

## Pengambilan Logam Berat oleh Pokok Daun Kari (*Murraya koenigi*) dalam Tanah Ultrabes dari Felda Rokan Barat, Kuala Pilah, Negeri Sembilan, Malaysia

(Heavy Metal Uptakes by Curry Leaf Tree (*Murraya koenigi*) in Ultrabasic Soils from Felda Rokan Barat, Kuala Pilah, Negeri Sembilan, Malaysia)

A.R. SAHIBIN\*, I. WAN MOHD RAZI, A.R. ZULFAHMI, L. TUKIMAT, A.B. AK JALALUDIN, H. AZMAN & M.I. NUR DIYANA

### ABSTRAK

Kajian ini telah dijalankan di kawasan tanah ultrabes di Felda Rokan Barat, Kuala Pilah, Negeri Sembilan. Sebanyak lima belas sampel tumbuhan dan substratnya telah diambil dari kawasan kajian dengan kaedah berkelompok. Tujuan kajian ini adalah untuk menentukan kandungan logam berat Fe, Ni, Cr, Mn, Co, Zn, Cu, Cd dan Pb di dalam tanah dan bahagian akar, batang dan daun tumbuhan. Koefisien penyerapan biologi (BAC) ditentukan secara perkiraan. Kandungan logam berat di dalam tumbuhan diekstrak secara penghadaman basah manakala kandungan di dalam tanah diekstrak dengan kaedah pengekstrakan berjujukan. Kandungan logam berat di dalam larutan ekstrak tanah dan tumbuhan ditentukan menggunakan spektrofotometer penyerapan atom kaedah nyalaan (FAAS). Hasil kajian menunjukkan kepekatan logam berat paling tinggi dalam substrat pokok daun kari *Murraya koenigi* adalah Fe, diikuti oleh Mn, Cr, Co, Ni, Zn, Cu, Cd dan Pb dengan purata kepekatan masing-masing sebanyak 1699.64 mg/kg, 532.59 mg/kg, 212.43 mg/kg, 195.02 mg/kg, 174.97 mg/kg, 48.11 mg/kg, 43.86 mg/kg, 3.65 mg/kg dan 0.48 mg/kg. Kepekatan logam berat tersedia bagi Mn dan Pb adalah lebih tinggi berbanding logam berat tersedia yang lain berdasarkan peratus. Kandungan Fe dan Mn adalah tinggi di dalam semua bahagian tumbuhan. Walau bagaimanapun, berdasarkan nilai purata kumulatif BAC, hanya logam Pb menunjukkan nilai penimbunan yang agak tinggi dalam tumbuhan. Kajian ini menunjukkan pokok daun kari (*Murraya koenigi*) bukan tumbuhan penumpuk logam berat berdasarkan kepada nilai BACnya yang rendah.

**Kata kunci:** Koefisien pengumpulan biologi (BAC); logam berat; pokok daun kari (*Murraya koenigi*); tanah ultrabes

### ABSTRACT

The study was conducted in the ultrabasic soil at the Felda Rokan Barat, Kuala Pilah, Negeri Sembilan. A total of fifteen samples of plants and substrates were taken from the study area by clustering methods. The purpose of this study was to determine the heavy metal concentrations of Fe, Ni, Cr, Mn, Co, Zn, Cu, Cd and Pb in the soil and the roots, stems and leaves of the plant. Biological absorption coefficient (BAC) was determined by calculation. Heavy metal concentrations in the plants were extracted by wet digestion and the concentration in the soil were extracted by sequential extraction method. Heavy metals in soil and plant extract solution were determined using the flame atomic absorption spectrophotometer (FAAS). The results showed that Fe concentration was the highest among heavy metals in the substrates of the curry leaf plant *Murraya koenigi* followed by Mn, Cr, Co, Ni, Zn, Cu, Cd and Pb with mean concentrations of 1699.64 mg/kg, 532.59 mg/kg, 212.43 mg/kg, 195.02 mg/kg, 174.97 mg/kg, 48.11 mg/kg, 43.86 mg/kg, 3.65 mg/kg and 0.48 mg/kg, respectively. The concentrations of available heavy metals for Mn and Pb in the soil were higher than that of other available heavy metals based on the percentage. Fe and Mn concentrations were high in all parts of the plant. However, based on the heavy metal cumulative average of BAC, only Pb showed a slightly higher enrichment value in the plant. This study showed that curry leaf tree (*Murraya koenigi*) is not a plant that accumulates heavy metal based on its low BAC values.

**Keywords:** Biological accumulation coefficient (BAC); curry leaf tree (*Murraya koenigi*); heavy metals; ultrabasic soil

### PENGENALAN

Mineral utama dalam tanah ultrabes adalah serpentinit,  $Mg_3SiO_5(OH)_4$  dan ferum oksida, FeO. Walaupun keluasan tanah ultrabes ini meliputi kurang 1% daripada muka bumi (Coleman & Jove 1992), tanah ini menjadi perhatian ahli geologi kerana berpotensi mempunyai enapan mineral tertentu yang kaya dengan Ni, Cr, Mg, asbestos atau platinum, atau batu permata seperti tourmalin dan krisopras (Beurlen & Cassedanne 1981). Tanah ultrabes

atau Siri Sg. Mas mengandungi Fe dan Mg yang tinggi dan silika yang rendah iaitu kurang 40%. Tanah yang terhasil daripada serpentinit sangat terluluhawa dan berwarna merah yang menggambarkan kandungan mineral seskuioksida ( $Fe_2O_3$ ) di dalamnya (Othman & Shamshuddin 1982). Ia merupakan medium pertumbuhan yang tidak sesuai bagi kebanyakan tumbuhan kerana nisbah Ca:Mg yang rendah boleh mengakibatkan pelbagai gejala akut seperti daun melengkung dan bergelung ke dalam di sebelah tepi

(Richard et al. 1954). Nisbah Ca:Mg yang rendah dan kandungan logam berat yang tinggi diwarisi daripada sifat bahan induk serpentin yang kaya dengan Mg dan logam berat (Burt et al. 2001). Selain itu, tanah serpentin yang didapati di kawasan kajian juga turut mengandungi mineral karbonat yang bertompok-tompok dengan warna putih (Khoo 1998). Pencemaran logam berat penting kerana keupayaannya menimbulkan kesan toksik dan mampu hadir di sekitar dalam tempoh yang lama serta boleh mengalami biopengumpulan dalam organisma dalam sekitar (Tam & Wong 2000).

*Murraya koenigi* atau lebih dikenali sebagai pokok daun kari di Malaysia dan Indonesia manakala *bai karee* di Thailand tergolong dalam keluarga Rutaceae. Ia berasal dari India yang tumbuh meliar di utara Thailand dan ditanam di Malaysia. Walaupun agak lasak, sebenarnya ia menyukai tanah yang subur dan kaya dengan mineral. Tangkainya mengandungi 12 sehingga 16 daun kecil yang mempunyai bau yang berbeza dan sesetengah orang menggambarkan bau daun kari menyerupai jintan (Wendy & Alberto 2003). Daun kari mempunyai pelbagai kegunaan, antaranya sebagai rempah dalam masakan dan juga dalam perubatan tradisi. Daripada segi masakan, daun kari ditambah bersama serbuk rempah kari ke dalam masakan untuk menyediakan kari ikan bagi semua kumpulan masyarakat di Malaysia dan Singapura. Kebiasaannya serbuk rempah untuk kari ikan yang terdapat di pasaran mengandungi satu atau dua tangkai daun kari. Akar, batang dan daun pokok kari pula digunakan dalam perubatan dalaman dan luaran (Wendy & Alberto 2003). Daripada segi kegunaan terapeutik dan tradisi, daun, akar dan batangnya digunakan sebagai bantuan dalam perubatan di India. Daunnya digunakan untuk membantu perjalanan darah dan masalah haid. Daunnya yang segar diambil untuk menyembuhkan disentri dan cecair yang diperolehi dengan cara memanggang daunnya boleh mengatasi masalah loya. Ia juga dicadangkan untuk melegakan sakit buah pinggang. Kajian terbaru menyatakan ianya dapat digunakan untuk mengubati diabetes kerana mengandungi tindakan hipoglisemik (Susheela 2007).

Tujuan kajian ini adalah untuk menentukan kandungan logam berat dalam tanah dan bahagian tumbuhan kerana kandungan logam berat dalam tanah ultrabes telah dilaporkan tinggi. Sebahagian logam berat mudah bergerak dalam sekitar dan berupaya berkumpul dalam tumbuhan. Pokok daun kari (*Murraya koenigi*) telah dipilih sebagai tumbuhan kajian kerana daun pokok ini sering digunakan sebagai rempah dalam menyediakan masakan kari dan juga mempunyai khasiat sebagai tumbuhan ubatan.

## BAHAN DAN KAEDAH

### KAWASAN KAJIAN

Kawasan kajian terletak di Felda Rokan Barat, Kuala Pilah, Negeri Sembilan (Rajah 1). Topografinya tidak begitu curam dengan aktiviti utamanya adalah penanaman getah. Tiga stesen pensampelan telah dipilih dan dinamakan Stesen 1

(102°22'56.8" dan 02°40'48.0"U), Stesen 2 (102°22'46.9" dan 02°40'28.9"U) dan stesen 3 (102°23'00.8" dan 02°40'16.8"U). Stesen 1 terletak di sebuah kebun buah-buahan yang kecil, stesen 2 terletak di kawasan hutan dan stesen 3 terletak di kawasan perumahan.

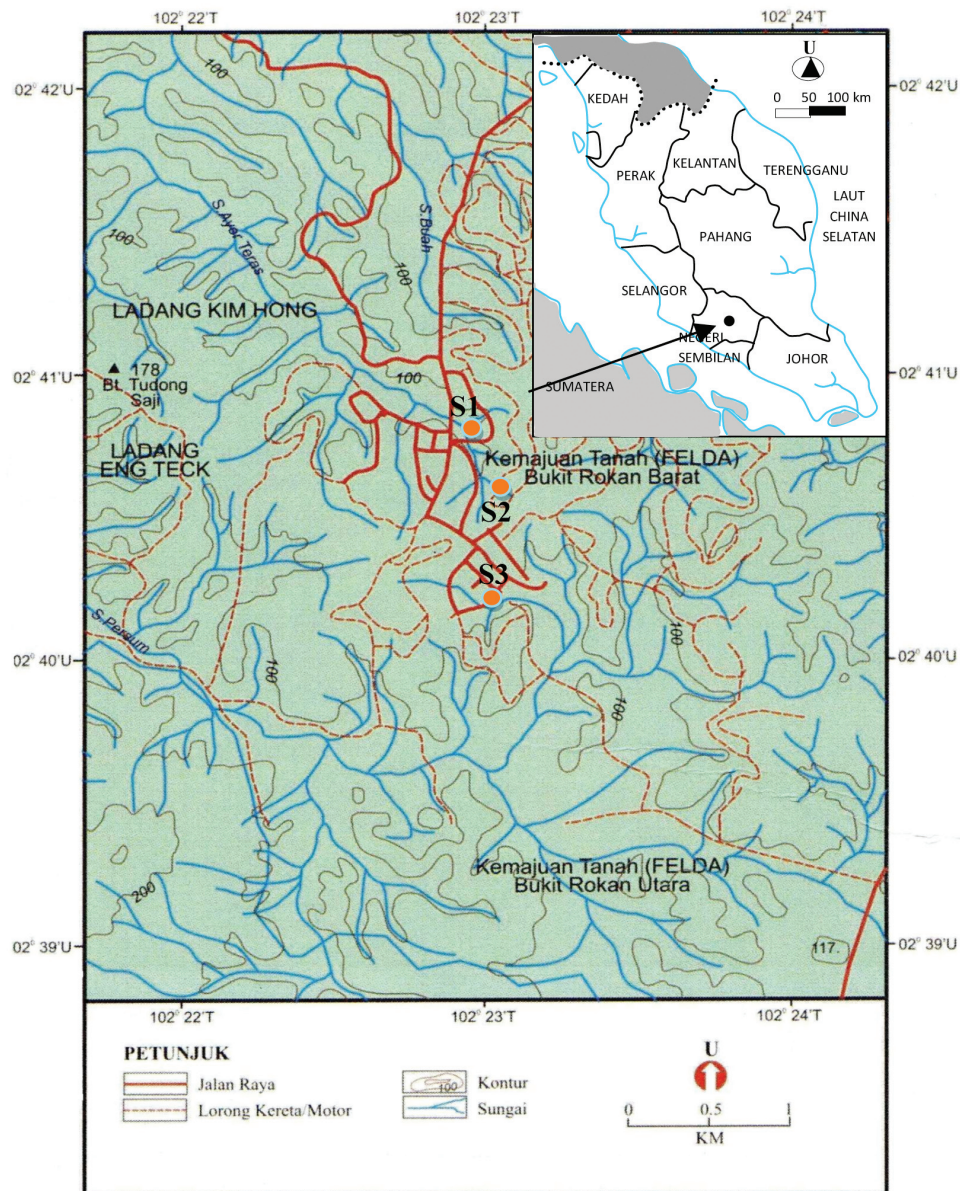
### SAMPEL TUMBUHAN DAN TANIH

Sebanyak 15 sampel tanah-atas (0-20 cm) dan pokok daun kari (*Murraya koenigi*) telah diambil dari tiga stesen pensampelan kawasan kajian. Sebanyak lima sampel tanah dan lima sampel tumbuhan *Murraya koenigi* telah diambil dari setiap stesen pensampelan. Setiap bahagian tumbuhan iaitu akar, batang dan daun digunting dengan gunting plastik sehingga kecil. Sampel ini dikeringkan di dalam ketuhar pada suhu 80°C selama 24 jam 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 (0-20 cm) 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 dan ditapis menggunakan penapis 63 µm. Sampel ini sedia untuk penentuan logam berat.

### PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT DALAM TANIH

*Fraksi Tersedia.* Fraksi logam berat tersedia dalam tanah diekstrak menggunakan pengekstrak ammonium asetat-asid asetik 1 M (Murphy & Riley 1962; Tessier et al. 1979). Sebanyak 5 g tanah bersaiz <63 µm dimasukkan ke dalam botol Kartel dan 100 mL pengekstrak di atas ditambahkan ke dalamnya. Botol Kartel ditutup dan digoncang di atas alat penggoncang selama 1½ 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 1500 rpm selama 30 min. 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. Kaedah yang digunakan untuk mengekstrak logam berat dalam fraksi tidak tersedia adalah kaedah APHA (2005). Sampel tanah dari 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 1½ jam. Larutan sampel dipindahkan ke dalam tiub pengempar dan diempar pada kelajuan 1500 rpm selama 30 min. Apabila proses pengemparan selesai, air suling dituang ke dalam bekas larutan untuk fraksi tersedia di atas. Proses pencucian ini dilakukan untuk mencuci bahan kimia yang digunakan pada fraksi tersedia dan juga untuk mengekstrak sisa-sisa logam berat yang masih terjerap pada permukaan pepejal. Selepas proses pencucian selesai,



RAJAH 1. Peta menunjukkan stesen pensampelan di kawasan kajian

sampel tanah dipindahkan ke dalam bikar PTFE 50 mL yang tahan pada 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°C-100°C selama 2 jam. Apabila hampir kering, 10 mL asid perklorik ditambahkan dan dihadam selama 2 jam lagi. Sampel tanah dipindahkan ke dalam tiub pengempar dan diempar pada kelajuan 1500 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 (Perkin Elmer Model 3300).

*Penentuan Kandungan Logam Berat dalam Tumbuhan*  
Pengekstrakan logam berat dalam tumbuhan daun kari (*Murraya koenigi*) mengikut bahagian masing-masing

(akar, batang dan daun) dilakukan secara penghadaman basah menurut kaedah AOAC (1984). Lebih kurang 1.3 g sampel tumbuhan yang telah diserbukkan ditimbang dan dimasukkan ke dalam kelalang kon 50 mL kemudian ditambahkan dengan 15 mL 69% asid nitrik pekat. Campuran asid dan sampel tumbuhan dipanaskan di atas kukus pasir pada suhu antara 90°C-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 (Perkin Elmer Model 3300).

Alat kaca yang digunakan dalam penentuan logam berat direndam semalaman di dalam larutan asid nitrik 5% dan dikeringkan dalam relau. Ujian perolehan daripada sampel rujukan SRM2711a (Montana II Soil) bagi tanah dan SRM (Strawberry Leaf-1) bagi tumbuhan telah dilakukan. Ujian perolehan bagi sampel tumbuhan menunjukkan nilai melebihi 90% bagi Pb, Mn, Ni, Fe dan Cr, manakala nilai perolehan bagi Co melebihi 80%. Ujian perolehan bagi sampel tanah menggunakan SRM2711a di atas menunjukkan perbezaan dengan nilai rujukan sekitar  $\pm 20\%$  bagi Fe, Mn, Cr, Co, Ni, Zn, Cu, Cd dan Pb.

Koefisien pengumpulan biologi (BAC) dikira berdasarkan nisbah kandungan logam berat dalam daun tumbuhan dan tanah menggunakan formula berikut (Cui et al. 2007; Li et al. 2007);

$$BAC = [\text{Logam}]_{\text{daun}} / [\text{Logam}]_{\text{tanah}}$$

Data yang diperoleh daripada analisis diuji dengan statistik ANOVA satu hala dan korelasi menggunakan perisian EXCEL.

## HASIL DAN PERBINCANGAN

### KANDUNGAN LOGAM BERAT JUMLAH DALAM TANIH

Tertib kehadiran logam berat jumlah dalam substrat tumbuhan ditunjukkan dalam Jadual 1. Kandungan logam berat jumlah dalam substrat tumbuhan di kawasan kajian ditunjukkan dalam Jadual 2. Secara puratanya, tertib kehadiran logam berat di stesen 1, 2 dan 3 adalah

sedikit berbeza. Kandungan Fe dan Mn adalah tinggi manakala kandungan Cd dan Pb adalah rendah, dengan masing-masing menduduki urutan kepekatan yang tetap. Kandungan Ni, Cr dan Co di stesen kajian saling berubah susunannya, manakala Zn dan Cu juga saling bergantian kedudukan kepekatan. Ujian ANOVA menunjukkan kepekatan Mn, Co, Ni, Zn dan Cr jumlah berbeza dengan signifikan antara Stesen 1, 2 dan 3, manakala Cd dan Fe jumlah berbeza dengan signifikan antara Stesen 3 dengan Stesen 1 dan 2, Cu jumlah pula berbeza dengan signifikan antara Stesen 1 dengan Stesen 2 dan 3 serta Pb jumlah berbeza dengan signifikan antara Stesen 2 dengan Stesen 3 aras keertian 5% dengan nilai  $p < 0.05$ .

Secara keseluruhannya Fe, Mn, Ni, Co dan Cr menunjukkan kepekatan jumlah yang tinggi berbanding logam yang lain. Menurut Brooks (1987), tanah ultrabes adalah kaya dengan unsur Co, Cr, Fe dan Ni berbanding dengan batuan jenis lain. Berdasarkan kriteria yang telah diberikan oleh Kabata-Pendias (2011), didapati nilai purata Cr bagi Stesen 1 dan 3 melebihi nilai kepekatan kritikal dalam tanah iaitu 75-100 mg/kg. Menurut Aubert dan Pinta (1977), batuan induk merupakan faktor penting bagi menentukan kandungan Cr dalam tanah. Nilai purata Mn, Pb dan Cu dalam tanah ultrabes di kawasan kajian bagi ketiga-tiga substrat lebih rendah daripada nilai kepekatan kritikal dalam tanah iaitu masing-masing pada 1500-3000 mg/kg, 100-400 mg/kg dan 60-125 mg/kg manakala bagi nilai purata Cd dan Zn pula, hanya Stesen 3 yang berada dalam sela nilai kepekatan kritikal iaitu masing-masing pada 3.0-8.0 mg/kg dan 70-400 mg/kg.

JADUAL 1. Tertib kepekatan logam berat jumlah dalam substrat tumbuhan

| Stesen | Tertib kehadiran logam berat               |
|--------|--|
| 1      | Fe > Mn > Ni > Cr > Co > Zn > Cu > Cd > Pb |
| 2      | Fe > Mn > Co > Ni > Cr > Cu > Zn > Cd > Pb |
| 3      | Fe > Mn > Co > Cr > Ni > Zn > Cu > Cd > Pb |

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

| Stesen                          | Cu     | Pb      | Mn        | Co     | Ni     | Fe      | Zn     | Cd      | Cr     |
|---------------------------------|--------|---------|-----------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|
| 1                               | 28.49  | 0.71    | 397.76    | 108.96 | 296.21 | 1724.07 | 32.13  | 2.27    | 259.81 |
| sp $\pm$                        | 1.50   | 0.03    | 46.69     | 3.19   | 22.79  | 6.60    | 6.41   | 0.28    | 35.80  |
| 2                               | 49.79  | 0.71    | 962.91    | 166.95 | 112.61 | 1696.93 | 12.67  | 2.87    | 73.50  |
| sp $\pm$                        | 2.21   | 0.04    | 100.64    | 5.45   | 1.89   | 8.79    | 0.85   | 0.39    | 4.50   |
| 3                               | 53.29  | 0.90    | 1162.53   | 420.07 | 211.90 | 1768.20 | 99.53  | 5.80    | 344.70 |
| sp $\pm$                        | 6.59   | 0.04    | 62.79     | 21.63  | 7.23   | 13.59   | 9.60   | 0.56    | 0.09   |
| Purata                          | 43.86  | 0.78    | 841.07    | 231.99 | 206.91 | 1729.73 | 48.11  | 3.65    | 226.00 |
| *Kepekatan kritikal dalam tanah | 60-125 | 100-400 | 1500-3000 | 20-50  | 100    | -       | 70-400 | 3.0-8.0 | 75-100 |
| Sahibin et al. 2009             | -      | -       | 441.8     | 67.46  | 502.8  | 1234.3  | 84.91  | -       | 738.26 |

\*Kabata-Pendias (2011)

Bagi nilai purata Co pula, ketiga-tiga stesen telah melebihi nilai kepekatan kritikal iaitu 25-50 mg/kg (Kabata-Pendias 2011). Logam Co biasanya terkandung dalam mineral Fe dengan Fe oksida mempunyai kecenderungan yang tinggi dalam penyerapan terpilih terhadap Co. Korelasi antara Co dan Fe yang signifikan positif ( $r=0.95$ ,  $p<0.01$ ) turut menjelaskan keadaan ini. Selain itu, menurut Kabata-Pendias (2011) keterlarutan Co dalam tanah juga dihubungkan kaitkan secara langsung dengan kandungan bahan organik dan lempung dalam tanah. Korelasi antara Co dan lempung yang signifikan negatif ( $r=-0.94$ ,  $p<0.01$ ) bermaksud kandungan lempung yang tinggi akan menjerap Co dengan banyak dan menyebabkan keterlarutan Co yang rendah dalam tanah.

Nilai purata kepekatan Ni di dalam tanah ultrabes pada Stesen 1 dan 2 melebihi nilai kepekatan kritikal iaitu 100 mg/kg. Kepekatan ini didapati lebih tinggi pada tanah jenis lempung dan lodak berbanding dengan tanah jenis pasir (Kabata-Pendias 2011). Berdasarkan kajian Sahibin et al. (2009), kepekatan Ni dalam tanah ultrabes adalah tinggi secara tabii. Logam Ni dan Cr wujud bersama di dalam batuan serpentin (ultrabes) dalam kepekatan yang tinggi (Brooks 1987). Walaupun kepekatan Ni di kawasan kajian adalah tinggi (87.37-276.25 mg/kg) berbanding logam lain tetapi nilai ini lebih rendah daripada nilai kepekatan Ni dalam tanah ultrabes yang telah diberikan oleh Kabata-Pendias (2011) iaitu 1400-2000 mg/kg. Keadaan ini mungkin disebabkan oleh Ni mengalami pengurangan kepekatan dengan bertambahnya darjah luhawa yang menyebabkan ia mudah mengalami mobiliti ke bahagian lain semasa luhawa (Baba 1995). Selain itu kawasan persampelan mungkin berada di kawasan yang bersempadan dengan batuan mika-skis-kuarza yang rendah kandungan Ni nya.

Mn oksida cenderung untuk mengikat Ni (Kabata-Pendias 2011). McKenzie (1980) menyatakan bahawa Mn akan wujud sebagai oksida dan hidroksida dan menyelaputi partikel tanah lain ataupun membentuk nodul-nodul. Bentuk oksida dan hidroksida Mn ini mempunyai kapasiti serapan yang tinggi terutamanya terhadap logam berat seperti Fe, Co, Ni, Zn dan Mo. Korelasi yang signifikan positif antara Mn dengan Fe ( $r=0.81$ ,  $p<0.01$ ), Co ( $r=0.93$ ,  $p<0.01$ ), Zn ( $r=0.78$ ,  $p<0.01$ ) dan Cd ( $r=0.95$ ,  $p<0.01$ ) menunjukkan asosiasi logam-logam berat ini. Dalam kajian ini, Mn menunjukkan hubungan negatif yang signifikan dengan Ni ( $r=-0.52$ ,  $p<0.01$ ) kerana keterlarutan Ni turut dipengaruhi oleh pH. Penjerapan Ni oleh Fe dan Mn oksida bergantung kepada pH dengan Ni dalam bentuk  $NiOH^+$  cenderung dijerap. Jumlah cas negatif pada permukaan penjerap juga bergantung kepada pH (Poon & Chang 1979). Korelasi yang signifikan negatif antara Ni dengan pH ( $H_2O$ ) ( $r=-0.55$ ,  $p<0.05$ ) dan pH (KCl) ( $r=-0.57$ ,  $p<0.05$ ) menunjukkan keterlarutan Ni tinggi pada pH rendah dan penjerapannya bertambah apabila pH meningkat. Menurut Poon dan Chang (1979), ketoksikan Mn semakin berkurangan pada tanah yang berasid serta kehadiran aras Al, Si dan Fe yang agak tinggi. Korelasi yang signifikan positif yang signifikan antara Mn dengan pH ( $H_2O$ ) ( $r=0.90$ ,  $p<0.01$ ) dan pH (KCl)

( $r=0.91$ ,  $p<0.01$ ) menunjukkan kepekatan Mn meningkat apabila pH meningkat.

Secara keseluruhannya, kepekatan Fe bagi Stesen 1, 2 dan 3 mempunyai purata kepekatan yang tinggi berbanding dengan logam lain. Punca kelimpahan Fe yang tinggi di kawasan kajian dipercayai berasal daripada luhawa batuan induknya (batuan serpentin) kerana kandungan Ferumnya adalah tinggi secara tabii (Sahibin et al. 2009). Kepekatan Fe yang tinggi memainkan peranan dalam penyerapan dan ketersediaan serta kepekatan logam lain (Sahibin et al. 2008). Wujud korelasi yang signifikan positif antara Fe dengan Mn ( $r=0.81$ ,  $p<0.01$ ), Pb ( $r=0.65$ ,  $p<0.01$ ), Co ( $r=0.95$ ,  $p<0.01$ ), Zn ( $r=0.98$ ,  $p<0.01$ ) dan Cd ( $r=0.90$ ,  $p<0.01$ ) yang menunjukkan unsur ini mendak bersama Fe membentuk oksida atau hidroksida Fe semasa proses luhawa. Tanah ultrabes umumnya kaya dengan  $Fe_2O_3$ , semakin kuat tanah mengalami luhawa semakin banyak oksida terbentuk. Tanah yang terluhawa daripada tanah ultrabes seperti Siri Sg. Mas mempunyai cas positif yang agak tinggi (Shamshuddin 1990). Fe juga dipengaruhi oleh pH dalam keadaan penurunan dan pH berasid, lebih banyak larutan Fe terhasil manakala pada keadaan pengoksidaan dan pH beralkali pula lebih banyak Fe ditumpukkan (Kabata-Pendias 2011). Korelasi yang signifikan positif antara Fe dengan pH ( $H_2O$ ) ( $r=0.96$ ,  $p<0.01$ ) dan pH (KCl) ( $r=0.95$ ,  $p<0.01$ ) menunjukkan hubungan ini.

Menurut Abd-Elfattah dan Wada (1981), logam Fe hidroksida dan oksida melakukan kadar penjerapan terpilih yang lebih tinggi terhadap Zn. Korelasi positif yang signifikan antara Fe dengan Zn ( $r=0.98$ ,  $p<0.01$ ) menunjukkan hubungan ini. Zulfahmi et al. (2001) membuktikan kepekatan Zn di dalam tanah dipengaruhi secara positif oleh  $Fe_2O_3$  dan bahan organik, dengan pembentukan  $Fe_2O_3$  meningkatkan pengikatan Zn, sementara pertambahan bahan organik menyebabkan penjerapan ion Zn lebih banyak. Kehilangan Zn daripada tanah semakin meningkat apabila tanah semakin berasid (Lindsay 1972). Hubungan ini ditunjukkan oleh korelasi yang signifikan positif antara Zn dengan pH ( $H_2O$ ) ( $r=0.96$ ,  $p<0.01$ ) dan pH (KCl) ( $r=0.95$ ,  $p<0.01$ ). Kajian oleh Sahibin et al. (2008) menunjukkan logam berat banyak didapati di dalam saiz partikel yang lebih halus, terutamanya lodak. Dalam kajian ini lodak menunjukkan korelasi signifikan positif dengan logam-logam berat iaitu Cr ( $r=0.61$ ,  $p<0.05$ ), Pb ( $r=0.67$ ,  $p<0.01$ ), Cu ( $r=0.56$ ,  $p<0.05$ ), Mn ( $r=0.93$ ,  $p<0.01$ ), Co ( $r=0.98$ ,  $p<0.01$ ), Fe ( $r=0.91$ ,  $p<0.01$ ), Zn ( $r=0.91$ ,  $p<0.01$ ) dan Cd ( $r=0.96$ ,  $p<0.01$ ) yang menunjukkan semakin tinggi kandungan lodak, semakin tinggi kepekatan logam berat ini dalam tanah.

#### KANDUNGAN LOGAM BERAT TERSEDIA

Kandungan logam berat tersedia dalam tanah adalah logam berat yang mudah diambil oleh tumbuhan menerusi pengambilan pasif dan aktif menerusi akar. Ia biasanya terjerap pada permukaan tanah dan juga terikat secara lemah di dalam lempung dan bahan organik (Sahibin

et al. 2009). Jadual 3 menunjukkan kandungan logam berat tersedia dalam substrat tumbuhan manakala peratus kandungan logam berat tersedia dalam substrat tanah ditunjukkan dalam Jadual 5. Tertib kehadiran kandungan logam berat tersedia dalam substrat tumbuhan ditunjukkan dalam Jadual 4. Ujian ANOVA menunjukkan logam Mn, Pb, Co dan Ni tersedia mempunyai perbezaan yang signifikan antara Stesen 1, 2 dan 3 manakala logam Cr tersedia berbeza dengan signifikan antara stesen 3 dengan Stesen 1 dan 2 dan Fe tersedia berbeza dengan signifikan antara stesen 1 dengan stesen 2 dengan nilai  $p < 0.05$  iaitu pada aras keertian 5%. Perbezaan yang signifikan antara stesen menunjukkan kandungan logam berat tersedia tidak sekata. Logam berat tersedia dalam tanah di stesen tertentu bagi logam berat tertentu yang tinggi menunjukkan input antropogenik daripada aktiviti manusia. Kawasan kajian dan persampelan adalah kawasan FELDA yang dihuni penduduk yang boleh mempengaruhi input antropogenik logam berat di dalam tanah.

Tertib menurun secara purata kandungan logam berat tersedia di dalam Jadual 4, menunjukkan susunan  $Mn > Co > Ni > Fe > Cr > Pb$ , dengan kepekatan logam berat tersedia Cu, Zn dan Cd berada di bawah had pengesanan. Kandungan Pb jumlah dan tersedia di dalam tanah adalah sangat rendah iaitu kurang daripada 0.5 mg/kg, walau bagaimanapun, peratus ketersediaannya adalah yang kedua tinggi selepas Mn. Peratus ketersediaannya ini mungkin tidak boleh dijadikan ukuran pengambilan logam berat oleh tumbuhan kerana ia tidak menggambarkan kepekatan sebenar yang akan diambil oleh tumbuhan. Bagi logam yang mempunyai kandungan tersedia yang sangat rendah sehingga tidak dapat dikesan, tumbuhan juga sukar untuk mengambalnya. Ini ditunjukkan

oleh nilai kepekatan yang berada di bawah had pengesanan dalam bahagian-bahagian tumbuhan.

Berdasarkan Jadual 5, tertib purata peratusan logam tersedia paling tinggi ditunjukkan oleh Mn (39.74%) diikuti oleh Pb (38.20%), Co (18.57%), Ni (17.68%), Cr (9.03%) dan Fe (1.70%), manakala kepekatan tersedia bagi Zn, Cu dan Cd adalah di bawah had pengesanan. Kepekatan logam jumlah yang tinggi dalam tanah tidak semestinya menunjukkan kepekatan tersedia yang juga tinggi. Kandungan Mn tersedia tinggi di kawasan kajian kerana ia berkorelasi dengan tipologi tanah dan berkadar langsung dengan kandungan lempung (Kabata-Pendias 2011), manakala peratus ketersediaannya Pb yang tinggi mungkin disumbangkan oleh aktiviti antropogenik. Kawasan persampelan di Stesen 1, 2 dan 3 walaupun berbeza gunatanah, tetapi kedudukan persampelan yang tidak jauh daripada kawasan perumahan dan pertanian mungkin penyebab utama kepada peratusan Pb tersedia yang tinggi. Peratusan Pb tersedia yang tinggi ini dijangka disumbangkan oleh penggunaan pestisid dan cat di sekitar kawasan kajian.

Secara umumnya logam berat tersedia di dalam tanah ultrabes paling tinggi ditunjukkan oleh Mn diikuti oleh Ni, Co, Fe, Cr dan Pb. Kandungan bahan organik yang tinggi mungkin mempengaruhi kepekatan tersedia beberapa logam berat seperti Co dan Mn di kawasan kajian. Korelasi yang signifikan positif antara bahan organik dengan Co ( $r=0.59$ ,  $p < 0.05$ ) dan Mn ( $r=0.79$ ,  $p < 0.01$ ) menjelaskan hubungan ini. Kajian Zulfahmi et al. (2001) mendapati bahawa purata kandungan logam berat di dalam tanah bertekstur lempung dan lom lempung adalah lebih tinggi berbanding dengan tekstur lain.

JADUAL 3. Nilai purata kandungan logam berat tersedia dalam tanah (mg/kg)

| Stesen | Cu  | Pb   | Mn     | Co    | Ni    | Fe    | Cr    | Zn  | Cd  |
|--------|-----|------|--------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 1      | bdl | 0.23 | 189.88 | 16.31 | 19.96 | 36.93 | 13.19 | bdl | bdl |
| sp ±   | bdl | 0.02 | 26.54  | 1.82  | 1.98  | 11.64 | 0.28  | bdl | bdl |
| 2      | bdl | 0.28 | 460.61 | 50.47 | 25.24 | 20.33 | 13.10 | bdl | bdl |
| sp ±   | bdl | 0.01 | 58.29  | 0.77  | 0.99  | 3.97  | 0.02  | bdl | bdl |
| 3      | bdl | 0.39 | 274.93 | 44.13 | 50.59 | 31.00 | 14.43 | bdl | bdl |
| sp ±   | bdl | 0.03 | 39.17  | 2.72  | 3.69  | 5.70  | 0.09  | bdl | bdl |
| Purata | bdl | 0.30 | 308.47 | 36.97 | 31.93 | 29.42 | 13.57 | bdl | bdl |

bdl= di bawah had pengesanan

JADUAL 4. Tertib kepekatan logam berat tersedia dalam tanah

| Stesen | Tertib kehadiran logam berat                       |
|--------|--|
| 1      | $Mn > Fe > Ni > Co > Cr > Pb > Cu^* = Zn^* = Cd^*$ |
| 2      | $Mn > Co > Ni > Fe > Cr > Pb > Cu^* = Zn^* = Cd^*$ |
| 3      | $Mn > Ni > Co > Fe > Cr > Pb > Cu^* = Zn^* = Cd^*$ |
| Purata | $Mn > Co > Ni > Fe > Cr > Pb > Cu^* = Zn^* = Cd^*$ |

\*=di bawah had pengesanan

JADUAL 5. Peratusan kandungan logam berat tersedia dalam tanah (%)

| Stesen | Cu  | Pb    | Mn    | Co    | Ni    | Fe   | Cr    | Zn  | Cd  |
|--------|-----|-------|-------|-------|-------|------|-------|-----|-----|
| 1      | bdl | 32.25 | 47.74 | 14.97 | 6.74  | 2.14 | 5.08  | bdl | bdl |
| 2      | bdl | 39.24 | 47.84 | 30.23 | 22.41 | 1.20 | 17.82 | bdl | bdl |
| 3      | bdl | 43.11 | 23.65 | 10.50 | 23.88 | 1.75 | 4.19  | bdl | bdl |
| Purata | bdl | 38.20 | 39.74 | 18.57 | 17.68 | 1.70 | 9.03  | bdl | bdl |

bdl= di bawah had pengesanan

#### LOGAM BERAT DALAM TUMBUHAN

Purata kepekatan logam berat dalam bahagian tumbuhan kajian mengikut stesen ditunjukkan dalam Jadual 6, manakala tertib kehadiran logam berat dalam bahagian tumbuhan ditunjukkan dalam Jadual 7. Secara keseluruhannya, kepekatan Mn, Fe, Ni, Co dan Cr menunjukkan kepekatan yang tinggi dalam bahagian tumbuhan kajian berbanding dengan logam lain kerana batuan ultrabases secara tabiinya adalah kaya dengan logam Ni, Cr dan Co (Plant & Raiswell 1983). Ujian ANOVA menunjukkan Ni (akar) berbeza dengan signifikan antara stesen 3 dengan stesen 1 dan 2, Fe, Mn dan Ni dalam daun berbeza dengan signifikan antara stesen 2 dengan stesen 1 dan 3, Cr (daun) berbeza dengan signifikan antara stesen 1 dan 2, Pb (akar) berbeza dengan signifikan antara stesen 1 dan 3 serta Cr (akar) berbeza dengan signifikan antara stesen 1, 2 dan 3 dengan nilai  $p < 0.05$ . Manakala Co, Fe dan Mn dalam akar, Co, Fe, Mn, Ni, Cr dan Pb dalam batang, Co dan Pb dalam daun tidak berbeza dengan signifikan antara ketiga-tiga stesen dengan nilai  $p > 0.05$ .

Logam Cu, Fe, Mn dan Zn merupakan unsur penting dalam tumbesaran tumbuhan manakala logam Cd dan Pb berpotensi menjadi toksik kepada tumbuhan (Berg 1997). Walau bagaimanapun, daripada kajian yang telah dijalankan hanya logam Fe dan Mn yang tinggi diperolehi dalam tumbuhan kajian manakala logam Cu dan Zn tidak

dapat dikesan. Menurut Maiz et al. (2000) logam Mn merupakan logam yang tidak membentuk ikatan yang kuat dalam tanah dan ia mudah diekstrak, menyebabkan ia mudah mengalami perubahan ion dan seterusnya diambil oleh tumbuhan. 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 1997).

Menurut Cataldo et al. (1978), apabila Ni berada 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, penjerapannya mempunyai korelasi positif dengan penumpukan Ni dalam tanah. Korelasi antara kandungan Ni dalam tanah dengan Ni dalam bahagian daun adalah signifikan positif ( $r=0.74$ ,  $p < 0.01$ ).

Berdasarkan kriteria yang telah diberikan oleh Kabata-Pendias (2011) didapati kepekatan Co pada Stesen 1, 2 dan 3 melebihi kepekatan kritikal logam berat dalam tumbuhan iaitu 15-50 mg/kg, manakala Ni dan Cr pula terletak dalam julat kepekatan kritikal masing-masing sebanyak 10-100 mg/kg dan 5-30 mg/kg. Tumbuhan yang ditanam di kawasan yang mempunyai kandungan logam berat yang tinggi secara semula jadi cenderung untuk mengumpul logam berat tersebut (Kabata-Pendias 2011).

JADUAL 6. Kandungan logam berat dalam bahagian (akar, batang dan daun) pokok daun kari mengikut stesen (mg/kg)

| Stesen | Bahagian                           | Mn      | Fe      | Co     | Ni     | Pb     | Cr    | Cu     | Cd   | Zn      |
|--------|------------------------------------|---------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|------|---------|
| 1      | Akar                               | 102.12  | 2008.13 | 135.38 | 64.83  | 0.73   | 26.00 | bdl    | bdl  | 5.27    |
|        | Batang                             | 124.29  | 106.96  | 29.17  | 65.74  | 0.67   | 4.22  | bdl    | bdl  | bdl     |
|        | Daun                               | 117.42  | 386.03  | 21.83  | 77.48  | 0.68   | 10.68 | bdl    | bdl  | bdl     |
|        | Purata                             | 114.61  | 833.71  | 62.13  | 69.35  | 0.69   | 13.63 | bdl    | bdl  | 1.76    |
| 2      | Akar                               | 107.52  | 1735.35 | 48.21  | 58.00  | 0.65   | 8.30  | bdl    | bdl  | 1.00    |
|        | Batang                             | 127.63  | 143.74  | 34.11  | 66.09  | 0.68   | 5.82  | bdl    | bdl  | bdl     |
|        | Daun                               | 123.30  | 164.48  | 102.03 | 66.30  | 0.68   | 6.02  | bdl    | bdl  | 13.20   |
|        | Purata                             | 119.48  | 681.19  | 61.45  | 63.46  | 0.67   | 6.71  | bdl    | bdl  | 4.70    |
| 3      | Akar                               | 109.35  | 1822.06 | 90.50  | 95.62  | 0.57   | 18.44 | bdl    | bdl  | 1.27    |
|        | Batang                             | 129.35  | 291.76  | 32.29  | 68.69  | 0.70   | 4.40  | bdl    | bdl  | bdl     |
|        | Daun                               | 122.20  | 358.61  | 42.43  | 76.32  | 0.67   | 8.20  | bdl    | bdl  | 0.67    |
|        | Purata                             | 120.30  | 824.14  | 55.07  | 80.21  | 0.65   | 10.35 | bdl    | bdl  | 0.64    |
|        | *Kepekatan kritikal dalam tumbuhan | 300-500 | -       | 15-50  | 10-100 | 30-300 | 5-30  | 20-100 | 5-30 | 100-400 |

bdl=di bawah had pengesanan, \*Kabata-Pendias (2011)

Dalam bahagian akar, Fe menunjukkan purata kepekatan yang tinggi bagi semua stesen dengan kepekatan paling tinggi pada Stesen 1 iaitu 2008.13 mg/kg diikuti oleh Stesen 3 dan 2 masing-masing sebanyak 1822.06 mg/kg dan 1735.35 mg/kg. Kepekatan Fe pada bahagian akar lebih tinggi berbanding bahagian batang dan daun kerana akar tumbuhan lazimnya akan menimbun lebih banyak logam berat pada bahagian akar (Kabata-Pendias 2011). Pada bahagian batang pula, Mn menunjukkan purata kepekatan tertinggi pada Stesen 1 sebanyak 124.29 mg/kg, manakala pada Stesen 3 dan 2, Fe menunjukkan purata kepekatan tertinggi masing-masing sebanyak 291.76 mg/kg dan 143.74 mg/kg.

Dalam bahagian daun, Fe menunjukkan purata kepekatan yang tinggi pada kesemua stesen dengan kepekatan paling tinggi pada Stesen 1 sebanyak 386.03 mg/kg diikuti Stesen 3 dan 2 masing-masing sebanyak 358.61 mg/kg dan 164.48 mg/kg. Menurut Kabata-Pendias (2011), kandungan Fe dalam bahagian daun jauh lebih rendah daripada bahagian akar kerana akar tumbuhan berkebolehan menurunkan  $Fe^{3+}$  kepada  $Fe^{2+}$ , maka kation ini banyak diserap oleh kebanyakan tumbuhan Chaney

(1972). Kepekatan logam dalam tisu tumbuhan sangat dipengaruhi oleh kekekatannya dalam tanah dan nilai pH (Peralta-Videa et al. 2002). Secara umumnya kepekatan logam berat dalam bahagian tumbuhan di ketiga-tiga stesen persampelan dalam susunan menurun adalah  $Fe > Mn > Ni > Co > Cr > Pb$  (Jadual 7).

Nilai BAC dalam bahagian pokok daun kari pada ketiga-tiga stesen ditunjukkan dalam Jadual 8. Jumlah kumulatif (jumlah<sub>k</sub>) dalam bahagian-bahagian tumbuhan menunjukkan pengumpulan Pb yang lebih tinggi berbanding dengan logam lain dengan nilai purata keseluruhan BAC<sub>j</sub> sebanyak 4.17 diikuti oleh Ni, Fe, Co, Mn dan Cr masing-masing sebanyak 1.22, 1.16, 0.92, 0.67 dan 0.14. Dalam bahagian akar, tertib BAC adalah  $Pb > Fe > Co > Ni > Mn > Cr$  dengan masing-masing sebanyak 1.35, 0.87, 0.47, 0.42, 0.20 dan 0.08. Tertib BAC bagi bahagian batang ialah  $Pb > Ni > Mn > Co > Fe > Cr$  masing-masing sebanyak 1.42, 0.38, 0.24, 0.16, 0.11 dan 0.02 manakala bagi bahagian daun tertibnya ialah  $Pb > Ni > Co > Mn > Fe > Cr$  masing-masing sebanyak 1.40, 0.42, 0.28, 0.23, 0.18 dan 0.04.

Walaupun Pb hadir secara semula jadi dalam tumbuhan tetapi ia tidak memberi sebarang fungsi kepada metabolisme

JADUAL 7. Tertib kehadiran logam berat dalam bahagian tumbuhan (*Murraya koenigi*)

| Stesen | Bahagian           | Tertib kehadiran logam berat                       |
|--------|--------------------|--|
| 1      | Purata keseluruhan | $Fe > Mn > Ni > Co > Cr > Zn > Pb > Cu^* = Cd^*$   |
|        | Akar               | $Fe > Co > Mn > Ni > Cr > Zn > Pb > Cu^* = Cd^*$   |
|        | Batang             | $Mn > Fe > Ni > Co > Cr > Pb > Zn^* = Cu^* = Cd^*$ |
|        | Daun               | $Fe > Mn > Ni > Co > Cr > Pb > Zn^* = Cu^* = Cd^*$ |
| 2      | Purata keseluruhan | $Fe > Mn > Ni > Co > Cr > Zn > Pb > Cu^* = Cd^*$   |
|        | Akar               | $Fe > Mn > Ni > Co > Cr > Zn > Pb > Cu^* = Cd^*$   |
|        | Batang             | $Fe > Mn > Ni > Co > Cr > Pb > Zn^* = Cu^* = Cd^*$ |
|        | Daun               | $Fe > Mn > Co > Ni > Cr > Zn > Pb > Cu^* = Cd^*$   |
| 3      | Purata keseluruhan | $Fe > Mn > Ni > Co > Cr > Pb > Zn > Cu^* = Cd^*$   |
|        | Akar               | $Fe > Mn > Ni > Co > Cr > Zn > Pb > Cu^* = Cd^*$   |
|        | Batang             | $Fe > Mn > Ni > Co > Cr > Pb > Zn^* = Cu^* = Cd^*$ |
|        | Daun               | $Fe > Mn > Ni > Co > Cr > Pb > Zn > Cu^* = Cd^*$   |

\* = Di bawah had pengesanan

JADUAL 8. Jumlah kumulatif (Jumlah<sub>k</sub>) kandungan logam berat dalam tumbuhan dan koefisien pengumpulan biologi (BAC<sub>j</sub>) berdasarkan logam berat jumlah dalam tanah

| Bahagian                   | Pb   | Co     | Mn     | Fe      | Ni     | Cr    | Zn    |
|----------------------------|------|--------|--------|---------|--------|-------|-------|
| Jumlah <sub>k</sub>        | 2.00 | 178.65 | 354.39 | 1969.09 | 213.03 | 30.69 | 7.13  |
| (BAC <sub>j</sub> )        | 2.56 | 0.77   | 0.42   | 1.14    | 1.03   | 0.14  | 0.15  |
| Akar                       | 0.65 | 91.36  | 106.33 | 1485.23 | 72.82  | 17.58 | 2.51  |
| (BAC)                      | 0.83 | 0.39   | 0.13   | 0.86    | 0.35   | 0.08  | 0.05  |
| Batang                     | 0.68 | 31.86  | 127.09 | 180.82  | 66.84  | 4.81  | bdl   |
| (BAC)                      | 0.87 | 0.14   | 0.15   | 0.10    | 0.32   | 0.02  | 0.00  |
| Daun                       | 0.67 | 55.43  | 120.97 | 303.04  | 73.37  | 8.3   | 4.62  |
| (BAC)                      | 0.86 | 0.24   | 0.14   | 0.18    | 0.35   | 0.04  | 0.10  |
| Tanah (Logam berat jumlah) | 0.78 | 231.99 | 841.07 | 1729.73 | 206.91 | 226   | 48.11 |



JADUAL 9. Jumlah kumulatif (Jumlah<sub>k</sub>) kandungan logam berat dalam tumbuhan dan koefisien pengumpulan biologi (BAC<sub>j</sub>) berdasarkan logam berat tersedia dalam tanah

| Bahagian                     | Pb   | Co     | Mn     | Fe      | Ni     | Cr    |
|------------------------------|------|--------|--------|---------|--------|-------|
| Jumlah <sub>k</sub>          | 2.00 | 178.65 | 354.39 | 1969.09 | 213.03 | 30.69 |
| (BAC <sub>j</sub> )          | 6.67 | 4.83   | 1.15   | 66.93   | 6.67   | 2.26  |
| Akar                         | 0.65 | 91.36  | 106.33 | 1485.23 | 72.82  | 17.58 |
| (BAC)                        | 2.17 | 2.47   | 0.34   | 50.48   | 2.28   | 1.30  |
| Batang                       | 0.68 | 31.86  | 127.09 | 180.82  | 66.84  | 4.81  |
| (BAC)                        | 2.27 | 0.86   | 0.41   | 6.15    | 2.09   | 0.35  |
| Daun                         | 0.67 | 55.43  | 120.97 | 303.04  | 73.37  | 8.3   |
| (BAC)                        | 2.23 | 1.50   | 0.39   | 10.30   | 2.30   | 0.61  |
| Tanah (Logam berat tersedia) | 0.3  | 36.97  | 308.47 | 29.42   | 31.93  | 13.57 |

tumbuhan serta ia juga merupakan elemen toksik kepada tumbuhan. Daripada kajian yang telah dijalankan, didapati Pb paling banyak diserap oleh tumbuhan kerana kemungkinan Pb bukan diambil secara terus daripada tanah tetapi ia diserap daripada tumbuhan yang telah mati yang terkumpul berdekatan permukaan tanah (Kabata-Pendias 2011). Kepekatan logam Mn, Ni dan Co relatifnya tinggi pada Stesen 2 dan 3 menyebabkan pengurangan dalam penyerapan dan translokasi Fe serta mengurangkan pembentukan klorofil (Kabata-Pendias 2011).

Data dalam Jadual 9 menunjukkan walaupun logam berat tersedia adalah rendah tetapi jumlah yang tertumpuk dalam bahagian tumbuhan adalah tinggi bagi sesetengah jenis logam. Jumlah BAC kumulatif bagi Fe adalah tertinggi diikuti oleh Pb=Ni, Co, Cr dan Mn. Fe yang terkumpul dalam tumbuhan adalah 66 kali ganda berbanding kandungan tersedia dalam tanah, manakala logam yang lain kurang daripada 7 kali ganda kepekatan logam berat tersedia dalam tanah.

Bahagian-bahagian tumbuhan seperti akar, batang dan daun digunakan sebagai petunjuk kepada pencemaran logam berat dalam tumbuhan kerana logam mempunyai keupayaan untuk berkumpul pada bahagian tertentu tumbuhan (McLaughlin et al. 2000). Jika ketersediaan logam berat kepada tumbuhan dalam tanah melebihi takat ambang, maka ia boleh menyebabkan kesan ketoksikan kepada tumbuhan akibat pengambilan logam berat yang berlebihan (He et al. 2005). Tumbuhan yang terdapat di kawasan ultrabes relatifnya mengandungi logam berat seperti Ni, Co dan Cr pada kepekatan yang lebih tinggi (Proctor & Nagy 1992). Tumbuhan sedia untuk mengambil logam yang terlarut dalam larutan tanah sama ada dalam bentuk ion, terikat atau kompleks (Kabata-Pendias 2011).

#### KESIMPULAN

Kandungan logam berat paling tinggi dalam tanah ultrabes di kawasan kajian adalah Fe diikuti oleh Mn, Ni, Co, Cr, Zn, Cu, Cd dan Pb. Kandungan logam berat tersedia paling

tinggi adalah Mn diikuti oleh Fe, Ni, Co, Cr dan Pb. Logam berat yang paling banyak diambil oleh tumbuhan adalah Pb diikuti oleh Fe, Ni, Co, Mn dan Cr, manakala logam Cu, Zn dan Cd tidak dapat dikesan. Walaupun kepekatan Fe, Cr, Co, Mn dan Ni tinggi dalam tanah ultrabes tetapi logam ini tidak diambil dalam jumlah yang banyak oleh pokok daun kari. Logam Pb, Fe dan Ni ditimbunkan dengan agak banyak oleh pokok daun kari *Murraya koenigi* berdasarkan nilai BACnya yang lebih daripada 1.

#### PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Fakulti Sains dan Teknologi, UKM yang telah menyediakan prasarana untuk penyelidikan ini dan juga kepada UKM di atas geran penyelidikan UKM-GUP-ASPL-07-06-007 dan UKM-GUP-2011-182 untuk menjalankan penyelidikan ini.

#### RUJUKAN

- Abd-Elfattah, A. & Wada, K. 1981. Adsorption of lead, copper, zinc, cobalt dan cadmium by soils that differ in cation-exchange materials. *J. Soil Sci.* 32: 271-280.
- AOAC. 1984. *Official Method of Analysis*. 14<sup>th</sup> ed. William, S. (eds). Virginia: Association of Official Chemist.
- APHA. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21<sup>st</sup> ed. American Public Health Association, American Water Work Association, Water Pollution Control Federation and Water Environment Federation. Washington D.C.
- Aubert, H. & Pinta, M. 1977. *Trace Elements in Soils*. New York: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Baba Musta. 1995. Perlakuan luluhawa batuan bes dan ultrabes di Malaysia: Tafsiran geokimia. Tesis Sarjana Sains, Fakulti Sains Fizis dan Gunaan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi (tidak diterbitkan).
- Berg, L.R. 1977. *Introductory Botany: Plants, People and the Environment*. New York: Saunders College Publishing.
- Beurlen, H. & Cassedanne J.P. 1981. The Brazilian mineral resources. *Earth Science Reviews* 17: 177-206.
- Brooks, R.R. 1987. *Serpentine and its Vegetation*. London: Croom Helm Ltd.

- Burt, R.M., Fillmore, A., Wilson, M.R., Gross, E.W., Langridge, R. & Lammers, A.D. 2001. Soil properties of selected pedons on ultramafic rocks in Klamath Mountains. *Soil Sc. Plant Anal.* 32: 2145-2175.
- Cataldo, D.A., Garland, T.R. & Wildung, R.E. 1978. Nickel in plant. *Plant Physiol.* 40: 563-566.
- Chaney, R.L. 1972. Crop and food chain affects of toxic elements in sludges and effluents. *Conf. on Recycling Municipal Sludges and Effluents on Land*. National Association of State Universities and Land Grant Colleges. pp. 129-143.
- Coleman, R. & Jove, C. 1992. Geologic origin of serpentinites. Paper read at The Vegetation of Ultramafic (Serpentine) Soils: *Proceedings of the First International Conference on Serpentine Ecology*, U.K.
- Cui, S., Zhou, Q. & Chao, L. 2007. Potential hyper-accumulation of Pb, Zn, Cu and Cd in enduring plants distributed in an old smeltery, northeast China. *Environmental Geology* 51: 1043-1048.
- He, Z.L., Chen, G.C., Xu, H.P., Yang, X.E. & Zhu, Y.M. 2005. Adsorption-desorption characteristics of Cadmium in variables charge soils. *Environmental Science Health* 40(4): 805-822.
- 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. 2011. *Trace Elements in Soils and Plants*. 3<sup>rd</sup> ed. Boca Raton: CRC Press.
- Khoo, K.K. 1998. *Geology and Mineral Resources of the Kuala Pilah Area, Negeri Sembilan*. Kuala Lumpur: Jabatan Penyiataan Kajibumi Malaysia.
- Li, M.S., Luo, Y.P. & Su, Z.Y. 2007. Heavy metal concentrations in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, South China. *Environmental Pollution* 147: 168-175.
- Lindsay, W.L. 1972. Zinc in soils and plant nutrition. *Adv. Agron.* 24: 146-150.
- Maiz, I., Arambarri, I., Garcia, R. & Millan, E. 2000. Evaluation of heavy metal 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 metal on oxides of manganese and iron. *Aust. J. Soil Res.* 18: 15-20.
- McLaughlin, M.J., Hamon, R.E., McLaren, R.G., Speir, T.W. & Rogers, S.L. 2000. A bioavailability-based rationale for controlling metal and metalloid contamination of agricultural land in Australia and New Zealand. *Aust. J. Soils Res.* 38: 1037-1086.
- Murphy, J. & Riley, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta* 27: 31-36.
- Othman, Y. & Shamsuddin, J. 1982. *Sains Tanah*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa Dan Pustaka.
- Plant, J.A. & Raiswell, R. 1983. Principles of environmental geochemistry. In: Thornton, I. (eds). *Applied Environmental Geochemistry*. London: Academic Press.
- Peralta-Videa, J.R., Carrillo, G., Gardea-Torresdey, J.L., Gomez, E., Parsons, J.G. & Tiemann, K.J. 2002. Effects of mixed cadmium, copper, nickel and zinc at different pHs upon alfalfa growth and heavy metal uptake. *Environ. Pollut.* 119: 291-301.
- Poon, Y.C. & Chang, A.K. 1979. *The Chemistry and Fertility of Acid Sulphate Soils*, edited by Othman Y. & Sharifuddin, H.A.H. Serdang, Malaysia: Malaysian Society of Soil Science.
- Proctor, J. & Nagy, L. 1992. Ultramafic rocks and their vegetation: An overview. In: Baker, A.J.M., Proctor, J., Reeves, R.D. (Eds). *The Vegetation of ultramafic (Serpentine Soils)*. Intercept, Andover, Hants. pp. 469-494.
- Richard, B.W., Helen, M.W. & Ashworth, P.R. 1954. *Calcium-magnesium Nutrition with Special Reference to Serpentine Soils*. Botany Department, University of Washington, Seattle 5, Washington.
- Sahibin Abd. Rahim, Muhd. Barzani Gasim, Mohd Nizam Mohd Said, Wan Mohd Razi Idris, Azman Hashim, Sharilnizam Yusof & Masniyana Jamil. 2008. Kandungan logam berat di dalam beberapa siri tanah oksisol sekitar Tasik Chini, Pahang. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences* 12(1): 95-104.
- Sahibin Abd. Rahim, Zulfahmi Ali Rahman, Muhd. Barzani Gasim, Wan Mohd Razi Idris & Mohamad Md. Tan. 2008. Komposisi unsur-unsur utama dan logam berat dalam tanah di sekitar bukit batu kapur di Perlis. *Sains Malaysiana* 37(4): 341-350.
- Sahibin Abdul Rahim, Wan Mohd Razi Idris, Zulfahmi Ali Rahman, Kadderi Md. Desa, Tukimat Lihan, Azman Hashim, Sharilnizam Yusof & Kuan Low Hew. 2009. Kandungan logam berat terpilih dalam tanah ultrabases dan mengkudu *Morinda citrifolia* dari Kuala Pilah, Negeri Sembilan, Malaysia. *Sains Malaysiana* 38(5): 637-644.
- Shamsuddin, J. 1990. *Sifat dan Pengurusan Tanah di Malaysia*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa Dan Pustaka & Kementerian Pendidikan Malaysia.
- Susheela, R. 2007. *Handbook of Spices, Seasonings and Flavorings*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Tam, N.F.Y. & Wong, Y.S. 2000. Spatial variation of heavy metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps. *Environ. Pollut.* 110: 195-205.
- Tessier, A., Campbell, P.G.C. & Bisson, M. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Anal. Chem.* 51: 844-851.
- Wendy, H. & Alberto, C. 2003. *Handy Pocket Guide to Asian Herbs & Spices*. Singapore: Periplus Editions (HK) Ltd.
- Zulfahmi Ali Rahman, Sahibin Abdul Rahim, Mohd Talib Latif & Yeen, L.L. 2001. Taburan unsur major dan logam berat tanahatas lombong emas Bukit Koman, Raub Pahang. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 7(1): 41-48.
- A.R. Sahibin\*, I. Wan Mohd Razi, A.R. Zulfahmi, L. Tukimat, A.B. AK Jalaludin, H. Azman & M.I. Nur Diyana  
Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam  
Fakulti Sains dan Teknologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600, Bangi, Selangor Darul Ehsan  
Malaysia
- A.R. Sahibin\*  
Pusat Penyelidikan Sistem Perubahan Iklim Tropika  
Fakulti Sains dan Teknologi, UKM  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600, Bangi, Selangor  
Malaysia

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

Diserahkan: 22 Disember 2011

Diterima: 13 September 2012