



**KANDUNGAN KARBON ORGANIK DAN STOK KARBON DALAM TANIH
GAMBUT, PERSEKITARAN PERTANIAN KELAPA SAWIT,
KUALA LANGAT SELATAN, SELANGOR**

(Organic Carbon Content and Carbon Stock in Peat Soil of Oil Palm Plantation Environment,
Kuala Langat Selatan, Selangor)

Sahibin Abd. Rahim, Zulfahmi Ali Rahman, Mohd Nizam Mohd Said, Wan Mohd Razi Idris,
Tukimat Lihan, Lee Yook Heng, Tajudin Mahmud & Cho Wai Keat

ABSTRAK

Kajian telah dijalankan untuk menentukan kandungan karbon dan stok karbon dalam tanah gambut di kawasan penanaman kelapa sawit di Kampung Tumbuk Darat, Kuala Langat Selatan, Selangor. Sampel tanah gambut telah diambil berdasarkan persampelan dalam plot satu hektar yang telah dibahagikan kepada 16 subplot bersaiz 25x25m. Kajian telah dilakukan pada 20^{hb} Disember 2008. Persampelan telah dilakukan di semua subplot mengikut kedalaman hingga ke tanah mineral. Kandungan karbon organik tanah ditentukan berdasarkan Kaedah Walkley & Black. Penentuan pH dalam tanah: air suling dan pH dalam tanah: KCl dijalankan berdasarkan nisbah 1:2.5 bagi tanah dan air. Kekonduksian elektrik ditentukan di dalam hasil ekstrak gipsium tepu. Kandungan asid humik dan asid fulvik ditentukan dengan kaedah pengasingan molekul asas. Purata nilai kekonduksian elektrik adalah dari 2.50 mScm⁻¹ hingga 2.78 mScm⁻¹. Nilai kekonduksian elektrik meningkat mengikut kedalaman. Purata nilai pH:air suling dan pH:KCl adalah masing-masing dari 3.36 hingga 3.59 dan 2.91 hingga 3.09. Purata nilai pH dalam KCl meningkat sedikit mengikut kedalaman. Purata kandungan karbon organik di dalam tanah berjangka dari 38.25% hingga 42.49%, dengan kandungannya berkurang mengikut kedalaman. Bagi asid humik dan asid fulvik, purata kandungannya masing-masing adalah dari 3.29 hingga 4.24% dan dari 1.10 hingga 2.61%. Purata kandungan kedua-dua jenis asid organik ini berkurangan mengikut kedalaman. Berat tanah yang dikira dalam satu hektar pada kedalaman 80 cm dan mempunyai ketumpatan pukal 0.26 g/cm³ adalah 2080 tan/ha, manakala stok karbonnya adalah 872.72 tan/ha.

Kata kunci: Asid humik, asid fulvik, karbon organik, Kuala Langat Selatan, Stok karbon, tanah gambut

ABSTRACT

This study was carried out to determine organic carbon content and carbon stock in peat soil of a palm oil plantation at Kampung Tumbuk Darat, Kuala Langat Selatan, Selangor. Peat soil samples were collected based on subplot sampling in a one hectare plot which was divided into 16 subplots of 25m x 25m dimension. The study was carried out on 20th December 2008. Peat soil samples were collected in every each of the subplots with depth down to the mineral soil. Organic carbon content in the peat soil was determined by Walkley & Black method. Determination of soil pH in distilled water and in

KCl were done based on soil:liquid ratio of 1:2.5. Electrical conductivity (EC) was measured in saturated gypsum extract. Humic and fulvic acid were determined by molecular basic separation. The mean of electrical conductivity ranged from 2.50 mScm⁻¹ to 2.78 mScm⁻¹. The EC value increased with depth. The mean of soil pH in distilled water and pH in KCl ranged from 3.36 to 3.59 and 2.91 to 3.09, respectively. The pH of soil in KCl increased slightly with depth. Organic carbon mean content ranged from 38.25% to 42.49% and the content decreased with depth. For humic and fulvic acid, their mean of content ranged from 3.29 to 4.24% and 1.10 to 2.61%, respectively. The mean content of both organic acids decreased with depth. Soil weight calculated in a hectare to a depth of 80 cm with bulk density of 0.26 g/cm³ was 2080 ton/ha, whereas the mean of soil carbon stock was 872.74 ton/ha.

Keywords: Carbon stock, fulvic acid, humic acid, Kuala Langat Selatan, organic carbon, peat soil

PENGENALAN

Karbon berperanan sebagai elemen primer dan binaan asas untuk semua hidupan organik di bumi, seperti tumbuh-tumbuhan dan ia tertabur di antara lautan, atmosfera, ekosistem daratan dan geosfera. Schlesinger (1986) menyatakan bahawa jumlah karbon di dalam tanah adalah tiga kali ganda berbanding dengan jumlah karbon di dalam tumbuhan daratan. Takungan karbon merupakan suatu sistem yang berkeupayaan untuk menyimpan dan melepaskan karbon seperti biojisim hutan, tanah dan atmosfera. Di ekosistem daratan, tanah merupakan takungan karbon yang terbesar dan simpanannya meliputi kira-kira 53% daripada jumlah karbon di daratan (Lal 2004). Menurut Eswaran et al. (1995) takungan karbon terdiri daripada karbon organik dan karbon inorganik. Takungan karbon organik adalah 2.1 kali ganda lebih banyak daripada takungan karbon di atmosfera dan kira-kira 2.7 kali ganda daripada takungan karbon biotik yang terdiri daripada tumbuhan daratan (Grossman et al. 1995). Terdapat dua jenis proses yang boleh meningkatkan dan juga mengurangkan kandungan karbon organik tanah. Proses yang dapat meningkatkan kandungan karbon organik di dalam tanah adalah penghasilan biojisim tumbuh-tumbuhan, humifikasi, sedimentasi, penguraian dan agregasi, manakala hakisan tanah dan larut lesap akan mengurangkan kandungan karbon organik di dalam tanah (Follett et al. 1998). Peningkatan kandungan karbon organik tanah membawa kesan-kesan yang positif. Ia boleh mempengaruhi dan memperbaiki kualiti tanah daripada segi struktur tanah, kedalaman pertumbuhan akar, kapasiti pemegangan air dan biodiversiti tanah (da Silva et al. 1995). Protokol Kyoto ditandatangani oleh 174 buah negara pada tahun 1997 untuk menunjukkan usaha antarabangsa untuk mengimbangkan kandungan gas rumah hijau dengan menubuhkan inventori kebangsaan stok karbon, di mana ramalan dan pemantauan stok karbon di dunia dititikberatkan. Selain itu, manusia juga telah meningkatkan usaha untuk mengeksploitasi potensi tanah pertanian sebagai penyimpan stok karbon melalui kitaran karbon sebagai langkah untuk mengurangkan kesan rumah hijau (Lal 2004). Langkah mitigasi untuk kesan rumah hijau adalah melalui peningkatan penyerapan karbon (Sedjo & Salomon 1988) dengan melaksanakan pemulihan stok karbon yang sedia ada dengan mengawal pembalakan dan amalan tanaman pertanian (Lasco et al. 2004). Artikel ini membincangkan kandungan karbon dan asid terbitan karbon seperti asid fulvik dan humik yang terdapat dalam sekitaran pertanian kelapa sawit di kawasan tanah gambut yang merupakan sinka utama karbon dalam tanah.

a) Kawasan Kajian

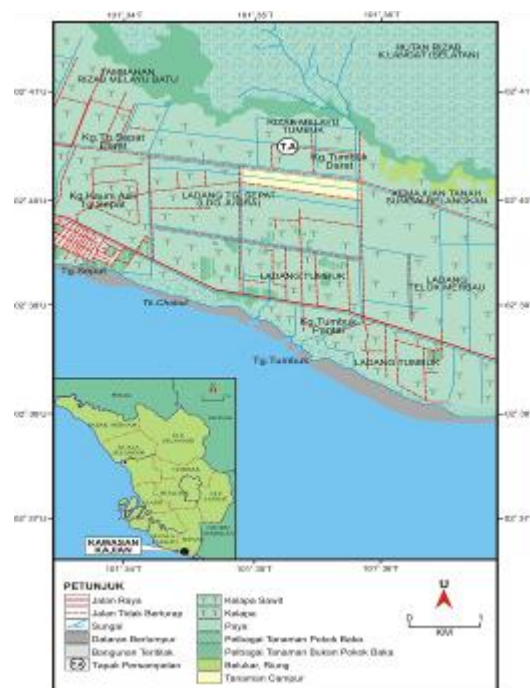
Kawasan kajian terletak di luar sempadan selatan Rizab Hutan Kuala Langat Selatan iaitu di Kampung Tumbuk Darat di Mukim Sepang, terletak pada kedudukan $02^{\circ} 40' 22.1''\text{U}$ dan $101^{\circ} 35' 46.6''\text{T}$. Kawasan kajian mempunyai iklim tropika yang dicirikan oleh keadaan panas dan lembab sepanjang tahun. Kawasan kajian menghadap Selat Melaka dan menerima tiupan angin monsun baratdaya antara bulan Mei dan September. Purata hujan bulanan adalah 2500 mm manakala purata suhu bulanan adalah 27.4°C . Gunatanah di kawasan kajian adalah pertanian kelapa sawit.

b) Persampelan Tanah

Sampel tanah diambil dalam plot seluas satu hektar (100m x 100m) yang telah dibahagikan kepada 16 subplot (25m x 25m). Enambelas subplot dibahagikan kepada empat baris iaitu A, B, C dan D dengan masing-masing subplot mempunyai empat replikasi. Sampel tanah diambil menggunakan 'dutch auger' daripada setiap subplot mengikut kedalaman iaitu 0, 50 dan 80 cm.

c) Analisis Tanah

Ciri tanah yang dikaji adalah ketumpatan pukal, pH, kekonduksian elektrik, kandungan karbon organik, kandungan asid fulvik dan asid humik. Ketumpatan pukal ditentukan menggunakan kaedah gravimetri dengan tanah disampel menggunakan gegelang logam (Patiram et al. 2007). Ciri pH ditentukan dalam air suling dan dalam KCl dalam nisbah 1 bahagian tanah berbanding 2.5 bahagian cecair (Avery dan Bascomb 1982). Kekonduksian elektrik ditentukan dalam ekstrak gipsium tepu (Massey & Winsor 1968). Kandungan karbon organik ditentukan menggunakan kaedah Walkey dan Black (Walkey 1947). Kandungan asid humik dan asid fulvik ditentukan mengikut kaedah pengasingan molekul asas (Tan 2005).



Rajah 1. Peta menunjukkan kedudukan kawasan kajian dan tapak pensampelan

HASIL DAN PERBINCANGAN

Kekonduksian elektrik dan pH sampel tanah dalam 16 subplot ditunjukkan dalam Jadual 1. Nilai yang dinyatakan adalah purata mengikut kedalaman persampelan (0, 50 dan 80 cm).

a) pH Tanah dalam Air Suling

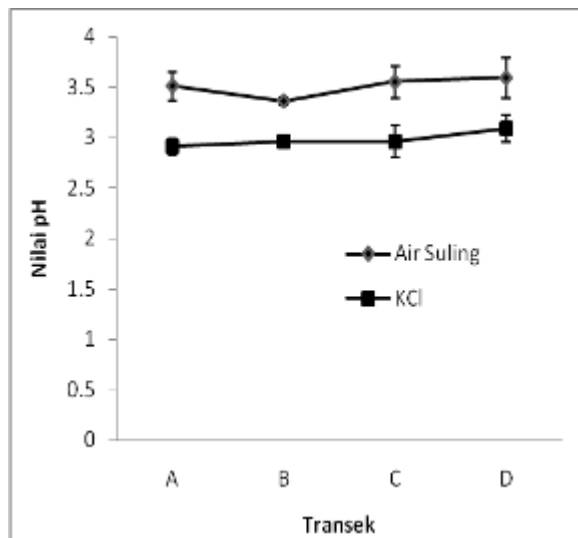
Nilai pH dikira berdasarkan purata bagi tiga kedalaman berbeza. Purata nilai pH dalam air suling pada transek A, B, C dan D adalah masing-masing 3.51 ± 0.14 , 3.36 ± 0.04 , 3.55 ± 0.16 dan 3.59 ± 0.20 . Nilai pH tanah yang ditentukan menggunakan KCl adalah lebih rendah dengan nilai pada transek A, B, C dan D masing-masing adalah 2.91 ± 0.08 , 2.96 ± 0.07 , 2.96 ± 0.16 dan 3.09 ± 0.13 . Ujian Tukey-Kramer menunjukkan purata pH dalam air suling tidak menunjukkan perbezaan bererti antara transek ($p < 0.05$; $n = 58$). Bagi purata pH dalam KCl ujian Tukey-Kramer juga tidak menunjukkan sebarang perbezaan bererti.

Jadual 1. Purata dan sisihan piawai ciri kimia tanah yang telah dipuratakan bagi tiga kedalaman berbeza

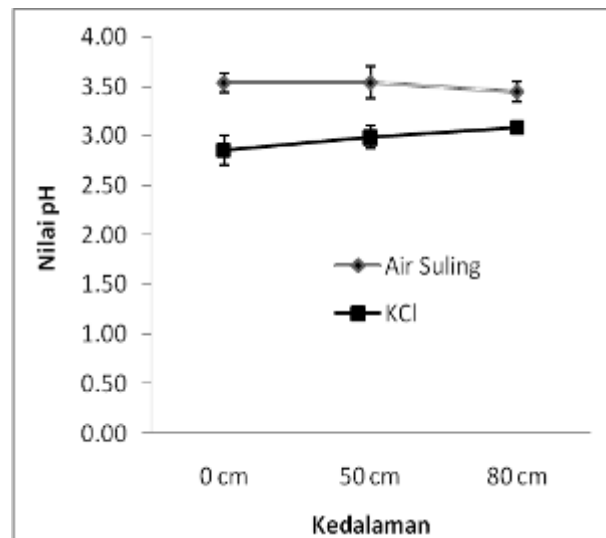
Transek	pH (Air suling)	pH (KCl)	Kekonduksian Elektrik /mS.cm ⁻¹
A 1	3.32 ± 0.09	2.89 ± 0.29	2.50 ± 0.47
A 2	3.48 ± 0.03	2.83 ± 0.19	2.49 ± 0.19
A 3	3.62 ± 0.06	2.89 ± 0.16	2.49 ± 0.53
A 4	3.62 ± 0.07	3.01 ± 0.22	2.80 ± 0.15
P \pm SP	3.51 ± 0.14	2.91 ± 0.08	2.57 ± 0.15
B 1	3.39 ± 0.10	3.02 ± 0.14	2.33 ± 0.19
B 2	3.38 ± 0.14	2.86 ± 0.05	2.46 ± 0.25
B 3	3.36 ± 0.07	3.00 ± 0.10	2.60 ± 0.03
B 4	3.30 ± 0.08	2.94 ± 0.10	2.72 ± 0.12
P \pm SP	3.36 ± 0.04	2.96 ± 0.07	2.53 ± 0.17
C 1	3.52 ± 0.03	2.73 ± 0.35	2.37 ± 0.27
C 2	3.44 ± 0.17	2.96 ± 0.15	2.64 ± 0.27
C 3	3.78 ± 0.15	3.10 ± 0.04	2.43 ± 0.14
C 4	3.46 ± 0.21	3.05 ± 0.16	2.57 ± 0.06
P \pm SP	3.55 ± 0.16	2.96 ± 0.16	2.50 ± 0.12
D 1	3.39 ± 0.27	2.92 ± 0.05	2.70 ± 0.37
D 2	3.46 ± 0.05	3.08 ± 0.04	2.51 ± 0.27
D 3	3.80 ± 0.30	3.24 ± 0.25	2.96 ± 0.26
D 4	3.72 ± 0.05	3.10 ± 0.04	2.94 ± 0.22
P \pm SP	3.59 ± 0.20	3.09 ± 0.13	2.78 ± 0.21

Nilai pH di kawasan kajian dipengaruhi oleh proses penguraian bahan organik (Arrouays et al. 2001). Bahan organik tanah diuraikan secara terus oleh mikroorganisma ke dalam bentuk asid-asid organik, karbon dioksida (CO₂) dan air dan membentuk asid karbonat (Kirschbaum 1995). Asid karbonat akan berinteraksi dengan kalsium dan magnesium karbonat di dalam tanah untuk membentuk bikarbonat yang lebih larut yang akhirnya mengakibatkan tanah lebih berasid (Wu et al. 2003). Selain daripada itu, nitrogen tanah yang berasal daripada bahan organik, sisa haiwan, pengikatan nitrogen oleh kekacang juga dapat menyebabkan tanah menjadi lebih berasid (Kirschbaum 1995). Nilai pH berdasarkan KCl adalah lebih rendah berbanding berdasarkan air

suling. Ini adalah kerana pH yang diukur menggunakan pengestrak KCl adalah ukuran keasidan jumlah dalam tanah di mana kation asid pada tapak pertukaran kation diganti sepenuhnya oleh



Rajah 2: Nilai pH tanah yang diukur dalam air suling dan KCl berdasarkan transek



Rajah 3: Nilai pH tanah mengikut Kedalaman

ion K^+ oleh itu menghasilkan keasidan jumlah. Kehadiran kation asid yang banyak pada tapak pertukaran disebabkan oleh larutlesap kation-kation bes seperti kalsium dan magnesium. Kedudukan kation-kation bes yang hilang di tapak jerapan tanah digantikan oleh kation-kation asid (Guo & Gifford 2002). Tanah yang terbentuk kawasan yang mempunyai curahan hujan tinggi biasanya lebih berasid jika dibandingkan dengan tanah di kawasan yang kering (Lugo et al. 1986). Bagi tanah atas kehilangan kation bes bersama tanah menerusi hakisan akan menyebabkan lapisan tanah atas menjadi lebih berasid (Mann 1986).

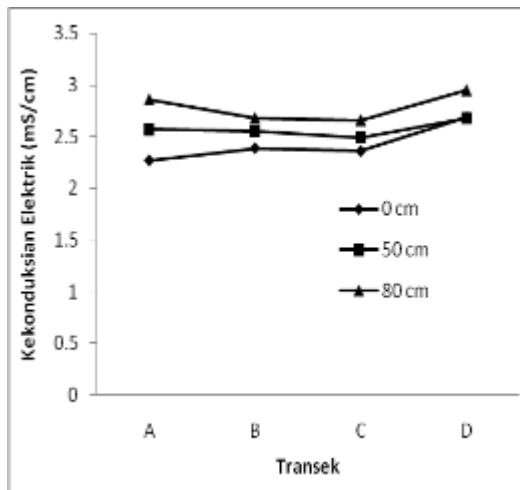
Rajah 2 menunjukkan nilai pH menggunakan air suling menurun mengikut kedalaman tanah. Hanya transek A (rujuk Jadual 1) yang menunjukkan peningkatan nilai pH mengikut kedalaman. Transek persampelan ini berada di tepi parit saluran ladang Kampung Tumbuk Darat, Tanjung Tumbuk. Bagi transek persampelan B dan C, nilai pH tanah adalah relatif menurun pada kedalaman 50 cm hingga 80 cm. Bagaimanapun perubahan pH ke lapisan bawah ini tidak berbeza secara signifikan. Nilai pH dengan kaedah KCl menunjukkan peningkatan mengikut kedalaman. Penurunan pH di lapisan bawah terutamanya pada kedalaman yang melebihi 80 cm boleh disebabkan oleh kandungan bahan organik yang membekalkan kation H^+ dalam tanah berkurangan atau kalau ia meningkat mungkin disebabkan oleh pengumpulan kation bes yang dari proses larut resap. Korelasi antara nilai $pH(KCl)$ dengan kekonduksian elektrik adalah signifikan pada aras 0.1% (rujuk Jadual 3) yang mana jelas menunjukkan kenaikan pH di lapisan bawah tanah gambut di kawasan kajian disebabkan oleh pengumpulan kation bes.

b) Kekonduksian Elektrik Tanah

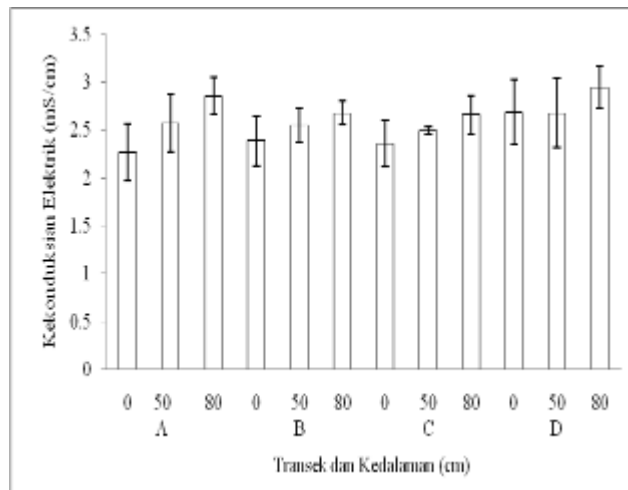
Purata kekonduksian elektrik tanah yang dicerap di transek persampelan A, B, C dan D adalah masing-masing 2.57 ± 0.15 mS/cm, 2.53 ± 0.17 mS/cm, 2.50 ± 0.12 mS/cm dan 2.78 ± 0.21

mS/cm (rujuk Rajah 4). Ujian Tukey-Kramer ($p < 0.05$) menunjukkan purata kekonduksian elektrik semua transek tidak berbeza secara bererti di antara satu sama lain.

Tanah yang kering mempunyai kekonduksian elektrik yang rendah berbanding dengan tanah yang lembap. Kekonduksian elektrik yang tinggi adalah disebabkan oleh kepekatan elektrolit (kalsium, magnesium, klorida, sulfat dan garam) yang tinggi di dalam air tanah (McBride et al. 1990; Rhoades et al. 1989).



Rajah 4: Nilai kekonduksian elektrik berdasarkan transek



Rajah 5: Nilai kekonduksian elektrik berdasarkan kedalaman

Nilai kekonduksian elektrik pada semua transek menunjukkan peningkatan mengikut kedalaman seperti ditunjukkan pada Rajah 5. Kandungan garam di dalam tanah yang lebih dalam mungkin berasal daripada pengumpulan kation larut lesap yang terkumpul dalam tanah mineral. Kandungannya yang secara umumnya agak rendah tidak menunjukkan ada pengaruh resapan air laut hingga ke kawasan ini.

c) Kandungan Karbon Organik

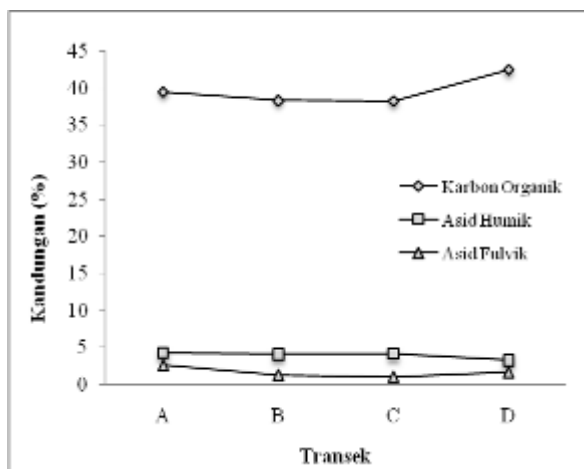
Purata kandungan karbon organik tanah yang dicerap di transek A, B, C dan D adalah masing-masing $39.50 \pm 7.81\%$, $38.35 \pm 4.35\%$, $38.25 \pm 5.85\%$ dan $42.49 \pm 6.40\%$ bagi lapisan organik (0-80 cm) (Jadual 2; Rajah 6). Kandungan purata karbon organik bagi lapisan karbon untuk keempat-empat transek adalah $39.65 \pm 1.98\%$. Ujian Tukey-Kramer ($p < 0.05$) menunjukkan purata kandungan karbon organik di keempat-empat transek tidak berbeza secara bererti di antara satu sama lain. Kesemua stesen persampelan menunjukkan kandungan karbon yang tinggi di permukaan dan kandungan tersebut berkurang mengikut kedalaman. Ini disebabkan oleh bahan-bahan organik terjadi daripada penimbunan sisa-sisa tumbuhan dan haiwan yang sebahagian telah mengalami pereputan (Davidson & Ackerman 1993). Kandungan karbon di permukaan tanah juga boleh disumbangkan oleh humus, di mana humus terbentuk daripada sebahagian besar residu tanaman yang terurai (Houghton & Hackler 1999). Kandungan karbon organik dalam lapisan tanah mineral (>80 cm kedalaman) adalah rendah dengan nilai pada transek A, B, C dan D masing-masing adalah $7.31 \pm 1.01\%$, $8.29 \pm 0.53\%$, $6.95 \pm 0.75\%$ dan $7.22 \pm 1.13\%$.

Jadual 2: Kandungan karbon organik, asid humik dan asid fulvik dalam tanah

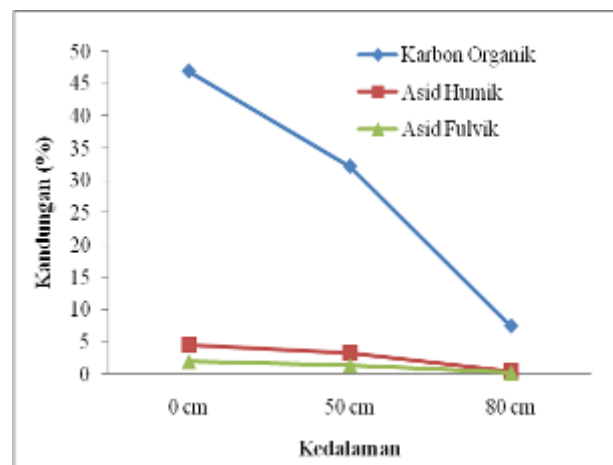
Transek	Lapisan	Karbon Organik/%	Asid Humik / %	Asid Fulvik / %	Asid Fulvik dalam Asid Humik / %
A	O	39.50±7.81	4.24±0.30	2.61±0.55	61.56±12.61
	M	7.31±1.01	0.51±0.18	0.27±0.20	50.43±21.02
B	O	38.35±4.35	4.04±0.48	1.36±0.25	34.20±7.08
	M	8.29±0.53	0.54±0.19	0.26±0.06	52.84±19.57
C	O	38.25±5.85	4.13±0.38	1.10±0.36	27.96±11.51
	M	6.95±0.75	0.53±0.16	0.21±0.08	42.70±23.81
D	O	42.49±6.40	3.29±0.36	1.67±0.35	53.29±15.12
	M	7.22±1.13	0.39±0.05	0.22±0.06	57.28±15.54

O, Lapisan tanah organik; M, Lapisan tanah mineral

Kandungan karbon organik, asid humik dan asid fulvik mengikut profil ditunjukkan dalam Rajah 7. Kandungan karbon organik berkurang secara sekata di semua barisan stesen persampelan. Barisan stesen persampelan D mempunyai kandungan karbon yang tinggi pada kedalaman 0 cm hingga 80 cm dan menunjukkan kandungan karbon rendah pada kedalaman melebihi 80 cm. Kedalaman melebihi 80 cm merupakan tanah mineral dan bukan lagi tanah organik. Kandungan karbon organik yang tinggi dalam tanah mineral di sini berbanding tanah mineral lain disebabkan oleh pengumpulan karbon terlarut yang mengikut pergerakan air menyusup ke dalam tanah.



Rajah 6: Kandungan karbon organik, asid humik dan asid fulvik dalam tanah mengikut transek



Rajah 7: Kandungan karbon organik, asid humik dan asid fulvik mengikut kedalaman

d) Kandungan Asid Humik

Julat purata kandungan asid humik di dalam tanah yang dicerap di transek A, B, C dan D masing-masing adalah antara 4.24±0.30%, 4.04±0.48%, 4.13±0.38% dan 3.29±0.36% (Rajah 6). Ujian Tukey-Kramer ($p < 0.05$) menunjukkan kandungan humik asid di semua transek persampelan tidak berbeza secara bererti di antara satu sama lain.

Rajah 7 menunjukkan kandungan asid humik di dalam tanah berkurang dengan ketara daripada 0 cm hingga 80 cm di semua transek persampelan. Kandungan asid humik menurun

apabila semakin dalam disebabkan oleh kandungan karbon organik yang semakin rendah mengikut kedalaman tanah. Asid humik yang rendah pada kedalaman 80 cm sesuai dengan kandungan karbon organik yang rendah dalam tanah mineral. Kandungan asid humik yang tinggi di lapisan atas tanah disebabkan oleh kandungan karbon organik yang tinggi dalam tanah gambut. Di dalam tanah pertanian kandungan asid humik yang tinggi di permukaan tanah boleh juga disebabkan oleh penggunaan baja (Houghton & Hackler 2003). Ini adalah kerana asid humik telah digunakan sebagai agen yang berkesan di dalam baja sintetik ataupun organik (Zeitz 1997). Di samping itu, asid humik dapat merangsangkan aktiviti mikroorganisma di dalam tanah dengan membekalkan sumber karbon sebagai makanan kepada mikroorganisma, dan seterusnya menggalakkan pertumbuhan dan aktiviti (Sollins et al. 1996). Mikroorganisma ini berfungsi untuk melarutkan nutrien-nutrien yang penting seperti fosforus supaya diserapkan oleh asid humik dan tersedia untuk kegunaan tumbuh-tumbuhan (Zeller et al. 2001). Kehadiran bahan karbonat di dalam tanah organik boleh mempercepatkan proses humifikasi yang akan menyebabkan pembentukan asid humik (Puget et al. 2005).

e) Kandungan Asid Fulvik

Purata kandungan asid fulvik di dalam tanah yang dicerap di transek A, B, C dan D adalah masing-masing $2.61 \pm 0.55\%$, $1.36 \pm 0.25\%$, $1.10 \pm 0.36\%$ dan $1.67 \pm 0.35\%$ (Rajah 6). Ujian Tukey-Kramer ($p < 0.05$) menunjukkan keempat-empat transek persampelan A, B, C dan D tidak berbeza secara bererti di antara satu sama lain.

Kandungan asid fulvik dalam Rajah 7 telah menunjukkan pengurangan yang sangat ketara daripada 0 cm hingga 80 cm di semua transek persampelan. Transek persampelan yang dekat dengan saluran (Transek A) telah menunjukkan kandungan asid fulvik yang tertinggi, iaitu 3.0% pada kedalaman 0 cm. Kandungannya telah berkurang mengikut kedalaman. Ini disebabkan oleh asid fulvik dapat menyusup ke dalam tanah dengan mengikut pergerakan air. Hanya terdapat sedikit kandungan asid fulvik yang dapat sampai ke bahagian yang lebih dalam.

Nilai kandungan asid fulvik yang berbeza-beza, terutamanya di permukaan tanah disebabkan oleh hakisan tanah, penggunaan pestisid yang berlebihan dan baja kimia, di mana aktiviti sebegini boleh menyekat segala aktiviti mikroorganisma di dalam tanah dan mempengaruhi pembentukan asid fulvik (Sollins et al. 1996). Menurut Jacot et al. (2000), penggunaan baja nitrat dan pestisid yang banyak di tapak pertanian untuk mengekalkan hasil pengeluaran pertanian yang tinggi telah memusnahkan kehidupan mikroorganisma di dalam tanah. Oleh itu, penghasilan asid fulvik turut terganggu.

f) Korelasi Antara Parameter Tanah

Ujian korelasi menunjukkan bahawa terdapat hubungan positif yang bererti di antara kekonduksian elektrik dengan pH (Kaedah Kalium Klorida) ($r=0.543$; $p=0.000$), asid humik dengan kandungan karbon organik ($r=0.929$; $p=0.000$), asid fulvik dengan kandungan karbon organik ($r=0.764$; $p=0.000$), asid fulvik dan asid humik ($r=0.743$; $p=0.000$). Melalui ujian korelasi ini, didapati asid humik dan asid fulvik berhubung positif dengan kandungan karbon. Ini diakibatkan oleh bahan-bahan organik terjadi daripada penimbunan sisa-sisa tanaman dan binatang yang sebahagian telah mengalami pereputan (Davidson & Ackerman 1993). Bahan-bahan organik ini diperlukan oleh mikroorganisma di dalam tanah sebagai makanan. Mikroorganisma ini akan membantu melarutkan nutrien penting yang diperlukan

oleh asid humik dan fulvik. Oleh itu, kandungan bahan organik akan menyumbang kepada kandungan asid humik dan asid fulvik (Sollins et al. 1996).

Pada masa yang sama, ujian korelasi juga menunjukkan hubungan negatif yang bererti yang ditunjukkan oleh pH (Kaedah KCl) dengan kandungan karbon organik dengan ($r=-0.513$; $p=0.000$), dengan asid humik ($r=-0.568$; $p=0.000$) dan dengan asid fulvik ($r=-0.432$; $p=0.000$). Kekonduksian elektrik juga mempunyai hubungan negatif yang signifikan dengan kandungan karbon organik ($r=-0.522$; $p=0.000$), dengan asid humik ($r=-0.531$; $p=0.000$) dan dengan asid fulvik ($r=-0.512$; $p=0.000$). Ujian korelasi ini telah menunjukkan bahawa kandungan karbon organik, asid humik dan asid fulvik yang semakin tinggi, nilai pH tanah menjadi semakin rendah. Ini disebabkan oleh karbon organik menyumbang kepada penghasilan asid humik dan asid fulvik. Justeru, kehadiran asid humik dan fulvik akan merendahkan nilai pH tanah (Shirato & Yokozawa 2006). Kekonduksian elektrik juga berkurangan apabila kandungan karbon, asid humik dan asid fulvik meningkat. Ia adalah keadaan yang biasa berlaku apabila kation bes dalam larutan didominasi oleh kation asid yang dihasilkan apabila kandungan organik dalam tanah meningkat.

Jadual 3: Jadual korelasi antara parameter dalam tanah

	pH (Air Suling)	pH (KCl)	Kekonduksian Elektrik (KE)	Karbon Organik (KO)	Asid Humik
KE	0.094	0.543			
	0.525	0.000***			
KO	0.140	-0.513	-0.522		
	0.344	0.000***	0.000***		
Asid Humik	0.142	-0.568	-0.531	0.929	
	0.335	0.000***	0.000***	0.000***	
Asid Fulvik	0.121	-0.432	-0.512	0.764	0.743
	0.413	0.002**	0.000***	0.000***	0.000***

*** menunjukkan korelasi signifikan pada aras 0.1%, **korelasi signifikan pada aras 1%

g) Stok Karbon

Plot kajian mempunyai saiz satu hektar iaitu 100m x 100m. Kedalaman persampelan adalah 80 cm, manakala ketumpatan pukal tanah gambut adalah 0.26 g/cm^3 . Purata kandungan karbon organik dalam tanah dalam persen adalah 39.65%. Berat tanah gambut seluas satu hektar pada kedalaman 80 cm adalah 2080 tan/ha. Kandungan stok karbon dalam tanah gambut ini adalah 874.72 tan/ha.

KESIMPULAN

Nilai pH tanah yang diukur dalam air suling dan KCl menunjukkan tanah gambut adalah sangat berasid manakala kekonduksian elektrik berada di dalam sela biasa yang wujud dalam tanah gambut. Nilai pH yang sangat rendah ini boleh menyebabkan tanaman kelapa sawit tidak dapat tumbuh dengan baik dan memerlukan pengapuran yang berterusan.

Ketumpatan pukal tanah gambut di kawasan penanaman kelapa sawit adalah rendah iaitu pada 0.26 g/cm^3 , manakala kandungan karbon organik adalah tinggi dengan purata

keseluruhan dalam lapisan gambut sebanyak $39.65 \pm 1.98\%$. Bagi tanah gambut di kawasan penanaman kelapa sawit jumlah berat tanah seluas satu hektar pada kedalaman 80 cm dengan ketumpatan pukal 0.26 g/cm^3 adalah 2080 tan/ha. Jumlah stok karbon yang terdapat di dalam tanah gambut seluas satu hektar pada kedalaman 80 cm adalah 872.74 tan/ha. Purata kandungan asid humik dan asid fulvik yang terkandung dalam bahan organik di dalam tanah gambut adalah masing-masing $3.93 \pm 0.43\%$ dan $1.68 \pm 0.66\%$.

Kandungan bahan organik dan karbon organik dalam tanah gambut yang tinggi menunjukkan tanah gambut merupakan sinka karbon organik yang utama. Kawasan ini perlu diurus secara mampan untuk mengurangkan pelepasan karbon ke atmosfera yang mana boleh menambahkan kepesatan berlakunya pemanasan global.

PENGHARGAAN

Kajian ini dijalankan di bawah Projek UKM-GUP-ASPL-07-05-004 dan UKM-OUP-PI-24-110. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia di atas anugerah geran penyelidikan dan juga kepada Fakulti Sains dan Teknologi yang menyediakan prasarana untuk menjayakan penyelidikan ini.

RUJUKAN

- Arrouays, D., Deslais, W. & Bateau, V. 2001. The carbon content of topsoil and its geographical distribution in France. *Soil Use and Management* 17(1): 7-11
- Avery, B. W. & Bascomb, C. L. (pnyt.). 1982. *Soil Survey Laboratory Methods: Soil Survey Technical Monograph No. 6*. Harpenden: t.pt.
- da Silva, A.P., Kay, B.D. & Perfect, E. 1994. Characterization of the least limiting water range of soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, 1775-1781.
- Davidson, E.A. & Ackerman, I.L. 1993. Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry* 20: 161-193.
- Eswaran, H., Van den Berg E., Reich, P. & Kimble, J. 1995. Global soil carbon resources. P. 27-43. In: Lal, R., Kimble, J., Levine, E., Stewart, B.A. (pnyt.), *Soils and Global Change*. CRC/ Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Follett, R.F., Lal, R. & Kimble, J. 1998. *Pedospheric processes and the carbon cycle*. United States of America: CRC Press.
- Grossman, R.B., Ahrens, R.J., Gile, L.H., Montoyo, C.E. & Chadwick, O.A. 1995. A real evaluation of carbonate carbon in a desert area of southern New Mexico.p.81-91. In: Lal, R., Kimble, J., Levine, E., Stewart, B.A. (pnyt.), *Soils and Global Change*. CRC/ Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Guo, L.B. & Gifford, R.M. 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology* 8: 345-360
- Houghton, R.A. & Hackler, J.L. 1999. Emissions of carbon from forestry and landuse change in tropical Asia. *Global Change Biology* 5:481-492.
- Jacot, K.A., Lucher, A., Nosberger, J. & Hartwig, U.A. 2000. Symbiotic nitrogen fixation of various legume species along an altitudinal gradient in the Swiss Alps. *Soil Biol. Biochem.* 32: 1043-1052.
- Kirschbaum, M.U. 1995. The temperature dependence of soil organic matter decomposition and the effect of global warming on soil organic carbon storage. *Soil Biol. Biochem.* 27: 753-760
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304: 1623-1626.
- Lasco, J.K., Brown, S. & Schlamadinger, B. 1998. Forest harvest and wood products: sources and sinks of atmospheric carbon dioxide. *Forest Science* 44(2): 272-284.
- Lugo, A.E., Sanchez, M.J. & Brown, S. 1986. Land use and organic carbon content of some

- subtropical soils. *Plant and soil* 96: 185-196.
- Mann, L. 1986. Changes in soil carbon storage after cultivation. *Soil Science* 142: 279-288.
- Massey, D.M. & Winsor, G.W. 1968. Soil salinity studies. II-The relation of plant growth to salinity in soil and soil mixtures of differing physical properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 19(6): 332-338.
- McBride, R.A., Gordon, A.M. & Shrive, S.C. 1990. Estimating forest soil quality from terrain measurements of apparent electricity. *Soil Science* 54: 290-293
- Patiram, B., Thakur, N.S.A. & Ramesh, T. 2007. *Soil Testing and Analysis: Plant, Water and Pesticide Residue*. New Delhi: New India Publishing Agency.
- Puget, P., Lal, R., Izaurrealde, C., Post, M. & Owens, L.B. 2005. Stock and distribution of total and corn-derived soil organic carbon in aggregate and primary particle fractions for different land use and soil management practices. *Soil Science* 170: 256-279.
- Rhoades, J.D., Manteghi, N.A., Shouse, P.J. & Alves, W.J. 1989. Soil electrical conductivity and soil salinity: new formulations and calibrations. *Soil Science* 53: 433-439.
- Schlesinger, W.H. 1986. Changes in soil carbon storage and associated properties with disturbance and recovery. p. 194-220. In: Trabalka, J.R. and Reichle, D.E. (pnyt.), *The Changing Carbon Cycle*. Springer. p592 .
- Sedjo, R.A. & Solomon, A.M. 1988. *Climate and Forests*. International Institute for Applied Systems Analysis. Laxemburg, Austria.
- Sollins, P., Milne, R., Powlson & Caldwell, B.A. 1996. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma* 74: 65-105.
- Tan, K.H. 2005. *Soil Sampling, Preparation, and Analysis*. Ed ke-2. United States: CRC Press.
- Walkley, A. 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci.* 63:251-263.
- Wu, H.B., Guo, Z.T. & Peng, C.H. 2003. Land-use induced changes of organic carbon storage in soils of China. *Global Change Biology* 9: 305-315.
- Zeller, V., Bardgett, R.D. & Tappeiner, U. 2001. Site and management effects on soil microbial properties of subalpine meadows: a study of land abandonment along a north-south gradient in the European Alps. *Soil Biol. Biochem.* 33: 639-649.
- Zeitz, J. 1997. Geochemie and Umwelt. Relevant process in atmosphere, pedosphere and hydrosphere. *Springer* 34: 75-94.

Sahibin Abd. Rahim, Zulfahmi Ali Rahman, Mohd. Nizam Mohd. Said, Wan Mohd. Razi Idris, Tukimat Lihan, Fredolin Tangang@Tajudin Mahmud dan Cho Wai Keat
Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam
Fakulti Sains dan Teknologi
43600 Universiti Kebangsaan Malaysia
Email: haiyan@ukm.my

Lee Yook Heng
Pusat Pengajian Sains Kimia dan Teknologi Makanan
Fakulti Sains dan Teknologi
43600 Universiti Kebangsaan Malaysia