

Sifat Fisik, Kimia dan FTIR Spektrofotometri Gambut Hidrofobik Kalimantan Tengah

Sri Nuryani Hidayah Utami, Azwar Maas, Bostang Radjagukguk, Benito Heru Purwanto¹

Makalah diterima 2 Desember 2008 / disetujui 23 Maret 2009

ABSTRACT

Nature on Soil Physical, Chemical and Ftir Spectrophotometry of Hydrophobic Peat From Central Kalimantan (S.N.H. Utami, A. Maas, B. Radjagukguk, and B.H. Purwanto): Peat soils naturally have hydrophilic or water-loving character with highly capable of exchanging the cations and cycling the nutrients from the vegetations. This water-loving character is altered to water-repellent character in hydrophobic peat soils. This research was aimed to observe deeply the functional bunch carrier of hydrophobic and hydrophilic peat soils as shown by FTIR spectra in relation with inherent chemical and physical properties of the soils. Five peat soils consisted of two native and artificial hydrophobic peat soils and one sample of hydrophilic peat soils were studied. Artificial hydrophobic peat soils were yielded by oven-drying the native hydrophobic peat soils at 50 °C for 10 hours. FTIR spectra can distinguish the functional bunch carrier of hydrophobic and hydrophilic peat soils. FTIR spectra of hydrophobic peat soils showed degradation of hydrophilic bunch carrier (—OH and —COOH) and increase of the hydrophobic bunch carrier (tying aromatic from ester and ether). Chemical analysis of the hydrophobic peat soils also indicated the decrease of —OH and —COOH content, decrease of CEC, soil total acidity and soil moisture content.

Keywords: Chemical and physical properties, FTIR Spectrophotometer, Hidrofobicity, Peat

PENDAHULUAN

Gambut merupakan salah satu pilihan dalam pengembangan dan peningkatan budidaya pertanian di Indonesia dewasa ini. Pengelolaan gambut tidak mudah karena mengandung persoalan yang rumit baik fisik, kimia, biologi, dan hidrologi. Pengeringan yang berlebihan mengakibatkan terjadinya kekeringan yang tidak dapat balik (*irreversible drying*), pembasahan yang berlebihan mengakibatkan terbentuknya asam-asam organik (Andriesse, 1974; Wershaw *et al.*, 1996 *cit* Riwandi, 2001).

Gambut mempunyai sifat *hydrophysical* yakni mempunyai daya serap air yang kuat sebagai bahan terlarut. Kapasitas mengikat air pada gambut sangat tinggi berkisar antara 4,5 - 30 kali berat keringnya terutama pada gambut fibrik, pada gambut hemik antara 4,5 - 8,5 kali dan gambut saprik < 450 % dari berat keringnya (Hardjowigeno, 1997). Gambut mempunyai kemampuan mengikat air lebih besar,

namun gambut hanya menyediakan lebih sedikit air untuk pertumbuhan tanaman dibandingkan tanah mineral karena kapasitas menahan air sangat kuat. Daya serap dan menahan air gambut dipengaruhi oleh tingkat dekomposisinya (Rieley *et al.*, 1996), gambut yang telah dekomposisi menahan air dua sampai enam kali berat keringnya.

Hidrofobisitas adalah suatu keadaan dimana permukaan tanah gambut tidak dapat menahan (memegang) air (Valat *et al.*, 1991). Pada gambut yang didominasi oleh tanaman berkayu mempunyai sifat hidrofobik yang dicirikan dengan sudut kontak antara padatan dengan cairan yang lebih besar dibandingkan gambut spagnum yaitu 122,1° dan berkerutnya tidak balik (Valat *et al.*, 1991). Hasil penelitian Masganti *dkk.* (2002) menunjukkan bahwa munculnya sifat hidrofobisitas gambut saprik pada tingkat lengas 54,89 % dengan lama pengeringan 7 jam 30 menit. Hidrofobisitas ini disebabkan menurunnya kemasaman total, gugus karboksil dan kandungan hidroksi-fenolat.

¹Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, telp. 0274-546328, nuryaniugm@gmail.com
J. Tanah Trop., Vol. 14, No. 2, 2009: 159-166
ISSN 0852-257X

. Bahan gambut memiliki gugus polar dan non polar dalam jumlah yang banyak. Gugus non polar terutama susunan struktur alifatik yang memiliki kecenderungan untuk bergabung (berasosiasi) satu dengan yang lainnya dan akan bersifat menolak air (hidrofobik) yang semakin meningkat dengan semakin panjang rantai ikatannya. Proses pengeringan menyebabkan gugus non polar tersebut saling berinteraksi dan membentuk rantai ikatan yang lebih panjang sehingga kemampuan tanah gambut mengikat air semakin berkurang (Taufik, 1997). Sejalan dengan Valat *et al.* (1991), bahwa dalam proses pengeringan, fleksibilitas polimer-polimer fraksi humat mendorong gugus-gugus fungsional yang polar untuk saling berasosiasi dan berinteraksi melalui ikatan hidrogen dalam kondisi kelembaban yang sangat rendah. Akibat reorientasi molekuler tersebut, gugus-gugus non polar menjadi terorientasi pada bagian terluar dari molekul dan menyebabkan permukaan koloid organik memiliki afinitas yang rendah terhadap air.

Menurut Sabiham (2000) menurunnya kemampuan tanah gambut menyerap air setelah dikeringkan berkaitan erat dengan berkurangnya ketersediaan karboksilat dan OH-fenolat. Kedua komponen organik ini merupakan senyawa yang bersifat hidrofilik (Stevenson, 1994), sehingga ketersediaannya membantu penyerapan air. Akan tetapi jika gambut berada dalam keadaan kering, maka kedua senyawa organik tersebut menjadi tidak berfungsi.

Karakteristik gambut yang erat kaitannya dengan kejadian kering tidak-balik antara lain kadar air, kadar abu dan komposisi gambut seperti lignin, selulose, hemiselulose, kemasaman total, gugus COOH dan OH-fenolat (Salmah *et al.*, 1992). Menurut Valat *et al.* (1991) yang dapat menyebabkan watak hidrofobik pada tanah gambut yaitu : (1) kandungan asam humat yang secara alami menunjukkan sifat hidrofobik, karena partikel-partikel diselaputi oleh lilin, (2) adanya gugus non-polar seperti etil, metil dan senyawa aromatik yang bersifat hidrofobik, sementara gugus yang bersifat hidrofilik berkurang yaitu karboksilat dan hidroksil, (3) penyerapan senyawa bersifat hidrofobik seperti minyak, lemak dan fraksi N-organik pada permukaan fraksi humat.

Pada penelitian ini karakteristik gambut yang berhubungan dengan hidrofobisitas dikaji lebih dalam dengan analisis gugus-gugus pembawa sifat hidrofilik dan hidrofobik dengan pembacaan pada FTIR Spektrofotometer dan interpretasinya berdasarkan Flaig *et al.* (1975).

BAHAN DAN METODE

Pengambilan contoh gambut dikondisikan sesuai dengan keadaan aslinya yaitu mewakili gambut hidrofilik dan hidrofobik. Gambut hidrofobik diambil dari wilayah Berengbengkel, Palangkaraya, Kalimantan Tengah, merupakan lahan yang telah diolah secara intensif dengan kondisi hidrofobik (G1), sample gambut hidrofobik yang lain diambil dari desa Kalampangan dengan kondisi lahan bero bekas terbakar tahun 2005-2006 (G2). Untuk mewakili gambut hidrofilik diambil dari desa Kelampangan, di lokasi bekas Blok C Proyek Lahan Gambut Sejuta Hektar (G3). Pengambilan contoh tanah dengan bor gambut. Kondisi gambut Kelampangan hidrofobik (G2) merupakan campuran hidrofobik dan hidrofilik sehingga untuk memperoleh gambut yang semuanya hidrofobik maka gambut Berengbengkel (G4) dan Kelampangan (G5) dikering oven pada suhu 50 °C selama 10 jam (Masganti, 2003). Dengan demikian ada lima kondisi gambut yaitu G1 (Berengbengkel hidrofobik alamiah), G2 (Kelampangan hidrofobik alamiah), G3 (Kelampangan hidrofilik), G4 (Berengbengkel hidrofobik buatan), dan G5 (Kelampangan hidrofobik buatan).

Contoh tanah dianalisis di Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian UGM Yogyakarta. Analisis kimia dan fisik tanah meliputi kadar abu (metode pembakaran 500 °C), C-org, dengan metode pembakaran, N-total dengan metode Kjeldahl, pH H₂O dengan nisbah tanah : air = 1 : 5, kapasitas tukar kation dengan NH₄OAc pH 4,0 (Tan, 1996), serta kemasaman total, gugus —COOH, —OH dengan metode yang dikembangkan oleh Tan (1996), sudut singgung, berat volume (Kertonegoro *et al.* 1998), indeks pirofosfat dan kematangan gambut (Notohadiprawiro, 1985). Selanjutnya gambut yang dibuat pelet dianalisis gugus-gugus penyusunnya dengan FTIR Spektrofotometer dan interpretasi menurut Flaig *et al.* (1975).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis sifat fisik dan kimia gambut yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 1. Sifat kimia gambut hidrofobik menunjukkan penurunan kemasaman total yang merupakan jumlah dari gugus-gugus pembawa sifat hidrofilik yaitu —COOH dan —OH. Kemasaman total juga menunjukkan kapasitas pertukaran kation gambut. Data Tabel 1. menunjukkan

Tabel 1. Sifat kimia gambut Berengbengkel dan Kelampangan.

Sampel gambut	pH	Bahan organik (%)	KTK cmol(+) kg^{-1}	Kemasaman total cmol(+) kg^{-1}	—COOH cmol(+) kg^{-1}	—OH cmol(+) kg^{-1}
Berengbengkel Hidrofobik alamiah	3,68	98,56	89,00	11,90	1,74	10,16
Kelampangan hidrofobik alamiah	3,92	98,50	182,17	13,59	2,44	11,15
Kelampangan Hidrofilik alamiah	3,95	98,65	184,89	20,06	1,70	18,36
Berengbengkel Hidrofobik buatan	3,71	98,31	94,42	11,79	1,97	9,82
Kelampangan hidrofobik buatan	3,73	98,07	101,97	13,35	1,94	11,41

Tabel 2. Sifat fisik gambut Berengbengkel dan Kelampangan.

Sampel gambut	Kadar lengas (%)	Kadar abu (%)	Sudut singgung ($^{\circ}$)	Indek Pirofosfat	Berat Volume ($g\ cm^{-3}$)	Kematangan
Berengbengkel hidrofobik alamiah	22,05	1,44	110,2	10 YR 4/3	0,20	SAPRIK
Kelampangan hidrofobik alamiah	69,26	1,50	105,6	10 YR 4/3	0,15	SAPRIK
Kelampangan Hidrofilik	247,98	1,35	58,2	10 YR 4/3	0,14	SAPRIK
Berengbengkel Hidrofobik buatan	19,96	1,69	113,1	10 YR 3/3	0,21	SAPRIK
Kelampangan Hidrofobik buatan	21,65	1,93	120,1	10 YR 4/3	0,20	SAPRIK

bahwa kapasitas pertukaran kation gambut hidrofobik juga menurun seiring penurunan gugus-gugus pembawa sifat hidrofilik terutama gugus —OH.

Sifat fisik gambut hidrofobik yang terukur cenderung tidak banyak berubah kecuali kandungan lengas dan sudut singgung. Gambut hidrofobik alamiah Kelampangan masih cukup mengandung lengas karena masih tercampur dengan bagian yang hidrofilik. Sudut singgung yang diukur dengan metode kapilaritas vertikal menunjukkan sudut singgung yang jauh lebih besar pada gambut hidrofobik, sedangkan gambut hidrofilik cenderung mendekati 0° . Makin kering gambut sudut singgungnya makin besar.

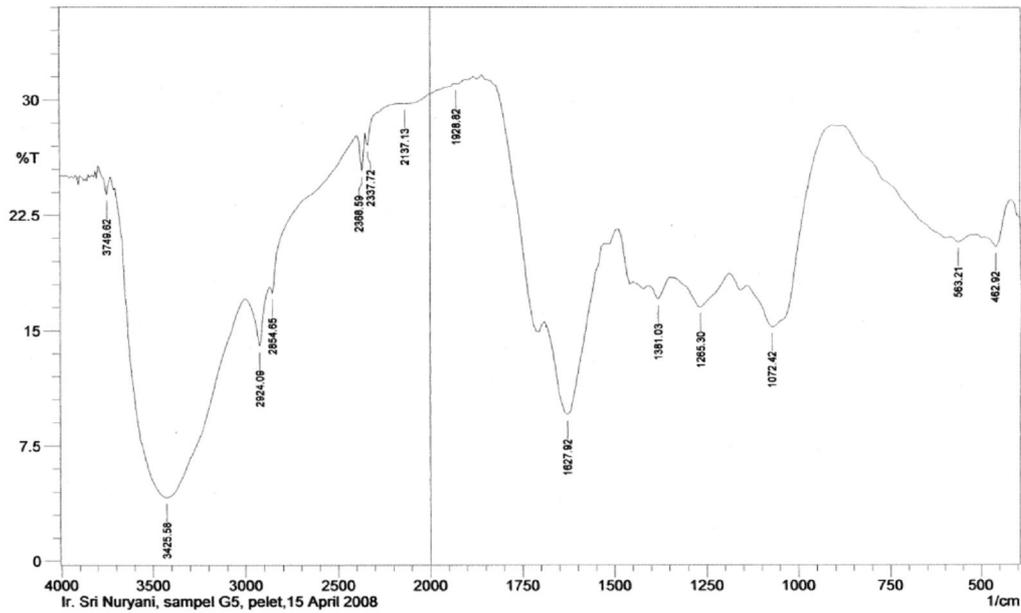
Analisis FTIR Spektrofotometer

Spektrogram infra merah (FTRIR–spectra) telah sejak lama digunakan para ahli sebagai piranti untuk

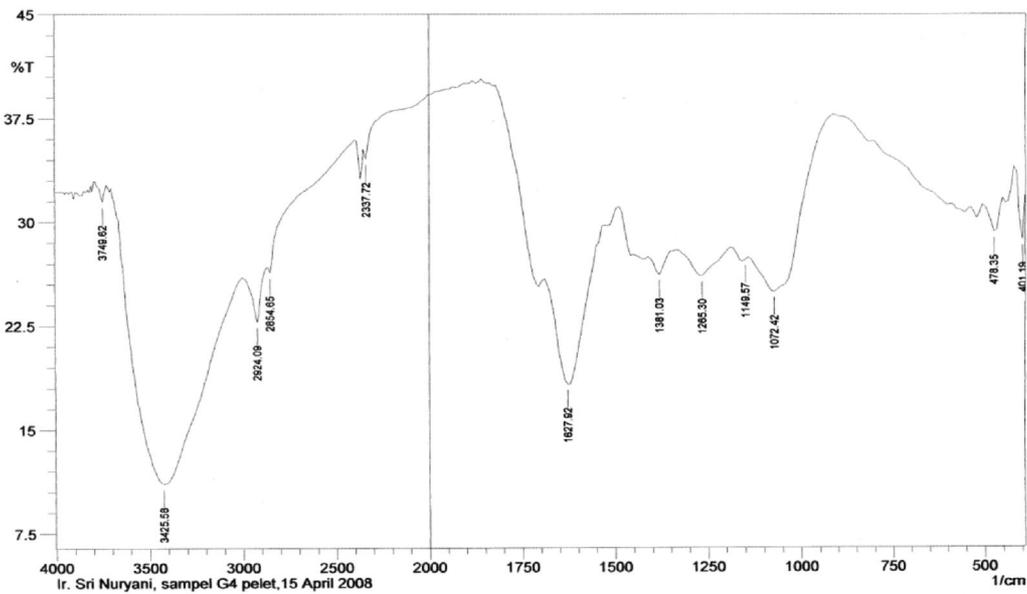
mencirikan asam humat dan asam fulvat. Pengenalan atas kedua jenis asam organik tersebut didasarkan pada hasil pengamatan yang ditunjukkan oleh perbedaan intensitas serapan cahaya infra merah oleh kedua jenis asam tersebut pada “band” serapan tertentu.

Hasil analisis FTIR spektrofotometer gambut saprik menunjukkan gambar yang sangat mirip dengan asam humat murni (Flaig *et al.*, 1975) sehingga dapat dikatakan bahwa fraksi asam humat adalah fraksi yang paling penting dalam proses kering tidak balik gambut yang berakibat pada sifat hidrofobitas.

Gambar FTIR Spektrofotometer gambut hidrofilik saprik dari Kelampangan, Kalimantan Tengah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. FTIR Spektrofotometer Gambut Hidrofilik dari Kelampangan.



Gambar 2. FTIR spektrofotometer Gambut hidrofobik Kelampangan.

Tabel 3 pada gambut hidrofilik Kelampangan, puncak 3425 cm^{-1} yang mengindikasikan keberadaan ikatan hidrogen, gugus OH grup dan OH bebas menunjukkan persentase luas area paling besar yaitu lebih dari 40%. Gugus ini adalah pembawa sifat hidrofilik gambut. Di samping itu sifat hidrofilik juga dibawa oleh gugus COOH berupa garam karboksilat pada puncak 1381 cm^{-1} dan ion karboksilat pada 162

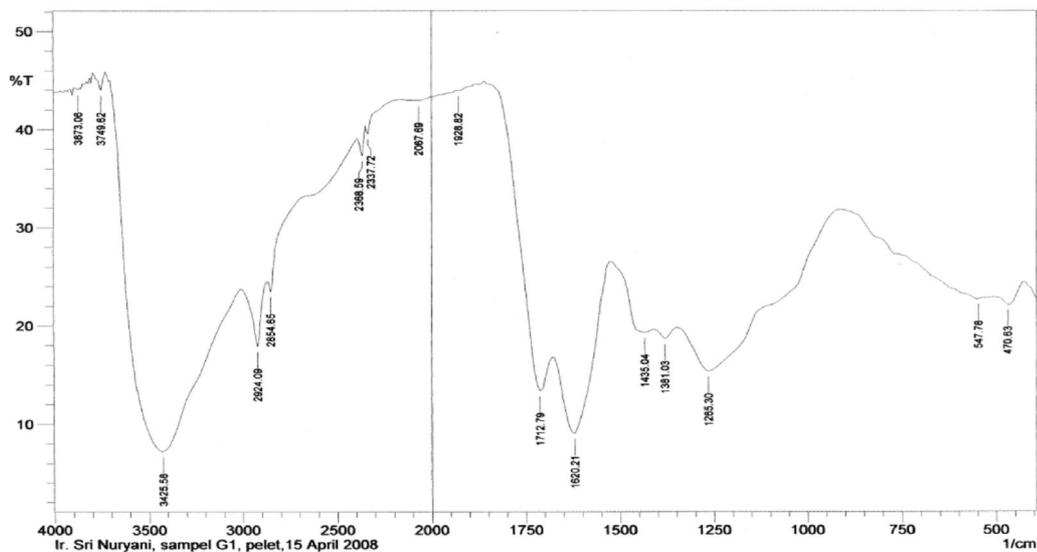
puncak 2854 cm^{-1} serta gugus-gugus alifatik C-H, C-H₂ dan C-H₃ pada puncak 2924 cm^{-1} . Pembawa sifat hidrofobik yaitu ester, eter dan fenol (puncak 1627 cm^{-1}) dan gugus C=C dalam bentuk siklik dan benzena pada puncak 1627 cm^{-1} . Pada gambut hidrofilik jumlah gugus-gugus hidrofobik ini jumlahnya sekitar 15%. Sementara pada gambut hidrofobik terjadi pengurangan luas areal puncak 3425 cm^{-1} yang

Tabel 3. Susunan gugus gambut hidrofilik Kelampangan.

Puncak (cm ⁻¹)	Gugus	% Luas area
1265,3	C-O dari ester, eter, fenol	8,40
1381,03	garam dari asam karboksilat	2,17
1627,92	C=C dalam komponen siklik dan asiklik, cincin benzena	7,2
2854,65	ion karboksilat	15,46
2924,09	gugus alifatik C-H, C-H ₂ , C-H ₃	5,25
3425,58	ikatan H OH grup, OH bebas	40,31

Tabel 4. Susunan gugus gambut hidrofobik Kelampangan.

Puncak (cm ⁻¹)	Gugus	% Luas area
1265,3	C-O dari ester, eter, fenol	8,99
1381,03	garam dari asam karboksilat	2,23
1627,92	C=C dalam komponen siklik dan asiklik, cincin benzena	7,23
1712	C=C dari asam karboksilat, siklik dan asiklik aldehyd, keton dan quinon	5,73
2854,65	ion karboksilat	14,0
2924,09	gugus alifatik C-H, C-H ₂ , C-H ₃	4,84
3425,58	ikatan H OH grup, OH bebas	37,06



Gambar 3. FTIR Gambut hidrofobik dari Berengbengel.

mengindikasikan ikatan OH, OH bebas, juga penurunan luas areal pada puncak 2850-2950 cm⁻¹ yang merupakan gugus-gugus hidrofilik (karboksilat, ikatan alifatik). Hal yang menarik adalah munculnya puncak 1712 cm⁻¹ yang mencirikan gugus hidrofobik (ikatan C=C dari ester, eter, fenol dan cincin benzen). Puncak ini tidak muncul pada gambut hidrofilik.

Analisis FTIR Spektrofotometer gambut hidrofobik dari Berengbengel Kalimantan Tengah

(Gambar 3) menunjukkan bahwa terjadi penurunan/ pengurangan luas area gugus-gugus pembawa sifat hidrofilik yang terlihat pada puncak 3425 cm⁻¹ (ikatan H, OH grup dan OH bebas), sedangkan gugus pembawa sifat hidrofobik meningkat menjadi lebih dari 20% (puncak 1265 cm⁻¹, puncak 1620 cm⁻¹, bahkan muncul gugus pembawa sifat hidrofobik pada puncak 1712 cm⁻¹. Ini sejalan dengan teori yang dikemukakan oleh Valat *et al.* (1991) tentang

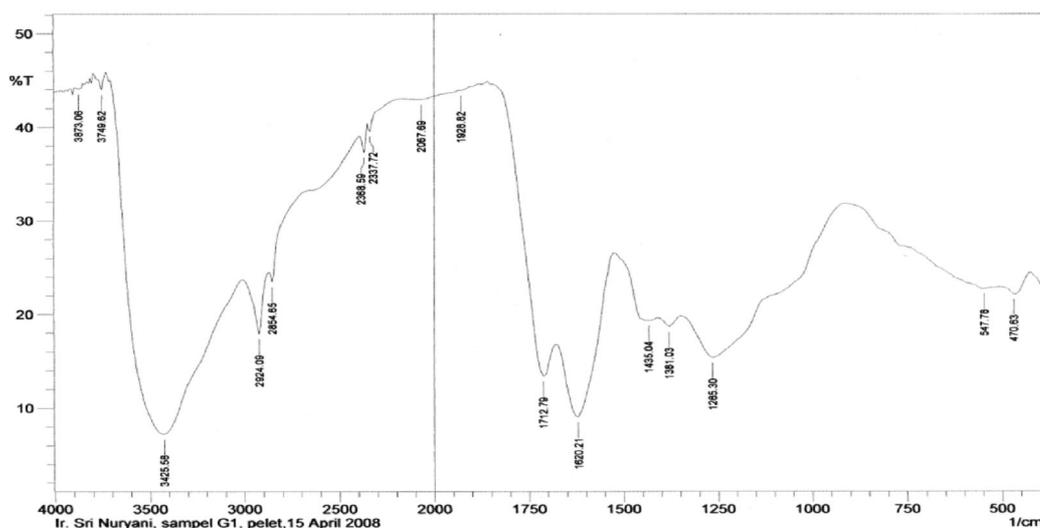
Tabel 4. Susunan gugus gambut hidrofobik Berengbengkel.

Puncak (cm ⁻¹)	Gugus	% Luas area
1265,3	C-O dari ester, eter, fenol	14,20
1381,03	garam dari asam karboksilat	1,93
1435,04	gugus alifatik C-H deformasi	3,58
1620,21	C=C dalam komponen siklik dan asiklik, cicin bensena	6,12
1712,79	C=O dari asam karboksilat, siklik dan asiklik aldehyd, keton dan quinon	5,11
2854,65	ion karboksilat	11,28
2924,09	gugus alifatik C-H, C-H ₂ , C-H ₃	4,35
3425,58	ikatan H OH grup, OH bebas	28,65

hidrobisitas gambut yang menyatakan bahwa yang dapat menyebabkan watak hidrofobik pada tanah gambut yaitu : (1) kandungan asam humat yang secara alami menunjukkan sifat hidrofobik, karena partikel-partikel diselaputi oleh lilin, (2) adanya gugus non-polar seperti etil, metil dan senyawa aromatik yang bersifat hidrofobik, sementara gugus yang bersifat hidrofilik berkurang yaitu karboksilat, hidroksil, dan (3) penyerapan senyawa bersifat hidrofobik seperti minyak, lemak dan fraksi N-organik pada permukaan fraksi humat. Dari Gambar 3 dapat dibuat tabel luas areal gugus-gugusnya seperti terdapat pada Tabel 4.

Pengeringan yang terjadi pada tanah gambut menyebabkan gugus-gugus polar yang ada dalam tanah gambut menjadi terbuka dan karena sifat kelenturannya (fleksibilitas) struktur organik maka sebagian dari donor-donor proton (seperti gugus OH) dan akseptor proton (seperti gugus C = O) saling

membentuk pasangan (Lambert, 1995 *cit.* Taufik, 1997). Pasangan-pasangan internal yang terbentuk tersebut sebagian besar mempunyai ikatan yang sangat stabil dan sulit mengalami rehidrasi. Keadaan ini diduga menyebabkan sifat tidak dapat balik dalam proses pengeringan dan siklus pembasahan kembali. Kondisi bahan gambut yang terlalu kering akan menyebabkan gugus fungsional COOH dan OH-fenolat menjadi tidak berfungsi yang berarti terjadinya perubahan struktur molekuler menyebabkan gugus aktif ini tidak lagi bersifat hidrofilik dan menurunkan kemampuan mengikat air. Dengan demikian ada keterkaitan antara penurunan kemasaman total, gugus—COOH, dan gugus—OH-fenolat dengan sifat kering tidak balik. Penurunan kemasaman total, COOH, dan OH-fenolat tanah gambut akan meningkatkan proporsi kejadian kering tak balik. Kenyataan ini dapat dipahami karena gugus



Gambar 4. FTIR gambut hidrofobik alamiah Kelampangan.

Tabel. 5. Susunan Gugus gambut hidrofobik alamiah dari Kelampangan.

Puncak (cm ⁻¹)	Gugus	Luas area
1265,3	C-O dari ester, eter, fenol	17,89
1381,03	garam dari asam karboksilat C=C dalam komponen siklik dan asiklik, cicin	2,45
1620,21	bensena	7,74
1712,79	C=C dari asam karboksilat, siklik dan asiklik aldehyd, keton dan quinon	6,06
2067,69		3,75
2345,44	ion karboksilat	4,09
2854,65	gugus alifatik C-H, C-H2, C-H3	12,32
2924,09	gugus alifatik C-H, C-H2, C-H3	5,24
3425,58	ikatan H OH grup, OH bebas	31,29

fungsional tersebut sangat berperan dalam proses penyerapan air kembali. Artinya berkurangnya gugus fungsional bahan organik yang bersifat hidrofilik akan mengurangi kemampuan gambut untuk menyerap air kembali (Sabiham, 2000; Masganti, 2003, Mardian, 2004).

Sampel gambut lain yang diteliti yaitu gambut hidrofobik alamiah dari Kelampangan, yang sedikit tercampur dengan bagian yang hidrofilik, menunjukkan fenomena yang relatif sama dengan grafik di atas. Pengurangan lengas hingga mencapai 60% menyebabkan sebagian besar gambut bersifat hidrofobik sehingga menghasilkan grafik FTIR yang hampir serupa dengan FTIR gambut hidrofobik yaitu terjadi pengurangan luas pada gugus-gugus hidrofilik (OH dan COOH) seperti terlihat pada Gambar 4 dan selanjutnya berdasarkan grafik FTIR spektrofotometer gambut hidrofobik alamiah dari Kelampangan tersebut dapat dibuat tabel luas areal gugus-gugus penyusun gambut seperti pada Tabel 5.

Gugus-gugus pembawa sifat hidrofilik yang tergambar lewat puncak 3425 cm⁻¹ (ikatan H, OH grup dan OH bebas) menempati luas area 31,29 %, jauh berkurang dari luas gugus ini pada gambut hidrofilik yang menempati luas lebih dari 40%. Sedangkan gugus-gugus pembawa sifat hidrofobik menempati luas lebih dari 20 % (puncak 1265 cm⁻¹, puncak 1381 cm⁻¹ dan puncak 1712 cm⁻¹). Pada puncak 2854 cm⁻¹ dan 3425 cm⁻¹ ada gugus-gugus alifatik yang merupakan pembawa sifat hidrofilik, tetapi seperti dinyatakan Valat *et al.* (1991) etil dan metil di sini bersifat non polar sehingga sulit mengikat air.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karakteristik gambut hidrofobik ditunjukkan dengan penurunan gugus-gugus pembawa sifat hidrofilik (—OH, —COOH) dan kenaikan jumlah persentase gugus-gugus pembawa sifat hidrofobik (ikatan aromatis dari eter dan ester) yang dapat dilihat dengan FTIR Spektrofotometer, di samping itu analisis sifat kimia dan fisik gambut hidrofobik menunjukkan penurunan kandungan air yang sangat besar, sudut singgung yang lebih besar dari gambut hidrofilik (lebih dari 90 °), penurunan jumlah —OH dan —COOH, kapasitas tukar kation, dan kemasaman total gambut.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriess, J.P. 1988. Nature and Management of Tropical Peat Soils. FAO Soils Bulletin 59. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 169 p.
- Fenng, G.L., J.Letey and L. Wu. 2002. The Influence of Two Surfactants on Infiltration into a Water-Repellent Soil. Soil Sci. 66: 361-367.
- Flaig, W, H. Beutelspacher, and E. Rietz. 1975. Chemical Composition and Physical Properties of Humic Substances. Dalam: J.E. Gieseking (ed.). Soil Components. Vol.1. Organic Components. Springer-Verlag, New York.
- Hardjowigeno, S. 1997. Pemanfaatan Gambut Berwawasan Lingkungan. Jurnal Alami 2 (1): 3- 6.
- Haris, A., D. Herudjito, S. Sabiham dan S.H. Adimidjaja. 1998. Sifat Fisiko-kimia Bahan Gambut dalam Hubungannya dengan Proses Kering Tidak Balik (*irreversible drying*). Kalimantan Agrikultura 5(2): 91-92

- Kertonegoro, B.D., S. S. Hastuti, S. Notohadisuwarno dan S. Handayani, 1998. Panduan Analisa Física Tanah, Laboratorium Física Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta.
- Mardian, I. 2004. Pengaruh cara penyiapan dan sistem ekstraksi contoh tanah gambut terhadap hasil analisis kimia. Skripsi Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Masganti, T. Notohadikusumo, A. Maas dan B. Radjagukguk. 2002. Hidrofobisitas dan Perubahan Sifat Kimia Bahan Gambut. Hasil Penelitian Intern. Makalah Seminar HGI IV, Jakarta. 14 hlm.
- Masganti. 2003. Kajian peningkatan daya simpan fosfat tanah gambut oligotropik. Disertasi Doktor. Program Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada Yogyakarta. 330 hlm.
- Notohadiprawiro, T. 1985. Selidik cepat ciri tanah di lapangan. Ghalia Indonesia, Jakarta, Indonesia. 94 pp.
- Rieley, J.O., A.A. Ahmad-Shah and M.A. Brady. 1996. The Extent and Nature of Tropical Peat Swamps. In: Maltby *et al.*, (Eds). Tropical Lowland Peatlands of Southeast Asia. Proc. of a Workshop on Integrated Planning and Management of Tropical Lowland Peatlands held at Cisarua, Indonesia, July 3-8, 1992. IUCN, Gland, Switzerland, pp. 15-53.
- Riwandi. 2001. Kajian Stabilitas Gambut Tropika Indonesia Berdasarkan Analisis Kehilangan Karbon Organik, Sifat Fisiko Kimia dan Komposisi Bahan Gambut. Disertasi. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Sabiham, S. 2000. Kadar air kritik Gambut Kalimantan Tengah dalam kaitannya dengan kejadian kering tidak-balik. *J. Tanah Trop.* 11: 21-30.
- Salmah, Z., G. Spoor, A.B. Zahuri and D.N. Welch. 1992. Importance of Water Management in Peat Soil at Farm Level, Level. In: B. Y. Aminuddin, *et al.*, (Eds) Proc. of the Inter. Trop. Peatland. Kuching, Sarawak, Malaysia. 6 – 10 May, 1991. MARDI-Dep. Agric., pp. 228-238.
- Stevenson, F. J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, composition and reaction. Sec. Edition. John Willey & Sons Inc. New York. 496 hlm.
- Stevenson, F.J. dan A.Fitch. 1997. Kimia Pengomplekan Ion Logam dengan Organik Tanah, Dalam: Huang, P.M dan M. Schnitzer (Eds). Interaksi mineral Tanah dengan Organik Alami dan Mikrobial. Terjemahan (Gunadi dan Soedarsono). GAMA Univ. Press. Yogyakarta. Hal. 32-90.
- Tan, K.H. 1996. Soil Sampling, Preparation and Analysis. Marcell Dekker., Inc. New York.
- Taufik, M. 1997. Pengaruh Pengapuran dan Pengeringan terhadap Watak Kelengasan Tanah Gambut Ombrogen, Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 84 hlm.
- Valat, B., C. Jouany and L.M Riviere. 1991. Characterization of the Wetting Properties of Air-dried Peats and Composts. *Soil Sci.* 152(2): 100-107.