

## KANDUNGAN LOGAM BERAT DI DALAM BEBERAPA SIRI TANAH OKSISOL DI SEKITAR TASIK CHINI, PAHANG

Sahibin Abd. Rahim, Muhd. Barzani Gasim, Mohd. Nizam Mohd Said, Wan Mohd Razi Idris, Azman Hashim, Sharilnizam Yusof dan Masniyana Jamil

*Program Sains Sekitaran, Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam  
Fakulti Sains dan Teknologi, UKM 43600 Bangi Selangor, Malaysia  
e-mail: haiyan@pkrisc.cc.ukm.my*

**Katakunci:** logam berat, pengayaan, tanah oksisol, tasik chini

### Abstract

This study was carried out to determine heavy metal content and physico-chemical properties of soil's influencing heavy metal accumulation in some series surrounding the Chini Lakes. A total of 15 topsoil sample were collected randomly from 6 stations. The physical properties that were analyzed include particle size distribution and soil organic matter. Meanwhile, the chemical characteristics determined were pH, electrical conductivity and cation exchange capacity. It was found that heavy metal content of Cd, Cr, Cu, Co, Pb, Zn and Mn were low whereas Fe content was high. The textures of soil studied were clay, loamy sand, sandy loam, clay loam and silty clay loam. The mean of organic matter ranged from 2.68 to 11.46%. The soil pH showed that the soil studied was acidic with values ranged between 3.36 to 3.72. The range of electrical conductivity mean was between 2150  $\mu\text{Scm}^{-1}$  to 2403  $\mu\text{Scm}^{-1}$ . Cation exchange capacity mean ranged from 2.85 hingga 8.59  $\text{cmol}_c/\text{kg}$ . Correlation analysis showed that there were positive and negative significant correlations between soils parameters heavy metal concentration. Analysis of variance (ANOVA) showed that there were significant differences in organic matter percentage, pH, cation exchange capacity and heavy metals except cadmium between sampling station.

### Abstrak

Kajian ini dijalankan untuk menentukan kandungan logam berat dan ciri fiziko-kimia tanah yang mempengaruhi pengayaan logam berat dalam beberapa siri tanah di sekitar Tasik Chini, Pahang. Sebanyak 15 sampel tanah daripada 6 stesen telah diambil berdasarkan jenis tanah. Ciri fizik yang ditentukan termasuklah taburan saiz partikel dan kandungan bahan organik tanah. Manakala ciri kimia yang ditentukan pula adalah pH, kekonduksian elektrik dan kapasiti pertukaran kation. Didapati bahawa kandungan logam berat Cd, Cr, Cu, Co, Pb, Zn dan Mn adalah rendah manakala kandungan Fe adalah tinggi. Tanah kawasan kajian terdiri daripada tekstur lempung, pasir berlom, lom berpasir, lom lempung dan lom lempung berkelodak. Kandungan bahan organik berjulat di antara 2.68 hingga 11.46%. Nilai pH menunjukkan tanah di kawasan kajian adalah berasid iaitu pada julat antara 3.36 hingga 3.72. Manakala julat kekonduksian elektrik pula berada di antara 2150  $\mu\text{Scm}^{-1}$  hingga 2403  $\mu\text{Scm}^{-1}$ . Purata kapasiti pertukaran kation berjulat di antara 2.85 hingga 8.59  $\text{cmol}_c/\text{kg}$  tanah. Analisis korelasi menunjukkan terdapat perhubungan yang signifikan positif dan negatif di antara parameter tanah dengan kandungan logam berat. Analisis varians (ANOVA) pula menunjukkan terdapat perbezaan yang signifikan di antara stesen bagi kandungan bahan organik, kapasiti pertukaran kation serta logam berat kecuali logam kadmium.

### Pendahuluan

Luluhawa dan pedogenesis merupakan dua proses utama yang menyumbang dalam pembentukan tanah. Luluhawa fizik adalah proses di mana batuan dipecahkan dan dihancurkan oleh agen iklim seperti haba, air yang mengalir, graviti dan angin melalui proses pengembangan dan penguncupan yang berterusan. Luluhawa kimia pula melibatkan proses seperti pengoksidaan, penurunan, hidrasi, hidrolisis dan pengkarbonan sementara luluhawa biologi pula melibatkan peranan benda-benda hidup seperti sesetengah hidupan seni, akar tumbuhan primitif seperti liken dan lumut [8].

Saling tindakan iklim, topografi dan juga masa ke atas bahan induk mengakibatkan pembentukan pelbagai jenis tanah di Malaysia. Sebagai contoh, tanah yang terbentuk daripada batuan granit berbeza dengan tanah yang terbentuk daripada batuan basalt. Perbezaan tersebut bukan sahaja dari segi minerologinya, malahan juga morfologinya [10]. Tanah di kawasan kajian didasari oleh batuan metasedimen daripada batupasir, batu lodak dan batu lumpur yang telah mengalami canggaan hebat. Komposisi batuan adalah berbagai dengan sebahagiannya mempunyai kandungan ferum yang tinggi. Ini menunjukkan tanah di sini adalah tanah oksisol.

Perbezaan komposisi batuan induk menyebabkan terbentuk beberapa siri tanah di sekitar Tasik Chini. Antara siri tanah yang ditemui di sini adalah siri Melaka, Bungor dan Rasau. Siri Melaka dikenali dengan warna merah gelap berkomposisi laterit yang tinggi. Horizon pada profil tidak begitu jelas. Siri Bungor berwarna kekuningan, manakala siri Rasau berkomposisi pasir dengan dicirikan oleh warna cerah. Kajian ini cuba melihat kepada ciri fiziko-kimia tanah yang terdapat di kawasan sekitar Tasik Chini.

### **Bahan Dan Kaedah**

#### *Lokasi dan stesen kajian*

Kawasan kajian iaitu Tasik Chini adalah terletak di mukim Penyur, Pahang. Kedudukan lokasi kajian adalah merangkumi garis lintang 3°24' hingga 3°28' utara dan garis bujur di antara 102°55' hingga 102°60' timur. Tasik Chini terletak kira-kira 100 km dari Kuantan terbahagi kepada 12 cabang saluran yang dikenali sebagai laut.

Stesen 1 merupakan tanah siri Melaka yang terdiri daripada tanah laterit yang mengandungi logam ferum yang tinggi. Kawasan persampelan meliputi tanah hutan dan tanah pertanian kelapa sawit tua.

Stesen 2 pula terdiri daripada tanah siri Rasau berwarna cerah putih meliputi kawasan pertanian kelapa sawit yang baru ditanam dan hutan sekunder. Tanah di stesen ini mempunyai struktur yang halus dan peroi.

Stesen 3 terletak di Kampung Gulum yang terdiri daripada kawasan terbuka dan tanah hutan yang kecerunannya lebih kurang 4°. Tanah di stesen ini dikategorikan sebagai tanah siri Bungor.

Stesen 4 terletak di Bukit Jerangking yang mempunyai kecerunan lebih kurang 20 hingga 25° dengan litupan sebanyak 60 hingga 70%. Tanah di stesen 4 juga dikategorikan sebagai tanah siri Bungor.

Stesen 5 pula adalah lokasi Kampung Chenahan yang terdiri daripada kanopi sebanyak 30% tetapi tiada litupan pada lantai hutan serta mempunyai kecerunan lebih kurang 5°. Tanah di stesen 5 ini pula dikategorikan sebagai Siri Melaka.

Stesen 6 merupakan kawasan hutan yang mempunyai litupan kanopi lebih kurang 90% dan litupan sebanyak 70% pada lantai hutan. Stesen ini terletak di Pulau Babi. Tanah di sini adalah siri Melaka. Selain itu di stesen keenam ini terdapat banyak daun dan sampah-sarap pada lantai hutan yang menyumbang kepada pembentukan humus.

#### *Kaedah Kajian*

Kaedah yang digunakan dalam kajian ini dikelaskan kepada 4 peringkat yang terdiri daripada cerapan di lapangan, persampelan tanah, analisis makmal dan analisis data.

#### *Persampelan Tanah*

Persampelan tanah dijalankan dengan mengambil secara rawak kira-kira 1kg berat tanah permukaan atas (0-20cm) dengan menggunakan *dutch auger*. Sampel tanah tersebut dimasukkan ke dalam beg plastik dan dilabelkan mengikut lokasi masing-masing untuk analisis makmal.

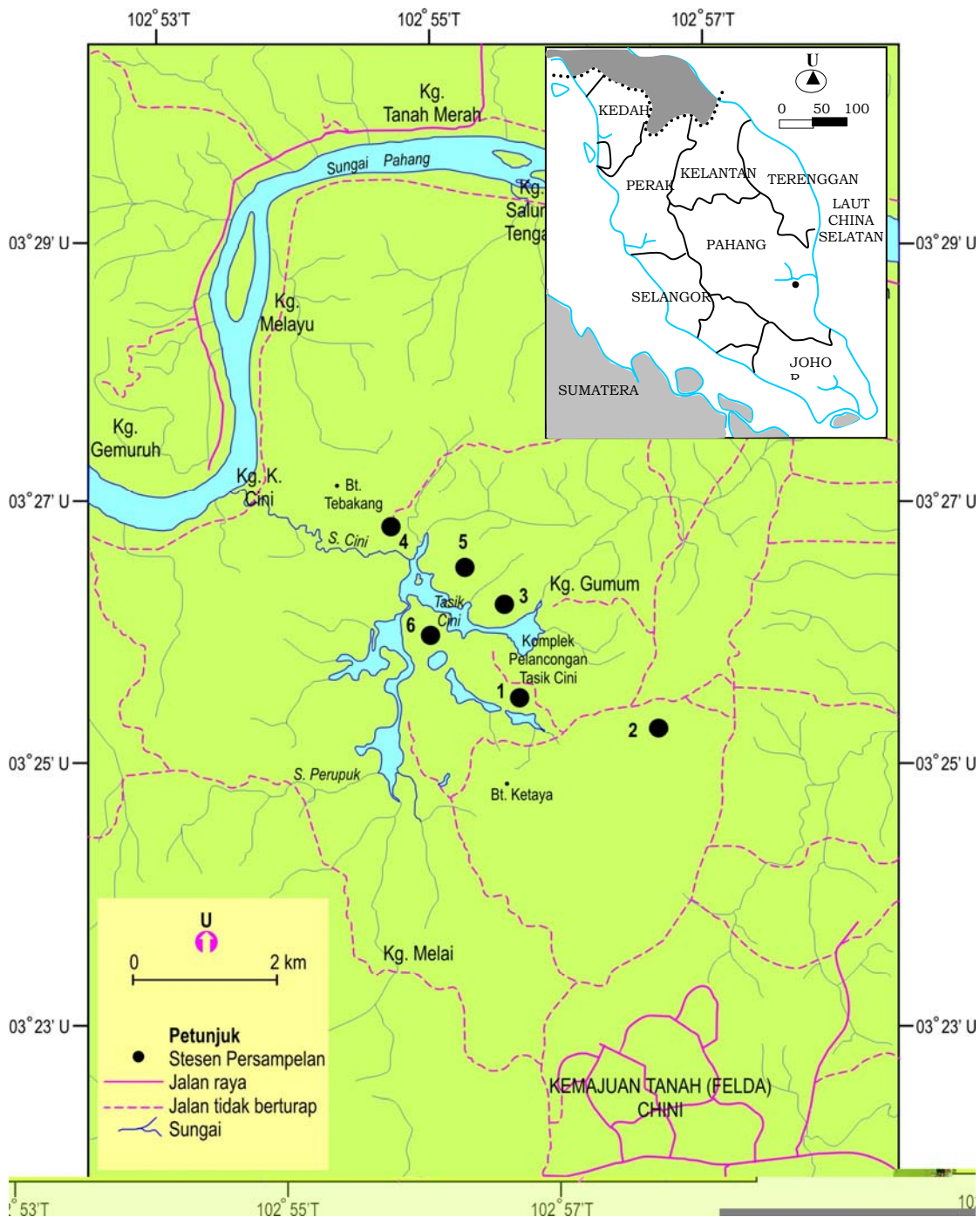
#### *Penyediaan Sampel*

Analisis makmal merangkumi proses penyediaan sampel di mana semua sampel tanah dibiarkan kering udara pada suhu bilik. Semasa proses pengeringan yang dijalankan, gumpalan sampel tanah dipecahkan kepada bahagian yang lebih kecil untuk mempercepatkan proses pengeringan. Sampel tanah kering udara kemudian ditumbuk dengan menggunakan penumbuk lesung kayu. Pecahan-pecahan tanah diayak dengan menggunakan ayak bersaiz 2mm. Hasil ayakan tanah yang mempunyai saiz yang kurang daripada 2mm dibahagikan di mana satu bahagian tanah digunakan untuk analisis parameter fiziko-kimia manakala bahagian yang lain disimpan untuk kajian ulangan. Sebanyak 3 replikasi digunakan untuk setiap penentuan.

#### *Analisis Makmal*

Penentuan saiz partikel dilakukan mengikut kaedah pipet berserta ayakan kering [1]. Kandungan bahan organik ditentukan secara pembakaran [3]. Pengukuran pH tanah dilakukan di dalam nisbah 1:2.5 bagi tanah:air suling [6] menggunakan meter pH berelektrod kaca Model WTW INOLAB Level 1. Kekonduksian elektrik ditentukan

daripada ekstrak  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  tepu [5] menggunakan alat meter kekonduksian Model H 18819 Hanna. Kation asid boleh tukar ganti  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{H}^+$  diekstrak dengan larutan 1M KCl dan kemudian ditentukan secara titratan. Kepekatan kation boleh tukar  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  daripada ekstrak 1M Ammonium Asetat [7] ditentukan menggunakan alat Spektrometer Serapan Atom Nyalaan (FAAS). Kandungan logam berat di dalam tanah diekstrak dengan menggunakan kaedah Archer and Hodgson (1987) [2], kemudian kepekataannya di dalam larutan ekstrak ditentukan dengan Spektrometer Serapan Atom Nyalaan (FAAS).



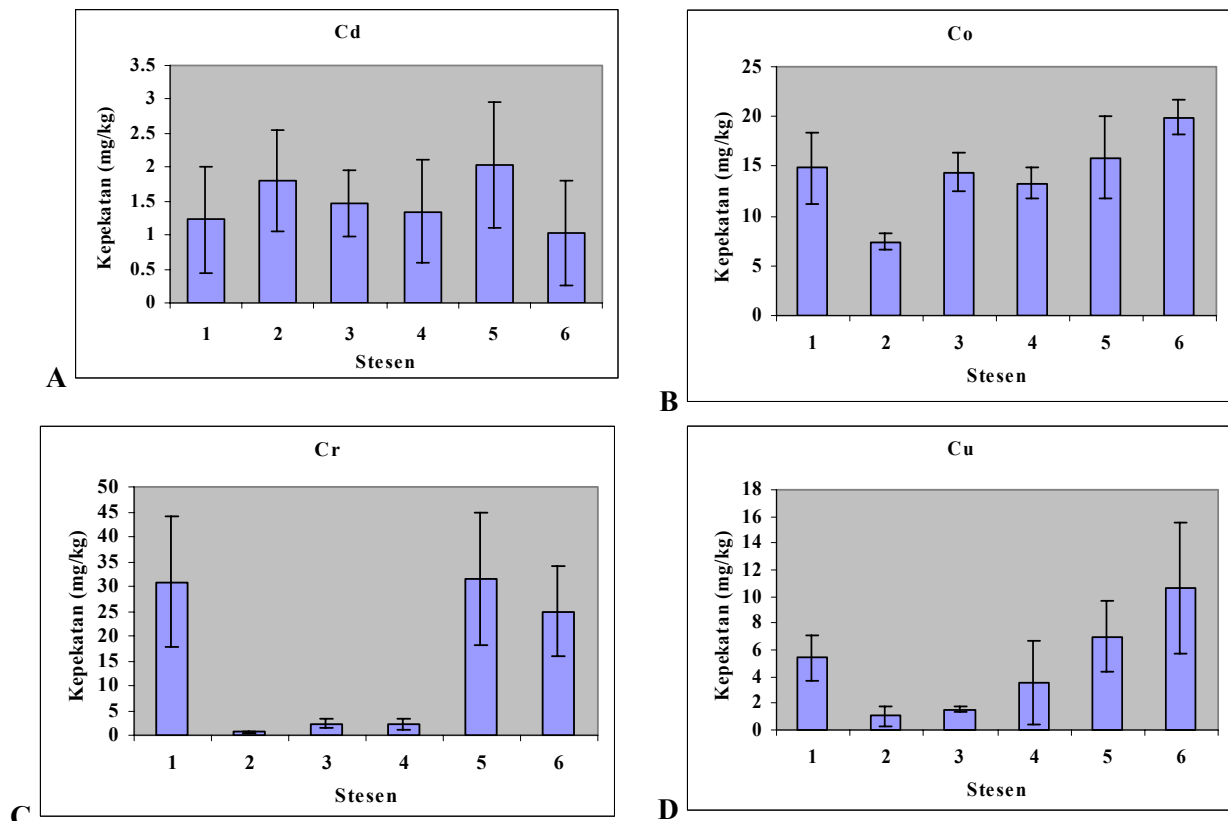
Rajah 1. Peta menunjukkan kawasan kajian dan persampelan

### Hasil Dan Perbincangan

#### Kandungan Logam Berat Dalam Tanah

Purata dan sisihan piawai bagi setiap logam yang dikaji di kesemua stesen cerapan ditunjukkan pada Rajah 1 dan 2. Julat purata kepekatan bagi logam kadmium (Cd) di dalam tanah adalah di antara 1.03 hingga 2.03 mg/kg. Kepekatan tertinggi dicatatkan pada stesen 5 dan yang terendah dicatatkan pada stesen 6 dengan nilai masing-masing ialah  $2.03 \pm 0.93$  mg/kg dan  $1.03 \pm 0.77$  mg/kg. Analisis varians menunjukkan tidak ada perbezaan signifikan di antara purata kandungan Cd di dalam tanah di stesen yang dikaji. Ini menunjukkan kandungan Cd dalam siri tanah yang berbeza adalah lebih kurang sama sahaja.

Purata kepekatan logam kobalt (Co) pula adalah di antara 7.44 hingga 19.85 mg/kg. Kandungan logam berat Co yang paling tinggi dicatatkan oleh stesen 6 iaitu  $19.85 \pm 1.71$  mg/kg dan yang paling rendah adalah stesen 2 iaitu  $7.44 \pm 0.81$  mg/kg. Analisis varians menunjukkan terdapat perbezaan signifikan di antara purata kandungan Co di antara stesen 2 dengan stesen-stesen yang lain. Stesen 2 adalah tanah siri Rasau yang didominasi oleh pasir.

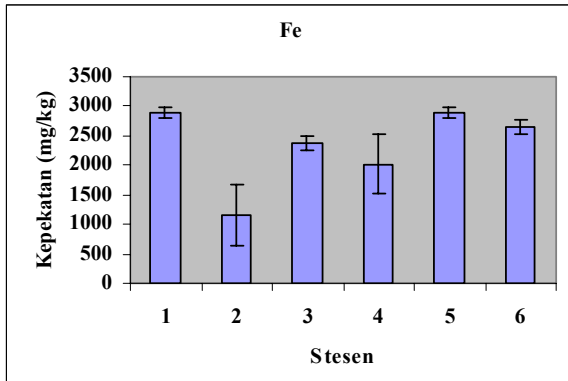


Rajah 2. Kandungan logam berat (Cd, Co, Cr, Cu) dalam sampel tanah di kawasan kajian

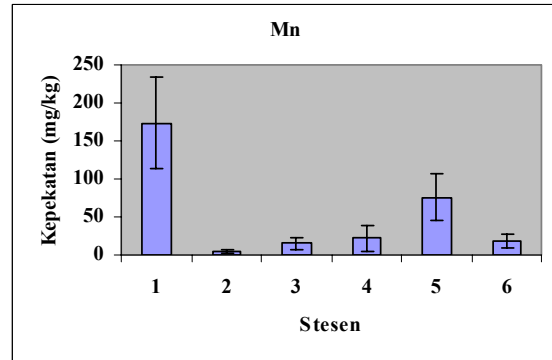
Bagi kandungan unsur kromium (Cr) di dalam tanah pula purata kepekatan berada pada julat 0.57 hingga 31.63 mg/kg yang mana stesen 5 mencatatkan nilai kepekatan tertinggi iaitu  $31.63 \pm 13.34$  mg/kg. Manakala stesen 2 mencatatkan nilai kepekatan Cr yang terendah iaitu  $0.57 \pm 0.32$  mg/kg. Analisis varians menunjukkan terdapat perbezaan signifikan di antara purata kandungan Cr di dalam tanah di stesen 1, 5, 6 dengan stesen 2, 3 dan 4. Tanah stesen 1, 5 dan 6 merupakan tanah siri Melaka.

Purata kepekatan logam kuprum (Cu) pula terletak pada julat di antara 1.04 hingga 10.65 mg/kg iaitu kepekatan logam ini dicatatkan paling tinggi pada stesen 6 iaitu  $10.65 \pm 4.87$  mg/kg dan paling rendah pada stesen 2 iaitu  $1.04 \pm 0.70$  mg/kg. Analisis varians menunjukkan terdapat perbezaan signifikan di antara purata kandungan C di dalam tanah di stesen 2, 3 dengan stesen 1, 5 dan 6. Tanah stesen 1, 5 dan 6 merupakan tanah siri Melaka.

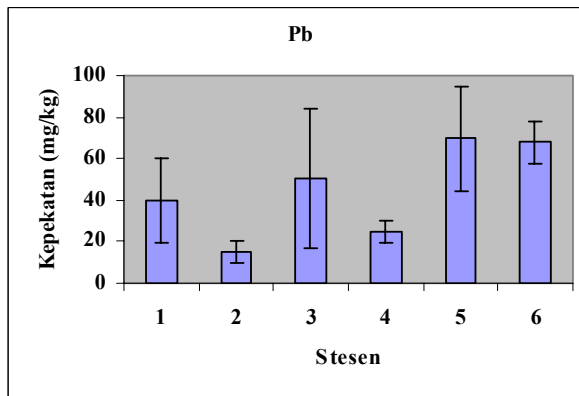
Secara keseluruhannya, logam ferum (Fe) mencatatkan nilai purata kepekatan yang paling tinggi di kawasan kajian dengan nilainya berada pada julat 1156.80 hingga 2898.40 mg/kg. Stesen 1 mencatatkan nilai purata tertinggi iaitu  $2898.40 \pm 98.10$  mg/kg manakala stesen 2 mencatatkan nilai purata kepekatan logam Fe yang paling rendah iaitu  $1156.80 \pm 511.60$  mg/kg. Analisis varians menunjukkan terdapat perbezaan signifikan di antara purata kandungan Fe di dalam tanah di antara stesen 2, 3 dan 4 dengan stesen 1, 5 dan 6. Tanah stesen 1, 5 dan 6 merupakan tanah siri Melaka



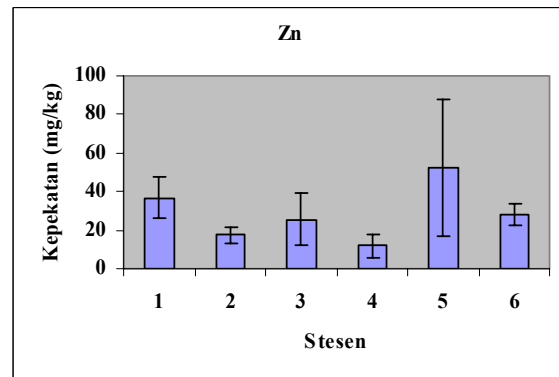
E



F



G



H

Rajah 3. Kandungan logam berat (Fe, Mn, Pb, Zn) dalam sampel tanah di kawasan kajian

Purata kepekatan unsur mangan (Mn) berada pada julat di antara 4.58 hingga 173.60 mg/kg. Stesen 1 mencatatkan kepekatan logam Mn yang paling tinggi iaitu sebanyak  $173.60 \pm 59.68$  mg/kg dan stesen 2 pula mencatatkan kepekatan yang paling rendah iaitu  $4.58 \pm 1.82$  mg/kg. Analisis varians menunjukkan perbezaan signifikan di antara purata kandungan Mn di dalam tanah di stesen 2, 3, 4 dan 6 dengan stesen 1 dan 5.

Purata kepekatan logam plumbum (Pb) pula berada pada julat di antara 15.30 hingga 69.59 mg/kg di mana kepekatan Pb yang paling tinggi dicatatkan pada stesen 5 iaitu  $69.59 \pm 25.35$  mg/kg, sementara stesen 2 mencatatkan kepekatan logam Pb yang terendah iaitu  $15.30 \pm 5.19$  mg/kg. Analisis varians menunjukkan perbezaan signifikan di antara purata kandungan Pb di dalam tanah di stesen 2 dan 4 dengan stesen 5 dan 6.

Bagi logam zink (Zn) pula, purata kepekatan berada pada julat 12.10 hingga 52.20 mg/kg. Secara puratanya, stesen 5 mencatatkan kepekatan logam Zn yang paling tinggi berbanding stesen persampelan yang lain iaitu  $52.20 \pm 35.55$  mg/kg, sementara stesen 4 mencatatkan kepekatan yang paling rendah iaitu  $12.10 \pm 6.06$  mg/kg. Terdapat perbezaan signifikan di antara purata kandungan Zn di dalam tanah di stesen 1 dan 6 dengan stesen 2 dan 4.

Berdasarkan analisis varians yang dijalankan, didapati terdapat perbezaan yang signifikan di antara keenam-enam stesen persampelan bagi setiap unsur logam berat kecuali Cd. Secara umumnya kandungan logam berat dalam tanah siri Melaka adalah lebih tinggi daripada kandungan logam berat di dalam siri Bungor dan Rasau. Kandungan logam berat dalam siri Rasau adalah paling rendah.

Kebiasaannya, kuprum di dalam tanah adalah berbentuk ion  $\text{Cu}^{2+}$  yang akan dijerap oleh tanah lempung atau bersebuti dengan bahan organik. Penahanan kuprum di dalam tanah bertambah dengan peningkatan bahan organik [12]. Keterdapatannya kuprum juga akan berkurangan dengan peningkatan pH.

Zink pada tanah berasid kebiasaannya mudah diserap oleh tumbuhan, manakala dalam keadaan tanah beralkali, ia tidak mudah diserap [12]. Secara umum, dalam keadaan tanah berasid  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Mn}^{2+}$  hadir dalam larutan tanah untuk keperluan tumbuhan. Dalam tanah yang terlalu berasid, kehadiran ferum dan mangan adalah pada kepekatan yang toksik.

Sementara itu, kerendahan nilai pH juga bertindak mempengaruhi penyerapan logam berat iaitu melalui jerapan proton-proton asid lemah atau jerapan spesifik hasil hidrolisis atau pembentukan mendakan permukaan dari hidroksid atau silikat [4].

#### *Ciri Fiziko-kimia Tanah*

##### *Ciri fizik tanah*

Nilai purata dan sisihan piawai parameter fizik tanah seperti peratusan pasir, kelodak, lempung, kandungan bahan organik dan tekstur tanah ditunjukkan dalam Jadual 1.

##### *Peratusan lempung, kelodak dan pasir serta tekstur tanah*

Purata peratusan lempung yang diperoleh daripada kajian ini adalah berjulat di antara 7.55% hingga 70.96%. Purata peratusan lempung yang tertinggi dicatatkan ialah pada stesen 1 iaitu sebanyak  $70.96 \pm 19.35\%$ , manakala stesen 2 pula mencatatkan purata peratusan kandungan lempung yang terendah iaitu sebanyak  $7.55 \pm 1.64\%$ . Bagi purata peratusan kelodak di keenam-enam stesen pula adalah berjulat di antara 8.59% hingga 47.94% di mana stesen 5 menunjukkan nilai peratusan tertinggi iaitu  $47.94 \pm 10.47\%$ , manakala nilai purata peratusan yang paling rendah dicatatkan oleh stesen 1 iaitu sebanyak  $8.59 \pm 10.02\%$ . Purata bagi peratusan kandungan pasir pula adalah berjulat di antara 7.87% hingga 80.43%. Nilai tertinggi bagi purata peratusan kandungan pasir ini dicatatkan oleh stesen 2 iaitu sebanyak  $80.43 \pm 3.57\%$  dan nilai terendahnya pula dicatatkan oleh stesen 6 iaitu sebanyak  $7.87 \pm 1.99\%$ .

Hasil yang diperoleh daripada data yang telah dianalisis menunjukkan bahawa stesen 1 dan stesen 6 terdiri daripada tekstur lempung, stesen 2 terdiri daripada tekstur pasir berlom sementara stesen 3 bertekstur lom berpasir. Manakala didapati stesen 4 dan 5 masing-masing mempunyai tekstur lom lempung dan lom lempung berkelodak.

**Jadual 1.** Purata dan sisihan piawai bagi kandungan bahan organik, peratus pasir, kelodak, lempung dan tekstur tanah

Stesen	% Bahan organik	% Pasir	% Kelodak	% Lempung
1 (Melaka)	$11.46 \pm 2.23$	$20.30 \pm 9.79$	$8.59 \pm 10.02$	$70.96 \pm 19.35$
2 (Rasau)	$2.68 \pm 1.08$	$80.43 \pm 3.57$	$12.02 \pm 1.97$	$7.55 \pm 1.64$
3 (Bungor)	$3.41 \pm 0.14$	$54.80 \pm 6.28$	$27.21 \pm 7.06$	$17.93 \pm 0.73$
4 (Bungor)	$3.70 \pm 0.31$	$35.39 \pm 9.80$	$45.10 \pm 8.33$	$19.52 \pm 1.51$
5 (Melaka)	$9.50 \pm 2.10$	$12.98 \pm 1.94$	$47.94 \pm 10.47$	$39.08 \pm 10.43$
6 (Melaka)	$9.81 \pm 3.10$	$7.87 \pm 1.99$	$33.32 \pm 1.66$	$58.81 \pm 3.06$

##### *Ciri kimia tanah*

Nilai purata berserta sisihan piawai bagi setiap parameter kimia tanah di setiap stesen persampelan yang telah dianalisis ditunjukkan di dalam pada lampiran A, B dan C. Hasil yang didapati menunjukkan bahawa tanah di kawasan kajian adalah bersifat asid memandangkan nilai pH yang diperoleh bagi semua stesen persampelan adalah rendah.

##### *pH tanah*

Purata pH serta sisihan piawai bagi setiap stesen persampelan ditunjukkan di dalam Rajah 4. Nilai purata pH yang diperoleh adalah berada pada julat 3.36 hingga 3.72. Secara puratanya, tanah di stesen 1 mencatatkan

bacaan bagi nilai pH yang tertinggi berbanding stesen cerapan yang lain iaitu 3.72 dengan sisihan piawainya 0.45. Tanah di stesen 4 pula mencatatkan nilai pH paling rendah iaitu  $3.36 \pm 0.18$ .

Secara keseluruhannya, didapati bahawa kesemua tanah yang dikaji bagi setiap stesen persampelan adalah bersifat asid kerana purata pH yang rendah. Terdapat perbezaan yang signifikan bagi nilai pH di antara stesen 1 dan stesen 4. Keasidan tanah berpunca daripada humus atau bahan organik, tanah lempung alumino-silikat, hidrus oksida ferum dan aluminium, aluminium tukarganti, garam larut dan karbon dioksida [12].

Jadual 2. Purata dan sisihan piawai bagi pH, kekonduksian elektrik (EC) ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ ) dan KPK (cmolc/kg).

Stesen	pH	Kekonduksian elektrik	Kapasiti Pertukaran Kation
1 (Melaka)	$3.72 \pm 0.45$	$2403 \pm 122.8$	$3.85 \pm 0.81$
2 (Rasau)	$3.57 \pm 0.25$	$2282.5 \pm 9.6$	$2.85 \pm 1.48$
3 (Bungor)	$3.56 \pm 0.05$	$2287.5 \pm 63.4$	$6.21 \pm 1.67$
4 (Bungor)	$3.36 \pm 0.18$	$2150 \pm 59.4$	$7.91 \pm 0.26$
5 (Melaka)	$3.60 \pm 0.14$	$2262.5 \pm 5.0$	$7.67 \pm 0.28$
6 (Melaka)	$3.44 \pm 0.08$	$2267.5 \pm 65$	$8.59 \pm 1.11$

Nilai purata pH yang didapati rendah bagi semua stesen kerana kebanyakannya terdiri daripada kawasan hutan dengan litupan 100%. Oleh itu, kawasan ini mengandungi banyak bahan organik dan humus hasil pereputan daun yang menyumbang keasidan tanah. Ini adalah kerana pereputan bahan organik terutamanya humus akan mengeluarkan asid organik dan asid mineral. Bahan organik tanah atau humus mengandungi kumpulan reaktif karboksil, fenolik dan amino yang mana ia boleh mengikat ion  $\text{H}^+$ . Kumpulan yang tepu  $\text{H}^+$  tersebut bersifat seperti asid lemah dan  $\text{H}^+$  yang terikat secara kovalen akan terurai bergantung kepada penguraian asid yang terbentuk [12].

Keasidan tanah juga berlaku disebabkan oleh titisan air hujan yang lebat yang mengakibatkan kebanyakan garam yang terkandung di dalam tanah mengalami larut lesap. Kehilangan bes  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  ini digantikan oleh ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{Al}^{3+}$ . Kehadiran  $\text{H}^+$  dan  $\text{Al}^{3+}$  di tapak pertukaran kation inilah yang bertanggungjawab terhadap keasidan tanah [8].

Di samping itu, kawasan kajian yang juga terdiri daripada kawasan pertanian mengaplikasikan penggunaan baja sebagai sumber nutrien kepada tanaman. Kandungan nitrogen dan sulfur di dalam baja akan mengalami tindakbalas mikrobiologi. Nitrogen dioksidakan kepada ammonium, manakala sulfur dioksidakan kepada sulfur trioksida. Gas-gas ini masing-masing larut di dalam air untuk membentuk asid nitrik dan asid sulfat. yang kemudiannya terjerap ke dalam tanah [8].

#### *Kekonduksian elektrik tanah*

Purata kekonduksian elektrik tanah yang diperolehi daripada setiap stesen adalah berada pada julat  $2150.0 \mu\text{Scm}^{-1}$  hingga  $2403.0 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Berdasarkan Rajah 4.5, didapati stesen 1 mencatatkan nilai kekonduksian elektrik yang tertinggi iaitu  $2403.0 \pm 122.8 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Manakala stesen yang mencatatkan nilai kekonduksian yang paling rendah ialah stesen 4 iaitu  $2150.0 \pm 59.4 \mu\text{Scm}^{-1}$ .

Analisis ANOVA yang dijalankan menunjukkan terdapat perbezaan yang bererti pada aras keertian 5% bagi stesen 1 dengan kelima-lima stesen yang lain iaitu stesen 2, stesen 3, stesen 4, stesen 5 dan stesen 6. Manakala stesen 2 dan 3 menunjukkan perbezaan yang signifikan dengan stesen 4.

Secara keseluruhannya, nilai kekonduksian elektrik yang dicatatkan oleh semua stesen cerapan adalah rendah. Ini menunjukkan kepekatan garam dalam tanah adalah rendah. Jadi, ia tidak menyekat pengambilan air oleh tumbuhan dan tumbuhan juga tidak menunjukkan simptom-simptom kekeringan. Oleh itu, tanah di kawasan kajian adalah sesuai untuk aktiviti pertanian berdasarkan indisis bagi kekonduksian elektrik tanah yang digunakan oleh MAFF (1988) [13] yang mana nilai kekonduksian yang diperolehi berada di bawah indeks 3 iaitu tidak merosakkan tumbuhan.

*Kapasiti pertukaran kation (KPK)*

Purata kapasiti pertukaran kation (KPK) bagi keenam-enam stesen ditunjukkan dalam Rajah 4.12 adalah berjulat di antara 2.85 hingga 8.59  $\text{cmol}_c/\text{kg}$ . Stesen 6 mencatatkan nilai KPK tertinggi berbanding stesen yang lain iaitu  $8.59 \pm 1.11 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ , manakala stesen 2 pula mencatatkan nilai KPK yang paling rendah iaitu  $2.85 \pm 1.48 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ . Daripada ujian ANOVA dapat dinyatakan bahawa stesen 1 dan stesen 2 berbeza secara signifikan dengan keempat-empat stesen yang lain. Selain itu, stesen 3 menunjukkan perbezaan yang signifikan dengan stesen 1, stesen 2, stesen 4 dan stesen 6. Stesen 4 dan 6 pula mempunyai perbezaan yang signifikan dengan stesen 1, stesen 2 dan stesen 3, sementara stesen 5 berbeza secara bererti dengan stesen 1 dan stesen 2.

Kapasiti pertukaran kation adalah paling tinggi di stesen 6 mungkin kerana tanahnya yang bertekstur lempung. Ini kerana lempung merupakan konstituen tanah yang paling halus serta mempunyai luas permukaan spesifik yang besar. Lebih-lebih lagi, lempung tanah terdiri daripada cas elektronegatif yang aktif secara kimia serta berupaya menarik kation yang bercas positif.

Penentuan KPK ini adalah merupakan penggantian semua atau sebahagian daripada kation tukarganti pada kompleks pertukaran. Tanah lempung atau tanah organik mempunyai KPK yang tinggi berbanding tanah pasir atau tanah yang tidak begitu organik memandangkan keupayaannya yang kecil serta mudah hilang menerusi larut lesap. Koloid lempung yang bermuatan negatif membolehkan kation tertarik oleh partikel lempung dan diikat secara elektrostatik [11].

Kation bes tukarganti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$  boleh terlekat pada koloid tanah oleh cas elektrik dan boleh bertukarganti sesama sendiri atau dengan  $\text{H}^+$ . Nilai purata KPK bagi stesen 6 adalah paling tinggi kerana kepekatan kation  $\text{Al}^{3+}$  tukarganti yang tinggi serta menyumbang kepada peningkatan KPK tanah.

*Korelasi antara parameter tanah dengan logam berat*

Jadual 2 menunjukkan terdapat perhubungan signifikan secara positif pada aras keertian 5% antara pH dengan logam kromium (Cr) dan korelasi signifikan positif yang bererti dengan logam mangan (Mn). Kandungan bahan organik tanah juga mempunyai perhubungan signifikan yang kuat dengan logam Cr, Fe dan Mn, sementara terdapat perhubungan signifikan yang lemah dengan logam Co dan Cu.

Selain itu, peratusan kandungan pasir juga mempunyai perhubungan dengan logam yang dikaji walaupun perhubungan yang negatif. Peratusan pasir menunjukkan terdapatnya korelasi signifikan negatif yang kuat pada aras keertian 5% dengan logam Cr, Co, Cu and Fe. Sementara itu, ia juga mempunyai korelasi signifikan negatif yang lemah dengan logam Pb dan Zn.

**Jadual 3.** Nilai korelasi di antara parameter tanah dengan kandungan logam berat (mg/kg)

	Cr	Co	Cu	Cd	Pb	Fe	Mn	Zn
pH	0.397*	0.186	0.016	-0.194	0.347	0.298	0.614*	0.441
% BOT	0.674*	0.404*	0.392*	-0.178	0.304	0.698*	0.697*	0.543
% Pasir	-0.650*	-0.618*	-0.698*	0.105	-0.450*	-0.798*	-0.371	-0.393*
% Kelodak	-0.058	0.267	0.261	0.056	0.486*	0.046	-0.327	0.219
%Lempung	0.620*	0.386*	0.461*	-0.128	0.098	0.686*	0.540*	0.215
KE	0.308	-0.025	0.069	-0.039	0.012	0.278	0.596*	0.220
KPK	-0.091	0.416*	0.422*	0.017	0.221	0.150	-0.461*	-0.094

Aras keertian = 5% (\*), KE, kekonduksian elektrik; KPK, kapasiti pertukaran kation.

Bagi peratusan kandungan kelodak dalam tanah pula menunjukkan korelasi signifikan positif dengan logam Pb tetapi dalam perhubungan yang lemah. Sementara bagi peratusan kandungan lempung pula menunjukkan korelasi signifikan positif yang kuat pada aras keertian 5% dengan logam Cr, Fe dan Mn. Perhubungannya dengan logam Co dan Cu pula, menunjukkan korelasi signifikan positif yang lemah.

Nilai kekonduksian elektrik pula hanya menunjukkan korelasi signifikan yang agak kuat dengan logam Mn. Kapasiti pertukaran kation (KPK) pula menunjukkan perhubungan signifikan yang lemah dengan logam Co dan Cu, manakala ia menunjukkan korelasi signifikan negatif yang lemah dengan logam Mn.

Ini menunjukkan bahawa kandungan bahan organik, pasir, kelodak, lempung, pH, kekonduksian elektrik dan kapasiti [pertukaran kation mempunyai pengaruh ke atas pengayaan dan pengurangan jumlah logam berat di dalam tanah.

#### *Korelasi di antara logam berat dengan logam berat dalam tanah*

Berdasarkan Jadual 4, didapati Co mempunyai perhubungan signifikan yang positif dengan semua logam kecuali Mn dan Cd. Logam Co menunjukkan korelasi signifikan positif yang kuat dengan Cu ( $p < 0.05$ ,  $r = 0.5339$ ), Cr ( $p < 0.05$ ,  $r = 0.6026$ ), Fe ( $p < 0.05$ ,  $r = 0.6316$ ), Pb ( $p < 0.05$ ,  $r = 0.6187$ ), sementara ia mempunyai korelasi signifikan positif yang kurang kuat dengan Zn ( $p < 0.05$ ,  $r = 0.4135$ ).

**Jadual 4.** Korelasi di antara logam berat dengan logam berat dalam tanah ( $\mu\text{g/g}$ ).

	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Pb	Zn	Cd
Co	1.000							
Cu	0.5339*	1.000						
Cr	0.6026*	0.6182*	1.000					
Fe	0.6316*	0.5244*	0.7014*	1.000				
Mn	0.2675	0.1699	0.6858*	0.6031*	1.000			
Pb	0.6187*	0.5058*	0.5977*	0.4877*	0.2120	1.000		
Zn	0.4135*	0.2880	0.7365*	0.5650*	0.5413*	0.7339*	1.000	
Cd	-0.3695	-0.0306	-0.1316	-0.1370	-0.2254	-0.0002	0.1903	1.000

Aras keertian = 0.05 (\*)

Logam Cu pula menunjukkan korelasi signifikan positif yang agak kuat dengan logam Cr ( $p < 0.05$ ,  $r = 0.6182$ ), Fe ( $p < 0.05$ ,  $r = 0.5244$ ) dan Pb ( $p < 0.05$ ,  $r = 0.5058$ ). Selain itu, didapati logam Cr menunjukkan perhubungan signifikan positif yang kuat dengan logam Fe, Mn, Pb dan Zn yang mana nilai  $r$  masing-masing ialah 0.7014, 0.6858, 0.5977 dan 0.7365 pada aras keertian 5%.

Logam Fe juga mempunyai perhubungan signifikan positif yang kuat dengan logam Mn dan Zn yang mana nilai  $r$  masing-masing ialah 0.6031 dan 0.5650. Manakala perhubungannya dengan logam Pb ( $p < 0.05$ ,  $r = 0.4877$ ) adalah signifikan positif yang lemah pada aras keertian 5%. Logam Mn pula mempunyai korelasi signifikan positif yang kuat dengan logam Zn ( $p < 0.05$ ,  $r = 0.5413$ ). Sementara itu logam Pb menunjukkan korelasi signifikan positif yang kuat dengan Zn ( $p < 0.05$ ,  $r = 0.7339$ ). Manakala logam Cd pula tidak menunjukkan korelasi dengan mana-mana logam sama ada secara positif atau negatif pada aras keertian 5%.

#### **Kesimpulan**

Secara keseluruhannya, tanah di sekitar Tasik Chini boleh dikategorikan sebagai berasid berdasarkan nilai pH yang rendah bagi kesemua stesen persampelan. Ini kerana kawasan yang dikaji kebanyakannya terdiri daripada kawasan hutan dan pertanian yang mengandungi banyak bahan organik dan humus yang menyumbang kepada keasidan tanah. Dari segi tekstur pula, tanah di kawasan kajian boleh dikelaskan kepada beberapa kategori iaitu lempung, pasir berlom, lom berpasir, lom lempung dan lom lempung berkelodak.

Selain itu, nilai kekonduksian elektrik yang diperoleh bagi setiap stesen persampelan adalah rendah iaitu di bawah indeks 3 yang tidak merosakkan tumbuhan (MAFF 1998). Oleh kerana kepekatannya yang rendah, maka ia tidak akan menyekat pengambilan air oleh tumbuhan dan tahap kesuburannya adalah tinggi.

Kepekatan logam ferum adalah paling tinggi di dalam tanah yang dikaji berbanding logam berat yang lain memandangkan ia merupakan salah satu jujuk major di litosfera. Selain ferum, kepekatan logam mangan yang diperoleh juga adalah tinggi. Kepekatan kedua-dua jenis logam ini tinggi kerana tanah di kawasan kajian adalah bersifat asidik. Logam-logam berat ini berkemungkinan mempunyai potensi yang besar untuk mencemar tasik sekiranya langkah kawalan yang berkesan tidak dilaksanakan.

#### **Penghargaan**

Kajian ini dibiayai oleh gran penyelidikan IRPA no 09-02-02-0083-EA217 dan 09-02-02-0117-EA294. Analisis XRF dijalankan di Makmal X-Ray, Program Geology, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia di bawah seliaan En. Abd. Hamid Othman.

### Rujukan

1. Abdulla, H. H. (1966). *A study of the development of podzol profiles in Dovey forest*. Tesis Ph.D Aberystwyth: University of Wales.
2. Archer, F. C., Hodgson, I. H. (1987). Total and extractable trace element content of soils in England and Wales. *Journal of Soil Science* 38, 421-432.
3. Avery, B. W., Bascomb, C.L. (1982). Soil Survey Laboratory Methods. *Soil Survey Technical Monograph No. 6*. Harpenden.
4. Khairiah Jusoh (1987). *Kajian Pencemaran Logam Berat Di Dalam Sistem Sungai Dengan Rujukan Khas Kepada Kawasan Perbandaran Kuala Lumpur*. Tesis Sarjana Sains. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.
5. Massey, D.M., Windsor, G.W. (1967). *Replication Glasshouse Crops Response Inst.*, hlm. 72.
6. Metson, A.J. (1956). *Method of Chemical Analysis for Soil Survey samples*. N.Z.D.S.I.R. Soil Bureau Bulletin no. 12
7. McLean, E.O. (1965). *In Methods of Soil Analysis Pt 2, ed. C.A. Black, 978-997*
8. Othman Yaacob (1982). *Sains Tanah*. Kuala Lumpur : Dewan Bahasa dan Pustaka.
9. Rowell, D.L. (1994). *Soil science: methods and applications*. London: Longman Rowell, Group UK Limited.
10. Shamshuddin, J. (1981). *Asas Sains Tanah*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
11. Tan, K.H. (1994). *Environmental Soil Science*. Marcel Dekker, Inc., New York.
12. Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J.D. (1999). *Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management*. Prentice Hall, NY.
13. MAFF (1988). *Agricultural Land Classification of England and Wales. Revised guidelines and criteria for grading the quality of agricultural land*.