

Status Fiziko-kimia Tanah Tapak Pusat Penyelidikan UKM Tasik Chini, Pahang, Malaysia

(Physico-chemical Status of Soil at the Site of UKM Research Centre,
Tasik Chini, Pahang, Malaysia)

SAHIBIN ABD. RAHIM*, WAN MOHD. RAZI IDRIS, ZULFAHMI ALI RAHMAN, TUKIMAT LIHAN,
MUHD BARZANI GASIM, MOHD NIZAM M. SAID & KANG LING XING

ABSTRAK

Kajian ini dilakukan untuk menentukan ciri fiziko-kimia, kandungan nutrien dan logam berat dalam tanah di tapak Pusat Penyelidikan UKM Tasik Chini. Sampel tanah-atas diambil dari tiga transek pensampelan iaitu T1, T2 dan T3. Dua profil tanah telah dicerap di transek 1 (T1S1 & T1S3) dan sampel tanah telah diambil daripada profil dan juga tanah atas untuk penentuan ciri fiziko-kimia, kandungan nutrien dan logam berat. Bagi sampel tanah-atas, sebanyak empat stesen pensampelan (S1, S2, S3, S4) telah dipilih di transek 1 (T1), dua stesen pensampelan (S1, S2) di transek 2 (T2) dan tiga stesen pensampelan (S1, S2, S3) di transek 3 (T3) telah dipilih. Ciri fiziko-kimia yang ditentukan adalah pH, kekonduksian elektrik (KE), kapasiti pertukatan kation (KPK), fosforus, kalium dan magnesium tersedia dan nutrien terlarut, dan logam berat terpilih. Semua penentuan fiziko-kimia tanah, nutrien tersedia dan terlarut serta logam berat dilakukan mengikut kaedah penentuan yang piawai. Hasil uji kaji menunjukkan tekstur tanah didominasi oleh zarahhan bersaiz lempung. Kandungan bahan organik tinggi pada tanah-atas dan berkurangan mengikut kedalaman. Purata nilai pH tanah di dalam profil dan tanah-atas adalah di antara 3.66 hingga 4.73 dan ia adalah sangat berasid. Sela purata bagi kekonduksian elektrik dalam profil dan tanah-atas adalah antara 2412 μScm^{-1} dan 2742 μScm^{-1} . Purata nilai KPK adalah rendah iaitu antara 4.86 dan 12.58 meq/100g tanah. Kepekatan fosforus, magnesium dan kalium tersedia masing-masing mempunyai sela antara 1.76 – 3.32 $\mu\text{g/g}$, 16.80 – 122.23 $\mu\text{g/g}$ dan 20.09 – 30.50 $\mu\text{g/g}$. Kepekatan nutrien terlarut bagi sulfat, nitrat-nitrogen, ammonium-nitrogen dan fosforus masing-masing adalah 37.50 – 1350 $\mu\text{g/g}$, 12.17 dan 90.00 $\mu\text{g/g}$, 12.17 to 53.17 $\mu\text{g/g}$ dan 0.05 dan 0.62 $\mu\text{g/g}$. Kepekatan ferum dan Pb sangat tinggi di T1S1 dan di horizon bawah profil T1S3. Secara amnya tanah di tapak PPTC adalah sangat berasid dan mempunyai kandungan nutrien yang rendah. Terdapat bukti menunjukkan berlaku pengayaan Pb dalam tanah yang menerima pengaruh pasang surut jasad air tasik.

Kata kunci: Hutan terganggu; logam berat; nutrien tersedia; pengayaan Pb; Tasik Chini

ABSTRACT

This study was carried out to determine the physico-chemical properties, nutrient and heavy metal contents in soil within the UKM Tasik Chini Research Centre. Top-soil samples were collected from three sampling transects namely T1, T2 and T3. Two soil profiles from transect 1 (T1S1 & T1S3) were observed and soil samples were collected from the profiles as well as top-soil for physico-chemical, nutrient and heavy metal determination. For topsoil samples, four top-soil sampling stations (S1, S2, S3, S4) were chosen along T1, two sampling stations (S1 & S2) along T2 and three sampling stations (S1, S2, S3) along T3. The soil physical properties determined were particle size and organic matter, whereas chemical properties determined were pH, electrical conductivity (EC), cation exchange capacity (CEC), available phosphorus, potassium and magnesium, soluble nutrient, and selected heavy metals. All physico-chemical, nutrient and heavy metal determinations follow the normal standard procedures. Results showed that the textures of the soil were dominated by clay size particle. Organic matter content was high in the top-soil and decreased with depth. The average soil pH in the studied profile and in the top-soil was very acidic with values from 3.66 to 4.73. The average range of electrical conductivity in soil profile and top-soil was between 2412 μScm^{-1} and 2742 μScm^{-1} . The average CEC was low with a range between 4.86 and 12.58 meq/100g. The concentration of available phosphorus, magnesium and potassium was between 1.76 and 3.32 $\mu\text{g/g}$, 16.80 and 122.23 $\mu\text{g/g}$, and 20.09 and 30.50 $\mu\text{g/g}$, respectively. The concentration of soluble sulphate, nitrate-nitrogen, ammonium-nitrogen and phosphorus was between 37.50 and 1350 $\mu\text{g/g}$, 12.17 and 90.00 $\mu\text{g/g}$, 12.17 to 53.17 $\mu\text{g/g}$ and 0.05 to 0.62 $\mu\text{g/g}$, respectively. The concentration of ferum and lead was very high in T1S1 and in the lower horizon of profile T1S3. In general the soil of the PPTC site was very acidic and with low nutrient content. There was evidence that Pb enrichment occurred in the soil was influenced by tides of water body.

Keywords: Available nutrient; disturbed forest; heavy metals; Pb enrichment; Tasik Chini

PENDAHULUAN

Tasik Chini merupakan tasik asli cetek dalam persekitaran semula jadi dan tasik semula jadi kedua terbesar di Semenanjung Malaysia. Tasik ini terletak di daerah Pekan, lebih kurang 100 km dari Bandar Kuantan, 70 km dari Bandar Pekan dan 40 km dari Bandar Muadzam Shah, Pahang. Kawasan ini terbentang di antara koordinat 3° 24' 40" U hingga 3° 26' 42" U dan 102° 52' 18" T hingga 102° 55' 54" T. Tasik ini merangkumi kawasan seluas 202 hektar (2.02 km²) jasad air (kekal banjir) dan 700 hektar (7.0 km²) kawasan paya air tawar dan hutan paya di sekelilingnya. Tasik Chini dikelilingi oleh 4,975 hektar hutan hujan tropika (ERINCO 1992). Hutan hujan tropika ini dikenal sebagai hutan pemuliharaan yang mempunyai pelbagai jenis tumbuh-tumbuhan antaranya *Koompassia malaccensis* Maing. ex Benth (kempas), *Dipterocarpus costulatus* Slooten (keruing kipas), *Calophyllum tetrapterum* Miq. Var *tetrapterum* (bintangor), *Fagraea fragrans* Roxb. (tembusu padang), dan *Garcinia cowa* Roxb (kandis) (Norwahidah & Wan Juliana 2009). Tasik ini mempunyai 13 rangkaian tasik yang disebut laut. Laut besar adalah Laut Gumum, Laut Jerangking, Laut Melai dan Laut Jembarau. Pembekal bekalan air utama adalah dari Sungai Datang, Sungai Gumum, Sungai Perupok dan Sungai Melai.

Di kawasan Tasik Chini sebuah pusat penyelidikan yang dinamakan Pusat Penyelidikan Tasik Chini (PPTC) di bawah naungan Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia telah ditubuhkan pada 6 April 2004 (Mushrifah et al. 2009) khusus untuk membuat penyelidikan dan pendidikan mengenai Tasik Chini. Kerajaan negeri Pahang telah memperuntukkan tanah seluas 4 hektar yang digunakan untuk pembangunan kompleks PPTC yang melibatkan pembinaan kompleks yang dilengkapi dengan infrastruktur, utiliti dan prasarana yang lengkap meliputi kemudahan peralatan dan ruang makmal, serta ruang penginapan. Pusat Penyelidikan Tasik Chini (PPTC) diwujudkan bagi menggalakkan aktiviti penyelidikan berasaskan air, tanah, kepelbagaian flora dan fauna di sekitar Tasik Chini. Keperluan pembangunan ini akan menyebabkan dan telahpun berlaku pembukaan hutan di tanah kurnia kerajaan negeri secara terancang.

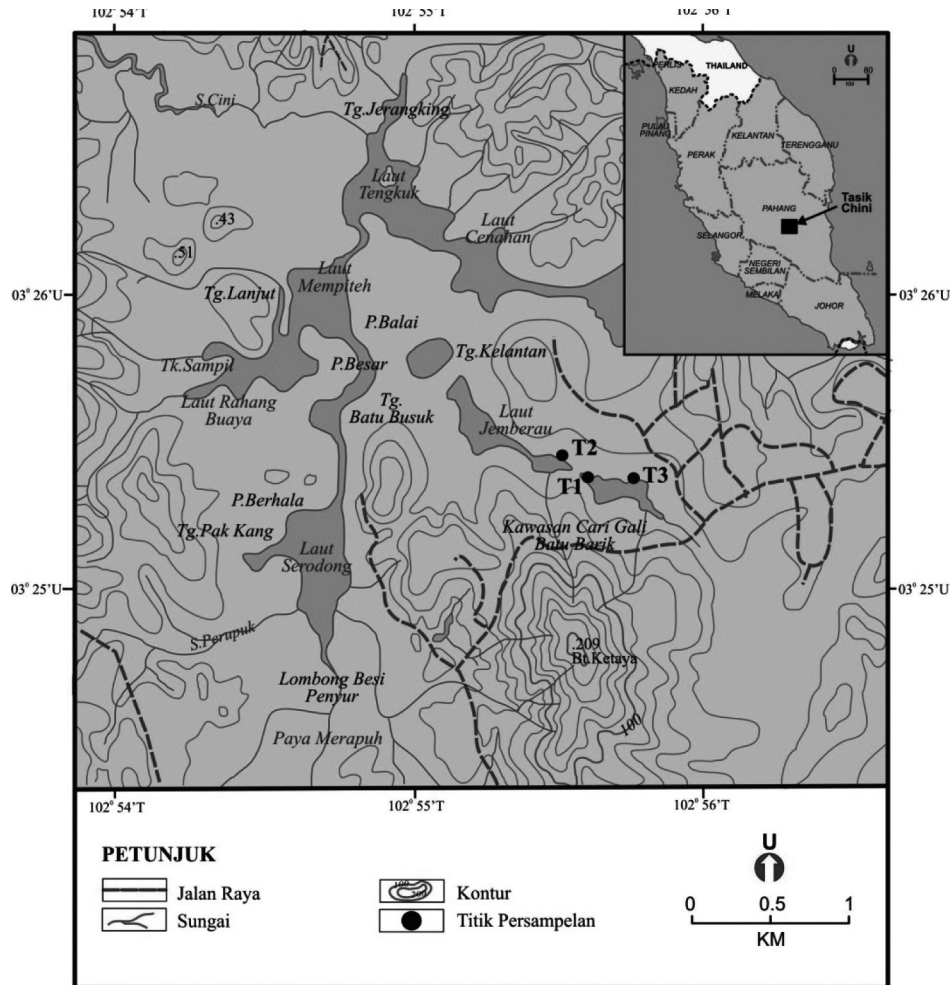
Isu-isu yang perlu diambil perhatian di kawasan Tasik Chini adalah seperti aktiviti pembangunan tanah yang terancang untuk kegunaan pertanian dan eko-pelancongan. Ini akan membolehkan fungsi ekologi dan kepelbagaian biologi di kawasan ini tetap terpelihara sesuai dengan statusnya sebagai Kawasan Sensitif Alam Sekitar (KSAS). Pembukaan hutan akan menyebabkan hakisan tanah di mana berlaku penyingkiran zarah pepejal daripada tanah dan dibawa oleh air larian permukaan. Ini juga akan memindahkan sejumlah kuantiti nutrien, logam berat dan koloid lempung serta bahan organik yang terkandung dalam tanah atas ke dalam tasik bersama zarah ataupun dalam keadaan terlarut dan boleh menyebabkan eutrofikasi (Courtney & Trudgill 1984). Kandungan bahan organik dalam tanah merupakan komponen yang paling mudah dipindahkan oleh hakisan kerana ketumpatan pukal tanah

rendah dan kandungan bahan organik berkumpul di bahagian tanah-atas (Polyakov & Lal 2004). Pembinaan jeti di tepi tasik di kawasan tapak PPTC akan turut menyumbang kepada pencemaran tanah dan air tasik dalam jangka masa panjang. Kertas ini membincangkan keadaan semasa ciri fiziko-kimia tanah di tapak PPTC, UKM mengikut kedalaman dan secara mendatar.

BAHAN DAN KAEDAH

Tapak PPTC, UKM menempati bahagian cerun yang menghadap ke arah Bukit Ketaya di selatan kawasan kajian, dengan larian air permukaan disalurkan ke Laut Jemberau (Rajah 1). Kapanjangan cerun kira-kira 500 m dari gigi air hingga ke jalanraya berturap. Mempunyai cerun yang agak landai dengan ketinggian di gigi air kira-kira 25 m dan di jalan raya kira-kira 45 m.

Sampel profil tanah telah diambil di Stesen 1 (T1S1) dan 3 (T1S3) pada Transek 1. Profil tanah telah dicerap dan dijelaskan secara deskriptif. Pensampelan tanah secara mendatar dilakukan menerusi tiga transek iaitu transek 1 (T1), 2 (T2) dan 3 (T3). Pada transek 1, 2 dan 3 masing-masing sebanyak 4, 2 dan 3 stesen pensampelan telah dipilih. Sebanyak tiga sampel tanah atas telah diambil pada setiap stesen pensampelan. Ciri tanah yang ditentukan di makmal adalah ciri fizik dan kimia, kandungan logam berat serta kandungan nutriennya. Sampel tanah dikeringkan dan dihancurkan kemudian diayak menggunakan pengayak bersaiz liang 2 mm. Ciri fizikal tanah seperti taburan saiz partikel ditentukan menggunakan kaedah pipet berserta ayakan kering manakala kandungan bahan organik tanah ditentukan menggunakan kaedah gravimetri berdasarkan kehilangan menerusi pembakaran (Avery & Bascomb 1982). pH tanah ditentukan dalam air suling dengan nisbah 1:2.5 bagi tanah:air suling (Avery & Bascomb 1982). pH tanah diukur menggunakan meter pH berelektrod kaca Model WTW INOLAB Level 1. Kekonduksian elektrik dalam ekstrak gipsu tepu ditentukan menggunakan alat meter kekonduksian Model H 18819 Hanna (Massey & Windsor 1967). Kation asid boleh tukar ganti Al³⁺ dan H⁺ diekstrak dengan larutan KCl dan ditentukan secara titratan manakala kepekatan kation bes boleh tukar ganti K⁺, Na⁺, Ca²⁺ dan Mg²⁺ diekstrak menggunakan ammonium asetat dan seterusnya ditentukan menggunakan Spektrofotometer Penyerapan Atom Nyalaan Model 3300 Perkin-Elmer. Kapasiti Pertukaran Kation (KPK) didapatkan daripada penjumlahan kation bes dengan kation asid (McLean 1965). Nutrien fosforus, K dan Mg tersedia diekstrak menggunakan pengekstrak asid ammonium asetat-asetik asid. Fosforus kemudiannya ditentukan menggunakan alat Spektrofotometer ultra lembayung Model Vis UV 1201 yang dibaca pada jarak gelombang 660 nm (Murphy & Riley 1962). Kepekatan K dan Mg tersedia ditentukan secara terus dari larutan menggunakan Spektrofotometer Penyerapan Atom Nyalaan Model 3300 Perkin-Elmer. Nutrien sulfat, nitrat nitrogen dan ammonium nitrogen terlarut pula ditentukan menggunakan spektrofotometer



RAJAH 1. Peta yang menunjukkan kawasan kajian di Tasik Chini, Pahang

HACH (Model DR 2010) yang menggunakan prinsip kolorimetri. Kandungan logam berat jumlah ferum, plumbum, kuprum, kromium, kadmium, kobalt, mangan dan zink diekstrak menggunakan penghadaman basah kemudian dibaca terus daripada hasil turasan menggunakan Spektrofotometer Penyerapan Atom Nyalaan Model 3300 Perkin-Elmer.

HASIL DAN PERBINCANGAN

CIRI FIZIK PROFIL TANIH

Pencerapan dan pensampelan mengikut profil telah dilakukan pada transek I iaitu di stesen T1S1 dan stesen T1S3.

Profil tanah yang pertama (T1S1) terletak di gigi air berhampiran jeti tapak Pusat Penyelidikan Tasik Chini (PPTC) UKM. Berdasarkan peta siri tanah yang dikeluarkan oleh Jabatan Pertanian Malaysia (1991) siri tanah di kawasan ini adalah Siri Gong Chenak di mana profil tanah mempunyai tiga horizon yang boleh dikenalpasti iaitu A_1 , A_2 dan C. Lapisan A_1 berada pada kedalaman 0 hingga 10 cm, lapisan A_2 pula berada pada kedalaman 10 hingga 35 cm dan lapisan C berada pada kedalaman 35 hingga lebih

daripada 40 cm. Warna yang dicera pada setiap horizon adalah berbeza. Pada lapisan A_1 , warna tanah adalah kelabu gelap (2.5 Y 4/2), manakala warna bagi lapisan A_2 adalah lebih pucat dan lapisan C mempunyai batu kerikil daripada laterit. Ciri lapisan C mirip kepada tanah siri Melaka yang mendominasi kawasan yang lebih ke darat. Tanah ini ditimbus secara perlahan-lahan oleh sedimen tasik yang mempunyai saiz zarah lebih halus dan berwarna kelabu gelap. Warna tanah yang gelap menunjukkan kehadiran bahan organik yang tinggi. Kandungan bahan organik semakin rendah mengikut kedalaman profil (Jadual 1). Kesan-kesan penggleian pada profil tanah adalah disebabkan oleh tanah yang terendam dalam sela waktu yang lama. Tekstur tanah yang mendominasi di kawasan ini adalah butiran bersaiz lempung, diikuti oleh lodak dan pasir. Kandungan lempung dalam tanah melebihi 58%.

Profil tanah yang kedua (T1S3) terletak di kawasan yang bercerun landai ditutupi kanopi hutan yang agak tebal dan lantai hutan ditumbuhi anak pokok serta terdapat daun-daun dan sampah sarap yang separa reput dan belum reput. Profil tanah mempunyai empat lapisan yang boleh dikenalpasti iaitu A, AB, BA dan B. Lapisan A berwarna perang gelap (7.5 YR 3/4) pada kedalaman 0 hingga 5 cm, lapisan AB berwarna merah kekuningan (7.5 YR, 6/6) pada

kedalaman 5 hingga 46 cm, lapisan BA berwarna perang gelap (7.5 YR 3/4) pada kedalaman 46 hingga 65 cm dan lapisan B mempunyai batu kerikil dengan warna perang yang terang. Tekstur tanah dalam profil ini didominasi oleh butiran bersaiz lempung, diikuti oleh pasir dan lodak. Kandungan zarah lempung dalam tanah melebihi 50%. Tanah di lapisan atas mengandungi bahan organik yang tinggi berbanding dengan tanah di lapisan bawah. Ini adalah biasa kerana pengumpulan bahan organik dan pereputannya berlaku di lapisan atas. Kandungan bahan organik di lapisan bawah boleh terhasil daripada pencampuran tanah lapisan atas dan bawah yang disebabkan oleh aktiviti makrofauna. Ia juga boleh disebabkan oleh pereputan akar dan bangkai makrofauna dan mikrofauna yang hidup dalam tanah. Larutlesap sebatian organik dari lapisan atas ke lapisan bawah juga antara faktor yang menyumbang dalam penaburan bahan organik dalam profil tanah. Secara umumnya kandungan bahan organik menunjukkan tren menurun dengan kedalaman. Kandungan bahan organik adalah sederhana tinggi mengikut pengelasan Acres et al. (1975).

CIRI FIZIK TANIH-ATAS

Kandungan bahan organik tanah atas di semua stesen dan transek adalah tinggi dengan sela nilai purata antara 9.76 hingga 11.87% (Jadual 2). Nilai ini adalah tinggi mengikut pengelasan Acres et al. (1975). Peratus bahan organik tinggi disebabkan oleh terdapat banyak sampah

sarap berupa daun, ranting dan dahan yang separa reput dan reput pada tanah atas. Ini menyumbang kepada jumlah bahan organik yang tinggi di bahagian tanah atas.

Tekstur tanah atas adalah didominasi oleh zarah bersaiz lempung. Kandungan lempungnya melebihi 65% kecuali di stesen 2 pada transek 1 yang mana kandungan lempungnya hanya 22.37% sahaja. Terdapat sisihan piawai yang agak besar pada nilai peratus pasir, lodak dan lempung pada S2 transek 1. Hal ini adalah disebabkan oleh kandungan pasir yang berbeza dengan ketara pada stesen pensampelan ini. Kandungan pasir yang tinggi pada tanah atas adalah disebabkan oleh pengaruh hakisan. Permukaan yang terdedah akan mengalami hakisan percik dan hakisan keping yang menyebabkan butiran halus dihanyutkan manakala butiran kasar tertinggal pada permukaan tanah. Erosiviti hujan yang berbeza pada permukaan yang berbeza menyebabkan kandungan pasir berbeza dengan ketara menghasilkan sisihan piawai yang agak besar di stesen pensampelan ini.

CIRI KIMIA PROFIL TANIH

Ciri kimia profil tanah ditunjukkan dalam Jadual 3. Nilai pH bagi tanah mengikut kedalaman di stesen T1S1 adalah berasid dengan nilai 5.3 hingga 5.7, manakala nilai pH di stesen T1S3 adalah sangat berasid iaitu di antara 3.9 hingga 4.8. Nilai kekonduksian elektrik (KE) di stesen T1S1 adalah dari 2199 hingga 2485 μScm^{-1} , manakala di stesen T1S3 nilainya dari 2327 hingga 2775 $\mu\text{S.cm}^{-1}$. Nilai

JADUAL 1. Ciri fizikal sampel profil tanah

	Horizon	Dalam (cm)	% Bahan organik	% Pasir	% Lodak	% Lempung	Tekstur
T1S1	A1	0-10	9.1	9	18	73	Lempung
	A2	10-35	5.0	3	10	87	Lempung
	C	>40	7.7	23	19	58	Lempung
T1S3	A	0-5	10.4	24	6	70	Lempung
	AB	5-46	7.0	18	5	77	Lempung
	BA	46-65	5.6	18	9	73	Lempung
	B	>70	6.0	45	5	50	Lempung

JADUAL 2. Data purata dan sisihan piawai ciri fizik dalam transek

	% Bahan organik	% Pasir	% Lodak	% Lempung	Tekstur
Transek 1					
S1	10.84 ± 1.58	9.08 ± 6.05	18.27 ± 2.92	72.65 ± 7.84	Lempung
S2	11.39 ± 1.90	59.11 ± 14.39	18.52 ± 16.86	22.37 ± 18.48	Lom lempung berpasir
S3	10.04 ± 1.13	27.11 ± 4.18	7.18 ± 0.29	65.71 ± 4.29	Lempung
S4	11.49 ± 0.45	8.14 ± 1.14	17.76 ± 0.59	74.09 ± 1.68	Lempung
Transek 2					
S1	11.61 ± 1.67	6.20 ± 3.02	25.14 ± 2.39	68.65 ± 1.00	Lempung
S2	13.15 ± 1.34	9.28 ± 1.29	19.68 ± 0.75	71.04 ± 1.98	Lempung
Transek 3					
S1	9.76 ± 1.54	17.05 ± 12.34	13.65 ± 11.68	69.30 ± 23.71	Lempung
S2	10.18 ± 1.47	19.24 ± 11.52	9.56 ± 5.68	71.19 ± 17.20	Lempung
S3	11.87 ± 3.46	10.33 ± 1.17	3.44 ± 0.68	86.23 ± 1.37	Lempung

ini terletak pada indeks 3 dan 4 yang menunjukkan nilai yang masih rendah dan tidak menyebabkan masalah dalam pertumbuhan tumbuhan hutan. Nilai purata KPK di stesen T1S1 daripada 10.9 hingga 11.8 meq/100g adalah lebih tinggi daripada nilai KPK di stesen T1S3 (3.3 hingga 7.6 meq/100g). Stesen T1S1 tidak menunjukkan sebarang tren perubahan ciri kimia mengikut kedalaman, manakala stesen 3 menunjukkan nilai yang semakin berkurang mengikut kedalaman. Stesen T1S1 dipengaruhi oleh pasang surut air tasik dan kadangkala berada dalam keadaan tenggelam dan keadaan ini mempengaruhi pH dan KPKnya yang mana lebih tinggi berbanding stesen 3 yang terletak di daratan. KPK stesen 3 yang agak tinggi mungkin boleh juga dikaitkan dengan kandungan lempungnya yang tinggi.

CIRI KIMIA TANIH-ATAS

Ciri kimia tanah atas bagi tiga transek yang telah dikaji ditunjukkan dalam Jadual 4. Dalam setiap transek stesen S1 mewakili kawasan berhampiran gigi air tasik dan dipengaruhi oleh pasang surut air, manakala S2 dan seterusnya mewakili kawasan daratan. Didapati ciri pH tanah atas dan juga KPKnya adalah berbeza secara signifikan ($P > 0.05$, $n=31$) antara stesen 1 dengan stesen yang lain. Nilai pH dan KPK lebih tinggi di stesen 1. Nilai pH dan KPK

berkurangan apabila semakin ke daratan. Kekonduksian elektrik tidak menunjukkan perbezaan signifikan di antara stesen dan ia juga tidak menunjukkan tren tertentu apabila semakin ke daratan. Nilai pH yang lebih tinggi di stesen 1 disebabkan oleh keadaannya yang dipengaruhi pasang surut air, Stesen yang lain berada di kedudukan lebih tinggi oleh itu proses larut lesap kation bes sentiasa berlaku yang menyebabkan pHnya jadi rendah, manakala stesen 1 tidak berlaku larut lesap bahkan ia menerima hasil sedimentasi bahan dari kawasan lebih tinggi. Daripada segi KPKnya yang tinggi ini disebabkan oleh kandungan bahan organik dan lempungnya yang lebih tinggi. Data yang didapati adalah dalam sela yang sama dengan kajian lepas oleh Sahibin et al. (2008) di kawasan yang berhampiran dengan tapak PPTC ini.

KANDUNGAN LOGAM BERAT MENGIKUT PROFIL

Kandungan logam berat Fe, Pb, Zn, Cu, Cr, Cd, Co, Mn ditunjukkan dalam Jadual 4. Logam berat ferum mempunyai kepekatan yang paling tinggi di kedua-dua stesen, manakala nilai kepekatan logam kadmium adalah paling rendah.

Kepekatan purata logam berat dalam profil tanah di stesen T1S1 paling tinggi adalah Fe diikuti dalam

JADUAL 3. Ciri kimia sampel mengikut profil tanah

	Horizon	Dalam (cm)	pH	KE (μScm^{-1})	KPK (meq/100g)
T1S1	A1	0-10	5.3	2450	11.8
	A2	10-35	5.4	2199	14.7
	C	>40	5.8	2485	10.9
T1S3	A	0-5	4.5	2775	7.6
	AB	5-46	4.8	2549	6.4
	BA	46-65	4.6	2327	3.2
	B	>70	3.9	2357	3.3

JADUAL 4. Data purata dan sisihan piawai ciri kimia mengikut transek

Transek	pH	KE ($\mu\text{S/cm}$)	KPK (meq/100g)
Transek 1			
S1	4.7 \pm 0.50	2539 \pm 84	12.6 \pm 0.7
S2	4.1 \pm 0.02	2742 \pm 97	9.3 \pm 1.3
S3	3.9 \pm 0.51	2731 \pm 174	7.1 \pm 1.9
S4	3.7 \pm 0.13	2413 \pm 138	4.4 \pm 0.2
P \pm SP	4.1 \pm 0.52	2606 \pm 180	8.4 \pm 3.3
Transek 2			
S1	3.9 \pm 0.22	2688 \pm 35	10.5 \pm 1.1
S2	3.7 \pm 0.05	2566 \pm 122	4.9 \pm 0.9
P \pm SP	3.8 \pm 0.21	2627 \pm 104	7.7 \pm 3.2
Transek 3			
S1	4.3 \pm 0.68	2676 \pm 409	11.5 \pm 5.4
S2	3.7 \pm 0.05	2603 \pm 153	6.9 \pm 1.2
S3	3.7 \pm 0.11	2552 \pm 88	4.9 \pm 0.4
P \pm SP	3.9 \pm 0.47	2611 \pm 238	7.9 \pm 4.3
Sahibin et al. (2008)	3.4-3.7	2150-2403	2.9-8.6

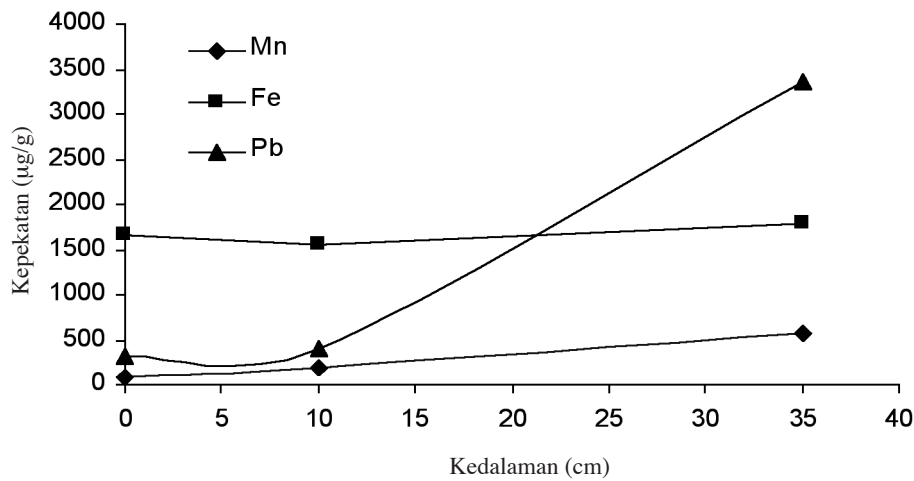
susunan menurun oleh Pb, Mn, Zn, Cu, Cr, Co dan Cd. Semua logam berat menunjukkan tren kepekatan yang menaik mengikut kedalaman (Rajah 2 dan 3). Terdapat pertambahan kepekatan yang ketara pada horizon C bagi logam berat Cu, Co, Cr, Cd, Mn Zn dan Pb. Pertambahan yang berlaku pada Co adalah paling tinggi iaitu sebanyak 15 kali ganda, diikuti oleh Pb dengan pertambahan 10 kali ganda, Mn sebanyak 6 kali ganda, Cu dan Cr sebanyak 4 kali ganda, Cd sebanyak 3 kali ganda, Zn dua kali ganda dan Fe hanya meningkat kurang dari sekali ganda. Peningkatan kepekatan ini mungkin disebabkan oleh aktiviti penggunaan bot yang sudah berlaku sekian lama. Ini disokong oleh hakikat bahawa pengumpulan logam berat yang sangat ketara berlaku pada lapisan C (kedalaman > 40cm). Pensampelan untuk kajian ini telah dilakukan pada akhir bulan Julai 2007 sedangkan pada masa ini jeti PPTC baru sahaja dibina. Kandungan logam berat Pb yang tinggi pada masa kajian ini tidak boleh dikaitkan dengan kehadiran jeti PPTC. Walau bagaimanapun pada masa akan datang kehadiran jeti PPTC sedikit sebanyak boleh menyumbang kepada peningkatan kandungan logam berat

dalam sedimen dan tanah terutama pada kawasan dataran pasang surutnya. Tumpahan bahan bakar daripada enjin bot berkemungkinan akan diserap oleh tanah dan dipekatkan.

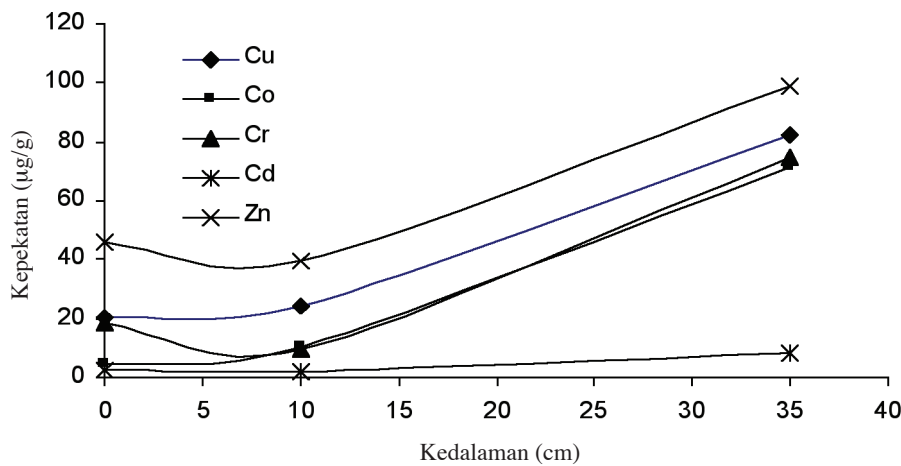
Kepekatan logam-logam Co, Pb, dalam horizon C sudah melepasi aras kritikal yang berpotensi toksik manakala bagi Cr dan Cu berada dalam sela yang berpotensi toksik yang dinyatakan oleh Kabata-Pendias dan Pendias (2001). Secara umumnya purata kepekatan logam berat di stesen T1S3 adalah jauh lebih rendah berbanding stesen T1S1, melainkan logam Fe (Jadual 5). Purata kepekatan logam berat paling tinggi di stesen 3 adalah Fe diikuti kepekatan menurun oleh Mn, Pb, Zn, Cu, Cr, Co dan Cd. Semua logam berat tidak menunjukkan pertambahan kepekatan yang ketara mengikut kedalaman kecuali bagi Mn yang bertambah hampir 5 kali ganda dan Pb yang bertambah hampir 3 kali ganda.

KANDUNGAN LOGAM BERAT TANIH-ATAS

Kepekatan kritikal kandungan logam berat yang berpotensi toksik dalam tanah oleh Kabata-Pendias dan Pendias (2001)



RAJAH 2. Kepekatan logam berat utama mengikut kedalaman di stesen 1



RAJAH 3. Kepekatan logam berat minor mengikut kedalaman di stesen 1

adalah 25-50 µg/g bagi Co, 75-100 µg/g bagi Cr, 60-125 µg/g bagi Cu, 3-8 µg/g bagi Cd, 100-400 µg/g bagi Pb dan 70-400 µg/g bagi Zn. Kandungan logam berat dalam tanah atas ditunjukkan dalam Jadual 6. Pada transek 1 kepekatan logam berat agak tinggi pada S1 dan S2 kecuali bagi Cd dan Fe berbanding dengan stesen S2 dan S3. Pada transek 2 kepekatan semua logam berat lebih rendah di stesen 1 berbanding dengan stesen 2 kecuali bagi Pb, manakala di transek 3 kepekatan semua logam berat lebih tinggi di stesen 1 berbanding stesen 2 kecuali bagi logam Pb dan Cu yang lebih tinggi di stesen 1. Kedudukan stesen 1 adalah di gigi air tasik manakala stesen lain berada di daratan. Bagi stesen 2 di transek 1 walaupun ia berada di daratan tetapi ia tidak berapa jauh dari gigi air oleh itu stesen pensampelannya masih dipengaruhi oleh pasang surut air tasik. Tren kepekatan logam berat mengikut transek menunjukkan logam Pb boleh dijadikan penunjuk pencemaran yang berlaku di kawasan jeti PPTC. Ini adalah kerana pada setiap transek kepekatan Pb adalah signifikan lebih tinggi di tepi tasik (S1) berbanding kawasan daratan. Kehadiran kandungan Pb yang tinggi dipercayai berpunca daripada impak terkumpul aktiviti bot yang telah berlaku sekian lama di Tasik Chini, terutama sekali sebelum

penggunaan petrol bebas plumbum yang diperkenalkan di Malaysia pada 1 Januari 1990 (http://en.wikipedia.org/wiki/1990_in_Malaysia). Ini jelas ditunjukkan dengan wujudnya kepekatan yang tertinggi (3366.5 µg/g) berlaku pada lapisan paling bawah (Jadual 5) yang boleh dijadikan sebagai rekod petunjuk bagi aktiviti yang lepas. Plumbum yang dijerap dalam tanah tidak mudah untuk dipindahkan ke tempat lain. Kepekatan plumbum yang tinggi (502±112 µg/g) juga direkodkan dalam tanah di pinggir tasik yang berhadapan dengan Laut Melai (Sahibin et al. 2009). Kepekatan logam berat Pb pada tanah-atas di stesen S1 di setiap transek sudah berada di dalam sela yang berpotensi toksik yang dikemukakan oleh Kabata-Pendias dan Pendias (2001). Logam berat lain masih di bawah aras yang berpotensi toksik. Kajian yang dijalankan oleh Mohd Shuhaimi et al. (2009) ke atas kandungan logam berat dalam sedimen di Laut Jembarau menunjukkan kepekatan semua logam berat yang dikaji adalah sangat rendah. Bagaimanapun logam Pb ada menunjukkan tanda-tanda pengayaan dengan kepekatan 25.73 ± 1.06 µg/g iaitu sekurang-kurangnya tiga kali ganda lebih tinggi daripada kepekatan Pb tertinggi dalam sedimen di stesen lain di Tasik Chini. Mereka mengaitkan keadaan ini dengan

JADUAL 5. Kandungan logam berat dalam sampel profil tanah (µg/g)

Stesen	Horizon	Kedalaman (cm)	Cu	Co	Cr	Cd	Mn	Fe	Zn	Pb
S1	A1	0-10	20.2	4.5	18.7	2.3	82.9	1661.0	45.8	315.5
	A2	10-35	24.3	10.4	9.7	2.0	194.6	1561.0	39.9	408.5
	C	>40	82.6	71.8	74.6	8.3	569.2	1790.2	98.7	3366.5
	Purata		42.4	28.9	34.3	4.2	282.2	1670.8	61.4	1363.5
S3	A	0-5	11.3	3.0	3.0	2.1	67.5	1711.4	12.0	20.1
	AB	5-46	11.3	3.3	11.3	2.3	62.6	1720.6	14.0	37.1
	BA	46-65	11.2	3.1	4.2	1.7	88.4	1727.4	14.8	31.4
	B	>70	12.8	5.2	6.0	3.8	287.0	1729.0	18.9	63.5
	Purata		11.7	3.7	6.1	2.5	126.4	1722.1	14.9	38.0
Sahibin et al. 2008			1.0-31.6	7.4-19.9	0.6-31.6	1.0-2.0	4-6-173.6	1156.8-2898.4	12.1-52.2	15.3-69.6

JADUAL 6. Nilai purata dan sisihan piawai kepekatan logam berat dalam transek (µg/g)

Transek	Cu	Co	Cr	Cd	Mn	Fe	Zn	Pb
Transek 1								
S1	18.4±1.8	3.9±0.7	12.1±8.6	2.2±0.3	76.0±9.4	1666.1±27.1	39.3±5.6	271.0± 82.5
S2	24.9±5.8	4.3±1.4	23.6±3.5	2.1±0.2	115.8±36.3	1708.9±13.5	35.1±2.1	300.5±108.4
S3	10.5±0.7	3.1±0.1	4.0±1.6	2.5±0.6	57.0±15.9	1737.8±10.0	12.8±1.2	21.7±3.4
S4	8.7±0.4	3.0±0.2	19.6±2.4	3.6±0.3	40.4±1.1	1776.8±2.8	14.0±0.2	14.6± 0.3
P±SP	15.6±7.5	3.6±0.6	14.8±8.6	2.6±0.7	72.3±32.4	1722.4±46.7	25.3±13.9	152.0±155.0
Transek 2								
S1	10.8±0.8	1.7±0.7	3.4 ± 1.2	2.5±0.8	33.6±11.0	1522.1±24.1	16.9±3.1	105.4±30.6
S2	13.0±0.8	3.8±0.3	12.4±2.2	3.7±0.8	92.0±6.3	1777.4±3.5	23.0±1.0	28.5±4.5
P±SP	11.9±1.6	2.75±1.5	7.9±6.4	3.1±0.8	62.8±41.3	1649.75±180.5	19.95±4.3	66.95±54.4
Transek 3								
S1	15.3±10.2	3.8±1.2	1.8 ± 1.7	1.7±1.7	21.0±0.2	1515.7±78.0	14.4±1.4	125.6±30.5
S2	9.2±2.3	4.8±0.9	14.6±2.0	3.1±0.2	54.3±40.6	1740.5±33.4	15.0±3.8	30.7±3.6
S3	8.3±0.6	4.7±0.7	17.2±1.4	3.5±0.3	44.4±3.8	1770.4±6.2	12.3±0.7	9.0±2.9
P±SP	10.9±3.8	4.4±0.6	11.2±8.2	2.8±0.9	39.9±17.0	1675.5±139.2	13.9±1.4	55.1±62.0

penggunaan baja dan bahan kimia lain dalam aktiviti penanaman kelapa sawit di sekitarnya.

KANDUNGAN NUTRIEN TERSEDIA DAN TERLARUT MENGIKUT PROFIL

Kandungan nutrien tersedia dan terlarut di dalam sampel profil tanah ditunjukkan di dalam Jadual 7. Nutrien tersedia yang ditentukan adalah PO_4^{3-} , K dan Mg manakala nutrien terlarut pula adalah SO_4^{2-} , NO_3^- -N, NH_4^+ -N dan PO_4^{3-} .

Bagi kandungan nutrien tersedia dalam kedua-dua profil, didapati kandungan Mg mempunyai kepekatan purata yang paling tinggi iaitu masing-masing 137.6 $\mu\text{g/g}$ bagi Stesen T1S1 dan 23.0 $\mu\text{g/g}$ bagi Stesen T1S3. Purata kepekatan Mg tersedia di stesen T1S1 lebih tinggi secara signifikan berbanding kekekatannya di stesen T1S3. Ini jelas menunjukkan kedudukan stesen ini sesuai untuk pengumpulan Mg yang terlarut lesap dari kawasan lebih tinggi. Kepekatan fosforus tersedia adalah paling rendah, dengan puratanya masing-masing adalah 2.8 $\mu\text{g/g}$ dan 1.7 $\mu\text{g/g}$ bagi stesen T1S1 dan stesen T1S3. Kepekatan purata K tersedia adalah masing-masing 21.6 $\mu\text{g/g}$ dan 13.2 $\mu\text{g/g}$ bagi stesen T1S1 dan stesen T1S3. Kepekatan semua nutrien tersedia berkurangan mengikut kedalaman dalam kedua-dua profil. Kepekatan purata nutrien tersedia di stesen T1S1 adalah lebih tinggi berbanding stesen T1S3 dengan Mg mempunyai kepekatan hampir 6 kali ganda berbanding puratanya di stesen T1S3. Kajian lepas oleh Sahibin et al. 2008 di kawasan Tasik Chini menunjukkan nilai yang serupa. Nilai kepekatan fosforus adalah sangat rendah berdasarkan pengkelasan Acres et al. 1975. Menurut Cruickshank (1983), tanah yang kaya dengan kalsium, ferum, aluminium atau kompleks tanah lempung akan mengalami kekurangan fosforus. Kandungan kalium tersedia di dalam profil tanah adalah lebih tinggi berbanding kepekatan fosfat. Kawasan tropika mengandungi kalium yang rendah disebabkan jumlah hujannya banyak dan suhu tinggi yang mana membantu mempercepatkan pembebasan dan larutresap kalium dalam tanah (Tisdale & Nelson 1984). Menurut Tan (2005), horizon A dalam tanah berasid mengandungi K kira-kira 100-200 kg/ha dan merupakan sumber nutrien utama kepada tumbuh-tumbuhan. Nutrien

yang tidak diserap oleh tumbuh-tumbuhan akan mengalami larut resap.

Bagi kandungan nutrien terlarut pula, di stesen T1S1 kepekatan purata paling tinggi ditunjukkan oleh NH_4^+ -N, diikuti oleh SO_4^{2-} , NO_3^- -N dan PO_4^{3-} . Manakala di stesen T1S3 kepekatan purata paling tinggi ditunjukkan oleh SO_4^{2-} diikuti dalam susunan menurun oleh NO_3^- -N, NH_4^+ -N dan PO_4^{3-} . Kepekatan nutrien terlarut NH_4^+ -N adalah sangat tinggi di lapisan tanah atas stesen T1S1 dan tinggi di lapisan tanah-atas stesen T1S3. Ini mungkin disebabkan oleh kehadiran sisa tumbuhan yang mengalami ammonifikasi yang tinggi. Kepekatan NH_4^+ -N ini berkurangan mengikut kedalaman. Nutrien terlarut NO_3^- -N serta SO_4^{2-} juga menunjukkan kepekatan menurun mengikut kedalaman di stesen T1S3, yang mana berbeza keadaannya dengan stesen T1S1. Stesen T1S1 sentiasa dipengaruhi oleh pasang surut air tasik oleh itu kepekatan nutrien terlarut pada lapisan atas sentiasa berubah dan agak rendah berbanding lapisan bawah.

KANDUNGAN NUTRIEN TERSEDIA DAN TERLARUT TANAH-ATAS

Kandungan nutrien tersedia dan terlarut dalam tanah-atas ditunjukkan dalam Jadual 8. Purata kandungan nutrien terlarut ammonium nitrogen tidak menunjukkan perbezaan signifikan mengikut stesen dan transek. Sela purata kekekatannya antara 26.8 hingga 30.0 $\mu\text{g/g}$. Bagi nitrat nitrogen purata kepekatan di transek 2 ($15.7 \pm 10.9 \mu\text{g/g}$) adalah lebih rendah tetapi tidak berbeza dengan signifikan dengan purata di transek 1 ($31.6 \pm 23.8 \mu\text{g/g}$) dan transek 3 ($30.0 \pm 29.2 \mu\text{g/g}$). Purata kandungan sulfat agak tinggi dengan nilai masing-masing bagi transek 1, 2 dan 3 iaitu $135.2 \pm 124.5 \mu\text{g/g}$, $113.3 \pm 77.1 \mu\text{g/g}$ dan $684.4 \pm 606.4 \mu\text{g/g}$. Walau bagaimanapun, semua nilai kepekatan ini tidak berbeza secara signifikan antara satu sama lain. Kepekatan sulfat di stesen 3 transek 3 sangat tinggi, mungkin disebabkan oleh kawasan itu tempat pembuangan sampah secara haram.

Kepekatan sulfat dan nitrat-nitrogen terlarut dalam tanah hutan agak tinggi berbanding dalam tanah terganggu dalam kajian Aeslina et al. 2006 di kawasan Pulau Indah,

JADUAL 7. Kandungan nutrien tersedia dan nutrien terlarut sampel profil tanah

Transek	Horizon	Nutrien terlarut ($\mu\text{g/g}$)				Nutrient tersedia ($\mu\text{g/g}$)		
		NH_4^+ -N	NO_3^- -N	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}	K^+	Mg^+	PO_4^{3-}
T1S1	A1	102.0	9.5	25.0	0.60	20.8	136.3	3.0
	A2	7.0	2.5	50.0	0.65	19.1	172.2	3.9
	C	8.0	15.0	12.5	0.30	25.0	104.4	1.4
	Purata	39.0	9.0	29.2	0.5	21.6	137.6	2.8
T1S3	A	29.5	50.0	400.0	0.05	24.2	34.5	1.4
	AB	8.5	15.0	37.5	3.25	11.9	29.6	2.3
	BA	9.0	10.0	25.0	0.25	6.4	13.5	1.7
	B	7.5	10.0	50.0	0.05	10.3	14.3	1.3
	Purata	13.6	21.3	128.1	0.9	13.2	23.0	1.7

JADUAL 8. Purata kandungan nutrien tersedia dan nutrien terlarut dalam tanah-atas

Transek	Nutrien Terlarut ($\mu\text{g/g}$)				Nutrien Tersedia ($\mu\text{g/g}$)		
	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	$\text{NO}_3^- - \text{N}$	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}	K^+	Mg^{2+}	PO_4^{3-}
Transek 1							
S1	53.2 \pm 42.3	24.8 \pm 13.5	183.3 \pm 150.7	0.35 \pm 0.23	29.0 \pm 7.4	122.2 \pm 15.3	1.9 \pm 1.0
S2	12.2 \pm 2.6	13.3 \pm 2.9	37.5 \pm 12.5	0.05 \pm 0.00	20.1 \pm 7.3	25.6 \pm 8.2	3.3 \pm 1.1
S3	26.3 \pm 3.0	41.7 \pm 7.6	195.00 \pm 177.7	0.20 \pm 0.15	23.8 \pm 2.7	37.2 \pm 13.2	2.2 \pm 0.7
S4	28.2 \pm 19.6	46.7 \pm 42.5	125.0 \pm 86.8	0.62 \pm 0.42	20.7 \pm 4.9	18.9 \pm 3.0	2.1 \pm 0.8
P \pm SP	30.0 \pm 25.2	31.6 \pm 23.8	135.2 \pm 124.5	0.2 \pm 0.1	23.4 \pm 6.2	51.0 \pm 44.5	2.4 \pm 1.0
Transek 2							
S1	23.3 \pm 9.8	18.3 \pm 14.4	126.7 \pm 108.7	0.18 \pm 0.13	26.0 \pm 1.8	63.9 \pm 32.0	2.7 \pm 1.0
S2	33.0 \pm 9.6	13.0 \pm 8.1	100.0 \pm 50.0	0.08 \pm 0.03	30.0 \pm 11.0	16.8 \pm 7.9	2.7 \pm 0.8
P \pm SP	28.2 \pm 10.2	15.7 \pm 10.9	113.3 \pm 77.1	0.13 \pm 0.10	28.0 \pm 7.4	40.4 \pm 33.2	2.7 \pm 0.8
Transek 3							
S1	16.5 \pm 4.0	12.2 \pm 2.6	266.7 \pm 76.4	0.10 \pm 0.05	31.5 \pm 10.4	26.0 \pm 4.9	2.0 \pm 0.7
S2	19.8 \pm 9.6	24.3 \pm 15.2	312.5 \pm 194.5	0.40 \pm 0.07	30.5 \pm 3.5	19.0 \pm 1.2	1.8 \pm 0.4
S3	41.8 \pm 29.5	90.0 \pm 42.7	1350.0 \pm 444.4	1.02 \pm 0.89	27.9 \pm 2.7	17.5 \pm 6.1	2.2 \pm 0.2
P \pm SP	26.8 \pm 20.6	30.0 \pm 29.2	684.4 \pm 606.4	0.68 \pm 0.65	29.9 \pm 6.1	21.0 \pm 4.1	2.00

Klang, Selangor. Kandungan nutrien terlarut posfat sangat rendah di semua transek dengan nilai purata kurang dari 0.68 \pm 0.65 $\mu\text{g/g}$.

Kepekatan purata nutrien tersedia K adalah rendah dengan nilai masing-masing di transek 1, 2 dan 3 pada 23.4 \pm 6.2, 28.0 \pm 7.4 dan 29.9 \pm 6.1 $\mu\text{g/g}$. Semua kepekatan ini tidak berbeza secara signifikan. Tidak wujud perbezaan signifikan menurut stesen di setiap transek. Bagi magnesium tersedia, purata kepekatan di transek 1 (51.0 \pm 44.5 $\mu\text{g/g}$) lebih tinggi berbanding transek 2 (40.4 \pm 33.2 $\mu\text{g/g}$) dan transek 3 (21.0 \pm 4.1 $\mu\text{g/g}$), bagaimanapun perbezaan ini tidak tekal. Terdapat penurunan nilai kepekatan Mg pada stesen yang menghala ke arah daratan di setiap transek. Stesen 1 pada setiap transek menunjukkan nilai kepekatan Mg yang lebih tinggi berbanding stesen lain. Mungkin berlaku pengumpulan nutrien tersedia Mg dikaki bukit akibat larut lesap dari kawasan lebih tinggi. Nilai kepekatan fosfat tersedia adalah rendah di setiap transek dengan nilai kurang daripada 2.7 \pm 0.8 $\mu\text{g/g}$. Tidak ada perbezaan tekal bagi nilai purata fosfat sama ada mengikut transek atau stesen pada setiap transek. Nilai fosfat tersedia adalah rendah dalam tanah yang mempunyai kandungan ferum yang tinggi seperti di kawasan ini. Mengikut pengelasan Landon (1991) kepekatan nutrien tersedia fosfat adalah sangat rendah (<6 $\mu\text{g/g}$), Mg daripada rendah ke sederhana (18-54 $\mu\text{g/g}$) dan K adalah tinggi (>16.8 $\mu\text{g/g}$).

KESIMPULAN

Tanah mempunyai kandungan bahan organik yang rendah dan tekstur tanah didominasi oleh zarah bersaiz lempung. Nilai pH adalah sangat berasid, kapasiti pertukaran kation rendah dan kekonduksian elektrik pada indeks 2 dan 3. Kandungan nutrien terlarut dan tersedia

juga adalah rendah. Logam berat paling tinggi adalah Fe dan Mn. Logam berat Pb adalah tinggi di dalam tanah yang dipengaruhi pasang surut air berbanding kawasan daratan menunjukkan telah berlaku pengayaan logam tersebut.

PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak MOSTI atas geran penyelidikan IRPA 09-02-02-0083-EA217 dan 09-02-02-0117-EA294 untuk menjalankan kajian ini. Terima kasih juga kepada PPTC dan Universiti Kebangsaan Malaysia yang menyediakan kemudahan prasarana untuk penyelidikan.

RUJUKAN

- Acres, B.D., Bowen, R.P., Burrough, P.A., Folland, C. J., Kalasi, M.S., Thomas, P. & Wright, P.J. 1975. *The Soils of Sabah: Classification and Description (with an Introduction to vol. 1-5)*. Jil. 1. England: Land Resources Division, Ministry of Overseas Development Tolworth Tower.
- Aeslina Abdul Kadir, Jauhatatuddini Ariffin, Suzana Ismail, Tukimat Lihan & Sahibin Abdul Rahim. 2006. Ciri fiziko-kimia tanah di Bahagian Barat Pulau Indah, Klang, Selangor. *Sains Malaysiana* 35(1): 23-30.
- Avery, B.W. & Bascomb, C.L. 1982. Soil Survey Laboratory Methods. *Soil Survey Technical Monograph No. 6*. Harpenden.
- Courtney, F.M. & Trudgill, S.T. 1984. *An Introduction to Soil Study*. 2nd edition. British Library Cataloging.
- Cruickshank, J.G. & Ismail Ahmad. 1983. *Geografi Tanah Tanah*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- ERINCO. 1992. Kuala Sg. Chini Gateway – Development Plan. Vol. 1. Petaling Jaya.
- Jabatan Pertanian Malaysia. 1991. *A Semi-detailed Soil Map of Tasik Chini*. Kuala Lumpur: Department of Agriculture.
- Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. 2001. *Trace Elements in Soil and Plants*. (3rd ed.). Boca Raton, Florida: CRC Press.

- Landon, J.R. (pnyt.) 1991. *Bookers Tropical Soil Manual*. Hong Kong: Longman Scientific and Technical.
- Massey, D.M. & Windsor, G.W. 1967. *Rep. Glasshouse Crops Res. Inst.*
- McLean, E.O. 1965. In *Methods of Soil Analysis Pt 2*, ed C.A. Black 978-997.
- Mohd Shuhaimi-Othman, Lim, E.C., Mushrifah Idris & Ahmad Abas Kuty. 2009. Kepekatan Logam Berat dalam Air dan Sedimen Tasik dan Sungai, disunting oleh Mushrifah et al. Dlm. *Sumber Asli Tasik Chini: Ekspedisi Sainifik*. Pusat Penyelidikan Tasik Chini, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia. Bangi, Selangor. ms. 43-54.
- Murphy, J. & Riley, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta*. 27: 31-36.
- Mushrifah Idris, Mohd Shuhaimi-Othman, Sahibin Abd. Rahim, Khatijah Hj. Hussin & Nur Amelia Abas. 2009. Prakata. *Sumber Asli Tasik Chini: Ekspedisi Sainifik*. Pusat Penyelidikan Tasik Chini, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia. Bangi, Selangor.
- Norwahidah, Z.A. & Wan Juliana, W.A. 2009. Comparative Study of Tree Species Composition, Diversity and Biomass of Riparian and Adjacent Inland Forests at Chini Forest Reserve, Pahang. Dalam Mushrifah et al. 2009 (pytng). *Sumber Asli Tasik Chini: Ekspedisi Sainifik*. Pusat Penyelidikan Tasik Chini, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia. Bangi, Selangor.
- Polyakov, V.O. & Lal, R. 2004. Soil erosion and carbon dynamics under simulated rainfall. *Journal of Soil Science* 169(8): 590-599.
- Sahibin Abd. Rahim, Muhd Barzani Gasim, Mohd Nizam Mohd Said, Wan Mohd Razi Idris, Azman Hashim, Sharilnizam Yusof & Masniyana Jamil. 2008. Penentuan Kandungan Logam Berat di dalam Beberapa Siri Tanah Oksisol di Sekitar tasik Chini, Pahang. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 12(1): 95-104.
- Sahibin Abd. Rahim, Muhd Barzani Gasim, Mohd Nizam Mohd Said & Nor Afni Idayu Abdul Aziz. 2009. Physico-chemical Properties of Selected Soil Profiles Around Tasik Chini, Pahang, Malaysia. Dlm *Sumber Asli Tasik Chini: Ekspedisi Sainifik*, disunting oleh Mushrifah et al. Pusat Penyelidikan Tasik Chini, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia. Bangi, Selangor.
- Tan, K.H. 2005. *Soil Sampling, Preparation and Analysis*. 2nd edition. Georgia: University of Georgia Greensboro.
- Tisdale S.L. & Nelson W. 1984. *Baja dan Kesuburan Tanah* (terjemahan). Dewan Bahasa dan Pustaka, Kementerian Pelajaran Malaysia Kuala Lumpur.
- Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor
Malaysia
- *Pengarang surat-menyurat; email: haiyan@ukm.my
- Diserahkan: 13 Ogos 2009
Diterima: 9 Julai 2010