

**SIFAT KIMIA GAMBUT DAN DERIVAT ASAM FENOLAT :
KOMPOSISI UNSUR VS SPEKTRA *UV-VIS* EKSTRAK GAMBUT
DENGAN NATRIUM-PIROFOSFAT**

***CHEMICAL PROPERTIES OF PEAT AND TOXIC PHENOLIC ACID
DERIVATIVES: NUTRIENT COMPOSITION VERSUS *UV-VIS*
SPECTRA OF PEAT EXTRACTION BY SODIUM PHYROPHOSPHATE***

Riwandi

Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu

ABSTRACT

This research was conducted to study nutrient composition, *UV-VIS* spectra of peat extraction by sodium pyrophosphate and phenolic acid derivatives by CuO-NaOH mixture. *UV-VIS* spectra was known to characterize of peat, and E_4/E_6 ratio and $\Delta \log K$ used to measure index of humification degree of peat. The aims were to measure index of humification degree based on absorbent value of 340, 400, 550, and 600 nm of wave length by *UV-VIS* spectrophotometer, and to study the correlation between index of humification degree and nutrient composition of peat. Peat samples was taken from Jambi and Central Kalimantan, the province have had three physiography of peat land , three degree of peat decomposition, and three replicates. The extraction of peat samples was by 0,025 M of Sodium Pyrophosphate, and shaken on 18 hours by shaker machine. Filtrate was sieved and collected in glass ware. The filtrate used to measure absorbent of 340, 400, 550, 600 nm wave length, and also extracted Carbon (C_e) by Walkley & Black method. From the data, calculated E_4/E_6 ratio, $\Delta \log K$, and K_{600}/C_e . Total-Carbon and Nitrogen were determined by dry combustion and micro-Kjeldahl methods. Indexes of humification degree are E_4/E_6 ratio, $\Delta \log K$, and K_{600}/C_e . Results of the research were correlation between $E_{5,5}$ and E_6 , K_{600}/C_e and $\Delta \log K$ were negatively significant, although correlation between E_4/E_6 ratio and $\Delta \log K$ was positively significant. There was no correlation between total C, N, C/N ratio and E_4/E_6 ratio, but correlation between total N and $E_{5,5}$ and E_6 was negatively significant.

Key words : E_4/E_6 ratio, humification, nutrient

ABSTRAK

Penelitian ini tentang komposisi unsur, spektra *UV-VIS* ekstrak gambut dengan *Na-Pirofosfat* 0.025 M, dan derivat asam fenolat dari ekstrak gambut dengan CuO-NaOH. Spektra *UV-VIS* telah lama digunakan untuk menentukan karakteristik gambut. E_4/E_6 dan $\Delta \log K$ telah banyak digunakan sebagai indeks tingkat humifikasi gambut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan indeks tingkat humifikasi gambut berdasarkan absorbansi pada panjang gelombang *UV-VIS* 340, 400, 550, dan 600 nm dengan menggunakan spektrofotometer *UV-VIS*. Disamping itu untuk mengkaji korelasi antara indeks tingkat humifikasi dengan komposisi unsur dari gambut. Contoh gambut diambil dari Jambi dan Kalimantan Tengah. Masing-masing propinsi diwakili oleh tiga fisiografi (pantai, transisi, dan pedalaman), tiga tingkat dekomposisi (fibrik, hemik, dan saprik), dengan tiga ulangan. Contoh gambut diekstrak dengan *Natrium-Pirofosfat* 0.025 M, dikocok selama 18 jam dengan mesin pengocok, filtratnya disaring dengan kertas saring. Filtrat tersebut digunakan untuk menentukan absorbansi pada panjang gelombang 340, 400, 550, dan 600 nm dengan *spektrofotometer UV-VIS*, dan kadar karbon terekstrak (C_e) dengan metode Walkley & Black. Dari nilai absorbansi dan C_e , tersebut dapat dihitung E_4/E_6 , $\Delta \log K$, dan K_{600} / C_e . Contoh gambut yang halus digunakan untuk menentukan kadar C dan N-total. Kadar C total ditetapkan dengan metode pengabuan (*dry combustion*) dan N-total ditetapkan dengan metode mikro-Kjeldahl. Indeks humifikasi gambut yang digunakan untuk menentukan karakteristik gambut adalah E_4/E_6 , $\Delta \log K$, dan K_{600} / C_e . Hasil penelitian ini memperoleh hubungan yang negatif sangat nyata antara $E_{5,5}$ dengan E_6 , K_{600}/C_e dengan $\Delta \log K$, sedangkan hubungan yang positif nyata antara E_4/E_6 dengan $\Delta \log K$. Karbon, N total, dan rasio C/N tidak berkorelasi nyata dengan E_4/E_6 , tetapi Ntotal berkorelasi negatif nyata dengan $E_{5,5}$ & E_6 .

Kata kunci : E_4/E_6 ratio, humifikasi, unsur hara

PENDAHULUAN

Metode yang seringkali digunakan untuk menentukan karakteristik zat humus dari gambut adalah metode degradatif, dan non-degradatif, di samping itu analisis komposisi kimia dan gugus fungsi (Schnitzer & Khan, 1978). Salah satu metode non-degradatif ialah penggunaan spektrofotometer *UV-VIS*.

Komposisi kimia gambut terdiri atas produk degradasi lignin dan unsur hara (C, N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, dan Mn). Produk degradasi lignin terdiri atas asam humat, asam fulfat, dan asam fenolat. Asam fenolat merupakan asam organik yang bersifat toksik bagi tanaman (pangan).

Gambut yang berasal dari vegetasi kayu-kayuan sangat kaya lignin. Menurut Polak (1976), kadar lignin gambut tropika Indonesia adalah 65% atau lebih. Lignin yang terdegradasi menghasilkan asam karboksilat alifatik, benzenekarboksilat, dan asam fenolat. Dari ketiga asam tersebut asam fenolat yang paling dominan.

Tingkat humifikasi gambut berkorelasi dengan solubilitas C didalam larutan pirofosfat. Tingkat humifikasi meningkat berarti solubilitas C meningkat pula, termasuk gugus COOH dan C=O meningkat, tetapi gugus OH-alkohol menurun. Gambut yang mengalami oksidasi menyebabkan laju penurunan tebal (subsiden) lebih cepat dan jumlah COOH, OH-fenol, kuinon dan keton meningkat, sedangkan OH-alkohol, dan E_4/E_6 menurun (Stevenson, 1982).

Intensitas dan koefisien warna ekstrak gambut dengan Na-pirofosfat digunakan sebagai dasar menentukan tingkat humifikasi gambut. Prinsip absorpsi cahaya spektroskopik dari ekstrak gambut digunakan untuk menentukan nilai E_4/E_6 dan $\Delta \log K$ (Martin-Neto, 1998; Martin, 1998; Rivero, 1998; Tan, 1998; Kumada, 1987; Schnitzer, 1978; Flaig, 1975). Intensitas warna ekstrak gambut bergantung pada kadar C-total, C-ekstrak, dan bobot molekul (Tsutsuki, 1995, dan Schnitzer, 1978). Koefisien warna dinyatakan sebagai $\Delta \log K$, yaitu perbandingan antara nilai absorban larutan zat humus (dalam hal ini

ekstrak gambut dengan Na-pirofosfat) pada panjang gelombang 400 nm dan 600 nm.

Spektra *UV-VIS* ekstrak gambut dengan larutan Na-pirofosfat 0.025 M diperoleh dari spektrometer *UV-VIS* pada kisaran panjang gelombang 200–700 nm (spektrogram tidak ditampilkan). Absorban dicatat pada panjang gelombang 340, 400, 550, dan 600 nm. Rasio E_4/E_6 dan $\Delta \log K$ digunakan untuk menilai tingkat humifikasi gambut. Nilai K_{600} dan K_{400} menunjukkan nilai absorban pada panjang gelombang 600 dan 400 nm.

Nilai E_6 berkorelasi linear negatif dengan $\Delta \log K$ ($r = -0.789^{**}$). Nilai E_6 yang tinggi, dan $\Delta \log K$ yang rendah menunjukkan tingkat humifikasi gambut yang tinggi. Hubungan antara tingkat humifikasi dan pH ekstrak tanah adalah tidak konsisten. Namun, pada pH netral, nilai E_6 asam humat dari Andosol-terkubur (*Burried Soils*) dan Andosol lebih tinggi, dan $\Delta \log K$ asam humat dari Cambisol dan Histosol lebih rendah. Tingkat humifikasi lebih tinggi di dalam asam humat keempat jenis tanah tersebut yang diekstrak pada pH netral (Fujitake *et. al.* 1999, Yonebayashi & Hattori, 1988, Kumada, 1987).

Rasio E_4/E_6 dan $\Delta \log K$ merupakan karakteristik zat humus, ditetapkan berdasarkan warna ekstrak gambut di dalam spektra *UV-VIS* pada panjang gelombang 400 nm dan 600 nm. Rasio E_4/E_6 dan $\Delta \log K$ ditetapkan untuk mengetahui tingkat humifikasi zat humus di dalam ekstrak gambut. Zat humus merupakan struktur akhir yang kompleks dari komponen bahan organik tanah. Oleh karena itu, sifat spektroskopik molekul zat humus digunakan untuk menentukan karakteristik tingkat humifikasi (Martin-Neto *et. al.* 1998).

Flaig *et. al.* (1975) mengatakan rasio E_4/E_6 (atau Q_4/Q_6) seringkali digunakan sebagai indeks karakteristik zat humus tanah. Di samping itu, rasio E_4/E_6 digunakan secara luas sebagai indeks tingkat kondensasi konstituen aromatik (Stevenson, 1987).

Tipe zat humus gambut terdiri dari tipe A, B, dan Rp. Dasar pembagian tipe zat humus gambut diperoleh dari grafik hubungan antara

K_{600}/C_e dan $\Delta \log K$. Rasio K_{600}/C_e disebut indeks intensitas warna, dan $\Delta \log K$ disebut indeks koefisien warna (Arai *et. al.*, 1996).

Rasio C/N berkisar 24–42, dan cenderung menurun ketika bahan organik meningkat. Rasio C/N menurun pada fase permulaan dekomposisi bahan organik. Dekomposisi senyawa N melebihi dekomposisi senyawa C sehingga memberikan nilai C/N lebih tinggi. Rasio C/N asam humat gambut juga meningkat dengan meningkatnya tingkat humifikasi.

Tulisan ini bertujuan untuk menentukan karakteristik gambut dengan *Spektra UV-VIS* pada absorban 340, 400, 550, dan 600 nm. Dalam hal ini digunakan E_{55} , E_6 , E_4/E_6 dan $\Delta \log K$ sebagai indeks tingkat humifikasi gambut. Di samping itu, untuk mengetahui hubungan antara komposisi unsur dengan karakteristik spektra *UV-VIS* gambut.

METODE PENELITIAN

Lokasi pengambilan contoh gambut

Propinsi Jambi dan Kalimantan Tengah dijadikan sebagai lokasi pengambilan contoh gambut untuk bahan penelitian. Setiap propinsi ditetapkan 3 daerah perwakilan gambut : Gambut pantai (*Coastal peat*), gambut transisi (*Transition peat*), dan gambut pedalaman (*Inland peat*). Di samping itu, setiap daerah perwakilan ditetapkan 3 tingkat dekomposisi gambut : Fibrik, hemik, dan saprik. Perwakilan gambut pantai adalah daerah Lagan (Jambi), dan Samuda (Kalimantan Tengah). Perwakilan gambut transisi adalah daerah Dendang (Jambi), dan Sampit (Kalimantan Tengah). Adapun sifat fisik dan kimia contoh gambut dinyatakan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Sifat fisik dan kimia contoh gambut dari Jambi dan Kalimantan Tengah

Lokasi Gambut	IP	Serat (%)	p (%)	BV (ton. m ⁻³)	P (cm jam ⁻¹)	pH	
						(H ₂ O)	(CaCl ₂)
Jambi	2.2	35.1	81.0	0.22	10.1	3.89	3.03
Kalteng	2.1	25.3	89.5	0.16	7.9	3.84	3.81

IP = indeks pirofosfat, p = porositas, BV = kerapatan limbak; P = permeabilitas, pH = $-\log [H^+]$

Dari data tersebut di atas ditunjukkan bahwa gambut dari Jambi bersifat lebih matang (saprik) dari pada gambut dari Kalimantan Tengah, dan mempunyai nilai pH yang lebih tinggi dari pada pH gambut dari Kalimantan Tengah. Kematangan gambut ditunjukkan oleh nilai BV. Nilai BV gambut lebih dari 0,20 menunjukkan bahwa gambut tersebut matang, sedangkan BV gambut 0,10-0,19 berarti gambut dikategorikan gambut setengah matang.

Spektrofotometer *UV-VIS*

Spektra *UV-VIS* ekstrak gambut dengan larutan Natrium pirofosfat 0.025 M ditetapkan pada panjang gelombang 340, 400, 550, dan 600 nm. Rasio E_4/E_6 diperoleh dari membandingkan nilai absorban yang ditetapkan pada 400 dan 600 nm. Nilai $\Delta \log K$ menunjukkan logaritma

perbandingan absorban pada panjang gelombang 400 dan 600 nm.

Karbon (C)-terekstrak dengan Na-pirofosfat 0.025 M

Contoh gambut yang halus ditimbang sebanyak 0.10 g. Setelah itu ditambahkan larutan Na-pirofosfat 0.025 M sebanyak 10 mL, kemudian dikocok selama 18 jam dengan mesin pengocok. Larutan gambut disaring dengan kertas saring. Filtratnya ditampung dalam gelas erlenmeyer kecil. Kadar C-terekstrak (C_e) ditetapkan dengan metode Walkley & Black.

Karbon dan N-total

Karbon-total gambut dianalisis dengan metode *Dry Combustion*, dan N-total dianalisis dengan metode *Micro-Kjeldahl*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektra UV-VIS ekstrak gambut

Sejak pertama kali spektrofotometer digunakan pada tahun 1951 untuk menetapkan spektra absorpsi asam humat (gambut), telah dihasilkan kemajuan yang pesat dalam penelitian karakteristik asam humat dan fulvat (Kumada, 1987). Nilai $E_{3,4}$, E_4 , E_{55} dan E_6 merupakan parameter yang cocok untuk karakteristik spektra UV-VIS. Istilah $E_{3,4}$, E_4 , E_{55} , dan E_6 adalah E = kerapatan optik larutan, dan angka yang mengikutinya menunjukkan panjang gelombang UV-VIS pada 340, 400, 550, dan 600 nm.

E_4/E_6 vs $E_{3,4}$, E_4 , E_{55} , dan E_6

Koefisien korelasi E_4/E_6 vs $E_{3,4}$, E_4 , E_{55} , dan E_6 ekstrak gambut berturut-turut 0.39^{ns} , -0.58^{ns} , -0.96^{**} , dan -0.96^{**} . E_4/E_6 vs $E_{3,4}$, E_4 , E_{55} , dan E_6 mempunyai nilai korelasi negatif nyata, -0.96^{**} , dan -0.96^{**} , artinya semakin besar nilai E_{55} dan E_6 semakin kecil nilai E_4/E_6 . Semakin kecil nilai E_4/E_6 berarti semakin tinggi tingkat humifikasi gambut. Nilai korelasi dua yang terakhir cukup tinggi, maka cukup beralasan untuk menggunakan parameter ini sebagai indeks karakteristik zat humus dari gambut.

E_4/E_6 vs $\Delta \log K$

Berdasarkan analisis UV-VIS Spektrofotometer Model Shimadzu Tipe 1201 didapatkan nilai E_4/E_6 dan $\Delta \log K$ (Tabel 2). Nilai E_4/E_6 berkisar 2.8–7.1 untuk gambut Jambi, 2.9 – 6.9 untuk gambut Kalimantan Tengah. Nilai $\Delta \log K$ berkisar 0.44–0.85 untuk gambut Jambi, 0.4–0.8 untuk gambut Kalimantan Tengah. Hal ini berarti bahwa baik gambut dari Jambi maupun gambut dari Kalimantan Tengah terdiri atas gambut yang tingkat humifikasinya masih beragam, mulai dari yang telah lanjut hingga masih mengalami dekomposisi. Gambut yang telah mengalami dekomposisi yang lanjut mempunyai nilai E_4/E_6 yang rendah, sedangkan gambut yang masih mengalami dekomposisi mempunyai nilai E_4/E_6 yang tinggi.

Berdasarkan analisis korelasi E_4/E_6 vs $\Delta \log K$ diperoleh nilai $r = 0.93^{**}$ artinya semakin besar nilai E_4/E_6 berarti semakin besar pula nilai $\Delta \log K$. Sebaliknya, semakin kecil nilai E_4/E_6 berarti semakin kecil nilai $\Delta \log K$. Nilai korelasi E_4/E_6 vs $\Delta \log K$ cukup tinggi maka cukup beralasan untuk menggunakan parameter ini sebagai indeks karakteristik zat humus dari gambut.

Tabel 2. Nilai E_4/E_6 dan $\Delta \log K$ gambut dari Jambi dan Kalimantan Tengah

Fisiografi gambut	Sifat spektra UV-VIS	Tingkat dekomposisi gambut		
		Fabrik	Hemik	Saprik
		Jambi		
Pantai	E_4/E_6	7.1	4.7	2.9
	$\Delta \log K$	0.85	0.67	0.46
Transisi	E_4/E_6	5.4	6.4	4.6
	$\Delta \log K$	0.7	0.8	0.66
Pedalaman	E_4/E_6	2.8	4.2	4.8
	$\Delta \log K$	0.4	0.6	0.68
		Kalimantan Tengah		
Pantai	E_4/E_6	6.5	6.9	6.4
	$\Delta \log K$	0.8	0.8	0.8
Transisi	E_4/E_6	4.3	2.4	3.7
	$\Delta \log K$	0.6	0.44	0.56
Pedalaman	E_4/E_6	6.8	6.6	5.7
	$\Delta \log K$	0.8	0.8	0.7

K_{600}/C_e vs $\Delta \log K$

Berdasarkan K_{600}/C_e tipe gambut dapat dikelompokkan menjadi A bila $K_{600}/C_e < 0.025$, B bila $K_{600}/C_e 0.025-0.035$, dan Rp bila $K_{600}/C_e > 0.035$. K_{600}/C_e menunjukkan indeks intensitas warna gambut. Gambut yang mempunyai K_{600}/C_e yang sama dikelompokkan ke dalam satu kelompok sehingga diperoleh gam-

but tipe A, B, dan Rp tersebut diatas. Berdasarkan analisis korelasi K_{600}/C_e vs $\Delta \log K$ diperoleh nilai $r = -0.82^*$, artinya semakin besar nilai K_{600}/C_e berarti semakin kecil nilai $\Delta \log K$. Berdasarkan nilai korelasi ini, maka cukup alasan untuk menjadikan K_{600}/C_e sebagai indeks humifikasi zat humus dari gambut.

Tabel 3. Nilai K_{600}/C_e dan $\Delta \log K$ gambut dari Jambi dan Kalimantan Tengah

Fisiografi gambut	Sifat gambut	Tingkat dekomposisi gambut		
		Fabrik	Hemik	Saprik
Jambi				
Pantai	K_{600}/C_e	0.02	0.03	0.04
	$\Delta \log K$	0.85	0.67	0.46
Transisi	K_{600}/C_e	0.02	0.02	0.03
	$\Delta \log K$	0.70	0.80	0.66
Pedalaman	K_{600}/C_e	0.04	0.03	0.03
	$\Delta \log K$	0.40	0.60	0.68
Kalimantan Tengah				
Pantai	K_{600}/C_e	0.02	0.02	0.03
	$\Delta \log K$	0.80	0.80	0.80
Transisi	K_{600}/C_e	0.04	0.03	0.04
	$\Delta \log K$	0.60	0.40	0.56
Pedalaman	K_{600}/C_e	0.02	0.02	0.03
	$\Delta \log K$	0.80	0.80	0.70

Komposisi unsur vs spektra UV-VIS

Berdasarkan data Data C-, N-total, rasio C/N, $E_{5.5}$, E_6 dan E_4/E_6 gambut, dapat ditentukan nilai korelasi setiap pasangan peubah dan hasilnya disajikan dalam Tabel 4.

Berdasarkan uji korelasi dengan menggunakan *SigmaStat versi 2.0* diperoleh hubungan yang nyata antara N dengan rasio C/N, $E_{5.5}$, E_6 , dan E_4/E_6 , $E_{5.5}$ dengan E_6 , dan E_4/E_6 , E_6 dengan E_4/E_6 . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4. Peubah $E_{5.5}$ dan E_6 berkorelasi negatif dengan rasio E_4/E_6 , semakin tinggi nilai $E_{5.5}$ dan E_6 semakin rendah rasio E_4/E_6 . Hal ini berarti

bahwa tingkat humifikasi menjadi lebih tinggi. Tingkat humifikasi yang tinggi menunjukkan bahwa gambut mengandung zat humus yang dominan dan bersifat koloid. Istilah humifikasi tidak hanya berarti proses pembentukan zat humus yang berwarna coklat-amorf, tetapi juga meningkatkan perubahan (*tone*) ke warna coklat atau hitam dari zat humus bila diamati dengan mata, yaitu: coklat kekuningan \rightarrow coklat \rightarrow coklat hitam \rightarrow hitam, meningkatnya warna coklat menunjukkan peningkatan humifikasi. Hal ini disebabkan pengaruh komposisi kimia asam humat terhadap penyerapan cahaya UV-VIS (Kumada, 1987).

Tabel 4. Matrik korelasi antara E_4/E_6 , E_6 , $E_{5.5}$, C/N, N-total, dan C-total contoh gambut dari Jambi dan Kalimantan Tengah

Peubah	E_4/E_6	E_6	$E_{5.5}$	C/N	N-total	C-total
C-total	0.368 ^{ns}	-0.24 ^{ns}	-0.32 ^{ns}	0.42 ^{ns}	-0.251 ^{ns}	1.00
N-total	0.575 ^{ns}	-0.69*	-0.64*	-0.96**	1.00	
C/N	-0.48 ^{ns}	-0.63*	0.53 ^{ns}	1.00		
$E_{5.5}$	-0.96**	-0.98**	1.00			
E_6	-0.96**	1.00				
E_4/E_6	1.00					

KESIMPULAN

Indeks humifikasi gambut yang dapat digunakan untuk menentukan karakteristik gambut adalah E_4/E_6 , K_{600}/C_e , dan $\Delta \log K$. di samping itu, terdapat hubungan yang negatif sangat nyata antara $E_{5.5}$ & E_6 dengan E_4/E_6 , K_{600}/C_e dengan $\Delta \log K$, sedangkan terdapat hubungan yang positif nyata antara E_4/E_6 dengan $\Delta \log K$, kadar C, N dan C/N tidak berkorelasi nyata dengan $E_{5.5}$ & E_6 .

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa hormat saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Ir. Supiandi Sabihan, M.Agr, atas bimbingannya baik dalam penulisan dan penelitian selama studi S3 di Program Pasca-sarjana Program Studi Tanah IPB Bogor serta penyelenggara proyek Hibah Tim yang dikoordinasikan melalui Dikti - Depdiknas yang telah memberikan dana penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arai, S., T. Hatta, U. Tanaka, K. Hayamizu, K. Kigoshi, O. Ito. 1996. Characterization of the organic components of an Alfisol and a Vertisol in adjacent location in Indian semi-arid tropics using optical spectroscopy, ^{13}C NMR spectroscopy, and ^{14}C dating. *Geoderma* 69, 59 - 70
- Flaig, W., H. Beateelspacher, and E. Rietz. 1975. Chemical composition and physical properties of humic substances. In: Gieseking, J. E. (ed), Soil components. Vol. I. Springer-Verlag. New York.

Fujitake, N., A. Kusumoto, M. Tsukamoto, Y. oda, T. Suzuki, and H. Otsuka. 1999. Properties of soil humic substances in fraction obtained by sequential extraction with pirofosfate solutions at different pHs. II. Elemental compositions and UV-VIS spectra of humic acids. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 45(2), 349 – 358.

Kumada, K. 1987. Chemistry of soil organic matter. *Development in Soil Science 17. Japan Sci. Soc. Press. Tokyo. Elsevier Amsterdam.*

Martin, D., P.C. Srivastava, D. Ghosh, W. Zech. 1998. Characteristic of humic substances in cultivated and natural forest soil of Sikkim. *Geoderma* 84 : 345 – 362.

Martin-Neto, L., R. Rosell, G. Sposito. 1998. Correlation of spectroscopic indicators of humification with mean annual rainfall along a temperate grassland climosequence *Geoderma* 81 : 305 – 311.

Polak, B. 1975. Character and occurrence of peat deposits in the Malaysian tropics. p. 71 – 81. In G.J. Barstra and Casparie (ed), Modern quaternary research in southeast Asia. A.A. Balkema. Rotterdam

Rivero, C., N. Senesi, J. Paolini, V. D'Orazio. 1998. Characteristics of humic acid of some Venezuelan soils. *Geoderma* 81 : 227 – 239.

Schnitzer, M. 1978. Humic substances : Chemistry and reaction. In M. Schnitzer & S.U. Khan (ed). Soil organic matter *Elsevier Sci. Publ. Amsterdam*

- Schnitzer and S.U. Khan. 1978. Soil organic matter *Elsevier Sci. Publ.* Amsterdam
- Stevenson, F. J. 1982. Humus chemistry, genesis, composition, reactions. A *Wiley interscience Publ. Jhon Wiley & Sons.* New York. p. 221 – 243.
- Tan, K.H. 1998. Principles of soil chemistry ^{3rd} ed. Revised and expanded. *Marcel Dekker. Inc.* New York.
- Tsutsuki, K., and R. Kondo. 1995. Lignin-Derived phenolic compounds in different types of peat profile in Hokkaido. *Japan Soil Sci. Plant Nutr.*, 41(3), 515 – 527.
- Yonebayashi. K. and Hattori. T. 1988. Chemical studies on enironmental humic acids. I. Composition of elemental and functional group of humic acids. *Soil Sci. plant Nutr.*, 34, 571 – 584

Lampiran 3. Komposisi unsur, $E_{5.5}$, E_6 , dan rasio E_4/E_6 gambut dari Jambi

Fisiografi Gambut	Komposisi unsur & sifat optik	Tingkat dekomposisi gambut		
		Fabrik	Hemik	Saprik
Pantai	C-total	57.2	56.9	54.0
	N-total	0.6	0.7	0.5
	C/N	92.0	86.0	100.0
	$E_{5.5}$	0.5	1.4	2.2
	E_6	0.3	0.8	1.4
	E_4/E_6	6.9	4.7	2.9
Transisi	C-total	57.0	56.3	55.2
	N-total	0.6	0.7	0.7
	C/N	89.0	84.0	80.0
	$E_{5.5}$	1.0	0.9	1.3
	E_6	0.6	0.6	0.8
	E_4/E_6	5.4	6.4	4.6
Pedalaman	C-total	51.2	56.2	55.1
	N-total	0.6	0.7	0.6
	C/N	83.0	81.0	87.0
	$E_{5.5}$	1.7	1.3	1.3
	E_6	1.2	0.8	0.8
	E_4/E_6	2.8	4.2	4.8

Lampiran 4. Komposisi unsur, $E_{5.5}$, E_6 , dan E_4/E_6 gambut dari Kalimantan Tengah

Fisiografi Gambut	Komposisi unsur & sifat optik	Tingkat dekomposisi gambut		
		Fabrik	Hemik	Saprik
Pantai	C-total	57.8	57.8	57.8
	N-total	0.7	0.6	0.5
	C/N	81.0	90.0	131.0
	$E_{5.5}$	0.7	0.8	0.9
	E_6	0.5	0.5	0.6
	E_4/E_6	6.5	6.9	6.6
Transisi	C-total	57.6	57.7	57.7
	N-total	0.6	0.4	0.6
	C/N	105.0	131.0	105.0
	$E_{5.5}$	1.4	1.5	1.5
	E_6	0.97	0.9	1.07
	E_4/E_6	4.3	2.9	3.7
Pedalaman	C-total	54.4	56.4	56.4
	N-total	0.9	0.8	0.6
	C/N	64.0	71.0	90.0
	$E_{5.5}$	0.5	0.6	0.9
	E_6	0.3	0.4	0.6
	E_4/E_6	6.8	6.6	5.7