



UNIVERSITI PUTRA MALAYSIA

KAJIAN KE ATAS LOGAM BERAT DALAM TANAH DAN TISU KOKO

ROZITA OSMAN

FP 2002 13

KAJIAN KE ATAS LOGAM BERAT DALAM TANAH DAN TISU KOKO

Oleh
ROZITA OSMAN

**Tesis ini Dikemukakan Kepada Sekolah Pengajian Siswazah, Universiti Putra
Malaysia, Sebagai Memenuhi Keperluan untuk Ijazah Master Sains Pertanian**

Februari 2002



**Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Putra Malaysia
sebagai memenuhi keperluan untuk ijazah Master Sains Pertanian**

KAJIAN KE ATAS LOGAM BERAT DALAM TANAH DAN TISU KOKO

Oleh

ROZITA BINTI OSMAN

Februari 2002

Pengerusi : Dr. Che Fauziah Ishak

Fakulti : Pertanian

Terdapat laporan kehadiran logam berat seperti Cd, Cu, As dan Pb yang agak tinggi dalam biji koko dan hasilannya. Namun tiada bukti menunjukkan pencemaran logam berat berlaku semasa pemprosesan biji koko, pengangkutan atau penyimpanan. Ini mungkin disebabkan kehadirannya melalui pengambilan oleh tanaman daripada tanah. Pengumpulan logam berat dalam tanah dan tisu boleh hadir secara semulajadi dalam tanah semasa proses luluhawa ataupun melalui amalan kultura dan pengurusan yang dijalankan dalam sistem perladangan. Kajian logam berat dalam tanah dan tisu koko di Malaysia belum dijalankan dengan meluas.

Justeru itu, kajian ini telah dijalankan dengan objektif utamanya untuk menentukan kepekatan logam berat dalam tanah dan tisu koko bagi tanah yang terbentuk daripada aluvium dan andesit. Manakala objektif khususnya adalah untuk menentukan i) kepekatan Cd, Cu, Ni, Pb dan Zn dalam tanah yang ditanam dengan koko, ii) kaitan di antara pembolehubah tanah dengan kepekatan logam berat dalam



tanah, iii) kebolehan tanah untuk menjerap Cd, Zn dan P dan iv) bentuk-bentuk Cd dan Zn dalam tanah.

Kajian pertama melibatkan tujuh siri tanah yang terbentuk daripada aluvium (Briah, Gong Chenak, Serok, Jawa, Sejacob, Kampung Pusu dan Tok Yong) dan tiga siri tanah yang terbentuk daripada andesit (Benta, Segamat dan Katong). Kepekatan Cd, Cu dan Ni dalam tanah yang terbentuk daripada andesit lebih tinggi daripada nilai yang dilaporkan bagi tanah di Malaysia. Secara amnya, tanah yang terbentuk daripada tanah vulkanik basik (andesit) mengandungi logam berat yang lebih tinggi berbanding dengan aluvium pada kedalaman 0-20 sm kecuali bagi Pb. Kandungan logam berat jumlah (Ni, Pb dan Zn) berkorelasi dengan pH, Cd dan Zn dengan EC, Cu dan Zn dengan KPK, Cd dengan karbon organik, Cd, Cu, Ni dan Zn dengan lempung, Cd, Pb dan Zn terekstrak dengan P tersedia. Korelasi di antara Cd, Pb dan Zn terekstrak dengan P tersedia menunjukkan penambahannya dalam tanah melalui pembajaan batuan fosfat. Analisis regresi berbilang juga menunjukkan bahawa pembolehubah tanah menjadi faktor penyumbang yang besar mempengaruhi kepekatan logam berat dalam tanah, terutamanya, lempung.

Kadmium dan Zn dalam tisu koko bagi sesetengah siri tanah telah melebihi atau menghampiri paras maksimum yang dibenarkan. Kepekatan Cd, Cu dan Ni dalam biji koko lebih tinggi dalam tanah yang terbentuk daripada andesit berbanding dengan aluvium. Sementara Pb dan Zn lebih tinggi dalam tanah yang terbentuk daripada

aluvium. Berdasarkan analisis korelasi ringkas, kepekatan logam berat dalam tanah mempengaruhi kepekataannya dalam tisu koko.

Kajian kedua pula berkaitan dengan kebolehan tanah untuk menjerap logam berat. Ia melibatkan dua siri tanah yang terbentuk daripada andesit (Katong dan Segamat) dan empat siri tanah yang terbentuk daripada aluvium (Gong Chenak, Jawa, Serok dan Tok Yong). Penjerapan Cd dan Zn dapat diterangkan dengan baik oleh Persamaan Freundlich, manakala P pula dapat diterangkan oleh Persamaan Langmuir. Tanah siri Jawa dapat memegang Cd dan Zn dengan lebih banyak dan lebih kuat berbanding dengan lain-lain siri. Sementara bagi P, siri Katong dan Segamat dapat memegang P dengan lebih banyak.

Kajian ketiga pula adalah penentuan bentuk-bentuk Cd dan Zn dalam tanah, iaitu tukarganti, oksida Fe-Mn, organik dan sisa baki. Bentuk-bentuk Cd dalam tanah seperti berikut : 64-79% terikat dengan oksida Fe-Mn, 50-91% bentuk sisa baki, 2-17% bentuk organik dan 3-12% bentuk tukarganti. Bentuk-bentuk Zn pula : 50-91% bentuk sisa baki, 2-45% bentuk oksida Fe-Mn, 1-29% bentuk organik dan 2-18% tukarganti. Berdasarkan kebolehan ion bergerak adalah berkurangan dengan turutan pengekstrakan, Cd lebih berpotensi tersedia kepada tanaman berbanding Zn. Tiada pertalian nyata antara bentuk Cd dan Zn dalam tanah dengan Cd dan Zn dalam tisu.

Abstract of the thesis presented to the Senate of the Universiti Putra Malaysia in fulfilment of the requirement for the degree of Master of Agricultural Science

STUDY ON HEAVY METALS CONTENT IN COCOA SOILS AND TISSUES

By

ROZITA BINTI OSMAN

February 2002

Chairperson : Dr. Che Fauziah Ishak

Faculty : Agriculture

There are reports regarding the presence of heavy metals in cocoa beans and products of which Cd, Cu, As and Pb are of great concern. But there is no evidence of heavy metals contamination during bean processing, transport and storage. It is likely that these heavy metals are present due to their uptake by cocoa plants from the soils. The accumulation of heavy metals in soils and tissues may occur naturally from weathering process or from the management and cultural practices in the field system. In Malaysia, heavy metals study in cocoa soils and tissues were not widely carried out.

Therefore, this study was conducted with the main objective of determining the concentration of the heavy metals in soils from cocoa plantations and tissues of cocoa. Ten soil series from two types of parent materials namely the andesitic rocks and alluvium were studied. Meanwhile, the specific objectives are to determine i) the baseline data for Cd, Cu, Ni, Pb and Zn for cocoa soils, ii) the relationship between the soil variables and heavy metal concentrations, iii) the ability of soils to adsorb Cd, Zn and P, and iv) the forms of Cd and Zn in the soils.



The first study involved seven of the selected soil series that were developed from alluvium parent material (Briah, Gong Chenak, Serok, Jawa, Sejacob, Kampung Pusu and Tok Yong) and three series that were developed from andesitic rocks (Segamat, Katong and Benta). The concentrations of Cd, Cu and Ni in the soils developed from andesite are higher than those reported for the Malaysian soils. In general, the soils developed over the basic volcanic soils (andesite) showed higher concentration of heavy metals than the alluvial soils for the depth between 0-20 cm except for Pb. Total heavy metals contents (Ni, Pb and Zn) are correlated with pH, Cd and Zn with EC, Cu and Zn with CEC, Cd with organic carbon, Cd, Cu, Ni and Zn with clay, extractable Cd, Pb and Zn with available P. The correlation between extractable Cd, Pb and Zn with available P is indicative of addition of these metals as impurities in phosphatic fertilizers. Multiple regression analysis also showed that these soil variables are the major contributing factors influencing the concentration of heavy metals in soils, especially clay.

Heavy metal concentrations in the cocoa tissues were also studied. Cadmium and Zn in cocoa tissue for some soils series are above or has reached the maximum permitted concentrations. The concentrations of Cd, Cu and Ni in cocoa beans grown on andesitic soils are higher than the alluvial soils. Meanwhile, Pb and Zn in beans grown on alluvial soils showed higher values. Correlation analysis indicated that, the concentration of heavy metals in soils tends to influence the concentration of heavy metals in cocoa tissue.



The second study is related to the ability of the soil to adsorb heavy metals. This study involved two series developed from andesite (Katong and Segamat) and four series developed from alluvium (Gong Chenak, Jawa, Serok and Tok Yong). Cadmium and Zn can be well explained by Freundlich equation, while P can be well explained by Langmuir equation. Jawa series can adsorb higher concentration of Cd and Zn and tightly held by these soils compared to other soil series. For P adsorption, Katong and Segamat series can adsorb more P than other soil series.

The third study is to determine the forms of Cd and Zn in soils. They are exchangeable, Fe-Mn oxides, organic and residual forms. The forms of Cd in the soils are: 64-79% in Fe-Mn oxides form, 50-91% residual, 2-17% in organic form and 3-12% exchangeable. While for Zn are: 50-91% in residual form, 2-45% in Fe-Mn oxides form, 1-29% in organic form and 2-18% in exchangeable form. Based on the ability of ions to move decreased with the order of the extraction, Cd is potentially more available to plant than Zn. There is no clear relationship between the forms of Cd and Zn and Cd and Zn in tissues.



PENGHARGAAN

Alhamdulillah, bersyukur saya ke hadrat Allah S. W. T. kerana dengan limpah kurniaNya yang telah memberikan kekuatan kepada saya, akhirnya dapatlah saya menyiapkan pengajian ini.

Ucapan setinggi penghargaan dan jutaan terima kasih kepada Dr. Che Fauziah Ishak selaku penyelia yang amat disanjung kerana tidak pernah jemu memberikan tunjuk ajar, nasihat dan bimbingan yang amat berguna selama projek ini dijalankan. Juga jutaan terima kasih kepada ahli jawatankuasa penyeliaan saya iaitu, Prof. Madya Dr. Siti Zauyah Darus dan Dr. Anuar Abd. Rahim yang turut sama bersusah payah memberi teguran yang membina dan galakan serta segala bentuk kemudahan sepanjang menjalankan kajian makmal dan penyediaan manuskrip ini.

Juga ribuan terima kasih kepada Mr. Sivalingam dari Ladang Arcadia, Sitiawan, Perak, Mr. Chang dari Estet Air Tawar, Teluk Intan, Perak, En. Fauzi dari Ladang Koko, Pusat Penyelidikan Pertanian Tun Razak, Sungai Tekam, Jerantut, Pahang dan En Koo Ah Kow dari Ladang Koko Sungai Ruan, Raub, Pahang yang telah membenarkan penulis mengambil sampel tanah dan tisu koko dari ladang mereka.

Tidak dilupakan juga, ribuan terima kasih kepada En Alias dan En Ghazali yang telah banyak membantu semasa membuat persampelan di ladang, ribuan terima kasih juga kepada Puan Norhashimah, Encik Rahim dan Encik Jamil dari Makmal Analitik

yang telah banyak bersusah payah membantu dalam menjalankan kajian di makmal. Tanpa bantuan daripada mereka, adalah agak mustahil untuk menyiapkan kajian ini. Juga jutaan terima kasih kepada teman-teman tersayang, Azlina, Rosazlin dan Aniza yang telah banyak memberi perangsang dalam segala kesulitan yang dihadapi.

Akhir sekali, untuk suami tercinta, Radzuan Buang, anak tersayang, Muhammad Irfan Zikry, ayah Allahyarham Osman Ibrahim, emak Aishah Abdullah dan adik-adik Ika, Shaiful, Kak Chik, Ida dan Atan, terima kasih yang tak terhingga di atas segala galakan, kesabaran, sokongan moral dan inspirasi yang diberikan sepanjang pengajian ini. Buat ayah tersayang, pemergianmu di saat aku memerlukanmu (16 Januari, 2002), amat memilukan. Semoga Allah mencucuri rahmat ke atas rohmu.



KANDUNGAN

Muka surat

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	v
PENGHARGAAN	viii
PENGESAHAN	x
PERAKUAN	xii
SENARAI JADUAL	xv
SENARAI RAJAH	xvii
SENARAI GAMBAR	xviii

BAB

1	Pengenalan	1
2	Kajian Bahan Bertulis	4
	2.1 Kawasan Penanaman Koko.....	4
	2.2 Logam Berat.....	5
	2.2.1 Logam Berat Secara Am.....	5
	2.2.2 Logam Berat dalam Batuan dan Tanah.....	6
	2.2.3 Kajian Logam Berat di Malaysia.....	8
	2.2.4 Logam Berat dan Kedalaman Tanah.....	10
	2.2.5 Sumber-sumber Logam Berat.....	11
	2.2.6 Faktor yang Mempengaruhi Paras Logam Berat dalam Tanah.....	17
	2.2.7 Faktor yang Mempengaruhi Pengambilan Logam Berat oleh Tanaman.....	20
	2.2.8 Logam Berat dan Kesihatan.....	23
	2.3 Penjerapan Logam Berat.....	24
	2.3.1 Faktor yang Mempengaruhi Proses Penjerapan Logam Berat.....	25
	2.3.2 Persamaan Langmuir dan Freundlich bagi Cd, Zn dan P.....	31
	2.4 Bentuk-bentuk Logam Berat dalam Tanah.....	32
3	Bahan dan Kaedah	37
	3.1 Pemilihan Kawasan.....	37
	3.2 Persampelan Tanah dan Tisu Koko.....	38
	3.3 Penyediaan Sampel.....	38
	3.4 Kajian 1 – Penentuan Sifat Fizik dan Kimia Tanah serta Kepekatan Logam Berat dalam Tanah dan Tisu Koko.....	40
	3.4.1 Penentuan Sifat Fizik dan Kimia Tanah.....	40
	3.4.2 Penentuan Kepekatan Logam Berat dalam Tanah Koko.....	40
	3.4.3 Penentuan Kepekatan Logam Berat dalam Tisu Koko.....	41
	3.5 Kajian 2 – Penjerapan Cd, Zn dan P.....	41



3.5.1	Penjerapan Cd dan Zn.....	42
3.5.2	Penjerapan P.....	42
3.6	Kajian 3 – Penentuan Bentuk-bentuk Cd dan Zn dalam Tanah.....	44
4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN.....	47
4.1	Kajian 1 – Penentuan Sifat Fizik dan Kimia Tanah serta Kepekatan Logam Berat dalam Tanah dan Tisu Koko.....	47
4.1.1	Sifat Fizik dan Kimia Tanah.....	47
4.1.2	Kepekatan Logam Berat dalam Tanah yang Ditanam dengan Koko.....	52
4.1.3	Kepekatan Logam Berat dalam Tisu Tanaman Koko.....	57
4.1.4	Jaminan Kualiti Analisis.....	63
4.1.5	Perbezaan Pembolehkan Tanah dan Kepekatan Logam Berat di antara Tanah yang Terbentuk daripada Andesit dan Aluvium.....	63
4.1.6	Kaitan di antara Pembolehkan Tanah dengan Kepekatan Logam Berat dalam Tanah.....	67
4.1.7	Penentuan Faktor Tanah yang Menyumbang kepada Kepekatan Logam Berat dalam Tanah.....	71
4.1.8	Kaitan di antara Logam Berat dalam Tanah dengan Logam Berat dalam Tisu Koko.....	74
4.2	Kajian 2 – Penjerapan Cd, Zn dan P.....	77
4.2.1	Penjerapan Cd dan Zn.....	77
4.2.1	Penjerapan P.....	85
4.2.3	Kesimpulan.....	90
4.3	Kajian 3 – Bentuk-bentuk Cd dan Zn dalam Tanah.....	92
4.3.1	Kaitan di antara Bentuk-bentuk Cd dan Zn dalam Tanah dengan Kepekatannya Dalam Tisu Koko.....	97
4.3.2	Kesimpulan.....	98
5	KESIMPULAN AM.....	102
	BIBLIOGRAFI.....	107
	APENDIKS.....	123
	BIODATA.....	160



SENARAI JADUAL

Jadual	Muka surat
1. Anggaran kepekatan logam berat (mg kg^{-1}) dalam daun matang secara amnya (Kabata-Pendias dan Pendias, 1990).....	6
2. Kepekatan logam berat (mg kg^{-1}) dalam bahan induk andesit (Sahibin et al., 1996).....	9
3. Kepekatan logam berat (mg kg^{-1}) dalam sumber-sumbernya (Khanif et al., 1994).....	12
4. Kepekatan logam berat (mg kg^{-1}) dalam batuan fosfat yang berlainan (Anon, 1992).....	14
5. Kepekatan Cd (mg kg^{-1}) dalam batuan fosfat yang berlainan (Hutton dan Simon, 1986).....	14
6. Masalah-masalah kesihatan yang disebabkan oleh logam berat (Mertz, 1986; Fergusson, 1989; Alloway, 1990; Gupta dan Gupta, 1998).....	24
7. Keputusan semak silang (mg kg^{-1}) di antara CSIRO dan UPM.....	63
8. Perbezaan pembolehubah dan kepekatan logam berat dalam tanah di antara tanah yang terbentuk andesit dan aluvium.....	65
9. Perbezaan kepekatan logam berat dalam tisu koko di antara tanah yang terbentuk daripada andesit dan aluvium.....	66
10. Korelasi (r) di antara logam berat dengan pembolehubah tanah.....	71
11. Analisis regresi berbilang kandungan logam berat dalam tanah dengan pembolehubah tanah.....	74
12. Korelasi (r) di antara logam berat dalam tanah dengan logam berat dalam tisu koko.....	76
13. Nilai R^2 , $\log k$ (mg kg^{-1}) dan $1/n$ daripada Persamaan Freundlich untuk penjerapan Cd, Zn dan P oleh tanah.....	80
14. Nilai R^2 , b (penjerapan maksima) dan K (tenaga pengikatan ion) daripada Persamaan Langmuir untuk penjerapan Cd, Zn dan P oleh Tanah.....	81
15. Peratusan bentuk-bentuk Cd dalam tanah.....	95



16. Peratusan bentuk-bentuk Zn dalam tanah.....	96
17. Korelasi (r) di antara bentuk-bentuk Cd dan Zn dalam tanah dengan Cd dan Zn dalam tisu koko.....	98
18. Penyebaran bentuk-bentuk Cd dalam tanah.....	100
19. Penyebaran bentuk-bentuk Zn dalam tanah.....	101



SENARAI RAJAH

Rajah	Muka surat
1. Carta alir kaedah penentuan bentuk-bentuk Cd dan Zn (Griffin et al., 1989).....	46
2. Pembolehubah tanah yang dikaji a) pH, b) Kekonduksian Elektrik c) Keupayaan Pertukaran Kation, d) Peratus Karbon Organik, e) Peratus Lempung dan f) P Tersedia.....	50
3. Kepekatan logam berat (mg kg^{-1}) dalam tisu tanaman a) Cd, b) Cu, c) Ni, d) Pb dan e) Zn.....	55
4. Kepekatan logam berat (mg kg^{-1}) dalam tanah yang ditanam dengan koko a) Cd, b) Cu, c) Ni, d) Pb dan e) Zn.....	61
5. a) Isoterma penjerapan Cd.....	79
b) Isoterma penjerapan Zn.....	79
c) Isoterma penjerapan P.....	87



SENARAI GAMBAR

Plat	Muka surat
1. Siri Serok.....	123
2. Siri Gong Chenak.....	125
3. Siri Tok Yong.....	127
4. Siri Segamat.....	132
5. Siri Katong.....	134
6. Siri Kampung Pusu.....	136
7. Siri Benta.....	138



BAB 1

PENGENALAN

Dewasa ini, kajian berkenaan logam berat telah mencapai satu peringkat kajian yang intensif disebabkan potensi ketoksikannya terhadap tanaman, haiwan dan manusia. Walau bagaimanapun, kebanyakannya adalah mengenai kesan enap cemar kumbahan terhadap tanaman. Kajian mengenai logam berat yang ada dalam tanah akibat daripada pengurusan ataupun amalan kultura dalam sistem perladangan kurang diberi perhatian. Ini mungkin kerana kehadiran logam berat dalam baja atau racun misalnya, adalah lebih rendah daripada yang terdapat dalam enap cemar kumbahan.

Kepekatan logam berat dalam tanah memerlukan pengawasan yang berterusan kerana kemungkinan ia akan menyebabkan ketoksikan kepada manusia atau haiwan tanpa sebarang kesan ke atas tanaman (Tiller, 1989). Justeru itu, pengumpulan logam yang berpotensi menjadi toksik ini memerlukan perhatian yang serius. Dalam proses penentuan pencemaran logam berat dalam persekitaran, maklumat tentang data asas bagi status logam berat dalam tanah amat diperlukan. Kajian oleh saintis Belanda mendapati kebanyakan makanan mengandungi kurang daripada 0.4 mg kg^{-1} Ni kecuali dalam kacang dan koko. Sampel koko yang digunakan untuk membuat koko dan coklat mengandungi 5 dan 10 mg kg^{-1} Ni (Reilly, 1991).

Pada masa ini di Malaysia, data mengenai logam berat dalam tanah dan tisu tanaman koko yang boleh digunakan sebagai rujukan tidak mencukupi. Kajian yang dijalankan oleh Fauziah et al. (1998) melibatkan empat siri tanah yang terbentuk daripada aluvium sahaja, tidak termasuk tanah yang terbentuk daripada andesit. Data bagi kedua-dua jenis tanah ini perlu untuk mengenal pasti tanah yang berpotensi tercemar. Amalan pengurusan tanaman yang berbeza boleh membawa kepada perubahan dalam sifat-sifat kimia tanah. Namun begitu, perubahan-perubahan ini tidak dapat ditentukan kerana tidak terdapat data-data yang sedia ada untuk dijadikan perbandingan. Oleh itu, amatlah penting untuk kita mengetahui latar belakang kepekatan sesuatu unsur logam berat dalam tanah.

Di samping itu, bahaya logam berat terhadap kesihatan juga perlu diambil kira kerana masyarakat kini lebih prihatin. Kesedaran tentang bahaya yang disebabkan oleh logam berat terhadap kesihatan seperti darah tinggi, barah, penyakit bronkitis yang kronik dan lain-lain penyakit telah menjuruskan kepada kajian yang lebih mendalam mengenai logam berat dalam tanah dan tisu tanaman.

Terdapat juga laporan daripada Lembaga Koko Jerman (Knezevic, 1979; Knezevic, 1980; Knezevic, 1982) yang mengatakan bahawa biji koko dari Malaysia mempunyai kandungan logam berat yang tinggi iaitu hampir mencapai paras maksimum yang dibenarkan (MPC). Namun begitu kajian yang telah dijalankan oleh Lee dan Low (1985) dan Jinap et al. (1991) menunjukkan tiada bukti bahawa pencemaran logam berat berlaku semasa proses pengangkutan, pemprosesan dan penyimpanan kecuali bagi Zn.

Ini menunjukkan logam berat mungkin datang daripada tanah itu sendiri ataupun amalan kultura yang dijalankan di ladang koko.

Maka selaras dengan itu, kajian ini telah dijalankan dengan objektif seperti berikut :-

- 1. Untuk menentukan data asas logam berat (Cd, Cu, Ni, Pb dan Zn) bagi tanah yang ditanam dengan koko.**
- 2. Untuk menentukan kaitan di antara pembolehubah tanah dengan kepekatan logam berat dalam tanah.**
- 3. Untuk menentukan kebolehan tanah untuk menjerap Cd, Zn dan P.**
- 4. Untuk menentukan bentuk-bentuk Cd dan Zn dalam tanah yang ditanam dengan koko.**

BAB 2

KAJIAN BAHAN BERTULIS

2.1 Kawasan Penanaman Koko

Kawasan yang berpotensi untuk penanaman koko di Semenanjung Malaysia terbahagi kepada 26 kawasan agroekologi berdasarkan iklim terutamanya hujan yang merupakan faktor penting dalam pengelasannya (Musa et al., 1992). Keluasan kawasan penanaman koko bagi Semenanjung Malaysia ialah 148,400 ha pada tahun 1990, di mana negeri pengeluar koko yang utama ialah Perak, Selangor, Pahang, Terengganu dan Johor (Othman, 1993). Kebanyakan tanah yang ditanam dengan koko merupakan tanah asid tropika yang biasa terdapat di Malaysia, rendah pH dan status nutriennya. Untuk meningkatkan kesuburan tanah, biasanya baja, kapur dan bahan organik digunakan (Hanafi dan Jomol Maria, 1998).

Kawasan penanaman koko yang utama di Semenanjung Malaysia terbahagi kepada dua kawasan iaitu pinggir laut dan pedalaman. Kebanyakan kawasan pinggir laut terdapat di Pantai Barat Selangor dan Perak. Ia terdiri daripada tanah Order *Inceptisols* dan sedikit *Entisols*. Bagi kawasan pedalaman, ia terletak di Johor, Melaka, Negeri Sembilan, Perak dan Pahang yang terdiri daripada tanah Order *Ultisols* dan *Oxisols*. Koko ditanam dengan meluas pada tanah *Oxisols* iaitu siri Munchong, Jerangau, Segamat dan Kuantan yang kesemuanya diklasifikasikan sebagai *Typic*

Hapludoxs, walaupun Order ini merupakan marginal bagi tanaman koko (Musa et al., 1992). Tanah yang paling sesuai untuk penanaman koko mestilah mempunyai saluran yang baik, tekstur lom berlempung, tanah yang rata atau mempunyai kecerunan yang sederhana, kedalaman untuk kawasan pengakaran yang sesuai (lebih daripada 1.5 meter) dan mempunyai bahan organik yang tinggi pada bahagian atas tanah (Wong, 1971).

2.2 Logam Berat

2.2.1 Logam Berat Secara Am

Logam berat adalah satu istilah am yang digunakan pada kumpulan logam dan metaloid yang mempunyai ketumpatan atomnya lebih daripada 6 g cm^{-3} . Ia biasanya digunakan pada unsur-unsur seperti Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb dan Zn yang selalunya berkait rapat dengan pencemaran dan masalah keracunan (Alloway dan Ayres, 1997). Ia kadangkala dikelaskan juga sebagai unsur surih kerana terdapat kurang daripada 1% dalam kerak bumi. Seseengahnya merupakan unsur perlu bagi organisma yang hidup dalam kuantiti yang sedikit (Alloway, 1990). Tanah yang tercemar dengan logam berat akan menghasilkan tanaman yang normal tetapi tidak selamat untuk kegunaan manusia dan haiwan (Kabata-Pendias dan Pendias, 1990).

Logam berat boleh hadir secara semulajadi semasa proses luluhawa dan pedogenesis. Ia tidak boleh diuraikan dalam persekitaran, jadi ia boleh masuk ke rantai

makanan dan memberi masalah kepada manusia dan haiwan (Underwood, 1977). Menurut Chen et al. (1991), antara logam berat yang perlu diberi perhatian penting ialah Cu, Cd, Pb, Ni dan Zn. Pencirian pencemaran logam berat dalam tanah memerlukan penentuan logam berat sama ada dalam bentuk jumlah dan juga dalam bentuk yang boleh diangkut dan atau boleh diserap oleh tanaman dan organisma tanah (Calvet et al., 1989). Ini kerana logam berat jumlah biasanya tidak menunjukkan kandungan logam yang tersedia dalam tanah. Walau bagaimanapun, ia boleh juga digunakan untuk menentukan potensi status nutrien yang mungkin tersedia akibat daripada mobilisasi dalam jangkamasa yang panjang. Jadual 1 menunjukkan anggaran kepekatan sesetengah logam berat dalam daun matang pada paras yang dianggap normal ataupun toksik.

Jadual 1 : Anggaran kepekatan logam berat (mg kg^{-1}) dalam daun matang secara amnya (Kabata-Pendias dan Pendias, 1990)

Logam berat	Normal	Toksik
Cd	0.05 – 0.2	5 – 30
Cu	5 – 30	20 – 100
Ni	0.1 – 5	10 – 100
Pb	5 – 10	30 – 300
Zn	27 – 150	100 – 400

2.2.2 Logam Berat dalam Batuan dan Tanah

Logam berat terkumpul dalam tanah akibat daripada proses luluhawa setempat batuan dan mineral (Sheila, 1994a). Kadmium telah dijumpai bersama-sama dengan penemuan Zn pada tahun 1746. Ia didapati rendah dalam batuan igneus (kurang