

**PENGOLAHAN KANDUNGAN LOGAM BERAT DARIPADA TANAH  
YANG DIAPLIKASI DENGAN ENAPCEMAR DOMESTIK MELALUI  
KAEDAH TANAH PERTANIAN.**

**MOHD BAHARUDIN BIN RIDZUAN**

**Tesis ini dikemukakan sebagai memenuhi  
syarat penganugerahan Ijazah Sarjana Kejuruteraan Awam**

**Jabatan Kejuruteraan Sumber Air dan Alam Sekitar  
Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar  
Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn**

**MAC, 2005**

Untuk yang tersayang dan amat dikasihi isteriku Noor Lailaafihah Bte Ahmad Zainuri yang banyak berkorban sepanjang tempoh pengajianku. Keprihatinan, dorongan dan kasih sayangmu telah menanamkan rasa keyakinanaku dalam mengharungi kehidupan ini .....

Untuk anak-anakku Muhammad Luqman Al-Hakim dan Muhammad Wa'ie Al-Bukhari serta keluarga tersayang yang banyak membantu dan mengerti selama tempoh pengajianku.....



## **PENGHARGAAN**

### **DENGAN NAMA ALLAH YANG MAHA PENGASIH LAGI MAHA PENYAYANG**

Segala puji hanya kepada Allah S.W.T. yang telah memberikan rahmat serta nikmat keimanan serta kekuatan hidup sehingga penyelidikan ini berjaya disiapkan.

Di kesempatan ini, penulis ingin merakamkan penghargaan buat penyelia utama penyelidikan ini, Prof. Madya Hj. Ab. Aziz Bin Abdul Latiff. Setinggi-tinggi penghargaan buat Prof. Madya Ahmad Tarmizi Bin Abd. Karim dan Dr. Ridzuan Bin Said yang telah banyak membantu dan mencurahkan ilmu, bimbingan serta dorongan sepanjang tempoh penyelidikan ini.

Penghargaan buat pensyarah-pensyarah di Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar, KUiTTHO atas teguran yang membina, juga kepada semua pihak pengurusan Indah Water Konsortium Sdn. Bhd. (IWK), terutama Indah Water Konsortium (IWK) cawangan Kluang, Johor di atas segala kerjasama dan maklumat yang diberikan. Ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam membantu saya menjayakan projek penyelidikan ini.

Sekalung budi untuk semua. Semoga usaha ini mendapat keredhaan dan keberkatan Allah S.W.T. ....Amin...

## ABSTRAK

Kehadiran logam berat di dalam enapcemar domestik menyukarkan proses rawatan dan pelupusan bahan tersebut. Salah satu kaedah yang berkesan ialah melalui pengaplikasian bahan tersebut kepada tanah pertanian. Kaedah ini dipilih berdasarkan kandungan enapcemar yang mempunyai unsur nutrien yang diperlukan untuk tumbesaran tumbuhan, selain menggalakkan proses kitar semula bahan terbuang disamping kos pengendalian yang rendah. Kajian ini bertujuan untuk menentukan kandungan logam berat di dalam enapcemar domestik dan mengolahnya melalui kaedah tanah pertanian. Kajian ditumpukan kepada enapcemar domestik daripada empat (4) jenis loji rawatan iaitu enapcemar teraktif, kolam pengoksidaan, lagun berudara dan tangki septik. Enapcemar diaplikasikan kepada tanah pertanian pada kadar  $0 \text{ l/m}^2$ ,  $2 \text{ l/m}^2$ ,  $4 \text{ l/m}^2$ ,  $6 \text{ l/m}^2$ ,  $8 \text{ l/m}^2$  dan  $10 \text{ l/m}^2$  secara semburan permukaan kepada sel aplikasi yang berkeluasan  $0.091 \text{ m}^2$ . Sel-sel ditanam dengan tiga jenis tanaman secara berasingan iaitu kangkung (*ipomoea aquatica*), bayam (*spinacea oleracea*) dan sawi (*brassica juncea*) dan ditempatkan di kawasan yang terbuka dengan dilindungi oleh bumbung telus cahaya supaya menyamai persekitaran semulajadi dan membenarkan kawalan kelembapan tanah dilakukan pada 60 peratus. Analisis penyerapan logam berat oleh tumbuhan kajian dilakukan terhadap tiga keratan rentas iaitu bahagian akar, batang dan daun tumbuhan. Analisis yang dilakukan melalui peralatan Plasma Gandingan Aruhan – Spektrometer Jisim, (ICP-MS) mendapati enapcemar domestik mengandungi logam aluminium (Al), kadmium (Cd), kromium (Cr), kuprum (Cu), ferum (Fe), plumbum (Pb), nikel (Ni), mangan (Mn), dan zink (Zn). Pengambilan logam oleh tumbuhan kajian pada kadar aplikasi enapcemar yang berbeza menunjukkan wujudnya hubungan di antara parameter tersebut secara polinomial. Sementara kajian pemekatan logam pada bahagian tumbuhan mendapati logam lebih cenderung untuk memekat pada bahagian akar berbanding batang dan daun tumbuhan. Secara keseluruhannya, kajian ini berjaya menyukat kandungan logam berat di dalam enapcemar domestik daripada beberapa sumber rawatan dan penggunaan tumbuhan berjaya mengurangkan kepekatan kandungan logam di dalam enapcemar dan tanah kajian tersebut.

## ABSTRACT

Treatment and disposal of domestic sludge have been problematic due to the presence of heavy metals. One of an efficient method is the application of the sludge to an agriculture land. Several factors that attributed to the feasibility of this method include the nutrient content of domestic sludge necessary for plant growth, low handling costs and promotion of recycling. The objectives of the research are to determine the heavy metals content in domestic sludge and the effect of the sludge application to agricultural land. This study was focused on domestic sludge from four types of sewage treatment plants, namely activated sludge, oxidation pond, and aerated lagoon and community septic tank. This sludge were then applied to agricultural land by surface spraying to application cells of 0.091 m<sup>2</sup> area at different application rates of 0 l/m<sup>2</sup>, 2 l/m<sup>2</sup>, 4 l/m<sup>2</sup>, 6 l/m<sup>2</sup>, 8 l/m<sup>2</sup> and 10 l/m<sup>2</sup>. These cells were then planted with three different types of plants, *ipomoea aquatica*, *spinacia oleracea* and *brassica juncea* and were placed in the open with a transparent roof to simulate the natural environment while allowing control of soil moisture at 60 %. Three different cross sections such as roots, stems and leaves were separately analyzed for heavy metal absorption by the plants. Analysis were conducted using Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) showed that these domestic sludge contain aluminium (Al), cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), iron (Fe), lead (Pb), nickel (Ni), manganese (Mn), and zinc (Zn). The study of uptake of metals by the plants at various rates of sludge application showed that the relationships between the parameters studied are polynomial. Higher concentrations of metals were found in the roots compared to the other parts of plants. In general, this study has succeeded in determining heavy metal contents of domestic sludge from several treatment sources. The use of plants has helped in reducing metal content both in the sludge and agricultural land under study.

## KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>JUDUL</b>	
	<b>PENGAKUAN</b>	ii
	<b>DEDIKASI</b>	iii
	<b>PENGHARGAAN</b>	iv
	<b>ABSTRAK</b>	v
	<b>ABSTRACT</b>	vii
	<b>KANDUNGAN</b>	viii
	<b>SENARAI JADUAL</b>	xii
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xiv
	<b>SENARAI SIMBOL</b>	xvi
	<b>SENARAI SINGKATAN</b>	xvii
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xviii
<b>BAB I</b>	<b>Pengenalan</b>	
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Matlamat Kajian	2
	1.2 Objektif Penyelidikan	2
	1.3 Skop Penyelidikan	3
	1.4 Ringkasan Kandungan Tesis	4

## BAB II ENAPCEMAR DOMESTIK

2.1	Pengenalan	7
2.2	Komposisi Kandungan Enapcemar Domestik	8
2.3	Pencirian Enapcemar Kumbahan	10
2.4	Logam Berat	15
2.4.1	Arsenik	17
2.4.2	Kadmium	18
2.4.3	Kromium	18
2.4.4	Kuprum	19
2.4.5	Plumbum	20
2.4.6	Zink	20
2.4.1	Kesan Ketoksikan Logam Berat	21
2.5	Kaedah Rawatan dan Pelupusan Enapcemar	23
2.5.1	Kaedah Rawatan	24
2.5.1.1	Penebalan Enapcemar	24
2.5.1.2	Penstabilan	25
2.5.1.2.1	Penstabilan Menggunakan Batu Kapur	26
2.5.1.2.2	Rawatan Haba	26
2.5.1.2.3	Penghadaman Anaerob	26
2.5.1.2.4	Pencernaan Aerob	27
2.5.1.2.5	Pembajaan	28
2.5.1.3	Pembasmian Mikrob	30
2.5.1.4	Penyahairan	30
2.5.1.4.1	Emparan Kering	31
2.5.1.4.2	Lagun Enapcemar	32
2.5.1.5	Pengeringan	32
2.5.1.6	Pengurangan Terma	33
2.5.1.7	Kitar Semula	33
2.5.1.8	Pelupusan Akhir	34



**BAB III KAEDAH PENGAPLIKASIAN ENAPCEMAR  
KEPADA TANAH PERTANIAN**

3.1	Pengenalan	36
3.2	Peranan Tumbuhan Di Dalam Rawatan Logam Berat	39
3.3	Kadar Pengaplikasian Enapcemar Kepada Tanah	45
3.4	Perencatan Logam Berat Di Dalam Tanah	48

**BAB IV METODOLOGI PENYELIDIKAN**

4.1	Pengenalan	49
4.2	Bahan Kimia	50
4.3	Radas	50
4.4	Pembersihan Radas	51
4.5	Program Pengumpulan Data	52
4.6	Pemilihan Sampel dan Lokasi	55
	4.6.1 Persampelan	55
4.7	Pencernaan Sampel	56
4.8	Teknik Plasma Gandingan Aruhan – Spektrometer Jisim ICP-MS	57
	4.8.1 Instrumentasi ICP-MS	58
4.9	Kaedah Tanah Pertanian	60
	4.9.1 Pencirian Tanah	60
	4.9.2 Rekabentuk Sel Aplikasi	61
	4.9.3 Kadar Aplikasi Air	63
	4.9.4 Kadar Aplikasi Nutrien Sokongan	63
	4.9.5 Kadar Aplikasi Enapcemar	63
	4.9.6 Pemantauan Sel Aplikasi Selepas Pengaplikasian Enapcemar	64



**BAB V            KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN**

5.1	Pengenalan	65
5.1.1	Pencirian Fizikal	66
5.2	Pencirian Umum Tanah	68
5.3	Penentuan Kandungan Logam Berat Di Dalam Enapcemar Domestik	69
5.4	Penentuan Kandungan Logam Berat Di Dalam Sampel Tanah	73
5.5	Penyerapan Logam Oleh Tumbuhan	76
5.6	Pengurangan Kepekatan Kandungan Logam Di Dalam Enapcemar Domestik Dan Sampel Tanah Oleh Tumbuhan	81
5.7	Pemekatan Logam Di Dalam Bahagian Tisu Tumbuhan	87
5.8	Hubungan Penyerapan Logam Oleh Tumbuhan Kajian Pada Kadar Pengaplikasian Enapcemar Berbeza Melalui Kaedah Regrasi Statistik	90

**BAB VI            KESIMPULAN DAN CADANGAN**

6.1	Kesimpulan	97
6.2	Cadangan	100

<b>RUJUKAN</b>	102
----------------	-----

**LAMPIRAN**

Lampiran I	113
Lampiran II	120
Lampiran III	130
Lampiran IV	147

## SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Komposisi Enapcemar	9
2.2	Kandungan Logam Berat Dalam Enapcemar	9
2.3	Parameter Pencirian Enapcemar Berdasarkan Kaedah Rawatan	11
2.4	Parameter Pencirian Berdasarkan Kaedah Rawatan	12
2.5	Contoh Pencirian Enapcemar Domestik.	13
2.6	Contoh Pencirian Enapcemar Domestik	14
2.7	Pengkelasan Logam Berat	16
2.8	Logam Penting Dalam Pengurusan Enapcemar	17
2.9	Amaun Logam Berat Di Dalam Enapcemar Per Hektar Per Tahun	29
3.1	Kepekatan Kandungan Logam Cd, Zn, Cu dan Ni Dalam Tumbuhan Pada Kadar Aplikasi Enapcemar Yang Berbeza	43
3.2	Anggaran Pengambilan Logam Dalam Pemakanan/ Kapita/Hari di Korea.	44
3.3	Had Kepekatan Bahan Pencemar Untuk Pengaplikasian Kepada Tanah.	45
3.4	Nilai Had <i>European Community</i> Untuk Penggunaan Enapcemar Pada Tanah Pertanian <sup>a</sup>	46
3.5	Kod Pengamalan Pelupusan Enapcemar New South Wales	46
4.1	Ringkasan Kaedah Ujikaji	54
4.2	Kaedah Ujikaji Pencirian Tanah	60
5.1	Data Keputusan Ujian Pencirian Umum Enapcemar Domestik	66

5.2	Data Keputusan Ujian Pencirian Umum Tanah	68
5.3	Purata Kandungan Logam Berat Di Dalam Enapcemar Domestik Daripada Sumber Rawatan Yang Berbeza	70
5.4	Purata Kandungan Logam Berat Di Dalam Enapcemar Domestik Kajian Berbanding USEPA	72
5.5	Kandungan Logam Berat Di Dalam Sampel Tanah	74
5.6	Kandungan Logam Berat Di Dalam Sel Aplikasi	75
5.7	Penyerapan Logam Berat Oleh Tumbuhan Sebelum Pengaplikasian Enapcemar Domestik	77
5.8	Keberkesanan Tumbuhan Kajian Merawat Logam Berat Di Dalam Tanah Pertanian Selepas Pengaplikasian Enapcemar Domestik	82
5.9	Peratus Kandungan Logam Di Bahagian Keratan Tumbuhan	89
5.10	Pengambilan Logam (mg/kg) Pada Kadar Pengaplikasian Enapcemar Yang Berbeza Oleh Tumbuhan <i>ipomoea aquatica</i>	90
5.11	Persamaan Polinomial Pengambilan Logam Oleh Tumbuhan <i>ipomoea aquatica</i>	91
5.12	Pengambilan Logam (mg/kg) Pada Kadar Pengaplikasian Enapcemar Yang Berbeza Oleh Tumbuhan <i>spanacia oleracea</i>	92
5.13	Persamaan Polinomial Pengambilan Logam Oleh Tumbuhan <i>spanacia oleracea</i>	93
5.14	Pengambilan Logam (mg/kg) Pada Kadar Pengaplikasian Enapcemar Yang Berbeza Oleh Tumbuhan <i>brassica juncea</i>	94
5.15	Persamaan Polinomial Pengambilan Logam Oleh Tumbuhan <i>brassica juncea</i>	95

### SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Kesan Ketoksikan Logam Berat Di Minamata	22
2.2	Kaedah Rawatan dan Pelupusan Enapcemar.	23
2.3	Emparan Kering	32
3.1	Pemilihan Kaedah Pelupusan Akhir	37
4.1	Peralatan Kaca	51
4.2	Pencuci Ultra-Sonic	52
4.3	Lokasi Persampelan	56
4.4	Sistem Penyediaan Sampel Gelombang Mikro, MW 3000, Anton Paar	57
4.5	Plasma Gandingan Aruhan – Spektrometer Jisim, Elan 9000, Perkin Elmer	58
4.6	Carta Alir Instrumentasi ICP-MS	59
4.7	Sel Aplikasi Yang Diperbuat Daripada Plastik	62
4.8	Keratan Rentas Bahagian Akar, Batang Dan Daun Tumbuhan	62
5.1	Ujian Pencirian Umum Enapcemar Domestik	67
5.2	Data Keputusan Ujian Pencirian Umum Tanah	68
5.3	Perbandingan Nilai Kandungan Logam Berat Di Dalam Enapcemar Domestik Daripada Sumber Rawatan Yang Berbeza	71
5.4	Purata Kandungan Logam Berat Di Dalam Enapcemar Domestik Kajian Berbanding USEPA	73
5.5	Kandungan Logam Berat Di Dalam Sampel Tanah	74
5.6	Kandungan Logam Berat Di Dalam Sel Aplikasi	76

5.7	Penyerapan Logam Berat Oleh Tumbuhan Sebelum Pengaplikasian Enapcemar	78
5.8	Peratus Pengurangan Logam Berat Di Dalam Tanah Pertanian Selepas Pengaplikasian Enapcemar Domestik Oleh Tumbuhan	83
5.9	Peratus Pengambilan Logam Oleh <i>ipomoea aquatica</i>	85
5.10	Peratus Pengambilan Logam Oleh <i>spinacea oleracea</i>	86
5.11	Peratus Pengambilan Logam Oleh <i>brassica juncea</i>	87
5.12	Peratus Kandungan Logam Di Bahagian Keratan Tumbuhan	89
5.13	Graf Regresi Polinomial Pengambilan Logam Oleh Tumbuhan <i>ipomoea aquatica</i>	91
5.13	Graf Regresi Polinomial Pengambilan Logam Oleh Tumbuhan <i>spanacia oleracea</i>	93
5.13	Graf Regresi Polinomial Pengambilan Logam Oleh Tumbuhan <i>brassica juncea</i>	95



**SENARAI SIMBOL**

%	-	Peratus
x	-	Parameter Yang Perlu Diuji
+	-	Parameter Yang Digalakkan Untuk Diuji
P	-	Logam Yang Penting Untuk Dikaji
'<' dan '>'	-	'Lebih Kecil' dan 'Lebih Besar'
<<	-	Amat Kecil
ppm	-	Bahagian Per Juta



**PTTA UTHM**  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

### SENARAI SINGKATAN

AcS	-	Enapcemar Teraktif
AL	-	Lagun Berudara
Al	-	Aluminium
APLR	-	Kadar Beban Tahunan Bahan Pencemar
AWSAR	-	Kadar Pengaplikasian Enapcemar Tahunan
COD	-	Permintaan Oksigen Kimia
Cd	-	Kadmium
Cr	-	Kromium
Cu	-	Kuprum
CST	-	Tangki Septik Komuniti
Fe	-	Ferum
g	-	Gram
ha	-	Hektar
ICP-MS	-	<i>Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry</i>
IWK	-	Indah Water Konsortium Sdn. Bhd.
JAS	-	Jabatan Alam Sekitar
KUiTTHO	-	Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn
kg	-	Kilogram
Pb	-	Plumbum
Mn	-	Mangan
mg	-	Miligram
Ni	-	Nikel
OP	-	Kolam Pengoksidaan
PC	-	Kepekatan Bahan Pencemar
USEPA	-	<i>United States Environment Protection Agency</i>
USA	-	<i>United States of America</i>

US\$	-	<i>United States Dollar</i>
UTM	-	Universiti Teknologi Malaysia
WHO	-	Pertubuhan Kesihatan Sedunia ( <i>World Health Organisation</i> )
Zn	-	Zink





**SENARAI LAMPIRAN**

<b>NO. LAMPIRAN</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
I	Gambar-Gambar Kesan Pengambilan Logam Oleh Tumbuhan Pada Kadar Pengaplikasian Enapcemar Berbeza	113
II	Senarai Tatacara Ujikaji Makmal	120
III	Data Ujian Kandungan Logam Berat Menggunakan Alat ICP-MS	130
IV	Graf Kalibrasi Ujian Kandungan Logam Berat Menggunakan Alat ICP-MS	147



PTTA UTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

## **BAB I**

### **PENGENALAN**

Mengikut anggaran yang dibuat, Malaysia menghasilkan kira-kira 5 juta meter padu enapcemar kumbahan setahun dan dijangka pada tahun 2022 jumlah tersebut akan mencapai kepada 7 juta meter padu setahun (Dhanagunan dan Narendran, 2001). Manakala kos pengurusan dianggarkan mencapai RM 1 bilion setahun (Abdul Kadir dan Mohamed Haniffa, 1998). Penghasilan enapcemar yang banyak dan semakin meningkat turut memberi kesan kepada pengurusan pelupusan sisa tersebut disebabkan beberapa masalah terutamanya kawasan pelupusan yang terhad dan juga enapcemar tersebut turut mengandungi bahan-bahan yang boleh menyumbang kepada pencemaran alam sekitar.

Mengikut kajian yang telah dijalankan, enapcemar kumbahan domestik mempunyai banyak kandungan nutrien yang diperlukan oleh tumbuhan. Enapcemar mengandungi unsur Nitrogen, Fosforos, Kalium dan Natrium. Oleh itu, dari sudut positif pengaplikasian enapcemar terhadap tanah memberi kebaikan kepada tumbesaran tumbuhan. Namun begitu, kaedah yang digunakan masih tidak mampu menyelesaikan masalah pelupusan enapcemar kumbahan sepenuhnya. Ini disebabkan enapcemar tersebut mengandungi organisma patogenik, bahan kimia bertoksik, logam berat dan bahan organik yang boleh mendatangkan risiko kepada manusia dan juga alam sekitar (Cheremisinoff, 1994).

Terdapat pelbagai kaedah pelupusan yang diamalkan hari ini. Kaedah-kaedah tersebut termasuk kaedah kambusan tanah, kaedah pengaplikasian kepada tanah dan juga kaedah pembakaran (Cheremisinoff, 1994). Di Malaysia, salah satu kaedah yang digunakan secara meluas dan telah mendapat kelulusan pihak Jabatan Alam Sekitar ialah teknik kambusan tanah melalui sistem parit cetek (Dhanagunan dan Narendran, 2001). Di sesetengah negara Eropah, sebanyak 50 peratus hingga 75 peratus enapcemar dilupuskan melalui kaedah kambusan tanah manakala selebihnya dilupuskan dalam bidang pertanian (25%-35%) dan pengitaran semula seperti kegunaan lanskap, taman dan sebagainya.

Masalah utama di dalam pengurusan pelupusan enapcemar adalah berkaitan dengan kandungan logam berat dan bahan-bahan toksik lain yang menjadi sebahagian daripada komposisi enapcemar. Menurut Weng dan Huang, 1994, pencemaran logam berat adalah sukar dirawat sementara kaedah pelupusannya merupakan kerja yang mencabar dan rumit.

## **1.2 Matlamat Kajian**

Matlamat kajian ini adalah untuk mengurangkan kepekatan kandungan logam berat di dalam tanah yang telah diaplikasikan dengan enapcemar domestik melalui kaedah olahan menggunakan tumbuh-tumbuhan.

## **1.3 Objektif Penyelidikan**

Penyelidikan ini dijalankan adalah bertujuan untuk;

- i. Menentukan ciri-ciri umum enapcemar domestik seperti ujian pH, COD, jumlah pepejal dan pepejal meruap melalui ujikaji makmal dan ujian *in-situ* terhadap sampel dengan merujuk kepada kaedah-kaedah piawai (*standard methods*).
- ii. Menentukan komposisi dan kandungan logam berat yang terdapat di dalam enapcemar pelbagai sumber menggunakan peralatan *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* (ICP-MS).
- iii. Menentukan kadar penyerapan logam berat oleh tumbuhan terhadap sampel tanah yang diaplikasikan dengan enapcemar domestik.

#### 1.4 Skop Kajian

Sampel enapcemar domestik yang digunakan untuk penyelidikan diambil daripada beberapa pusat rawatan kumbahan domestik yang dikendalikan oleh pihak Indah Water Konsortium Bhd. (I.W.K), iaitu tangki isian septik komuniti (CST), tangki enapcemar teraktif (AcS), kolam pengoksidaan (OP) dan lagun berudara (AL) yang beroperasi di daerah Kluang, Johor, Malaysia. Ujikaji yang dijalankan ke atas sampel terbahagi kepada dua bahagian iaitu ujian pencirian enapcemar domestik dan ujian pengolahan kandungan logam berat di dalam tanah yang diaplikasikan dengan enapcemar domestik tersebut menggunakan kaedah tanah pertanian. Ujian makmal terhadap ciri-ciri enapcemar kumbahan dilakukan mengikut kaedah piawai seperti yang dinyatakan untuk setiap ujikaji yang meliputi ujian kandungan jumlah pepejal, kandungan pepejal meruap, pH serta ujian penentuan kandungan logam berat yang terkandung dalam sampel.

Sementara kajian pengolahan kandungan logam berat di dalam tanah yang diaplikasikan dengan enapcemar domestik tersebut menggunakan kaedah tanah

pertanian dilakukan dengan menentukan kadar penyerapan kandungan logam berat yang terkandung di dalam enapcemar kumbahan melalui kaedah pengaplikasian kepada tanah pertanian. Sebilangan tumbuhan ditanam di dalam sel-sel aplikasi pada kadar yang telah ditetapkan. Sel aplikasi merupakan bekas pasu yang seragam dan diperbuat daripada plastik, mempunyai garis pusat sebanyak 17 sm. Sejumlah enam batang pokok ditanam di dalam setiap sel aplikasi pada kadar aplikasi enapcemar yang berbeza ( $0 \text{ l/m}^2$ ,  $2 \text{ l/m}^2$ ,  $4 \text{ l/m}^2$ ,  $6 \text{ l/m}^2$ ,  $8 \text{ l/m}^2$  dan  $10 \text{ l/m}^2$ ) bagi mendapatkan hubungan pengambilan logam berat oleh tumbuhan pada kadar pengaplikasian enapcemar yang berbeza.

Setelah tumbuhan telah mencapai tempoh kematangan, proses penuaian dan analisis dilakukan terhadap sampel-sampel tersebut. Sebanyak tiga jenis tumbuhan telah dipilih untuk kajian ini iaitu *ipomoea aquatica* (kangkung), *spinacia oleracea* (bayam) dan *brassica juncea* (sawi). Pemilihan tumbuh-tumbuhan tersebut adalah berdasarkan tinjauan yang dilakukan terhadap kaedah pelupusan akhir enapcemar domestik daripada beberapa pusat rawatan kumbahan di sekitar Kluang, Johor. Penyelidik mendapati kebanyakan enapcemar tersebut dilupuskan kepada tanah pertanian yang mana sebahagiannya digunakan oleh para petani kecil-kecilan sebagai baja untuk tanaman mereka. Sementara tanaman sayur yang paling banyak ditanam dan senang didapati di negara Malaysia adalah kangkung, bayam dan sawi. Selain itu, faktor tempoh matang tumbuhan kajian yang singkat juga telah di ambil kira disebabkan tempoh kajian yang agak terhad dan memerlukan kos analisis yang mahal.

## 1.5 Ringkasan Kandungan Tesis

Secara ringkasnya Bab I menerangkan pengenalan kepada enapcemar, kepelbagaian teknik pengurusan enapcemar domestik dan faktor-faktor yang

mempengaruhi dalam pemilihan sistem pengurusan enapcemar . Selain itu diterangkan juga jenis ujikaji yang dijalankan ke atas sampel ujian secara ringkas.

Bab II mengulas mengenai enapcemar domestik dan pencirian enapcemar secara terperinci. Antara kandungannya ialah takrifan enapcemar domestik, jenis dan komposisi enapcemar domestik serta ujikaji yang perlu dijalankan untuk pencirian enapcemar domestik. Laporan mengenai kajian yang telah dijalankan oleh para penyelidik terdahulu berkaitan dengan kes kajian turut disertakan sebagai panduan dan perbandingan dengan ujikaji yang dilakukan di dalam kajian ini. Sementara kepelbagaian kaedah rawatan dan pelupusan enapcemar disamping kaedah pengurusan enapcemar yang sistematik turut dimuatkan bersama di dalam bab ini.

Bab III menghuraikan definisi tanah pertanian disamping syarat-syarat yang diperuntukkan oleh USEPA (1994), sebelum pengaplikasian enapcemar domestik kepada tanah. Peruntukan ini adalah perlu sebagai usaha untuk mengawal daripada berlakunya pencemaran kepada persekitaran hasil daripada kegiatan tersebut. Disamping itu, had tertinggi kepekatan logam berat yang dibenarkan sebelum pengaplikasian enapcemar domestik kepada tanah bagi tujuan pertanian yang ditetapkan oleh USEPA (1994), turut dinyatakan dan dijadikan garis panduan di dalam kajian ini.

Bab IV menerangkan kaedah ujikaji ataupun metodologi yang digunakan dalam ujian pencirian ke atas sampel enapcemar. Antara ujian yang dijalankan ke atas sampel adalah mengikut kaedah piawai (*standard method*) seperti *USEPA*, *BS Standard* dan *Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater*.

Bab V memuatkan bacaan hasil ujikaji yang dijalankan terhadap sampel-sampel enapcemar domestik dan perbincangan mengenai data yang diperolehi daripada kajian ini berbanding nilai had maksimum yang ditetapkan oleh USEPA. Keputusan dan perbincangan terperinci terhadap kandungan logam berat di dalam

enapcemar domestik daripada pelbagai sumber rawatan dan penyerapan logam oleh tisu-tisu daun, batang dan akar tumbuhan kangkung, bayam dan sawi turut dinyatakan di dalam bab Bab V. Perbezaan keupayaan antara tumbuhan tersebut menyerap kepelbagaian jenis logam berat juga dibincangkan di dalam bab ini.

Bab VI merumuskan hasil kajian yang telah dijalankan terhadap sampel-sampel ujian. Rumusan dibuat adalah berdasarkan data yang diperolehi daripada ujikaji dan setelah diperbincangkan mengenainya disamping cadangan-cadangan yang berkaitan terhadap kajian ini pada masa akan datang.

Sehubungan itu, kajian terhadap kandungan logam berat di dalam enapcemar domestik perlu dijalankan bagi mengatasi kesannya terhadap kualiti alam sekitar bagi menjaga keseimbangan ekosistem yang terdapat di sekitar tapak pelupusan berkadaran dengan pertambahan bilangan penduduk dan perindustrian yang semakin pesat di sesebuah kawasan.

Adalah diharapkan dengan adanya kajian terhadap pengurusan enapcemar domestik ini akan memberi dimensi baru kepada pihak berkuasa atau yang berkenaan supaya dapat menguruskan sisa enapcemar domestik secara lebih teratur dengan kos pengurusan dan pengendalian yang minimum.



## BAB II

### ENAPCEMAR DOMESTIK

#### 2.1 Definisi Enapcemar Domestik

Enapcemar ditakrifkan sebagai bahan yang terhasil dalam bentuk pepejal, separuh pepejal atau cecair semasa proses rawatan air sisa kumbahan dijalankan dan merangkumi isian tangki septik domestik, kekam atau pepejal yang disingkirkan daripada peringkat pertama, kedua atau peringkat selanjutnya proses rawatan sisa kumbahan, dan bahan-bahan yang diterbitkan daripada kumbahan (USEPA, 1992).

Mara (1976), mendefinisikan kumbahan sebagai air sisa dari sesebuah masyarakat dan mungkin berasal semata-mata dari rumah kediaman atau mungkin juga mengandungi sedikit sisa industri atau pertanian. Kumbahan ini terdiri daripada sisa tubuh manusia (najis dan air kencing) dan air cemar adalah air sisa yang terhasil daripada mencuci badan, membasuh pakaian, menyediakan makanan dan pembersihan alat dapur. Manakala kumbahan baru (kumbahan yang belum menjalani proses rawatan) merupakan suatu cecair kelabu dan keruh yang mempunyai bau tanah tetapi tidak menyinggunkan.

Sementara enapcemar pula merupakan sebahagian besar daripada komponen air sisa domestik dan merupakan bahan yang kompleks serta sukar untuk dirawat. Ini adalah kerana ia mengandungi pelbagai bahan seperti mikroorganisma yang bersifat patogenik, bahan-bahan terampai, nitrogen (N), fosforus (P), potasium (K), dan juga logam berat



## RUJUKAN

Abdul Kadir Mohd Din dan Mohamed Haniffa Abd. Hamid (1998). "The Management of Municipal Wastewater Sludge in Malaysia." Kertas kerja untuk IEM "Talk on Sewage Sludge Management Issues." Petaling Jaya, Kuala Lumpur, Malaysia.

Alleman, J.E. (1990). "Sludge-Amended Brick Production: Applicability for Metal – Land Residues." dlm. Daniel E. Meeroff dan Fred Bloestcher. "Sludge Management, Processing, Treatment and Disposal." *Florida Water Resources Journal*. Nov. 1999. 23

Anderson M. (1996). *Case Study Involving Fluidized Bed Incinerator Sludge Ash as a Partial Clay Substitute in Brick Manufacture*. dlm. Daniel E. Meeroff dan Fred Bloestcher . "Sludge Management, Processing, Treatment and Disposal." *Florida Water Resources Journal*. Nov. 1999. 25.

Asher, C.J. (1991). "Beneficial elements and functional nutrients." dlm. J.J. Mortvedt, F.R. Cox, L.M. Shuman dan R.M. Welch (eds.). "Micronutrients in agriculture." Madison, WI: Soil Science Society of America. 703-723

Aswathanarayana, U. (1995). "Geoenvironment: An Introduction." Rotterdam: AA Balkema. 107-203

APHA, AWWA & WEF (1992). "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater." Edisi ke-18. Washington: American Public Health Association.

Aziz, M.A. dan L.C.C. Koe (1990). "Potential Utilizing of Sewage Sludge." *Florida Water Resources Journal*. Nov. 1999. 23-25.

- Bañuelos, G. S., Ajwa, H. A., Terry, N. E., dan Zayed, A. (1997). "Phytoremediation of Se laden soils: A new technology." *Journal of Soil and Water Conservation*. **52**. 426-430.
- Bingham, F.T. (1979). "Bioavailability of Cd to Food Crops in Relation to Heavy Metal Content of Sludge-Amended Soil." *Environ. Health Perspect.* **28**. 39-43.
- British Standards Institution (1975). "Method of Test for Soils for Civil Engineering Purposes." London: (BS 1377).
- Brown, S.L., R.L. Chaney, C.A. Lloyd, J.S. Angle dan J.A. Ryan (1996). "Relative uptake of cadmium by garden vegetables and fruits grown on long-term biosolid-amended soils." *Environ. Sci. Technol.* **30**. 3508-3511.
- Bryan dan Langston, W.J. (1992). "Bioavailability, Accumulation and Effect of Heavy Metals in Sediment with Special Referenceto United Kingdom Estuaries:a Review." *Environ. Pollution.* **76**. 89-131.
- Burken, J.G., dan J. L. Schnoor (1997). "Uptake and Metabolism of Atrazine by Poplar Trees." *Environ. Science and Technol.* **31** (5). 1399 - 1405.
- Chaney, R.L. (1983). "Potential Effects of Waste Constituents on the Food Chain." dlm. Paar et al. *Land Treatment of Hazardous Wastes*. Noyes Data Corp., Park Ridge, NJ.
- Chang, A.C., J.E. Warneke, A.L. Page, dan L.J. Lund (1984). "Accumulation of Heavy Metal in Sewage Sludge-Treated soils." *Journal of Environmental Quality*. **13**. 87-91.
- Chapman, H.D. (1966). "Diagnostic Criteria for Plants and Soils. dlm. Epstein, E. Land Application of Sewage Sludge and Biosolids." Lewis Publisher, London.

- Chapple, G. dan Athanosopoulos, N. (1991). "System 2000/3000 Graphite Furnace Methods Manual." Australia: GBC Scientific Equipment Pty. Ltd. 5-7.
- Cheremisinoff Paul N. (1994). "Sludge Management and Disposal." Englewood Cliffs, N.J.: PTR Prentice Hall.
- Cotton, F.A dan Walkinson, G. (1980). "Advanced Inorganic Chemistry." New York: John Willey and Son.
- Colin, F., Leschber, R. dan Mininni, G. (1989). "Physical and Chemical Characterisation of Sewage Sludge." dlm Dirkzwager, A.H. & L'Hermitte, P. "Sewage Sludge Treatment and Use: New Developments, Technological Aspects and Environmental Effects." USA: Elsevier Science Publishers Ltd. 40-52.
- Coombs, T.L. (1972). "The Distribution of Zinc in the Oyster (*Ostrea edulis*) and Its Relation to Enzymic Activity and to Other Metals." *Mar. Biol.* **12**. 170-178.
- Corey, R.B., L.D. King, C. Lue-Hing, D.S. Fanning, J.J. Street dan J.M. Walker. 1987. "Effects of Sludge Properties on Accumulation of Trace Elements by Crops." dlm. A.L. Page, T.J. Logan dan J.A. Ryan (Eds). "Land Application of Sludge- Food Chain Implication." Chelsea. M.I.: Lewis Publishers. 25-51.
- Couillard, D. dan Mercier, G. (1992). "Metallurgical Residue for Solubilization of Metals from Sewage Sludge." *Journal of Environmental Engineering.* **118**. (5).
- Crites R. dan Tchobanoglous, G. 1998. "Small and Decentralized Wastewater Management Systems." Boston: McGraw-Hill Companies Inc.

- Cunningham, J.D., J.A. Ryan, dan D.R. Keeney (1975). "Phytotoxicity and metal uptake of metal added to soils as inorganic salts or in sewage sludge." *Journal Environ. Quality*. **4**. 460-462.
- David J.W. dan Ann N. Clarke (1994). "Hazardous Waste Site Soil Remediation: Theory and Application of Innovation Technologies." United State of America: Marcel Dekker, Inc.
- Dhanagunan G. dan Narendran M. (2001). "Sewage Sludge as an Alternative for Soil Nourishment in Malaysia." dlm. "*National Conference on Contaminated Land: Brownfield 2001*." Petaling Jaya Hilton. Petaling Jaya, Selangor.
- Dushenkov, V., Kumar, P. B. A. N., Motto, H., dan Raskin, I. (1995). "Rhizofiltration: The use of plants to remove heavy metals from aqueous streams." *Environmental Science and Technology*. **29**. 1239-1245.
- Dowdy, R.H. dan V.V. Volk (1983). "Movement of Heavy Metal." dlm. D.W. Nelson (Ed). "Proclamation symposium on Chemical Mobility and Reactivity in Soil Systems. SSSA Spec." **11**. 229-240.
- Elinder, C.G. dan Piscator, M. (1979). "Zinc." dlm. Friberg, L., Nurberg, G.F. dan Vouk, V.B. "Handbook on The Toxicology of Metals." Amsterdam: Elsevier. 675-684.
- Epstein, E. (2002). "Land Application of Sewage Sludge and Biosolids." London: Lewis Publisher.
- Hach Inc. 1998. "Spectrophotometer Procedures Manual for Hach DR4000." USA.
- Hamilton, J.W. dan Wetterhahn, K.E. (1988). "Chromium." dlm. Seiler, G.H., and Sigel, H. "Handbook on Toxicity of Inorganic Compounds." New York: Marcel Dekker. Inc. 239-250.

Hammer, M.J. (1986). "Water and Wastewater Technology." dlm. Lee C.C. dan shun Dar Lin. "Handbook Of Environmental Engineering Calculations." New York: McGraw-Hill Inc.

Hassan M.A. (1999). "Co-composing of sewage sludge and municipal solid waste." Kuala Lumpur. "Tidak diterbitkan".

Head, K.H. (1994). "Manual of Soil Laboratory Testing: Compressibility, Shear Strength and Permeability." Edisi ke-2, Vol. 2. London: Pentech Press.

Hopkin, S.P. (1989). "Ecophysiology of Metals in the Terrestrial Invertebrates." London: Elsevier Applied Science Publisher.

Huang P.M. dan Iskandar I.K. (1999). "Soils and Ground Water Pollution and Remediation." London: Lewis Publisher.

Huang P.M. dan Iskandar I.K. (2001). "Environmental Restoration of Metals Contaminated Soils." London: Lewis Publisher.

Indah Water Sdn. Bhd. Malaysia (1997). "Sludge treatment and disposal strategy." Planning Report. "Tidak diterbitkan".

Jenkins, R.L. (1981). "Metals Removal and Recovery From Municipal Sludge." dlm. D. Couillard and G. Mercier. "Metallurgical Residue for Solubilization of Metals from Sewage Sludge." *Journal of Environmental Engineering*, **118** (5).

Jennifer K.S. (2002). "Sludge Management in Alfenas, Brazil." Massachusetts Institute of Technology. "Tidak diterbitkan".

- Kumar, P. B. A. N., Dushenkov, V., Motto, H., dan Raskin, I. (1995). "Phytoextraction: The Use of Plants to Remove Heavy Metals From Soils." *Environ. Sci. Technol.* **29**. 1232-1238.
- Lake, D.I., P.W.W. Kirk dan J.N. Lester (1984). "Fractionation, Characterization and Speciation of Heavy Metals in Sewage Sludge and Sludge-Amended Soils: A Review." *Journal Environmental Quality*. **13** (2). 175-183.
- Lars Ulmgren (1998). Technology and Innovative Options Related to Sludge Management." United Kingdom. "Tidak diterbitkan".
- Legret, M. (1987). "Mobilite et Extraction des Metaux Lourds Associes aux Boues de Stations d'epuration." dlm D. Couillard and G. Mercier. "Metallurgical Residue for Solubilization of Metals from Sewage Sludge." *Journal of Environmental Engineering*. **118** (5).
- Mara, D. (1976). "Rawatan Kumbahan Dalam Iklim Panas." Terj. Mohd Azraai Kassim, Mohd Razman Salim & Mohd Noor Othman. Johor : Unit Penerbitan Akademik, Universiti Teknologi Malaysia.
- Mason, B. and Moore, C.B. (1982). "Principles of Geochemistry." Edisi ke-4. New York: John Willey and Son.
- McBride, M.B. (1985). "Toxic Metal Accumulation From Agricultural Use Of Sludge: Are USEPA Regulations Protective?" *Journal Environ. Quality*. **24**. 5-18.
- Metcalf dan Eddy (1991). "Wastewater Engineering :Treatment , Disposal and Reuse." Edisi ke-3. New York: McGraw-hill, Inc.

- Ministry of Health dan Social Affairs (1990). "National Nutrition Survey Report, Kwachon, Korea." dlm. Huang P.M. dan Iskandar I.K. "Environmental Restoration of Metals Contaminated Soils." London: Lewis Publisher.
- Nieboer, E dan Richardson, D.H.S. (1980). "The Replacement of the Nondescript Term Heavy Metals by Biologically and Chemically Significant Classification of Metal Ions." *Environ. Pollution*. **1B**. 3-26.
- NSWEPA (1994). "Interim Code of Practice for Use and Disposal of Biosolid Products." dlm. Huang P.M. dan Iskandar I.K. "Environmental Restoration of Metals Contaminated Soils." London: Lewis Publisher.
- Pulford I.D. dan Watson C. (2002). "Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees-a review." *Environmental International*. **29**. 529-540.
- Rainbow, P.S. (1985). "The Biology of Heavy Metals in the Sea." *International Journal Env. Stud*. **25**.195-211.
- Rhu, H.I., Y.S. Suh, S.H. Jun, M.H. Lee, S.J. Yu, S.N. Hur dan S.Y. Kim (1988). "A Study on The Natural Content of Heavy Metals in Paddy Soils and Brown Rice in Korea." *National Institute of Environmental Research*. 1-77.
- Salt, D. E., R. D. Smith dan I. Raskin (1998). "Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology." *Biotechnology*. **49**. 643-668.
- Sieler, H.G., Seigel, A. dan Sigel H. (1994). "Handbook of Metal in Clinical and Analytical Chemistry." New York: Marcel Dekker Inc.
- Skoog, D.A. (1996). "Fundamental of Analytical Chemistry." Edisi ke-7. United State of America: Saunders College Publishing. 611-629

- Solomons, N.W. dan Cousins, R.J. (1984). "Zinc." dlm. Prasad, A.S. Alan, R.L. "Absorbtion and Malabsorbtion of Mineral Nutriens." New York: Marcel Dekker Inc.
- Spinosa, L. (1997). "Sludge Characterisation." dlm ISWA's Working Group on Sewage & Waterworks sludge. "Sludge Treatment and Disposal." *European Environmental Agency*. 13-16.
- Subramaniam, K.S., Meranger, J.C. dan Curdy, R.F. (1984). "Determination f Arsenic(III) in Some Scotian Ground Water Samples." *Atomic Spectrosc.* 5 (4). 192-194.
- Tadeusz, S. (2001). "Heavy Metals Removal by the Waste Biomass." *Water Quality Res. J. Canada.* 36 (4).
- Tay, J.H. (1987<sup>a</sup>). "Properties of Pulverized Sludge Ash Blended Cement." dlm. Joo-Hwa Tay and Kuan-Yeow Show. "Properties of Cement Made From Sludge." *Journal of Environmental Engineering.* 117 (2). 358-364.
- Tay, J.H. 1987<sup>b</sup>. *Sludge Ash as Filler for Portland Cement Concrete.* ACI Mater. J., 84(5), 358-364. dlm. Joo-Hwa Tay and Kuan-Yeow Show 1991. *Properties of Cement Made From Sludge.* Journal of Environmental Engineering, Vol. 117, No.2. ASCE.
- Taylor, H. E. (2001). "Inductively Coupled Plasma Mass-Spectrometry, Practices and Techniques." New York: Academic Press.
- Tchobanoglous G. dan Burton F.L (1991). "Wastewater Engineering. Treatment, Disposal, Reuse." dlm. Metcalf & Eddy 2003. "Wastewater Engineering. Treatment and Use. Edisi ke-4. New York: Mc Graw Hill Inc.



- Tebbutt, T.H.Y. (1970). "Principles of Water Quality Control. dlm. Rawatan Kumbahan Dalam Iklim Panas." Terj. Mohd Azraai Kassim, Mohd Razman Salim & Mohd Noor Othman. Johor : Unit Penerbitan Akademik, Universiti Teknologi Malaysia.
- Terry, N. dan Bauelos, G. (2000). "Phytoremediation of Contaminated Soil and Water." United States of America: Lewis Publishers.
- Theis, T.L. dan Hayes, T.D. (1978). "Chemistry of Heavy Metals in Anaerobic Digestion." dlm. D. Couillard and G. Mercier. "Metallurgical Residue for Solubilization of Metals from Sewage Sludge." *Journal of Environmental Engineering*. **118** (5).
- Trief, N.M. (1980). "Environmental and Health." Michigan: Ann Arbor Science. 247-248.
- Trevor B. (1997). "Fuel First." *Water Quality International WQI*. September/Oktober. 20-21
- Tsuchiya, K. (1979). "Lead". dlm. Friberg, L., Nurberg, G.F. and Vouk, V.B. "Handbook on The Toxicology of Metals." Amsterdam: Elsevier. 451-457.
- USEPA (1983). "Municipal Wastewater Stabilization Ponds: Design Manual." Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. (EPA-625/1-83-015).
- USEPA (1984). "Environment Regulations and Technology, Use and Disposal of Municipal Wastewater Sludge." Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. (EPA/625/10-84-003).
- USEPA (1992). "Technical Support Document for Land Application of Sewage Sludge." Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. (EPA 822/R-93-001a - Vol.1).

- USEPA (1994<sup>a</sup>). "Land Application of Sewage Sludge: A Guide for Land Appliers on the Requirements of the Federal Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge, 40 CFR Part 503." Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. (EPA 831/B/9/002b).
- USEPA (1994<sup>b</sup>). "A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule." Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. (EPA 832/R/93/003).
- USEPA (1995). "Process Design Manual for Land Application of Sewage Sludge and Domestic Septage." Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. (EPA /625/R-95/001).
- USEPA (1995<sup>b</sup>). "A Guide to the Biosolids Risk Assessments for the EPA Part 503 Rule." Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. (EPA /832 /B /93/005).
- USEPA (2000). "Biosolids Technology Fact Sheet: Part 2C Reference Sheets." Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. (EPA /832/F/00/052).
- Vangronsveld J, Sterckx J, Van Assche F dan Clijsters H. (1995). "Re-habilitation studies on an old non-ferrous waste dumping ground: effects of revegetation and metal immobilisation by beringite." *J.Geochem. Explor.* **52**. 221–229.
- Wallbott G.L. (1978). "Health Effect of Environment Pollutant." Edisi ke-2. Missouri: The CV Mosby Company. 59-61
- Weng C.H. dan Huang C.P. (1994). "Treatment of Metal Industrial Wastewater by Fly Ash and Cement Fixation." *Journal of Environmental Engineering.* **120** (6).
- Welch, R.M., W.H. Allaway, W.A. House, dan Kubota (1991). "Geographic Distribution of Trace Element Problems." dlm. J.J. Mortvedt, , F.R. Cox, L.M. Shuman dan R.M.

Welch (eds.). "Micronutrients in agriculture." Madison, WI: Soil Science Society of America.

Williams, P.L. (1985). "Industrial Toxicology." New York: Van Nostrand Reinhold Company. 197-203.

Yoshikawa, H. (1972). "Metal and Its Effect on Human Health." *Pollution and Measures*. 8. 525-534.



PT TA UTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH