukkan nilai purata yang tertinggi dalam semua bahagian tumbuhan. Menurut Chaney et al. (1972), Fe adalah ion yang mudah larut, jadi tumbuhan boleh mengambil Fe dalam kuantiti yang banyak. Empat logam yang tertinggi dalam keempat-empat bahagian cili mempunyai tertib yang sama iaitu $Fe > Mn > Ni > Zn$ kecuali susunan Ni dan Zn dalam bahagian daun terbalik iaitu $Fe > Mn > Zn > Ni$. Tertib kepekatan logam Cr dalam daun adalah lebih tinggi daripada bahagian lain manakala Logam Pb tinggi dalam bahagian buah.

Nilai purata kepekatan logam berat dalam bahagian cili ditunjukkan dalam Jadual 6. Logam Co, Pb dan Cd menunjukkan kepekatan hampir sekata di semua bahagian tumbuhan. Fe menunjukkan purata kepekatan tertinggi pada bahagian daun, batang, akar dan buah, dengan nilai 1823.62 mg/kg, 374.68 mg/kg, 888.65 mg/kg dan 53.38 mg/kg masing-masing. Berdasarkan Bowen (1979) purata kepekatan Cd dan Co berada di atas sela normal di dalam tumbuhan, manakala Ni dan Cr berada dalam sela kepekatan kritikal dalam tumbuhan. Kepekatan kritikal dalam tumbuhan adalah aras kepekatan di mana

JADUAL 5. Tertib kehadiran logam berat dalam bahagian cili

Bahagian Tumbuhan	Tertib kehadiran logam berat
Akar	$Fe > Mn > Ni > Zn > Cu > Cr > Pb > Cd > Co$
Batang	$Fe > Mn > Ni > Zn > Cu > Pb > Cd > Co > Cr^*$
Daun	$Fe > Mn > Zn > Ni > Cr > Cu > Pb > Co > Cd$
Buah	$Fe > Mn > Ni > Zn > Pb > Cu > Cd > Co^* = Cr^*$
Purata	$Fe > Mn > Ni > Zn > Cu > Cr > Pb > Cd > Co$

* = Di bawah had pengesanan

JADUAL 6. Kandungan logam berat dalam bahagian (akar, batang, daun dan buah) cili (mg/kg)

Bahagian Tumbuhan	Ni	Co	Cr	Mn	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd
Daun	26.28	1.90	23.11	81.02	19.18	1823.62	5.80	26.58	1.60
Batang	14.20	1.53	0.00	48.17	5.35	374.68	4.90	9.43	3.40
Akar	42.52	3.15	14.29	173.10	16.48	888.65	6.10	36.23	3.37
Buah	10.47	0.00	0.00	15.30	3.77	53.38	3.90	6.22	2.14
Purata	23.37	1.65	9.35	79.40	11.19	785.08	5.18	19.62	2.63
*Sela Normal	0.02-5	0.02-1	0.03-14	20-1000	5-20	-	0.2-20	1-400	0.1-2.4
**Sela kritikal	10-100	15-50	5-30	300-500	20-100	-	30-300	100-400	5-30

*Bowen (1979); **Kabata-Pendias & Pendias (2001)

ketoksikan dijangka berlaku dan boleh menurunkan hasil pertanian sebanyak 10% (McNichol & Beckett 1985). Secara umumnya kepekatan logam berat dalam bahagian yang boleh dimakan (buah cili) adalah rendah, kecuali bagi logam Ni yang termasuk dalam sela aras kandungan kritikal.

Ujian ANOVA menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan ($p < 0.05$) dalam kandungan Fe (daun, buah) dan Zn (batang, akar, buah). Ini menunjukkan penumpukan logam ini adalah tidak sekata dalam ke empat bahagian tumbuhan. Semua logam berat menunjukkan kepekatan tinggi pada bahagian daun dan akar. Akar tumbuhan lazimnya akan menyimpan lebih banyak Zn berbanding dengan bahagian tumbuhan lain (Kabata-Pendias & Pendias 2001). Logam Fe merupakan mikronutrien yang diperlukan oleh tumbuhan dalam jumlah yang tinggi berbanding dengan logam lain (Hopkins 1999). Selain itu, ia merupakan unsur yang mudah larut, maka ia cenderung untuk diserap oleh tumbuhan dalam kuantiti yang banyak (Johnston & Proctor 1977).

Nilai BAC tumbuhan cili (Jadual 7), menunjukkan pengambilan Cd adalah paling tinggi dalam bahagian akar, batang dan buah berbanding logam lain dengan nilai BAC masing-masing sebanyak 0.47, 0.47 dan 0.30. Sementara itu BAC logam Pb tinggi pada bahagian akar dan daun iaitu masing-masing sebanyak 0.29 dan 0.28. Secara umumnya nilai BAC logam-logam berat dalam semua bahagian tumbuhan adalah rendah yang mana menunjukkan logam berat tidak ditumpukan dalam cili. Koefisien penyerapan logam berat oleh cili dikategorikan sebagai lemah (0.01-0.1) untuk Ni, Co dan Cr atau normal (0.1-10) bagi logam berat Mn, Cu, Fe, Pb, Zn dan Cd.

KUNYIT (*CURCUMA DOMESTICA* spp.)

Secara keseluruhannya, tertib purata kepekatan logam berat dalam kunyit adalah $Fe > Mn > Zn > Ni > Cr > Cu > Cd > Pb > Co$ (Jadual 8). Data menunjukkan logam Mn mempunyai nilai purata yang tertinggi dalam bahagian batang kunyit manakala Fe menunjukkan tertib kepekatan yang tertinggi bagi bahagian tumbuhan lain. Kebolehan akar tumbuhan menurunkan Fe^{3+} ke Fe^{2+} menjadikan kation ini banyak diserap oleh kebanyakan tumbuhan (Chaney et al. 1972). Tertib kandungan Zn dan Ni dalam semua bahagian tumbuhan adalah sama kecuali terbalik dalam bahagian akar kunyit. Kepekatan Cd dalam bahagian daun adalah lebih rendah.

Nilai purata kepekatan logam berat dalam bahagian kunyit ditunjukkan dalam Jadual 9. Fe menunjukkan purata kepekatan tertinggi pada bahagian daun, akar dan buah, dengan nilai 2193.55 mg/kg, 580.73 mg/kg dan 1393.55 mg/kg masing-masing manakala Mn menunjukkan purata kepekatan tertinggi dalam bahagian batang dengan nilai 445.07 mg/kg. Kepekatan Ni dan Cr termasuk dalam sela kritikal untuk tumbuhan, manakala kandungan logam berat yang lain adalah di dalam sela normal. Penumpukan logam berat ini adalah tinggi pada bahagian daun. Semua bahagian tumbuhan mempunyai kepekatan dalam sela kritikal bagi logam berat Ni dan Cr.

Ujian ANOVA menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan ($p < 0.05$) dalam kandungan Fe, Cr dan Cu pada semua bahagian tumbuhan. Ini bermaksud penumpukan Fe, Cr dan Cu adalah tidak sekata dalam ke empat-empat bahagian tumbuhan. Pengambilan Co, Cr dan Fe dalam tumbuhan mempunyai korelasi positif yang signifikan dengan jumlah Co ($p < 0.05$, $r = 0.843$), Cr ($p < 0.05$, $r = 0.893$) dan Fe dalam tanah ($p < 0.05$, $r = 0.930$). Data

JADUAL 7. Purata koefisien penyerapan biologi (BAC) dalam bahagian (akar, batang, daun dan buah) cili (mg/kg)

Bahagian Tumbuhan	Ni	Co	Cr	Mn	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd
Akar	0.09	0.04	0.03	0.26	0.21	0.21	0.29	0.37	0.47
Batang	0.03	0.02	0.00	0.07	0.07	0.09	0.24	0.10	0.47
Daun	0.06	0.03	0.05	0.12	0.24	0.43	0.28	0.27	0.22
Buah	0.02	0.00	0.00	0.02	0.05	0.01	0.19	0.06	0.30
Purata	0.05	0.02	0.02	0.12	0.14	0.18	0.25	0.20	0.36

JADUAL 8. Tertib kehadiran logam berat dalam bahagian kunyit

Bahagian Tumbuhan	Tertib kehadiran logam berat
Akar	$Fe > Mn > Ni > Zn > Cr > Cu > Cd > Pb > Co^*$
Batang	$Mn > Fe > Zn > Ni > Cr > Cd > Cu > Pb > Co^*$
Daun	$Fe > Mn > Zn > Ni > Cr > Cu > Co > Pb > Cd$
Rizom	$Fe > Mn > Zn > Ni > Cr > Cd > Cu > Pb > Co^*$
Purata	$Fe > Mn > Zn > Ni > Cr > Cu > Cd > Pb > Co$

* = Di bawah had pengesanan

JADUAL 9. Kandungan logam berat dalam bahagian (akar, batang, daun dan rizom) kunyit (mg/kg)

Bahagian Tumbuhan	Ni	Co	Cr	Mn	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd
Daun	65.73	8.08	40.37	264.05	18.85	2193.55	5.6	65.77	4.77
Batang	19.72	0	6.05	445.07	3.67	278.76	3.27	77.55	4.02
Akar	21.7	0	6.87	351.77	4.4	580.73	3.98	18.47	4.22
Rizom	25.09	0	15.77	84.05	4.05	1393.55	2.82	39.55	4.09
Purata	33.06	8.08	17.27	286.23	7.74	1111.65	3.92	50.33	4.27
*Sela Normal	0.02-5	0.02-1	0.03-14	20-1000	5-20	-	0.2-20	1-400	0.1-2.4
**Sela kritikal	10-100	15-50	5-30	300-500	20-100	-	30-300	100-400	5-30

*Bowen (1979); **Kabata-Pendias & Pendias (2001)

menunjukkan kandungan Fe pada bahagian batang paling rendah berbanding dengan bahagian lain. Keadaan ini disebabkan bahagian batang merupakan bahagian yang giat tumbuh dan semakin memanjang, yang menyebabkan kepekatan Fe dalam batang berkurangan.

Pengumpulan logam berat BAC dalam tumbuhan kunyit ditunjukkan dalam Jadual 10. Secara keseluruhannya, pengambilan Cd paling tinggi dalam bahagian akar dan buah berbanding logam lain dengan mencatatkan nilai purata BAC masing-masing sebanyak 0.40 dan 0.39. Manakala purata BAC logam Zn (0.46) dan Mn (0.64) adalah tertinggi dalam bahagian daun dan batang. Walau bagaimanapun, penyerapan logam berat oleh kunyit adalah lemah (0.01-0.1) atau normal (0.1-10).

PANDAN (*PANDANUS AMARYLLIFOLIUS*)

Secara keseluruhannya, tertib purata kepekatan logam berat dalam pandan adalah Fe > Mn > Ni > Cu > Zn > Cr > Cd > Co > Pb (Jadual 11). Data menunjukkan logam Fe mempunyai nilai purata yang tertinggi dalam semua

bahagian pandan. Tertib kehadiran logam berat dalam bahagian akar dan daun adalah sedikit berbeza iaitu Fe > Mn > Ni > Zn > Cu > Cd > Pb > Cr > Co* dan Fe > Mn > Ni > Cu > Zn > Cr > Cd > Co > Pb masing-masing. Logam Co dalam akar tidak dapat dikesan.

Nilai purata kepekatan logam berat dalam bahagian pandan ditunjukkan dalam Jadual 12. Pada bahagian daun dan akar, Fe menunjukkan purata kepekatan tertinggi dengan nilai masing-masing 1428 mg/kg dan 291.28 mg/kg. Kandungan logam Ni dan Cr berada di dalam sela kritikal di dalam tumbuhan.

Ujian ANOVA menunjukkan tidak terdapat perbezaan yang signifikan ($p > 0.05$) bagi kandungan Cd, Ni, Mn dan Pb di antara semua bahagian tumbuhan. Ini menunjukkan penumpukan logam adalah sekata dalam daun dan akar tumbuhan. Pengambilan logam berat oleh tumbuhan bukan sahaja ditentukan oleh kepekatan logam berat dalam tanah malah ia juga dipengaruhi oleh faktor pH tanah, bahan organik, kandungan lempung dan pembajaan (Fytianos et al. 2001). Kajian Peralta-Videa et al. (2002)

JADUAL 10. Purata koefisien penyerapan biologi (BAC) dalam bahagian (akar, batang, daun dan rizom) kunyit (mg/kg)

Bahagian	Ni	Co	Cr	Mn	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd
Akar	0.04	0.00	0.02	0.51	0.06	0.14	0.11	0.13	0.40
Batang	0.04	0.00	0.02	0.64	0.05	0.07	0.09	0.54	0.38
Daun	0.14	0.12	0.10	0.38	0.25	0.53	0.15	0.46	0.45
Rizom	0.05	0.00	0.04	0.12	0.05	0.33	0.08	0.27	0.39
Purata	0.07	0.03	0.04	0.41	0.10	0.27	0.11	0.35	0.41

JADUAL 11. Tertib kehadiran logam berat dalam bahagian pandan

Bahagian tumbuhan	Tertib kehadiran logam berat
Akar	Fe > Mn > Ni > Zn > Cu > Cd > Pb > Cr > Co*
Daun	Fe > Mn > Ni > Cu > Zn > Cr > Cd > Co > Pb
Purata	Fe > Mn > Ni > Cu > Zn > Cr > Cd > Co > Pb

* = Di bawah had pengesanan

JADUAL 12. Kandungan logam berat dalam bahagian (akar, batang dan daun) pandan (mg/kg)

Bahagian	Ni	Co	Cr	Mn	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd
Daun	37.8	8.2	21.5	116.2	20.2	1428.0	1.7	16.1	4.5
Akar	24.7	0.0	1.3	164.1	7.4	291.3	3.1	9.1	4.7
Purata	31.3	4.1	11.4	140.2	13.8	859.6	2.4	12.6	4.6

menunjukkan bahawa kepekatan logam dalam tisu tumbuhan sangat dipengaruhi oleh kepekatannya dalam tanah dan pH tanah. Apabila Ni berada dalam fasa larut, ia tersedia diserap oleh akar. Ni adalah sentiasa tersedia dan kerap diambil oleh tumbuhan serta tertumpuk dalam tisu tumbuhan sehingga mencapai tahap tertentu. Ini dapat disokong bahawa Ni dalam tumbuhan mempunyai korelasi signifikan positif dengan jumlah Ni dalam tanah dan Ni tersedia dalam tanah ($p < 0.05$, $r = 0.936$) di mana kandungan Zn dalam tumbuhan adalah berkadar langsung dengan keterlarutan Ni dalam tanah.

Nilai BAC dalam tumbuhan pandan ditunjukkan dalam Jadual 13. Secara keseluruhannya, pengambilan Cd adalah paling tinggi dalam bahagian akar dan daun berbanding dengan logam lain dengan mencatatkan nilai purata BAC sebanyak 0.65 dan 0.61 masing-masing. Walau bagaimanapun, penyerapan logam berat oleh pandan dalam tiga kategori iaitu lemah (0.01-0.1) bagi Ni, Co dan Cr serta normal (0.1-10) bagi Mn, Fe, Cu, Pb, Zn dan Cd. Walau bagaimanapun, nilai BAC bagi pandan adalah tidak melebihi 1.17. Jadi, boleh disimpulkan bahawa penyerapan logam berat oleh tumbuhan adalah rendah walaupun kepekatan logam berat tinggi dalam tanah.

SERAI (*CYMBOPOGON* spp.)

Tertib purata kepekatan logam berat dalam serai adalah $Fe > Mn > Zn > Ni > Cr > Co > Pb > Cu > Cd$ (Jadual 14). Data menunjukkan logam Fe mempunyai nilai purata yang tertinggi dalam bahagian akar dan daun manakala purata logam Mn tertinggi dalam bahagian batang. Tertib

kehadiran logam berat dalam bahagian daun adalah sama dengan purata keseluruhannya manakala urutan tertib bagi logam Zn dan Ni serta Pb dan Cd saling terbalik dalam bahagian batang dan akar.

Nilai purata kepekatan logam berat dalam bahagian serai ditunjukkan dalam Jadual 15. Secara umumnya logam-logam berat banyak tertumpuk dalam daun serai, dengan kepekatan sekurang-kurangnya dua kali ganda berbanding bahagian lain kecuali bagi logam Mn dan Cd. Pada bahagian daun dan akar, Fe menunjukkan purata kepekatan tertinggi dengan nilai 1678 mg/kg dan 108.4 mg/kg masing-masing, manakala Mn menunjukkan purata kepekatan tertinggi dalam bahagian batang dengan nilai 334.7 mg/kg. Purata kepekatan Ni (53.86 mg/kg), Cr (10.74 mg/kg) dan Zn (118.9 mg/kg) termasuk dalam sela aras kepekatan kritikal dalam tumbuhan. Walau bagaimanapun bahagian batang yang selalu digunakan sebagai bahan penyedap rasa dalam masakan mempunyai kandungan logam berat di bawah aras kritikal dalam tumbuhan kecuali bagi logam Mn.

Ujian ANOVA menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan ($p < 0.05$) dalam kandungan Fe (daun, batang, akar) dan Zn (daun, akar) di antara bahagian tumbuhan. Ini bermakna penumpukan Fe dan Zn adalah tidak sekata dalam tiga bahagian tumbuhan. Unsur Mn merupakan logam yang mempunyai mobiliti yang tinggi dan diambil dalam bentuk ionik daripada larutan tanah. Menurut Kabata-pendias dan Pendias (2001), Mn senang diambil oleh tumbuhan dan ditranslokasi ke bahagian-bahagian tumbuhan lain. Mn juga cenderung larut dalam keadaan

JADUAL 13. Purata koefisien penyerapan biologi (BAC) dalam bahagian (akar dan daun) pandan (mg/kg)

Bahagian Tumbuhan	Ni	Co	Cr	Mn	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd
Akar	0.08	0.00	0.00	0.27	0.10	0.07	0.21	0.11	0.65
Daun	0.12	0.09	0.06	0.19	0.27	0.36	0.11	0.20	0.61
Purata	0.10	0.05	0.03	0.23	0.18	0.22	0.16	0.15	0.63

JADUAL 14. Tertib kehadiran logam berat dalam bahagian serai

Bahagian tumbuhan	Tertib kehadiran logam berat
Akar	$Fe > Mn > Ni > Zn > Pb > Cd > Cu > Co^* = Cr^*$
Batang	$Mn > Fe > Zn > Ni > Cd > Pb > Cu > Co^* = Cr^*$
Daun	$Fe > Zn > Mn > Ni > Cr > Co > Pb > Cu > Cd$
Purata	$Fe > Mn > Zn > Ni > Cr > Co > Pb > Cu > Cd$

* = Di bawah had pengesanan

JADUAL 15. Kandungan logam berat dalam bahagian (akar, batang, daun) serai (mg/kg)

Bahagian Tumbuhan	Ni	Co	Cr	Mn	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd
Daun	89.57	23.6	32.22	206.8	8.38	1678	8.45	242.2	4.37
Batang	37.32	0	0	334.7	2.95	99.4	4.18	95.25	4.88
Akar	34.69	0	0	108.4	3.78	169	5.05	19.15	4.36
Purata	53.86	7.87	10.74	216.6	5.04	649	5.9	118.9	4.54

JADUAL 16. Koefisien penyerapan biologi (BAC) dalam bahagian (akar, batang dan daun) serai (mg/kg)

Bahagian Tumbuhan	Ni	Co	Cr	Mn	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd
Daun	0.16	0.19	0.08	0.28	0.10	0.40	0.07	2.35	0.48
Batang	0.07	0.00	0.00	0.45	0.04	0.02	0.04	0.93	0.53
Akar	0.06	0.00	0.00	0.15	0.05	0.04	0.04	0.19	0.47
Purata	0.10	0.06	0.03	0.29	0.06	0.16	0.05	1.15	0.49

berasid. Menurut Kabata-pendias dan Pendias (2001), hubungan antagonisma antara Fe dengan Mn dapat mempengaruhi kepekatan Mn dalam tumbuhan. Selain itu, nisbah Fe:Mn harus dalam julat 1.5 hingga 2.5 untuk menjaga kesihatan tumbuhan. Sekiranya melebihi 2.5, ketoksikan Fe akan muncul dan berlaku kekurangan Mn dalam tumbuhan.

Penyerapan logam berat (BAC) oleh serai tergolong dalam tiga kategori iaitu lemah (0.01-0.1), normal (0.1-10) dan tinggi (1-10). Purata BAC bagi Ni, Co, Cr dan Pb adalah lemah, BAC bagi Mn, Fe dan Cd adalah normal manakala BAC bagi Zn adalah tinggi. Purata BAC yang tinggi bagi Zn disebabkan oleh pengambilan logam yang tinggi pada bahagian daunnya.

KESIMPULAN

Tertib kehadiran logam berat jumlah secara purata dalam semua substrat tumbuhan adalah Fe > Mn > Ni > Cr > Zn > Co > Cu > Pb > Cd. Tertib kehadiran logam berat tersedia secara purata dalam semua substrat tumbuhan adalah Fe > Mn > Zn > Pb > Ni > Cr > Cu > Co > Cd. Tertib peratusan logam berat tersedia secara purata dalam semua substrat tumbuhan adalah Mn > Pb > Zn > Fe > Ni > Cu > Cd > Cr > Co. Tertib kehadiran logam berat secara purata dalam cili adalah Fe > Mn > Ni > Zn > Cu > Cr > Pb > Cd > Co. Tertib kehadiran logam berat secara purata dalam kunyit adalah Fe > Mn > Zn > Ni > Cr > Cu > Cd > Pb > Co. Tertib kehadiran logam berat secara purata dalam serai adalah Fe > Zn > Mn > Ni > Cr > Co > Pb > Cu > Cd. Tertib kehadiran logam berat secara purata dalam pandan adalah Fe > Mn > Ni > Cu > Zn > Cr > Cd > Co > Pb. Nilai BAC logam berat dalam pandan, kunyit dan cili adalah normal, manakala dalam serai nilai BAC juga adalah normal kecuali bagi Zn yang nilai BACnya tinggi. Kandungan logam berat jumlah dalam tanah adalah tinggi bagi Fe, Mn, Ni, Cr. Dari kajian ini didapati walaupun kandungan logam berat di dalam

tanah ultrabes adalah tinggi tetapi penumpukan logam berat dalam tumbuhan adalah normal.

PENGHARGAAN

Kajian ini dijalankan di bawah Projek IRPA 09 02 02 10046 EAR dan Projek UKM-GUP-ASPL-07-06-007. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada MOSTI dan UKM di atas geran penyelidikan tersebut. Terima kasih juga kepada UKM yang telah memberikan kemudahan peralatan dan ruang untuk menjayakan penyelidikan ini.

RUJUKAN

- AOAC. 1984. *Official method of analysis* 14th Ed. William, S. (ed.). Virginia: Association of Official Chemist.,
- Aubert, H. & Pinta, M. 1977. *Trace Elements in Soils*. New York: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Bowen, H.J.M. 1979. *Environmental Chemistry of the elements*. Academic Press, London.
- Brooks, R.R. 1987. *Serpentine and Its Vegetation*. London: Croom Helm Ltd.
- Brearily, F.Q. 2006. Differences in the growth of dectomycorrhizal community of *Drybalanops lanceolata* (Dipterocarpaceae) seedlings grown in ultramafic and non ultramafic soils. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 3407-3410.
- Brooks, R.R. 1987. *Serpentine and its Vegetation*. London: Croom Helm Ltd.
- Brooks, R.R., Reeves, R.D., Baker, A.J.M., Rizzo, J.A. & Ferreira, H.D. 1988. The Brazilian Serpentine Plant Expedition (BRASPEX). *Nation Geographic Research* 6(2): 205-219.
- Chaney, R.L. 1972. Crop and food chain affects toxic elements in sludges and effluents. *Conf. on Recycling Municipal Sludges and Effluents on Land*, ms. 129-143. ttp: National Association of State Universities and Land Grant Colleges.
- Fytianos, K., Katsianis, G., Triantafyllou, P. & Zachariadis, G. 2001. Accumulation of heavy metals in vegetables grown in an industrial area in relation to soil. *Bull Environ. Contam Toxicol.* 67: 423-430.
- Hopkin, W.G. 1999. *Introduction to Plant Physiology*. New York: John Wiley & Sons.

- Johnston, W.R. & Proctor, J. 1997. Metal concentrations in plants and soil from two British serpentine sites. *Plants Soil* 46: 275-286.
- Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. 2001. *Trace Elements in Soils and Plants*. Ed ke-3. Boca Raton: CPC Press.
- Liptort, G.F. 1980. *Kimia Bukan Organic Moden*. London: Heinemann Educational Book (Asia) Ltd. and Mills & Boon Limited.
- Loneragan, J.F. 1981. *Distribution and Movement of Copper in Plants*. New York: Academic Press.
- McKenzie, R.M. 1980. The absorption of lead and other heavy metals on oxides of manganese and iron. *Aust. J. Soil Res.* 18: 16-23.
- McKone, T.E. 1994. Uncertainty and variability in human exposures to soil contaminants through homegrown food: a Monte Carlo assessment. *Risk Anal.* 14(4): 449-463.
- McNichol, R.D. & Beckett, P.H.T. 1985. Critical tissue concentrations of potential toxic elements. *Plant Soil* 85: 107.
- Mengel, K. & Kirkby, E.A. 1978. Copper. In *Principles of Plant Nutrition*, Ch 16, International Potash Institute, Wurblanfen-Bern, 463-74.
- Peralta-Videa, J.R., Gardea-Torresdey, J.L., Gomez, E., Tiemann, K.J., Parsons, J.G. & Carrillo, G. 2002. Effect of mixed cadmium, copper, nickel and zinc different pH upon alfalfa growth and heavy metal uptake. *Environmental Pollution* 119: 291-301.
- Roberts, B.A. & Proctor, J. 1992. *The Ecology of Areas with Serpentinized Rocks*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Rost, T.L., Barbour, M.G., Stocking, C.R. & Murphy, T.M. 2006. *Plant Biology*. Ed. ke-2. Belmont, CA: Thomson/Brooks/Cole.
- Sahibin Abd. Rahim, Tukimat Lihan, Zulfahami Ali Rahman, Wan Mohd. Razi Idris, Barzani Gasim, H.A. Jumaat & H.K. Low. 2008. Pengambilan logam berat oleh Terung Pipit (*Solanum torvum*) dalam tanah ultrabes di Kuala Pilah, Negeri Sembilan. *Sains Malaysiana* 37(4): 323-330.
- Sahibin Abd. Rahim, Wan Mohd. Razi Idris, Zulfahami Ali Rahman, Kadderi Md. Desa, Tukimat Lihan, Azman Hashim, Sharilnizam Yusof & H.K. Low. 2009. Kandungan logam berat terpilih dalam tanah ultrabes dan Mengkudu (*Morinda citrifolia*) dari Kuala Pilah, Negeri Sembilan. *Sains Malaysiana* 38(5): 637-644.

Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600, Bangi, Selangor D.E.
Malaysia

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: haiyan@ukm.my

Diserahkan: 20 September 2010

Diterima: 10 Jun 2011