

Pengambilan Logam Berat oleh Terung Pipit (*Solanum torvum*) dalam Tanah Ultrabases di Kuala Pilah, Negeri Sembilan

(Heavy Metals Uptake by Terung Pipit (*Solanum torvum*) in Ultrabasic Soil at Kuala Pilah, Negeri Sembilan)

A.R. SAHIBIN., I. WAN MOHD. RAZI., A.R. ZULFAHMI., L. TUKIMAT.,
G. MUHD BARZANI., H.A. JUMAAT & H.K. LOW

ABSTRAK

Kajian ini dijalankan di kawasan tanah ultrabases di Selaru dan Felda Rokan Barat, Kuala Pilah, Negeri Sembilan. Sebanyak lapan belas sampel tumbuhan dan substratnya telah diambil bagi menentukan kandungan logam berat Ni, Co, Cr, Mn dan Fe di dalam tanah dan tumbuhan. Tiga bahagian tumbuhan iaitu akar, batang dan daun telah dianalisis secara penghadaman basah manakala tanah pula telah dianalisis kandungan logam berat tersedia dan jumlah dengan kaedah pengekstrakan berjjukan. Kandungan logam berat di dalam larutan ekstrak tanah dan tumbuhan ditentukan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom Nyalaan. Hasil kajian menunjukkan kandungan jumlah logam berat Ni, Cr, Co, Mn and Fe dalam tanah masing-masing adalah 84.13-740.36 mg/kg bagi Ni, 23.51-135.53 mg/kg bagi Co, 188.23-848.92 mg/kg bagi Cr, 245.00-545.33 mg/kg bagi Co dan 1176.77-1243.90 mg/g bagi Fe. Kandungan kebidapatan logam berat dalam tanah adalah 0.09-6.32 mg/kg bagi Ni, 0-0.51 mg/kg bagi Co, 0 mg/kg bagi Cr, 7.78-21.07 mg/kg bagi Mn dan 2.23-4.47 mg/kg bagi Fe. Berdasarkan BAC, Mn dan Fe adalah logam yang banyak dikesan di dalam bahagian tumbuhan berbanding dengan logam lain.

Kata kunci: Logam berat; pengambilan tumbuhan; tanah ultrabases; terung pipit (*Solanum torvum*)

ABSTRACT

This study was carried out at an ultrabasic area, Selaru and Felda Rokan Barat, Kuala Pilah, Negeri Sembilan. Eighteen samples of plant and its substrates were collected for determination of heavy metal contents such as Ni, Co, Cr, Mn and Fe in soils and plants. The plants were separated into three different portions i.e. root, stem and leaf and extracted for their heavy metal content by wet digestion method whereas the soil's heavy metal available and total content were extracted by sequential extraction. Heavy metals content in soil and plant extract was determined using Flame Atomic Absorption Spectrophotometer. The result showed that total content of heavy metals for Ni, Cr, Co, Mn and Fe was at 84.13-740.36 mg/kg, 23.51-135.53 mg/kg, 188.23-848.92 mg/kg, 245.00-545.33 mg/kg and 1176.77-1243.90 mg/kg, respectively. Bio-available heavy metals content in soil is at 0.09-6.32 mg/kg for Ni, 0-0.51 mg/kg for Co, 0 mg/kg for Cr, 7.78-21.07 mg/kg for Mn and 2.23-4.47 mg/kg for Fe. Based on BAC, Mn and Fe were detected to have a high concentration in plant parts compared to other heavy metals.

Keyword: Heavy metal; plant uptake; terung pipit (*Solanum torvum*); ultrabasic soil

PENGENALAN

Tanah terbentuk menerusi proses luluhawa fizik, kimia dan biologi terhadap batuan induk. Semua jenis mineral dalam tanah berasal daripada batuan atau bahan induk yang telah dihancurkan oleh beberapa agen seperti haba dan air hujan (Othman & Shamshuddin 1982). Batuan induk mempunyai jenis yang berbeza. Oleh itu, ia mengandungi unsur logam berat yang berbeza. Batuan ultrabases secara tabiinya adalah kaya dengan logam Ni, Cr dan Co (Plant & Raiswell 1983). Serpentinit yang merupakan batuan ultrabases terdapat di beberapa tempat dalam Syis Jelebu dengan jumlah yang kecil. Singkapan serpentinit yang agak besar boleh dijumpai di Sungai Selaru, di mana laluan sungai mengikuti jalan utama Tampin-Kuala Pilah dari batu 15 ke batu 16

æ. Singkapan sepanjang kira-kira 3 km dan lebarnya ialah 0.5 km. Tanah yang terbentuk daripada batuan serpentinit ini mempunyai warna merah keungu-unguan (Khoo 1998). Serpentinit mempunyai formula am $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$, di mana ia merupakan unsur penting bagi batuan ultrabases yang terluluhawa. Pada amnya, Serpentinit mengandungi Ni, Cr, Co, Mg dan Fe pada kepekatan yang tinggi sementara kepekatan makronutrien tumbuhan seperti K, N, P dan Ca adalah rendah (Brooks et al. 1988; Brearley 2006). Kehadiran Fe pada kepekatan yang tinggi memberikan warna perang kemerahan kepada tanah ultrabases (Trescase et al. 1981). Saliran yang luar biasa mengakibatkan kekurangan kelembapan disebabkan oleh tekstur yang berbutir, walaupun di kawasan yang

mempunyai curahan hujan yang tinggi (Brooks 1987). Tanah berfungsi sebagai medium pertumbuhan yang penting kepada tumbuhan dalam aspek pembekalan nutrien dan air di samping sebagai medium sokongan dan perkembangan sistem akar tumbuhan. Manusia menggunakan tanah untuk mengeluarkan berbagai-bagai jenis bahan makanan seperti beras, gandum, sayur-sayuran dan buah-buahan. Tumbuhan yang ditanam di kawasan yang mempunyai kandungan logam berat yang tinggi secara semula jadi berkecenderungan untuk mengumpul logam berat tersebut (Kabata-Pendias & Pendias 2001). Kajian terdahulu mendapati tumbuhan *Melastoma malabathricum* (Sahibin et al. 2006), *Nepenthes* sp. (Sahibin et al. 2007; Sahibin et al. 2008) mampu mengumpul logam berat seperti Fe, Mn dan Ni dalam bahagian tumbuhan di kawasan bekas lombong. Manusia dan haiwan ternakan boleh terdedah kepada logam berat melalui air, udara, tanah dan makanan. Makanan merupakan tapak jalan utama memasukkan logam berat ke dalam badan manusia. Pengumpulan kandungan logam berat yang tinggi di dalam tumbuhan makanan boleh mendatangkan kemudaratan kepada manusia jika logam berat itu diambil secara berlebihan dan berterusan. Kajian ini dilakukan untuk menentukan kepekatan logam berat terpilih di dalam substrat tanah dan di dalam tumbuhan terpilih iaitu *Solanum torvum* (terung pipit) di kawasan tanah ultrabes. Tumbuhan ini dipilih kerana ia merupakan sayuran yang banyak di Malaysia.

BAHAN DAN KAEDAH

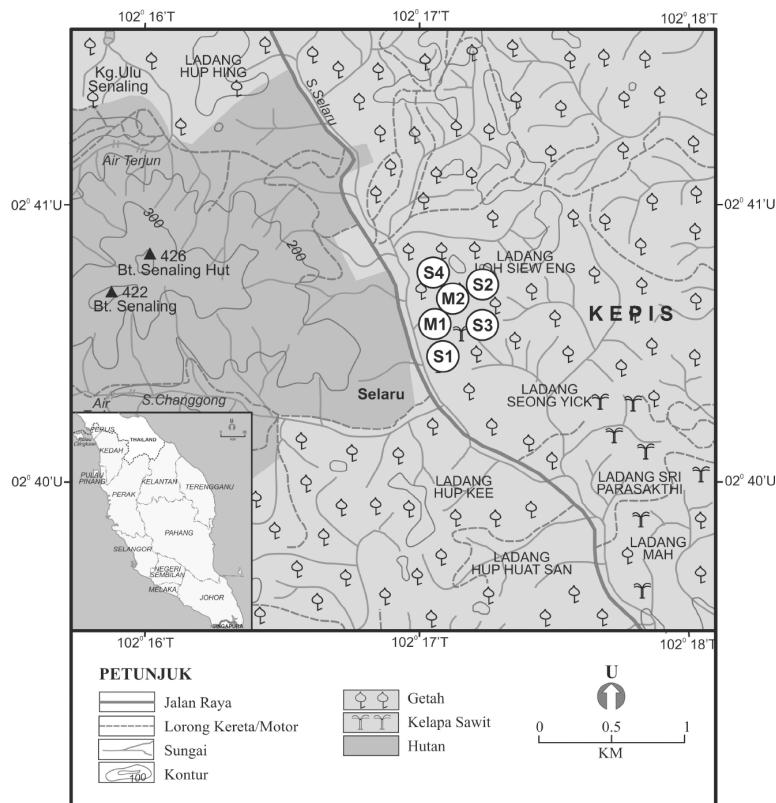
KAWASAN KAJIAN

Kawasan kajian terletak di Selaru dan Felda Rokan Barat, Kuala Pilah. Stesen 1 dan 2 adalah dari Selaru (Rajah 1) manakala Stesen 3 adalah dari Felda Rokan Barat (Rajah 2). Stesen 1 dan 2 di Selaru merupakan kawasan ladang getah yang baru ditanam menggantikan tanaman kelapa sawit tua. Manakala Stesen 3, Felda Rokan Barat adalah kawasan ladang getah. Stesen 1 dan 3 merupakan tanah ultrabes manakala Stesen 2 merupakan tanah syis mika kuarza. Terung pipit yang tumbuh merata di kawasan ini telah disampel.

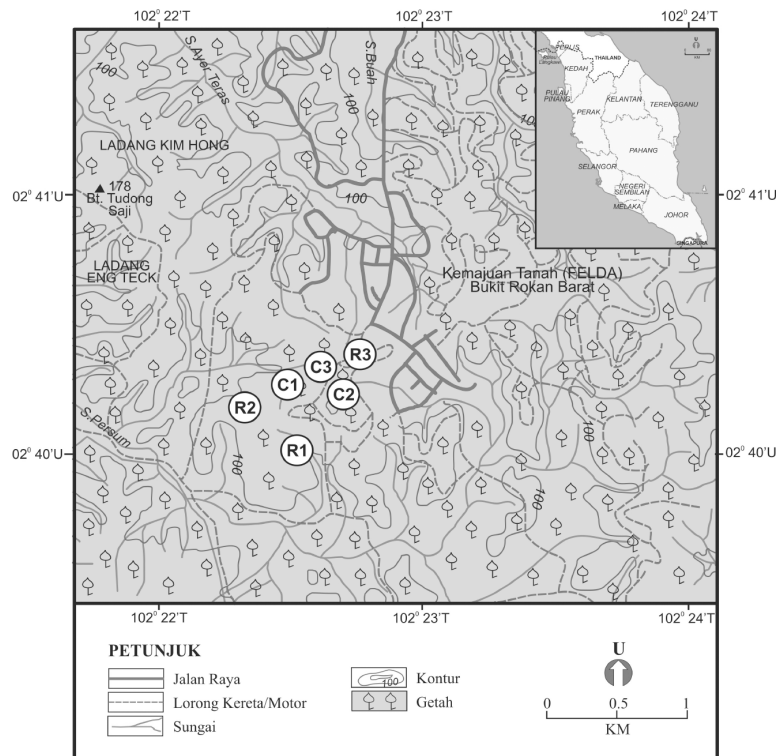
Stesen 1 dan 2 terletak pada kedudukan $2^{\circ}40'31.5''$ U ke $2^{\circ}40'39.9''$ U dan dari $102^{\circ}17'6''$ T ke $102^{\circ}17'14.4''$ T. Kedudukan stesen 3 adalah dari $2^{\circ}40'3.3''$ U ke $2^{\circ}40'22''$ U dan dari $102^{\circ}22'24.2''$ T ke $102^{\circ}22'38.5''$ T.

SAMPEL TANIH

Sebanyak 18 sampel tanah telah dikutip daripada kawasan kajian. Lapan sampel dikutip daripada tanah serpentinit Selaru, empat sampel daripada tanah mika-syis Selaru dan enam sampel daripada tanah serpentinit Felda Bukit Rokan Barat. Tanah untuk analisis logam berat 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



RAJAH 1. Peta menunjukkan stesen pensampelan di kawasan Selaru



RAJAH 2. Peta menunjukkan stesen pensampelan di FELDA Rokan Barat

agat sehingga mendapat saiz kurang daripada $63 \mu\text{m}$. Sampel ini sedia untuk penentuan logam berat.

SAMPEL TUMBUHAN

Sebanyak 18 sampel tumbuhan *Solanum torvum* telah dikutip dari kawasan kajian. Lapan sampel dikutip dari tanah serpentinit Selaru, empat sampel dari tanah mikasyis Selaru dan enam sampel dari tanah serpentinit Felda Bukit Rokan Barat. Setiap bahagian tumbuhan iaitu akar, batang, daun dan buah digunting dengan gunting plastik sehingga kecil. Sampel ini dikeringkan di dalam relau pada suhu 80°C sebelum digunakan untuk penentuan kandungan 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 ditambahkan ke dalamnya. Botol Kartel ditutup dan digoncang di atas alat penggoncang selama 1 Ω jam pada kelajuan 150 rpm. Selepas itu sampel diletakkan di dalam kukus air pada suhu 70°C selama 30 minit. Sampel dipindahkan ke dalam tiub pengempar dan diempar pada kelajuan 1500 rpm selama 30 minit. 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 (Perkin Elmer Model 3300).

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 digoncang di atas mesin penggoncang selama 1 Ω jam. Larutan sampel dipindahkan ke dalam tiub pengempar dan diempar pada kelajuan 1500 rpm selama 30 minit. Apabila proses pengemparan selesai, air suling dituang keluar. Proses pencucian ini dilakukan adalah untuk mencuci bahan kimia yang digunakan 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 ditambahkan ke dalam PTFE dan dipanaskan pada kukus pasir pada suhu $90\text{--}100^\circ\text{C}$ selama 2 jam. Apabila hampir kering, 10 mL asid perklorik ditambah dan dihadamkan selama 2 jam lagi. Sampel tanah dipindahkan ke dalam tiub pengempar dan diempar pada kelajuan 1,500 rpm selama 30 minit. Larutan sampel yang telah diempar dituras menggunakan kertas turas $0.45 \mu\text{m}$. Kandungan logam-logam berat pada fraksi ini ditentukan dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom Kaedah Nyalaan.

Penentuan Kandungan Logam Berat dalam Tumbuhan Pengekstrakan logam berat dalam tumbuhan *Solanum torvum* mengikut bahagian masing-masing iaitu akar, batang dan daun dilakukan secara penghadaman basah menurut kaedah AOAC (1984). Lebih kurang 1.3 g sampel

tumbuhan yang telah dikeringkan dan 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 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.

HASIL DAN PERBINCANGAN

KANDUNGAN LOGAM BERAT JUMLAH DALAM TANIH

Jadual 1 menunjukkan tertib kehadiran logam berat jumlah dalam substrat tanah. Kandungan logam berat jumlah dalam substrat tanah di kawasan kajian ditunjukkan dalam Jadual 2. Secara puratanya, di Stesen 1 dan 3 (tanah ultrabes) mempunyai tertib kehadiran logam berat yang sama, manakala pada stesen 2 kehadiran Mn melebihi Cr dan Ni.

Secara keseluruhannya, kepekatan Ni, Cr, Co, Mn dan Fe menunjukkan kepekatan yang tinggi di dalam substrat tanah ultrabes berbanding substrat tanah syis mika kuarza (Jadual 2). Menurut Brooks (1987), unsur Co, Cr, Fe dan Ni kaya dalam tanah ultrabes berbanding dengan batuan jenis lain. Berdasarkan kriteria yang diberikan oleh Kabata-Pendias & Pendias (2001) didapati nilai purata kepekatan Cr bagi ketiga-tiga substrat tumbuhan kajian melebihi nilai kepekatan kritikal iaitu 75-100 mg/kg. Manakala kepekatan Ni dan Co bagi ketiga-tiga substrat tumbuhan

daripada Stesen 1 dan 3 adalah melebihi nilai kepekatan kritikal iaitu 100 mg/kg dan 25-50 mg/kg masing-masing.

Nikel (Ni). Substrat terung pipit dari Stesen 3 mencatatkan purata kepekatan Ni tertinggi iaitu 740.36 ± 81.27 mg/kg manakala purata terendah diwakili oleh Stesen 2 dengan purata 84.13 ± 58.84 mg/kg. Daripada ujian ANOVA, $n=18$, menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan kepekatan Ni antara stesen. Ujian korelasi menunjukkan bahawa Ni mempunyai hubungan signifikan positif dengan Cr ($p<0.001$, $r=0.917$). Status Ni dalam tanah bergantung kepada kepekatan Ni induk dan kepekatan Ni didapati lebih tinggi di tanah jenis lempung dan lodak berbanding dengan tanah jenis pasir (Kabata-Pendias & Pendias 2001). Tanah di kawasan kajian terdiri daripada tekstur lempung, loam berpasir dan loam lempung, maka terdapat perbezaan kepekatan Ni yang besar antara stesen yang berlainan jenis tekstur. Korelasi positif antara Ni dengan Cr menunjukkan berlaku kewujudan dan pengayaan bersama dalam tanah. Logam Ni dan Cr wujud bersama di dalam batuan serpentin (ultrabes) dalam kepekatan yang tinggi (Brooks 1987).

Kobalt (Co). Purata kepekatan Co tertinggi ditunjukkan pada Stesen 3 dengan nilai 135.53 ± 48.03 mg/kg manakala purata kepekatan Co terendah ditunjukkan oleh Stesen 2 dengan nilai 23.51 ± 5.82 mg/kg. Ujian ANOVA menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan kepekatan Co antara stesen. Hasil korelasi menunjukkan kepekatan Co mempunyai hubungan signifikan positif dengan Fe ($p<0.05$, $r=0.712$) dan Ni ($p<0.01$, $r=0.817$). Ini menunjukkan bahawa logam-logam ini wujud bersama-sama. Logam Co biasanya terkandung dalam mineral Fe. Fe oksida mempunyai kecenderungan yang tinggi dalam penyerapan terpilih terhadap Co. Kandungan lempung dan bahan organik dalam tanah memainkan peranan dalam

JADUAL 1. Tertib kepekatan logam berat jumlah dalam substrat tanah

Stesen	Tanah	Tertib kehadiran logam berat
1	Ultrabes Selaru	Fe > Cr > Ni > Mn > Co
2	Syis-mika Selaru	Fe > Mn > Cr > Ni > Co
3	Ultrabes Felda Bukit Rokan Barat	Fe > Cr > Ni > Mn > Co

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

Stesen	Tanah	Ni	Co	Cr	Mn	Fe
1	Ultrabes Selaru	424.28	76.67	712.43	378.89	1220.95
SP (±)		231.00	143.15	172.38	182.08	20.13
2	Syis-mika Selaru	84.13	23.51	188.23	245.00	1176.77
SP (±)		58.84	5.82	128.94	163.70	2.51
3	Ultrabes Felda Bukit Rokan Barat	740.36	135.53	848.92	545.33	1243.90
SP (±)		81.27	48.03	81.24	11.70	4.99

penentuan keterlarutan Co. Keterlarutan Co dalam tanah dihubungkan secara langsung dengan jenis bahan organik dan lempung dalam tanah (Kabata-Pendias & Pendias 2001).

Kromium (Cr). Stesen 3 menunjukkan purata kepekatan Cr tertinggi iaitu $848.92 \text{ mg/kg} \pm 81.24 \text{ mg/kg}$ manakala purata terendah ditunjukkan oleh Stesen 2 dengan nilai $188.23 \pm 128.94 \text{ mg/kg}$. Ujian ANOVA menunjukkan terdapat perbezaan signifikan kepekatan Cr antara stesen. Menurut Aubert & Pinta (1977), batuan induk merupakan faktor penting bagi menentukan kandungan Cr dalam tanah. Kandungan Cr dalam tanah jenis pasir biasanya lebih rendah daripada kandungan Cr dalam tanah lempung. Daripada kajian, didapati Stesen 3 (mempunyai peratusan lempung yang tertinggi) mempunyai kepekatan Cr yang lebih tinggi berbanding dengan Stesen 2. Tekstur tanah bagi ketiga-tiga stesen adalah berbeza, maka kandungan Cr antara stesen adalah berbeza.

Mangan (Mn). Stesen 3 mempunyai kepekatan Mn tertinggi iaitu $545.33 \pm 11.70 \text{ mg/kg}$ manakala Stesen 2 menunjukkan purata terendah iaitu $245.00 \pm 163.70 \text{ mg/kg}$. Ujian ANOVA menunjukkan tidak terdapat perbezaan yang signifikan kepekatan Mn antara stesen. Daripada ujian korelasi, didapati Mn mempunyai hubungan signifikan positif dengan Co ($p < 0.01$, $r = 0.866$), Cr ($p < 0.01$, $r = 0.817$) dan Ni ($p < 0.001$, $r = 0.922$). Menurut Kabata-Pendias & Pendias (2001), Mn oksida mempunyai kecenderungan untuk mengikat Ni. McKenzie (1980) menyatakan bahawa Mn akan muncul sebagai oksida dan hidroksida dan menyelaputi partikel tanah lain ataupun membentuk nodul-nodul. Bentuk-bentuk Mn ini mempunyai kapasiti serapan yang tinggi terutamanya terhadap logam berat seperti Fe, Co, Ni, Zn dan Mo. Maka ini menunjukkan Mn mempunyai hubungan signifikan dengan logam lain seperti yang dinyatakan di atas.

Ferum (Fe). Stesen 3 menunjukkan purata kepekatan Fe yang paling tinggi dengan nilai $1243.90 \pm 4.99 \text{ mg/kg}$ manakala purata terendah ditunjukkan oleh Stesen 2 dengan nilai $1176.77 \pm 2.51 \text{ mg/kg}$. Ujian ANOVA menunjukkan tidak terdapat perbezaan signifikan kandungan Fe di antara stesen. Ujian korelasi menunjukkan

Fe mempunyai hubungan signifikan positif dengan Mn ($p < 0.01$, $r = 0.872$), Ni ($p < 0.001$, $r = 0.952$) dan Cr ($p < 0.001$, $r = 0.943$). Secara keseluruhan, kepekatan Fe bagi ketiga-tiga stesen mempunyai purata kepekatan yang paling tinggi berbanding dengan logam lain. Punca kelimpahan Fe yang tinggi di kawasan kajian dipercayai berasal daripada batuan induknya (batuan serpentinit) yang mengandungi kandungan Fe yang tinggi. Tambahan pula, Fe merupakan logam yang kedua paling banyak wujud dalam kerak bumi (Liptort 1980). Bagi Stesen 1 dan 3 merupakan tanah ultrabes manakala Stesen 2 merupakan tanah syis mika kuarza, maka batuan induknya adalah berbeza. Logam Fe dalam tanah memainkan peranan dalam penyerapan dan ketersediaan logam-logam lain. Fe yang terlarut boleh membentuk logam-logam oksida yang berupaya untuk menjerap logam-logam lain (Bodek et al. 1988). Di kawasan kajian, kepekatan Fe yang tinggi mempunyai pengaruh terhadap kepekatan logam lain. Ini dapat dibuktikan dalam ujian korelasi yang menunjukkan Fe mempunyai hubungan signifikan positif dengan logam lain. Logam Cd, Fe dan logam-logam lain pula mempunyai afiniti yang tinggi terhadap bahan organik yang mempunyai keupayaan penukargantian kation dan pengkelatan (Adriano 1986).

KEBIODAPATAN LOGAM BERAT

Jadual 3 menunjukkan kandungan kebiodapatan logam berat dalam substrat tumbuhan di kawasan kajian. Jumlah kebiodapatan logam Ni, Co, Mn dan Fe secara umumnya lebih tinggi di dalam tanah ultrabes berbanding tanah syis-mika. Bagi Co, kekekatannya adalah di bawah had pengesanan di dalam tanah syis-mika, manakala bagi Cr kandungan kebiodapatan logam berat ini adalah di bawah had pengesanan bagi kedua-dua jenis tanah.

Tertib kehadiran kandungan kebiodapatan logam berat dalam substrat tumbuhan ditunjukkan dalam Jadual 4. Secara puratanya kebiodapatan logam berat di Stesen 1 dan 3 (tanah ultrabes) menunjukkan tertib kepekatan Ni yang lebih tinggi daripada Fe. Logam berat Cr dalam bentuk tersedia di Stesen 1 dan 3 berada di bawah had pengesanan, manakala di stesen 2, Co dan Cr berada di bawah had pengesanan. Kebiodapatan logam Ni, Co, Cr

JADUAL 3. Nilai purata kandungan kebiodapatan logam berat dalam substrat tumbuhan (mg/kg)

Stesen	Tanah	Ni	Co	Cr	Mn	Fe
1	Ultrabes Selaru	2.81	0.15	ND	21.07	3.08
SP (\pm)		4.74	0.29	ND	10.39	2.35
% Tersedia		0.66	0.20	0	5.56	0.25
2	Syis-mika Selaru	0.09	ND	ND	7.78	2.23
SP (\pm)		0.13	ND	ND	2.81	2.04
% Tersedia		0.11	0	0	3.17	0.19
3	Ultrabes Felda Bukit Rokan Barat	6.32	0.51	ND	19.49	4.47
SP (\pm)		4.71	0.27	ND	5.09	0.97
% Tersedia		0.85	0.38	0	3.57	0.36

JADUAL 4. Tertib kepekatan kandungan kebiodapatan logam berat dalam substrat tumbuhan

Tumbuhan	Stesen	Tertib kehadiran logam berat
Terung pipit	1 dan 3 2	Mn > Ni > Fe > Co > Cr* Mn > Fe > Ni > Co* = Cr*

Stesen 1 dan 3 adalah tanah ultrabes manakala Stesen 2 adalah tanah syis mika kuarza

Nota : * – Tidak dapat dikesan

dan Fe adalah di bawah aras 1% di semua jenis tanah, manakala kebiodapatan Mn di dalam tanah ultrabes adalah 3.57 hingga 5.56% dan di dalam tanah syis-mika adalah 3.17%. Hasil ini menunjukkan walaupun kandungan logam berat di dalam tanah ultrabes dan tanah syis-mika yang dipengaruhi oleh tanah ultrabes tinggi, peratus jumlah yang tersedia untuk diambil oleh tumbuhan adalah rendah. Bagi logam Ni, peratusan tersedia di dalam tanah syis-mika Selaru sekurang-kurangnya enam kali lebih rendah daripada peratusan tersedia dalam tanah ultrabes. Ini ada kaitannya dengan kepekatan logam berat jumlah dalam tanah ultrabes yang sekurang-kurangnya enam kali lebih tinggi berbanding kepekatannya dalam tanah syis-mika.

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

Secara keseluruhannya, kepekatan Mn dan Fe menunjukkan purata kepekatan yang tinggi dalam bahagian tumbuhan berbanding dengan logam lain.

Menurut Berg (1997), logam Cu, Fe, Mn dan Zn merupakan unsur penting dalam tumbesaran tumbuhan manakala logam Cd dan Pb berpotensi menjadi toksik kepada tumbuhan. Menurut Maiz et al. (2000), logam Zn, Mn dan Pb merupakan logam yang tidak membentuk ikatan yang kuat dalam tanah dan ia mudah diekstrak, dengan ini

menyebabkan ia mudah mengalami perubahan ion dan seterusnya diambil oleh tumbuhan. Fe merupakan mikronutrien yang diperlukan oleh tumbuhan dalam jumlah tertinggi berbanding dengan logam lain (Hopkins 1999). Fe juga merupakan unsur yang mudah larut, maka tumbuhan cenderung menyerap Fe dalam kuantiti yang banyak (Johnston & Proctor 1997).

Berdasarkan kriteria yang diberikan oleh Kabata-Pendias & Pendias (2001), didapati purata kepekatan Ni dalam bahagian daun terung pipit terletak dalam julat kepekatan kritikal iaitu 10-100 mg/kg. Kepekatan Cr dalam bahagian akar terung pipit juga terletak dalam julat kepekatan kritikal iaitu 5-30 mg/kg.

Purata kepekatan logam berat dalam bahagian-bahagian terung pipit mengikut stesen ditunjukkan dalam Jadual 5. Secara keseluruhannya, tertib kehadiran purata kepekatan logam berat dalam terung pipit di ketiga-tiga stesen adalah Fe > Mn > Pb > Zn > Ni > Cr > Co > Cu > Cd (Jadual 6).

Fe menunjukkan tertib kepekatan tertinggi dalam bahagian akar dan daun, diikuti oleh batang dan buah. Logam Mn menunjukkan tertib kepekatan yang paling tinggi pada bahagian batang (Jadual 7). Tertib kepekatan Cr dalam bahagian akar dalam lebih tinggi daripada bahagian lain. Manakala tertib kepekatan Ni dalam bahagian akar adalah rendah daripada bahagian lain. Semua logam berat menunjukkan kandungan yang rendah dalam buah.

Pengambilan dan pengangkutan Fe antara bahagian tumbuhan sangat dipengaruhi oleh faktor sekeliling seperti pH tanah, penumpukan Ca dan P dan antagonisma antara logam berat yang diambil dalam cara serupa oleh tumbuhan (Alloway 1995). Ini disokong oleh analisis ANOVA yang menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan kandungan Fe antara bahagian tumbuhan. Menurut Kabata-Pendias & Pendias (2001), akar tumbuhan lazimnya akan menyimpan lebih banyak logam berat.

JADUAL 5. Kandungan logam berat dalam bahagian (akar, batang, daun dan buah) terung pipit mengikut stesen (mg/kg)

Stesen	Bahagian	Ni	Co	Cr	Mn	Fe
1	Akar	11.48	7.89	12.32	130.98	588.40
	Batang	13.30	9.16	3.17	224.26	216.68
	Daun	13.00	4.55	8.04	217.32	340.48
	Buah	3.22	0.84	0.62	41.42	15.97
	Purata dalam tumbuhan	11.87	6.71	7.29	179.36	353.71
2	Akar	4.94	6.09	1.96	103.86	169.88
	Batang	4.01	10.56	0.78	269.71	27.51
	Daun	9.05	8.39	1.18	294.19	99.32
	Purata dalam tumbuhan	6.00	8.35	1.31	222.59	98.90
3	Akar	10.65	2.29	13.88	45.20	607.20
	Batang	8.99	1.47	1.38	44.09	78.91
	Daun	9.95	1.19	2.72	88.14	110.43
	Buah	2.39	1.20	0.91	22.52	11.21
	Purata dalam tumbuhan	8.00	1.54	4.72	49.99	201.94

JADUAL 6. Tertib kehadiran logam berat dalam bahagian terung pipit

Bahagian tumbuhan	Tertib kehadiran logam berat
Purata	Fe > Mn > Ni > Cr > Co
Akar	Fe > Mn > Cr > Ni > Co
Batang	Mn > Fe > Ni > Co > Cr
Daun	Fe > Mn > Ni > Cr > Co
Buah	Mn > Fe > Ni > Co > Cr

Nota : * - Tidak dapat dikesan

JADUAL 7. Purata kandungan logam berat dan koefisien pengumpulan biologi (BAC) dalam bahagian (akar, batang, daun dan buah) terung pipit bagi ketiga-tiga stesen (mg/kg)

Bahagian	Ni	Co	Cr	Mn	Fe
Purata	9.24	5.02	5.14	137.64	245.64
(BAC)	0.04	2.84	0.01	0.56	0.20
Akar	9.75	5.62	10.54	96.36	501.66
(BAC)	(0.04)	(2.94)	(0.02)	(0.37)	(0.41)
Batang	9.80	6.91	2.04	174.30	128.72
(BAC)	(0.03)	(5.33)	(0.004)	(0.76)	(0.11)
Daun	11.10	4.28	4.75	191.34	210.21
(BAC)	(0.05)	(1.502)	(0.008)	(0.78)	(0.17)
Buah	2.60	1.11	0.84	27.24	12.40
(BAC)	(0.01)	(0.03)	(0.001)	(0.07)	(0.01)

Pengumpulan logam berat dan BAC dalam bahagian tumbuhan terung pipit di ketiga-tiga stesen ditunjukkan dalam Jadual 7. Pengumpulan Co oleh bahagian akar dan batang terung pipit adalah lebih tinggi berbanding dengan logam lain dengan menandakan purata BAC Co di bahagian akar dan batang masing-masing bernilai 2.94 dan 5.33. Dalam bahagian akar, tertib BAC adalah $Co > Fe > Mn > Ni > Cr$. Tertib BAC bagi bahagian batang ialah $Co > Mn > Fe > Ni > Cr$ manakala bagi bahagian daun, tertibnya ialah $Co > Mn > Fe > Ni > Cd$. Tertib BAC bagi bahagian buah adalah $Mn > Co > Fe > Ni > Cr$.

KESIMPULAN

Kepekatan Fe dalam substrat tumbuhan adalah paling tinggi berbanding dengan logam lain, ini disebabkan Fe merupakan logam yang kedua paling banyak wujud di kerak bumi. Mn tersedia mencatatkan nilai tertinggi bagi semua substrat tumbuhan. Peratusan Ni tersedia dalam tanah ultrabases adalah sekurang-kurangnya enam kali ganda lebih tinggi berbanding tanah syis-mika. Terung pipit mempunyai purata kepekatan Fe tertinggi pada bahagian akar dan daun manakala batang mempunyai purata kepekatan Mn tertinggi. Bahagian buah terung pipit menunjukkan purata kepekatan Mn tertinggi berbanding dengan logam lain. Penumpukan Co di dalam bahagian akar dan batang adalah tinggi dengan nilai BAC masing-masing 2.94 dan 5.33.

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 di atas anugerah geran penyelidikan tersebut. Terima kasih juga kepada UKM yang telah memberikan kemudahan peralatan dan ruang untuk menjayakan penyelidikan ini.

RUJUKAN

- Adriano, D.C. 1986. *Trace elements in the terrestrial environment*. New York: Springer-Verlag.
- Alloway, B.J. 1995. *Heavy metals in soils*. London: Blackie Academic & Professional.
- AOAC. 1984. *Official method of analysis* 14th Ed. William, S. (Ed.). Association of Official Chemist, Virginia.
- Aubert, H. & Pinta, M. 1977. *Trace elements in soils*. New York: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Berg, L.R. 1997. *Introductory botany: Plants, people and the environment*. New York: Saunders College Publishing.
- Brearley, F.Q. 2006. Differences in the growth and ectomycorrhizal community of *Dryobalanops lanceolata* (Dipterocarpaceae) seedlings grown in ultramafic and non-ultramafic soils. *Soil Biol. and Biochem.* 38: 3407-3410.
- Brooks, R.R. 1987. *Serpentine and its vegetation*. London: Croom Helm Ltd.
- Brooks, R.R., Whither, E.D. & Zepernick, B. 1977. Cobalt and nickel in *Rinorea* species. *Pl. Soil* 47: 707-712.
- Bodek, L., Lyman, W.J., Reehl, W.F. & Rosenblatt, D.H. 1988. *Environmental organic chemistry: Properties, process and estimation methods*. Oxford: Pergamon Press.

- Hopkins, 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. *Plant Soil* 46: 275-286.
- Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. 2001. *Trace elements in soils and plants*. Ed ke-3. Boca Raton: CRC Press.
- Khoo, K.K. 1998. *Geology and mineral resources of the Kuala Pilah area, Negeri Sembilan*. Kuala Lumpur: Geological Survey Department Malaysia.
- Liptrot, G.F. 1980. *Kimia bukan organik moden*. London: Heinemann Educational Book (Asia) Ltd and Mills & Boon Limited.
- Maiz, I., Arambarri, I., Garcia, R. & Millan, E. 2000. Evaluation of heavy metals availability in polluted soils by two sequential extraction procedures using factor analysis. *Environ. Pollut* 110: 3-9.
- McKenzie, R.M. 1980. The absorption of lead and other heavy metals on oxides of manganese and iron. *Aust. J. Soil Res* 18: 15-20.
- Othman Yaacob & Shamsuddin Jusop. 1982. *Asas sains tanah*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Plant, J. A. & Raiswell, R. 1983. Principles of environmental geochemistry. Dlm. *Applied environmental geochemistry*, Thornton, I. (ed.). London: Academic Press.
- Sahibin Abd. Rahim, Tukimat Lihan, Wan Mohd. Razi Idris & Choo Lee Chian. 2006. Pengambilan logam berat Fe, Mn dan Cu oleh *Melastoma malabathricum* dalam tanah bekas lombong Pelepah Kanan, Kota Tinggi, Johor. *Sains Malaysiana* 35(1): 37-44.
- Sahibin Abd. Rahim, Tukimat Lihan, Zulfahmi Ali Rahman, Wan Mohd. Razi Idris, Azman Hashim, Sharilnizam M. Yusof & Liow Hai Yin. 2007. Pengambilan logam berat Fe, Mn dan Cu oleh *Nepenthes sp.* dalam tanah bekas lombong Pelepah Kanan, Kota Tinggi, Johor. *Sains Malaysiana* 36(2): 123-132.
- Sahibin Abd. RAhim, Tukimat Lihan, Baba Musta, Adong Laming, Zulfahmi Ali Rahman, Wan Mohd. Razi Idris, Muhd. Barzani Gasim, Azman Hashim, Sharilnizam Mohd. Yusof & Liow Hai Yin. 2008. Pengambilan logam berat oleh *Nepenthes gracilis* dan *N. hookeriana* dalam tanah bekas lombong besi dan timah, Pelepah Kanan, Kota Tinggi, Johor. *Sains Malaysiana* 37(1): 39-49.
- Trescases, J.J., Melfi, A. J. & Barros de Oliveira, S. M. 1991. *Nickeliferous laterites of Brazil Laterisation Processes*. New Delhi: IBH Publishing.
- Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 Bangi, Selangor D.E.
Malaysia
- Diserahkan : 29 Januari 2008
Diterima : 26 Mac 2008