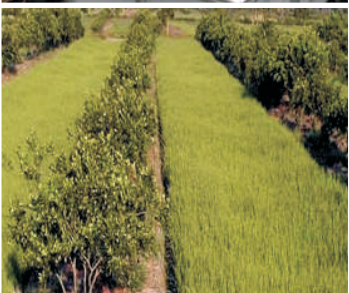


Prosiding Seminar Nasional

PENGELOLAAN LAHAN GAMBUT BERKELANJUTAN

BOGOR, 4 MEI 2012

Penyunting: *Edi Husen, Markus Anda, M. Noor, Mamat H.S., Maswar, Arifin Fahmi, Yiyi Sulaeman*



**Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Kementerian Pertanian
2013**



PROSIDING SEMINAR NASIONAL

PENGELOLAAN LAHAN GAMBUT BERKELANJUTAN

Bogor, 4 Mei 2012

**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN**

2013

PROSIDING SEMINAR NASIONAL

PENGELOLAAN LAHAN GAMBUT BERKELANJUTAN

Bogor, 4 Mei 2012

PENANGGUNGJAWAB:

Muhrizal Sarwani

PENYUNTING:

Edi Husen

Markus Anda

M. Noor

Mamat H.S.

Maswar

Arifin Fahmi

Yiyi Sulaeman

REDAKSI PELAKSANA

Widhya Adhy

Wahid Noegroho

Iman Kurnia

Diterbitkan tahun 2013, oleh :

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian

Jl. Tentara Pelajar No. 12

Kampus Penelitian Pertanian, Cimanggu, Bogor 16114

Telp (0251) 8323012

Fax (0251) 8311256

e-mail : csar@indosat.net.id

<http://bbsdlp.litbang.deptan.go.id>

ISBN 978-602-8977-42-5

KATA PENGANTAR

Prosiding ini menyajikan makalah-makalah hasil Seminar Nasional Topik Khusus, yaitu Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan yang diselenggarakan oleh Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Penelitian (BBSDLP) pada tanggal 4 Mei 2012 di Bogor. Makalah yang dipresentasikan dan dibahas dalam seminar tersebut merupakan hasil-hasil penelitian maupun konsep dan pengalaman peneliti dari berbagai lembaga penelitian yang tentunya sangat berguna sebagai salah satu bahan rujukan dalam menyusun strategi pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan.

Atas selesainya penyusunan prosiding ini, pada kesempatan ini saya sampaikan penghargaan serta ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dan berpartisipasi dalam penyelenggaraan seminar, dan secara khusus ucapan terima kasih saya sampaikan kepada tim penyusun.

Semoga buku ini bermanfaat bagi kita semua.

Bogor, November 2012

Kepala Balai Besar Penelitian dan
Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian

Dr. Muhrizal Sarwani, M.Sc.
NIP. 19600329.198403.1.001

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
RUMUSAN SEMINAR	ix
MAKALAH UTAMA	
1 Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pengembangan Kelapa Sawit di Indonesia <i>Supiandi Sabiham dan Sukarman</i>	1
2 Dilema dan Rasionalisasi Kebijakan Pemanfaatan Lahan Gambut untuk Areal Pertanian <i>Irsal Las, Muhrizal Sarwani, Anny Mulyani, dan Meli Fitriani Saragih.....</i>	17
3 Review of Emission Factor and Land Use Change Analysis Used for the Renewable Fuel Standard by USEPA <i>Fahmuddin Agus and Muhrizal Sarwani.....</i>	29
MAKALAH PENUNJANG	
4 Karakteristik dan Sebaran Lahan Gambut di Sumatera, Kalimantan dan Papua <i>Sofyan Ritung, Wahyunto, dan Kusumo Nugroho.....</i>	47
5 Inventarisasi dan Pemetaan Lahan Gambut di Indonesia <i>Wahyunto, Sofyan Ritung, Kusumo Nugroho, dan Muhrizal Sarwani.....</i>	63
6 Potensi dan Pengembangan Lahan Gambut dalam Perspektif Pengembangan untuk Pertanian Tanaman Pangan <i>Haris Syahbuddin dan Muhammad Alwi.....</i>	75
7 Klasifikasi dan Distribusi Tanah Gambut Indonesia serta Pemanfaatannya untuk Pertanian <i>D. Subardja dan Erna Suryani.....</i>	87

	Halaman
8 Karakteristik Tanah Gambut dan Hubungannya dengan Emisi Gas Rumah Kaca pada Perkebunan Kelapa Sawit di Riau dan Jambi <i>Sukarman, Suparto, dan Mamat H.S.</i>	95
9 Pemetaan Detail Tanah Gambut di Demplot Jabiren Kalimantan Tengah Mendukung Penelitian Emisi Karbon <i>Hikmatullah, Hapid Hidayat, dan Usep Suryana</i>	113
10 Pemetaan Detail Tanah Gambut Di Demplot Landasan Ulin Kalimantan Selatan Mendukung Penelitian Emisi Karbon <i>Hikmatullah, Soleh, dan Noto Prasodjo</i>	129
11 Basisdata Karakteristik Tanah Gambut di Indonesia <i>Anny Mulyani, Erni Susanti, Ai Dariah, Maswar, Wahyunto, dan Fahmuddin Agus</i>	143
12 Kearifan Lokal dalam Pengelolaan Lahan Gambut <i>Muhammad Noor</i>	155
13 Sejarah Penelitian Gambut dan Aspek Lingkungan <i>Kusumo Nugroho</i>	173
14 Lahan Gambut Terdegradasi <i>Sri Nuryani Hidayah Utami</i>	185
15 Teknologi Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan <i>Didi A. Suriadikarta</i>	197
16 Faktor Penduga Simpanan Karbon pada Tanah Gambut <i>Ai Dariah, Erni Susanti, Anny Mulyani, dan Fahmuddin Agus</i>	213
17 Sebaran Kebun Kelapa Sawit Aktual dan Potensi Pengembangannya di Lahan Bergambut di Pulau Sumatera <i>Baba Barus, Diar Shiddiq, L.S. Iman, B. H. Trisasongko, Komarsa G., dan R. Kusumo</i>	223

18	Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan: Studi Kasus Pengembangan Karet dan Tanaman Sela di Desa Jabiren Kabupaten Pulang Pisau Kalimantan Tengah	
	<i>M. A. Firmansyah, W. A. Nugroho, dan M.S. Mokhtar</i>	233
19	Emisi Metan dari Pertanaman Padi pada Beberapa Dosis Pemupukan NPK di Lahan Gambut	
	<i>Siti Nurzakiah, Anna Hairani, dan Muhammad Noor</i>	245
20	Mikrobiologi Gas Rumah Kaca pada Lahan Gambut Tropika	
	<i>Abdul Hadi dan Kazuyuki Inubushi</i>	253
21	Distribusi Bentuk-bentuk Fe dan Kelarutan Amelioran Tanah Mineral dalam Gambut Wiwik Hartatik	261
22	Pengurangan Emisi CO ₂ Melalui Ameliorasi pada Intercropping Karet dan Nanas di Lahan Gambut Jabiren, Kalimantan Tengah	
	<i>Miranti Ariani, W.A. Nugraha, A. Firmansyah, Dedi Nursyamsi, dan Prihasto Setyanto</i>	275
23	Pemanfaatan Mikroba Endofitik Penghasil Eksopolisakarida sebagai Pembenh Hayati pada Lahan Gambut	
	<i>Laksmi Prima Santi dan Didiek Hadjar Goenadi</i>	285
24	Peranan Amelioran dalam Mitigasi Emisi GRK (CH ₄ dan CO ₂) pada Landuse Sawah di Tanah Gambut Desa Landasan Ulin, Kecamatan Banjarbaru, Kalimantan Selatan	
	<i>R. Kartikawati, Dedi Nursyamsi Prihasto Setyanto, dan Siti Nurzakiah</i>	295
25	Pengaruh Pemberian Bahan Amelioran Terhadap Penurunan Emisi Gas CO ₂ pada Perkebunan Sawit Dengan Tanaman Sela di Lahan Gambut	
	<i>Titi Sopiawati, H. L. Susilawati, Anggri Hervani, Dedi Nursyamsi, Prihasto Setyanto, dan Nurhayati</i>	305
26	Pengaruh Pemberian Bahan Amelioran terhadap Fluks CO ₂ pada Pertanaman Kelapa Sawit Tanah Gambut di Perkebunan Rakyat Kabupaten Muara Jambi, Provinsi Jambi	
	<i>H.L. Susilawati, J. Hendri, Dedi Nursyamsi, dan Prihasto Setyanto</i>	321

	Halaman
27 Peran Pugam dalam Penanggulangan Kendala Fisik Lahan dan Mitigasi Gas Rumah Kaca dalam Sistem Usahatani Lahan Gambut <i>I G.M. Subiksa</i>	333
28 Prospek Budidaya Kopi Liberoid Berkelanjutan di Lahan Gambut <i>J.B. Baon, R. Hulupi, S. Abdoellah, Yusianto Sugiyono, A. Wibawa, dan Suhartono</i>	345
29 Peranan Pemberian Bahan Organik dan Dolomit Terhadap Emisi GRK (CO ₂ dan CH ₄) dan Neraca Karbon pada Lahan Padi Sawah di Tanah Gambut Kalimantan Selatan <i>H.L. Susilawati, Muhammad Noor, Titi Sopiawati Ali Pramono, dan Prihasto Setyanto</i>	357
30 Perhitungan Amblesan (<i>Subsidence</i>) dengan Pendekatan Proksimat dan Hubungannya dengan Emisi Gas Rumah Kaca pada Lahan Gambut <i>Ahmad Kurnain</i>	369
31 Strategi Pengembangan Ekonomi Masyarakat Di Kawasan Lahan Gambut <i>Sumaryanto, Mamat H.S., dan Irawan</i>	379
32 Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan: Pengembangan Kelapa Sawit dan Tanaman Sela di Provinsi Riau <i>Nurhayati, Ali Jamil, Ida Nur Istina, Yunizar, dan Hery Widyanto</i>	389
33 Sejarah Pembukaan Lahan Gambut untuk Pertanian di Indonesia <i>Muhammad Noor</i>	399
34 Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Kebakaran Lahan Gambut <i>Maswar</i>	413
35 Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan <i>Benito Heru Purwanto</i>	421
36 Keragaan Kacang Tanah Varietas Kancil dan Jerapah di Lahan Gambut Kalimantan Tengah <i>Muhammad Saleh</i>	429

	Halaman
37 Pengelolaan Lahan Gambut untuk Usahatani Berkelanjutan <i>Khairil Anwar</i>	435
38 Baseline Survey: Cadangan Karbon pada Lahan Gambut di Lokasi Demplot Penelitian ICCTF (Riau, Jambi, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan) <i>Ai Dariah, Erni Susanti, dan Fahmuddin Agus</i>	445
DAFTAR PESERTA	461
JADUAL ACARA	465

RUMUSAN SEMINAR

Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan

Bogor, 4 Mei 2012, BBSDLP

Seminar Nasional “Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan” dilaksanakan dalam rangka menggali hasil-hasil penelitian terkini dan membahas berbagai konsep dan pengalaman berbagai lembaga penelitian dalam pengelolaan lahan gambut yang selanjutnya dijadikan sebagai bahan dalam menyusun strategi pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan. Seminar dibuka oleh Kepala Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Bapak Dr. Muhrizal Sarwani, M.Sc. Seminar dihadiri oleh sekitar 150 peserta dari kalangan peneliti, akademisi, praktisi, dan pengambil kebijakan. Sebanyak 36 makalah telah dibahas dalam seminar ini baik yang disajikan dalam presentasi oral maupun dalam bentuk poster. Hasil seminar dirumuskan sebagai berikut:

Karakteristik dan Potensi Lahan Gambut

1. Gambut merupakan ekosistem yang unik dan kompleks di dataran rendah berawa dan dikenal mempunyai sifat mudah rusak bila terusik, sehingga pemanfaatannya harus berpedoman pada karakteristik spesifik hidrologi dan sifat lahan gambut. Konsep pembangunan pilihan untuk kawasan lahan gambut adalah sifat “konstruktif-adaptif”. Sifat gambut yang dinamis (secara cepat dapat mengalami perubahan baik spasial maupun karakteristiknya) memerlukan monitoring secara periodik, terutama pada wilayah-wilayah yang pengembangan sumberdaya lahan gambut ini sangat intensif.
2. Data terkini, luas lahan gambut di 3 pulau utama, yaitu Sumatera, Kalimantan dan Papua adalah 14.905.574 ha. Gambut dangkal dan gambut sedang menempati luasan tertinggi, yaitu masing-masing 5.241.438 ha dan 3.915.291 ha. Dalam penataan lahan gambut ini perlu pembakuan yang meliputi: penggunaan peta untuk menyatakan luasan, pembakuan definisi gambut, metode pemetaan dan cara/ pendekatan pemetaan.
3. Lahan gambut dapat dikembangkan sebagai lahan pertanian dengan jenis komoditas yang beragam meliputi tanaman perkebunan, hortikultura, dan pangan (kelapa sawit, karet, kopi liberoid, nenas, jeruk, pepaya, lida buaya, padi sawah, kacang tanah). Pengelolaan dan pengembangan sudah tentu harus memperhatikan karakteristik gambut yang sangat spesifik seperti mudah amblas, mudah kering, dan mudah rusak.

Untuk itu data dan informasi sumberdaya lahan gambut sangat diperlukan. Sebagai contoh, pada kawasan lahan gambut yang terlantar (*un-utilized land* atau *un-productive land*) atau yang mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai lahan pertanian, pemetaan lahan gambut secara lebih detail (skala 1:50.000) diperlukan agar penggunaan lahan gambut pada kawasan ini dapat optimal sesuai daya dukung dan potensinya dan fungsi hidrologis ekosistem lahan gambut tetap dapat terjaga.

Emisi GRK Lahan Gambut dan Upaya Pengendaliannya

4. Permasalahan yang dihadapi dalam pemanfaatan lahan gambut adalah adanya isu lingkungan terkait emisi GRK yang berpengaruh terhadap lingkungan global. Di Indonesia, isu tersebut dipertajam oleh laporan tentang emisi GRK yang tinggi selama dua dekade terakhir ini. Kondisi ini menimbulkan adanya tekanan terhadap Pemerintah Indonesia untuk menurunkan emisi GRK secara nasional yang berdampak pada penundaan ijin baru penggunaan lahan gambut yang dikenal sebagai Moratorium Lahan Gambut.
5. Kehilangan cadangan C dari lahan gambut sering dikaitkan dengan kegiatan alih fungsi lahan dari lahan hutan ke penggunaan untuk pertanian/perkebunan. Berdasarkan fakta, perubahan penggunaan lahan gambut ke usaha pertanian tanaman pangan dan perkebunan lebih banyak berasal dari hutan yang sudah rusak/terbuka (*degraded forest*).
6. Lima faktor yang mempengaruhi laju emisi CO₂ dari beberapa hasil studi dari gambut tripika Indonesia mencakup kedalaman muka air tanah, kadar abu, tanaman bawah/tanaman penutup tanah, ketebalan dan tingkat dekomposisi gambut. Penurunan muka air pada lahan gambut memicu oksidasi dan subsiden, khususnya pada musim kemarau. Untuk itu, agar penurunan muka air dapat dikelola dengan baik, perlu dikaji besaran komponen neraca air (*water balance*) yang mempengaruhi penurunan tersebut.
7. Hasil penelitian di perkebunan kelapa sawit di Jambi dan Riau mendapatkan bahwa faktor kandungan air tanah berpengaruh terhadap besaran emisi CO₂, semakin tinggi kandungan air dalam gambut maka emisi CO₂ yang terjadi semakin rendah. Selain itu, bahan mineral dalam gambut (kadar abu) dengan kandungan Fe₂O₃ relatif tinggi (>3%) mempunyai korelasi sangat nyata dengan emisi CO₂. Gambut yang mengandung 6% kadar abu mengemisikan CO₂ dalam jumlah paling rendah, yaitu sekitar 23 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹, ekuivalen dengan jumlah CO₂ yang diserap oleh kelapa sawit untuk menghasilkan 20 sampai 24 t TBS ha⁻¹ tahun⁻¹. Penurunan emisi tersebut terjadi karena stabilitas gambut meningkat sebagai akibat dari terbentuknya ikatan

komplek organo-kation Fe. Tanaman bawah seperti paku-pakuan (*Nephrolepis* sp.), juga berpengaruh terhadap emisi CO₂. Karena tanaman ini mampu menyerap CO₂ sekitar 9,75 t ha⁻¹ yr⁻¹.

8. Pemanfaatan pupuk gambut (Pugam) dalam usahatani di lahan gambut adalah bentuk teknologi yang mensinergikan upaya adaptasi dan mitigasi GRK sehingga tujuan ekonomi tercapai namun emisi tetap ditekan seminimal mungkin. Secara umum, Pugam meningkatkan pertumbuhan tanaman karet dan kelapa sawit serta pertumbuhan dan produksi tanaman sela, menekan laju emisi gas rumah kaca, baik di piringan tanaman tahunan maupun di area tanaman sela. Selain itu, bahan amelioran pupuk kandang dapat menurunkan emisi CH₄ dan CO₂ serta mampu menurunkan emisi GRK tertinggi (dari amelioran lain) sebesar 34% pada lahan gambut Kalimantan Selatan. Validasi terhadap penggunaan amelioran untuk mereduksi emisi GRK masih sangat diperlukan, terutama yang terkait dengan aktivitas mikroba di lahan gambut.

Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan

9. Pengembangan lahan gambut ke depan hendaknya didasarkan pada kesesuaian dan kemampuan lahan serta penggunaan teknologi yang sesuai. Pemilihan teknologi dan komoditi yang tepat menjadi sangat penting untuk menekan kerusakan lahan hingga sekecil mungkin.
10. Kelapa sawit merupakan salah satu komoditi yang mampu beradaptasi dengan baik pada berbagai jenis lahan, termasuk lahan gambut. Dengan teknologi pengelolaan air yang tepat, disertai peningkatan stabilitas bahan gambut dan serapan CO₂ oleh tanaman pada kawasan pengembangan kelapa sawit, maka pemanfaatan lahan gambut akan memberikan faedah yang besar, tidak hanya untuk masa kini tetapi juga untuk masa mendatang.
11. Kemampuan daya dukung lahan gambut berhubungan erat dengan karakteristik gambutnya. Pada kondisi jenuh air atau pada kandungan airnya berada di atas batas kritis, gambut lebih stabil dibandingkan dengan kondisi kering dan bahkan apabila kondisi lahannya terlalu kering bahan gambutnya menjadi mudah terbakar. Dengan demikian, pengelolaan air yang baik menjadi dasar dalam pemanfaatan lahan gambut ke depan
12. Fakta menunjukkan bahwa pengembangan pertanian di lahan gambut telah memberikan sumber pendapatan yang cukup signifikan. Manfaat dari lahan gambut sudah banyak dirasakan oleh sebagian besar masyarakat, baik masyarakat di kebun maupun di luar kebun. Namun tantangan ke depan adalah untuk terus mencari strategi

pengelolaan lahan gambut yang lebih baik agar manfaat dari lahan tersebut menjadi lebih besar lagi dan berkesinambungan.

Bogor, 4 Mei 2012

Tim Perumus

¹Supiandi Sabiham dan ²Sukarman

¹Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor; (sbiham@yahoo.com)

²Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114 (sukarmandr@yahoo.co.id)

Abstrak. Lahan gambut, yang mempunyai sifat mudah rusak, pemanfaatannya harus berpedoman pada upaya pengembangan lahan berkelanjutan dengan konsep pembangunan yang “konstruktif-adaptif”. Pengalihan fungsi lahan gambut untuk keperluan lain berdasarkan kesesuaian dan kemampuan lahan serta penggunaan teknologi yang sesuai harus menjadi dasar dalam pengembangan lahan gambut ke depan. Dengan demikian, pemilihan teknologi dan komoditi yang tepat dan adanya upaya untuk menekan kerusakan lahan hingga sekecil mungkin menjadi sangat penting. Kelapa sawit merupakan salah satu komoditi yang mampu beradaptasi dengan baik pada berbagai jenis lahan, termasuk lahan gambut. Dengan teknologi pengelolaan air yang tepat, disertai peningkatan stabilitas bahan gambut dan serapan CO₂ oleh tanaman pada kawasan pengembangan kelapa sawit, maka pemanfaatan lahan gambut akan memberikan faedah yang besar, tidak hanya untuk masa kini tetapi juga untuk masa mendatang.

Abstract. Peatlands with their nature to be fragile should be enhanced their value by using the so-called of sustainability-based land development that proposed as the development concept of “constructive-adaptive”. Conversion of peatlands for other purposes based on land capability and land suitability as well as the appropriate use of technology should be the basis for their future development. Thus, the selection of suitable technologies and commodities with the efforts to reduce the land damage as small as possible is very important. Oil palm is one of the agricultural commodities that could be able to adapt at different types of land, including peatlands. With proper water management and the efforts to increase peat stability and CO₂ sequestration in the area of oil palm development, the use of peatlands will provide a great benefit, not only for today but also for the future.

PENDAHULUAN

Pengertian lahan gambut telah didefinisikan secara detail oleh Soil Survey Staff, USDA (2003) dan Andriesse [1988]. Dalam makalah ini, pengertiannya hanya dibatasi berdasarkan “Hasil Rumusan Semiloka Nasional Pemanfaatan Lahan Gambut Berkelanjutan di Bogor tanggal 28 Oktober 2010”; ada dua butir penting yang perlu disampaikan, sebagai berikut:

^{*)} Makalah ini sudah diterbitkan pada Jurnal Sumberdaya Lahan Vol. 6 No. 2, tahun 2012

1. Lahan gambut dibatasi sebagai suatu area yang ditutupi endapan bahan organik dengan ketebalaan >50 cm yang sebagian besar belum terlapuk secara sempurna dan tertimbun dalam waktu lama serta mempunyai kandungan C-organik >18%.
2. Lahan gambut yang mempunyai ketebalan >3m, berada di luar kawasan hutan dan bukan sebagai kubah gambut serta luasan pemanfaatannya berada di dalam satuan pemanfaatan lahan sesuai kebijakan penggunaan lahan yang terkait dengan perencanaan pembangunan daerah, masih dapat digunakan untuk keperluan lain terutama untuk pertanian/perkebunan.

Perbedaan cara pandang di dalam pemanfaatan lahan gambut telah berlangsung lama, yaitu sejak dimulainya Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S) tahun 1969. Perbedaan menjadi lebih berkembang setelah ada tuduhan bahwa lahan gambut telah menjadi salah satu sumber emisi karbon terbesar di Indonesia.

Sebagai kelompok yang tidak/kurang setuju menyatakan bahwa pemanfaatan lahan gambut mempunyai dampak negatif terutama terhadap lingkungan (dari emisi karbon/C) lebih besar daripada yang positifnya untuk masyarakat. Pendapat mereka didasarkan pada simpanan C di dalam bahan gambut yang memiliki potensi sangat besar terjadinya emisi C. Hooijer *et al.* (2011) menduga kehilangan C rata-rata selama kurun waktu 25 tahun terakhir sebagai akibat pengembangan lahan gambut dengan cara didrainase (berdasarkan hasil perhitungan mereka) sekitar $100 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$, walaupun hasil perhitungan emisi CO_2 tersebut menurut penulis terlalu besar¹⁾. Oleh karena itu, masyarakat yang tidak setuju menuntut agar pemanfaatan lahan gambut di Indonesia harus dihentikan.

Pendapat dari masyarakat yang setuju menyatakan bahwa gambut tidak sepenuhnya sebagai sumber utama emisi C dari hasil proses dekomposisi bahan organik. Sebagian emisi C dari lahan gambut adalah bersumber dari: (i) kontribusi perakaran tanaman (dari proses respirasi akar tanaman yang pada tanah mineral-pun terjadi respirasi) yang besarnya terhadap fluks CO_2 total dari lahan gambut berkisar antara 55 – 65% (Knorr *et al.* 2009), dan (ii) dari hasil kebakaran yang tidak terkontrol. Pada dasarnya, lahan gambut dengan pengelolaan yang baik (melalui best management practices) dapat memberikan dampak positif terhadap peningkatan pendapatan dan kesejahteraan masyarakat, terutama dari sub-sektor perkebunan kelapa sawit. Hal tersebut merupakan salah satu target utama dalam pengembangan lahan gambut di Indonesia, sebagai dorongan kebutuhan yang bersumber pada komitmen bangsa terhadap pembangunan sosial-ekonomi melalui peningkatan produksi dan penyediaan lapangan kerja.

¹⁾ Argumentasi mereka dalam menghitung kehilangan karbon tersebut didasarkan pada hasil pengukuran subsiden lahan gambut yang dianggap sebagai kehilangan karbon organik. Padahal subsiden adalah fungsi dari pemadatan bahan gambut (*compaction*), erosi, dan dekomposisi bahan organik. Kontribusi kehilangan karbon dari proses dekomposisi terhadap subsiden adalah paling kecil dibanding dengan yang disebutkan dua pertama.

Dinamika Perubahan *Land Use* di Wilayah Pengembangan Kelapa Sawit

Pengembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia selama 20 tahun terakhir (1990 – 2010) dapat dilihat dalam Tabel 1. Pada tahun 2010 luas lahan gambut yang dimanfaatkan untuk perkebunan kelapa sawit di Sumatera, meningkat lebih dari enam kali dibanding pada tahun 1990, sedangkan di tanah mineral peningkatannya hanya sekitar 3,5 kali. Di Kalimantan juga terjadi peningkatan cukup signifikan namun dalam luasan yang tidak sebesar seperti di Sumatera, sedangkan di Papua peningkatan pemanfaatan lahan gambut untuk komoditi yang sama relatif lebih lambat dan dalam luasan yang lebih kecil dibanding dengan di Sumatera dan Kalimantan.

Terkait dengan dinamika perubahan *land use* pada lahan gambut seperti terlihat dalam Tabel 2, dapat dikemukakan bahwa lahan gambut di Sumatera yang digunakan untuk perkebunan kelapa sawit dan hutan tanaman industri (HTI) sejak tahun 2000 hingga 2010 meningkat tajam, disertai menurunnya luas lahan yang digunakan komoditi lainnya. Di Kalimantan, walaupun dalam luasan yang lebih kecil dibanding dengan di Sumatera, peningkatan luas perkebunan kelapa sawit pada tahun 2010 adalah sekitar 8 (delapan) kali luasan pada tahun 2005. HTI pada lahan gambut di Kalimantan hingga tahun 2010 tidak terlihat adanya peningkatan yang signifikan, sedangkan di Papua perkebunan kelapa sawit dan HTI tidak berkembang. Paling sedikit ada dua alasan, kenapa lahan gambut di Sumatera banyak dikonversi ke perkebunan untuk kelapa sawit dan HTI. Pertama, aksesibilitas dalam lingkup nasional dan internasional, Sumatera jauh lebih baik daripada Kalimantan dan Papua. Kedua, kemungkinan lahan tanah mineral di Sumatera sudah terbatas dibandingkan dengan yang ada di Kalimantan dan Papua.

Dari Tabel 1 dan 2 dapat dikemukakan bahwa kelapa sawit merupakan salah satu komoditi unggulan masyarakat yang dapat diusahakan pada lahan gambut dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Bukti menunjukkan bahwa pengembangan perkebunan kelapa sawit di lahan gambut telah memberikan sumber pendapatan yang cukup signifikan (Tabel 3). Namun demikian, perlu diwaspadai bahwa konversi lahan pertanian pangan ke perkebunan (terutama kelapa sawit) pada tingkat petani akan menjadi lebih besar, seperti yang terjadi di beberapa tempat di Sumatera, apabila tidak ada kontrol yang jelas dan tegas dari pemerintah. Dari pengalaman penulis melakukan penelitian di Kecamatan Bunga Raya, Kabupaten Siak, Riau dan daerah Delta Berbak, Jambi selama periode tahun 2009–2011 sudah banyak lahan sawah dikonversi oleh para petani, termasuk oleh petani transmigran, menjadi kebun kelapa sawit (Sabiham, 2011). Alasan merubah penggunaan lahan menjadi kebun sawit terutama karena usaha padi sawah kurang menguntungkan (Tabel 3).

Tabel 1. Pemanfaatan lahan untuk perkebunan kelapa sawit di Sumatera, Kalimantan dan Papua^{*)}

No.	Jenis lahan	Luas lahan (ha) yang dimanfaatkan pada tahun			
		1990	2000	2005	2010
SUMATERA					
1.	Lahan gambut	264.310	704.474	1.011.902	1.395.737
2.	Lahan tanah mineral	958.004	2.188.807	2.978.490	3.347.576
KALIMANTAN					
3.	Lahan gambut	-	19.334	38.694	307.515
4.	Lahan tanah mineral	85.000	717.666	1.057.306	2.589.485
PAPUA					
5.	Lahan gambut	-	-	1.279	1.727
6.	Lahan tanah mineral	28.740	47.560	68.631	83.622

^{*)} Dihitung dari Tropenbos International – Indonesia [2012]

Tabel 2. Dinamika perubahan penggunaan lahan (*land use*) pada lahan gambut di Sumatera, Kalimantan dan Papua selama kurun waktu tahun 2000 sampai 2010 (x1000 ha)^{*)}

Penggunaan lahan	Sumatera			Kalimantan			Papua		
	2000	2005	2010	2000	2005	2010	2000	2005	2010
Hutan	507,3	500,7	425,0	2.351,8	2.213,9	1.971,0	5.925,6	5.657,1	5.441,8
Hutan terganggu	2.501,8	2.016,6	1.662,7	1.150,7	1.172,2	1.142,8	257,7	434,2	617,9
Pertanian	1.411,1	1.210,2	1.184,0	472,5	570,0	643,3	16,6	16,8	18,4
Lahan terlanjar	1.864,0	2.117,9	1.994,9	1.801,6	1.798,6	1.727,7	972,3	1.045,5	1.122,4
Kelapa Sawit	703,9	1.012,0	1.396,7	19,3	38,7	307,5	-	1,3	1,7
HTI ^{**)}	82,9	215,7	416,8	2,8	5,4	6,4	10,5	10,6	10,6
Badan air/rawa	89,7	88,8	84,5	24,5	24,5	24,5	550,3	566,8	517,5
Bangunan, dll	68,7	67,6	65,0	7,0	7,0	7,0	26,4	27,1	29,0

^{*)} Dihitung dari Tropenbos International – Indonesia [2012]

^{**) HTI: Hutan tanaman industri}

Tabel 3. Analisis biaya usahatani beberapa komoditi dalam 1,0 ha lahan gambut (data diseleksi)^{*)}

No.	Komoditas unggulan	Biaya	Penerimaan	Keuntungan
		(Rp ha ⁻¹ thn ⁻¹)	(Rp ha ⁻¹ thn ⁻¹)	(Rp ha ⁻¹ thn ⁻¹)
1.	Padi unggul	693.902	3.045.790	2.351.888
2.	Padi lokal	856.000	2.910.000	2.054.000
3.	Kelapa sawit “rakyat”	5.656.531	20.733.469	15.076.938
4.	Lidah buaya	28.826.000	46.240.000	17.414.000
5.	Jagung manis	3.441.000	4.245.000	804.000

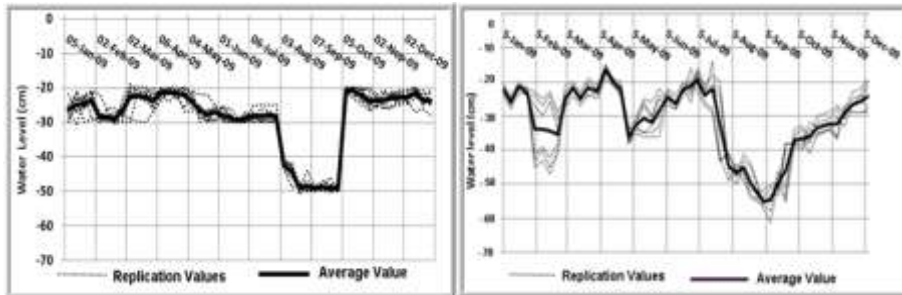
^{*)} Sumber: Noorinayuwati et al. [2007]; Rina et al. [2008]; Noor [2010]

Karakteristik Lahan Gambut pada Perkebunan Kelapa Sawit

Karakteristik lahan gambut di perkebunan kelapa sawit dicirikan oleh kondisi aerobik pada ketebalan 40 sampai 70 cm bagian permukaan lahan. Hal ini terjadi setelah

didirikan saluran drainase untuk menyediakan kondisi yang memungkinkan bagi pertumbuhan kelapa sawit.

Permukaan air di saluran utama selalu dipertahankan pada kedalaman 60 sampai 70 cm di bawah permukaan lahan, dengan harapan muka air tanah di pertanaman sawit berkisar antara 40 sampai 60 cm, walaupun kenyataannya di lapangan (berdasarkan hasil pengukuran dengan Piezometer) sangat tergantung dari curah hujan dan kondisi lingkungan setempat (Gambar 1).



Gambar 1. Dua keadaan muka air tanah pada lahan gambut di suatu areal perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Tengah [Sabiham *et al.* 2012]

Kondisi oksidatif pada lahan gambut akibat lahan didrainase sangat berpengaruh terhadap proses: (i) pengeringan dan pengerutan/pemadatan bahan gambut, (ii) dekomposisi bahan organik, dan (iii) kehilangan sebagian dari air gambut. Kondisi demikian mengakibatkan terjadinya penurunan permukaan lahan (*subsiden/subsidence*), walaupun penyebabnya sebagian besar karena proses pemadatan bahan gambut. Besaran *subsiden* ini oleh Hooijer (Hooijer *et al.* 2011) telah dijadikan dasar untuk menghitung besaran emisi karbon (C) dari lahan gambut. Cara perhitungan tersebut sangat keliru karena hanya proses dekomposisi saja yang menyebabkan terjadinya emisi karbon, sedangkan faktor pemadatan dan hilangnya sebagian air gambut tidak menyebabkan emisi karbon.

Karakteristik penting yang lain dari lahan gambut adalah kandungan bahan mineral (dalam persen kadar abu). Bahan gambut dengan kadar abu yang bervariasi (Table 4) mencirikan kandungan C-organiknya (dalam persen C) juga bervariasi. Gambut tropika pada umumnya mengandung C-organik sekitar 18 sampai 55% dengan rata-rata antara 30 sampai 45% (w/w). Apabila mengasumsikan C-organik rata-rata >50% akan menghasilkan perhitungan emisi CO₂ menjadi sangat tinggi dan tidak realistis, seperti yang telah dilakukan Hooijer (Hooijer *et al.* 2011).

Tabel 4. Tingkat dekomposisi gambut, kandungan unsur hara P dan K, serta kadar abu pada 40 cm lapisan atas lahan gambut di perkebunan kelapa sawit (Sabiham *et al.* 2012)

Lokasi	Tingkat dekomposisi gambut	Jumlah sampel (n)	Kadar abu (%) ^a		P ₂ O ₅ [mg (100 g) ⁻¹] ^b		K ₂ O [mg (100 g) ⁻¹] ^b	
			Av.	Max	Av.	Tt ^c	Av.	Tt ^d
Kalimantan Barat								
Kapuas Hulu	Saprik – Hemik	23	2.31	2.76	9.1	50	9.2	26
Ketapang	Hemik – Saprik	5	0.89	1.78	7.2	19	11.4	35
Kalimantan Tengah								
Seruyan	Saprik	46	2.54	4.92	12.4	50	14.8	38
Kotawaringin Barat	Saprik	6	3.26	6.05	12.7	34	16.5	30

Catatan: Max=maksimum; Av.=rata-rata; ^a] Berdasarkan metoda loss on ignition; b] Diekstrak dengan HCl 25%; ^{c & d}] Tt = kandungan P₂O₅ dan K₂O tertinggi yang banyak ditemukan di bagian permukaan lahan gambut.

Karakteristik lahan gambut terkait dengan tingkat kesuburan tanahnya adalah dicirikan oleh kandungan unsur hara rata-rata yang rendah (Tabel 4). Masalah kesuburan tanah dapat diatasi dengan upaya pemupukan yang tepat. Isu tanah miskin tidak hanya pada gambut, pada tanah mineral pun saat ini umumnya miskin. Oleh karenanya upaya pemberian pupuk untuk tanah-tanah di Indonesia (tanah mineral dan tanah gambut) sangat diperlukan. Kandungan unsur hara yang rendah dapat mengakibatkan stabilitas gambut juga rendah, sehingga bahan gambut menjadi mudah rusak/fragile.

Pada perkebunan kelapa sawit, pemupukan selalu dilakukan secara rutin. Selain pemupukan N, P, K tetapi juga pemberian kation basa (Ca dan Mg) dan unsur mikro Cu, Zn dan Fe dilakukan secara regular, yang tidak hanya bermanfaat untuk tanaman tetapi juga meningkatkan stabilitas bahan organik di dalam gambut melalui pembentukan “ikatan-komplek organo-kation” (interaksi derivat asam organik dengan cation) [Mario dan Sabiham, 2002].

Dinamika C dan Emisi CO₂ yang Terukur dari Lahan Gambut pada Perkebunan Kelapa Sawit

Cadangan C dalam gambut bervariasi dari 30 sampai 70 kg C m⁻³ (Agus *et al.* 2010), atau sekitar 300 sampai 700 t C ha⁻¹ per meter kedalaman gambut. Kandungan C dalam tanah mineral yang terkonsentrasi pada 20 sampai 25 cm bagian permukaan tanah tidak pernah melebihi 250 t ha⁻¹. Gambut di Sumatera dan Kalimantan di prediksi mempunyai cadangan C bervariasi dari 2000 sampai 3000 t ha⁻¹ (Wahyunto *et al.* 2004; 2005), mengindikasikan bahwa gambut di dua pulau tersebut berpotensi sebagai sumber emisi C yang sangat tinggi.

Kehilangan C dapat terjadi melalui proses reduksi dan oksidasi, masing-masing dalam bentuk CH₄ dan CO₂. Proses ini merupakan bagian dari dinamika C pada lahan

gambut. Namun, pada kawasan perkebunan kelapa sawit, emisi CH_4 sangat kecil [IPB-BBSDLP, 2011], karena pada 40 sampai 60 cm bagian permukaan lahan berada dalam keadaan oksidatif. Dengan demikian emisi C dari lahan gambut paling besar pada kawasan tersebut adalah CO_2 . Sebagai sumber utama gas CO_2 dari lahan gambut berasal dari hasil proses oksidasi asam organik. Orlov [1995] dan Stevenson [1994] melaporkan bahwa grup fungsional $-\text{COOH}$ dan metoksi ($-\text{OCH}_3$) dalam asam organik merupakan sumber utama emisi CO_2 . Melalui proses oksidasi, bentuk $-\text{COOH}$ menjadi bentuk CO_2 dan H_2O ; sedangkan dari $-\text{OCH}_3$ pelepasan CO_2 terjadi saat perubahan $-\text{OCH}_3$ menjadi $-\text{OH}$ selama proses pembentukan fenol-OH berlangsung.

Tabel 5. Emisi CO_2 dari lahan gambut di beberapa perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah [IPB-BBSDLP, 2011]

No.	Lokasi Perkebunan	Emisi CO ₂ (t CO ₂ ha ⁻¹ thn ⁻¹)		
		Minimum	Maksimum	Rata-rata
KALIMANTAN BARAT				
1.	Ketapang	9,54	64,18	25,81 (n=18)
2.	Kapuas Hulu	12,24	56,52	26,00 (n=24)
KALIMANTAN TENGAH				
3.	Kotawaringin Barat-1	26,68	95,26	57,98 (n=48)
4.	Kotawaringin Barat-2	20,90	83,16	50,26 (n=36)
5.	Seruyan-1	44,75	87,39	56,30 (n= 6)
6.	Seruyan-2	17,66	71,90	39,67 (n=12)

Dari hasil pengukuran konsentrasi CO_2 pada lahan gambut (menggunakan metoda chamber) dengan portable gas chromatography dan perhitungan emisi CO_2 yang menggunakan rumus USEPA [1990], diperoleh besaran emisi CO_2 (Tabel 5). Pengukuran dilakukan pada 144 titik pengamatan yang tersebar pada beberapa perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah. Berdasarkan Tabel 5 diperoleh bahwa rata-rata emisi CO_2 dari lahan gambut di beberapa perkebunan kelapa sawit bervariasi tergantung pada keadaan lokasi.

Lahan gambut di kawasan Perkebunan-1 dan -2 mengemisikan CO_2 (rata-rata) sangat rendah; hal ini disebabkan kandungan arang (charcoal) di dalam gambut cukup tinggi sebagai hasil kebakaran selama musim kering yang panjang (El-Nino) pada periode tahun 2007 sampai 2008. Arang dapat menyerap asam organik sehingga mampu menurunkan emisi CO_2 [Hadi *et al.* 2012] dengan cukup signifikan. Seperti di dua kawasan perkebunan tersebut di atas, emisi CO_2 di Perkebunan-6 juga relatif rendah, hanya saja sebagai penyebabnya adalah bahan mineral dalam gambut cukup tinggi. Bahan mineral, yang mengandung $>3\%$ Fe_2O_3 sebagai sumber Fe(III) , dapat berinteraksi dengan

bahan organik membentuk ikatan kompleks yang lebih stabil, sehingga bahan organiknya tidak mudah terdekomposisi.

Strategi Pengelolaan Lahan Gambut untuk Perkebunan Kelapa Sawit: Meningkatkan Kemaslahatan dan Mengurangi Kemudharatan

Potensi lahan gambut

Di Indonesia, luas lahan gambut yang sesuai (bersyarat) untuk usaha pertanian saat ini adalah sekitar 9 juta ha (Noor, 2010) dari luas lahan gambut keseluruhan sekitar 15 juta ha. Sementara yang sudah dibuka dan dikembangkan baru sekitar 0,5 juta ha untuk pertanian tanaman pangan yang dikelola oleh penduduk lokal serta petani transmigran umum dan spontan, dan 1,2 juta ha untuk perkebunan (terutama kelapa sawit). Potensi yang besar ini menjadi sangat prospektif untuk membantu dalam mengatasi masalah pencari kerja yang mencapai 116 juta jiwa dan penganggur 8,6 juta jiwa (Kompas, 4 Okt. 2010). Dari hasil penelitian Noor (2010) diperoleh bahwa dalam pengembangan kebun dan industri minyak kelapa sawit di lahan gambut dapat memberikan kesempatan kerja sebanyak 1 (satu) orang per 4 ha. Berarti untuk kegiatan on-farm dan off-farm, dari seluas 1,2 juta ha lahan gambut yang sudah dikembangkan dapat menyerap 300.000 orang tenaga kerja.

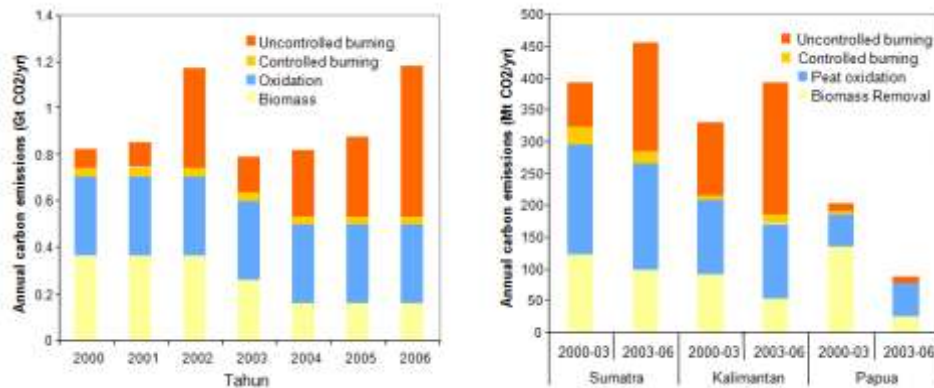
Selain itu pengembangan pertanian di lahan gambut telah memberikan sumber pendapatan yang cukup signifikan (Tabel 3). Ini berarti bahwa manfaat dari lahan gambut sudah banyak dirasakan oleh sebagian besar masyarakat, baik masyarakat di kebun maupun di luar kebun. Sebagai tantangan ke depan adalah mencari strategi pengelolaan lahan gambut yang lebih baik agar manfaat dari lahan tersebut menjadi lebih besar lagi dan berkesinambungan.

Permasalahan yang dihadapi

Akhir-akhir ini, permasalahan serius yang dihadapi dalam pemanfaatan lahan gambut adalah adanya isu lingkungan terkait emisi CO₂ yang dianggap pengaruhnya terhadap lingkungan global sangat signifikan. Di Indonesia, isu tersebut telah dipertajam oleh laporan tentang emisi CO₂ yang tinggi selama dua dekade terakhir ini (Hooijer *et al.* 2011). Kondisi tersebut telah menimbulkan adanya tekanan terhadap Pemerintah Indonesia untuk menurunkan emisi CO₂ secara nasional. Akibatnya, pihak pemerintah mengeluarkan Inpres No. 10 Tahun 2011 tentang Penundaan Izin Baru Pemanfaatan Lahan Hutan Primer dan Lahan Gambut. Untuk lahan gambut, penundaan izin baru tersebut lebih populer dikenal sebagai “Moratorium Lahan Gambut”.

Namun demikian, menurut Tim dari BAPPENAS (2011) berdasarkan dalam Gambar 2, bahwa rata-rata emisi selama periode tahun 2000 sampai dengan 2006 yang

diduga sekitar 928 Mt CO₂ tahun⁻¹, yang paling besar bersumber dari kebakaran dan hilangnya biomasa dan kerusakan hutan yaitu sekitar 552 Mt CO₂ tahun⁻¹. Sisanya berasal dari hasil oksidasi bahan organik.



Gambar 2. Estimasi emisi C dari lahan gambut di Indonesia sebagai hasil oksidasi biomasa dan bahan gambut, serta dari kebakaran gambut (BAPPENAS, 2011)

Selama periode tahun 2000–2006, pada sebagian lahan gambut di Kalimantan dan Sumatera telah terjadi beberapa kali kebakaran yang cukup luas. Salah satu di antaranya terjadi pada tahun 2002 di Kalimantan Tengah (Gambar 3). Sampai saat ini, teknologi pencegahan kebakaran sedang terus diupayakan.

Akhir-akhir ini masalah kehilangan cadangan C dari lahan gambut sering dikaitkan dengan kegiatan alih fungsi lahan, dengan tuduhan bahwa alih fungsi lahan ke penggunaan untuk pertanian/perkebunan yang terjadi adalah berasal dari hutan. Sebenarnya berdasarkan fakta, seperti terlihat di dalam Tabel 2, dapat dikemukakan bahwa perubahan penggunaan lahan gambut ke usaha pertanian tanaman pangan dan perkebunan lebih banyak berasal dari hutan yang sudah rusak/terbuka (*degraded forest*).



Gambar 3. Kebakaran pada lahan gambut di Kalimantan Tengah yang terjadi tahun 2002

Alternatif model pemanfaatan lahan gambut untuk perkebunan kelapa sawit

Dari uraian di atas dapat dikemukakan bahwa pada hakikatnya lahan gambut memberikan kemaslahatan bagi kehidupan umat manusia. Kemudharatan yang sering dirasakan sebagian masyarakat pada dasarnya akibat kekeliruan manusia dalam memilih teknologi pemanfaatan sumberdaya lahan tersebut.

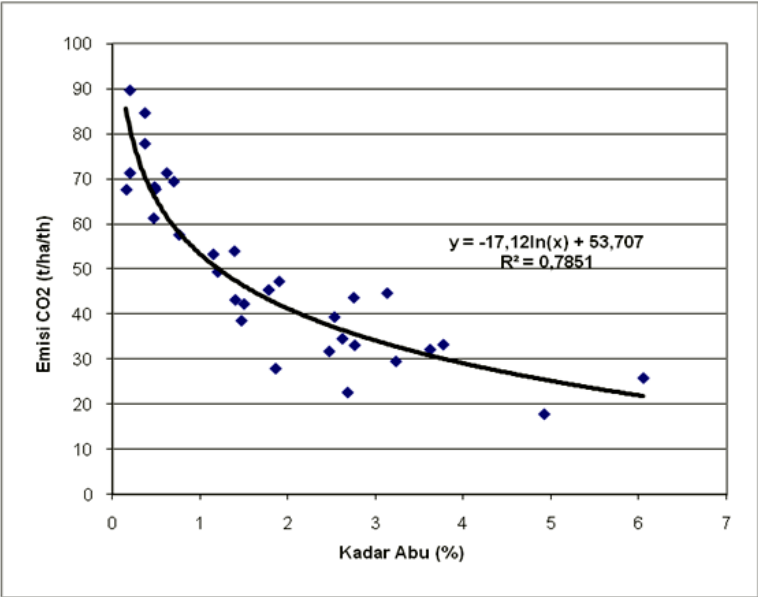
Dalam menetapkan pilihan teknologi untuk pemanfaatan lahan gambut sering para pengelola kurang mendasarkan pada kemampuan daya dukung (*bearing capacity*) dari lahan tersebut, sehingga hasil kegiatan menjadi kurang atau bahkan menjadi tidak bermanfaat, baik manfaat untuk saat ini maupun masa mendatang. Kemudharatan dari lahan gambut adalah karena mudah rusak apabila keliru di dalam pengelolaannya (WWF, 2008), sedangkan masyarakat yang berada di daerah yang didominasi lahan gambut berpandangan bahwa lahan tersebut merupakan aset yang harus diusahakan untuk kegiatan produksi. Dalam kaitannya dengan dua pandangan tersebut, Sabiham *et al.* (2012) telah mengusulkan beberapa skenario untuk menurunkan emisi CO₂ dengan tetap mempertahankan produktivitas lahan pada level yang optimum.

Faktor yang mempengaruhi emisi CO₂ dari lahan gambut di perkebunan kelapa sawit

Dari lima faktor yang telah dipelajari Tim dari IPB-BBSDLP (2011) terkait dengan emisi CO₂ di Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah, ternyata hanya tiga faktor (kedalaman muka air tanah, kadar abu dan tanaman bawah/tanaman penutup tanah) yang berpengaruh terhadap emisi. Ketebalan dan tingkat dekomposisi gambut tidak berpengaruh.

Sementara Sukarman *et al.* (2011), dalam penelitiannya di perkebunan kelapa sawit di Jambi dan Riau mendapatkan faktor kandungan air tanah cukup berpengaruh terhadap besaran emisi CO₂ yang terjadi. Dalam penelitian tersebut yang dilakukan pada awal musim hujan, dimana kedalaman muka air tanah lebih dari 1 meter, didapatkan bahwa, semakin tinggi kandungan air dalam gambut maka emisi CO₂ yang terjadi semakin rendah.

Hasil yang menarik dari penelitian Tim IPB-BBSDLP (2011) menunjukkan bahwa bahan mineral dalam gambut (kadar abu) yang mengandung Fe₂O₃ relatif tinggi (>3%) mempunyai korelasi sangat nyata dengan emisi CO₂, seperti terlihat dalam Gambar 4.



Gambar 4. Grafik korelasi hubungan antara kadar abu (%) dengan emisi CO₂ (t ha⁻¹ tahun⁻¹) pada lahan gambut di Kalimantan Tengah dan Kalimantan Barat

Berdasarkan Gambar 4 dapat dikemukakan bahwa gambut yang mengandung 6% kadar abu mengemisikan CO₂ dalam jumlah paling rendah, yaitu sekitar 23 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹, ekuivalen dengan jumlah CO₂ yang diserap oleh kelapa sawit untuk menghasilkan 20 sampai 24 t TBS ha⁻¹ tahun⁻¹. Penurunan emisi tersebut terjadi karena stabilitas gambut meningkat sebagai akibat dari terbentuknya ikatan kompleks organo-kation Fe. Tanaman bawah, yang didominasi oleh paku-pakuan (*Nephrolepis* sp.), juga berpengaruh terhadap emisi CO₂. Tanaman tersebut mampu menyerap CO₂ sekitar 9,75 t ha⁻¹ tahun⁻¹ (Sabiham *et al.* 2011)

Model pemanfaatan lahan gambut untuk perkebunan kelapa sawit

Dari tiga faktor dominan yang mampu mempengaruhi terhadap penurunan emisi CO₂ dengan mempertahankan tingkat produksi atau pertumbuhan kelapa sawit yang optimum, maka dapat diusulkan model pemanfaatan lahan gambut yang sesuai. Oleh karena banyaknya CO₂ yang diserap kelapa sawit tergantung pada umur tanaman, seperti terlihat di dalam Tabel 6, maka model pemanfaatan lahan gambut melalui penurunan emisi CO₂ diusulkan sebagai berikut:

$$E = f(gwt, acp, ucc)_{gso} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

E = pengelolaan lahan gambut melalui upaya penurunan emisi CO_2 ($\text{t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)

gwt = pengelolaan air melalui pengaturan permukaan air tanah (cm);

acp = pengelolaan kadar abu dengan penambahan bahan mineral [mg (100 g)^{-1} or in %];

ucc = pengelolaan tanaman bawah dengan mempertahankan bobot tanaman pada level kemampuan menyerap CO_2 tertinggi ($\text{t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)

gso = umur tanaman kelapa sawit (yr).

Tabel 6. Cadangan C pada pertanaman kelapa sawit di atas lahan gambut dan tanah mineral pada berbagai umur tanaman

No.	Lahan	Cadangan C (t C ha^{-1})				
		Hutan		Kelapa sawit		
		Primer	Terganggu	<6 thn	9-12 thn	14-15 thn
1.	Gambut	81,8	57,3	5,8	54,4	73,0
2.	Tanah mineral	268,1	61,8	6,8	63,9	79,5

Karena gwt merupakan faktor generik yang ditetapkan sebagai persyaratan dasar dalam usaha perkebunan kelapa sawit pada lahan gambut selain sebagai penentu utama emisi C, maka variabel dalam model menjadi kadar abu dan tanaman bawah. Dengan demikian, fungsi kehilangan C dapat ditulis dalam model sebagai berikut:

$$E = f(acp, ucc)_{gwt, gso} \dots\dots\dots (2)$$

Catatan: Mengingat jumlah pohon sawit per ha adalah 136, maka lahan gambut yang harus dikelola dengan penambahan bahan mineral hanya $136 \times 20 \text{ m}^2 = 2.720 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$; nilai 20 m^2 adalah luas piringan tanaman sawit.

Dari seluas 2.720 m^2 yang diberi bahan mineral yaitu pada piringan tanaman sawit, maka luas tanaman penutup tanah yang harus dipertahankan untuk meningkatkan serapan CO_2 dalam setiap hektarnya adalah sekitar 7.280 m^2 .

Untuk meningkatkan dan mempertahankan produksi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit pada tingkat yang optimum, maka pemeliharaan tanaman melalui upaya pemupukan dan pemberantasan hama-penyakit tanaman mutlak diperlukan. Pada dasarnya kegiatan yang terakhir ini telah dilakukan dengan baik oleh pelaku perkebunan sesuai dengan dosis dan cara pemberian yang direkomendasikan.

PENUTUP

Lahan gambut adalah aset yang dapat diusahakan untuk berbagai kegiatan produksi. Namun, kearifan dari pengelola terkait dengan pemanfaatan lahan tersebut sesuai dengan kemampuan daya dukung lahan menjadi sangat penting. Kemampuan daya dukung lahan

gambut untuk penggunaan lain berhubungan erat dengan karakteristik gambutnya. Pada kondisi jenuh air (Mario dan Sabiham, 2002; Furukawa, 2004) atau paling tidak kandungan airnya berada di atas batas kritis (Sabiham, 2000), gambut lebih stabil dibandingkan dengan kondisi kering, bahkan apabila kondisi lahannya terlalu kering bahan gambutnya menjadi mudah terbakar. Dengan demikian, pengelolaan air yang baik sehingga kandungan air dalam gambut selalu di atas batas kritis ($\geq 250\%$) menjadi dasar dalam pemanfaatan lahan gambut ke depan.

Pemilihan tanaman kelapa sawit, yang mudah beradaptasi pada lahan gambut dan mempunyai nilai ekonomi tinggi apabila dibandingkan dengan tanaman lain, sudah tepat. Akan tetapi, pemberian bahan mineral sebagai amelioran, yang dapat membentuk ikatan kompleks organik-kation, menjadi salah satu alternatif peningkatan stabilitas gambut yang diusahakan. Untuk meningkatkan sequestrasi CO_2 pada pertanaman kelapa sawit, pada saat tanaman sawit masih di bawah umur 6 tahun, maka pengayaan jenis tanaman yang mampu menyerap CO_2 menjadi sangat diperlukan. Untuk itu, pemeliharaan tanaman bawah (tanaman penutup tanah) menjadi penting dalam membantu mengurangi emisi CO_2 ke atmosfer.

Dengan demikian, pemanfaatan lahan gambut yang bersifat konstruktif-adaptif dalam rangka pengembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia ke depan sangat menjanjikan, terutama apabila dikaitkan dengan konteks percepatan pembangunan daerah yang mempunyai potensi lahan gambut sangat besar. Jadi, lahan gambut tidak harus dikhawatirkan akan tetapi harus menjadi tantangan dalam pembangunan ke depan agar kemaslahatan lahan tersebut menjadi jauh lebih besar dari kemudharatannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., Wahyunto, A., Dariah, P., Setyanto, I.G.M., Subiksa, E., Runtunuwu, E., Susanti and W. Supriatna. 2010. Carbon budget and management strategies for conserving carbon in peat land: Case study in Kubu Raya and Pontianak Districts, West Kalimantan, Indonesia. pp. 217-233. In, Chen, Z.S. and F. Agus (eds.), Proceedings of Int'l Workshop on Evaluation and Sustainable Management of Soil Carbon Sequestration.
- Andriessse, J.P. 1988. Nature and management of tropical peat soils. FAO Soil Bull. 59 Rome 165p.
- BAPPENAS, *Badan Perencanaan Pembangunan Nasional*. 2011. Reducing carbon emissions from Indonesia's peatlands. Interim report of a multi-disciplinary study. BAPPENAS, the Republic of Indonesia.
- Furukawa, H. 2004. The ecological destruction of coastal peat wetlands in Insular Southeast Asia. pp. 31-72. In, Furukawa, H. *et al.* (eds.) Ecological Destruction, Health, and Development: Advancing Asian Paradigms. Kyoto University Press and Trans Pacific Press. Australia Hadi *et al.* 2012.

- Hadi, A., D. Nursyamsi, K. Inubushi, dan R. Bahtiar. 2012. Inovasi teknologi untuk mitigasi GRK dari lahan gambut yang diusahakan untuk perkebunan kelapa sawit. pp. 44-49. *Dalam*, Prosiding Seminar Nasional dan Kongres MAKSI 2012
- Hooijer, A., S. Page, J. Jauhainen, W.A. Lee, X.X. Lu, A. Idris and G. Anshari. 2011. Subsidence and C loss in drainage tropical peatlands: Reducing uncertainty and implication for CO₂ emission reduction options. *Biogeoscience Discuss.* 8:9311-9356.
- IPB-BBSDLP. 2011. Mitigation plan and mitigation action on oil palm plantation in peatlands of Central and West Kalimantan. Final Report. Collaborative research between PT Smart Tbk and IPB-BBSDLP.
- Knorr, K.H., M.R. Oosterwoud, and C. Blodau. 2009. Experimental drought alters rates of soil respiration and methanogenesis but not carbon exchange in soil of a temperate fen. *Soil Biol. Biochem.* 40:1781-1791.
- Mario, M.D., dan S. Sabiham. 2002. Penggunaan tanah mineral yang diperkaya oleh bahan berkadar Fe tinggi sebagai amelioran dalam meningkatkan produksi dan stabilitas gambut. *J.Agroteksos* 2(1):35-45.
- Noor, M. 2010. Peningkatan produktivitas lahan gambut dan perluasan lapangan kerja. pp: III-1 – III.20. *Dalam*, Prosiding Semiloka Nasional Pemanfaatan Lahan Gambut Berkelanjutan untuk Pengurangan Kemiskinan dan Percepatan Pembangunan Daerah. PSP3-Dept.ITSL, IPB. Bogor, 28 Oktober 2010.
- Noorginayuwati, A. Rafieq, M. Noor, dan A. Jumberi. 2007. Kearifan lokal dalam pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian di Kalimantan.. *Dalam*, Mukhlis *et al.* (eds) Kearifan Lokal Pertanian di Lahan Rawa. BBSDLP-BA LITTRA. Bogor.
- Orlov, D.S. 1995. Humic substances of soils and general theory of humification. AA. Balkema Publ. USA.
- Rina, Y., Ar-Reza, dan M. Noor. 2008. Profil sosial ekonomi dan kelembagaan petani di Dadahup, Kalimantan Tengah. Prosiding Seminar Nasional Padi di Sukamandi, tgl 23-24 Juli 2008
- Sabiham, S., S.D. Tarigan, Hariyadi, I. Las, F. Agus, Sukarman, P. Setyanto and Wahyunto. 2012. Organic carbon storage and Management strategies in reducing carbon emission from peatlands. *Pedologist* (2012):246-254.
- Sabiham, S. 2000. Kadar air kritis gambut Kalimantan Tengah dalam kaitannya dengan kejadian kering tidak-balik. *J. Tanah Trop.* 11:21-30.
- Soil Survey Staff. 2003. Keys to Soil Taxonomy. Ninth Edition. Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agricultural.
- Stevenson, F.J. 1994. Humus chemistry. Genesis, composition, reaction. A Wildey-Inter science Publ. 2nd Edition. NY.
- Sukarman, Suparto, Hikmatullah, dan M. Ariani. 2011. Identifikasi dan Karakterisasi Tanah Gambut Sebagai Dasar Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca Di Perkebunan Kelapa Sawit. Laporan Penelitian Kerjasama BBSDLP dengan Kemenristek. Balai

Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian.

- Tropenbos International – Indonesia. 2012. Kajian penggunaan lahan gambut di Indonesia: Perkembangan pembangunan kebun kelapa sawit pada lahan gambut di Indonesia. Bahan presentasi pada Seminar Nasional “Lahan Gambut: Masalah atau Mudharat?” yang diselenggarakan oleh FORWATAN di Jakarta, pada tgl. 15 Maret 2012.
- USEPA, United State Environmental Protection Agency. 1990. Greenhouse gas measurement from agriculture
- Wahyunto, S. Ritung, Suparto, and H. Subagjo. 2005. Peatland distribution and its C content in Sumatra and Kalimantan. Wetland International – Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada. Bogor, Indonesia.
- Wahyunto, S. Ritung, Suparto, and H. Subagjo. 2004. Map of peatland distribution and its C content in Kalimantan. Wetland Int’l – Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada. Bogor, Indonesia.
- WWF. 2008. Deforestation, forest degradation, biodiversity loss and CO₂ emissions in Riau, Sumatera, Indonesia. WWF Indonesia Technical Report. www.wwf.or.id

2

DILEMA DAN RASIONALISASI KEBIJAKAN PEMANFAATAN LAHAN GAMBUT UNTUK AREAL PERTANIAN

Irsal Las, Muhrizal Sarwani, Anny Mulyani, dan Meli Fitriani Saragih

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114 (irsallas@indo.net.id)

Abstrak. Jumlah penduduk yang terus meningkat dengan laju pertumbuhan 1,5% per tahun, perlu diikuti oleh penambahan luas baku lahan agar swasembada beras dapat dipertahankan dan mendorong terwujudnya swasembada pangan lainnya. Namun, hal tersebut sulit dicapai karena berbagai faktor di antaranya rendahnya kepemilikan lahan per kapita, konversi lahan pertanian produktif terutama lahan sawah menjadi non pertanian, dan terbatasnya cadangan lahan di tanah mineral (sempit dan terpencar). Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan pangan tersebut diperlukan alternatif lain yaitu lahan rawa termasuk gambut. Total lahan rawa sekitar 33 juta ha, dan 14,9 juta ha di antaranya merupakan lahan gambut. Pesatnya pertumbuhan lahan perkebunan sekitar 10 juta ha dalam kurun waktu 20 tahun (1986-2006), terutama kelapa sawit, dan 19% di antara perkebunan sawit tersebut berada di lahan gambut. Lahan rawa akan menjadi tumpuan harapan sebagai lahan cadangan pertanian mendatang karena mempunyai kawasan hamparan yang cukup luas dan dapat dikembangkan baik untuk pengembangan pertanian pada skala komersial maupun konvensional, serta jelasnya kepemilikannya (sebagian besar tanah Negara, berupa hutan produksi konversi). Dilemanya, di satu sisi tuntutan pemanfaatan lahan rawa untuk berbagai sektor semakin besar, di sisi lain Indonesia didesak untuk tidak membuka lahan pertanian baru dari lahan yang bervegetasi hutan atau lahan rawa (gambut). Oleh karena itu, perlu solusi yang bijaksana untuk menengahi dilema tersebut dengan berbagai upaya pengelolaan lahan gambut yang berkelanjutan serta pemilihan jenis komoditas yang sesuai dengan peruntukannya, dengan mempertimbangkan berbagai perangkat peraturan pemerintah yang berlaku.

PENDAHULUAN

Tingginya laju peningkatan emisi (pelepasan) gas rumah kaca (GRK) ke atmosfer yang dipicu oleh berbagai aktivitas manusia, telah menyebabkan terjadinya pemanasan global yang mengakibatkan perubahan iklim. GRK yang umumnya terdapat dalam bentuk CO₂ (karbon dioksida), N₂O (dinitrogen oksida), dan CH₄ (metana) berasal dari kegiatan di berbagai sektor seperti kehutanan, energi, industri, pertanian, limbah dan transportasi serta kegiatan yang berkaitan dengan perubahan penggunaan lahan.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC, 2006) mencatat bahwa pada tahun 2000 emisi GRK Indonesia diperkirakan sebesar 1,4 G ton CO₂e. Dari angka itu, 0,39 G ton diperkirakan berasal dari lahan gambut. Tanpa adanya upaya untuk menurunkan emisi GRK atau dikenal sebagai *business as usual* (BAU), emisi

GRK dari lahan gambut pada tahun 2020 akan meningkat lebih dari tiga kali lipat dari total emisi sebesar 2,95 G ton CO₂e. Peningkatan emisi GRK akibat pengelolaan lahan gambut yang tidak tepat ini akan menjadi ancaman serius bagi sumber penghidupan masyarakat lokal, fungsi daerah aliran sungai, serta berbagai bentuk keanekaragaman hayati.

Tanah gambut menyimpan dan menyerap karbon dalam jumlah yang tinggi. Setiap ketebalan 1 meter gambut dapat menyimpan karbon sekitar 500 ton ha⁻¹. Dari sekitar 14 juta ha lahan gambut yang ada dewasa ini, dua pertiga di antaranya termasuk dangkal (<2 meter) dan 34% lainnya berupa gambut agak dalam sampai dalam dengan ketebalan >2 meter. Biomassa bawah tanah (*below-ground*) di lahan gambut 10-15 kali lebih besar dari biomassa atas tanah (*above-ground*). Konversi lahan gambut ke penggunaan lain (*deforestasi disertai drainase*) akan menyebabkan perubahan keseimbangan karbon di dalam tanah akibat terhentinya pembentukan gambut karena hilangnya suplai bahan organik dari tanaman di atasnya, dan meningkatnya emisi karbon melalui proses dekomposisi karena terbukanya lahan dan drainase (Agus et al. 2007).

Emisi dan penambatan karbon pada lahan gambut berlangsung secara simultan, namun besaran masing-masing bergantung keadaan alam dan aktivitas manusia. Dalam keadaan hutan alam yang pada umumnya jenuh air (suasana anaerob), penambatan (sekuestrasi) karbon berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan dekomposisi. Karena itu gambut tumbuh dengan kecepatan antara 0-3 mm tahun⁻¹ (Parish et al. 2007). Pada tahun-tahun terjadinya kemarau panjang, misalnya tahun El-Nino, kemungkinan besar gambut tumbuh negatif (menipis) karena lapisan permukaannya berada dalam keadaan tidak jenuh (aerob) dalam waktu yang cukup lama sehingga emisi karbon lebih cepat daripada penambatan.

Pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian menghadapi dilema, di satu sisi lahan gambut diperlukan untuk memenuhi kebutuhan dan ketahanan pangan, pengembangan bio-energi, dan pertumbuhan ekonomi terutama komoditas ekspor. Di sisi lain, Indonesia mendapat desakan agar tidak membuka lahan hutan dan gambut untuk mengurangi emisi GRK. Sementara itu, ketersediaan lahan potensial dari lahan mineral semakin terbatas karena tingginya persaingan dan kompetisi pemanfaatan lahan dan konflik kepentingan untuk berbagai sektor. Oleh karena itu, lahan rawa menjadi salah satu alternatif cadangan lahan di masa yang akan datang.

Pesatnya pengembangan lahan perkebunan dalam 20 tahun terakhir, yaitu dari 8,77 juta ha pada tahun 1986 menjadi 18,5 juta ha pada tahun 2006 (BPS, 1986-2006). Dalam kurun waktu tersebut, kelapa sawit merupakan komoditas primadona yang mendominasi pemanfaatan lahan pertanian, yaitu dari 0,6 juta ha menjadi 6,3 juta ha. Pembukaan hutan gambut untuk pengembangan perkebunan, terutama kelapa sawit, pada umumnya dilakukan dengan cara tebas bakar yang menghasilkan CO₂ sebanyak 1.400 juta ton dan

dekomposisi gambut menyumbangkan sekitar 600 juta ton CO₂ setiap tahun. Menurut Hoojier *et al.* (2006) yang telah melakukan analisis dan pendugaan emisi karbon lahan gambut di Indonesia, emisi tahunan CO₂ lahan gambut berkisar antara 1.400 sampai 4.500 juta ton dengan nilai tengah sekitar 3.000 juta ton. Namun nilai pendugaan ini masih mempunyai tingkat ketidakpastian yang sangat besar (sekitar 60-70%).

Perubahan iklim yang telah dan akan terus terjadi, dapat mengancam pembangunan sektor pertanian, apalagi jika tidak dilakukan upaya mitigasi. Dampak negatif perubahan iklim jauh lebih besar daripada dampak positifnya. Bagi sektor pertanian upaya adaptasi menjadi prioritas utama yang harus dilakukan, terutama dalam upaya menyelamatkan dan mengamankan ketahanan pangan nasional serta berbagai sasaran pembangunan pertanian lainnya, sebagaimana terekspresikan pada empat sukses pembangunan pertanian.

Selain mendukung komitmen internasional untuk menurunkan emisi gas rumah kaca, upaya mitigasi pada sektor pertanian juga diperlukan untuk mendukung upaya adaptasi. Pada sektor pertanian, lahan gambut merupakan salah satu sumber emisi gas rumah kaca (GRK) yang sangat menonjol, oleh sebab itu, pengelolaan lahan gambut menjadi sangat strategis dan penting dalam menurunkan emisi GRK pada sektor pertanian.

Indonesia termasuk negara yang mempunyai lahan gambut terluas yaitu sekitar 14,9 juta ha dan cadangan karbon berkisar antara 26-39 Giga Ton (37-55 Giga ton), tersebar di Sumatra, Kalimantan, dan Papua. Dalam keadaan alami, hutan gambut mengalami proses dekomposisi yang menghasilkan gas rumah kaca (GRK) secara perlahan, sehingga emisi yang dihasilkannya relatif seimbang bahkan lebih rendah dibandingkan dengan penyerapan CO₂ oleh vegetasi alami sehingga hutan gambut berperan sebagai penyerap (sink) karbon. Meski demikian, cadangan karbon dalam tanah gambut bersifat labil, yakni sangat mudah teremisi jika terjadi gangguan terhadap kondisi alaminya.

Makalah ini menyajikan status dan keragaan sumberdaya lahan untuk pertanian di Indonesia, strategi dan kebijakan pemerintah dalam pemanfaatan lahan gambut, serta peluang pemanfaatan lahan gambut di Indonesia.

KERAGAAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN

Perkembangan lahan pertanian

Indonesia dengan luas wilayah sekitar 188,2 juta ha, sebagian telah dimanfaatkan untuk usaha pertanian dan perkebunan yaitu seluas 70 juta ha yang terdiri dari pekarangan, tegalan, sawah, perkebunan, kayu-kayuan, dan lahan sementara tidak diusahakan (Tabel 1). Dari luasan tersebut, sekitar 45 juta ha yang efektif dan produktif

untuk menghasilkan produk pangan utama beras, jagung, kedelai dan tebu, yaitu dari lahan sawah seluas 7,9 juta ha dan tegalan seluas 15,6 juta ha. Namun, penciptaan lahan sawah akibat alih fungsi lahan sawah produktif menjadi lahan non pertanian, dengan laju 50.000-70.000 ha per tahun, dapat mengancam ketahanan pangan nasional, apabila tidak diimbangi dengan perluasan areal sawah baru.

Tabel 1. Perkembangan lahan pertanian periode tahun 1986-2006 (BPS, 1986-2006)

Penggunaan lahan	1986	1991	1996	2001	2006
	- ha -				
Pekarangan	4.547.565	4.961.901	5.291.375	5.133.525	5.357.596
Tegalan	11.267.280	11.727.397	11.562.812	12.511.963	14.614.144
Pd. Rumput	2.419.121	2.105.032	1.953.085	2.034.933	2.432.113
Kolam	325.834	461.180	622.360	588.718	778.939
Lahan terlantar	8.092.351	7.700.806	7.335.586	9.164.509	11.341.757
Kayu-kayuan	9.198.354	10.227.368	9.446.070	9.895.527	9.303.625
Perkebunan	8.036.275	10.860.351	14.488.415	19.229.836	18.489.589
Sawah	7.762.032	8.214.978	8.519.110	7.491.159	7.885.878
Jumlah	51.648.812	56.259.013	59.218.813	66.050.170	70.203.641

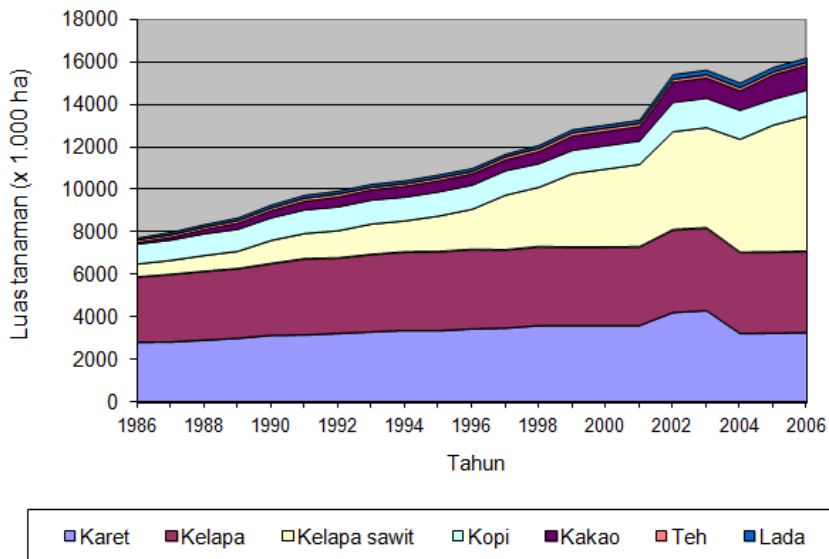
Keterangan: Luas penggunaan lahan tidak termasuk Papua dan Maluku (tidak tersedia data)

Dilema Pemanfaatan Lahan Gambut untuk Pertanian

Perkembangan perkebunan komoditas sawit dan karet semakin pesat karena menghasilkan keuntungan finansial yang jauh lebih tinggi dibanding komoditas pertanian lainnya, terutama untuk wilayah dengan kepadatan penduduk yang rendah seperti di Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Oleh sebab itu, sejak lebih dari 20 tahun terakhir, kedua komoditas tersebut menjadi usahatani pilihan utama bagi petani dan pengusaha swasta/investor. Sebagai ilustrasi, pada tahun 1986 luas lahan perkebunan sekitar 8,77 juta ha sedangkan pada tahun 2006 meningkat menjadi 18,5 juta ha. Dalam kurun waktu tersebut, kelapa sawit merupakan komoditas primadona yang mendominasi pemanfaatan lahan pertanian, yaitu dari 0,6 juta ha menjadi 6,3 juta ha (Gambar 1). Pertumbuhan tertinggi terjadi di Pulau Sumatera dan Kalimantan (BPS, 1986-2006). Pesatnya perluasan areal perkebunan sawit dan karet tersebut menyebabkan dinamika perubahan penggunaan lahan juga sangat cepat.

Pesatnya pengembangan komoditas perkebunan tersebut, mendorong untuk membuka lahan sub optimal termasuk gambut. Sasaran pembukaan lahan yang semula ditujukan pada lahan mineral yang subur telah beralih kepada lahan gambut yang fragil dan beresiko terhadap sumberdaya dan lingkungan, terutam emisi GRK. Hal tersebut didorong oleh makin terbatasnya lahan mineral dengan luasan yang memadai untuk skala usaha komersial dan ekonomis, serta kompleksitas permasalahan yang dihadapi (*land*

tenure). Ternyata secara agronomis dan ekonomis, pemanfaatan lahan gambut untuk kelapa sawit termasuk layak dan tetap memberikan keuntungan bagi petani atau pengusaha. Dewasa ini diperkirakan sekitar 19% dari total luas perkebunan kelapa sawit berada di lahan gambut.



Gambar 1. Perkembangan lahan pertanian periode 1986-2006

Walaupun sebagian kawasan gambut yang dimanfaatkan untuk perluasan areal perkebunan tersebut merupakan lahan yang selama ini “terlantar/terdegradasi”, tetapi perluasan tersebut dan dengan berbagai argumentasi dan kepentingan, telah menuai kritik dan memunculkan polemik dalam komunikasi internasional, baik oleh negara maju maupun oleh LSM.

Untuk wilayah yang sebagian besar wilayahnya gambut seperti Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat, Muara Jambi-Jambi, Pulang Pisau, Kalimantan Tengah, maka pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian merupakan kebutuhan mutlak yang tidak bisa dihindari. Oleh karena itu, perlu diupayakan dengan berbagai cara bagaimana mengembangkan pertanian di lahan gambut yang tetap menjaga kelestarian lingkungan dan dapat menekan emisi GRK.

Kebutuhan lahan pertanian

Untuk memenuhi kebutuhan beras dan bahan pangan nasional sampai dengan tahun 2025, Indonesia memerlukan tambahan luas baku lahan sawah sekitar 2,295 juta ha

dan sekitar 6, 083 juta ha menjelang tahun 2050, itupun tidak akan mencukupi kebutuhan pangan, sehingga diperlukan tambahan luas baku lahan kering yang lebih luas lagi yaitu 5,875 juta ha. Selain itu, untuk mempertahankan laju pertumbuhan ekonomi khususnya komoditas ekspor (perkebunan dan hortikultura), dibutuhkan tambahan luas baku lahan sekitar 250.000-350.000 ha tahun⁻¹ dan sampai dengan tahun 2025, diperlukan sekitar 4-6 juta ha (Ritung *et al.* 2010; Mulyani dan Hidayat, 2010).

Kebutuhan lahan untuk memenuhi pangan pada tahun 2025 tersebut, sudah pasti akan memanfaatkan lahan-lahan yang tersedia termasuk lahan rawa, baik itu rawa pasang surut, rawa lebak, maupun gambut. Dengan adanya Undang-undang No 41/2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (PLPPB) diharapkan dapat mengurangi laju konversi lahan. Konversi lahan tidak hanya terjadi dari lahan sawah menjadi lahan non pertanian tetapi juga dari lahan sawah menjadi lahan perkebunan.

Sebagai ilustrasi, di Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi, total sawah sekitar 41.000 ha, dan konversi lahan sawah ke perkebunan sawit sekitar 2.000 ha per tahun. Untuk menekan laju konversi tersebut dan melindungi pertanian pangan, Pemda Kabupaten Tanjung Jabung Timur telah menetapkan sekitar 17.000 ha lahan sawah yang dilindungi, dengan memberikan insentif untuk lahan sawah tersebut seperti perbaikan tata air mikro, jalan usaha tani, dan bantuan saprodi (Bappeda Tanjung Jabung Timur, 2012). Apabila seluruh kabupaten sudah mempunyai target dan menetapkan luasan lahan sawah yang akan dilindungi dari konversi lahan, maka konversi lahan dapat diperlambat.

POTENSI DAN PROSPEK PEMANFAATAN LAHAN GAMBUT UNTUK PERTANIAN

Total luas lahan gambut di Indonesia cukup besar yaitu sekitar 14,9 juta ha, dengan penyebaran terluas berada di pantai timur Pulau Sumatera (Provinsi Sumatera Selatan, Jambi, Riau), Kalimantan (Kalimantan Tengah dan Kalimantan Barat) dan Papua (Papua dan Papua Barat), seperti disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan kedalaman gambutnya, sebagian besar termasuk kelas D1 (dangkal) < 100 cm, agak dalam (100-200 cm), dalam (200-400 cm) dan sangat dalam (> 400 cm). Di Sumatera dan Kalimantan, penyebaran gambut dengan kedalaman dangkal, agak dalam, dalam dan sangat dalam menyebar merata, sedangkan di Papua dan Papua Barat, sebagian besar bergambut dangkal (BBSLDP, 2011).

Lahan gambut yang mempunyai ketebalan gambut dangkal (< 100) umumnya sesuai untuk pengembangan pertanian tanaman pangan dan hortikultura semusim (sayuran dan buah). Secara agronomis (produktivitas) dan secara ekonomis, sekitar 25-35% lahan gambut cukup potensial dan sesuai untuk pengembangan pertanian. Kelebihan lain dari pemanfaatan lahan gambut ini adalah tersedia dalam kawasan dan hamparan yang cukup

luas, tidak seperti di lahan kering (terpencar-pencar dan skala kecil). Sekitar 9 juta ha lahan gambut layak dikembangkan untuk pengembangan pertanian. Fakta di lapangan saat ini sekitar 15-20% lahan gambut telah dimanfaatkan untuk pengembangan pertanian, terluas untuk kelapa sawit, yang umumnya sangat produktif dan menguntungkan petani. Fakta lain menunjukkan bahwa, sebagian lahan gambut ini sudah dibuka dan saat ini sebagian berupa lahan terlantar (semak belukar dan rerumputan) yang secara ekonomis tidak mempunyai nilai tambah (4,5 juta ha). Apabila lahan tersebut dimanfaatkan untuk perkebunan yang memperhatikan aspek lingkungan, maka pemanfaatan lahan gambut tersebut akan memberikan keuntungan dan mempunyai nilai tambah ekonomis bagi penggarapnya.

Tabel 2. Luas dan sebaran lahan gambut menurut kedalaman di Indonesia

Pulau	Kedalaman gambut				Total	
	D1	D2	D3	D4	Ha	%
Sumatera	1.767.303	1.707.827	1.242.959	1.718.560	6.436.649	43.2
Kalimantan	1.048.611	1.389.813	1.072.769	1.266.811	4.778.004	32.1
Papua	2.425.523	817.651	447.747	0	3.690.921	24.8
Total	5.241.438	3.915.291	2.763.475	2.985.371	14.905.574	100.0

Sumber: BBSDLP (2011)

Dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk, maka untuk memenuhi kebutuhan pangan, bioenergi, pertumbuhan ekonomi, mutlak memerlukan perluasan areal pertanian, dimana tumpuan utamanya adalah di lahan rawa termasuk gambut. Dilema, di satu sisi lahan gambut perlu dipertahankan untuk tidak dibuka (moratorium), karena adanya isu pemanasan global akibat peningkatan emisi GRK dari pembukaan lahan gambut, di sisi lain kebutuhan lahan untuk berbagai sektor semakin meningkat. Oleh sebab itu, pemanfaatan sumberdaya lahan ke depan harus berazas skala prioritas dengan mempertimbangan berbagai aspek teknis, non teknis, ekonomis, dan lingkungan.

STRATEGI DAN TEKNOLOGI PENGELOLAAN LAHAN GAMBUT BERKELANJUTAN (PLGB)

Berdasarkan uraian di atas, untuk pengembangan lahan gambut secara berkelanjutan diperlukan beberapa strategi sebagai berikut:

1. Untuk usaha pertanian tanaman pangan dan perkebunan yang berkelanjutan, sebaiknya mengikuti Permentan No. 14/2009 dimana ketebalan gambut yang diizinkan untuk dibuka adalah yang kurang dari 3 m. Meskipun secara agronomis dan ekonomis, ketebalan lahan gambut > 3 m pertumbuhan tanaman dan hasil tanaman masih menguntungkan, hanya saja dari segi lingkungan dan dampaknya ke depan,

sebaiknya lahan ini tetap dipertahankan sebagai kawasan konservasi (hidrologis dan resapan air).

2. Selain kedalaman gambut, yang perlu diperhatikan adalah substratumnya. Untuk substratum liat akan lebih baik dibandingkan pasir. Kasus di Kalimantan Tengah, lahan gambut dengan substratum pasir putih, setelah lapisan gambut habis karena subsiden dan terbakar saat kemarau panjang, saat ini tanaman mati dan lahan tersebut menjadi padang pasir. Oleh karena itu, hindari lahan gambut dengan substratum pasir. Demikian juga dengan kematangan gambut, kematangan gambut saprik akan lebih baik dibanding hemik dan fibrik untuk tegaknya pertumbuhan tanaman normal dan tingkat kesuburannya.
3. Hindari pembukaan lahan gambut dengan vegetasi alami hutan lebat atau hutan sekunder atau kawasan hutan lindung dan pencegahan kebakaran hutan. Pemanfaatan lahan gambut diarahkan untuk rehabilitasi lahan terlantar berupa semak belukar atau rumput, menjadi lahan produktif yang menguntungkan baik dari segi ekonomis, ekologis, maupun hidrologis.
4. Pemilihan komoditas tanaman yang sesuai dan ekonomis menguntungkan. Untuk mencegah kebakaran hutan dan subsiden maka pengaturan saluran drainase perlu diperhatikan. Pilih jenis tanaman yang toleran dengan muka air tanah dangkal, seperti karet dan sagu atau pilih tanaman (varietas) yang menyimpan (sekuestrasi) C tinggi,
5. Pengelolaan lahan gambut berkelanjutan yaitu dengan memanfaatkan teknologi ramah lingkungan dan rendah emisi (pengelolaan air, pengatur drainase, pemberian ameliorant, pemupukan, dan lainnya).

IMPLIKASI KEBIJAKAN

Sebagai tindak lanjut dari komitmen pemerintah untuk menurunkan emisi GRK sebesar 26% hingga 41% terhadap tingkat emisi pada kondisi business as usual (BAU) tahun 2020, telah diterbitkan INPRES No.10/2011 tentang “Penundaan pemberian izin baru dan penyempurnaan tata kelola hutan alam primer dan lahan gambut”. Tujuan dan sasarannya adalah untuk menciptakan kesempatan yang memadai bagi semua pihak melakukan tinjauan ulang atas rencana yang disusun dalam konteks strategi pendayagunaan sumberdaya lahan gambut yang sesuai dengan prinsip-prinsip keberlanjutan serta peningkatan kontribusinya dalam mitigasi perubahan iklim.

Dalam perspektif pertanian, diharapkan INPRES No.10/2011 tersebut akan memberikan berbagai implikasi yang bersifat prospektif, antara lain akan mendorong upaya optimalisasi lahan eksisting, serta mengarahkan program perluasan areal pertanian

kepada lahan-lahan yang lebih “tepat dan aman” atau berdampak kecil terhadap emisi GRK, kerusakan sumberdaya dan lingkungan.

Arah dan kebijakan pembangunan pertanian ke depan harus bertitik tolak dari upaya konsolidasi dan optimalisasi sumberdaya lahan melalui: (a) audit lahan pertanian eksisting, kalkulasi kebutuhan dan potensi ketersediaan lahan pertanian; (b) optimalisasi lahan pertanian eksisting melalui pendekatan dan teknologi inovatif, dan (c) perlindungan lahan dengan menghindari, atau mengurangi laju alih fungsi dan deforestasi.

Pemenuhan kebutuhan untuk perluasan areal pertanian (ekstensifikasi), perlu diarahkan pada kebijakan sebagai berikut: (a) perluasan areal baru untuk padi dengan pencetakan sawah baru, (b) perluasan areal baru lainnya, diarahkan pada pemanfaatan lahan tidur/terdegradasi/terlantar, baik di lahan kering maupun lahan rawa (termasuk gambut), (c) pembukaan lahan baru untuk perkebunan dan BBN diprioritaskan pada lahan konsesi/sudah memperoleh ijin (IUP) dan sudah dibuka/terlantar, dan (d) mendorong pengusaha/ pemilik konsesi untuk mempercepat pengelolaan lahan terlantar.

Kebijakan mitigasi perubahan iklim pada sub sektor perkebunan hanya akan mencapai sarannya jika disain kebijakan, program, dan strategi implementasinya mempertimbangkan kondisi obyektif berikut ini secara cermat dan adil:

- Sub sektor perkebunan adalah “*prime mover*” pertumbuhan GDP dan devisa sektor pertanian khususnya, dan perekonomian nasional pada umumnya. Sebagai ilustrasi, dalam periode 2006 – 2010, neraca perdagangan komoditas pertanian yang mengalami surplus hanya dari sub sektor ini (Tabel Lampiran 1).
- Di sub sektor perkebunan, komoditas sawit dan karet mempunyai peran yang menonjol. Kaitan ke depan (*forward linkage*) dan ke kaitan belakang (*backward linkage*) kedua komoditas perkebunan ini sangat luas sehingga pertumbuhannya memiliki daya dorong pertumbuhan output, nilai tambah, dan pendapatan yang sangat tinggi.

Keberhasilan mitigasi perubahan iklim di sub sektor perkebunan khususnya maupun sektor pertanian pada umumnya, sangat ditentukan oleh koordinasi semua pihak terkait. Untuk itu, pengembangan jaringan kerja (*net work*) mitigasi perubahan iklim perlu diperkuat dan upaya untuk menjadikan mitigasi perubahan iklim sebagai bagian integral pembangunan sub sektor perkebunan perlu didukung oleh peraturan perundang-undangan. Agar efisien dan efektif, perlu dibentuk adanya kelompok-kelompok kerja yang mekanisme kerjanya bersifat lintas disiplin dan lintas sektor namun kelembagaannya dapat dikaitkan dengan sistem birokrasi dari masing-masing instansi yang bersangkutan.

KESIMPULAN

1. Dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk, semakin tinggi pula kebutuhan pangan nasional, sehingga perlu didukung oleh peningkatan luas baku lahan pertanian. Di sisi lain, lahan cadangan subur untuk pertanian sudah sangat terbatas sehingga harus memanfaatkan lahan sub optimal seperti lahan rawa (gambut).
2. Pemanfaatan lahan rawa di masa mendatang akan menjadi tumpuan pengembangan pertanian, karena lahan kering sudah terbatas dan terpencar serta status kepemilikan lahannya (*land tenure*), sementara lahan rawa mempunyai kawasan hamparan yang cukup luas dan dapat dikembangkan untuk skala komersial maupun konvensional.
3. Dilema, di satu sisi tuntutan pemanfaatan lahan untuk berbagai sektor semakin besar, di sisi lain Indonesia didesak untuk tidak membuka lahan pertanian baru dari lahan yang bervegetasi hutan atau lahan gambut. Oleh karena itu, perlu solusi yang bijaksana untuk menengahi dilema tersebut, dengan berbagai upaya pengelolaan gambut yang berkelanjutan serta pemilihan jenis komoditas yang sesuai dengan peruntukannya.
4. Pengelolaan lahan gambut mempunyai peran yang sangat strategis dalam mendukung komitmen Pemerintah Indonesia untuk berpartisipasi aktif dalam penurunan emisi GRK sebesar 26% hingga 41% dari kondisi business as usual (BAU) menjelang tahun 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. 2007. Simpanan Karbon dan Emisi CO₂ Lahan Gambut. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- BBSDLP. 2011. Peta Lahan Gambut Indonesia skala 1:250.000. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian, Jakarta
- Bappeda Tanjung Jabung Timur. 2012. Rencana Penetapan Lokasi Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan, Kabupaten Tanjung Jabung Timur. Badan Perencanaan Daerah Kabupaten Tanjung Jabung Timur. Jambi.
- BPS. 1986. Statistik Indonesia. Biro Pusat Statistik. Jakarta
- BPS. 2006. Statistik Indonesia. Badan Pusat Statistik. Jakarta
- Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H. and Page, S. 2006. PEAT-CO₂, Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943 (2006).
- Mulyani, A. dan A. Hidayat. 2010. Kapasitas Produksi Bahan Pangan Lahan Kering. Buku Analisis Kecukupan Sumberdaya Lahan Mendukung Ketahanan Pangan

- Nasional Hingga Tahun 2050. Penyunting (Sumarno dan Suharta). Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., and Silvius, M. (eds.). 2007. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wet Land International, Wageningen.
- Ritung, S., I. Las, dan LI. Amien. 2010. Kebutuhan Lahan Sawah (Irigasi, Tadah Hujan, Rawa Pasang Surut) Untuk Kecukupan Produksi Bahan Pangan Tahun 2010 Sampai Tahun 2050. Buku Analisis Kecukupan Sumberdaya Lahan Mendukung Ketahanan Pangan Nasional Hingga Tahun 2050. Penyunting (Sumarno dan Suharta). Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- UNFCCC. 2006. United Nations Framework Convention on Climate Change: Handbook. Bonn, Germany : Climate Change Secretariat.

Fahmuddin Agus and Muhrizal Sarwani

AARD Researcher at Indonesian Center for Agricultural Land Resources Research and Development, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114 (f_agus@litbang.deptan.go.id)

Abstract. *The United States Environmental Protection Agency (EPA) conducted lifecycle analysis (LCA) on the biofuel standard of palm oil used as the feedstock for biodiesel. The early 2012 version of the analysis concluded that palm oil, used as the feedstock of biodiesel and renewable diesel, does not meet the minimum requirement of 20% emission reduction relative to the emission from petroleum based diesel. According to the analysis, emission from peat decomposition and land use change contributed to over 46% of the total emissions. We reviewed and commented on (i) the emission factor, (ii) land use change analysis and assumed Indonesian peatland area used by the EPA. The emission factor of $95 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ used by the EPA was based on a peat subsidence study, rather than on carbon stock change measurement. This value was more than twice as high as the average annual emission rate of $38 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ based on direct CO_2 flux measurements from closed chambers. In the land use change analysis, EPA lumped the activity data of low C-stock shrubland into forest, and this bulges the figure of forest contribution on emission and overlooked the contribution of shrub conversion to oil palm plantation on sequestration. In addition, EPA used the old, mostly remote sensing-based version of Indonesian peatland map, that estimated the total peatland area of Sumatra and Kalimantan as large as 13 million ha. We propose the use of the more reliable 2011 version, which was verified with soil survey data, showing that the total peatland area of the two islands as large as 11.2 million ha. We recalculated the land use change (and peat emission) portion of the LCA by introducing three additive scenarios, (S1) peat emission factor of $38 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ which was based on a review of direct CO_2 flux measurement; (S2) future oil palm expansion will use 28% forest and 15% shrubland, rather than using 43% forest, (S3) data of peatland area in Sumatra and Kalimantan is reduced as high as 13% based on the revised peatland map. Our recalculation shows mean emission reductions of 31% (ranging from 26% to 35%), 33% (28%-38%) and 35% (31%-38%) from palm oil (PO) biodiesel and 25% (20%-29%), 27% (22%-32%) and 29% (25%-33%) from PO renewable diesel under the additive scenarios S1, S2 and S3, respectively, meaning that palm oil passes the minimum requirement of 20% emission reduction. This calculation shows the risk of losing opportunity to utilize palm oil based biodiesel when the analysis uses a rough estimate, subsidence-based emission factor, a rough land cover classification and the old version peat land map.*

Keywords: *live cycle analysis, land use change, emission factor, subsidence measurement, CO_2 flux measurements*

INTRODUCTION

As part of the United States of America strategy for emission reduction, the country seeks fuel alternative which meets the criteria of emission reduction and minimum harmful effects on the environment. Palm oil is one of the strongest feedstock for biofuel because of its high and rapid increase of its production.

In January 2012, the USA Government issued the Notice of Data Availability in the Federal Register /Vol. 77, No. 18. This Notice provides an opportunity for the public, government and non-government organizations to comment on EPA's analyses of palm oil used as a feedstock to produce biodiesel and renewable diesel under the Renewable Fuel Standard (RFS) program. EPA's analysis of the two types of biofuel shows that biodiesel and renewable diesel produced from palm oil have estimated lifecycle greenhouse gas (GHG) emission reductions of 17% and 11% respectively for these biofuels compared to the statutory baseline petroleum-based diesel fuel used in the RFS program. This analysis indicates that both palm oil-based biofuels would fail to qualify as meeting the minimum 20% GHG performance threshold for renewable fuel under the RFS program.

This Notice provides an opportunity to comment on EPA's analyses of lifecycle GHG emissions related to the production and use of biodiesel and renewable diesel produced from palm oil feedstock. EPA intend to consider all of the relevant comments received, especially if the comments pertain to EPA's analysis of lifecycle GHG emissions related to palm oil biofuels, and especially if they provide specific information for consideration in the modeling.

After studying the EPA analysis we found a few sections, especially on the subject related to land use change and emission from peat showing wide gaps with other studies. This paper reviews EPA analysis on land use change (including emission from peat) and recalculate the emissions under proposed scenarios.

SUMMARY OF USEPA ANALYSIS

On March 26, 2010, the United States Environmental Protection Agency (EPA) published changes to the Renewable Fuel Standard program regulations, known as "RFS2" final rule. As part of the RFS2 final rule EPA analyzed various categories of biofuels to determine whether the complete lifecycle GHG emissions associated with the production, distribution, and use of those fuels meet minimum lifecycle greenhouse gas reduction thresholds. The threshold of emission for 'other renewable fuels' in which biofuels generated from palm oil is 20% relative to that of petroleum-based diesel.

USEPA's analysis used the FAPRI-CARD model, a model of the Food and Agricultural Policy and Research Institute maintained by the Center for Agricultural and Rural Development at Iowa State University http://www.epa.gov/otaq/fuels/renewable_fuels/regulations.htm. The modeled scenario estimated 1.46 million metric tonnes (MMT) of crude palm oil used as feedstock to produce the additional 400 million gallons of palm oil biofuel in 2022; approximately 200 million gallons will be for biodiesel and 200 million gallons for renewable diesel from palm oil. EPA projected that global palm oil production would expand by 0.562 MMT in the palm biofuel case; the remaining volume (to meet the targeted 1.46 MMT) would be diverted from other sectors, such as food and chemical uses. In response EPA projected that production of other vegetable oils would increase to back fill the palm oil diverted to the biofuels industry.

The FAPRI-CARD model projects in which countries the palm oil will most likely be grown to supply these biofuel volumes to the U.S. based on the relative economics of palm oil production, yield trends in different regions and other factors. As close to 90% of palm oil is currently produced in Indonesia and Malaysia, these two countries would be the primary suppliers of palm oil for use as biofuel feedstocks, with other regions, such as Africa, Thailand and South America, contributing much smaller amounts. Therefore, modeling efforts focus on evaluating the lifecycle GHG emissions associated with palm oil production in these countries.

EPA assessed what the GHG emissions impacts would be related to palm oil production due to the use of additional volumes of palm oil for biofuel production. The assessment of palm oil as a biofuel feedstock considers GHG emissions from land use changes related to the production and use of palm oil. The analysis for Indonesia and Malaysia uses including higher resolution satellite imagery and maps of relevant geographic features, such as the location of existing oil palm plantations, soil types, roads, etc. This analysis involved projecting the locations of future palm oil expansion, the types of land impacted and the resulting GHG emissions. First, EPA gathered spatially explicit data on factors that could be expected to influence the location of palm oil plantations. The spatial data are analyzed using the GEOMOD land use change simulation model, to project the locations of incremental palm oil expansion in the scenarios modeled. The emission factor was derived from the latest subsidence study conducted in Riau and Jambi (Hooijer *et al.* 2012) that was endorsed by Page *et al.* (2011) who came up with the emissions factor of 95 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹ from peatland planted to oil palm.

The summary of EPA calculation is presented in Table 1 and 2. It is shown that land use change (including peat emission) is the dominant source of emission. Fuel production is another main source which mostly come from methane emission of palm oil mill effluent (POME). EPA concluded that palm oil does not meet the criteria of biofuel

standard, both for diesel and renewable diesel. Our review concentrates on land use change and peat emission.

Table 1. Lifecycle GHG emissions from palm oil biodiesel (kg CO₂-e/mmBtu)

Fuel type	Palm oil biodiesel	2005 Diesel baseline
Net Agriculture (w/o land use change)	5	-
Land Use Change, Mean (Low/High)	46 (28/66)	-
Fuel Production 25 18	25	18
Fuel and Feedstock Transport	4	*
Tailpipe Emissions	1	79
Total emission, Mean (Low/high)	80(62/101)	97
Midpoint lifecycle GHG Percentage reduction compared to Petroleum Base	17%	-

Table 2. Lifecycle GHG emissions from palm oil renewable diesel (kg CO₂-e/mmBtu)

Fuel type	Palm oil biodiesel	2005 Diesel baseline
Net Agriculture (w/o land use change)	5	-
Land Use Change, Mean (Low/High)	47 (28/67)	-
Fuel Production 25 18	31	18
Fuel and Feedstock Transport	4	*
Tailpipe Emissions	1	79
Total emission, Mean (Low/high)	87(68/107)	97
Midpoint lifecycle GHG Percentage reduction compared to Petroleum Base	11%	-

THE EMISSION FACTOR FOR PEAT DECOMPOSITION

EPA adopted an emission factor (EF) of 95 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹ for peat under oil palm plantation, based on a review paper by Page *et al.* (2011). These workers singled out the then discussion paper of Hooijer *et al.* (2012) who came up with emission rate from peat under oil palm plantation of 100 and 86 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹ for 25 and 50 year oil palm plantation cycles. For the 30 year oil palm cycle they came up with 95 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹. Page *et al.* (2011) showed the strengths and weaknesses of most other papers under their review but failed to expose the weaknesses of the papers by its co-authors Hooijer *et al.* (2012) and Jauhiainen *et al.* (2012).

Review of Hooijer *et al.* (2012)

Hooijer *et al.* (2012) paper has some strengths, but contains also substantial weaknesses associated with its methods. The strengths include:

- The use of subsidence method which, if correctly done, supposed to provide net C loss in the soil. The closed chamber measurement may not correctly separate CO₂ from peat decomposition from the root respiration making an over estimate in the EF.
- Large number of subsidence monitoring points, with a total of 215 and a high (1-3 month) measurement intervals. However, only 39 of those monitoring points were in oil palm plantations. The rests, 125 points were in *Acacia* plantations and 51 in peat swamp forest adjacent to the *Acacia* plantation.

The weaknesses that disqualify the validity of EF it derived:

- No measurement was included of the change of peat bulk density (BD) in the profile. The change of peat BD was instead, estimated from the BD of different locations and different land uses under 2, 5–7 and 18 years after the drainage has started. No measurements were made at the start and end of a period of many years of subsidence at the same site. The assumption that these different sites had the same BD before the drainage canals were constructed, was not critically discussed.
- There is no basis to judge how representative the Riau and Jambi sites are for the peat areas in Southeast Asia used for oil palm.
- Peat BD below the lowest water level was considered representative for the BD of the upper peat layer at the start of drainage, i.e. for the natural peat before subsidence started. In reality, the spatial (lateral and vertical) as well as temporal variations of even undrained peat is so high (see for example Figures 1 and 2) such that the assumptions as used by Hooijer *et al.* (2012) are not scientifically justifiable.
- Peat subsidence measurement under oil palm plantation was conducted for only one year (July 2009 to June 2010), which is too short a time period for a subsidence research. A measurement period of at least 3 years is expected to show the difference under the water table affected shrink and swell peat. Yet this one year subsidence monitoring under OP plantation, was assumed to have a continuum with the subsidence rate of other land uses influenced by different period of drainage and was extrapolated to 25 year and 50 year annualized emission estimates.

- No measurement of organic carbon content (C_{org}) was made and its changes overtime in the peat profile. The authors adopted the generalized C_{org} value of 55% based on Suhardjo and Widjaja-Adhi (1977).
- The key assumption that peat oxidation is 92% of the subsidence was not based on direct measurement of the change of peat carbon stock (changes of BD and C_{org}) and applying this constant as a basis of emission rate across the land uses and different length of time since the drainage starts. Other references, e.g. Couwenberg et al. (2010) and Wösten et al. (1997) suggest different ratios with consequence for the overall emission estimate; at the minimum, uncertainty analysis should include the plausible range for this key assumption.

What we can learn from Hooijer *et al.* (2012) is the fact that peat subsidence rate forms an asymptotic curve with time since the drainage is started. This finding was also demonstrated much earlier by Wösten *et al.* (1997). Expanding this “subsidence research” results for generating peat EF and applying the EF figure for a high level policy, such as “clean transportation”, poses a danger of poor quality political decision.

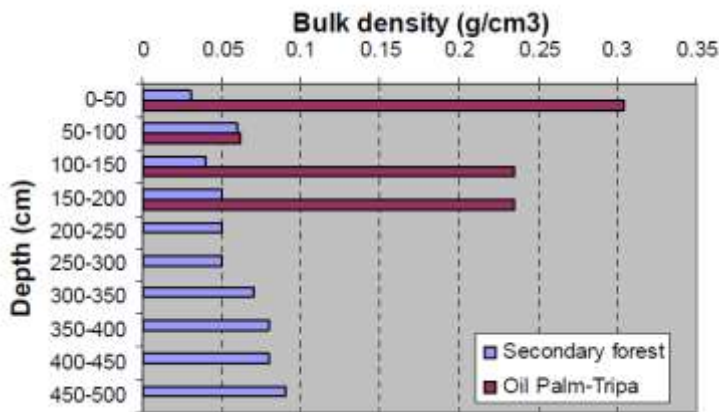


Figure 1. Peat bulk density under undrained loggover forest (7 measurement points) and oil palm plantation (5 measurement points) in a peat dome in Aceh (around 3°50' N; 96°31' E), Indonesia. Note that peat depths of most measurement points under oil palm plantations were <200 cm and the difference in peat BD was related in part to ash content and in part to subsidence. Source, Agus and Wahdini (2008)

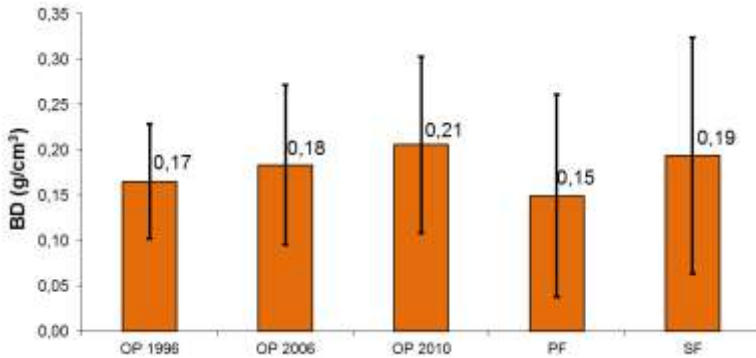


Figure 2. Peat bulk density under oil palm plantations established in 1996, 2006 and 2010 (OP 1996; OP 2006; OP 2010, respectively), primary forest (PF), and secondary forest (SF) in Jambi (Source: Marwanto *et al.* unpub.)

Review of Page *et al.* (2011) and related papers

Page *et al.* (2011) review is an intensive one on primary and other review papers. All of those reviewed papers can be divided into two groups on the basis of research methods,

- (i) closed chamber CO₂ flux measurements and
- (ii) peat subsidence measurements

Each group has its strengths and weaknesses. The weaknesses of those using the closed chamber method include:

- A few of those research were not conducted for long enough time (less than one year) and/or frequent enough measurements (less than once a month),
- Several did not separate the root respiration from the peat oxidation and for those who separated the two, there was no standardized techniques applied. This mixture however, cause an over-estimate of closed chamber-based measurement.

Their strengths include:

- They are more geographically distributed and thus represent a wider range of peat properties.
- They are also greater in the number of research units.

For the group of research using subsidence technique, they suffer from a very limited number of primary research units (only one in Malaysia by Wösten *et al.* 1997 and one in Riau and Jambi, Indonesia by Hooijer *et al.* 2012). Review papers on peat subsidence made liberal interpretations and assumptions based on these limited research

units. None of those research directly quantified the change of peat C stock the way it should be for generating peat (soil) EF (IPCC, 2006).

Wösten *et al.* (1997) from 17 observation points in Malaysia assumed the peat bulk density of 0.1 g cm^{-3} and C_{org} of 60% and found the subsidence rate to be 2 cm per year and estimated the emission as high as $27 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$; rather than 65 to $130 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ as reinterpreted by Page *et al.* (2011) (Table 1). What Wösten *et al.* (1997) presented is a graph depicting the shape of ground level as a function of distance from drain (Figure 3) and this relationship was used by Page *et al.* (2011) to estimate emission from peat (Table 3) by assuming a uniform peat bulk density along transects perpendicular to the drainage canal.

Our data, for example as presented in Figures 1 and 2, show a wide range of peat BD. In the case of data in Figure 1, the high peat BD under the oil palm plantation may have been caused by compaction due to drainage, but this could also be caused by the higher clay (ash) content of the peat; the property which is common for shallow peat. For Figure 2, the higher BD of peat under older oil palm plantation is very likely related to compaction, but the initial BD may have differed at the first place. Like Wösten *et al.* (1997) and Hooijer *et al.* (2012) Figure 2 does not show datum of the initial BD. However, unlike Wösten *et al.* (1997) and Hooijer *et al.* (2012) Figure 2 clearly show an increase of peat BD under the drained peat. This explains that generalized assumption of peat BD (and bulk carbon content) is not scientifically justifiable.

Each of the paper reviewed by Page *et al.* (2011) applied generalized, but contrastingly different estimates of peat oxidation/subsidence ratio. Couwenberg *et al.* (2010, a review paper) estimated that peat oxidation/subsidence ratio 40%; Wösten *et al.* (1997) and Couwenberg *et al.* (2010) estimated that it is 60%; and Hooijer *et al.* (2012) came up with a figure of 92%. On the contrary, Kool *et al.* (2006), based on the measurements of the changes of peat ash content and peat subsidence in Central Kalimantan, concluded that oxidation is only a small portion of subsidence while consolidation and compaction is the major one.

In general, peat subsidence approach, except of Kool *et al.* (2006) which was not reviewed by Page *et al.* (2011), came up with a much higher estimates of CO_2 emissions compared to the values based on closed chamber CO_2 flux measurements. However the uncertainty of the former is far higher than the latter due to scanty data and reliance on assumptions of bulk density, C_{org} and decomposition/subsidence ratio. On the other hand, emission factor derived from closed chamber measurement is supported by direct measurement of CO_2 fluxes based on a higher number of research units from many locations (greater geographical representation) and thus much less uncertain compared to that from subsidence measurements.

Table 3. Summary of peat carbon emissions estimated for various drainage depths on the basis of subsidence monitoring (Page et al. 2011)

REFERENCE	DESCRIPTION	CO ₂ EMISSION (Mg CO ₂ -eq ha ⁻¹ yr ⁻¹) AT DIFFERENT PLANTATION DRAINAGE DEPTHS (cm)				
		50	60	70	85	100
Wösten et al. (1997)	Relationship predicts emissions of 13 Mg CO ₂ -eq ha ⁻¹ yr ⁻¹ for each additional 0.1 m drainage depth. Based on subsidence rate of 0.45 m yr ⁻¹ , 60% decomposition, bulk C density of 0.06 g C cm ⁻³ .	65	78	91	110.5	130
Delft Hydraulics (2006) and Hooijer et al. (2010)	Relationship predicts emissions of 0.91 Mg CO ₂ -eq ha ⁻¹ yr ⁻¹ for each additional 0.1 m drainage depth. Model is based on the subsidence model of Wösten et al. (1997) combined with closed chamber measurements.	45.5	54.6	64	77.4	91
Couwenberg et al. (2010)	Original model. Predicts emissions of 0.9 Mg CO ₂ -eq ha ⁻¹ from each additional 0.1 m drainage depth, assuming 40% decomposition and a bulk carbon density of 0.068 g C cm ⁻³ .	45	54	63	77	90
	Decomposition contributes 60% of subsidence, bulk carbon density of 0.068 g C cm ⁻³ .	67	81	94	115	135
	Decomposition contributes 40%, bulk carbon density of 0.138 g C cm ⁻³ in upper 0.5 m of peat profile; from Ywih et al. (2010), values only calculated for drainage of 0.5 m.	89	—	—	—	—
	Decomposition contributes 60%, bulk carbon density of 0.138 g C cm ⁻³ in upper 0.5 m of peat profile; from Ywih et al. (2010), values only calculated for drainage of 0.5 m.	133	—	—	—	—
Hooijer et al. (2011)*	Empirical estimate of CO ₂ loss due to drainage. Decomposition estimated to be 92% of subsidence. Carbon loss over first five years after plantation drainage is higher (178 Mg CO ₂ -eq ha ⁻¹ yr ⁻¹). Values provided are emissions annualized over 25 and 50 years (see also Table 3).	—	—	86 - 100	—	—
Summary	Mean (standard deviation)	74 (33)	67 (15)	81 (17)	95 (21)	111 (24)
	Median	66	67	86	94	111
	Minimum	45	54	63	77	90
	Maximum	133	81	100	115	135

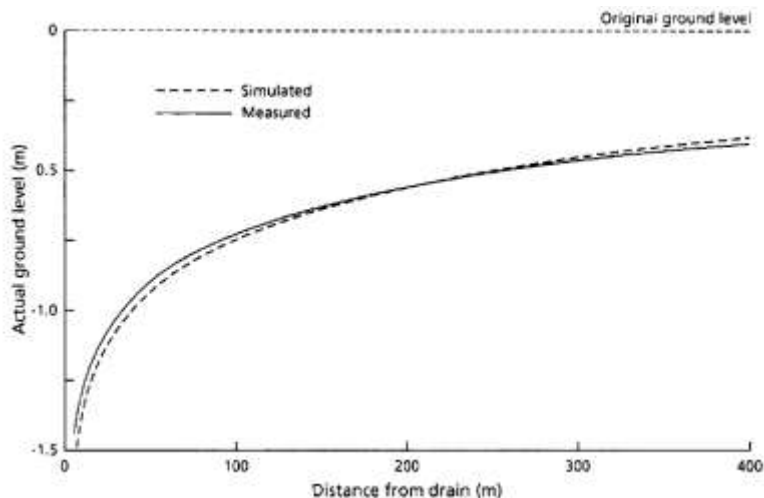


Figure 3. Simulated and measured shape of the ground level between two drains (Wösten *et al.* 1997)

OUR PROPOSED EMISSION FACTOR

Agus *et al.* (2011) assumed the average water table depth of peat under oil palm plantations as deep as 60 cm below the ground level. This water table level is considered most representative by oil palm growers and recommended as the best management practice by RSPO. Hooijer (2010), based on a review of literature on peat CO₂ that were mostly based on closed chamber measurement drew a linear relationship whereby the rate of emission increases as much as 0.91 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹ with every 1 cm increase in water table depth. Handayani (2010) and Melling *et al.* (2007) found around 30% contribution of root respiration from oil palm plantation that interferes the measurement of CO₂ from closed chambers. Based on this, Agus *et al.* (2010) modified the relationship of Hooijer *et al.* (2010) with a constant of 0.7 to exclude the 30% root respiration and came up with the emission (*E*) estimated as:

$$E \text{ (Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}) = 0.91 * 0.7 * \text{drainage depth (cm)} \quad [1]$$

With the drainage depth of 60 cm, this relationship results in the estimate of peat emission rate under oil palm plantation as high as 38 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹. This value happens to be right in the middle of values derived from closed chamber measurements (Table 4) and comparable with that of Melling *et al.* (2007) of 41 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹ with root respiration excluded. Therefore we recommend the use of emission factor from peat as high as 38 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹ with a minimum of 20 and maximum of 57 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹ under **Scenario 1** of emission reduction recalculation.

Table 4. Groupings and comments of peat emission factors under oil palm plantations based on different measurement techniques

Mg CO ₂ ha ⁻¹ yr ⁻¹	Reference	Comment
20-56.5 (average of 38, approximately)	Fargione <i>et al.</i> (2008); Reijnders & Huijbregts (2008); Wicke <i>et al.</i> (2008); Murdiyarso <i>et al.</i> (2010); Murayama & Bakar (1996); Melling <i>et al.</i> (2005); Melling <i>et al.</i> (2007); Agus <i>et al.</i> (2010).	Based on direct measurement of CO ₂ emission using closed chambers and represent a wide variation of peat properties despite some limitations such as short-term measurements and mixture of root respiration. The value of 38 Mg CO ₂ ha ⁻¹ yr ⁻¹ was tentatively adopted by RSPO (Ague <i>et al.</i> 2011)
95 under water table of 85 cm below soil surface	Hooijer <i>et al.</i> (2012) with references to Wösten <i>et al.</i> (1997); Delft Hydraulics (2006); Hooijer <i>et al.</i> (2010); Couwenberg <i>et al.</i> (2010);	Based on peat subsidence, none involves direct measurement of the change in C stock.

PROJECTED LAND COVER TYPES IMPACTED BY OIL PALM EXPANSION

The EPA analysis projects that future oil palm (OP) expansion will be mostly on forest (43%), mixed tree crops (38%), savanna (10%) and cropland (7%) (Table 5). Shrubland was not seen as a potential land cover for OP expansion, which presumably because of wide range of land cover considered as forest (starting with canopy cover of 10%). An analysis by Agus *et al.* 2011 shows a much lower reliance of OP expansion in the past on forest and an important role of shrubland (Figure 4).

Table 5. Projected and historical land cover types impacted by oil palm plantation expansion in Indonesia, based on EPA and Agus *et al.* (2011) estimates

Land cover types	EPA Projection for 2022 (Table II.5., NODA), based on 2000-2009 trend	Agus <i>et al.</i> (2011)	
		Historical 1990-2010	Historical 2000-2010, for Sumatra and Kalimantan only (a recalculation)
Forest	43%	34%	28%
Mixed ¹⁾	38%	34%	26%
Shrubland	0%	26%	23%
Savanna	10%		
Grassland and Croplands	8%	6%	23%
Wetland	1%		

1) Rubber, timber plantations, agroforestry

OP expansion between 1990 and 2010 used only around 34% forest (about 6% undisturbed forest and 28% disturbed forest), around 26% shrubland and 40% other land

uses including rubber plantation, timber plantation, and other low carbon biomass agricultural and grasslands. For 2000-2010, based on a recalculation of the same database as the 1990-2010 one, the reliance on forest for OP development decreased to 28% (Figure 5), which is much lower than the 2000-2009 figure of EPA (Table 5). The future use of shrubland will remain important as there are quite a significant areas of shrubland on mineral and peat soils remaining (Figure 6).

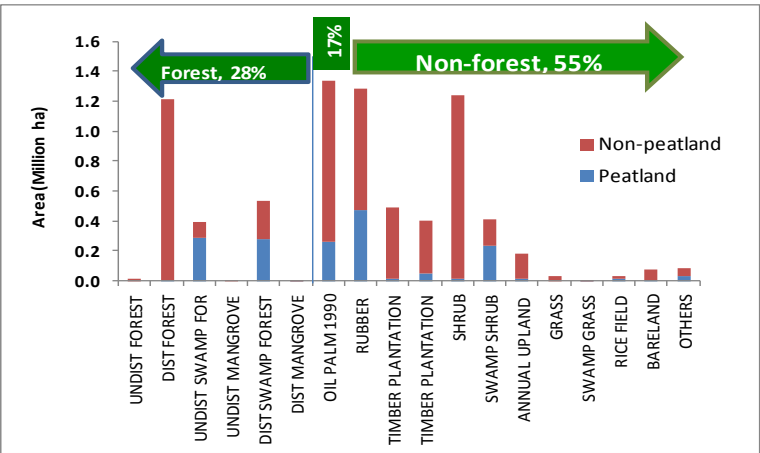


Figure 4. Land use type that were affected by oil plam plantation (including the area of oil palm plantation in 1990) between 1990 and 2010 (Agus et al. 2011)

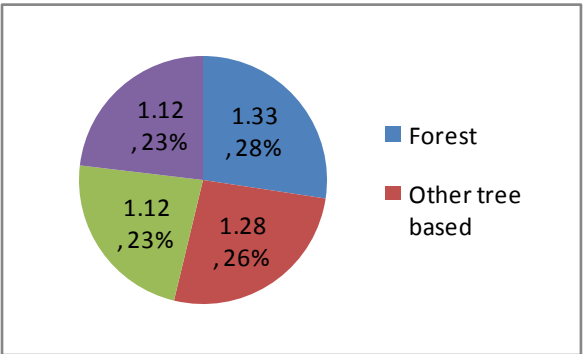


Figure 5. Area of land use types (in million ha and %) that were affected by oil palm plantations in Sumatra and Kalimantan between 2000 and 2010 (recalculated from Agus et al. 2011)

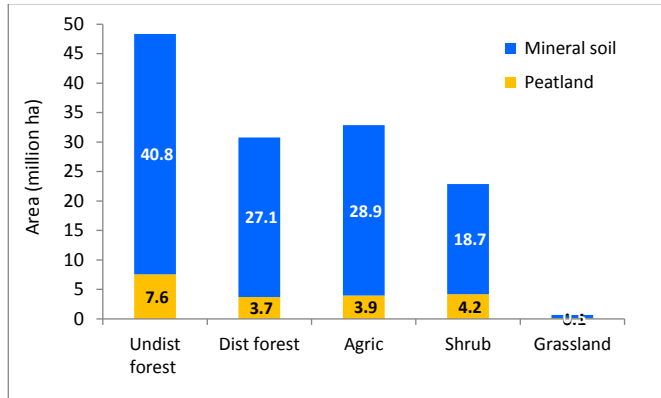


Figure 6. Land cover for Sumatra, Kalimantan and Papua in 2010 on mineral and peat soils (Agus *et al.* 2011).

EPA and Agus *et al.* (2011) have similar, but different approaches of land use change analysis. EPA used MODIS data (900 m x 900 m resolution) with nine land use change trajectories for 2000-2009 and Landsat TM (30 m x 30 m resolution) for OP plantation delineation. Agus *et al.* (2011) used 22 land use change trajectories, all based on Landsat TM on-screen digitation, verified with secondary statistical data. There may be confusions in EPA classification of shrubland and it is likely embedded in forest. Both analyses may have confused different tree based plantations, timber plantation and agroforestry systems. Nevertheless, the accuracy of Agus *et al.* (2011) analysis is likely better because of the higher resolution image used. Therefore we recommend that the calculation of land use change affected by forest be decreased to 28% and the difference (43%-28% = 15%) is allocated for shrubland under **Scenario 2**.

PROJECTED PEATLAND AREA FOR FUTURE OIL PALM EXPANSION

The driving factor of expansion of OP plantation on peatland include complicated land status on mineral soil and limited availability of mineral soil in the so-called 'peat districts'. The factors limiting the use of peatland include the Ministry of Agriculture Regulation No. 14/2009 banning future permit on peat >3 m and Indonesia's NAMAs for the attainment of 26% emission reduction unilaterally which is heavily rely on the reduced use of peatland and forestland for economic development.

Indonesia has also verified the Wetland International peatland map (Wahyunto *et al.* 2003, 2004, 2006) using soil survey data and the revised map (Ritung *et al.* 2011) found a 14% reduction in the estimate of peatland area in Sumatra and Kalimantan. There are cases where shallow peat (<100 cm) has undergone subsidence and the area can not be classified as peatland anymore. Other case include the Landsat TM mis-interpretation of

peatland, while ground truth data disprove the earlier interpretation. There are also cases in which the land was interpreted as mineral soil whereas it actually is peat. The integration of this evaluation result in the change in peatland area of the two sources (Table 6). The widely used Indonesian peatland map in Indonesia, including by EPA, is the one of Wahyunto *et al.* 2003; 2004; 2006 which was published by Wetland International.

The historical 2000-2010 expansion of oil palm plantation on peatland in Indonesia according to RSPO analysis is only about 9% in Kalimantan, the area were future expansion of OP plantation will remain high in the next decade(s). Based on this RSPO analysis but taking into account the regulations, the NAMAs, the revised peatland map, as well as some failures in the regulation enforcement, our liberal estimate of future OP expansion on peatland is 10% maximum, relative to the total area of expansion. We use this 10% expansion instead of 13% in the EPA estimate and reallocate the 3% difference to shrubland as **Scenario 3**.

Table 6. Revised estimate of peatland area in Indonesia based on soil survey data.

Island	Peatland area (ha)		Difference
	Wahyunto et al. (2003, 2004, 2006)	Revised Wahyunto et al. (2003, 2004, 2006) by Ritunget al. (2011)	
Sumatra	7,212,798	6,436,649	776,149
Kalimantan	5,830,228	4,778,004	1,052,224
Papua	7,759,372	3,690,921	4,868,451
Total	20,802,398	14,905,594	5,896,804

RECALCULATION OF EMISSION REDUCTION

Based on the three Scenarios as elaborated above we recalculated the emission reduction and present the result in Table 7. These alternative calculations conclude that OP Biodiesel and OP renewable diesel pass the 20% standard of emission reduction as set out by the US Government. The main contributor of the reduction is the revision of peat emission factor from the highly uncertain estimate of 95 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹ to 38 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹ (minimum 20 and maximum 57 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹) based on many measurements of CO₂ from closed chambers.

Table 7. Summary of recalculation of lifecycle green house gas emissions (kgCO₂e/mm Btu) under alternative peat emission factor, land use change data and percentage of peatland used for oil palm plantation expansion with its comparison with the original EPA calculation.

Emissions Category	2005 Diesel Baseline	PO Biodiesel	PO Renewable Diesel
Net Agriculture (w/o land use change)	-	5	5
Land Use Change	-	46	47
S1: Peat EF of 38 (max 57 and min. 20) Mg CO ₂ /ha/yr for Indonesia and Malaysia		32(28-37) ¹⁾	33(29-38) ¹⁾
S2: S1 + adjustment of affected forest area from 43 to 28% and affected shrubland from 0 to 15% for Indonesia		30(26-35) ¹⁾	31(26-35) ¹⁾
S3: S2 + (in Indonesia) peatland area impacted by OP is reduced 3% (13% under 13% EPA estimate to 10% under our assumption). The 3% reduction is reallocated to shrubland.		29(25-33) ¹⁾	29(26-33) ¹⁾
Fuel production	18	25	31
Fuel and feedstock transport	-	4	4
Tailpipe Emissions	79	1	
Net Emissions	97	81	87
% Reduction Relative to Baseline (EPA)			
EPA estimate		17%	11%
S1		31% (26%-35%) ¹⁾	25% (20%-29%) ¹⁾
S2		33%(28%-38%) ¹⁾	27%(22%-32%) ¹⁾
S3		35%(31%-38%) ¹⁾	29%(25%-32%) ¹⁾

¹⁾Numbers in brackets are minimum and maximum values.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Emission factor for peat decomposition of 95 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹ which was generated from subsidence measurement, but not from carbon stock change nor CO₂ flux measurement lacks scientific justification. Our estimate as high as 20-57 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹ represents direct measurements of CO₂ fluxes using closed chambers from several locations in SE Asia and thus more valid.

There are differences in LUC analysis between EPA and Agus et al. (2011). The main part that need to be revisited by EPA is the forest and shrubland changes to OP plantation.

EPA should also consider the land use change policies of Indonesia and Malaysia

REFERENCES

- Agus, F., Gunarso, P., Sahardjo, B.H., Joseph, K.T., Rashid, A., Hamzah, K., Harris, N., and van Noordwijk, M. 2011. Strategies for CO₂ emission reduction from land use changes to oil palm plantations in Indonesia, Malaysia and Papua New Guinea. RSPO, Kuala Lumpur. Presented at the Roundtable 9 of the Roundtable on Sustainable Palm Oil, Kota Kinabalu, Malaysia. ([http://www.rt9.rspo.org/ckfinder/userfiles/files/P6_3_Dr_Fahmuddin_Agus\(2\).pdf](http://www.rt9.rspo.org/ckfinder/userfiles/files/P6_3_Dr_Fahmuddin_Agus(2).pdf))
- Agus, F., Handayani, E., Van Noordwijk, M., Idris, K., dan Sabiham, S. 2010a. Root respiration interferes with peat CO₂ emission measurement. pp. 50-53 In Proceedings 2010 19th World Congress of Soil Science, 1–6 August 2010, Brisbane, Australia. Published on DVD.
- Agus, F. and Wahdini, W. 2008. Assessment of Carbon Stock of Peatland at Tripa, Nagan Raya District, Nanggroe Aceh Darussalam Province of Indonesia. Indonesian Centre for Agricultural Land Resources Research and Development and World Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor, Indonesia.
- Couwenberg, J., Dommain, R. & Joosten, H. 2010. Greenhouse gas fluxes from tropical peatlands in south-east Asia. *Global Change Biology*, 16, 1715-1732.
- Delft Hydraulics. 2006. PEAT-CO₂, Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia (Report Q3943). Delft, The Netherlands: Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H. & Page, S.
- Fargione, J., Hill, J., Tilman D., Polasky, S., & Hawthorne, P. 2008. Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt. *Science*, 319, 1235-1238.
- Handayani, E. 2010. Emisi karbon dioksida (CO₂) dan metan (CH₄) pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut yang memiliki keragaman dalam ketebalan gambut dan umur tanaman (CO₂ and CH₄ emissions from oil palm plantations on peatland with various levels of peat maturity and depths and palm ages). Ph. D. dissertation, Bogor Agricultural University, Bogor, Inonesia. (In Indonesian).
- Hooijer, A., Page, S. E., Jauhiainen, J., Lee, W. A., Lu, X. X., Idris, A., & Anshari, G. 2012. Subsidence and carbon loss in drained tropical peatlands. *Biogeosciences*, 9, 1053–1071.
- Hooijer, A., Page, S., Canadell, J. G., Silvius, M., Kwadijk, J., Wösten, H., & Jauhiainen, J. (2010). Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences*, 7, 1505-1514.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published by IGES, Japan.
- Jauhiainen, J., Hooijer, A., and Page, S. E. 2012. Carbon dioxide emissions from an Acacia plantation on peatland in Sumatra, Indonesia, *Biogeosciences*, 9, 617–630.
- Kool, D.M., Buurman, P., Hoekman, D.H. 2006. Oxidation and compaction of a collapsed peat dome in Central Kalimantan. *Geoderma* 137:217–225.

- Melling, L., Goh, K.J., Beauvais, C. & Hatano, R. 2007. Carbon flow and budget in a young mature oil palm agroecosystem on deep tropical peat. In: Rieley J.O., Banks C.J., & Radjagukguk B., (Ed.) Proceedings of the International Symposium and Workshop on Tropical Peatland, Yogyakarta, Indonesia. <http://www.geog.le.ac.uk/carbopeat/media/pdf/yogyapapers/yogyaproceedings.pdf> (Downloaded: March 1, 2012).
- Melling, L., Hatano, R. & Goh, K.J. 2005. Soil CO₂ flux from three ecosystems in tropical peatland of Sarawak, Malaysia. *Tellus*, 57B, 1-11.
- Murayama, S. & Bakar, Z.A. 1996. Decomposition of Tropical Peat Soils. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 30, 153-158.
- Murdiyarso, D., Hergoualc'h, K. & Verchot, L.V. 2010. Opportunities for reducing greenhouse gas emissions in tropical peatlands, *PNAS*, 107, 19655-19660.
- Page, S., Morrison, E.R., Malins, C., Hooijer, A., Rieley, J.O. and Jauhiainen, J. 2011. Review of peat surface greenhouse gas emissions from oil palm plantations in Southeast Asia. International Council on Clean Transportation, Washington, DC.
- Reijnders, L. and Huijbregts, M.A.J. 2008. Palm oil and the emission of carbon-based greenhouse gases. *Journal of Cleaner Production*, 16, 477-482.
- Ritung, S., Wahyunto, Nugroho, K., Sukarman, Hikmatullah, Suparto, Tafakresnanto, C. 2011. Peta Lahan Gambut Indonesia Skala 1:250.000 (Indonesian peatland map at the scale 1:250,000). Indonesian Center for Agricultural Land Resources Research and Development, Bogor, Indonesia.
- Suhardjo, H. and Widjaja-Adhi, I.P.G. 1977. Chemical characteristics of the upper 30 cm of peat soils from Riau, Sumatra (Indonesia). In Final Report, Agricultural Technical Assistance Programme (Indonesia – The Netherlands) 1974–1977, Lembaga Penelitian Tanah, Bogor, Indonesia. pp 74–92.
- Wahyunto, Heryanto, B., Bektı, H. and Widiastuti, F. 2006. Maps of peatland distribution, area and carbon content in Papua 2000-2001. Wetlands International - Indonesia Programme, Bogor & Wildlife Habitat Canada.
- Wahyunto, Ritung, S., and Subagjo, H. 2003. Map of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Sumatera 1990–2002. Wetlands International - Indonesia Programme, Bogor & Wildlife Habitat Canada.
- Wahyunto, Ritung, S., Suparto and Subagjo, H. 2004. Map of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Kalimantan 2000–2002. Wetlands International - Indonesia Programme, Bogor & Wildlife Habitat Canada.
- Wicke, B., Domburg, V., Junginger, M. & Faaij, A. 2008. Different palm oil production systems for energy purposes and their greenhouse gas implications. *Biomass and Bioenergy*, 32, 1322-1337.
- Wösten, J. M. H., Ismail, A. B. & van Wijk, A. L. M. 1997. Peat subsidence and its practical implications: a case study in Malaysia. *Geoderma*, 78, 25-36.

4

KARAKTERISTIK DAN SEBARAN LAHAN GAMBUT DI SUMATERA, KALIMANTAN DAN PAPUA

Sofyan Ritung, Wahyunto dan Kusumo Nugroho

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

Abstrak. Lahan gambut merupakan suatu ekosistem yang sangat spesifik dengan kondisi yang selalu tergenang air (*waterlogged*). Lahan gambut umumnya disusun oleh sisa-sisa vegetasi yang terakumulasi dalam waktu yang cukup lama dan membentuk tanah gambut. Tanah gambut bersifat *fragile*, relatif kurang subur, dan bersifat tak balik (*irreversible*). Penyebaran tanah gambut biasanya mengikuti pola *landform* yang terbentuk diantara dua sungai besar, diantaranya berupa dataran rawa pasang surut, dataran gambut, dan kubah gambut (*dome*). *Landform* tersebut terletak di belakang tanggul sungai (*levee*). Tanah gambut yang menyebar langsung di belakang tanggul sungai dan dipengaruhi oleh luapan air sungai disebut gambut topogen. Sedangkan yang terletak jauh di pedalaman dan hanya dipengaruhi oleh air hujan biasa disebut gambut ombrogen. Luas lahan gambut diperoleh dari peta penyebaran lahan gambut skala 1:250.000 Edisi Desember 2011 (BBSDLP, 2011). Berdasarkan hasil perhitungan secara spasial dari pembaharuan peta gambut menggunakan data hasil-hasil penelitian terbaru, maka luas total lahan gambut di tiga pulau utama, yaitu Sumatera, Kalimantan dan Papua adalah 14.905.574 hektar. Lahan gambut terluas terdapat di Pulau Sumatera, yaitu 6.436.649 ha, dengan luasan berimbang antara kedalaman dangkal (50-100 cm) sampai sangat dalam (> 400 cm). Lahan gambut di Kalimantan terluas kedua setelah Sumatera, yaitu 4.778.004 ha, dengan kedalaman dangkal sampai sangat dalam hampir merata. Papua mempunyai lahan gambut sekitar 3.690.921 ha, penyebaran terluas terdapat di Provinsi Papua seluas 2.644.438 atau 71,65% dari total lahan gambut Pulau Papua, sedangkan di Provinsi Papua Barat sekitar 1.046.483 atau 28,35% dari luas total gambut Pulau Papua.

Katakunci: Lahan gambut, tanah gambut, karakteristik, sebaran

Abstract. Peatlands are a very specific ecosystem conditions that are always flooded with water (*waterlogged*). Peatlands are generally prepared by the remnants of vegetation that accumulated in a long time and form peat. Peat soils are fragile, relatively less fertile, and is not behind the (*irreversible*). The spread of peat soils usually follows the pattern of landform that is formed between the two major rivers, including tidal marshes of the plains and the plains of peat, and peat dome. Landform is located behind the river levee. Peat soils are spread directly behind the embankment of the river and affected by flood waters called topogen peat. While that is located far inland and is only affected by rain water commonly called ombrogen peat. Extensive peat from peatlands deployment map scale 1:250.000 December 2011^{edition}. Based on the results of calculation of renewal spatially map peatland using the data the results of a recent study, the total area of peatlands in the three main islands, namely Sumatera, Kalimantan and Papua are 14,905,574 hectares. Peatlands are most extensive on the island of Sumatera, which is an area of 6,436,649 hectares with a balance between shallow depths (50-100 cm) to very

deep (> 400 cm). Peatland in Kalimantan, the second largest after the Sumatra, which is 4,778,004 hectares, with up to very shallow depths in almost evenly. Papua has approximately 3,690,921 hectares of peat, peat -dominated shallow (50-100 cm) is about 2,425,523 hectares of peat being (100-200 cm) covering 817.651 hectares, and the deep peat (200-400 cm) covering 447 747 hectares. Widest spread of an area located in Papua Province 2,644,438 hectares or 71.65% of the total peatland Papua, West Papua Province while about 1,046,483 hectares or 28.35% of the total peat Papua.

Keywords: Peat land, peat, characteristic, distribution

PENDAHULUAN

Lahan gambut merupakan suatu ekosistem yang sangat spesifik dengan kondisi yang selalu tergenang air (*waterlogged*). Lahan gambut umumnya disusun oleh sisa-sisa vegetasi yang terakumulasi dalam waktu yang cukup lama dan membentuk tanah gambut. Tanah gambut bersifat *fragile*, relatif kurang subur, dan bersifat kering tak balik (*irreversible*). Penyebaran tanah gambut biasanya mengikuti pola *landform* yang terbentuk diantara dua sungai besar, diantaranya berupa dataran rawa pasang surut, dataran gambut, dan kubah gambut (*dome*). *Landform* tersebut terletak di belakang tanggul sungai (*levee*). Tanah gambut posisinya berdekatan di kawasan tanggul sungai dan dipengaruhi oleh luapan air sungai disebut gambut topogen. Sedangkan yang terletak jauh di pedalaman dan hanya dipengaruhi oleh air hujan biasa disebut gambut ombrogen.

Lahan rawa gambut merupakan salah satu sumberdaya alam yang mempunyai fungsi hidro-orologi dan lingkungan bagi kehidupan dan penghidupan manusia. Oleh karena itu lahan ini harus dilindungi dan dijaga kelestariannya, serta ditingkatkan fungsi dan pemanfaatannya. Dalam penggalian dan pemanfaatan sumberdaya alam termasuk lahan rawa gambut serta dalam usaha menjaga kelestarian lingkungan hidup perlu penggunaan teknologi yang sesuai dan pengelolaan yang tepat sehingga mutu dan kelestarian sumber alam dan lingkungannya dapat dipertahankan untuk menunjang pembangunan yang berkelanjutan. Pengembangan dan pemanfaatannya memerlukan perencanaan yang teliti, penerapan teknologi yang sesuai dan pengelolaan yang tepat. Dengan mengetahui sifat-sifat sumberdaya lahan rawa gambut dan penggunaan lahan pada saat sekarang (*existing landuse*) akan dapat dibuat perencanaan yang lebih akurat untuk optimalisasi pemanfaatan lahan dan usaha konservasinya.

Lahan rawa gambut di Indonesia cukup luas, sebagian besar terdapat di tiga pulau besar yaitu Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Wilayah Indonesia yang luas, berpulau-pulau, dan kondisinya bervariasi akan memperlambat kegiatan penelitian dan kajian lapangan inventarisasi sumberdaya lahan gambut. Padahal data dan informasi tersebut sangat diperlukan untuk bahan pemantauan kebijaksanaan dalam optimalisasi pemanfaatan dan usaha konservasinya. Sehubungan dengan hal tersebut, informasi data

dasar (*database*) yang didukung oleh teknologi Penginderaan Jauh (Inderaja) diharapkan mampu menyajikan data relatif cepat, obyektif, dan mutakhir.

Tulisan ini bertujuan untuk memberi informasi mengenai keadaan karakteristik dan sebaran lahan gambut di 3 pulau utama di Indonesia saat ini berdasarkan hasil-hasil penelitian dan pemetaan lahan atau tanah gambut yang telah dilakukan sampai akhir tahun 2011.

PENGERTIAN DAN KARAKTERISTIK LAHAN RAWA DAN LAHAN GAMBUT

Lahan gambut merupakan bagian dari lahan rawa. Widjaya Adhi *et al.* (1992) dan Subagyo (1997) mendefinisikan lahan rawa sebagai lahan yang menempati posisi peralihan di antara daratan dan sistem perairan. Lahan ini sepanjang tahun atau selama waktu yang panjang dalam setahun selalu jenuh air (*waterlogged*) atau tergenang. Menurut Peraturan Pemerintah No. 27 Tahun 1991, lahan rawa adalah lahan yang tergenang air secara alamiah yang terjadi terus menerus atau musiman akibat drainase alamiah yang terhambat dan mempunyai ciri-ciri khusus baik fisik, kimiaawi maupun biologis. Lahan rawa dibedakan menjadi: (a) rawa pasang surut/rawa pantai, dan (b) rawa non pasang surut/rawa pedalaman (Keputusan Menteri PU No 64 /PRT/1993).

Berdasarkan sistem taksonomi tanah USDA, tanah gambut disebut Histosols (*histos = tissue = jaringan*), sedangkan dalam sistem klasifikasi tanah nasional, tanah gambut disebut Organosols (tanah yang tersusun dari bahan organik). Hardjowigeno dan Abdullah (1987) mendefinisikan tanah gambut sebagai tanah yang terbentuk dari timbunan sisa-sisa tanaman yang telah mati, baik yang sudah lapuk maupun belum. Tanah gambut mengandung maksimum 20% bahan organik (berdasarkan berat kering), apabila kandungan bagian zarah berukuran *clay* (< 2 mikron) mencapai 0%, atau maksimum 30% bahan organik, apabila kandungan *clay* 60%, ketebalan bahan organik 50 cm atau lebih. Definisi yang digunakan dalam Penjelasan Peraturan Menteri Pertanian No. 14 tahun 2009.

Penyebaran tanah gambut biasanya mengikuti pola *landform* yang terbentuk diantara dua sungai besar, diantaranya berupa dataran rawa pasang surut dan dataran gambut, dan kubah gambut (*dome*). Posisi relatif *landform* tersebut terletak di belakang tanggul sungai (*levee*), umumnya merupakan rawa belakang sungai (*back swamp*). Tanah gambut yang menyebar langsung di belakang tanggul sungai dan dipengaruhi oleh luapan air sungai disebut gambut topogen. Sedangkan yang terletak jauh di pedalaman dan hanya dipengaruhi oleh air hujan biasa disebut gambut ombrogen.

Penyusunan peta gambut tidak terlepas dari data/informasi geologi/litologi, data ini didapat dari peta geologi. Walaupun geologi Indonesia, tidak dapat secara jelas

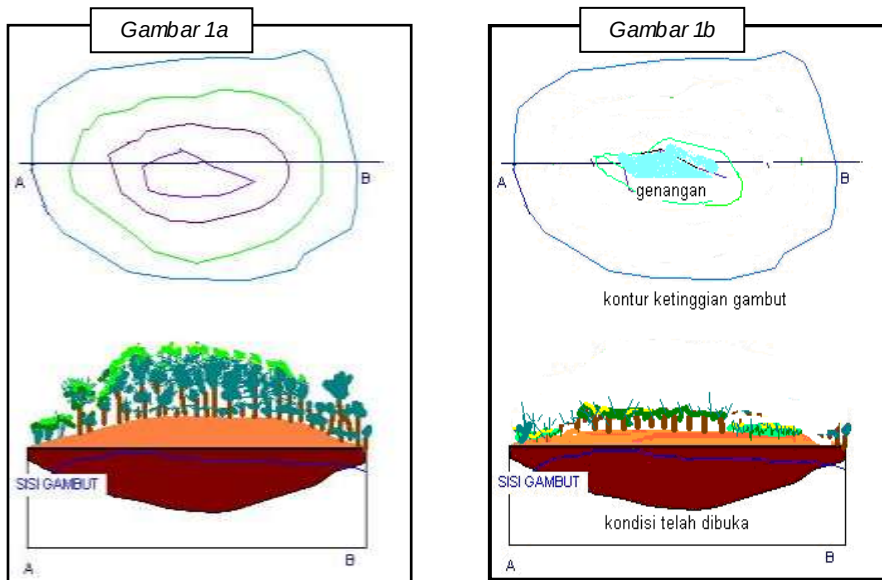
memberikan gambaran stratigrafi dari lapisan yang tergolong tanah gambut, tetapi gambut terletak di kawasan yang berlitologi berumur relatif baru (*resent*). Dalam umur geologinya masih merupakan bagian era kuartar (*Quartairnary*), yang masih berada < 10.000 tahun.

Sebaran lahan gambut dipengaruhi letak dan cara pembentukannya. Pembentukan tanah gambut terbentuk dan tersusun dari bahan organik. Tanah gambut terbentuk dari beberapa unsur pembentuk tanah yaitu iklim (basah), topografi (datar–cekung), organisme (vegetasi-tanaman penghasil bahan organik), bahan induk (bahan mineral pendukung pertumbuhan gambut) dan waktu. Tanah gambut dapat terbentuk asalkan ada air. Daerah tropis yang panas dengan evapotranspirasi yang cukup tinggi seperti di Indonesia dan Malaysia mendukung terbentuknya gambut. Di cekungan-cekungan kecil tanah organik dapat terakumulasi, sampai menjadi tumpukan lapisan bahan organik, sampai menjadi tanah organik atau memenuhi persyaratan sebagai tanah organik atau tanah gambut. Cekungan terjadi diatas formasi batuan atau lapisan sedimen yang diendapkan pada berbagai masa geologi yang lalu. Perubahan relief diatas lapisan sedimen ini, sejalan dengan masa regresi pemunduran (*retreat*) laut terhadap daratan atau naiknya permukaan daratan turunnya permukaan laut.

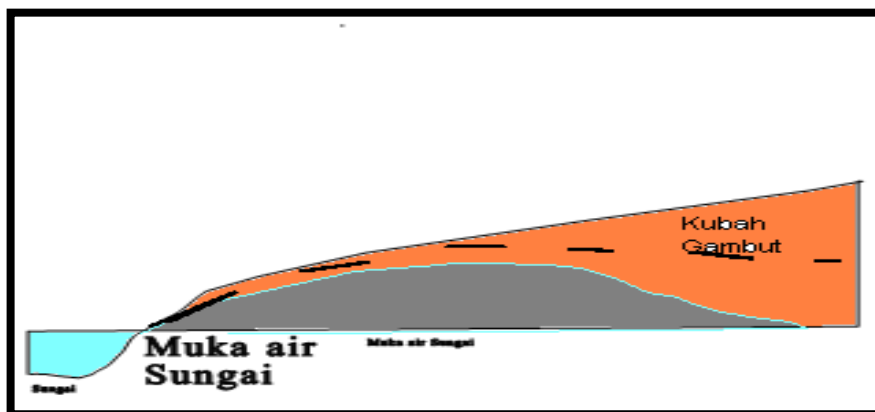
Kebanyakan cekungan terbentuk sesudah zaman *Holocene* pengisian depresi atau kolam-kolam oleh bahan organik yang kadang mengalami proses pembasahan dan pengeringan, perombakan bahan organik, dari bahan yang kasar menjadi bahan organik yang mempunyai ukuran yang lebih kecil. Kondisi ini memungkinkan terjadinya gambut topogen. Gambut topogen atau gambut air tanah, berbeda dengan gambut ombrogen atau gambut air hujan. Gambut topogen, terbentuk karena pengaruh dominan topografi, dimana vegetasi hutan yang menjadi sumber biomas bahan gambut, tumbuh dengan memperoleh unsur hara dari air tanah dan masih mendapatkan pengkayaan dari luapan air sungai di sekitarnya. Gambut ombrogen menempati bagian agak di tengah dan pusat suatu depresi yang luas, dan umumnya membentuk kubah gambut (*peat dome*).

Sifat dan karakteristik fisik lahan gambut ditentukan oleh dekomposisi bahan itu sendiri. Kerapatan lindak atau bobot isi (*bulk density*: BD) gambut umumnya berkisar antara 0,05 sampai 0,40 g cm⁻³. Nilai kerapatan lindak ini sangat ditentukan oleh tingkat pelapukan/dekomposisi bahan organik, dan kandungan mineralnya (Kyuma, 1987). Hasil kajian Driessen dan Rohimah (dalam Kyuma, 1987) tentang porositas gambut yang dihitung berdasarkan kerapatan lindak dan berat jenis adalah berkisar antara 75-95%. Dalam Taksonomi Tanah (Soil Survey Staff, 1999), tanah gambut atau Histosols diklasifikasi kedalam 4 (empat) sub-ordo berdasarkan tingkatan dekomposisinya yaitu: Folists-bahan organik belum terdekomposisi di atasnya batu-batuan, Fibrists – sebagian besar bahan organik belum melapuk (fibrik) dengan BD < 0,1 gram/cm³, Hemists- bahan organik sebagian telah melapuk (hemi-separuh) dengan BD 0,1-0,2 g cm⁻³ dan Saprists – hampir seluruh bahan organik telah melapuk (saprik) dengan BD >0,2 gram cm⁻³.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Institut Pertanian Bogor (IPB) di beberapa lokasi di Sumatera, menunjukkan bahwa kerapatan lindak tanah gambut bervariasi sesuai dengan tingkat dekomposisi bahan organik dan kandungan bahan mineral. Tanah gambut dengan kandungan >65% bahan organik (>38% C-organik) mempunyai kerapatan lindak untuk jenis fibrik $0,11-0,14 \text{ g cm}^{-3}$, untuk hemik $0,14-0,16 \text{ g cm}^{-3}$, dan untuk saprik $0,18-0,21 \text{ g cm}^{-3}$. Bila kandungan bahan organik antara 30-60%, kerapatan lindak untuk jenis hemik adalah $0,21-0,29 \text{ g cm}^{-3}$ dan untuk saprik $0,30-0,37 \text{ g cm}^{-3}$.



Gambar 1. Posisi kubah gambut pada suatu fisiografi sebelum dibuka (1a) dan setelah dibuka (1b)



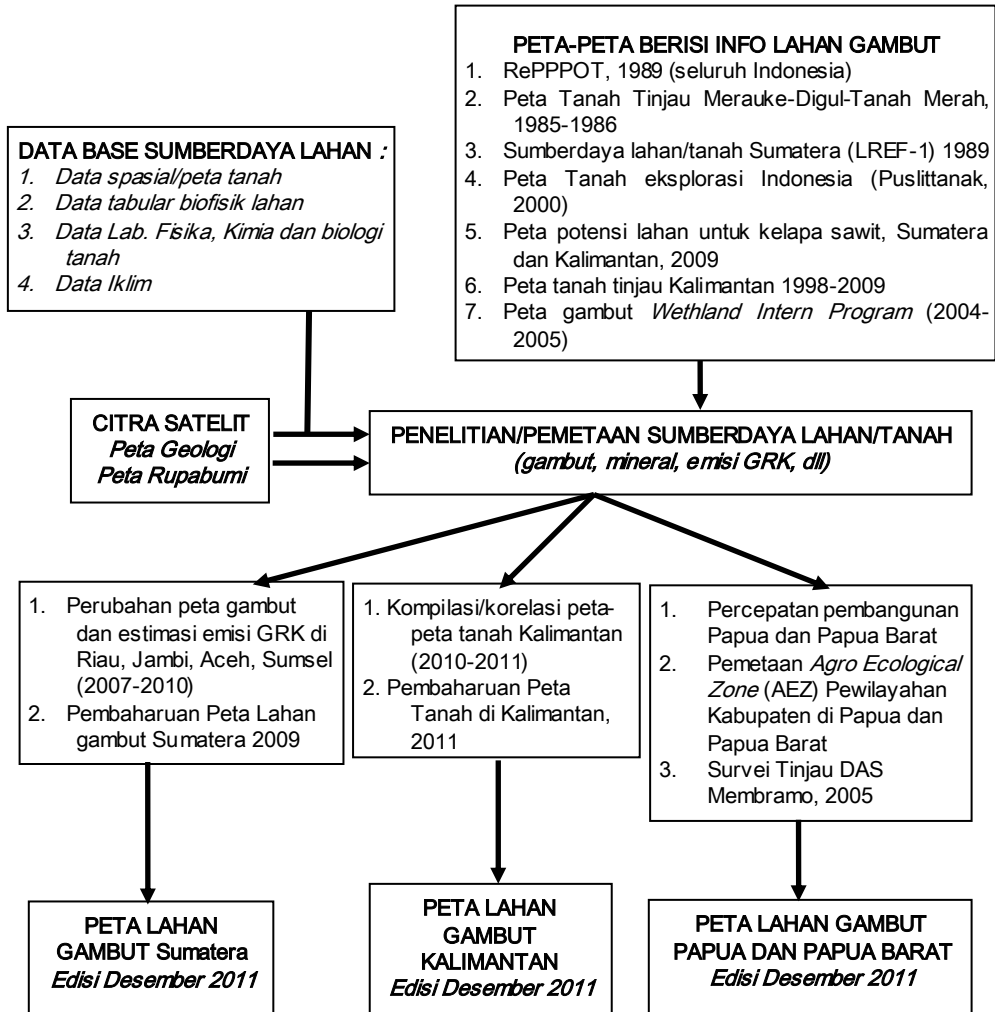
Gambar 2. Posisi sebaran gambut dalam Sekuen kearah sungai

Oleh karena lahan gambut jenuh air dan 'longgar' dengan BD rendah (0,05–0,40 g/cm³), gambut mempunyai daya dukung beban atau daya tumpu (*bearing capacity*) yang rendah. Akibat dari sifat ini jika tanah gambut dibuka dan mengalami pengeringan karena drainase, gambut akan 'kempes' dan diwujudkan dalam bentuk '*subsidence*', atau penurunan permukaan tanah gambut. Kecepatan penurunan gambut cenderung lebih besar pada gambut dalam. Perbandingan terhadap tebal gambut sebelum pembukaan hutan (1969) dengan keadaan setelah delapan tahun pembukaan (1977) telah dikaji di Delta Upang, Sumatera Selatan oleh Chambers (1979). Ia menyimpulkan bahwa gambut dangkal (30-80 cm) setelah pembukaan selama 8 tahun di daerah ini mengalami penurunan antara 2-5 cm per tahun. Daerah yang mengalami penurunan terbesar adalah daerah yang digunakan untuk pertanian intensif. Mutalib *et al.* (1991) dalam kajiannya di Malaysia, melaporkan bahwa gambut sangat dalam (5,5 dan 6,1 m) rata-rata penurunannya 8-15 cm per tahun, dan gambut dalam (2-3 m) sebesar 0,05–1,5 cm per tahun. Faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan permukaan gambut tersebut, antara lain, adalah: (1) pembakaran waktu pembukaan dan setelah panen, (2) oksidasi karena drainase yang berlebihan, (3) dekomposisi dan pengolahan tanah, dan (4) pencucian.

STRATEGI PENYUSUNAN PETA DAN PENYAJIAN INFORMASI LAHAN GAMBUT

Sumber data utama yang digunakan untuk menyusun dan memperbaharui (*up-dating*) data/informasi spasial lahan gambut antara lain: (i) Peta-peta tingkat tinjau (1:250.000) maupun yang lebih rinci (skala 1:100.000; 1:50.000) hasil kegiatan pemetaan terdahulu seperti: peta-peta sumberdaya lahan dan tanah kegiatan Proyek LREP I, peta-peta tanah tingkat tinjau Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Peta PLG (ABCD) dan peta-peta *Agro Ecological Zone* (AEZ) seluruh daerah Papua dan Papua Barat; (ii) Data digital citra Landsat 7 ETM, dari seluruh Indonesia dengan tahun yang berbeda-beda yang tersedia; (iii) Peta dasar digital dari peta Rupabumi skala 1:250.000 yang diterbitkan BAKOSURTANAL dan (iv) Peta-peta geologi skala 1:250.000 yang diterbitkan Direktorat Geologi/Puslitbang Geologi Bandung.

Analisis secara kualitatif dan kuantitatif dilakukan dengan menggunakan berbagai perangkat lunak. Selain itu juga digunakan metode pendekatan komparatif untuk membandingkan dengan bentuk-bentuk peta lain yang ada di Indonesia. Studi kepustakaan hasil kegiatan pemetaan tanah yang telah dilakukan terdahulu untuk melengkapi informasi. Untuk mengkaji dan melihat perubahan perkembangan dalam berbagai karakteristik gambut, maka dilakukan pengamatan lapangan melalui survei dan pemetaan yang lebih detail. Data ini digunakan untuk memperbaharui sekaligus merevisi pembatasan satuan peta yang ada, serta menambahkan informasi terbaru. Bagan alir strategi penyusunan peta lahan gambut disajikan pada (Gambar 3).



Gambar 3. Bagan alir penyusunan peta lahan gambut

Mulai tahun 2005, pengenalan sebaran lahan gambut dilakukan melalui pendekatan analisis fisiografi/*landform* dengan ditunjang oleh data/informasi topografi/ geologi. Indikator yang digunakan dalam mendeteksi keberadaan lahan gambut pada citra satelit antara lain: kondisi drainase permukaan (*wetness*), pola aliran, relief/ topografi dan tipe penggunaan lahan/ vegetasi penutup. Dari hasil analisis citra satelit ini, kemudian dilakukan pengecekan lapangan pada daerah perwakilan (*key areas*). Tingkat penyimpangan hasil analisis dengan kondisi lapangan bervariasi antara 20-30%. Untuk identifikasi dan

inventarisasi lahan gambut, beberapa kriteria yang digunakan antara lain: tipe vegetasi/ penggunaan lahan (*existing landuse*, topografi/ relief dan kondisi drainase/ genangan air).

LUAS DAN SEBARAN LAHAN GAMBUT

Penelitian dan kajian mengenai lahan gambut telah lama dilakukan, mulai dengan pengenalan keberadaan gambut pada daerah yang luas dikemukakan oleh Koorders yang mengiringi ekspedisi Ijzerman melintasi Sumatera tahun 1865 hingga saat ini melalui berbagai penelitian. Ia melaporkan penyebaran gambut sangat luas, hampir mencapai 1/5 total luas pulau Sumatera, di hutan rawa sepanjang pantai timur pulau ini. Penelitian mengenai gambut dikemukakan oleh beberapa peneliti antara tahun 1905-1915 yaitu oleh Potonie, Mohr, Bylert, dan Van Baren (Soeprattohardjo dan Driessen, 1976).

Luas Gambut diperkirakan mula-mula 17 juta hektar di seluruh Indonesia (Soeprattohardjo dan Driessen, 1976). Nugroho *et al.* (1992) mengemukakan bahwa lahan rawa di Indonesia seluas 33,4 juta hektar yang terdiri dari 20,10 juta hektar lahan pasang surut dan 13,30 juta hektar lahan non pasang surut. Lahan pasang surut terdiri dari 6,7 juta hektar lahan sulfat masam, 11 juta hektar lahan gambut dan 0,4 juta hektar lahan salin, sisanya tanah pertanian potensial. Umumnya gambut didapati di daerah pantai atau pesisir, seperti pantai timur Sumatera. Pada banyak tempat juga dijumpai gambut di pantai sebelah barat Sumatera seperti Meulaboh, Sabulus salam, Tarusan, Lunang Silaut, Natal, dan Muko-muko. Di Kalimantan dijumpai di pantai barat, selatan dan sedikit di bagian pantai timur. Di Irian Jaya (sekarang Papua), banyak dijumpai di pantai selatan, DAS Mamberamo dan kepala burung bagian selatan. Pemetaan yang lebih akurat diperlukan dalam menentukan sebaran dan luasan gambut di Indonesia.

Menurut Sumarwoto (1989) dan Jansen *et al.* (1994), teknologi penginderaan jauh (inderaja) sangat bermanfaat untuk identifikasi dan inventarisasi sumberdaya lahan/tanah, serta penutupan vegetasi/penggunaan lahan. Untuk identifikasi dan inventarisasi lahan rawa gambut, digunakan parameter: jenis vegetasi, penggunaan lahan (*existing landuse*), topografi/relief dan kondisi drainase/genangan air. Teknologi inderaja cocok untuk diterapkan di negara kepulauan seperti Indonesia, dimana banyak pulau-pulaunya yang letaknya terpencil dan sulit dijangkau. Citra satelit mampu mempertinggi kehandalan dan efisiensi pengumpulan data/informasi wilayah rawa (gambut) dan lingkungannya (Lilles and Keifer, 1994; Tejasukmana *et al.* 1994). Namun demikian tetap harus disertai adanya pengecekan atau pengamatan lapang.

Berdasarkan hasil perhitungan secara spasial dari pembaharuan peta gambut menggunakan data hasil-hasil penelitian sampai tahun 2011, maka luas total lahan gambut di tiga pulau utama, yaitu Sumatera, Kalimantan dan Papua adalah 14.905.574 hektar (Tabel 1).

Tabel 1. Luas lahan gambut di Sumatera, Kalimantan dan Papua

PULAU	Kedalaman Gambut				LUAS	
	D1	D2	D3	D4	Ha	%
Sumatera	1.767.303	1.707.827	1.242.959	1.718.560	6.436.649	100,00
Kalimantan	1.048.611	1.389.813	1.072.769	1.266.811	4.778.004	100,00
Papua	2.425.523	817.651	447.747	0	3.690.921	100,00
TOTAL	5.241.438	3.915.291	2.763.475	2.985.371	14.905.574	

D1= dangkal (50-100 cm), D2= sedang (101-200 cm), D3= dalam (201-400 cm), D4= sangat dalam (>400 cm).

Pulau Sumatera

Lahan gambut terluas terdapat di Pulau Sumatera, yaitu 6.436.649 hektar, terdiri dari gambut dangkal (D1= 50-100 cm) seluas 1.767.303 ha, gambut sedang (D2= 101-200 cm) seluas 1.707.827 ha, gambut dalam (D3= 201-400 cm) seluas 1.242.959 ha, dan gambut sangat dalam (D4= >400 cm) seluas 1.718.560 ha (Tabel 2). Sebaran lahan gambut terluas di Sumatera terdapat di Provinsi Riau yaitu seluas 3.867.413 ha atau 60,08% dari luas total gambut Sumatera, dengan kedalaman gambut terluas adalah gambut sangat dalam 1.611.114 ha, kemudian gambut sedang 908.553 ha, gambut dalam 838.538 ha dan gambut dangkal 509.209 ha.

Tabel 2. Luas lahan gambut pada tingkat Provinsi di Sumatera

PROVINSI	Kedalaman gambuT				LUAS	
	D1	D2	D3	D4	Ha	%
Nanggro Aceh Darussalam (NAD)	144.274	71.430			215.704	3,35
Sumatera Utara	209.335	36.472		15.427	261.234	4,06
Sumatera Barat	11.454	24.370	14.533	50.329	100.687	1,56
Riau	509.209	908.553	838.538	1.611.114	3.867.413	60,08
Kepulauan Riau	103	8.083			8.186	0,13
Jambi	91.816	142.716	345.811	40.746	621.089	9,65
Bengkulu	3.856	802	2.451	944	8.052	0,13
Sumatera Selatan	705.357	515.400	41.627		1.262.385	19,61
Kepulauan Bangka Belitung	42.568				42.568	0,66
Lampung	49.331				49.331	0,77
Sumatera	1.767.303	1.707.827	1.242.959	1.718.560	6.436.649	100,00

D1= dangkal (50-100 cm), D2= sedang (101-200 cm), D3= dalam (201-400 cm), D4= sangat dalam (>400 cm).

Tingkat kematangan gambut menurut data hasil pemetaan LREP-I tahun 1987-1991 dan Wahyunto *et al.* (2004), didominasi oleh tingkat kematangan hemik, sedangkan saprik umumnya pada tanah lapisan atas. Pada lapisan bawah pada gambut dalam dan sangat dalam umumnya berupa fibrik bercampur serat atau batang kayu melapuk. Lahan gambut terluas berikutnya setelah Riau adalah di Provinsi Sumatera Selatan yaitu seluas 1.262.385 ha (19,61%) dengan kedalaman gambut yang didominasi oleh gambut dangkal

dan sedang, tingkat kematangan hemik dan saprik. Sebaran lahan gambut Sumatera terluas urutan ke 3 yang juga cukup luas adalah di Provinsi Jambi seluas 621.089 ha (9,65%) dengan kedalaman dalam dan sedang, tingkat kematangan umumnya hemik dan saprik. Sedangkan provinsi lainnya luas gambutnya < 262.000 hektar (Tabel 2).

Pulau Kalimantan

Lahan gambut di Kalimantan adalah terluas kedua di Indonesia setelah Sumatera, yaitu 4.778.004 hektar, terdiri dari gambut dangkal (D1) 1.048.611 ha, gambut sedang (D2) 1.389.813 ha, gambut dalam (D3) 1.072.769 ha dan gambut sangat dalam (D4) 1.266.811 ha (Tabel 3). Jika dilihat dari tingkat kedalamannya ternyata luas gambut dangkal sampai sangat dalam hampir berimbang. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, tingkat kematangan gambut umumnya tergolong hemik, kecuali pada tanah lapisan atas bervariasi hemik dan saprik. Tingkat kematangan fibrik pada bagian dome dan lapisan bawah.

Luas dan penyebaran gambut di Kalimantan terluas terdapat di Provinsi Kalimantan Tengah seluas 2.659.234 ha atau 55,66% dari luas total gambut Kalimantan (Tabel 3). Gambut terluas kedua di Kalimantan adalah di Kalimantan Barat seluas 1.680.135 ha (35,16%), sedangkan di Provinsi Kalimantan Timur sekitar 332.365 ha (6,96%) dan tersempit di Kalimantan Selatan hanya 106.271 ha (2,22%).

Tabel 3. Luas lahan gambut pada tingkat provinsi di Kalimantan

PROVINSI	KEDALAMAN GAMBUT				LUAS	
	D1	D2	D3	D4	Ha	%
Kalimantan Barat	421.697	818.460	192.988	246.989	1.680.135	35,16
Kalimantan Tengah	572.372	508.648	632.989	945.225	2.659.234	55,66
Kalimantan Selatan	10.185	21.124	74.962		106.271	2,22
Kalimantan Timur	44.357	41.582	171.830	74.597	332.365	6,96
KALIMANTAN	1.048.611	1.389.813	1.072.769	1.266.811	4.778.004	100,00

D1= dangkal (50-100 cm), D2= sedang (101-200 cm), D3= dalam (201-400 cm), D4= sangat dalam (>400 cm).

Pulau Papua

Papua mempunyai lahan gambut sekitar 3.690.921 hektar, didominasi gambut dangkal (50-100 cm) yaitu sekitar 2.425.523 ha (65,72% dari total gambut Papua), dan gambut sedang (100-200 cm) seluas 817.651 ha (22,15%), dan gambut dalam (>200 cm) seluas 447.747 ha (12,13%) (Tabel 4). Penyebaran terluas terdapat di Provinsi Papua seluas 2.644.438 ha atau 71,65% dari total lahan gambut Pulau Papua, sedangkan di Provinsi Papua Barat sekitar 1.046.483 atau 28,35% dari luas total gambut Pulau Papua.

Tabel 4. Luas lahan gambut pada tingkat provinsi di Papua

Provinsi	Kedalaman gambut			Luas	
	D1	D2	D3	ha	%
Papua	1.506.913	817.651	319.874	2.644.438	71,65
Papua Barat	918.610		127.873	1.046.483	28,35
PAPUA	2.425.523	817.651	447.747	3.690.921	100,00

D1 = dangkal (50-100 cm), D2 = sedang (101-200 cm), D3 = dalam (>200 cm).

PENUTUP

1. Penyusunan dan pembaharuan (*updating*) peta lahan gambut didasarkan pada: (1) peta-peta tanah yang berisi informasi lahan gambut hasil pemetaan yang telah dilakukan sebelumnya di lingkup Badan Litbang Pertanian maupun dan oleh Perguruan Tinggi dan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) lainnya; dan (2) pemutakhiran sebaran secara spasial dilakukan berdasarkan hasil analisis citra satelit “terkini” yang tersedia saat itu, kemudian diverifikasi dan validasi lapang pada site-site perwakilan dengan didukung data hasil analisis contoh tanah di laboratorium.
2. Luas lahan gambut di 3 pulau utama saat ini, yaitu Sumatera, Kalimantan dan Papua adalah 14.905.574 ha, terluas di Sumatera sekitar 6.436.649 ha, Kalimantan seluas 4.778.004 ha dan Papua seluas 3.690.921 ha. Gambut dangkal terluas $\pm$ 5.241.438 ha, kemudian gambut sedang 3.915.291 ha, sedangkan gambut dalam dan sangat dalam berimbang.
3. Kondisi lahan gambut bersifat dinamis, dimana secara cepat dapat mengalami perubahan baik spasial maupun karakteristiknya bila keaslian lahan gambut tersebut terusik. Dengan demikian monitoring secara periodik tentang kondisi lahan gambut sangat diperlukan terutama pada wilayah-wilayah yang pengembangan dan aktivitas pembangunannya sebagian besar memanfaatkan sumberdaya lahan gambut.
4. Data luas dan sebaran lahan gambut yang disajikan berdasarkan data spasial atau peta skala 1:250.000, sehingga pemetaan lahan gambut secara lebih detail (skala 1:50.000) perlu dilakukan untuk lebih operasional dan diprioritaskan pada kawasan yang diindikasikan pada wilayah-wilayah gambut yang terlantar (*un-utilized land* atau *un-productive land*) atau mempunyai potensi pengembangan pertanian berdasarkan data/peta skala 1:250.000, serta diintegrasikan dengan rencana tata ruang wilayah kabupaten. Dengan demikian fungsi hidrologis ekosistem lahan gambut dapat berkelanjutan, namun potensi lahan gambut dapat dioptimalkan berdasarkan daya dukung dan potensinya untuk mendukung pembangunan pertanian.

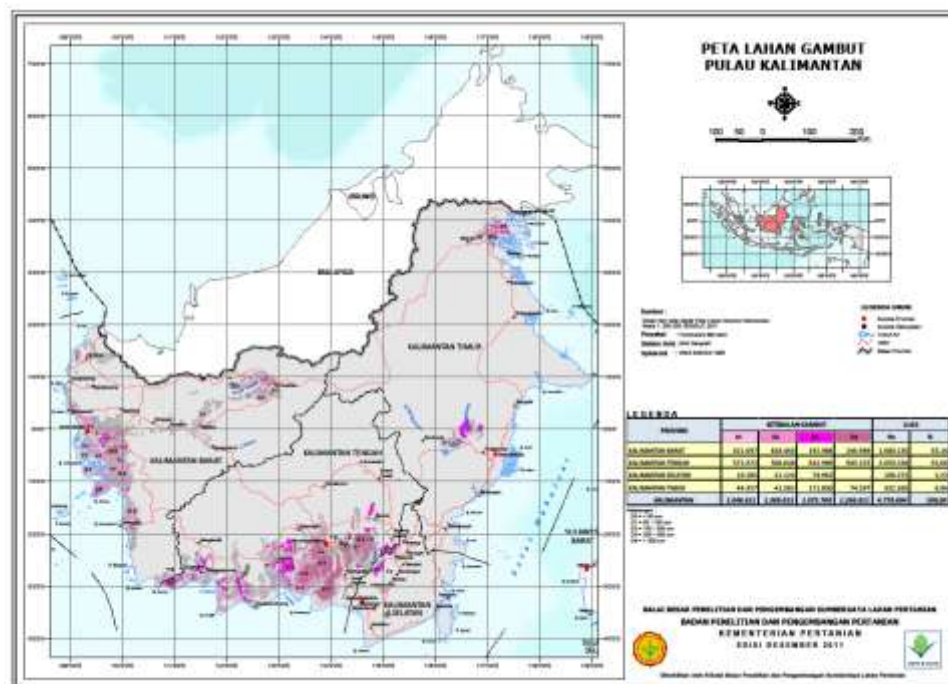
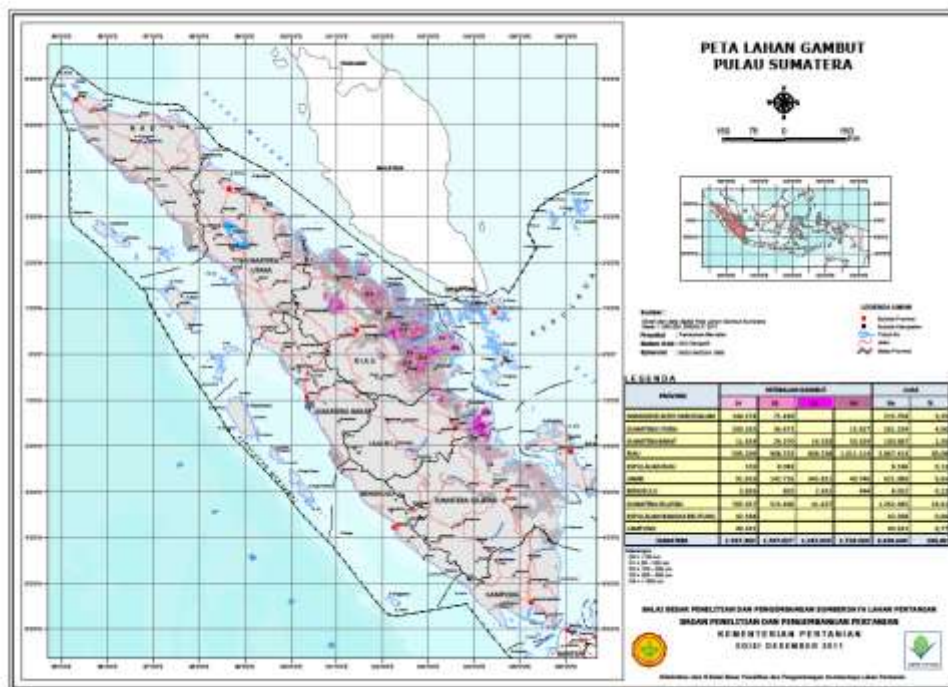
5. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu namun telah berkontribusi dalam penyediaan data dan masukan-masukannya untuk penyusunan makalah ini diucapkan terima kasih.

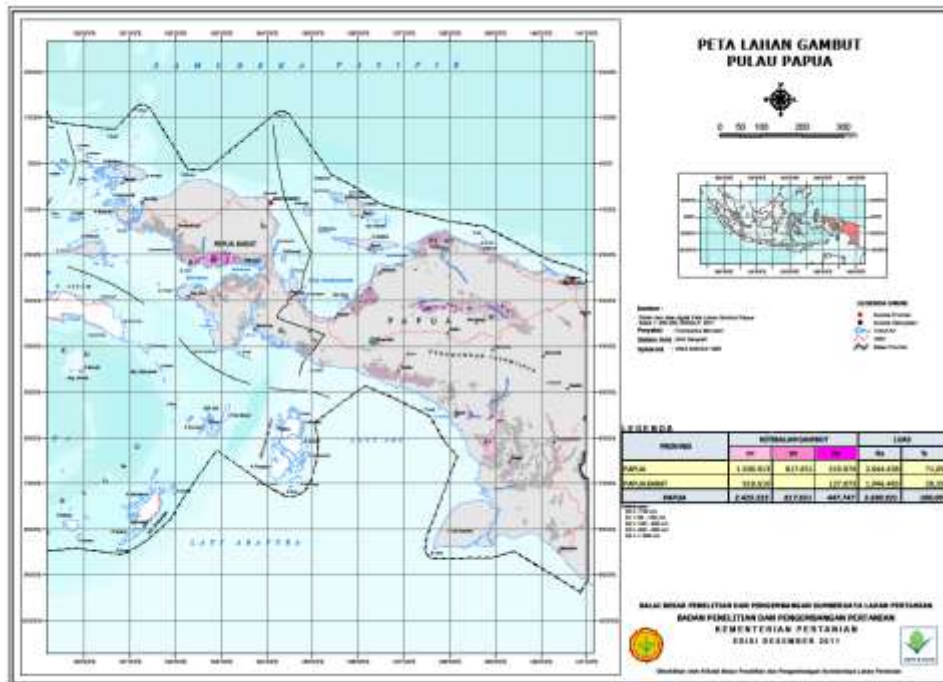
DAFTAR PUSTAKA

- BBSDLP. 2011. Peta Lahan Gambut Indonesia Skala 1:250.000, Edisi Desember 2011. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. ISBN: 978-602-8977-16-6, 11 Halaman. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Chambers, M.J. 1979. Rate of peat loss on the Upang transmigration project South Sumatra. Makalah A 17. Third Symposium on Tidal Swamp Land Development Aspects, Palembang, 5- 10 Februari 1979.
- Hardjowigeno, S., and Abdullah. 1987. Suitability of peat soils of Sumatra for agricultural development. International Peat Society. Symposium on Tropical Peat and Peatland for Development. Yogyakarta, 9-14 Februari 1987.
- Jansen, J.A.M., Andriesse, and Alkushima. 1994. Manual for soil survey in coastal lowlands. Lawoo/ AARD.
- Kyuma, K. 1987. Tropical peat soil ecosystem in Insular Southeast Asia (Manuscript).
- Lilles TM dan Keifer RW 1979. Remote Sensing and Image Interpretation. Wiley, New York.
- LREP-I (Land Resource Evaluation and Planning Project). 1987-1991. Maps and Explanatory Booklet of the Land Unit and Soil Map. All sheets of Sumatra. CSR, AARD, Bogor.
- Mutalib, A.A., J.S. Lim, M.H. Wong, dan L. Koonvai. 1991. Characterization, distribution and utilization of peat in Malaysia. p. 7-16. In Aminuddin, B.Y. (ed.). Tropical Peat. Proc. Int. Symp. on Tropical Peatland, Kuching, Sarawak, Malaysia, 6-10 May 1991.
- Nugroho K., Alkasuma, Paidi, Abdurachman, Wahyu Wahdini dan H Suhardjo. 1992. Peta Sebaran dan Kendala dan Arahan Pengembangan Lahan Pasang Surut, rawa dan Pantai, seluruh Indonesia skala 1: 500.000, Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor.
- Soeprattohardjo M., and P.M. Driessen. 1976. The lowland peats of Indonesia, a challenge for the future. Peat and Podsollic Soils and their potential for agriculture in Indonesia. Proc. ATA 106 Midterm Seminar. Bulletin 3. Soil Research Institute Bogor. pp 11-19.
- Soil Survey Staff. 1999. Kunci Taksonomi Tanah. Edisi Kedua Bahasa Indonesia, 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

- Subagyo, H. 1997. Potensi pengembangan dan tata ruang lahan rawa untuk pertanian. Hal. 17-55. Dalam Prosiding Simposium Nasional dan Kongres VI PERA GI. Makalah Utama. Jakarta, 25-27 Juni 1996.
- Sumarwoto, O. 1989. Tekanan terhadap lingkungan, khususnya lahan dan tanggung jawab terhadap dunia industri. Managemen Industri.
- Tejasukmana, B.S., Wawan K. Harsanugraha, Ratih Dewanti, dan Kustiyo. 1994. Prospek Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh untuk Rasionalisasi Data Penggunaan Sumberdaya Lahan. Seminar Nasional Sumberdaya Lahan di Cisarua, 9-11 Februari, 1999.
- Wahyunto, Sofyan R., Suparto dan Subagyo H., 2004. Sebaran dan kandungan karbon lahan gambut di Sumatera dan Kalimantan. Wetland International Indonesia Program.
- Widjaja-Adhi IPG., K.Nugroho, Didi Ardi S. dan A. Syarifuddin Karama. 1992. Sumberdaya Lahan Pasang Surut, Rawa dan Pantai: Potensi, Keterbatasan dan Pemanfaatannya. Makalah utama, disajikan dalam Pertemuan Nasional Pengembangan Pertanian Lahan Pasang Surut dan Rawa. Bogor, 3-4 Maret 1992. SWAMP II. Badan Litbang Pertanian.

Lampiran: Peta Lahan Gambut Pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua





Wahyunto, Sofyan Ritung, Kusumo Nugroho, dan Muhrizal Sarwani

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114 (wahyunto2010@gmail.com)

Abstrak. Lahan gambut terdapat di dataran berawa-rawa, yang merupakan cekungan atau pelembahan, baik di dataran rawa pasang surut, rawa pedalaman atau rawa lebak. Dalam inventarisasi/pemetaan lahan gambut, dikenal ada dua aspek, yaitu aspek luar dan aspek dalam. Aspek dalam meliputi sifat fisik, kimia, bahan induk, dan tanah di bawah lapisan gambut (sub-stratum) yang dapat diamati di lapangan dan dapat dilakukan analisis contoh tanah di laboratorium. Aspek luar meliputi kondisi drainase permukaan, relief/topografi, penggunaan lahan/vegetasi penutup, aspek ini dapat diamati di lapangan dan atau melalui analisis citra satelit dengan metode pendekatan analisis bentuk lahan (*landform*/fisiografi). Analisis citra satelit untuk inventarisasi/pemetaan lahan gambut, hanya mempelajari faktor luar lahan kemudian diklasifikasikan dan selanjutnya diidentifikasi batas-batas penyebaran bentuk lahan yang terindikasi sebagai lahan gambut. Antara aspek luar dan aspek dalam terdapat hubungan. Validasi/pengamatan lapangan, pengambilan contoh tanah perwakilan dilakukan secara transek dari tepi lahan gambut ke arah pusat kubah (*center peat dome*). Satuan bentuk lahan sebagai hasil analisis citra satelit dan data pendukung lainnya, setelah disempurnakan berdasarkan hasil validasi/pengamatan lapangan dijadikan wadah satuan peta (*mapping unit*) peta lahan gambut. Sifat-sifat lahan gambut pada setiap bentuk lahan (*landform*) bersumber dari hasil pengamatan lapangan dan analisis contoh tanah di laboratorium. Aplikasi teknologi indera/citra satelit dan SIG dengan metode pendekatan satuan bentuk lahan/fisiografi, aspek dan obyek tertentu pada daerah yang luas dapat diteliti tanpa menjelajah ke seluruh wilayah. Inventarisasi/pemetaan lahan gambut pada tingkat semi detil (1:50.000 s.d. 1:100.000) dengan penggunaan citra satelit resolusi tinggi, untuk analisis bentuk lahan/*landform*, sebagai “mapping unit”, kemudian diikuti dengan validasi/pengamatan lapangan secara transek pada area-area perwakilan (*key areas*), cukup efektif meningkatkan akurasi hasil pemetaan.

Katakunci: metode pemetaan, lahan gambut, citra satelit, *landform*, transek, area perwakilan, validasi lapang

PENDAHULUAN

Lahan gambut merupakan akumulasi tumbuhan yang sebagian telah melapuk. Lahan ini berfungsi secara ekonomis sebagai penyedia produk kayu dan non kayu, dan berfungsi secara ekologis sebagai pengatur hidrologis, pencegah banjir, cadangan air, sedangkan yang paling utama secara global adalah sebagai penyedia dan penyerap karbon serta sebagai konservasi biodiversitas (Page *et al.* 2002). Lahan gambut terdapat di dataran berawa-rawa, yang merupakan cekungan atau pelembahan, baik di dataran rawa pasang surut, rawa lebak, atau rawa pedalaman.

Inventarisasi sumberdaya lahan rawa termasuk rawa gambut yang dilakukan secara teristris (*ground base method*) di wilayah Indonesia yang luas membentang >5100 km di sepanjang khatulistiwa, akan memakan waktu yang lama, sulit dan mahal. Dengan aplikasi teknologi Inderaja/citra satelit untuk survei dan inventarisasi sumberdaya lahan, termasuk lahan rawa gambut, aspek dan obyek tertentu (misalnya kawasan yang tergenang air) pada daerah yang luas dapat diteliti tanpa menjelajah seluruh daerah. Dengan demikian akan menghemat waktu dan biaya dibanding dengan cara pemetaan secara teristris di lapangan (Wiradisastira, 2000).

Dengan menganalisa citra satelit dan dukungan data/informasi yang relevan (topografi/relief, drainase permukaan/genangan, litologi/bahan induk) memungkinkan untuk dilakukan pengamatan secara menyeluruh tentang obyek yang diamati. Hal ini merupakan suatu cara yang baik untuk menginterpolasi atau mengekstrapolasi nilai-nilai parametrik yang diperoleh dari studi-studi *in situ* yang intensif. Penginderaan jauh juga mampu mendeteksi elemen-elemen yang tidak dapat dilihat atau diindera oleh manusia secara langsung, seperti tingkat kelembaban permukaan lahan, suhu muka air laut dan lain sebagainya. Oleh karena itu penggunaan teknologi inderaja, membantu dalam identifikasi sumberdaya lahan termasuk lahan gambut.

Proses pembentukan sumberdaya lahan termasuk lahan gambut, dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu keadaan topografi, bahan induk/litologi, iklim dan waktu. Faktor-faktor pembentuk tanah tersebut sebagian dapat diamati dari citra satelit, baik secara langsung maupun tidak langsung (Zuidam, 1985), melalui pendekatan analisis bentuk lahan (*landform/fisiografi*). Karakteristik bentuk lahan (*Landform*) atau unit fisiografi yang merupakan komponen penting dalam peta sumberdaya lahan sangat dipengaruhi oleh keadaan litologi/geologi, topografi dan hidrologi yang membentuk daerah tersebut (Buurman, P dan Tom Balsem, 1990). Banyak kenampakan obyek yang mudah diamati dari data inderaja dan mempunyai hubungan erat dengan sumberdaya lahan rawa atau lahan gambut, misalnya tingkat kelembaban/genangan air (rawa), pola drainase, vegetasi/penggunaan lahan. Pola drainase erat hubungannya dengan bahan induk, berarti erat pula hubungannya dengan tanah. Genangan air dapat berpengaruh terhadap proses pembentukan tanah (Sutanto, 2002; Singh, 2002). Namun demikian, data dan informasi yang digali dari hasil informasi data inderaja agar lebih akurat dan mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi, tetap perlu ditunjang dengan hasil validasi dan pengamatan lapangan.

Inventarisasi/pemetaan lahan gambut bertujuan untuk menginventarisasi dan mengkarakterisasi data dasar tanah/lahan gambut dan faktor lingkungannya, yang kemudian dihimpun melalui pengembangan dan pengelolaan data basae tanah. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk berbagai keperluan di antaranya untuk konservasi dan

pengelolaan lahan gambut agar dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Dalam makalah ini dibahas strategi untuk identifikasi dan inventarisasi/pemetaan lahan gambut.

PENGERTIAN DAN KARAKTERISTIK GAMBUT

Tanah gambut (*peat soils*) terbentuk dari akumulasi bahan organik yang berasal dari sisa-sisa jaringan tumbuhan/vegetasi alami pada masa lampau. Tanah ini biasanya terbentuk di daerah cekungan atau depresi di belakang tanggul sungai (*backswamps*), atau dibelakang pesisir/pantai (*swalle*), atau merupakan suatu dataran pelembahan (*closed basin*) yang selalu jenuh air (*anaerob*). Drainase yang terhambat sampai sangat terhambat di lahan gambut, menyebabkan proses dekomposisi berjalan sangat lambat. Tanah gambut umumnya terdapat di dataran berawa-rawa, baik di dataran rawa pasang surut maupun rawa lebak atau rawa pedalaman (Hardjowigeno, 1989).

Berdasarkan tingkat dekomposisinya, tanah gambut dapat dibedakan menjadi 3 tingkatan, yaitu fibrik, hemik dan saprik (Soil Survey Staf, 1999). Fibrik, merupakan tanah gambut yang tingkat dekomposisinya baru mulai atau masih awal. Hal ini dicirikan lebih dari tiga perempat bagian dari volumenya berupa serat kasar, atau jaringan-jaringan (*fibrous*) tumbuhan masih nampak jelas, bahan organik yang telah melapuk <33%. Hemik adalah tanah gambut yang mempunyai tingkat dekomposisi tengahan, yang dicirikan oleh kandungan serat kasar 17-75% dari volumenya, bahan organik yang telah melapuk 33-66%. Saprik adalah tanah gambut yang tingkat dekomposisinya telah lanjut yang dicirikan oleh kandungan serat kasar <15% dari volumenya, berwarna kelabu gelap sampai hitam, sifat fisiknya relatif stabil, dan lebih subur, proses pelapukan bahan organik > 66%.

Berdasarkan kualitasnya, tanah gambut dibagi menjadi 3 macam, yaitu gambut eutrofik, mesotrofik dan oligotrofik. Gambut eutrofik terdiri dari gambut “topogen” yaitu gambut yang terbentuk di daerah pedalaman dataran pantai atau dapat juga di daerah dataran pasang surut, sehingga gambut ini relatif lebih subur. Gambut topogen dicirikan oleh akumulasi bahan organik yang tidak terlalu tebal, yaitu berkisar antara 0,5 – 2,0 m, dan biasanya dijumpai pada *landform* dataran gambut atau pada sisi kubah gambut. Gambut mesotrofik dan oligotrofik terdiri dari gambut “ombrogen” yang terbentuk dari tumpukan bahan organik yang tidak dipengaruhi oleh luapan air sungai dan biasanya membentuk kubah gambut (*dome*), serta memiliki ketebalan >2m.

Tanah gambut mempunyai sifat fisik yang sangat dipengaruhi oleh tingkat dekomposisinya. Tanah gambut memiliki berat isi yang rendah berkisar antara 0,05 – 0,25 gr/cm³, semakin lemah tingkat dekomposisinya semakin rendah berat isi (BD), sehingga daya topangnya terhadap beban di atasnya (seperti tanaman, bangunan irigasi, jalan dan mesin-mesin pertanian) juga rendah. Gambut yang sudah direklamasi biasanya permukaannya lebih padat dengan berat isi antara 0,1 – 0,4 gr cm⁻³ (Agus F. dan I G.M.

Subiksa. 2008). Porositas tanah gambut tergolong tinggi, penyusutan volume tanah gambut (*subsiden*) juga tinggi, dan apabila didrainase secara berlebihan (*over drain*) akan terjadi kering tak balik (*irreversible*) sehingga mudah terbakar, dan apabila tergenang akan mengembang dan hanyut terbawa arus.

STRATEGI PELAKSANAAN PEMETAAN LAHAN GAMBUT

Menggalai Informasi keberadaan lahan gambut berbasis citra satelit penginderaan jauh

Pengumpulan dan penyajian data yang cepat dan akurat merupakan prosedur yang sangat penting, karena akan diperoleh data yang betul-betul masih sesuai dengan keadaan lapangan (*up to date*). Berkat kemajuan teknologi, permukaan bumi dan segala sesuatu yang ada di atasnya (*tergenang, kering, datar, bergunung*) dan *jenis vegetasi/tanaman yang tumbuh di atasnya* termasuk sebaran lahan rawa gambut dapat direkam oleh satelit penginderaan jauh. Dengan demikian, tersedianya data penginderaan jauh/citra satelit yang berupa ‘*image*’ atau citra cetak maupun data digital secara periodik/rutin di Indonesia, akan memungkinkan terjaminnya pemenuhan informasi sumberdaya alam. Citra satelit ini sangat bermanfaat untuk digunakan sebagai sumber informasi utama dalam usaha menggalai informasi sebaran lahan rawa gambut.

Sensor satelit multi spektral dapat memilah pantulan gelombang elektromagnetik yang datang dari permukaan bumi, maupun energi yang dikirim sendiri oleh sensor tersebut (sensor radar). Keunggulan citra satelit ini, dapat menyajikan informasi tentang karakteristik spektral obyek permukaan bumi yang tidak dapat ditangkap oleh mata telanjang/manusia. Dengan demikian, obyek yang menurut mata telanjang serupa, akan tampak berbeda pada citra satelit.

Ketelitian informasi data penginderaan jauh diindikasikan oleh dua hal, yaitu resolusi spasial dan resolusi spektral. Resolusi spasial berkaitan dengan ukuran “pixel” (*picture element*), sedangkan resolusi spektral berkaitan dengan banyaknya *band spectral* yang digunakan untuk menggambarkan jenis kandungan informasi yang direkam. Secara umum, berkaitan dengan informasi spektral, semakin banyak *band spektral* yang digunakan, semakin banyak kandungan informasi yang disajikan(Lyon, J.G and J.Mc. Carthy 1995; Wiradisatra U.S, 2000). Ukuran pixel sangat menentukan ketajaman dan ketelitian informasi citra satelit yang disajikan, dan berkaitan erat dengan skala peta yang dapat diturunkan dari sebuah atau gabungan dari berbagai analisis citra. Tabel 1, memberikan gambaran korelasi antara resolusi spasial, skala peta dan informasi spasial yang dihasilkan.

Dari analisis citra satelit dapat diketahui keadaan daerah secara keseluruhan, seperti kondisi wilayah (datar, kering atau ber-rawa, perbukitan, gunung, pantai, hutan lebat, tanah tandus, dan seterusnya) beserta tutupan vegetasi/tanaman yang tumbuh di atasnya (hutan rawa, semak belukar, perkebunan, kebun campuran, pertanian lahan kering, dan lain sebagainya) termasuk keberadaan jaringan jalan, jalur aliran sungai dan penyebaran permukiman penduduk. Dengan demikian pekerjaan lapangan dapat direncanakan secara lebih cermat, sehingga dapat mempercepat pelaksanaan kegiatan pemetaan. Validasi/pengamatan lapangan untuk menyempurnakan hasil analisis/interpretasi, pengambilan contoh tanah pada tempat-tempat yang mewakili (*key areas*) dapat direncanakan pada tahap persiapan dengan mempelajari peta-peta yang dibuat yang bersumber dari hasil analisis citra satelit dan data/peta pendukung lainnya, sehingga kualitas hasil pemetaan dapat ditingkatkan.

Tabel 1. Jenis data Inderaja, resolusi spasial dan detil informasi/ skala peta yang disajikan

Jenis satelit	Resolusi spasial	Skala peta	Jenis informasi
NOAA-AVHRR	1,1 km	>1:000.000 s/d 1:2.500.000	Bagan
MODIS	250 m	1:500.000 s/d 1:1.000.000	Eksplorasi
Landsat MSS	60 m	1:250.000	Tinjau
Landsat TM, ETM	30 m	1:100.000-<1:250.000	Tinjau
SPOT 4	10-20 m	>1:50.000-1:100.000	Tinjau Mendalam
SPOT 5, ALOS, RADARSAT	3-10 m	1:25.000 – 1:50.000	Semi detil
IKONOS, Quick bird	1-4 m	1:2500 – 1:10.000	Detil

Metode pemetaan lahan gambut

Untuk memanfaatkan data dan informasi yang terekam pada citra satelit diperlukan suatu metode interpretasi/analisis. Analisis citra satelit untuk inventarisasi/pemetaan lahan gambut digunakan metode pendekatan analisis bentuk lahan (*landform/fisiografi*). Selain itu, bagi daerah yang belum memiliki peta dasar (peta Rupa Bumi Indonesia) dengan skala yang memadai, citra satelit sekaligus dapat digunakan sebagai peta dasar.

Klasifikasi dan analisis bentang alam (*landscape*) suatu daerah secara fisiografis didasarkan pada ciri khas bentuk lahan (*landform*) bisa dilihat di lapangan dan dapat diketahui melalui analisis data penginderaan jauh, seperti citra satelit Landsat, Radar, SPOT, dan ALOS. Dengan analisis data penginderaan jauh dapat diidentifikasi dan diinventarisasi keadaan: topografi/relief, beberapa ciri khas litologi dan tanahnya, tingkat erosi/degradasi lahan yang telah terjadi, kondisi hidrologi/drainase permukaan, keadaan

vegetasi penutup dan penggunaan tanahnya. Lain dari itu penentuan batas berbagai obyek suatu wilayah dapat dilakukan dan ditarik garis batasnya dengan lebih teliti berdasarkan analisis data penginderaan jauh dari pada di lapangan (Lillesand and Keifer, 1994).

Untuk menyadap informasi fisiografis misalnya dataran rawa pasang surut, rawa belakang sungai, rawa lebak, perbukitan batu gamping, dataran banjir, kubah gambut, pegunungan lipatan, kerucut volkan, dataran jalur aliran sungai dan seterusnya, cara analisis manual merupakan cara terbaik. Karena sampai saat ini, paket program komputer belum mampu menirukan kompleksitas cara berpikir manusia yang didukung oleh pengalaman empiris, dalam mengenali dan mengelompokkan fenomena yang ada, terutama tentang bentuk lahan. Namun untuk menyadap informasi penutup lahan/vegetasi dan fenomena terkait seperti hutan rawa, hutan meranggas, tanaman perkebunan, umur tanaman, jenis tanaman, kandungan klorofil, tingkat kelembaban tanah dan lain sebagainya, pemrosesan/analisis citra satelit secara digital justru lebih unggul, karena dapat membedakan sinyal spektral obyek secara rinci yang berasal dari berbagai jenis penutupan vegetasi/penggunaan. Demikian juga informasi lereng yang dibangkitkan dari data Shuttle Radar Thematic Mapping (SRTM) dapat diolah secara digital menjadi Digital Elevation Model (DEM), sehingga informasi lereng dan penyebarannya dapat diklasifikasikan secara digital. Hasil analisis secara manual maupun secara digital, perlu dilakukan validasi/pengamatan lapangan pada tempat-tempat yang mewakili (*key areas*), agar penyimpangan yang terjadi pada tahap analisis dapat diperbaiki dan dikoreksi disesuaikan dengan kondisi aktual lapangan. Baik analisis manual maupun digital setelah dipadukan, mampu menurunkan informasi baru yang disebut peta tematik, seperti peta satuan lahan (*landform*), peta penggunaan lahan dan peta Lahan gambut.

Beberapa informasi spasial yang diperlukan untuk mendukung pemetaan lahan gambut antara lain data/peta yang mengindikasikan adanya lahan gambut seperti peta tanah, peta geologi, peta rupabumi Indonesia, peta lahan gambut hasil pemetaan/penelitian terdahulu, citra satelit resolusi tinggi.

Citra satelit resolusi tinggi (antara lain ALOS, SPOT, RADARSAT) dengan koreksi geometris dan penajaman citra dan diintegrasikan dengan data Kontur dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) atau data olahan rekaman “Shuttle Radar Thematic Mapping-SRTM” dapat digunakan untuk menggali informasi bentang lahan/*terrain* secara tiga dimensi (DEM) dan mempermudah untuk mengenali unit lahan (*landform/fisiografi*) atau kawasan yang diindikasikan terdapat gambut. Selain itu, informasi spasial yang bersumber dari peta geologi ditampilkan dengan peta tanah dan peta gambut (bila ada) akan diperoleh informasi tentang indikasi tentang jenis bahan mineral yang terdapat di bawah lapisan gambut (*substratum*) dan ketebalan gambut. Overlay antara “data DEM yang berisi informasi unit lahan” dan data/informasi “indikasi ketebalan gambut dan jenis *substratum*” dapat diturunkan menjadi “peta interpretasi sebaran lahan gambut”. Dasar

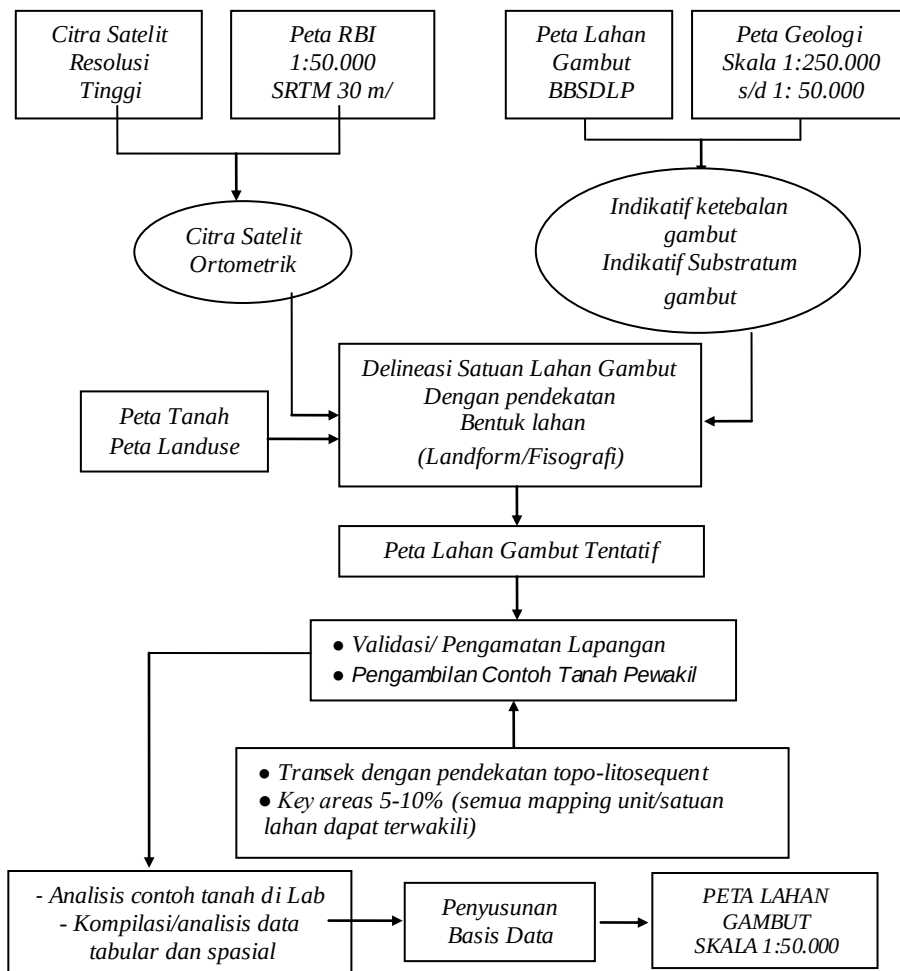
analisis untuk mengenali/identifikasi dan inventarisasi lahan rawa gambut, kriteria yang digunakan dalam analisis untuk pengelompokan bentuk lahan (*landform*) antara lain: relief/topografi, drainase permukaan, dan kondisi geologi/litologi. Umumnya terdapat hubungan antara bentuk lahan (*landform*/grup fisiografi) dan penyebaran sifat-sifat sumberdaya lahan/tanah (Sutanto, 2002). Satuan bentuk lahan (*landform*) tersebut tersebut digunakan sebagai wadah satuan peta (*mapping unit*) lahan gambut. Peta informasi ini kemudian divalidasi dan dilakukan pengamatan lapangan terutama pada daerah-daerah kunci (*key areas*). Area kunci merupakan area yang dipilih sebagai perwakilan seluruh unit lahan yang ada di daerah yang dipetakan untuk diamati secara mendetil di lapangan (sekitar 10-25 % dari target area).

Kegiatan survei utama ditekankan pada pengecekan atau pengamatan satuan bentuk lahan (*landform*) dari hasil interpretasi citra, termasuk mengamati sifat-sifat tanah dan penyebarannya pada setiap komponen geomorfik (satuan bentuk lahan) serta pengambilan contoh tanah perwakilan. Di samping itu juga dilakukan pengamatan dan pengumpulan data informasi keadaan fisik lingkungan dan tipe penggunaan lahan (vegetasi penutup lahan). Semua hasil pengamatan lapangan dicatat dalam format komputer (*digital file*), sedangkan lokasi pengamatan dan jalur trekking posisi geografis yang diukur dengan peralatan *geographic positioning system* (GPS) diplot dalam peta dasar yang akan digunakan untuk penyajian peta final/akhir tentang sebaran lahan (rawa) gambut dan karakteristiknya. Pencatatan hasil pengamatan tanah dan satuan lahan mengikuti buku petunjuk Pengamatan tanah di lapangan yang telah dibakukan (Balai Penelitian Tanah, 2007). Penjelajahan dan pengamatan sifat-sifat tanah dilakukan semaksimal mungkin sesuai dengan aksesibilitas setempat dan lebih diutamakan pada daerah-daerah berpotensi untuk pengembangan pertanian, dengan pendekatan sistem transek berdasarkan variasi topografi (toposekuent) atau variasi litologi (litosekuen).

Pengamatan dilakukan dengan membuat “transek” dari tepi lahan gambut ke arah pusat kubah gambut atau dilakukan secara “acak/random” pada tempat-tempat yang dianggap mewakili. Validasi dan pengamatan lapangan dilakukan untuk mendapatkan informasi tingkat kematangan gambut, ketebalan gambut, kedalaman air tanah, bahan substratum, vegetasi penutup (penggunaan lahan), dan keberadaan saluran drainase. Contoh-contoh tanah perwakilan diambil untuk dianalisis di laboratorium untuk mengetahui sifat fisika dan kimia tanah terutama tentang BD, kadar abu, kadar serat, C-organik, pH, kadar hara N, P, K, Ca, dan Mg.

Hasil analisis contoh tanah kemudian diintegrasikan dengan hasil pengamatan/validasi lapangan untuk menyusun database sumberdaya lahan gambut dan digunakan untuk menyempurnakan peta interpretasi lahan gambut yang kemudian disajikan menjadi peta lahan gambut skala 1:50.000. Bagan alir metode pemetaan lahan gambut skala 1:50.000 disajikan pada Gambar 1.

Untuk keperluan klasifikasi tanah dan evaluasi potensi lahannya, diambil contoh dari tiap lapisan dari setiap profil tanah perwakilan untuk dianalisis di laboratorium. Pengambilan contoh tanah dilakukan pada satuan bentuk lahan (*landform*) yang mempunyai sebaran cukup luas dan berpotensi untuk pengembangan pertanian. Idealnya pada setiap satuan bentuk lahan (*landform*) dapat dilakukan pengamatan dan diambil contoh tanahnya. Interpretasi data morfologi, fisika, dan kimia tanah digunakan untuk menetapkan klasifikasi tanah, menyusun database sebagai dasar untuk penilaian potensi lahan, estimasi stok karbon dan untuk tujuan lainnya.



Gambar 1. Bagan alir metode inventarisasi/pemetaan lahan gambut di Indonesia

Perbaikan dan penyempurnaan peta bentuk lahan berdasarkan data hasil pengamatan lapangan dan data morfologi tanah (sifat tanah) gambut serta hasil analisis laboratorium. Informasi jenis tanah gambut dominan yang terdapat pada setiap satuan lahan (*landform*) seberapa besar merupakan hasil dari pengamatan lapangan. Penyajian peta akhir adalah Peta Lahan Gambut yang *mapping unit*-nya adalah satuan bentuk Lahan/*landform*.

SATUAN BENTUK LAHAN (LANDFORM) YANG MENGINDIKASIKAN ADANYA LAHAN GAMBUT

Penyebaran tanah gambut biasanya mengikuti pola *landform* yang terbentuk di antara dua sungai besar, di antaranya berupa dataran rawa pasang surut, dataran gambut, dan kubah gambut (*dome*). *Landform* tersebut terletak di belakang tanggul sungai (*levee*). Tanah gambut yang menyebar langsung di belakang tanggul sungai dan dipengaruhi oleh luapan air sungai disebut sebagai gambut topogen. Sedangkan yang terletak jauh di pedalaman dan hanya dipengaruhi oleh air hujan biasa disebut sebagai gambut ombrogen. Jenis gambut topogen biasanya memiliki kualitas mesotrofik sampai eutrofik, karena gambut topogen menempati posisi lebih dekat dengan sungai, sehingga terjadi pengkayaan bahan melalui luapan atau pasang surutnya air sungai. Jenis gambut ini bisa menempati *landform* dataran gambut atau sisi kubah gambut. Sedangkan jenis gambut ombrogen biasanya memiliki kualitas oligotrofik, karena menempati posisi bagian tengah atau jauh dari pinggir sungai, dan menempati *landform* kubah gambut.

Kalau kita tinjau penyebaran gambut secara umum, tampak adanya kekhasan hubungan antara satuan bentuk lahan dengan jenis-jenis tanah gambut. Bila kita buat transek skematis mulai dari tepi sungai ke arah sungai lainnya, tentunya gambut yang relatif dekat dengan sungai gambutnya semakin tipis, kemudian semakin ke daerah depresi gambutnya semakin dalam (Hardjowigeno dan Abdullah, 1987). Berdasarkan hasil pengamatan lapangan yang ditemukan pada areal PLG Kalimantan Tengah, jarak posisi gambut dari pinggir sungai biasanya dipengaruhi oleh besar kecilnya sungai. Gambut yang terbentuk di sekitar sungai-sungai besar (S. Barito, sungai Kapuas) gambut baru ditemukan pada jarak 2-4 km dari pinggir sungai. Sedangkan gambut yang terbentuk di sekitar sungai-sungai kecil (S. Mentangai-S. Dadahup) gambut sudah dijumpai dari mulai jarak <1 km. Satuan bentuk lahan yang mengindikasikan adanya lahan gambut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Satuan Bentuk Lahan (*landform*) yang Diindikasikan Ditemukan Lahan Gambut

No.	Satuan bentuk Lahan / <i>landform</i>	Indikasi kemungkinan ditemukannya lahan gambut
1.	Dataran aluvial	Sempit (minor): 10-25%
2.	Depresi Aluvial (closed basin)	Luas (dominant): 50-75%
3.	Dataran Estuarin	Sempit (minor): 10-25%
4.	Rawa Belakang sungai (Back swamp)	Sedang-luas (Fair-dominant): 25-75%
5.	Rawa Belakang pantai (Swalle/lagoon)	Sedang-luas (Fair-dominant): 25-75%
6.	Dataran pantai	Sempit (minor): 10-25%
7.	Gambut Topogen air tawar	Sangat luas (Predominant) : > 75%
8.	Gambut Topogen Pasang surut	Sangat luas (Predominant) : > 75%
9.	Gambut ombrogen	Sangat luas (Predominant) : > 75%
10.	Kubah Gambut	Sangat luas (predominant): >75%

Sumber:

1. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. 2010. Peta Sumberdaya Tanah tingkat Tinjau, Provinsi Kalimantan Barat, skala 1:250.000.
2. Balai Penelitian Tanah. 2007. Semi Detailed Land Resources Mapping for Aceh Barat District. Balai Penelitian Tanah Bogor.
3. Marsoedi Ds, Widagdo, Junus Dai, Nata Suharta, Darul SWP, Sarwono Hardjowigeno, Jan Hof, Erik R.Jordens. 1997. Pedoman Klasifikasi *Landform*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
4. Buurman P, T. Balsem and H.G.A van Panhuys. 1990. Klasifikasi Satuan Lahan untuk Survei Tingkat Tinjau Sumatera. Proyek Perencanaan dan Evaluasi Sumberdaya Lahan. Pusat Penelitian Tanah Bogor.
5. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1990. Buku Keterangan Peta Satuan Lahan dan Tanah Sumatera skala 1:250.000. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor

PENUTUP

Gambut merupakan akumulasi tumbuhan yang sebagian telah melapuk. Lahan gambut terdapat di dataran rendah berawa-rawa, yang merupakan cekungan atau pelembahan, baik di dataran rawa pasang surut, rawa lebak atau rawa pedalaman, sehingga aksesibilitasnya masih sangat terbatas. Inventarisasi/pemetaan lahan gambut pada tingkat semi detil (1:50.000 s/d 1:100.000) dengan penggunaan citra satelit resolusi tinggi, untuk analisis bentuk lahan/*landform*, sebagai “*mapping unit*”, kemudian diikuti dengan validasi/pengamatan lapangan secara transek pada area-area perwakilan (*key areas*), cukup efektif meningkatkan akurasi hasil pemetaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Fahmuddin dan I G.M. Subiksa. 2008. Lahan gambut: potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan. Balai Penelitian Tanah . Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian
- Balai Penelitian Tanah. 2007. Agricultural Crop Option along West Coast and Peatland for Aceh Barat District. Joint Research Collaboration Between Indonesian Soil

- Research Institute (ISRI) with World Agroforestry Centre, Balai Penelitian Tanah. Bogor- Indonesia.
- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. 2010. Peta Sumberdaya Tanah tingkat Tinjau, Provinsi Kalimantan Barat, skala 1:250.000.
- Buurman P., Tom Balsem. 1990. Land Unit Classification for the Reconnaissance Soil Survey of Sumatra. Soil Data Base Management Project. Technical Report No.3. version 2. Center for Soil and Agroclimate Research. Bogor
- Lillesand Th.M. and Ralph W .Keifer. 1994. Remote Sensing and Image Interpretation. John Willey and Sons. New York.
- Lyon, J.G. and J.Mc.Carthy. 1995. Wetland Environmental Applications of GIS. CRC Lewwis Publishers. Boca Raton, New York, London, Tokyo.
- Marsoedi Ds, Widagdo, Junus Dai, Nata Suharta, Darul SWP, Sarwono Hardjowigeno, Jan Hof, Erik R.Jordens. 1997. Pedoman Klasifikasi *Landform*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Page, S.E., Siegert, J.O. Rieley, H.D.V.Boehm, A.Jaya, S.H. Limin.2002. The Amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature*, 420:61-65.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1990. Buku Keterangan Peta Satuan Lahan dan Tanah Sumatra skala 1:250.000. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor
- Hardjowigeno S. 1989. Sifat-sifat dan Potensi tanah gambut Sumatra untuk Pengembangan Pertanian. hal 15-42. Prosiding Seminar Tanah Gambut untuk Perluasan Pertanian. Fakultas Pertanian Universitas Islam Indonesia. Medan 27 November 1989.
- Hardjowigeno S., dan Abdullah.1987. Suitableness of peat Soil of Sumatra for agricultural developmnet. International Peat Society. Sysmposium of Tropical Peat and peatland for Development. Yogyakarta, 9-14 februari 1987.
- Singh, A.N. 2002. Agriculture Application of satellite remote Sensing in India. Seminar in Remote Sensing and GIS in Agriculture Research. Seminar Room IRRI, Los Banos, Laguna Phillipinnes.20-22 July 2002.
- Soil Survey Staff. 1999. Key to Soil Taxonomy. 4th Edition. SMSS. Technical Monographs. No.19. Blackburg, Virginia.
- Sutanto. 2002. Peranan Teknik Penginderaan Jauh untuk Survei Tanah. Prosiding Pertemuan Teknis Pembakuan Sistem Klasifikasi dan Metode Survei Tanah. Cibinong- Bogor, 29-31 Agustus 1999. Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Bogor, hal: 55-64.
- Zuidam, Van. 1985. Aerial Photo and satellite image interpretation in Terrain analysis and Geomorphological Mapping. Smith Publisher. The Hague. Netherlands.
- Wiradisastra, U.S. 2000. Perkembangan Penginderaan Jauh di Indonesia. Seminar IPB.

6

POTENSI DAN PENGEMBANGAN LAHAN GAMBUT DALAM PERSPEKTIF PENGEMBANGAN UNTUK PERTANIAN TANAMAN PANGAN

Haris Syahbuddin dan Muhammad Alwi

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Jl. Kebun Karet,
Loktabat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan

Abstrak. Pemanfaatan lahan gambut untuk usaha pertanian hendaknya memperhatikan sifat-sifat tanah gambut seperti: (1) mudah rusak bila dimanfaatkan dalam kondisi aerob karena mudah terdekomposisi, (2) tingkat kesuburan tanah rendah, (3) kemasaman tanah dan kandungan asam-asam organik tinggi, (4) laju kehilangan karbon cepat, (5) ketebalan gambut, dan (6) bahan mineral di lapisan bawahnya. Kurangnya perhatian terhadap sifat-sifat gambut tersebut menyebabkan terjadinya kesalahan dalam tata kelola lahan gambut, sehingga daya dukung fisik lahan rendah. Hal ini merupakan faktor utama yang dapat menyebabkan kegagalan usahatani yang dijalankan. Agar pemanfaatan lahan gambut sebagai usahatani dapat berkelanjutan, maka perlu diperhatikan beberapa hal seperti: (1) pengaturan sistem tata air yang baik (sesuai dengan kondisi lahan), (2) pengelolaannya bersifat spesifik lokasi, (3) penataan lahan gambut yang akan digunakan sebagai lahan usahatani harus sesuai dengan fungsi ekosistem, (4) memanfaatkan keberadaan pengetahuan dan teknologi lokal yang sudah ada. Dengan memperhatikan beberapa hal di atas, diharapkan pengelolaan lahan gambut sebagai lahan usahatani ke depan dapat memperoleh keuntungan secara ekonomi dan tidak mengganggu kelestarian lingkungan.

Katakunci: Gambut, lahan, tatakelola.

PENDAHULUAN

Badan Pangan Dunia (FAO) memprediksi Indonesia bersama-sama dengan China dan India akan mengalami krisis pangan berat pada tahun 2011. Kementerian Pertanian melalui Direktorat Jenderal Tanaman Pangan menargetkan peningkatan produksi pada tahun 2011 sebesar 3,5 juta ton beras dengan penambahan luas tanam sekitar 2,8 juta ha yang tersebar pada 11 provinsi (Dirjentan, 2010). Pasok pangan dari Pulau Jawa dihadapkan pada permasalahan berupa penyempitan dan pemecahan kepemilikan lahan usahatani selain pelandaian produktivitas akibat jenuh input sehingga pengembangan lahan-lahan luar Jawa mempunyai peran penting dan strategis. Lahan gambut merupakan salah satu agroekosistem potensial untuk pengembangan pertanian di luar Jawa yang tersebar di Pulau Kalimantan, Sumatera, Papua, dan Sulawesi.

Tanah gambut menurut Soil Survey Staff (1996) mengandung bahan organik berkisar antara (21-65%) umumnya berkembang di lahan rawa baik rawa pasang surut maupun non pasang surut. Sebagian besar bahan gambut masih terlihat secara jelas bentuk asalnya, yaitu berasal dari kayu-kayuan dan daun-daunan. Hanya sebagian kecil saja yang

berupa komponen tumbuhan yang tidak lagi terlihat secara jelas bentuk tumbuhan asalnya. Di sekitar endapan rawa gambut sering ditemukan endapan bahan tanah mineral, berupa sedimen fluviatil yang terbawa oleh aliran sungai (Furukawa dan Sabiham, 1985). Oleh karena itu, endapan gambut pada lapisan bawah atau yang tersebar di sekitar sungai, bahan gambutnya sering berada dalam keadaan tercampur dengan tanah mineral.

Pembukaan dan pemanfaatan lahan gambut sudah dimulai sejak tahun 1920an. Pada tahun 1969-1994, pemerintah melalui Departemen Pekerjaan Umum melakukan pembukaan besar-besaran lahan rawa pasang surut, termasuk diantaranya lahan gambut di Kalimantan dan Sumatera. Sekitar 500 ribu hektar lahan gambut dibuka dan direklamasi dalam mendukung program transmigrasi untuk pengembangan pertanian. Pada tahun 1995, pemerintah telah membuka 1,4 juta hektar lahan rawa yang dikenal dengan Proyek Pengembangan Lahan Gambut (PLG) di Kalimantan Tengah. Namun Proyek PLG di atas dihentikan karena dinilai menimbulkan lebih banyak dampak negatif terhadap lingkungan dan sosial ekonomi masyarakat sekitarnya. Sekitar 200-300 ribu hektar dari lahan rawa PLG di atas berpotensi untuk pengembangan pertanian, sebagian dari lahan yang tersedia pada kawasan PLG tersebut adalah lahan gambut.

Lahan gambut mempunyai sifat spesifik yang berbeda dengan lahan non gambut (tanah mineral). Lahan gambut yang cocok untuk pertanian memiliki persyaratan antara lain: (1) ketebalan gambut < 100 cm, (2) mempunyai kematangan hemik sampai saprik, (3) lapisan atas yang bercampur dengan tanah mineral dengan tebal sekitar 20 cm, (4) mempunyai bahan tanah dengan kadar bahan organik < 25% setelah reklamasi atau drainase, dan (5) kedalaman muka air tanah < 70 cm. Hasil penelitian menunjukkan produktivitas padi pada lahan gambut menurun dengan meningkatnya ketebalan gambut sampai 100 cm (Noor dan Supriyo, 1991; Noor, 2001). Lahan gambut tebal > 100 cm mempunyai tingkat mineralisasi sangat rendah dan tingkat kesuburan tanahnya juga rendah. Hasil padi yang dibudidayakan pada lahan gambut tebal seiring waktu terus merosot sehingga sering kemudian ditinggalkan. Untuk mempertahankan tingkat produktivitas lahan gambut diperlukan pengelolaan tanah, air, dan tanaman yang tepat dan berkelanjutan. Tulisan ini mengemukakan tentang perspektif potensi dan pengelolaan lahan gambut untuk usahatani berkelanjutan.

POTENSI DAN PENGEMBANGAN LAHAN GAMBUT

Indonesia merupakan negara ke empat terluas di dunia yang mempunyai lahan gambut sekitar 17-20 juta hektar, namun pemanfaatannya masih terbatas. Lahan gambut mempunyai multifungsi yaitu sebagai: (1) kawasan pengembangan, merupakan kawasan untuk kegiatan produksi hasil-hasil pertanian, perkebunan, peternakan, termasuk perikanan, (2) kawasan penyangga, merupakan kawasan yang dipertahankan dan hanya dikembangkan secara terbatas untuk kegiatan pertanian terbatas, dan (3) kawasan

konservasi, merupakan kawasan yang diperuntukan untuk pelestarian keanekaragaman hayati dan plasma nutfah. Pembagian kawasan di atas didasarkan pada kondisi hidrologi dan landscape, termasuk ketebalan gambut. Lahan-lahan gambut sangat dalam (> 3 meter) dan yang mengandung kekhasan lingkungan seperti habitat orang hutan, air hitam dan sejenisnya masuk ke dalam kawasan konservasi.

Pembukaan dan pemanfaatan lahan gambut pada awalnya diilhami oleh penduduk lokal setempat yang membuka dan menanaminya dengan tanaman pangan (padi, sagu, jagung, ubi) dan tanaman perkebunan (karet, kelapa, kakao). Pemerintah kemudian membuka lahan gambut secara besar-besaran untuk pengembangan tanaman pangan yang sekaligus mendukung program transmigrasi antara tahun 1969-1994 dalam rangka meningkatkan produksi padi. Hasil penelitian menunjukkan produktivitas lahan gambut sangat beragam dipengaruhi oleh sifat-sifat biofisik lahan dan lingkungan serta teknologi pengelolaan, termasuk agroinput (bibit, bahan amelioran, pupuk, alsintan, dsb). Produktivitas padi di lahan gambut terutama sangat dipengaruhi oleh ketebalan dan kematangan gambutnya, selain juga pengelolaan hara dan tanaman, khususnya pasca reklamasi.

Tabel 1. Potensi hasil padi pada berbagai ketebalan gambut.

Ketebalan gambut (cm)	Hasil padi (t ha ⁻¹)	Ketebalan gambut (cm)	Hasil padi (t ha ⁻¹)
0 – 10	1,6 - 2,4	0 – 30	Tidak ada data
10 – 30	2,4 - 3,2	30 – 60	4,0-5,5
30 – 60	3,2 - 4,4	60 – 90	3,2- 4,2
60 – 100	0,8 - 1,6	90 – 100	2,3-3,0

Sumber: Supriyo *et al.* dalam Noor (2001).

Pengembangan lahan gambut tersebar antara lain di Sumatera Selatan, Jambi, Riau, Sumatera Barat, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, dan Kalimantan Tengah (Tabel 2). Tantangan ke depan dalam pengembangan lahan gambut untuk pertanian adalah isu lingkungan dan perubahan iklim. Gambut dinyatakan sebagai sumber emisi gas rumah kaca sehingga penggunaannya dibatasi. Pemerintah menyepakati penurunan besaran emisi GRK sebesar 26% secara mandiri dan 41% dengan bantuan negara-negara maju hingga tahun 2020, diantaranya 9,5-13% dari lahan gambut. Tantangan lainnya dalam pengembangan tanaman pangan di lahan gambut sekarang adalah alih fungsi lahan yang cukup pesat dari lahan-lahan sawah menjadi lahan perkebunan kelapa sawit. Perkembangan kelapa sawit di lahan gambut dalam sepuluh tahun terakhir sangat cepat diperkirakan 20% (> 200 ribu hektar pada 1990) perkebunan kelapa sawit berada di lahan gambut (Badan Litbang Pertanian, 2010).

Tabel 2. Unit pemukiman transmigrasi di lahan gambut Sumatera dan Kalimantan

No	Provinsi	Nama UPT/Lokasi	Pola/Komoditas
1	Sumatera Selatan	Karang Agung, Delta Upang, Air Saleh, Air Sugihan, Air Telang, Pulau Rimau	Tanaman Pangan
2	J a m b i	Sungai Bahar, Rantau Rasau, Lagan Hulu	Perkebunan dan Tanaman Pangan
3	R i a u	Pulau Burung, Gunung Kalem, Delta Reteh, Sungai Siak	Perkebunan
4	Sumatera Barat	Lunang	Tanaman Pangan
5	Kalimantan Selatan	Tamban, Sakalagun	Tanaman Pangan
6	Kalimantan Barat	Rasau Jaya, Padang Tikar, Teluk Batang, Sei Bulan	Tanaman Pangan
7	Kalimantan Tengah	Pangkoh (Pandih Batu, Kanamit, Kantan, Talio, Maliku, Basarang, Sebangau), Seruyan, Lamunti (PLG Blok A)	Tanaman Pangan dan Perkebunan

Upaya meminimalisasi dampak negatif dari fenomena alam perubahan iklim ini, khususnya dalam pengembangan teknologi pertanian dalam menurunkan emisi GRK memerlukan kebijakan yang antara lain adalah: (1) meningkatkan pemahaman petani dan pihak terkait dalam mengantisipasi perubahan iklim; (2) meningkatkan kemampuan sektor pertanian untuk beradaptasi dengan perubahan iklim; (3) merakit dan menerapkan teknologi tepat guna dalam memitigasi emisi GRK, dan (4) meningkatkan kinerja penelitian dan pengembangan di bidang adaptasi dan mitigasi perubahan iklim (Badan Litbang Pertanian, 2010).

Menurut peta jalan (*road map*) Badan Litbang Pertanian (2010) program dan kegiatan penelitian yang diperlukan untuk antisipasi, mitigasi, dan adaptasi perubahan iklim dalam 5 (lima) tahun ke depan antara lain: (1) analisis komprehensif tentang kerentanan dan dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian, (2) pengembangan jaringan informasi dan sistem komunikasi dan advokasi iklim, modul, peta, dan panduan (kalender tanam, penanggulangan banjir, kekeringan, dan lain-lain), (3) penelitian dan pengembangan varietas tanaman yang adaptif terhadap perubahan iklim yang lebih ekstrem (kekeringan, kenaikan suhu udara, salinitas, banjir), (4) penelitian dan pengembangan teknologi mitigasi/penurunan emisi GRK dan adaptasi dalam pengelolaan tanah, pupuk, air, tanaman, dan ternak, (5) mengembangkan penelitian/kajian komprehensif tentang dampak pemanfaatan lahan gambut, (6) identifikasi dan pemetaan lahan gambut potensial dan beresiko kecil, serta pengembangan teknologi adaptif (ramah lingkungan) dan konservasi lahan gambut, (7) penelitian dan pengembangan kelembagaan untuk menunjang kemampuan beradaptasi terhadap perubahan iklim dan memitigasi emisi GRK, dan (8) analisis kebijakan untuk adaptasi dan mitigasi perubahan iklim.

PENGELOLAAN AIR

Pengelolaan air di tingkat mikro atau pengaturan air di tingkat petani dibedakan berdasarkan tipe luapan pasang dan jenis komoditas yang dibudidayakan. Pada tipe luapan A dan B pengaturan tata air satu arah (*one flow system*) menunjukkan hasil padi lebih baik dibandingkan dengan tata air dua arah (*two flow system*). Pencucian lahan dapat dilakukan setiap pasang kecil dan atau pasang besar secara efektif ternyata tidak hanya membuang unsur-unsur beracun tetapi juga membuang unsur hara esensial. Perubahan sifat-sifat kimia tanah menunjukkan lebih baik pada sistem tata air satu arah. Penerapan tata air sistem aliran satu arah tersebut di lahan sulfat masam telah terbukti meningkatkan produktivitas lahan. Hasil padi di lahan sulfat masam tipe luapan B Unit Tatas, Kalimantan Tengah dapat meningkat 60% pada musim kemarau dan 120-150% pada musim hujan dibandingkan dengan sistem dua arah. Hasil penelitian Harsono (2010) mempertegas, sistem tata air satu arah pada lahan rawa pasang surut, UPT Delta Telang I, Delta Saleh (Kab. Banyuasin) dan Delta Sugihan Kanan, Kab. OKI, Sumsel dapat meningkatkan pH dari 4,33 menjadi pH 5,59 dan hasil dari 2,39 t gabah ha⁻¹ menjadi 5,59 t gabah ha⁻¹. Makin rapat jarak antar kemalir makin banyak ion yang tercuci. Oleh karena itu, penelitian pengelolaan air ke depan haruslah dipadukan dengan pengelolaan lahan yang dapat mengurangi terbuangnya unsur hara esensial tetapi masih efektif membuang unsur beracun (Alihamsyah *et al.* 2001).



Gambar 1. Beberapa model pintu air (*flapgate* dan *stoplog/tabat*) daerah rawa di Sumatera Selatan dan Kalimantan Tengah (Dok. Edy Harsono dan M. Noor)

Pada tipe luapan C dan D pengaturan air diarahkan pada konservasi air dengan sistem tabat (BALITTRA, 2003). Pada beberapa wilayah tipe luapan B/C dapat dikembangkan sistem satu arah yang dikombinasi dengan sistem tabat (SISTAK). Sistem tabat bertingkat memungkinkan untuk pengaturan pola tanam yang lebih beragam sehingga memberi peluang pengembangan palawija dan sayuran. Sistem tabat dilaksanakan dengan cara memfungsikan saluran sekunder menjadi saluran kolektor. Pada saluran ini dipasang pintu tabat berupa *stoplog* untuk mengatur tinggi muka air di petakan lahan sehingga ketinggian pintu dapat diatur sesuai dengan yang diperlukan. Pada saat ada hujan, pintu-pintu dibiarkan terbuka untuk membuang unsur beracun dari petakan lahan, tetapi setelah 4 sampai 6 minggu kemudian pintu tabat mulai difungsikan sesuai dengan keperluannya. Sistem tabat yang dikombinasikan dengan kultur teknis lainnya juga dapat mendukung pengembangan pola tanam padi-padi, padi-palawija dan palawija-palawija asalkan disertai pengelolaan air yang sesuai di tingkat tersier dan petakan lahan. Hasil percobaan tata air sistem tabat dengan mengkonservasi air hujan untuk pertanaman padi varietas IR66 pada musim hujan dengan pola padi-padi di lahan pasang surut bertipe luapan C dapat meningkatkan hasil padi dari 3,31 t ha⁻¹ menjadi 4,53 t ha⁻¹ (Sarwani *et al.* 1997).

PENYIAPAN LAHAN

Penyiapan lahan yang umumnya dilakukan petani adalah sistem tebas bakar. Sistem penyiapan lahan untuk tanaman padi sangat tergantung pada jenis padi dan sistem budidayanya (Noor, 2010). Pada lahan gambut tipe luapan B dapat dilakukan penyawahan dengan tanam padi sawah sedangkan pada tipe luapan C sesuai untuk padi gogo, kecuali pada saat musim hujan dapat saja ditanami padi sawah (Noor, 2001; 2007). Di Kalimantan Selatan dalam penyiapan lahan menggunakan alat tajak dikenal dengan Sistem Banjar tajak-puntal-hampar. Penyiapan lahan dengan menggunakan traktor sudah banyak dilakukan petani di lahan gambut, khususnya lahan bergambut dan gambut dangkal, tetapi untuk lahan gambut sedang penggunaan traktor mengalami kendala sering ambles karena daya dukung lahan yang sangat rendah. Menurut Chairunas *et al.* (2001) penyiapan lahan di tanah gambut dapat dilakukan dengan cara: (1) penebasan rumput-rumput/belukar yang dilakukan dengan menggunakan parang, hasil tebasan dikumpulkan di suatu tempat, dan kemudian dibakar dan (2) membuat saluran kemalir dengan lebar 30 cm, kedalaman 20 cm dan jarak antar saluran berkisar 6-10 m dan saluran keliling.



Gambar 2. Model penyiapan lahan tradisional (dengan *tajak*) dan traktor mini di lahan gambut dangkal/bergambut (Dok. M. Noor)

AMELIORASI DAN PEMUPUKAN

Pemberian bahan amelioran dan pemupukan dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan kemasaman tanah dan rendahnya ketersediaan hara di tanah gambut. Bahan amelioran yang digunakan dapat berupa abu hasil bakaran, lumpur sungai, tanah mineral, terak baja, pupuk kandang, dan kapur seperti yang disajikan pada Tabel 3. Penggunaan bahan amelioran dapat saling menggantikan, misalnya apabila diberikan kapur, maka jumlah pemberian abu dapat dikurangi.

Tabel 3. Takaran anjuran bahan amelioran pada lahan gambut.

Jenis Amelioran	Dosis (t ha ⁻¹ thn ⁻¹)	Manfaat
Kapur	1 – 2	Meningkatkan basa-basa dan pH tanah
Pupuk kandang	5 – 10	Memperkaya unsur hara makro/mikro
Terak baja	2 – 5	Mengurangi fitotoksik asam organik, meningkatkan efisiensi pupuk P
Tanah mineral	10 – 20	Mengurangi fitotoksik asam organik, meningkatkan kadar hara makro/mikro
Abu	10 – 20	Meningkatkan basa-basa dan pH tanah
Lumpur sungai	10 – 20	Mengurangi fitotoksik asam organik, meningkatkan basa-basa, unsur hara

Sumber: Agus dan Subiksa (2008).

Nilai KTK gambut tergolong tinggi, namun demikian daya pegangnya terhadap kation yang dapat dipertukarkan rendah sehingga pemupukan sebaiknya dilakukan beberapa kali dengan dosis rendah agar hara tidak mudah tercuci. Nilai KTK yang tinggi sebenarnya karena dominasi ion H⁺ yang tinggi, kation-kation lain pada umumnya rendah. Unsur hara yang perlu ditambahkan dapat dalam bentuk pupuk yaitu N, P, K, Ca, Mg serta sejumlah unsur hara mikro terutama Cu, Zn, dan Mo. Berdasarkan hasil penelitian Noor *et al.* (2006), kandungan unsur mikro Cu dan Zn di lahan gambut Desa Kanamit,

Kecamatan Maluku, Kabupaten Puncak Pisau, Kalimantan Tengah masing-masing adalah 4,95 ppm dan 11,85 ppm dan tergolong sangat rendah. Pemberian Cu lebih efektif melalui daun karena sifat menyerapnya yang kuat pada gambut dan kurang mobil dalam tanaman.

Hasil penelitian Noor *et al.* (2009) pada pertanaman padi di lahan gambut menunjukkan bahwa tanah yang telah mengalami pemasaman ($\text{pH tanah} < 4,5$) diperlukan kapur sedikitnya $0,5 \text{ t ha}^{-1}$ musim⁻¹ sedangkan hara P dan K apabila status haranya rendah diberikan pupuk P dan K masing-masing 100 kg ha^{-1} . Tanah mineral yang mengandung Fe tinggi dapat menurunkan aktivitas asam fenolat. Asam fenolat merupakan salah satu asam organik yang dihasilkan dari biodegradasi anaerob dari senyawa lignin yang dalam konsentrasi tinggi beracun bagi tanaman. Hartatik dan Ardi (2006) melaporkan takaran tanah mineral berpirit sebanyak 20% dari bobot tanah gambut meningkatkan hasil tanaman padi tetapi bila campurannya ditingkatkan menjadi 40% menyebabkan penurunan hasil karena meningkatnya bobot gabah yang hampa. Pencampuran tanah mineral berpirit perlu diwaspadai karena dapat berdampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman karena meningkatnya Al_{dd} , H_{dd} , dan SO_4^{2-} . Pengelolaan air untuk tanaman padi dengan tabat yang berfungsi mempertahankan muka air pada tingkat 5-10 cm dari muka tanah dan dibuka secara periodik dapat memberikan pertumbuhan padi yang lebih baik dibandingkan tabat dipertahankan selama Maret-Desember (Supriyo *et al.* 2007; 2008). Pengaturan air dengan cara menabat saluran tersier pada ketinggian genangan 110 cm dikombinasikan dengan pemberian amelioran dan pupuk setara ($5000 \text{ ppk kandang} + 1000 \text{ kapur} + 50 \text{ N} + 60 \text{ P}_2\text{O}_5 + 50 \text{ K}_2\text{O}$) kg ha^{-1} dapat meningkatkan kualitas air yang ditandai dengan meningkatnya pH air dan DHL air pada fase vegetatif, meningkatkan pertumbuhan tanaman (jumlah anakan produktif dan tinggi tanaman) dan memperbaiki beberapa sifat kimia tanah gambut (pH tanah meningkat dari 4,16-4,56, status hara N, P-tersedia dan K-total tanah) dan menurunkan keasaman tanah tertukar (H_{dd} dan Al_{dd}) dibandingkan dengan kontrol (pengaturan air dengan tabat sejak bulan Desember sampai April, kemudian tabat pada saluran tertier dibuka bebas sampai panen).

Dalam menghadapi perubahan iklim, pemberian bahan amelioran dapat menurunkan emisi GRK dari lahan gambut pada batas takaran tertentu, tergantung pada jenis gambut, kematangan, dan ketebalan gambut. Misalnya gambut serat-seratan atau rumputan (*sphagnum*) atau gambut ombrotropik mempunyai tingkat emisi CH_4 lebih rendah dibandingkan gambut hutan kayu. Emisi CH_4 pada gambut *sphagnum* antara $2,0\text{--}2,5 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$, sedangkan pada gambut kayuan antara $8,0 \pm 1,1$ dan $9,6 \pm 3,0 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$. Hasil penelitian Ariani *et al.* (2008) menunjukkan bahwa pemberian dolomit (CaMgCO_3) dapat menekan total emisi CH_4 sekitar 35% dibandingkan dengan terak baja atau zeolit yang hanya dapat menurunkan total emisi masing-masing 29% dan 6,6%. Pemberian dolomit, terak baja, dan zeolit menghasilkan emisi CH_4 masing-masing $493,5 \pm 41,09$; $537, 2 \pm 16,88$; dan $695,5 \pm 115,03$ lebih rendah dibandingkan tanpa ameliorasi dengan emisi CH_4 $758,9 \pm 41,12$ (Tabel 4).

Tabel 4. Emisi CH₄ dan hasil gabah padi dari dengan pemberian bahan amelioran di lahan gambut

Bahan amelioran	Emisi CH ₄		Hasil padi (t GKG ha ⁻¹)
	(kg ha ⁻¹)	g C m ⁻²	
Tanpa amelioran	758,9 ± 41,12 a	75,9 ± 4,1	5,2 ± 1,15 a
Dolomit (5 t ha ⁻¹)	493,5 ± 41,09 c	49,3 ± 4,1	5,2 ± 1,34 a
Zeolit (5 t ha ⁻¹)	695,5 ± 115,03 ab	69,5 ± 11,5	5,0 ± 0,76 a
Terak baja (5 t ha ⁻¹)	537,2 ± 16,88 b	53,7 ± 1,7	6,0 ± 0,89 a

Sumber: Ariani *et al.* (2008).

PENGEMBANGAN LAHAN GAMBUT KE DEPAN

Pengembangan lahan gambut ke depan hendaknya menerapkan beberapa kunci pokok pengelolaan seperti: (1) aspek legalitas yang mendukung pengelolaan lahan gambut. (2) penataan ruang berdasarkan satuan sistem hidrologi gambut sebagai wilayah fungsional ekosistem gambut, (3) pengelolaan air pada lahan gambut, (4) pendekatan pengembangan berdasarkan karakteristik bahan mineral di bawah lapisan gambut, (5) peningkatan stabilitas dan penurunan sifat toksik bahan gambut, dan (6) pemilihan tanaman yang sesuai dengan karakteristik lahan.

Keputusan Presiden Republik Indonesia No. 32 tahun 1990 tentang pengelolaan kawasan lindung, secara tegas menyebutkan bahwa kriteria kawasan bergambut sebagai kawasan lindung adalah tanah bergambut dengan ketebalan 3,0 m atau lebih yang terdapat di bagian hulu sungai dan rawa. Sebenarnya dalam menetapkan kawasan lindung untuk lahan gambut tidak hanya ditentukan oleh ketebalan gambut saja. Bahan tanah mineral yang berada di bawah gambut juga perlu mendapat perhatian. Walaupun gambut tipis (< 3,0 m) tetapi jika lapisan di bawah gambut pasir kuarsa, maka kawasan ini sebaiknya dijadikan kawasan lindung. Sedangkan endapan gambut yang terdapat di atas tanah mineral tua dan muda dapat direkomendasikan untuk pertanian tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan, tetapi harus dilakukan secara hati-hati dan bukan pada pusat kubah gambut.

Kawasan gambut dapat berfungsi sebagai penampung, penyimpan air, dan kemudian mendistribusikannya ke daerah yang berada di sekitarnya. Oleh karena itu, setiap hamparan gambut dapat dijadikan sebagai wilayah fungsional ekosistem gambut yang berfungsi sebagai pengendali banjir, pencegah kekeringan, dan sebagai penyangga untuk terjadinya intrusi air laut. Selain itu sistem jaringan drainase harus didesain secara hati-hati dengan memperhatikan karakteristik ekosistem gambut.

PENUTUP

Pembukaan persawahan lahan rawa oleh pemerintah pada awalnya diilhami oleh keberhasilan masyarakat lokal dalam mengembangkan tanaman padi. Lebih kurang 3,0 juta hektar lahan rawa pasang surut telah dibuka oleh masyarakat secara swadaya dan 1,8 juta hektar direklamasi oleh pemerintah pada periode 1970-1990. Kemudian terdapat 1,4 juta hektar yang telah dibuka untuk PLG Sejuta Hektar Kalimantan Tengah, diantaranya sekitar 200-300 ribu hektar sesuai untuk pertanian pangan. Dari keseluruhan lahan rawa yang telah dibuka sekitar 500 ribu hektar adalah lahan gambut yang dapat dijadikan sebagai kawasan pengembangan pertanian tanaman pangan dan hortikultura.

Pengembangan usahatani di lahan rawa gambut menghadapi banyak kendala antara lain pada aspek pengelolaan air dan lahan yaitu: (1) ketinggian genangan atau muka air tanah yang sukar dikendalikan, (2) lapisan pirit dangkal di bawah lapisan gambut, (3) lapisan gambut tebal dan bersifat mentah, (4) intrusi air laut, (5) infrastruktur pendukung yang kurang mendukung atau terbatas, dan (6) kondisi sosial ekonomi dan investasi petani terhadap lahan yang terbatas. Dalam menghadapi isu perubahan iklim maka kegiatan penelitian di lahan gambut perlu ditingkatkan karena masih terbatasnya informasi.

Pengembangan wilayah rawa memerlukan komitmen yang kuat baik pemerintah pusat maupun pemerintah daerah, termasuk petani. Salah satu kunci keberhasilan adalah pembinaan, karena umumnya petani kita kebanyakan masih berpendidikan rendah, modal terbatas, orientasi terbatas, dan pengetahuan secara komprehensif terbatas, termasuk pemasaran dan harga yang masih dikuasai pihak luar (pedagang atau pengusaha besar baik dalam sarana produksi maupun hasil produksi). Bidang pertanian sudah lama kehilangan gairah sehingga bagi generasi muda sekarang bidang pertanian tidak menjadi pilihan sebagai bidang usaha, apalagi di lahan gambut yang termasuk tanah bermasalah. Oleh karena itu, dukungan berbagai pihak terutama pemerintah sebagai penggerak pembangunan sangat diperlukan untuk menjadikan bidang pertanian dapat memberikan jaminan kesejahteraan dan kemaslahatan hidup.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F dan I G.M. Subiksa. 2008. Lahan Gambut: potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor-Indonesia. 36 hal.
- Alihamsyah, T., D. Nazemi, Mukhlis, I. Khairullah, H.D. Noor, M. Sarwani, H. Sutikno, Y. Rina, F.N. Saleh, dan S. Abdussamad. 2001. Empat Puluh Tahun BALITTRA: Perkembangan dan Program Penelitian Ke Depan. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa. Badan Litbang Pertanian. Banjarbaru.

- Ariani, M., H.L. Susilawati, dan P. Setyanto. 2008. Mitigasi emisi metana (CH₄) dari tanah gambut dengan ameliorasi. Hlm 319-325. *Dalam* A. Supriyo *et al.* (eds.). Pros. Sem. Nas. Pengembangan Lahan Rawa, Banjarbaru 5 Agustus 2008. BB Litbang SDLP-Balitbangda Prop. Kalsel.
- Badan Litbang Pertanian. 2010. Program Pengembangan Sistem Pertanian Estate Lahan Rawa Berkelanjutan. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. Jakarta.
- BALITTRA, 2003. Lahan Rawa Pasang Surut: Pendukung Ketahanan Pangan dan Sumber Pertumbuhan Agribisnis. Penyusun T. Alihamsyah *et al.* Balittra Banjarbaru. 53 hal.
- Chairunas, Yardha, Adli Yusuf, Firdaus, Tamrin, dan M.N. Ali. 2001. Rakitan Teknologi Budidaya Padi di Lahan Gambut. http://nad.litbang.deptan.go.id/ind/files/rakitan_teknologi_padi.pdf, diakses pada tanggal 7 Februari 2011.
- Dirjentan. 2010. Rumusan hasil Workshop P2BN Dalam Menghadapi Dampak Perubahan Iklim 2011.
- Furukawa, H. and S. Sabiham. 1985. Agricultural landscape in the lower Batang Hari. Sumatera I: Stratigraphy and geomorphology of coastal swampylands (in Japanese) *South Asian Studies*. 23(1):3-37.
- Hartatik, W. dan Didi Ardi Suriadikarta. 2006. Teknologi Pengelolaan Hara Lahan Gambut. *Dalam* Didi Ardi S. *et al.* (eds.) *Karakterisasi dan Pengelolaan Lahan Rawa*. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor. 151-180.
- Harsono, E. 2010. Optimalisasi pemanfaatan lahan rawa pasang surut. Seminar Sehari, Program Studi Magister Teknik Sipil Pascasarjana Univ. Lambung Mangkurat (UNLAM) Banjarmasin, 12 Juni 2010.
- Noor, M. 2001. Pertanian Lahan Gambut: Potensi dan Kendala. Kanisius. Yogyakarta. 174 halaman.
- _____. 2007. Laporan Hasil Penelitian Teknologi Peningkatan Produktivitas dan Konservasi Lahan Gambut. Balittra. Banjarbaru.
- _____. 2010. Lahan Gambut: Pengembangan, Konservasi, dan Perubahan Iklim. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 212hal.
- Noor, M., Yuli Lestari, dan M. Alwi. 2006. Laporan hasil Penelitian Teknologi Peningkatan Produktivitas Lahan Gambut. Balittra. Banjarbaru.
- Noor, M dan A. Supriyo. 1991. Peningkatan produktivitas lahan pasang surut dengan perbaikan sistem pengelolaan air dan tanah. *Dalam* Kinerja Penelitian Tanaman Pangan, Buku 6. Pros. Symp Tanaman Pangan III, 23-25 Agustus 1993. Bogor.
- Noor, M., A. Hairani, Muhammad, S. Nurzakiah, dan A. Fahmi. 2009. Pengembangan teknologi pemupukan berdasarkan dinamika hara pada tanaman padi IP 300 di lahan rawa pasang surut. Laporan Hasil Penelitian SINTA 2009. Balittra. Banjarbaru. (Tidak dipublikasi).

- Sarwani, M., S. Saragih, K. Anwar, M. Noor, dan A. Jumberi. 1997. Penelitian pengelolaan air, tanah, dan hara di lahan rawa pasang surut. Paper disampaikan pada acara Pra Raker Badan Litbang Pertanian, 2-5 Pebruari 1997. Yogyakarta.
- Soil Survey Staff. 1996. Keys to Soil Taxonomy. 8th Edition. USDA. Soil Conservation Services, Washington D.C.
- Supriyo, A., M. Noor, dan D. Hatmoko. 2007. Pengelolaan Air Tingkat Petani untuk Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Gambut Pasang Surut. Laporan Hasil I Penelitian. BALITTRA. Banjarbaru.
- _____, 2008. Pengelolaan Air Tingkat Petani untuk Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Gambut Pasang Surut. Laporan Hasil Penelitian. BALITTRA. Banjarbaru.

7

KLASIFIKASI DAN DISTRIBUSI TANAH GAMBUT INDONESIA SERTA PEMANFAATANNYA UNTUK PERTANIAN

D. Subardja dan Erna Suryani

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114, Telp. 0251-8323011 (csar@indosat.net.id)

Abstrak. Tanah gambut Indonesia diklasifikasikan sebagai Histosol atau Organosol terbentuk dari bahan tanah organik, umumnya jenuh air, mengandung karbon (C) organik 12-18% tergantung kandungan liat tanah. Kedalaman tanah gambut disepakati minimal 50 cm tanpa mempertimbangkan tingkat dekomposisinya. Penyebarannya di Indonesia tidak begitu luas, hanya sekitar 7% dari seluruh wilayah daratan Indonesia atau sekitar 13,2 juta ha yang banyak dijumpai terutama di daerah rawa-rawa di Pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua. Luasan tanah gambut Indonesia diperoleh dari hasil kompilasi data selama periode 1990-2000. Data luasan tanah gambut terbaru yang dikeluarkan oleh Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, tahun 2011 sekitar 14,9 juta ha. Berdasarkan tingkat dekomposisi atau kematangannya, tanah gambut Indonesia terbagi dalam 3 kelas, yaitu tanah gambut saprik (Saprist) yang telah terdekomposisi lanjut, gambut hemik (Hemist) yang terdekomposisi sedang dan gambut fibrik (Fibrist) yang belum atau sedikit terdekomposisi. Tanah gambut hemik memiliki penyebaran paling luas di Indonesia, yaitu sekitar 80% dari tanah gambut Indonesia atau 10,6 juta ha, sedangkan tanah gambut fibrik dan gambut saprik masing-masing 8% (1,1 juta ha) dan 12% (1,5 juta ha). Sekitar lebih dari 10 juta ha tanah gambut yang terdiri dari gambut hemik dan saprik cukup potensial untuk pertanian. Sedangkan tanah gambut fibrik karena faktor kematangan dan daya dukung yang rendah untuk pertumbuhan tanaman maka menjadi tidak sesuai pemanfaatannya untuk pertanian. Pemberian pupuk anorganik dan amelioran serta tata kelola air secara tepat akan mempercepat dekomposisi dan peningkatan produktivitas tanah gambut secara berkelanjutan. Saat ini pemanfaatan tanah gambut untuk pertanian mulai dibatasi terkait isu perubahan iklim dan kerusakan lingkungan, sehingga harus mengacu kepada INPRES No. 10/2011 dan Permentan No. 14/2009.

Katakunci: Tanah gambut, klasifikasi, distribusi, pemanfaatan, pertanian, Indonesia

PENDAHULUAN

Pembangunan pertanian di masa yang akan datang dihadapkan pada empat tantangan utama, yaitu: (a) kerusakan dan degradasi sumberdaya lahan dan air, (b) peningkatan variabilitas dan perubahan iklim; (c) penciptaan dan alih fungsi (konversi) lahan pertanian subur, dan (d) fragmentasi lahan pertanian dan keterbatasan sumberdaya lahan potensial. Pada hal di sisi lain, untuk mengimbangi laju pertumbuhan penduduk dan kebutuhan serta target pertumbuhan ekonomi sektor pertanian, perluasan areal pertanian baru masih sangat dibutuhkan, baik untuk pangan maupun komoditas lainnya. Hingga tahun 2035,

dibutuhkan tambahan lahan sekitar 12 – 15 juta ha, sekitar 3,5 juta diantaranya adalah untuk pencetakan sawah baru (Tim Sinjak BBSDLP, 2011).

Tanah gambut yang luasnya sekitar 13-14 juta ha merupakan salah satu alternatif yang cukup potensial untuk dijadikan lahan pertanian bahkan sebagian diantaranya secara ekonomi dan sosial berasosiasi dan menjadi sumber kesejahteraan masyarakat. Secara agronomi, diperkirakan sekitar 40-50% lahan gambut potensial/sesuai untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian. Umumnya lahan gambut tergolong sesuai marjinal (tingkat kesesuaian rendah) untuk berbagai jenis tanaman pangan dengan faktor pembatas utama media perakaran yang masam, asam organik yang beracun, unsur hara rendah dan drainase yang tidak mendukung pertumbuhan tanaman. Sebagian lahan gambut telah dibuka oleh penduduk setempat secara swadaya atau oleh pemerintah melalui program transmigrasi. Sebagian dari area yang sudah dibuka menjadi terlantar karena salah dalam pengelolaannya. Karena keterbatasan lahan produktif, akhirnya lahan gambut juga dimanfaatkan untuk ekstensifikasi pertanian terutama untuk perkebunan kelapa sawit, karet dan tanaman pangan. Namun demikian pemanfaatan lahan gambut, terutama untuk pertanian menimbulkan berbagai polemik, terutama dikaitkan dengan dampaknya terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) dan kerusakan lingkungan.

Dalam makalah ini dibahas mengenai karakteristik dan klasifikasi tanah-tanah gambut di Indonesia menurut sistem klasifikasi Taksonomi Tanah (USDA) dan sistem klasifikasi tanah nasional serta distribusi dan pemanfaatannya untuk pertanian. Potensi dan kendala pengelolaan tanah gambut juga sedikit dibahas terkait dengan peningkatan produksi pangan dan pembatasan pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian khususnya dalam pengembangan perkebunan.

KARAKTERISTIK DAN KLASIFIKASI TANAH GAMBUT INDONESIA

Tanah gambut terbentuk dari bahan tanah organik, umumnya jenuh air, mengandung karbon (C) organik 18% atau lebih bila fraksi mineral mengandung liat 60% atau lebih, atau memiliki 12% atau lebih karbon organik bila fraksi mineral tidak mengandung liat, atau mengandung karbon organik 12 sampai 18% bila kandungan liat di antara 0 dan 60%. Bila tidak pernah jenuh air alami minimum mengandung karbon organik 20%. Kedalaman tanah gambut minimal 40 cm bila bahan telah terdekomposisi sedang (hemik) sampai lanjut (saprik) atau minimal 60 cm jika belum atau sedikit terdekomposisi (fibrik), atau setidak-tidaknya tanah gambut memiliki lebih dari setengah lapisan tanah teratas 80 cm merupakan bahan tanah organik (Soil Survey Staff, 2010). Dalam prakteknya di lapangan, kedalaman gambut di Indonesia telah disepakati minimal sedalam 50 cm tanpa mempertimbangkan tingkat dekomposisi atau kematangannya.

Bahan tanah gambut berasal dari sisa-sisa tanaman yang sudah mati, baik yang sudah maupun belum melapuk. Timbunan terus bertambah karena perkembangan biota pengurai terhambat oleh kondisi lingkungan anaerob dan miskin mineral sehingga proses dekomposisi terhambat. Oleh karena itu, lahan gambut banyak dijumpai di daerah rawa belakang (*back swamp*) atau daerah cekungan yang drainasenya buruk. Pembentukan tanah gambut merupakan proses geogenik yaitu pembentukan tanah yang disebabkan oleh proses deposisi dan transportasi, berbeda dengan proses pembentukan tanah mineral yang pada umumnya merupakan proses pedogenik.

Berdasarkan tingkat dekomposisi atau kematangannya, tanah gambut Indonesia terbagi dalam 3 kelas, yaitu tanah gambut saprik, gambut hemik dan gambut fibrik. Tanah gambut fibrik mengandung lebih dari $\frac{3}{4}$ bagian volume tanah berupa serat-serat yang belum atau sedikit terdekomposisi, berat isi sangat ringan $<0,1 \text{ g cm}^{-3}$, kandungan air sangat tinggi berdasarkan berat keringnya, sangat labil, masih mengalami banyak perubahan secara fisik dan atau kimia, daya dukung terhadap pertumbuhan tanaman sangat rendah sehingga tidak sesuai pemanfaatannya untuk pertanian. Tanah gambut hemik terdekomposisi sedang, mengandung serat tanaman kurang dari 50%, kandungan air sedang, berat isi $>0,1 \text{ g cm}^{-3}$, sebagian bahan telah mengalami perubahan secara fisik dan kimia, daya dukung terhadap pertumbuhan tanaman tergolong sedang. Tanah gambut saprik telah mengalami dekomposisi paling lanjut, mengandung jumlah serat tanaman sangat sedikit, berat isi terberat ($>0,2 \text{ g cm}^{-3}$), dan kandungan air terendah, biasanya berwarna kelabu gelap sampai hitam, paling stabil, berubah sangat sedikit dengan bertambahnya waktu baik secara fisik maupun kimia, dan memberikan emisi paling rendah.

Tanah gambut Indonesia diklasifikasikan menurut Taksonomi Tanah sebagai Histosol (Soil Survey Staff, 2010) atau menurut Klasifikasi Tanah Nasional sebagai Organosol (Soeprattohardjo, 1961; Suhardjo dan Soeprattohardjo, 1981). Pada tingkat sub-ordo dibedakan berdasarkan tingkat dekomposisi atau kematangannya, terdiri dari Fibrists, Hemists, dan Saprists. Pada tingkat grup, berdasarkan sifat dan cirinya sebagian besar diklasifikasikan sebagai Haplofibrists, Haplohemist, dan Haplosaprists atau setara Organosol Fibrik, Organosol Hemik dan Organosol Saprik. Sebagian tanah gambut hemik mengandung bahan sulfidik (sulfat masam) di dalam kedalaman 100 cm dari permukaan tanah yang diklasifikasikan sebagai Sulfihemists. Penyebaran Haplohemists sangat dominan di Indonesia.

DISTRIBUSI TANAH GAMBUT DI INDONESIA

Tanah gambut di Indonesia tersebar terutama di Sumatera, Kalimantan dan Papua meliputi luas lebih dari 13,2 juta hektar atau sekitar 7% dari luas daratan Indonesia. Data luasan tanah gambut tersebut diperoleh dari kompilasi data selama periode 1990-2000. Data

luasan tanah gambut terbaru yang dilaporkan oleh Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (2011) mencapai 14,9 juta ha, tersebar terutama di Sumatera, Kalimantan dan Papua. Penyebarannya selalu berada atau berasosiasi dengan daerah rawa-rawa. Berdasarkan data awal, tanah gambut hemik memiliki penyebaran paling luas di Indonesia, yaitu sekitar 80% (10,6 juta ha) dari luas tanah gambut di Indonesia. Sekitar 2,1 juta ha merupakan tanah gambut hemik bersulfat masam (Sulfihemists), sedangkan tanah gambut fibrik dan gambut saprik masing-masing 8% (1,1 juta ha) dan 12% (1,5 juta ha). Sekitar 8,4 juta ha tanah gambut hemik potensial untuk pertanian. Luas dan penyebaran gambut di masing-masing provinsi di Indonesia yang diperoleh dari hasil kompilasi peta tanah tinjau dan eksplorasi Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (2000) disajikan pada Tabel 1.

PEMANFAATAN DAN PENGELOLAAN TANAH GAMBUT DI INDONESIA

Pemanfaatan tanah gambut hemik dan gambut saprik cukup potensial untuk pertanian, namun perlu kehati-hatian, karena bila salah kelola akan dapat menimbulkan kerusakan tanah (sifat tidak balik, subsiden) dan lingkungan (pencemaran dan peningkatan emisi karbon). Tanah gambut saprik dangkal (<100 cm) paling cocok untuk pertanian khususnya untuk tanaman pangan dan hortikultura sayuran dan buah-buahan semusim. Pemberian pupuk anorganik dan amelioran serta tata kelola air secara tepat akan mempercepat peningkatan produktivitas tanah gambut secara berkelanjutan. Saat ini pemanfaatan tanah gambut untuk pertanian mulai dibatasi terkait isu perubahan iklim dan kerusakan lingkungan, sehingga harus mengacu kepada INPRES No. 10/2011 dan Permentan No. 14/2009.

Tanah gambut memiliki karakteristik yang sangat berbeda dengan tanah mineral. Tanah gambut alami memiliki sifat hidrofilik dan mampu menahan air sampai 13 kali bobot keringnya. Oleh karenanya gambut secara fisik lembek serta memiliki BD dan daya menahan beban yang rendah (Nugroho *et al.* 1997). Bila didrainase, lahan gambut akan mengalami subsiden (penurunan permukaan), dan potensial mengalami kering tidak balik (*irreversible drying*) dan bersifat hidrofobik. Karena asam-asam organik tinggi maka tanah gambut mempunyai tingkat kemasaman yang tinggi dengan kisaran sekitar pH 3 - 4. Tanah gambut oligotropik di pedalaman, banyak dipengaruhi air hujan memiliki tingkat kemasaman lebih tinggi dibandingkan gambut eutropik di tepi pantai yang dipengaruhi air laut (Salampak, 1999). Tanah gambut di Indonesia umumnya tergolong gambut kayuan yang bila melapuk menghasilkan asam-asam fenolat yang bersifat racun bagi tanaman (Sabiham *et al.* 1997). Keberadaan asam-asam fenolat ini menjadi kendala utama dalam budidaya tanaman di lahan gambut. Secara inherent, gambut tropis memiliki kandungan

basa-basa dan hara yang rendah, baik hara makro maupun mikro. Hal ini berhubungan erat dengan proses pembentukannya yang lebih banyak dipengaruhi oleh air hujan.

Tabel 1. Luas dan penyebaran tanah gambut di Indonesia

No	Provinsi	Fibrists	Hemists		Saprists	Jumlah (ha)
		Haplofibrists	Haplohemists	Sulfihemists	Haplosaprists	
1	Lampung	-	1.171	780	-	1.951
2	Sumsel	-	866.737	398.903	178.921	1.444.561
3	Bengkulu	-	17.861	10.248	1.660	29.769
4	Jambi	-	378.025	94.540	157.476	630.041
5	Riau	-	2.321.768	482.734	1.065.112	3.869.614
6	Sumbar	-	71.706	18.383	29.420	119.509
7	Sumut	-	141.529	74.896	19.457	235.882
8	Aceh	-	155.411	66.529	37.078	259.018
9	Kalbar	365.982	1.035.882	297.696	-	1.699.560
10	Kalteng	518.977	1.192.060	275.729	-	1.986.766
11	Kalsel	6.306	93.691	38.788	-	138.785
12	Kaltim	209.582	402.612	10.217	-	622.411
13	Sulut	-	5.371	-	-	5.371
14	Sulteng	-	20.630	9.497	-	30.127
15	Sulsel	-	70.846	-	-	70.846
16	Sultra	-	21.399	-	-	21.399
17	Maluku	-	24.885	-	-	24.885
18	Papua	-	1.637.114	374.666	-	2.011.780
Jumlah (ha)		1.100.847 (8%)	8.458.698 (64%)	2.153.606 (16%)	1.489.124 (12%)	13.202.275 (100%)

Sumber: Kompilasi data periode 1990-2000

Kawasan gambut sebagai bagian dari ekosistem rawa memiliki multi fungsi antara lain fungsi ekonomi, pengatur hidrologi, lingkungan, budaya dan biodiversity. Dari sisi ekonomi lahan gambut adalah sumber pendapatan petani. Dari aspek hidrologi, lahan gambut adalah penyangga hidrologi kawasan untuk menghindari banjir dan kekeringan. Dari segi lingkungan lahan gambut menyimpan cadangan karbon sangat besar yang potensial mengalami emisi. Sementara itu dari sisi pelestarian keaneka-ragaman hayati, lahan gambut adalah habitat asli beberapa jenis tanaman langka seperti ramin, jelutung rawa serta berbagai jenis burung dan ikan.

Sesuai dengan Keppres No. 32/1990 dan Permentan No. 14/2009, gambut dengan ketebalan <3 m masih bisa digunakan untuk budidaya tanaman dengan syarat tidak masuk dalam kawasan lindung, substratumnya bukan pasir kuarsa dan tingkat kematangannya saprik atau hemik. Untuk kawasan yang memenuhi syarat tersebut, dalam pemanfaatannya harus tetap berdasarkan pendekatan konservasi. Namun untuk beberapa daerah yang memiliki lahan gambut yang luas, implementasi Keppres tersebut menjadi dilema karena perekonomian daerah dan masyarakatnya sangat tergantung pada lahan gambut. Kasus di

Kalimantan Barat menunjukkan bahwa tingkat ketergantungan petani terhadap lahan gambut rata-rata mencapai 82,89%. Tingkat ketergantungan yang paling tinggi adalah petani karet dan sayuran yaitu masing-masing 91,33% dan 91,21%. Sedangkan petani kelapa sawit dan jagung masing-masing sebesar 80,31% dan 53,68%. Karena dominannya lahan gambut seperti di Kabupaten Kubu Raya dan Kabupaten Pontianak, maka pemanfaatan lahan gambut bukan merupakan pilihan, melainkan suatu keharusan. Ekspansi pertanian ke lahan gambut dapat dilihat dari perubahan tutupan lahan yang signifikan dapat diamati dari daerah-daerah yang sangat ekstensif mengembangkan perkebunan (Tim Sinjak BBSDLP, 2011).

Secara fisik, jika diganggu/dibuka lahan gambut bersifat fragil (ringkih) dan dibutuhkan teknologi dan penanganan yang khusus dan dengan input tinggi. Jika dibuka dan didrainase, terjadi percepatan dekomposisi dan peningkatan emisi GRK (terutama CO₂) dengan laju 200 -750 ton CO₂e ha⁻¹ akibat deforestasi, gangguan tata air (hidrologi), subsidensi dan ancaman kebakaran lahan. Namun demikian, disisi lain peningkatan kebutuhan terhadap pangan dan perlunya dukungan sektor pertanian terhadap pertumbuhan ekonomi nasional secara signifikan, dibutuhkan tambahan areal pertanian baru secara progresif 400-650 ribu ha tahun⁻¹ atau sekitar lahan sawah sekitar 2-3,5 juta ha hingga tahun 2035, dan lahan kering seluas 6-10 juta. Sekitar 5-6 juta ha lahan potensial tersedia untuk perluasan lahan pertanian adalah lahan gambut. Apalagi pemanfaatan lahan mineral juga mempunyai beberapa persoalan, seperti konflik dan status kepemilikan, tersebar sporadis dan dalam hamparan sempit (Tim Sinjak BBSDLP, 2011).

Teknologi pengelolaan lahan gambut yang utama meliputi pengelolaan air, ameliorasi dan pemupukan dan pemilihan jenis tanaman yang sesuai. Pembuatan saluran drainase mikro sedalam 50 - 100 cm mutlak diperlukan, kecuali untuk tanaman padi sawah cukup dengan kemalir 20-30 cm. Fungsi drainase adalah untuk membuang kelebihan air, menciptakan keadaan tidak jenuh untuk pernapasan akar tanaman, dan mengurangi kadar asam-asam organik. Teknologi ameliorasi dan pemupukan dapat mengatasi kendala kemasaman tanah, unsur beracun dan kahat unsur hara. Ameliorasi diperlukan untuk mengatasi kendala reaksi tanah masam dan keberadaan asam organik beracun sehingga media perakaran tanaman menjadi lebih baik. Kapur, tanah mineral, pupuk kandang dan abu sisa pembakaran dapat diberikan sebagai bahan amelioran untuk meningkatkan pH dan basa-basa tanah (Subiksa *et al.* 1997; Salampak, 1999). Pemilihan komoditas yang sesuai juga menjadi penentu keberhasilan pengelolaan tanah gambut.

KESIMPULAN

1. Tanah gambut di Indonesia mencapai luasan 13-14 juta ha, umumnya jenuh air dan dijumpai atau berasosiasi dengan daerah rawa-rawa yang tersebar terutama di P. Sumatera (Sumsel, Riau), Kalimantan (Kalbar, Kalteng) dan Papua. Berdasarkan

- tingkat dekomposisinya dibedakan atas tanah gambut fibrik (Fibrists), gambut hemik (Hemists) dan gambut saprik (Saprists). Tanah gambut hemik sangat dominan penyebarannya di Indonesia dan potensial untuk pengembangan pertanian.
2. Berdasarkan karakteristiknya, tanah gambut hemik dan gambut saprik dapat dimanfaatkan untuk tujuan pertanian, namun masih perlu kehati-hatian dalam pengelolaannya untuk mencegah kerusakan tanah dan lingkungan. Sedangkan tanah gambut fibrik mengingat tingkat dekomposisi dan daya dukungnya terhadap pertumbuhan tanaman masih sangat rendah maka menjadi tidak sesuai pemanfaatannya untuk pertanian dan sebaiknya diperuntukkan sebagai kawasan konservasi/hutan lindung.
 3. Pemanfaatan tanah gambut untuk pertanian ke depan telah mulai dibatasi dengan mengacu kepada Inpres No. 10/2011 dan Kepmentan No 14/2009.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2011. Peta Lahan Gambut Indonesia Skala 1:250.000. Dok. BBSDLP Edisi Desember 2011.
- Nugroho K., G. Gianinazzi, and IPG Widjaja Adhi. 1997. Peat hydraulic characteristics. International Peat Symp. Palangkaraya. Ed. J Keyzer and S. Page. Peat and Biodiversity. Samara Ltd. Published.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 2000. Atlas Sumberdaya Tanah Eksplorasi Indonesia Skala 1:1.000.000. Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian
- Sabiham, S., TB. Prasetyo, and S. Dohong. 1997. Phenolic acid in Indonesian peat. In: Rieley and Page (Eds). Biodiversity and Sustainability of Tropical Peatlands. Samara Publ. Ltd. UK
- Salampak. 1999. Peningkatan produktivitas tanah gambut yang disawahkan dengan pemberian bahan amelioran tanah mineral berkadar besi tinggi. Disertasi Program Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. 11 th Ed. USDA-Natural Resources Conservation Service. Washington DC.
- Soeprattohardjo, M. 1961. Sistim Klasifikasi Tanah di Balai Penyelidikan Tanah. Kongres Nasional Ilmu Tanah I. Bogor.
- Subiksa, IGM., Kusumo Nugroho, Sholeh and Widjaja Adhi. 1997. The effect of ameliorants on the chemical properties and productivity of peat soil. In: Rieley and Page (Eds). Biodiversity and Sustainability of Tropical Peatlands. Samara Publ. Ltd. UK
- Suhardjo, H dan M. Soeprattohardjo. 1981. Jenis dan Macam Tanah di Indonesia untuk Keperluan Survei dan Pemetaan Tanah Daerah Transmigrasi. Publ. No. 28/1981. Proyek P3MT, Pusat Penelitian Tanah. Bogor.
- Tim Sinjak BBSDLP. 2011. Sintesis Kebijakan Strategi Pemanfaatan dan Pengelolaan Sumberdaya Lahan untuk Mendukung Pembangunan Pertanian. Dok. BBSDLP.

KARAKTERISTIK TANAH GAMBUT DAN HUBUNGANNYA DENGAN EMISI GAS RUMAH KACA PADA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI RIAU DAN JAMBI

Sukarman, Suparto, dan Mamat H.S.

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No.12 Bogor 16114

Abstrak. Tanah gambut merupakan salah satu tanah yang sangat potensial untuk pengembangan perkebunan kelapa sawit. Pembukaan lahan gambut untuk perkebunan kelapa sawit banyak dilakukan di Provinsi Riau dan Jambi. Pemanfaatan tanah gambut untuk pengembangan kelapa sawit banyak disorot karena pembukaan tanah gambut menghasilkan emisi gas rumah kaca yang tinggi sebagai salah satu penyebab pemanasan global. Tinggi rendahnya potensi tanah gambut dalam menghasilkan emisi gas rumah kaca sangat ditentukan oleh karakteristik tanah gambutnya itu sendiri dan perubahan faktor lingkungan akibat pengelolaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara karakteristik tanah gambut di perkebunan kelapa sawit dengan emisi gas rumah kaca. Penelitian dilakukan di perkebunan kelapa sawit rakyat di Provinsi Riau dan Jambi. Pengamatan karakteristik tanah di masing-masing lokasi dilakukan pada lima satuan peta tanah. Pada setiap satuan peta tanah diambil masing-masing di tiga lokasi (*site*) pengamatan, sehingga untuk setiap lokasi di Riau dan Jambi masing-masing terdiri 15-16 lokasi pengamatan. Bersamaan dengan waktu pengamatan karakteristik tanah, pada masing-masing lokasi pengamatan diambil contoh gas rumah kaca menggunakan *chambers* dengan dua kali ulangan. Karakteristik tanah yang diamati adalah kedalaman air tanah, kandungan air tanah, dan tingkat dekomposisi sampai kedalaman 50 cm. Sifat tanah lainnya yang dianalisis di laboratorium meliputi kadar abu, kadar serat, KTK tanah, dan kemasaman total. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat-sifat tanah yang sangat berkaitan erat dengan emisi gas rumah kaca (*flux CO₂*) adalah kandungan air tanah, kemasaman total, dan kapasitas tukar kation. Hal lainnya menunjukkan bahwa besaran emisi gas rumah kaca tidak hanya ditentukan oleh satu faktor tetapi ditentukan oleh beberapa faktor dan interaksi diantara faktor-faktor tersebut.

Katakunci: Gambut, gas rumah kaca (GRK), Riau, Jambi.

Abstract. Peat soil is one with high potential for development of oil palm plantations. The peatlands for oil palm development is mostly done in Riau and Jambi Province. Utilization of peatland for oil palm development is highlighted because a lot of clearing of peat generate GHG emissions that can lead to higher global warming. High and low potential for peat soil in greenhouse gas emissions is determined by the characteristics of peat soil itself and changes in environmental factors due to its management. This study aims to determine the relationship between characteristics of peat soils in oil palm plantations in greenhouse gas emissions. The study was conducted in oil palm plantations in Riau and Jambi Province. Observations of soil characteristics at each site performed on five soil map units that have different characteristics. At each soil map unit is taken

each at three sites observations. So that for each location in Riau and Jambi each comprising 15-16 observation locations. Along with the observation of soil characteristics, at each observation site was taken using the example of greenhouse gas chambers with two replications. Soil characteristics observed were depth of groundwater, soil water content, and the rate of decomposition up to a depth of 50 cm. Other soil properties are analyzed in laboratorum include ash content, fiber content, total acidity, and CEC. The study found that soil properties that are intimately associated with greenhouse gas emissions (CO_2 flux) is the soil water content, total acidity, and cation exchange capacity. This shows that the amount of greenhouse gas emissions is not only determined by one factor but is determined by several factors and the interaction between these factors.

Keywords: Peat soil, greenhouse gas (GHG), Riau, Jambi.

PENDAHULUAN

Perkebunan kelapa sawit saat ini banyak dikembangkan di tanah gambut. Konversi hutan gambut menjadi lahan pertanian dapat mengubah stabilitas tanah gambut dan mempercepat dekomposisinya. Dekomposisi tanah gambut menghasilkan gas metan (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) yang diemisikan ke udara sebagai gas rumah kaca. Gas rumah kaca ini menyebabkan terjadinya pemanasan global (*global warming*).

Berbagai sektor perlu berupaya untuk menurunkan jumlah gas rumah kaca yang diemisikan ke udara. Sektor pertanian menargetkan untuk menurunkan emisi gas rumah kaca antara lain melalui kegiatan pengelolaan gambut di perkebunan kelapa sawit. Program penurunan emisi gas rumah kaca di lahan gambut dapat terlaksana dengan baik jika dilakukan perencanaan mitigasi lahan gambut secara benar. Kegiatan mitigasi tersebut harus dilakukan melalui kegiatan yang dapat diukur (*measureable*), dilaporkan (*reportable*), dan diverifikasi (*verificable*) atau disingkat MRV.

Tanah gambut merupakan tanah hasil akumulasi timbunan bahan organik dengan komposisi >65%. Timbunan ini terbentuk secara alami dari lapukan vegetasi yang tumbuh di atasnya dalam jangka waktu ratusan tahun. Proses dekomposisi bahan ini terhambat karena kondisi anaerob dan basah. Itulah sebabnya tanah gambut dijumpai di rawa-rawa, baik rawa lebak maupun rawa pasang surut.

Tanah gambut umumnya mengandung <5% fraksi anorganik dan sisanya adalah fraksi organik. Fraksi organik sebagian besar terdiri dari senyawa non humat, sedangkan senyawa humat hanya sekitar 10-20% (Andriess, 1974). Senyawa-senyawa non humat meliputi antara lain senyawa lignin, selulosa, hemiselulosa, lilin, tanin, resin, dan subresin. Sementara itu senyawa humat terdiri dari asam humat, himatomelat, dan humin (Stevenson, 1994 dan Tan, 1994).

Karena kandungan fraksi organik yang lebih tinggi dalam gambut, tanah ini mempunyai stabilitas yang rendah. Tanah gambut mudah sekali terdekomposisi yang menghasilkan antara lain gas rumah kaca terutama karbon dioksida (CO₂) dan gas metan (CH₄). Tinggi rendahnya stabilitas tanah gambut menunjukkan tinggi rendahnya potensi tanah gambut dalam mengemisikan gas rumah kaca. Tinggi dan rendahnya stabilitas tanah gambut ditunjukkan oleh berbagai parameter yang mempengaruhi kandungan fraksi organik dalam tanah tersebut. Oleh karena itu parameter tersebut perlu diketahui untuk mengetahui potensi gambut dalam menghasilkan emisi gas rumah kaca. Hal ini penting diketahui dalam perencanaan mitigasi lahan gambut. Dengan diketahuinya parameter-parameter tanah gambut yang mempengaruhi emisi gas rumah kaca, maka akan dapat diketahui tindakan-tindakan apa yang harus dilakukan agar emisi yang terjadi dapat ditekan seminimal mungkin.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter sebagai faktor yang mempengaruhi emisi gas rumah kaca tanah gambut pada perkebunan kelapa sawit di Provinsi Jambi dan Riau.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di: (1). Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat di Desa Arang-arang, Kecamatan Kumpeh Ulu, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi, dan (2). Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat di Desa Lubuk Ogong, Kecamatan Bandar Sei Kijang, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau. Kedua lokasi tersebut merupakan lokasi percobaan proyek ICCTF (*Indonesian Climate Change Trust Fund*). Dipilihnya lokasi ini, karena akan dijadikan lokasi untuk penelitian jangka menengah/panjang dari kegiatan ICCTF.

Bahan dan Peralatan

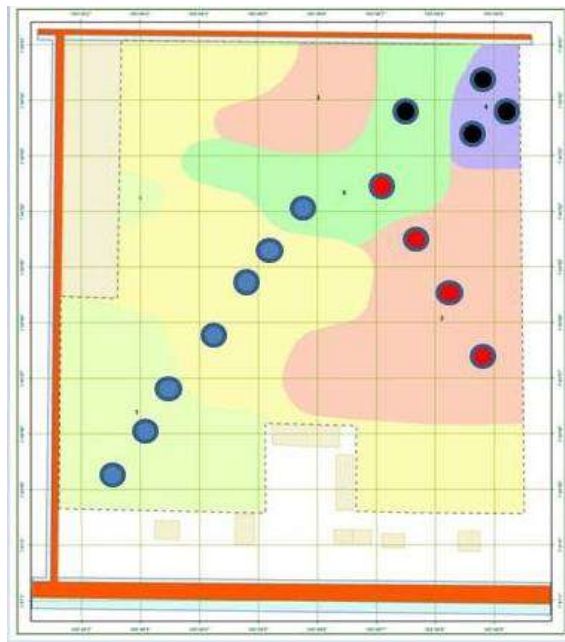
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta tanah detail lokasi percobaan ICCTF di Desa Arang-arang, Kecamatan Kumpeh Ulu, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi dan di Desa Lubuk Ogong, Kecamatan Bandar Sei Kijang, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau (Wahdini *et al.* 2010).

Peralatan untuk penelitian lapang terdiri atas bor gambut, cangkul, sekop, pH *Truogh*, GPS, kompas, *abney level*, *altimeter*, meteran, pisau tanah, kantong plastik, label, form isian data lapang dan manual pengisian, sungkup, dan *portable gas chromatography (GC portable)*.

Metode

Rancangan Pengambilan Contoh

Pengambilan contoh tanah, pengamatan morfologi tanah dan lingkungannya serta pengukuran emisi gas rumah kaca di masing-masing lokasi dilakukan pada lima satuan peta tanah (SPT) yang mempunyai sifat-sifat berbeda, terutama dari ketebalan gambut, tingkat dekomposisi dan ada tidaknya bahan campuran tanah mineral. Pada setiap SPT diambil tiga *site* dan pada setiap *site* dilakukan pengamatan dan pengukuran emisi gas rumah kaca dengan dua ulangan. Pengambilan contoh tanah, pengamatan sifat-sifat tanah dan pengukuran emisi gas rumah kaca dilakukan pada tempat yang sama atau sangat berdekatan sehingga data yang diperoleh merupakan data yang berpasangan.



Gambar 1. Skema rancangan pengambilan contoh pada peta tanah detil di Jambi

Pengamatan Lapangan

Pengamatan di lapangan dilakukan melalui pengamatan profil setiap *site* hasil pemboran menggunakan bor gambut tipe *Eijkamp*. Pada setiap profil diamati ciri morfologi (kedalaman, warna, tekstur, struktur, konsistensi, bahan kasar, sementasi, dll), klasifikasi tanah, dan pengambilan contoh tanah. Pengamatan sifat morfologi tanah di lapangan mengikuti panduan dari *Soil Survey Manual* (Soil Survey Staff, 1993) dan Petunjuk Teknis Pengamatan Tanah di Lapangan (Balai Penelitian Tanah, 2004).

Pengambilan contoh tanah dilakukan antara permukaan sampai kedalaman 50 cm atau sampai horison kedua jika lebih dalam dari 50 cm. Sifat-sifat morfologi tanah yang diamati adalah ketebalan horison/lapisan, warna tanah, tingkat dekomposisi, tekstur, konsistensi, elastisitas, kemasaman tanah (pH), ketebalan gambut, dan jenis substratum.

Contoh tanah fisika diambil menggunakan ring sampel. Sifat-sifat fisika tanah yang dianalisis meliputi analisis sebaran besar butir (untuk gambut yang mengandung bahan tanah mineral), analisis kandungan air, berat isi, ruang pori total, dan permeabilitas. Analisis sifat-sifat kimia tanah yang dianalisis meliputi pH (H_2O dan KCl), C-organik dengan metode *Walkley* dan *Black*, N-total dengan metode *Kjeldahl*, P_2O_5 dan K_2O dengan pelarut 25% HCl 1N, basa-basa dapat tukar dan kapasitas tukar kation dengan pelarut NH_4OAc pH 7,0, Al dan H dapat tukar dengan pelarut KCl 1N, Al, Fe dan Si menggunakan pelarut amonium oksalat. Sifat-sifat tanah lainnya yang dianalisis adalah kemasaman total. Analisis kimia dan fisika mengikuti metode yang tercantum dalam buku *Soil Survey Laboratory Staff* (1991).

Analisis Data

Analisis regresi dilakukan untuk mengetahui variabel sifat-sifat tanah yang berpengaruh terhadap besarnya emisi gas rumah kaca menggunakan program SPSS (Santoso, 2003). Dalam analisis ini, sifat-sifat tanah pada kedalaman 0-25/50 cm dan sifat lingkungannya dipilih sebagai variabel independen, sementara itu emisi gas rumah kaca dipilih sebagai variabel dependen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah Gambut

Tanah gambut di kedua lokasi penelitian dicirikan oleh kondisi yang sudah tidak alamiah. Lahan ini sudah dibuka untuk perkebunan kelapa sawit lebih dari lima tahun yang lalu. Permukaan tanah sebagian besar dalam keadaan anaerob. Pada puncak musim hujan permukaan air tanah sekitar 20 cm sampai tergenang dan pada musim kemarau air tanah mencapai lebih dari 1,5 meter. Pada saat pelaksanaan penelitian di lapangan, yaitu pada awal musim hujan, air tanah berkisar dari 40 cm sampai lebih dari 1,5 meter. Saluran drainase utama di dekat perkebunan yang mempunyai kedalaman 1,5-2 meter dalam keadaan kering.

Karakteristik penting dari tanah gambut di lokasi penelitian disajikan pada (Tabel 1). Ketebalan gambut bervariasi dari sedang sampai sangat tebal (>3 meter). Secara umum gambut di lokasi Riau lebih tebal daripada di lokasi Jambi. Tingkat dekomposisi gambut di lokasi Jambi lebih matang dibandingkan dengan di lokasi Riau. Hasil analisis kadar

serat menunjukkan bahwa tingkat dekomposisi di kedua lokasi tersebut tergolong hemik (kadar serat 20-50%). Kandungan C-organik dan BD tanah gambut di lokasi Jambi lebih tinggi dibandingkan dengan di lokasi Riau. Kadar serat gambut di lokasi Jambi lebih rendah dibandingkan dengan gambut di lokasi Riau, yang menunjukkan bahwa tanah gambut di lokasi Jambi sudah mengalami tingkat pelapukan yang lebih lanjut dibandingkan dengan tanah gambut di lokasi Riau. Hal ini sejalan dengan kadar abu yang lebih tinggi di lokasi Jambi, yang menunjukkan tingkat dekomposisi tanah gambut Jambi lebih lanjut dibandingkan dengan di lokasi Riau. Kadar abu juga dapat dijadikan indikasi bahwa tanah gambut di Jambi mengalami pengayaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan gambut di lokasi Riau.

Tabel 1. Beberapa karakteristik tanah gambut daerah penelitian

No.	Karakteristik	Riau	Jambi
1	Ketebalan (m)	1,2 - 5,7	1,1 - 3,0
2	Tingkat Dekomposisi		
	- Lapisan atas	Hemik	Saprik
	- Lapisan bawah	Fibrik	Hemik
3	Kisaran dan rata-rata C organik (%)	29,89 - 43,51 (37,17)	46,11 - 54,57 (50,48)
4	Kisaran dan rata-rata BD (g cm^{-3})	0,15 - 0,23 (0,18)	0,18 - 0,43 (0,27)
5	Kisaran dan rata-rata kadar serat (%)	30,00 - 50, 00 (36,29)	20,21 - 35,71 (26,10)
6	Kisaran dan rata-rata kadar abu (%)	0,78 - 17,73 (7,8)	1,95 - 19,0 (8,63)

Hasil Pengukuran Emisi Gas Rumah Kaca

Pengukuran emisi gas rumah kaca telah dilakukan di 15 titik pengamatan di lokasi Jambi dan 16 titik pengamatan di lokasi Riau. Setiap titik pengamatan dilakukan pengukuran dua kali ulangan.

Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata *flux* emisi yang dihasilkan dari lahan gambut di perkebunan kelapa sawit di Jambi dan Riau masing-masing sebesar $1,16 \text{ mg cm}^{-2} \text{ menit}^{-1}$ dan $4,05 \text{ mg m}^{-2} \text{ menit}^{-1}$. Data tersebut menunjukkan bahwa *flux* rata-rata emisi GRK di lokasi Riau hampir empat kali lebih besar daripada di lokasi Jambi. Faktor penyebab terjadinya perbedaan tersebut dibahas dalam uraian selanjutnya.

Tabel 2. Hasil pengamatan *flux* emisi gas rumah kaca (GRK) di Jambi dan Riau.

No.	Flux emisi GRK di Jambi (mg m ⁻² menit ⁻¹)	Flux emisi GRK di Riau (mg m ⁻² menit ⁻¹)
1	3,57	2,92
2	2,37	5,33
3	1,24	2,16
4	0,18	0,18
5	1,13	5,78
6	1,51	4,97
7	0,81	5,27
8	1,22	4,06
9	0,94	6,25
10	0,79	2,25
11	1,00	4,23
12	0,36	5,13
13	0,29	1,12
14	0,69	7,09
15	0,27	5,41
16	-	2,60
Rata-rata	1,16	4,05
Standar deviasi	0,86	1,96

Hubungan Sifat Tanah Gambut dan Lingkungan dengan Flux Emisi GRK (CO₂)

Hubungan Kedalaman Air Tanah dan Emisi GRK

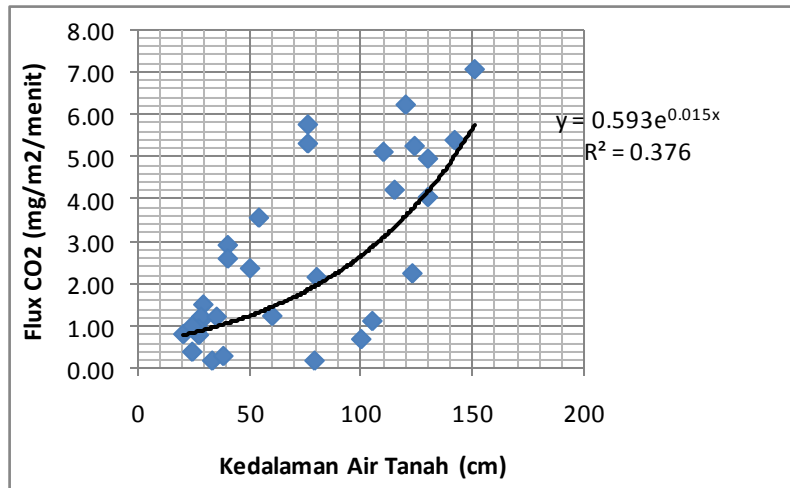
Hasil pengukuran emisi GRK dan pengukuran kedalaman air tanah di kedua lokasi (Jambi dan Riau) menunjukkan bahwa semakin dalam air tanah, emisi GRK dari tanah gambut semakin tinggi. Gambar 2 menunjukkan hubungan antara kedalaman air tanah dengan *flux* emisi GRK, dinyatakan dalam regresi eksponensial sebagai berikut:

$$Y = 0,593e^{0,015X}, \text{ dengan } R^2 = 0,3764;$$

Keterangan: Y = *flux* emisi GRK dan X = kedalaman air tanah

Meskipun dari persamaan regresi menunjukkan adanya hubungan antara kedalaman air tanah dengan *flux* emisi GRK, tetapi nilai R^2 hanya 0,3764. Ini dapat diinterpretasikan bahwa kedalaman air tanah berperan (37%) terhadap besaran emisi GRK dan sekitar 63% dipengaruhi oleh faktor lain yang berjalan secara simultan.

Kedalaman air tanah di lahan gambut (lahan pertanian) dipengaruhi oleh kedalaman saluran drainase. Menurut Agus dan Subiksa (2008), emisi pada lahan gambut yang dibudidayakan untuk tanaman pertanian terjadi karena dekomposisi gambut oleh mikroorganisme. Tingkat dekomposisi gambut tersebut diantaranya dipengaruhi oleh kedalaman saluran drainase. Semakin dalam saluran drainase, semakin cepat terjadinya dekomposisi gambut.



Gambar 2. Hubungan antara Kedalaman Air Tanah dan Flux CO₂

Dari hasil *review* sejumlah literatur (Hooijer *et al.* 2006) mengemukakan bahwa untuk kedalaman drainase antara 30-120 cm, emisi akan meningkat setinggi 0,91 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹ untuk setiap penambahan kedalaman drainase sedalam 1 cm.

Hubungan Kandungan Air Tanah dan Emisi GRK

Dari data yang terkumpul, hasil pengukuran emisi GRK dan pengukuran kandungan air tanah pada kedalaman 0-40/50 cm di kedua lokasi tersebut (Jambi dan Riau) menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang nyata antara kandungan air tanah dengan emisi GRK. Semakin tinggi kandungan air tanah, emisi dari tanah gambut semakin rendah. Gambar 3 menunjukkan hubungan antara kandungan air tanah dengan *flux* emisi GRK yang dinyatakan dalam bentuk regresi eksponensial sebagai berikut:

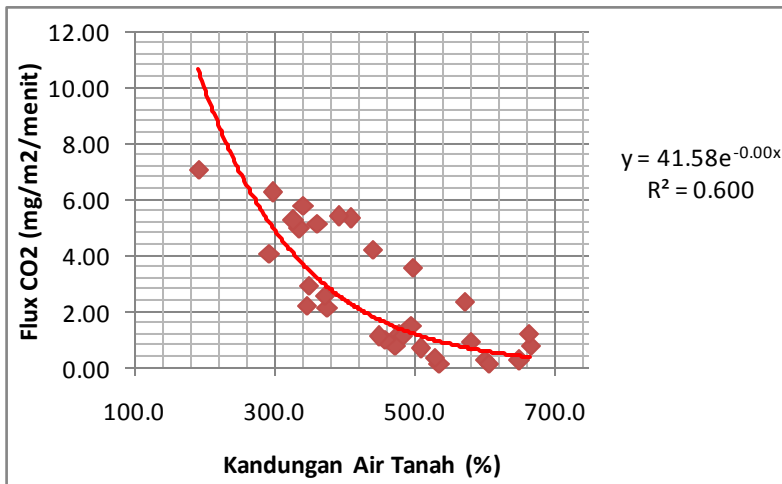
$$Y = 41,582e^{-0,007X}, \text{ dengan } R^2 = 0,6002$$

Keterangan: Y = *flux* emisi GRK dan X = kandungan air tanah

Persamaan regresi tersebut menunjukkan adanya hubungan antara kandungan air tanah dengan *flux* emisi GRK, dengan nilai $R^2 = 0,6002$. Ini dapat diinterpretasikan bahwa kandungan air tanah di kedua lokasi ini cukup besar peranannya terhadap tingginya emisi GRK yang terjadi di kedua lokasi tersebut.

Kandungan air tanah gambut sangat berpengaruh terhadap emisi CO₂ dan CH₄. Pengurangan kadar air tanah gambut menyebabkan terjadinya perubahan peristiwa kimia

dan biologi di dalam tanah. Pengurangan kadar air tanah atau pengeringan menyebabkan menurunnya konsentrasi gugus fungsional COOH dan fenolat OH dimana keduanya merupakan gugus fungsional yang bersifat hidrofilik dan polar. Pada keadaan ini derivat asam fenolat akan meningkat yang dapat menyebabkan kehilangan karbon organik karena asam fenolat mudah mengalami oksidasi sehingga terjadi pelepasan CO₂ dan CH₄ (Azri, 1999). Pengeringan tanah gambut menyebabkan peningkatan aktivitas biologi tanah sehingga proses dekomposisi tanah gambut lebih dipercepat yang menyebabkan terjadinya peningkatan produk CO₂.



Gambar 3. Hubungan antara Kandungan Air Tanah dan *Flux* CO₂

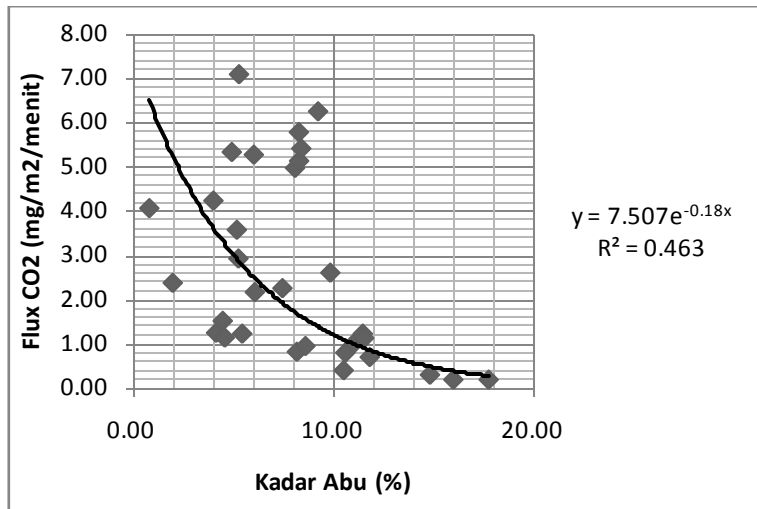
Hubungan Kadar Abu dan Emisi GRK

Kadar abu dari tanah gambut menunjukkan tingkat dekomposisi gambut tersebut dan kandungan bahan tanah mineral yang tercampur di dalamnya. Semakin tinggi kadar abu, semakin lanjut tingkat dekomposisinya atau semakin tinggi campuran tanah mineralnya.

Hasil pengukuran emisi GRK dan kadar abu pada kedalaman 0-40/50 cm di kedua lokasi tersebut (Jambi dan Riau) menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan dengan semakin tinggi kadar abu maka emisi dari tanah gambut semakin rendah. Gambar 4 menunjukkan hubungan antara kadar abu dengan *flux* emisi GRK dinyatakan dalam regresi eksponensial sebagai berikut:

$$Y = 7,5078e^{-0,182X}, \text{ dengan } R^2 = 0,4631$$

Keterangan: Y = *flux* emisi GRK dan X = kadar abu



Gambar 4. Hubungan antara Kadar Abu dan $Flux\ CO_2$

Persamaan regresi menunjukkan adanya hubungan antara kadar abu dengan *flux* emisi GRK, dengan nilai $R^2 = 0,4631$. Ini dapat diinterpretasikan bahwa terdapat peranan kadar abu di kedua lokasi ini meskipun peranannya tidak terlalu besar.

Hasil penelitian mengenai hubungan antara kadar abu dengan emisi GRK ini serupa dengan yang dihasilkan dari hasil penelitian IPB-BBSDLP (2011) di perkebunan kelapa sawit Kalimantan Tengah. Hasil penelitian IPB-BBSDLP mendapatkan persamaan regresi eksponensial dengan nilai R^2 yang lebih tinggi ($R^2 = 0,7$). Nilai ini dari tempat satu ke tempat lain cukup berbeda. Menurut Sabiham (2011, komunikasi pribadi), besarnya pengaruh kadar abu terhadap emisi sangat ditentukan oleh ukuran besar butir (tekstur) dari bahan tanah mineral yang tercampur dalam gambut tersebut. Semakin halus ukuran besar butir, maka pengaruhnya akan semakin nyata menurunkan emisi.

Hubungan Kadar Serat dan Emisi GRK

Gambut terbentuk dari timbunan sisa-sisa tanaman yang telah mati, baik yang sudah lapuk maupun belum. Bahan yang belum melapuk dapat dikenali sebagai serat, oleh karena itu persentase kandungan serat dalam gambut dijadikan penciri tingkat dekomposisi gambut tersebut. Semakin tinggi kadar serat, semakin mentah gambut tersebut.

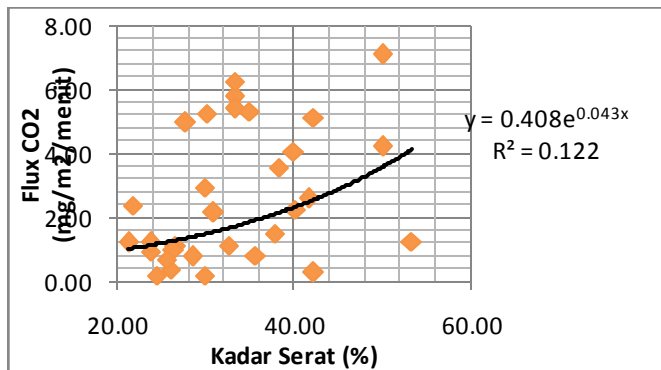
Dari data yang terkumpul hasil pengukuran emisi GRK dan pengukuran kadar serat dari tanah pada kedalaman 0-40/50 cm di kedua lokasi tersebut (Jambi dan Riau) menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan dengan semakin tinggi kadar serat maka

emisi dari tanah gambut semakin tinggi. Gambar 5 menunjukkan hubungan antara kadar serat *flux* emisi GRK yang dinyatakan dalam regresi eksponensial sebagai berikut:

$$Y = 0,4088e^{0,0433X}, \text{ dengan } R^2 = 0,1229$$

Keterangan: Y = *flux* emisi GRK dan X = kadar serat

Persamaan regresi tersebut menunjukkan adanya hubungan antara kadar abu dengan *flux* emisi GRK, meskipun hanya mempunyai nilai $R^2 = 0,1229$. Ini dapat diinterpretasikan bahwa peranan kadar serat di kedua lokasi ini tidak terlalu besar, yang berarti terdapat faktor lain yang berpengaruh terhadap emisi GRK di kedua lokasi tersebut.



Gambar 5. Hubungan antara Kadar Serat dan *Flux* CO₂

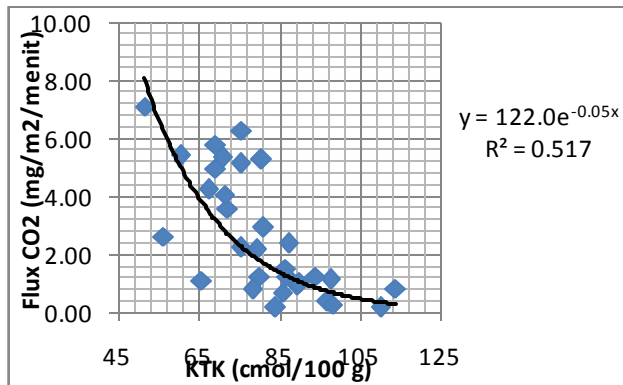
Tanah gambut di Indonesia sebagian besar tersusun dari bahan lignin dibandingkan dengan bahan moss atau sphagnum. Bahan lignin merupakan bahan yang sulit melapuk, sehingga semakin tinggi kandungan serat bahan gambut maka sebagian besar merupakan bahan lignin. Menurut Flaig, Beuteelspacer, dan Rietz (1975) proses perombakan lignin akan lebih banyak menghasilkan gas CO₂ dibandingkan dengan proses perombakan sphagnum, dengan demikian maka semakin tinggi kadar serat maka emisi yang terjadi juga semakin tinggi.

Hubungan KTK Tanah dan E misi GRK

Dari data yang terkumpul hasil pengukuran emisi GRK dan pengukuran kapasitas tukar kation (KTK) dari contoh tanah pada kedalaman 0-40/50 cm di kedua lokasi tersebut (Jambi dan Riau) menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang erat antara KTK dengan *flux* emisi GRK. Semakin tingginya KTK maka emisi dari tanah gambut semakin rendah. Gambar 6 menunjukkan hubungan antara KTK dengan *flux* emisi GRK yang dinyatakan dalam regresi eksponensial sebagai berikut:

$$Y = 122,09e^{-0,053X}, \text{ dengan } R^2 = 0,5171$$

Keterangan: Y = *flux* emisi GRK dan X = kapasitas tukar kation (KTK)



Gambar 6. Hubungan antara KTK dan *Flux* CO₂

Persamaan regresi tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara KTK dengan *flux* emisi GRK, mempunyai nilai R^2 cukup besar yaitu 0,5171. Ini dapat diinterpretasikan bahwa nilai KTK di kedua lokasi ini sangat berhubungan erat emisi GRK yang terjadi di kedua lokasi tersebut.

Kapasitas tukar kation (KTK) ternyata berhubungan erat dengan besarnya *flux* emisi gas rumah kaca. Semakin besar nilai KTK tanah gambut maka potensi emisi GRK juga semakin rendah. Hal ini dikaitkan dengan bahan penyusun tanah gambut terutama menyangkut kandungan lignin di dalam tanah gambut.

Menurut Andriesse (1988) tanah gambut yang tersusun dari bahan yang mempunyai kandungan lignin tinggi mempunyai KTK jauh lebih rendah dari pada gambut yang tersusun dari sphagnun atau moss. Nilai KTK di kedua lokasi tersebut berkaitan dengan bahan gambut. Semakin tinggi bahan lignin maka nilai KTK semakin rendah, sehingga semakin tinggi KTK atau bahan lignin semakin rendah, maka emisi yang terjadi juga akan semakin rendah.

Hubungan Kemasaman Total dan Emisi GRK

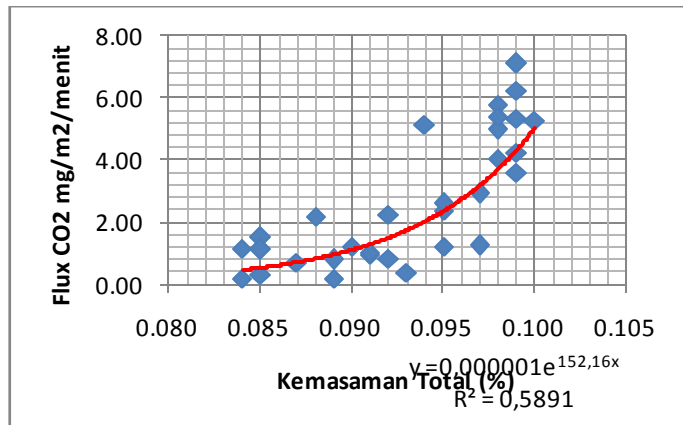
Kemasaman total gambut menunjukkan total kemasaman yang berasal dari asam-asam fenolat dan asam-asam karboksilat. Asam-asam ini jika teroksidasi akan melepaskan CO₂ dan CH₄ yang diemisikan ke udara.

Hasil pengukuran emisi GRK dan kemasaman total dari contoh tanah pada kedalaman 0-40/50 cm di kedua lokasi tersebut (Jambi dan Riau) menunjukkan bahwa

terdapat hubungan yang erat antara kemasaman total dengan emisi GRK. Semakin tingginya kemasaman total maka emisi dari tanah gambut semakin tinggi. Gambar 7 menunjukkan hubungan kemasaman total dengan *flux* emisi GRK yang dinyatakan dalam regresi eksponensial sebagai berikut:

$$Y = 0,000001e^{-152,16X}, \text{ dengan } R^2 = 0,5891$$

Keterangan: Y = *flux* emisi GRK dan X = kemasaman total



Gambar 7. Hubungan antara Kemasaman Total dan *Flux* CO₂

Persamaan regresi menunjukkan adanya hubungan antara kemasaman total dengan *flux* emisi GRK, dengan nilai $R^2 = 0,5891$. Ini dapat diinterpretasikan bahwa kemasaman total di kedua lokasi ini mengindikasikan besaran emisi GRK yang terjadi di kedua lokasi tersebut.

Menurut Flaig, Beuteelspacer, dan Rietz (1975) dari hasil biodegradasi lignin akan dihasilkan asam-asam fenolat, sedangkan dari selulosa dan hemiselulosa akan dihasilkan asam-asam karboksilat. Dari sisi emisi gas rumah kaca, proses perombakan lignin akan lebih banyak menghasilkan gas CO₂ dibandingkan dengan proses perombakan sphagnum.

PEMBAHASAN

Tabel 3 menunjukkan bahwa karakteristik sifat gambut dan lingkungannya yang berpengaruh terhadap emisi GRK, dilihat dari koefisien determinasinya (R^2) adalah kandungan air tanah merupakan sifat yang paling berpengaruh terhadap emisi GRK, disusul oleh kemasaman total. Sifat-sifat gambut lain yang mempengaruhi besaran emisi GRK adalah kapasitas tukar kation (KTK), kadar abu, kedalaman air tanah, dan kadar serat.

Hasil analisis tersebut di atas menunjukkan bahwa, besaran emisi GRK dari gambut, tidak hanya dipengaruhi oleh satu faktor saja, tetapi oleh beberapa faktor yang bekerja secara simultan dan saling berkaitan. Faktor-faktor tersebut berasal dari faktor lingkungan maupun dari sifat/karakteristik gambut itu sendiri.

Tabel 3. Persamaan regresi, koefisien determinasi (R^2) hubungan karakteristik gambut dan faktor lingkungannya dengan emisi GRK

Karakteristik Gambut dan lingkungan	Persamaan Regresi	Koefisien Determinasi (R^2)
Kandungan air tanah	$Y = 41,582e^{-0,007x}$	$R^2 = 0,6002$
Kemasaman total	$Y = 0,000001e^{-152,16x}$	$R^2 = 0,5891$
KTK	$Y = 122,08e^{-0,053x}$	$R^2 = 0,5171$
Kadar abu	$Y = 7,5078e^{-0,182x}$	$R^2 = 0,4631$
Kedalaman air tanah	$Y = 0,593e^{0,015x}$	$R^2 = 0,3764$
Kadar serat	$Y = 0,4088e^{0,433x}$	$R^2 = 0,1229$

Kandungan air tanah merupakan faktor yang mempunyai koefisien determinasi (R^2) paling besar. Namun demikian kandungan air tanah juga dipengaruhi oleh tinggi muka air tanah yang dikendalikan oleh pintu-pintu saluran drainase. Kandungan air tanah juga dipengaruhi air yang berasal dari presipitasi (air hujan). Kandungan air tanah sangat mempengaruhi proses-proses dekomposisi tanah gambut, diantaranya berpengaruh terhadap jumlah asam-asam fenolat dan karboksilat yang dicirikan dari jumlah total asam yang terdapat dalam gambut.

Dari (Tabel 3), tinggi muka air tanah tidak berpengaruh sangat nyata terhadap emisi GRK dibandingkan dengan kandungan air tanah, hal ini dikarenakan pelaksanaan dilakukan pada waktu akhir musim kemarau. Permukaan air di saluran-saluran drainase utama umumnya berada pada kedalaman lebih dari 1,5 meter, sehingga kandungan air tanah lebih banyak ditentukan oleh sumber air yang berasal dari air hujan. Pada saat penelitian hujan lebat sudah mulai turun, sehingga kandungan air tanah lebih banyak dipengaruhi oleh air hujan yang masuk ke dalam gambut.

Sifat-sifat gambut lainnya yang berkaitan erat dengan besarnya emisi GRK di kedua lokasi tersebut adalah kapasitas tukar kation (KTK), kadar abu, dan kadar serat. Seperti telah dibahas sebelumnya, KTK berkaitan erat dengan jenis bahan penyusun gambut tersebut. Bahan lignin yang menjadi bahan penyusun utama tanah gambut diduga sangat menentukan besarnya KTK dan kadar serat.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi GRK yang terjadi pada gambut yang telah dibuka menjadi areal pertanian khususnya kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh faktor luar atau campur tangan manusia, pengaruh lingkungan lain (iklim terutama curah hujan), dan karakteristik tanah gambutnya itu sendiri. Dengan demikian,

untuk tujuan mitigasi emisi GRK di perkebunan kelapa sawit, mengendalikan akibat perubahan lingkungan yang paling berpengaruh terhadap peningkatan emisi GRK adalah hal utama yang perlu dilakukan. Mempertahankan kandungan air yang cukup tinggi (>400%) merupakan syarat utama pengendalian emisi GRK di lahan gambut. Cara mempertahankan kandungan air tanah dapat dilakukan dengan mempertahankan muka air tanah tetap tinggi, melalui pengaturan pintu-pintu air. Pada musim kemarau, dimana keadaan air terbatas, maka penutupan permukaan tanah dengan mulsa atau *cover crops*, merupakan salah satu upaya yang perlu dilakukan.

Untuk memperbaiki sifat-sifat tanah agar emisi GRK yang terjadi tidak semakin besar, maka upaya untuk mengurangi jumlah asam-asam yang ada dalam gambut perlu dilakukan, demikian halnya kadar abu di dalam gambut juga perlu dilakukan. Kedua sifat ini dapat diperbaiki melalui pemberian amelioran seperti pupuk gambut (pugam), tandan buah kosong, pupuk kandang, dan tanah mineral.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Penelitian dan pengambilan contoh dilakukan pada akhir musim kemarau atau awal musim hujan. Air tanah sebagian besar lebih dari 80 cm, meskipun pada beberapa daerah cekung air tanah berada pada kedalaman 40 cm, tetapi permukaan air di saluran drainase umumnya lebih dari 1,5 meter.
2. Sifat-sifat tanah gambut dan faktor lingkungan yang paling berpengaruh terhadap besarnya emisi gas rumah kaca terutama setara CO₂ adalah kadar air tanah, kemasaman total, kapasitas tukar kation, kadar abu, kedalaman permukaan air tanah, dan kadar serat.
3. Faktor-faktor yang berpengaruh tersebut tidak berdiri sendiri tetapi berjalan secara simultan dan satu dengan yang lainnya saling berkaitan.
4. Untuk lahan gambut yang telah dibuka menjadi areal pertanian seperti contohnya perkebunan kelapa sawit, peningkatan emisi GRK terjadi akibat perubahan lingkungan, yang kemudian berpengaruh terhadap proses-proses dekomposisi tanah gambut.
5. Bahan pembentuk tanah gambut di Jambi dan Riau yang didominasi oleh bahan kayu-kayuan yang mempunyai kandungan lignin tinggi, sangat menentukan kapasitas tukar kation, kandungan serat, dan kemasaman total. Sifat-sifat ini sangat menentukan besarnya emisi GRK yang terjadi.

Saran

1. Sebagai salah satu upaya untuk mengurangi emisi GRK lahan gambut di kedua lokasi, maka kandungan air tanah gambut agar dipertahankan tetap tinggi (>300%) yaitu melalui pengaturan permukaan air tanah di dalam saluran air.
2. Untuk mengurangi agar tanah gambut relatif tetap lembab, perlu diupayakan agar gambut tidak dibiarkan dalam kondisi terbuka, yaitu harus ditutup dengan mulsa atau melalui penanaman *cover crops*. Sedangkan untuk memperbaiki sifat-sifat gambut untuk menekan emisi GRK dapat dilakukan melalui pemberian bahan amelioran.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. dan I G.M. Subiksa. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF) Bogor, Indonesia. 36 hal.
- Andriesse, J.P. 1974. Tropical peats in South East Asia. Dept. of Agric. Res. of the Royal Trop. Inst. Comm. 63. Amsterdam. 63 p.
- Andriesse, J. P. 1988. Nature and Management of Tropical Peat Soils. FAO Soils Bulletin 59. Soil Resources Management and Conservation Service. FAO Land Water Development Division, Rome.
- Azri. 1999. Sifat kering tidak balik tanah gambut dari Jambi dan Kalimantan Tengah. Analisis berdasarkan kadar air kritis, kemasaman total gugus fungsional COOH dan OH-fenolat. Tesis. Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Balai Penelitian Tanah. 2004. Petunjuk Teknis Pengamatan Tanah di Lapang. Balai Penelitian Tanah, Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Flaig, W., H. Beuteelspacher, and E. Rietz. 1975. Chemical composition and physical properties of humic substance. In J.E. Gieseking (Ed). Soil Components. Vol I. Springer-Verlag, New York.
- Hooijer, A., M. Silvius, H. Wösten, and S. Page. 2006. PEAT-CO₂, Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia, Delft Hydraulics Report Q3943.
- Santoso, S. 2003. Buku Latihan SPSS Statistik Multivariat. PT. Elex Media Komputindo, Jakarta
- Soil Survey Laboratory Staff. 1991. Soil Survey Laboratory Methode Manual. SSIR Number 42. Version 1.0. United State Dept of Agric. p 611.
- Soil Survey Staff. 1993. Soil Survey Manual. Agric. Handbook No. 18 SCA-USDA. Washington DC.
- Stevenson, F.J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, composition, and reaction. Second Edition. John Willey and Sons Inc., New York. 496 p.

- Tan, K.H. 1994. Environmental Soil Science. Marcel Dekker Inc. New York. 304 p.
- IPB-BBSDLP. 2011. Mitigation plan and mitigation action on oil palm plantation in peatlands of Central and West Kalimantan. Final Report. Collaborative research between PT Smart Tbk and IPB-BBSDLP.
- Wahdini, W., Z. Abidin, dan Sukarman. 2010. Peta Tanah Detail (skala 1:1.000) Lokasi Percobaan ICCTF, Kecamatan Kumpeh Ulu, Kabupaten Muaro Jambi. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.

¹Hikmatullah, ²Hapid Hidayat dan ²Usep Suryana

¹Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor (csar@indosat.net.id)

²Staf Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor (csar@indosat.net.id)

Abstrak. Pemetaan tanah gambut tingkat detail skala 1:500 di lokasi plot percobaan di daerah Jabiren Kalimantan Tengah telah dilaksanakan pada areal seluas 5,01 ha. Tujuan penelitian adalah untuk melakukan karakterisasi sifat fisik dan kimia tanah gambut sebagai dasar untuk mendukung penelitian emisi karbon. Pengamatan tanah menggunakan sistem grid dengan jarak pengamatan 25 x 50 m. Pemboran dan pengambilan contoh tanah menggunakan bor gambut tipe Eijkelkamp. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi penelitian dapat dibedakan menjadi empat satuan peta tanah. Tingkat kematangan gambut termasuk saprik di lapisan atas, dan hemik di lapisan bawah. Ketebalan gambut bervariasi antara 5-7 m dengan substratum tanah mineral bertekstur liat. Kadar serat 13-43% yang meningkat dengan kedalaman tanah. Kadar abu bervariasi antara 0,1-8,5% dan meningkat ke lapisan transisi tanah mineral. Terdapat korelasi nyata antara kadar abu dan kadar C organik ($R^2 = 0,68$). Berat isi (BD) bervariasi antara 0,21-0,23 g cm⁻³. Reaksi tanah sangat masam (pH 3,4-4,0) dan kadar C organik sangat tinggi (31,28-57,59%) yang meningkat dengan kedalaman tanah. KTK tanah sangat tinggi (66-126 cmol(+)kg⁻¹) dan berkorelasi nyata dengan kadar C-organik ($R^2 = 0,80$). Kejenuhan basa sangat rendah (<10%) yang mencerminkan rendahnya kation basa dapat ditukar. Berdasarkan sifat-sifat tersebut tanah gambut lokasi penelitian termasuk gambut ombrogen dan diklasifikasikan menurut Soil Taxonomy (2010) kedalam subgroup Typic Haplohemists dan Sapric Haplohemists.

Katakunci: Emisi karbon, kadar serat, kadar abu, Kalimantan Tengah, tanah gambut.

Abstract. Detailed peat soil mapping at scale of 1: 500 at an experimental plot of Jabiren, Central Kalimantan, has been conducted in an area of 5.01 ha. The objective of the study is to characterize the physical and chemical properties of peat soils as basic for carbon emission study. Soil observation used grid system at distance of 25 x 50 m for each observation. Soil boring and sampling used peat auger of Eijkelkamp type. The results showed that the study area can be divided into four soil mapping units. The degree of peat decomposition was sapric in the upper layer and hemic in the lower layer. The peat thickness varied between 5-7 m overlaying clayey texture of mineral soils. The fiber content varied between 13-43% and increase with soil depth. The ash content was 0.1-8.5% and increased to the transition of mineral soils. There was significant correlation between ash content and organic carbon ($R^2 = 0.68$). Bulk density (BD) varied between 0.21-0.23 g cm⁻³. The soils showed very acid reaction (pH 3.4-4.0) and very high organic carbon content (31.28-57.59%) which increased with depth. Soil CEC was very high (66-126 cmol(+)kg⁻¹) and showed significant correlation to organic carbon content ($R^2 =$

0.80). Soil base saturation was very low ($<10\%$) which reflected low exchangeable bases. These soils were grouped as ombrogenous peat, and classified according to Soil Taxonomy (2010) into subgroup as Typic Haplohemists and Sapric Haplohemists.

Keywords: Ash content, carbon emission, Central Kalimantan, fiber content, peat soils.

PENDAHULUAN

Tanah gambut adalah tanah-tanah yang terbentuk dari bahan induk endapan bahan organik, yang merupakan hasil proses akumulasi sisa-sisa tumbuhan/vegetasi yang telah melapuk pada kondisi anaerob. Pada kondisi anaerob tingkat dekomposisi bahan organik berjalan lambat, sehingga terjadi penumpukkan bahan organik yang cukup tebal, dan tanah yang terbentuk dikenal sebagai tanah gambut, atau tanah Organosol (Soeprattohardjo, 1961) atau Histosols (Soil Survey Staff, 2010; FAO, 1990). Pembentukan tanah gambut merupakan proses geogenik, yaitu pembentukan tanah yang disebabkan oleh proses deposisi dan transportasi, berbeda dengan pembentukan tanah mineral yang umumnya merupakan proses pedogenik (Hardjowigeno, 1986). Tanah-tanah gambut di Kalimantan umumnya terbentuk pada periode Holosen sekitar 11.000 tahun yang lalu (Polak, 1950).

Menurut tingkat dekomposisinya tanah gambut dapat dibedakan menjadi: (a) gambut fibrik, yaitu gambut yang belum melapuk (mentah), mengandung serat $\geq 75\%$ (berdasarkan volume); (b) gambut hemik (setengah matang) mengandung serat 17-74%; dan (c) gambut saprik adalah gambut yang sudah lapuk (matang), mengandung serat $<17\%$ (Soil Survey Staff, 1999). Boelter (1969) menyebutkan bahwa kandungan serat dan BD merupakan sifat fisik penting yang sering digunakan untuk menentukan tingkat dekomposisi gambut.

Susunan kimia dan kesuburan tanah gambut ditentukan oleh (a) ketebalan gambut dan tingkat kematangan lapisan-lapisannya, (b) keadaan tanah mineral (substratum) dibawah lapisan gambut, dan (c) kualitas air sungai atau air pasang yang mempengaruhi tanah gambut dalam proses pembentukan maupun pematangannya (Widjaja Adhi, 1986).

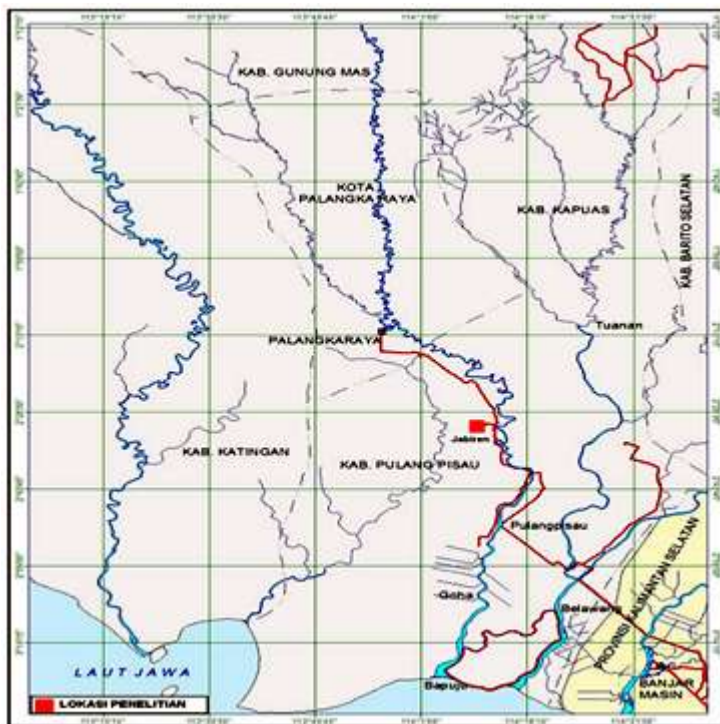
Pembentukan tanah gambut dibedakan menjadi gambut: (a) ombrogen atau oligotropik, yaitu gambut yang terbentuk pada lingkungan yang hanya tergantung dari air hujan, tidak terkena pengaruh air pasang, membentuk suatu kubah (*dome*), umumnya tebal, dan miskin hara, kadar abu rendah ($<5\%$), dan (b) topogen atau eutropik yaitu gambut yang terbentuk pada bagian pedalaman dari dataran pantai/sungai yang dipengaruhi oleh limpasan air pasang/banjir yang banyak mengandung mineral, sehingga lebih subur, dan tidak terlalu tebal, kadar abu tinggi ($>10\%$). Transisi antara kedua gambut tersebut dikenal gambut mesotropik, yaitu gambut yang agak subur (lebih baik dari

gambut oligotropik), dan posisinya berada di pinggiran atau transisi ke suatu *dome* gambut, kadar abu 5-10% (Driessen dan Sudjadi, 1984).

Tujuan penelitian adalah untuk melakukan identifikasi dan karakterisasi tanah gambut di lokasi demplot ICCTF Jabiren Kalimantan Tengah sebagai dasar untuk mendukung penelitian emisi karbon.

BAHAN DA METODA

Penelitian lapangan dilakukan pada akhir bulan November 2010. Secara administratif, lokasi demplot Jabiren termasuk Kecamatan Jabiren Raya, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah. Terletak pada koordinat $2^{\circ}30'30''$ Lintang Selatan dan $114^{\circ}09'30''$ Bujur Timur (Gambar 1). Lokasi penelitian dapat ditempuh dari Palangkaraya melalui jalan utama (Palangkaraya-Pulang Pisau) sampai di Desa Jabiren selama sekitar 1 jam, kemudian dilanjutkan dengan menggunakan kendaraan air (kelotok) melalui Sungai Jabiren selama 15 menit.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian demplot Jabiren Kalimantan Tengah

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: (a) data digital citra landsat-7, path/row 118/62 akuisisi bulan Agustus 2002, (b) peta rupabumi Indonesia

lembar Palangkaraya skala 1:250.000, (c) peta situasi hasil tracking GPS, (d) peta geologi Indonesia skala 1:000.000 (Supriatna dan Sutandi, 1994), (e) Peta agroklimat Kalimantan 1:3.000.000 (Oldeman *et al.* 1980), dan (f) Peta kapling lahan kepemilikan petani.

Peralatan survei dan pemetaan tanah di lapangan adalah: (a) Bor gambut tipe *Eijkelkamp*, (b) Buku *Munsell Soil Color Chart*, (c) Buku *Keys to Soil Taxonomy* edisi tahun 2010, (d) Kompas dan tambang plastik, (e) GPS (*Geographic Positioning System*), (f) pH-Truogh atau pH lakmus, (g) Meteran, kantong plastik contoh tanah dan label, dan (h) Komputer laptop dengan program Arc View/GIS untuk analisis spasial/peta.

BAHAN DAN METODE

Lokasi demplot Jabiren seluas 5,01 ha dilakukan pengukuran batas-batasnya atau *tracking* di lapangan dengan alat GPS. Hasil pengukuran tersebut dientry kedalam komputer untuk diolah menggunakan program Arc View/GIS.

Pengamatan tanah dilakukan dengan sistem grid melalui transek dengan menggunakan GPS untuk menentukan koordinat setiap titik pengamatan. Transek dibuat tegak lurus sungai dengan asumsi dapat dijumpai variasi ketebalan gambut dan sifat-sifat lainnya. Pengamatan tanah dilakukan dengan cara pemboran tanah gambut sampai kedalaman tanah mineral (*substratum*) dengan bor tipe *Eijkelkamp*. Jarak antara titik pengamatan dalam jalur transek adalah 25 m, sedangkan antar jalur transek 50 m, sehingga intensitas pengamatannya adalah satu titik untuk setiap 0,125 ha.

Parameter yang diamati adalah ciri-ciri morfologi tanah gambut antara lain ketebalan, kematangan, warna, sisipan tanah mineral, konsistensi, pH, muka air tanah, *substratum*, dan gejala lainnya. Untuk *substratum* tanah mineral diamati warna, tekstur, konsistensi, pH, dan gejala kemungkinan adanya bahan sulfidik. Semua parameter tersebut dicatat dalam formulir pengamatan untuk dientry ke dalam komputer. Cara pengamatan sifat-sifat morfologi tanah mengikuti pedoman yang tercantum dalam *Guideline for Soil Profile Description* (FAO, 1990) dan Pedoman Pengamatan Tanah (Balai Penelitian Tanah, 2004). Klasifikasi tanah ditetapkan menurut *Keys to Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2010) sampai tingkat subgrup dan fase tanah. Penetapan fase tanah mengikuti cara yang diuraikan oleh Hardjowigeno *et al.*, (1996).

Setelah pengamatan tanah selesai seluruhnya dan sudah diketahui sebaran satuan-satuan tanah dan sifat-sifatnya, maka dilakukan pemilihan titik-titik pengamatan sebagai perwakilan untuk diambil contoh tanahnya melalui bor gambut. Contoh tanah diambil untuk setiap horizon dari setiap titik pengamatan perwakilan satuan tanah untuk analisis kimia. Selain itu dilakukan pula pengambilan contoh untuk analisis sifat fisika (berat isi/BD dan kadar air) lapisan atas (0-20 cm) dan lapisan bawah (20-60 cm) berdasarkan tingkat kematangan gambut dengan 2 kali ulangan.

Tabel 1. Pengelompokkan penilaian data hasil analisis kimia tanah

Sifat tanah	Satuan	Nilai				
		Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
C-organik	%	< 1,00	1,00-2,00	2,01-3,00	3,01-5,00	>5,0
N organik	%	< 0,10	0,10-0,20	0,21-0,50	0,51-0,75	>0,75
C/N	-	< 5	5-10	11-15	16-25	>25
P ₂ O ₅ HCl 25%	mg 100g ⁻¹	<15	15-20	21-40	41-60	>60
P ₂ O ₅ Bray	ppm	<5	5-7	8-10	11-15	>15
P ₂ O ₅ Olsen	ppm	<5	5-10	11-15	16-20	>20
K ₂ O HCl 25%	mg 100g ⁻¹	<10	10-20	21-40	41-60	>60
KTK tanah	cmol(+)kg ⁻¹	<5	5-16	17-24	25-40	>40
Susunan kation:						
Ca ²⁺	cmol(+)kg ⁻¹	<2	2-5	6-10	11-20	>20
Mg ²⁺	cmol(+)kg ⁻¹	<0,4	0,4-1,0	1,1-2,0	2,1-8,0	>8,0
K ⁺	cmol(+)kg ⁻¹	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,5	0,6-1,0	>1,0
Na ⁺	cmol(+)kg ⁻¹	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-0,1	>1,0
Kejenuhan basa	%	<20	20-35	36-50	51-75	>75
Kejenuhan Aluminium	%	<5	5-20	21-30	31-60	>60
Cadangan mineral	%	<5	5-10	11-20	21-40	>40
Salinitas/DHL	dS m ⁻¹	<1	1-2	2-3	3-4	>4
Persentase Na-dpt tukar/ESP	%	<2	2-5	5-10	10-15	>15
Kadar serat (tanah gambut)	%	-	<17	17-75	>75	-
Kadar abu (tanah gambut)	%	-	<5	5-10	>10	-
pH-H ₂ O	Sangat masam	Masam	Agk masam	Netral	Agak alkalis	Alkalis
Nilai	<4,5	4,5-5,5	5,6-6,5	6,6-7,5	7,6-8,5	>8,5

Analisis sifat fisika tanah meliputi penetapan BD (pada kondisi basah dan kering oven), kadar air, dan kadar serat. Analisis sifat kimia tanah meliputi penetapan kandungan bahan organik (C, N, dan C/N), pH tanah, kadar P₂O₅ dan K₂O ekstraksi HCl 25%, kadar P₂O₅ tersedia ekstrak Bray 1, basa-basa dapat tukar (Ca, Mg, K, dan Na), kapasitas tukar kation (NH₄oAc pH 7), kadar Al ekstraksi 1 N KCl, kadar abu, kadar unsur hara mikro (Fe, Mn, Zn, Cu), kadar pirit/bahan sulfidik, daya hantar listrik, dan salinitas. Prosedur analisis mengacu pada Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Air, Tanaman dan Pupuk (Sulaeman, Suparto dan Eviati, 2005). Data hasil pengamatan lapangan dan data hasil analisis contoh tanah diinterpretasi untuk penetapan sifat-sifat fisik-kimia dan klasifikasi tanah, serta penyusunan satuan peta tanah. Pengelompokkan sifat-sifat tanah mengikuti *Terms of Reference* Survei Kapabilitas Tanah (Pusat Penelitian Tanah, 1982) dan Driessen dan Sudjadi (1984) seperti pada (Tabel 1).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadan fisik lingkungan

Daerah penelitian termasuk beriklim basah dengan curah hujan rata-rata tahunan 2.496 mm, dan rata-rata bulanan antara 85 mm (Agustus) sampai 318 mm (Desember). Menurut Schmidt dan Ferguson (1951) daerah ini termasuk tipe hujan A dan tipe iklim Koppen Afa. Menurut peta agroklimat Oldeman *et al.* (1980) daerah penelitian termasuk zona B1, yang dicirikan oleh jumlah bulan basah (>200 mm) berturut-turut 7-9 bulan, dan bulan kering (<100 mm) <2 bulan. Suhu udara rata-rata bulanan berkisar antara 26,3-27,3 °C dan kelembaban udara relatif rata-rata bulanan berkisar antara 75-86%.

Daerah penelitian dilalui oleh Sungai Jabiren yang mengalir dari arah barat (daerah dome gambut) ke arah timur dan bermuara ke Sungai Kahayan. Air sungai Jabiren berwarna coklat karena pengaruh rawa gambut, dan tinggi permukaan air sungai sekitar 50 cm dan berfluktuasi tergantung permukaan air Sungai Kahayan yang dipengaruhi oleh pasang surut. Lokasi demplot sudah ditanami karet berumur 3 tahun dan telah dibuat parit-parit arah selatan-utara (tegak lurus sungai Jabiren) selebar 50 cm dan dalam 50-75 cm yang berfungsi untuk mengatur ketinggian permukaan air tanah.

Secara makro, *landform* daerah penelitian merupakan bagian dari rawa belakang (*backswamp*) dari Sungai Kahayan, dan berbatasan dengan *landform dome* gambut di sebelah barat. Dari lokasi demplot ke arah sungai Kahayan ketebalan gambut menipis secara gradual dan beralih ke tanah mineral, sedangkan ke arah pedalaman (barat) ketebalan gambut meningkat. Sekuen *landform* dari Sungai Kahayan ke arah barat adalah: tanggul sungai-rawa belakang-transisi/pinggir dome-dome gambut.



Gambar 2. Lokasi demplot berupa kebun karet (kiri) dan contoh tanah gambut diambil dengan bor Eijkelkamp (kanan).

Klasifikasi dan Sifat-sifat Tanah

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan didukung oleh data hasil analisis laboratorium, tanah-tanah gambut di lokasi penelitian dapat diklasifikasikan menurut *Keys to Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2010) dengan sifat-sifat berikut.

(a) Typic Haplohemists

Subgrup tanah ini mempunyai tingkat kematangan hemik dengan ketebalan antara 5 - 7 m. Lapisan di bawah gambut (substratum) berupa tanah mineral bertekstur liat berwarna kelabu. Warna tanah coklat gelap kemerahan sampai merah sangat kotor. Permukaan air tanah bervariasi pada kedalaman antara 50 sampai 90 cm. Reaksi tanah sangat masam dan daya hantar listrik (DHL) rendah. Kandungan C organik sangat tinggi, kandungan P_2O_5 total dan K_2O total umumnya rendah, dan P tersedia (Bray 1) sedang sampai tinggi. Kandungan basa-basa dapat ditukar (Ca, Mg, K dan Na) rendah, KTK-tanah sangat tinggi dan kejenuhan basa sangat rendah. Kadar Al ekstraksi KCl 1N tinggi. Kadar abu umumnya rendah dan cenderung meningkat ke lapisan bawah mendekati tanah mineral, yang mencerminkan gambut miskin hara mineral.

(b) Hemic Haplosaprists

Tanah mempunyai tingkat kematangan saprik. Terdapat lapisan/sisipan gambut hemik setebal ≥ 25 cm pada kedalaman antara 100-130 cm (dibawah *surface tier*). Ketebalan gambut antara 6-7 m dengan substratum tanah mineral bertekstur liat berwarna kelabu. Warna tanah merah sangat kotor sampai coklat gelap kemerahan. Permukaan air tanah bervariasi antara 30-50 cm. Reaksi tanah sangat masam dan DHL rendah. Kandungan C organik sangat tinggi, kandungan P_2O_5 total rendah, K_2O total sedang, dan P-tersedia tinggi. Kandungan basa-basa rendah, KTK-tanah sangat tinggi dan kejenuhan basa sangat rendah. Kandungan Al ekstrak KCl 1N tinggi. Kadar abu rendah dan meningkat ke lapisan bawah peralihan ke substratum.

SATUAN PETA TANAH

Satuan peta tanah (SPT) menunjukkan kumpulan tanah dengan sifat-sifat sama atau hampir sama yang didelineasi dalam suatu peta tanah. Sifat-sifat tanah pada masing-masing SPT dijelaskan dalam legenda peta tanah yang bersangkutan. Dari hasil interpretasi, lokasi penelitian dapat dibedakan menjadi empat SPT (Tabel 2) dengan uraian berikut.

Satuan Peta Tanah 1

Tanah pada SPT 1 seluas 1,71 ha (34,09%) mempunyai tingkat kematangan hemik dengan ketebalan antara 6-7 m. Lapisan substratum tanah mineral bertekstur halus (kadar liat 66%). Kadar serat (tidak digerus) bervariasi antara 11,63-39,02%. Kadar abu bervariasi 0,66-4,31% di lapisan atas, dan antara 0,14-8,47% di lapisan bawah. Reaksi tanah sangat masam (pH 3,3-3,7) di lapisan atas maupun di lapisan bawah. Kadar C organik sangat tinggi antara 34-57%. Kadar P_2O_5 total rendah (<20 mg/100g), kadar K_2O total rendah sampai sedang (8-15 mg/100 g) dan kadar P-tersedia (Bray 1) sedang sampai tinggi (16-58 ppm). KTK tanah berkisar antara 65-75 $cmol(+) kg^{-1}$ di lapisan atas dan antara 105-126 $cmol(+)/kg$ di lapisan bawah. Kejenuhan basa sangat rendah (2-9%) baik di lapisan atas maupun lapisan bawah. Kadar Al-tukar cukup tinggi yang cenderung meningkat dengan kedalaman tanah. Nilai berat isi rata-rata lapisan atas dan bawah 0,22 $g cm^{-3}$, yang mencerminkan kematangan masih tergolong hemik. Berdasarkan tingkat kesuburannya (kadar abu dan kandungan hara), jenis gambut di atas termasuk gambut oligotrofik atau transisi ke mesotrofik.

Satuan Peta Tanah 2

Tanah pada SPT 2 seluas 0,78 ha (15,60%) mempunyai tingkat kematangan saprik dengan ketebalan antara 600 sampai 700 cm. Terdapat lapisan gambut hemik antara 100-130 cm. Lapisan substratum bertekstur liat (kadar liat 73%). Kadar serat (tidak digerus) 17,07-31,58%. Kadar abu rendah (0,46-0,83%) dan meningkat ke lapisan bawah. Reaksi tanah sangat masam (pH 3,4-3,8) di lapisan atas maupun di lapisan bawah. Kadar C organik sangat tinggi (31-55%). Kadar P_2O_5 total rendah (<20 mg/100g), kadar K_2O total rendah sampai sedang (6-21 mg/100 g) dan kadar P-tersedia (Bray 1) sedang sampai tinggi (9,5-80,9 ppm). KTK tanah berkisar antara 61-85 $cmol(+) kg^{-1}$ di lapisan atas dan antara 100-125 $cmol(+)/kg$ di lapisan bawah. Kejenuhan basa sangat rendah (2-7%) di semua lapisan. Kadar Al-tukar cukup tinggi yang meningkat dengan kedalaman tanah. Nilai berat isi rata-rata 0,22-0,23 $g cm^{-3}$, yang mencerminkan kematangan hemik.

Satuan Peta Tanah 3

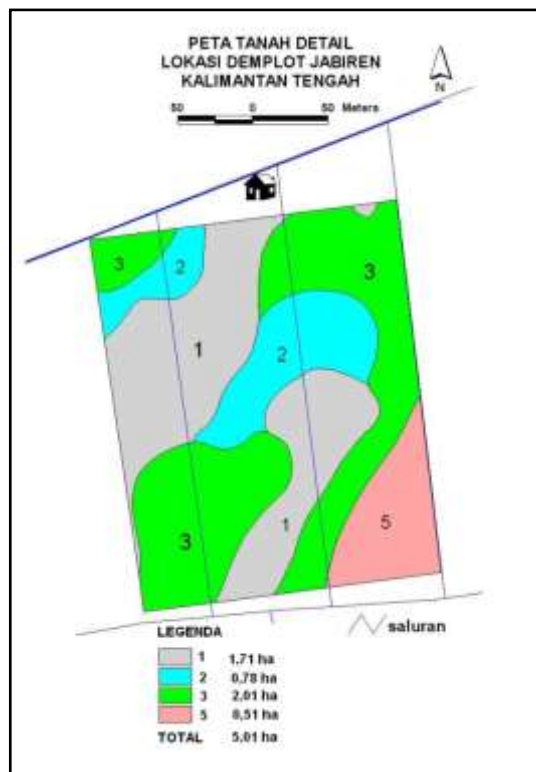
Tanah pada SPT 3 seluas 2,01 ha (40,16%) mempunyai tingkat kematangan hemik dengan ketebalan antara 5 - 6 m. Pada kedalaman 40-70 cm terdapat lapisan fibrik setebal 30 cm. Lapisan substratum tanah mineral bertekstur liat (kadar liat 61%). Kadar serat tidak digerus 14,89-26,47% di lapisan atas, dan antara 34,15-73,17% di lapisan bawah. Kadar abu rendah (0,52-2,36%) di lapisan atas dan meningkat ke lapisan bawah (1,69-23,55%). Reaksi tanah sangat masam (pH 3,4-3,8) di lapisan atas dan bawah. Kadar C

organik sangat tinggi (36-53%). Kadar P_2O_5 total rendah (<20 mg/100g), kadar K_2O total rendah sampai sedang (10-18 mg/100 g) dan kadar P-tersedia (Bray 1) sedang sampai tinggi (7,4-45,8 ppm). KTK tanah tinggi antara 58-72 cmol(+) kg^{-1} di lapisan atas dan antara 86-92 cmol(+)/kg di lapisan bawah. Kejenuhan basa sangat rendah ($<10\%$) baik di lapisan atas maupun lapisan bawah. Kadar Al-tukar cukup tinggi yang meningkat dengan kedalaman tanah. Nilai berat isi rata-rata lapisan atas dan bawah 0,21-0,22 $g\ cm^{-3}$.

Tabel 2. Legenda peta tanah detail lokasi demplot Jabiren, Kalimantan Tengah

No. SPT	Subgrup tanah	Ketebalan gambut cm	pH		KTK-tanah		Kej. Basa		Luas	
			atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	Ha	%
					--cmol(+)/kg--		---	%---		
1	Typic Haplohemists	600 - 700	3,5-4,0	3,5-4,0	40-80	80-125	<20	<20	1,71	34,09
2	Hemic Haplosaprists	600 - 700	3,5-4,0	3,5-4,0	80-125	80-125	<20	<20	0,78	15,60
3	Hemic Haplohemists	500 - 600	3,5-4,0	3,5-4,0	40-80	80-125	<20	<20	2,01	40,16
5	Typic Haplohemists	500 - 600	3,5-4,0	3,5-4,0	80-125	80-125	<20	<20	0,51	10,16
Jumlah									5,01	100,0

Catatan: Lapisan atas 0-30 cm; lapisan bawah 30-130 cm.



Gambar 3. Peta tanah detail lokasi demplot Jabiren Kalimantan Tengah

Satuan Peta Tanah 5

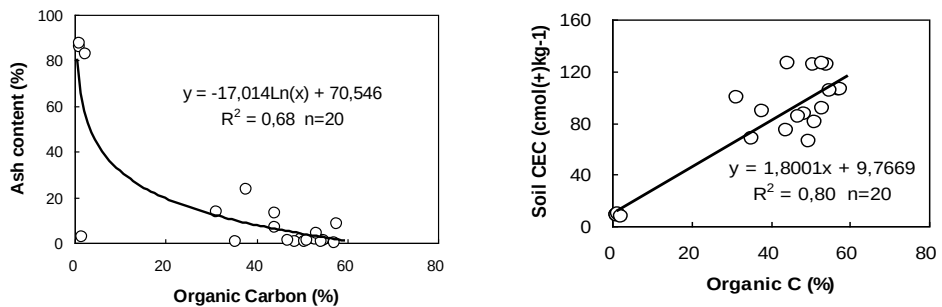
Tanah pada SPT 5 seluas 0,51 ha (10,16%) mempunyai tingkat kematangan hemik dengan ketebalan antara 5 - 6 m. Lapisan substratum tanah mineral bertekstur liat (kadar liat 72%). Kadar serat tidak digerus 13,16-13,64% di lapisan atas, dan antara 25,53-41,86% di lapisan bawah. Kadar abu rendah (1,22-1,28%) di lapisan atas dan meningkat ke lapisan bawah (0,71-13,0%). Reaksi tanah sangat masam (pH 3,4-3,8) di lapisan atas maupun di lapisan bawah. Kadar C organik sangat tinggi (44-54%). Kadar P_2O_5 total sedang (25 mg/100g) di lapisan atas, dan rendah (<10 mg/100g) di lapisan bawah, kadar K_2O total sedang (13-21 mg/100 g) di lapisan atas dan sedang sampai tinggi (12-26 mg/100g) di lapisan bawah, dan kadar P-tersedia (Bray 1) sedang sampai tinggi (19,8-101,1 ppm). KTK tanah berkisar antara 65-81 cmol(+) kg^{-1} di lapisan atas dan antara 125-126 cmol(+)/kg di lapisan bawah. Kejenuhan basa sangat rendah (<10%) baik di lapisan atas maupun lapisan bawah. Kadar Al-tukar cukup tinggi yang meningkat dengan kedalaman tanah. Nilai berat isi rata-rata lapisan atas dan bawah 0,21-0,28 $g\ cm^{-3}$, yang mencerminkan tingkat kematangan gambut hemik.

Tabel 3. Data hasil analisis sifat kimia tanah gambut di demplot Jabiren

SPT	Profil	Lap	Kedalaman	Tekstur			pH		DHL	Bahan organik			HCl 25%		Bray1
				Pasir	Debu	Liat	H ₂ O	KCl		C	N	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅
			cm	----	%	----			dS/m	---	%	---	mg/100g		ppm
1	HK4	1	0-25	-	-	-	3,6	2,6	0,08	35,39	0,66	54	13	8	39,4
		2	25-60	-	-	-	3,5	2,5	0,13	57,26	0,84	68	14	13	38,6
		3	60-120	-	-	-	3,4	2,6	0,20	57,59	0,88	65	7	8	15,8
		4	120-700	-	-	-	3,7	2,9	0,10	44,19	0,65	68	4	13	17,2
		5	700 +	0	34	66	4,2	3,4	0,02	0,99	0,09	11	6	2	7,8
2	UY13	1	0-23	-	-	-	3,6	2,3	0,10	46,91	0,81	58	17	6	80,9
		2	23-200	-	-	-	3,4	2,4	0,23	50,70	1,00	51	15	14	66,7
		3	200-340	-	-	-	3,6	2,5	0,16	54,85	1,78	31	2	18	14,8
		4	340-450	-	-	-	3,5	3,0	0,23	31,28	0,67	47	3	21	9,5
		5	450 +	0	27	73	4,4	3,5	0,02	1,48	0,13	11	6	2	3,9
3	HK7	1	0-10	-	-	-	3,7	2,6	0,08	49,72	0,77	65	17	13	45,8
		2	10-40	-	-	-	3,4	2,5	0,23	48,51	0,84	58	14	12	42,0
		3	40-70	-	-	-	3,5	2,5	0,17	53,05	0,81	65	7	15	13,2
		4	70-120	-	-	-	3,6	3,4	0,37	37,74	0,63	60	2	12	7,4
		5	600 +	0	39	61	4,3	3,4	0,02	1,15	0,09	13	7	2	8,2
4	HF11	1	0-26	-	-	-	3,6	2,4	0,12	51,22	0,87	59	25	13	101,1
		2	26-110	-	-	-	3,6	2,4	0,11	54,24	0,90	60	10	26	50,6
		3	110-280	-	-	-	3,4	2,9	0,44	53,17	0,79	67	4	12	19,8
		4	180-370	-	-	-	4,0	3,6	0,05	44,10	0,78	57	4	8	31,7
		5	520+	0	28	72	4,3	3,5	0,03	2,37	0,21	11	7	2	6,1

Tabel 3 (lanjutan).

SPT	Profil	Nilai tukar kation (NH ₄ -asetat 1N pH7)						KCl 1N		DTPA				Total		Kadar serat		Kadar abu	
		Ca	Mg	K	Na	Juml	KTK	KB	Al ³⁺	H ⁺	Fe	Mn	Cu	Zn	S	Fe	digerus		digerus
		----- cmol(+) /kg -----						%	-cmol(+) /kg-		----- ppm-----				-- % --		----- % -----	-%-	
1	HK4	2,55	1,24	0,12	0,33	4,24	68	6	1,33	6,70	320,0	6,2	0,2	4,0	-	-	13,16	2,63	0,66
		3,50	1,54	0,17	1,87	7,08	105	7	1,89	12,24	467,0	13,4	0,3	5,6	-	-	31,82	2,27	0,14
		1,98	0,87	0,10	2,20	5,15	106	5	8,04	10,04	211,7	7,4	0,3	5,8	-	-	30,43	4,35	8,47
		0,93	0,46	0,22	1,12	2,73	127	2	17,72	4,57	246,8	4,0	3,5	5,4	-	-	39,02	7,32	6,52
		0,78	0,97	0,03	0,07	1,85	8	23	3,17	3,14	1190,6	2,4	1,9	0,5	0,02	0,57	-	-	86,03
2	UY13	2,12	1,26	0,04	0,21	3,63	85	4	1,22	7,95	339,8	9,5	0,0	4,3	-	-	23,26	2,33	0,83
		4,09	2,36	0,28	2,12	8,85	125	7	2,22	10,95	552,2	17,0	0,4	5,7	-	-	17,07	2,44	0,46
		1,87	1,89	0,36	3,29	7,41	105	7	7,19	12,97	1171,9	17,2	0,0	9,7	-	-	31,58	5,26	0,90
		0,82	0,42	0,31	0,25	1,80	100	2	17,65	2,91	462,3	2,2	2,0	2,2	-	-	27,91	2,33	13,64
		0,63	0,87	0,03	0,12	1,65	10	17	3,37	4,00	1154,3	1,5	2,4	0,1	0,02	0,95	-	-	2,63
3	HK7	3,42	1,56	0,15	0,28	5,41	66	8	1,36	5,56	332,1	10,1	0,1	3,8	-	-	13,60	2,63	1,41
		4,09	1,82	0,19	2,62	8,72	86	10	1,84	10,87	561,2	20,5	0,3	7,1	-	-	26,47	2,94	0,52
		1,66	1,19	0,22	1,34	4,41	92	5	5,29	8,53	300,9	11,0	0,0	2,9	-	-	43,17	7,32	1,69
		0,88	0,39	0,18	2,03	3,48	89	4	18,83	2,07	100,7	0,2	3,4	0,8	-	-	34,15	2,44	23,55
		0,74	1,13	0,03	0,10	2,00	8	24	2,39	2,97	1191,9	3,0	1,5	0,1	0,01	0,67	-	-	87,32
4	HF11	2,37	1,86	0,18	0,16	4,57	81	6	1,14	6,14	397,8	6,0	0,2	5,4	-	-	13,16	2,63	1,28
		4,01	2,67	0,52	0,93	8,13	125	6	2,36	10,90	473,0	11,9	0,2	8,2	-	-	29,27	2,44	0,71
		1,69	1,63	0,24	6,22	9,78	126	8	14,64	5,94	187,1	5,4	2,5	2,9	-	-	41,86	6,98	4,31
		1,30	0,24	0,15	0,41	2,10	75	3	16,86	2,36	149,2	1,4	5,8	2,0	-	-	25,53	2,13	13,00
		0,72	0,93	0,03	0,12	1,80	7	26	4,24	3,42	1265,8	3,3	2,9	0,2	0,02	0,58	-	-	82,56



Gambar 4. Hubungan antara C-organik dengan kadar abu dan KTK tanah

Tabel 4. Data hasil analisis sifat fisika tanah gambut di lokasi demplot Jabiren

No SPT	Profil	lapi- san	Kedalaman cm	Volume cm ³	Berat total gambut basah g	Kadar air berdasarkan		Bobot Isi/BD g cm ⁻³
						Berat kering -----%	Berat basah ----	
1	HK4	I	0-25	250	305,0	77,75	349,52	0,22
		II	25-60	350	315,1	77,54	345,32	0,22
2	UY13	I	0-23	230	257,8	77,02	335,16	0,23
		II	23-60	370	257,3	77,98	354,22	0,22
3	HK7	I	0-40	400	275,1	77,96	353,75	0,22
		II	40-70	300	208,3	78,87	373,20	0,21
4	HF11	I	0-26	260	230,8	79,14	379,34	0,21
		II	26-60	340	505,6	72,46	263,17	0,28

Berdasarkan data hasil analisis kimia (Tabel 3) terdapat korelasi yang cukup nyata antara kadar C-organik dan kadar abu ($R^2=0,68$) dan antara kadar C organik dan KTK tanah ($R^2=0,80$) yang menunjukkan kadar abu dan KTK tanah sangat dipengaruhi oleh kadar C organik (Gambar 4).

Berat isi (BD) tanah gambut bervariasi antara 0,21 - 0,28 g cm⁻³ untuk kematangan hemik sampai saprik (Tabel 4). Hal ini menunjukkan bahwa tanah gambut yang sudah melapuk lebih padat/kompak dibandingkan dengan yang kurang lapuk. Driessen dan Dudal (1989) menyebutkan bahwa BD tanah gambut yang masih vegetasi hutan berkisar antara 0,10-0,20 g cm⁻³ dan yang sudah direklamasi mencapai 0,4 g cm⁻³. Hasil penelitian Driessen dan Rochimah (1976) menunjukkan bahwa BD tanah gambut pada hutan rawa di Kalimantan berkisar antara 0,14-0,23 g cm⁻³. Kadar air tanah gambut di daerah penelitian pada kondisi basah/lembab berkisar antara 263 - 379%, sedangkan pada kondisi kering, kadar air berkisar antara 72-79%. Kasus tersebut menunjukkan bahwa tanah gambut lokasi demplot pada kondisi basah/lembab mampu menyerap air 3-4 kali lipat dari berat keringnya. Mutalib *et al.* (1991) menyebutkan tanah gambut mampu menyerap air 1-130 kali dari berat keringnya.

Evaluasi lahan pada tanah-tanah gambut di lokasi penelitian (tanpa memperhatikan ketebalan) termasuk sesuai marginal (kelas S3) yang memerlukan input cukup tinggi. Tanah umumnya bereaksi sangat masam dan miskin unsur hara dan kation basa-basa, serta kedalaman air tanah yang berfluktuasi antara 35-50 cm (saat penelitian). Pengelolaan lahan gambut untuk pertanian (plot percobaan) diarahkan pada tindakan pemupukan, pengapuran dan pemberian abu bakaran untuk perbaikan ketersediaan hara dan retensi hara. Pengelolaan air dilakukan melalui pembuatan saluran atau parit dengan pintu air untuk mengendalikan permukaan air, agar mampu membuang kelebihan air pada musim hujan dan mempertahankan kelembaban tanah pada musim kemarau.

PENDUGAAN CADANGAN KARBON

Cadangan karbon (*carbon stocks*) dari tanah gambut dapat diduga dengan cara menghitung ketebalan gambut, luasan, berat isi (BD) dan kandungan C-organik, dengan formula: cadangan karbon = $L \times D \times BD \times C$, dimana cadangan C dalam ton, L=luas tanah gambut (dalam m^2), D=ketebalan gambut (dalam m), BD= berat isi ($t\ m^{-3}$ setara $g\ cm^{-3}$), dan C= kandungan C-organik (dalam %). Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, dengan basis satuan peta tanah diatas, cadangan karbon di lokasi demplot cukup tinggi yaitu sebesar 26.404 ton untuk seluas 5,01 ha atau $5.270\ t\ C\ ha^{-1}$ (Tabel 5).

Tabel 5. Cadangan karbon berbasis satuan peta tanah di lokasi demplot Jabiren

SPT	Subgrup tanah	Luas	Bobot isi/BD	Cadangan karbon
		- ha -	- $g\ cm^{-3}$ -	- ton -
1	Typic Haplohemists	1,71	0,22	11.198
2	Sapric Haplohemists	0,78	0,22-0,23	3.767
3	Fibric Haplohemists	2,01	0,21-0,22	8.607
4	Typic Haplohemists	0,51	0,21-0,28	2.833
	Jumlah	5,01		26.404

KESIMPULAN

Tanah gambut di lokasi penelitian termasuk gambut oligotrofik dengan ketebalan antara 5 sampai 7 m, dan kedalaman permukaan air tanah antara 35 - 50 cm. Tingkat dekomposisi gambut lapisan atas lebih matang (saprik) dari pada lapisan bawahnya (hemik) dengan kadar serat bervariasi antara 13-43%. Nilai BD berkisar antara 0,21-0,28 $g\ cm^{-3}$. Reaksi tanah sangat masam, kandungan hara rendah, dan kadar abu rendah sampai sedang. Tanah diklasifikasikan ke dalam subgrup Typic Haplohemists dan Sapric Haplohemists.

Kesesuaian lahan baik untuk tanaman pangan dan tahunan termasuk sesuai marginal (kelas S3) dengan faktor penghambat reaksi tanah sangat masam dan kandungan hara sangat rendah. Perlakuan pemupukan dan pemberian amelioran sangat diperlukan untuk memperbaiki produktivitas tanah gambut tersebut.

Cadangan karbon pada saat ini di lokasi demplot seluas 5,0 ha adalah sebesar 26.404 ton C atau sekitar $5.270\ ton\ C\ ha^{-1}$ yang tergolong tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas terlaksananya penelitian ini, yang dibiayai oleh Indonesia Climate Change Trust Fund (ICCTF) Proyek Tahun Anggaran 2010. Proyek ini diorganisir oleh Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan (BBSDL), Bogor.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Penelitian Tanah. 2004. Petunjuk Teknis Pedoman Pengamatan Tanah. Puslitbang Tanah dan Agroklimat, Bogor. 117p.
- Boetler, D.H. 1969. Physical properties of peats as related to degree of decomposition. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33:606-609.
- Driessen, P.M., and Rochimah, L. 1976. The physical properties of lowland peats from Kalimantan. *Soil Res. Inst. Bull.* 3:56-73.
- Driessen, P., and M. Sudjadi. 1984. Soils and specific soil problem of tidal swamps. Workshop on Research Prioritas in Tidal Swamp Rice. p143-160. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Driessen, P.M., and Dudal, R (Eds). 1989. Lecture note on the geography, formation, properties and use of the major soils of the world. Agric. Univ. Wageningen, the Netherlands, and Katholieke Univ. Leuven, Belgium.
- FAO. 1990. Guidelines for soil profile description. Soil Bulletin No. FAO/UNESCO Rome, Italy.
- Hardjowigeno, S., Marsoedi Ds, dan Ismangun. 1996. Satuan peta tanah dan legenda peta. Laporan Teknis No.3 Versi 2. Proyek LREPP II. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Hardjowigeno, S. 1986. Sumberdaya fisik wilayah dan tata guna lahan: Histosol. Fakultas Pertanian IPB. Hlm. 86-94.
- Mutalib, A.A., J.S. Lim, M.H. Wong, and L. Koonvai. 1991. Characterization, distribution, utilization of peat in Malaysia. *Proc. Int. Symp. on Tropical Peatland*, 6-10 May 1991. Kuching, Serawak, Malaysia.
- Oldeman, L.R., Irsal L., Muladi. 1980. An agroclimatic map of Kalimantan, scale 1:3,000,000. *Contr. Agric Res and Development*. Bogor.
- Polak, B. 1950. Occurrence and fertility of tropical peat soils in Indonesia. 4th Int. Congr. of Soil Sci. Vol 2, 183-185. Amsterdam, The Netherlands.
- Pusat Penelitian Tanah. 1982. Terms of Reference (TOR) Survei Kapabilitas Tanah. Proyek Penelitian Pertanian Menunjang Transmigrasi (P3MT), Bogor.
- Schmidt, F.H., and J.H.A Ferguson. 1951. Rainfall types based on wet and dry period ratios for Indonesia with Western New Guinea. *Verh.* No. 42. Djawatan Meteorologi dan Geofisik, Jakarta.
- Soil Survey Staff. 1999. *Soil Taxonomy: A basis system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. 2nd ed. USDA NRCS Agr. Handbook 436. Wasington DC.
- Soil Survey Staff. 2010. *Keys to Soil Taxonomy*. 11st ed. NRCS-USDA, Washington DC. 333p.
- Soepraptohardjo, M. 1961. *Klasifikasi tanah di Indonesia*. Balai Penyelidikan Tanah Bogor.

- Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2005. Petunjuk teknis analisa kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk. Balai Penelitian Tanah, Bogor. 136p.
- Supriatna, S. dan Sutandi. 1994. Peta geologi Indonesia skala 1:1.000.000. Puslitbang Geologi, Bandung.
- Widjaja Adhi, IPG. 1986. Pengelolaan lahan rawa pasang surut dan lebak. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian V (1):1-9.

¹Hikmatullah, ²Soleh dan ²Noto Prasodjo

¹Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

²Staf Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

Abstrak. Pemetaan tanah gambut tingkat detail skala 1:500 di lokasi demplot percobaan di daerah Landasan Ulin, Kalimantan Selatan, telah dilaksanakan pada areal seluas 6,7 ha. Tujuan penelitian adalah untuk melakukan karakterisasi sifat fisik dan kimia tanah gambut sebagai dasar untuk mendukung penelitian emisi karbon. Pengamatan tanah menggunakan sistem grid dengan jarak pengamatan 25 x 50 m. Pemboran dan pengambilan contoh tanah menggunakan bor tipe Eijkelkamp. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi penelitian dapat dibedakan menjadi 9 satuan peta tanah. Tingkat kematangan gambut termasuk hemik di lapisan atas, dan fibrik di lapisan bawah. Ketebalan gambut bervariasi antara 0,6-2,5 m dengan substratum tanah mineral bertekstur liat berpasir. Kadar serat 23,7-56,7% yang cenderung meningkat dengan kedalaman tanah. Kadar abu bervariasi antara 0,6-16,9% dan makin meningkat ke lapisan transisi ke tanah mineral. Terdapat korelasi nyata antara kadar abu dan kadar C organik ($R^2=0,89$). Bulk density (BD) bervariasi antara 0,17-0,22 g cm⁻³ untuk kematangan hemik dan antara 0,07-0,09 g cm⁻³ untuk kematangan fibrik. Reaksi tanah sangat masam (pH 3,9-4,7), kadar C organik sangat tinggi (33,75-55,61%) dan meningkat dengan kedalaman tanah. KTK tanah sangat tinggi (40-96 cmol(+)kg⁻¹) dan berkorelasi nyata dengan kadar C organik ($R^2=0,89$). Kejenuhan basa sangat rendah (<15%) yang mencerminkan miskin kation basa-basa dapat ditukar. Berdasarkan karakteristik fisik-kimia tersebut tanah gambut lokasi penelitian termasuk gambut ombrogen. Tanah gambut tersebut diklasifikasikan kedalam subgrup Typic Haplofibrists dan Hemic Haplofibrists.

Katakunci: Emisi karbon, tanah gambut, kadar serat, kadar abu, Kalimantan Selatan.

Abstract. Detailed peat soil mapping at scale of 1: 500 at an experimental plot of Landasan Ulin, South Kalimantan, has been conducted in an area of 6.7 ha. The objective of the study was to characterize the physical and chemical properties of peat soils as basic for carbon emission study. Soil observation used grid system at distance of 25 x 50 m for each observation. Soil boring and sampling used a peat auger of Eijkelkamp type. The results showed that the study area can be divided into nine soil mapping units. The degree of peat decomposition was hemic in the top layer and hemic in the subsurface layer. The peat thickness varied between 0.6-2.5 m overlaying sandy clay texture of mineral soils. The fiber content varied between 23.7-56.7% and tend to increase with soil depth. The ash content was 0.6-16.9% and increased to the transition of mineral soils. There was significant correlation between ash content and organic carbon ($R^2 = 0.89$). Bulk density (BD) varied between 0.17-0.22 g cm⁻³ for hemic and 0.07-0.09 g cm⁻³ for

fibric peat soils. The soils showed very acid reaction (pH 3.9-4.7) and very high organic carbon content (33.75-55.61%) which increased with depth. Soil CEC was very high (40-96 cmol(+)kg⁻¹) and showed significant correlation to organic carbon content ($R^2 = 0.89$). Soil base saturation was very low (<15%) which reflected low exchangeable bases. These soils were grouped as ombrogenous peat, and classified according to Soil Taxonomy (2010) as Typic Haplofibrists and Hemic Haplofibrists.

Keywords: Ash content, carbon emission, fiber content, peat soils, South Kalimantan.

PENDAHULUAN

Tanah gambut adalah tanah-tanah yang terbentuk dari bahan induk endapan bahan organik, yang merupakan hasil proses akumulasi sisa-sisa tumbuhan/vegetasi yang telah melapuk pada kondisi anaerob. Pada kondisi anaerob tingkat dekomposisi bahan organik berjalan lambat, sehingga terjadi penumpukan bahan organik yang cukup tebal, dan tanah yang terbentuk dikenal sebagai tanah gambut, atau tanah Organosol (Soepraptohardjo, 1961) atau Histosols (Soil Survey Staff, 2010). Pembentukan tanah gambut merupakan proses geogenik, yaitu pembentukan tanah yang disebabkan oleh proses deposisi dan transportasi, berbeda dengan pembentukan tanah mineral yang umumnya merupakan proses pedogenik (Hardjowigeno, 1986). Tanah-tanah gambut di Kalimantan umumnya terbentuk pada periode Holosen sekitar 11.000 tahun yang lalu (Polak, 1950).

Menurut tingkat dekomposisinya tanah gambut dapat dibedakan menjadi: (a) gambut fibrik, yaitu gambut yang belum melapuk (mentah), mengandung serat $\geq 75\%$ (berdasarkan volume); (b) gambut hemik (setengah matang) mengandung serat 17-74%; dan (c) gambut saprik adalah gambut yang sudah lapuk (matang), mengandung serat $< 17\%$ (Soil Survey Staff, 1999). Boetler (1969) menyebutkan bahwa kandungan serat dan BD merupakan sifat fisik penting yang sering digunakan untuk menentukan tingkat dekomposisi gambut.

Susunan kimia dan kesuburan tanah gambut ditentukan oleh (a) ketebalan gambut dan tingkat kematangan lapisan-lapisannya, (b) keadaan tanah mineral (substratum) di bawah lapisan gambut, dan (c) kualitas air sungai atau air pasang yang mempengaruhi tanah gambut dalam proses pembentukan maupun pematangannya (Widjaja Adhi, 1986).

Pembentukan tanah gambut dibedakan menjadi gambut: (a) ombrogen atau oligotropik, yaitu gambut yang terbentuk pada lingkungan yang hanya terantung dari air hujan, tidak terkena pengaruh air pasang, membentuk suatu kubah (dome), umumnya tebal, dan miskin hara, kadar abu rendah ($< 5\%$), dan (b) topogen atau eutropik yaitu gambut yang terbentuk pada bagian pedalaman dari dataran pantai/sungai yang dipengaruhi oleh limpasan air pasang/banjir yang banyak mengandung mineral, sehingga lebih subur, dan tidak terlalu tebal, kadar abu tinggi ($> 10\%$). Transisi antara kedua gambut

tersebut dikenal gambut mesotropik, yaitu gambut yang agak subur (lebih baik dari gambut oligotropik), dan posisinya berada di pinggiran atau transisi ke suatu dome gambut, kadar abu 5-10% (Driessen dan Sudjadi, 1984).

Tujuan penelitian adalah untuk melakukan identifikasi dan karakterisasi tanah gambut di lokasi demplot ICCTF (*Indonesia Climate Change Trust Fund*) Landasan Ulin, Kalimantan Selatan sebagai dasar untuk mendukung penelitian emisi karbon.

BAHAN DA METODE

Penelitian lapangan dilakukan pada awal bulan Desember 2010. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: (a) Data digital citra landsat, path/row 118/62 akuisisi Agustus 2002, (b) Peta rupabumi Indonesia lembar Banjarbaru skala 1:250.000, (c) Peta batas lokasi hasil tracking GPS, (d) Peta geologi Indonesia skala 1:000.000 (Supriatna dan Sutandi, 1994), (e) Peta agroklimat Kalimantan 1:3.000.000 (Oldeman *et al.*, 1980), dan (f) Peta kapling lahan/lokasi kepemilikan petani.

Peralatan survei lapangan yang digunakan terdiri atas: (a) Bor gambut tipe *Eijkelpamp*, (b) Buku *Munsell Soil Color Chart*, (c) Buku *Keys to Soil Taxonomy* edisi tahun 2010, (d) Kompas dan tambang plastik, (e) GPS (*Geographic Positioning System*), (f) pH-Truogh dan pH lakmus, (g) Meteran, kantong plastik contoh tanah dan label, (h) Komputer laptop yang dilengkapi program ArcView/ArcGIS untuk entri data pengamatan lapangan dan analisis spasial/peta.

Metoda

Lokasi demplot berada di Desa Tegal Arum, Kecamatan Landasan Ulin, Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Areal demplot yang dipetakan sekitar 6,7 ha yang dilakukan dengan pengukuran atau *tracking* batas-batasnya di lapangan dengan alat GPS. Hasil pengukuran GPS dientry kedalam komputer untuk diolah menggunakan program ArcView/GIS.

Pengamatan tanah dilakukan dengan sistem grid melalui transek dengan menggunakan GPS untuk menentukan koordinat setiap titik pengamatan. Transek dibuat tegak lurus sungai dengan asumsi dapat dijumpai variasi ketebalan gambut dan sifat-sifat lainnya. Pengamatan tanah dilakukan dengan cara pemboran tanah gambut sampai kedalaman tanah mineral (*substratum*) dengan bor tipe *Eijkelpamp*. Jarak antara titik pengamatan dalam jalur transek adalah 25 m, sedangkan antar jalur transek 50 m, sehingga intensitas pengamatannya adalah satu titik untuk setiap 0,125 ha. Parameter yang diamati adalah ciri-ciri morfologi tanah gambut antara lain ketebalan, kematangan, warna, sisipan tanah mineral, konsistensi, pH, muka air tanah, *substratum*, dan gejala lainnya.

Untuk substratum tanah mineral diamati warna, tekstur, konsistensi, pH, dan gejala kemungkinan adanya bahan sulfidik. Semua parameter tersebut dicatat dalam formulir pengamatan untuk di-entri kedalam komputer. Cara pengamatan sifat-sifat morfologi tanah mengikuti pedoman yang tercantum dalam *Guideline for Soil Profile Description* (FAO, 1990) dan Pedoman Pengamatan Tanah (Balai Penelitian Tanah, 2004). Klasifikasi tanah ditetapkan menurut *Keys to Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2010) sampai tingkat subgrup dan fase tanah. Penetapan fase tanah mengikuti cara yang diuraikan oleh Hardjowigeno et al. (1996).

Setelah pengamatan tanah selesai seluruhnya dan sudah diketahui sebaran satuan-satuan tanah dan sifat-sifatnya, maka dilakukan pemilihan titik-titik pengamatan sebagai perwakilan untuk diambil contoh tanahnya melalui bor gambut. Contoh tanah diambil untuk setiap horizon dari setiap titik pengamatan perwakilan satuan tanah untuk analisis kimia. Selain itu dilakukan pula pengambilan contoh untuk analisis sifat fisika (berat isi/BD dan kadar air) lapisan atas (0-20 cm) dan lapisan bawah (20-60 cm) berdasarkan tingkat kematangan gambut dengan ulangan dua kali.

Analisis sifat fisika tanah meliputi penetapan BD (pada kondisi basah dan kering oven), kadar air, dan kadar serat. Analisis sifat kimia tanah meliputi penetapan kandungan bahan organik (C, N, dan C/N), pH tanah, kadar P_2O_5 dan K_2O ekstraksi HCl 25%, kadar P_2O_5 tersedia ekstrak Bray 1, basa-basa dapat tukar (Ca, Mg, K, dan Na), kapasitas tukar kation (NH_4OAc pH 7), kadar Al ekstraksi 1 N KCl, kadar abu, kadar unsur hara mikro (Fe, Mn, Zn, Cu), kadar pirit/bahan sulfidik, daya hantar listrik, dan salinitas. Prosedur analisis mengacu pada Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk (Sulaeman, Suparto dan Eviati, 2005). Data hasil pengamatan lapangan dan data hasil analisis contoh tanah diinterpretasi untuk penetapan sifat-sifat fisik-kimia dan klasifikasi tanah, serta penyusunan satuan peta tanah. Pengelompokan penilaian hasil analisis kimia tanah mengikuti *Terms of Reference* Survei Kapabilitas Tanah (Pusat Penelitian Tanah, 1982) dan Driessen dan Sudjadi (1984).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan Fisik Lingkungan

Secara administratif, lokasi demplot termasuk Kelurahan Tegal Arum, Kecamatan Landasan Ulin Timur, Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Lokasi penelitian dapat dijangkau dengan mobil dari Kantor Balai Penelitian Rawa (Balittra) Loktabat sejauh kurang lebih 8 km atau selama 20 menit, dengan posisi sekitar 1 km sebelah utara Bandara Syamsudin Noor Banjarbaru (Gambar 1). Pemilihan lokasi didasarkan pada lahan gambut yang sudah dibuka untuk pertanian, lokasinya relatif mudah dijangkau dan cukup representatif untuk lokasi penelitian.

Daerah penelitian termasuk beriklim basah dengan curah hujan rata-rata tahunan sebesar 2.605 mm, rata-rata bulanan antara 97 mm (Agustus) sampai 363 mm (Januari). Menurut Schmidt dan Ferguson (1951) daerah ini termasuk tipe hujan B dan tipe iklim Koppen Afa. Bulan basah (>100 mm) selama 9 bulan dan bulan kering (<60 mm) hanya satu bulan. Sedangkan menurut zona agroklimat Oldeman *et al.* (1980) daerah penelitian termasuk zona C1, yaitu daerah yang mempunyai bulan basah (>200 mm) berturut-turut 5-6 bulan, dan bulan kering (<100 mm) selama <2 bulan. Suhu udara rata-rata bulanan berkisar antara 26,5 sampai 27,8 °C dengan rata-rata tahunan 27,1 °C. Kelembaban udara relatif rata-rata bulanan berkisar antara 81 sampai 89%.



Gambar 1. Peta lokasi demplot Tegal Arum, Kalimantan Selatan.

Daerah penelitian merupakan cekungan rawa aluvial yang tergenang. Aliran air lambat yang mengalir ke arah utara dan bermuara ke Sungai Martapura. Air rawa berwarna kecoklatan karena pengaruh rawa gambut. Air tanah dangkal dan sebagian tergenang antara 5 sampai 20 cm. Saluran air berupa parit-parit sudah dibuat, termasuk bangunan pintu air untuk mengatur ketinggian muka air. Namun sebagian parit-parit tersebut kondisinya tidak terawat dan ditumbuhi semak belukar, karena sebagian lahannya masih belum ditanami.

Secara makro, *landform* daerah penelitian merupakan bagian dari cekungan aluvial atau rawa lebak dari Sungai Martapura, dan bersambungan ke selatan dengan *landform* dataran tektonik yang terbentuk dari batuan sedimen (batupasir) dan ke utaranya bersambungan dengan rawa belakang (*backswamp*) dan tanggul (*levee*) dari Sungai Martapura. Cekungan aluvial ini terisi oleh endapan bahan organik membentuk tanah gambut dangkal sampai sedang yang berada diatas batuan sedimen batupasir.

Lokasi penelitian pada awalnya merupakan semak belukar rawa gambut, yang merupakan pembuangan drainase dari wilayah bagian selatan (bandara) yang agak tinggi.

Sekitar 15 tahun yang lalu mulai dibuka oleh penduduk setempat untuk ditanami tanaman padi sawah dan tanaman lainnya dengan sistem surjan. Namun produksi tanaman pangan yang diusahakan tampaknya kurang memuaskan atau tenaga kerja yang kurang. Saat ini lahan tersebut sudah dikapling penduduk setempat untuk pertanian padi sawah dan tanaman pangan lainnya. Sebagian lahan masih banyak yang ditumbuhi semak dan alang-alang.



Gambar 2. Lokasi demplot Tegal Arum (kiri) dan contoh tanah gambut diambil dengan bor gambut tipe Eijkelkamp (kanan).

Kadaan Tanah

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan didukung oleh data hasil analisis contoh tanah di laboratorium, tanah-tanah gambut di lokasi penelitian demplot Tegal Arum dapat diklasifikasikan menurut sistem *Keys to Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2010) kedalam dua subgrup yaitu dengan sifat-sifat sebagai berikut.

(a) Subgrup Typic Haplofibrists

Tanah mempunyai tingkat kematangan fibrik pada *subsurface tier* dan *bottom tier* dengan ketebalan bervariasi antara 0,5 sampai 3 m. Warna tanah hitam di lapisan atas dan coklat tua di lapisan bawah. Lapisan di bawah gambut (*substratum*) berupa tanah mineral bertekstur lempung berpasir sampai liat berpasir dan berwarna kelabu sampai kelabu kekuningan. Permukaan air tanah dangkal sampai tergenang. Tanah tergenang antar 5 sampai 10 cm, dan permukaan air tanah pada kedalaman 5 sampai 20 cm. Reaksi tanah sangat masam, daya hantar listrik rendah, kandungan C organik sangat tinggi, kandungan P_2O_5 total rendah, kandungan K_2O total umumnya rendah sampai sedang, dan P tersedia (Bray 1) sedang sampai tinggi. Kandungan basa-basa dapat ditukar (Ca, Mg, K dan Na) rendah, KTK-tanah sangat tinggi dan kejenuhan basa sangat rendah. Kadar Al ekstraksi KCl 1N umumnya tinggi. Kadar serat tidak digerus tinggi, sedangkan yang digerus

rendah. Kadar abu yang mencerminkan kandungan mineral umumnya sedang dan cenderung meningkat ke lapisan bawah mendekati tanah mineral.

(b) Subgrup Hemic Haplofibrists

Tanah mempunyai tingkat kematangan fibrik pada *subsurface tier* dan *bottom tier*. Pada kedalaman antara 30-130 cm (di bawah *surface tier*), dijumpai lapisan gambut hemik setebal ≥ 25 cm. Warna tanah hitam di lapisan atas, dan coklat sangat tua sampai coklat di lapisan bawah. Ketebalan gambut bervariasi antara 1,5 sampai 2,5 m dengan substratum tanah mineral bertekstur lempung liat berpasir sampai liat berpasir dan berwarna kelabu. Permukaan air tanah bervariasi antara 15-20 cm. Reaksi tanah sangat masam dan daya hantar listrik rendah. Kandungan C organik sangat tinggi, kandungan P_2O_5 dan K_2O total rendah, dan P-tersedia sedang. Kandungan basa-basa rendah, KTK-tanah tinggi dan kejenuhan basa sangat rendah. Kandungan Al ekstrak KCl 1N tinggi. Kadar serat tidak digerus tinggi, dan yang digerus rendah. Kadar abu tinggi di lapisan atas, kemudian menurun dan meningkat lagi ke lapisan bawah transisi dengan substratum tanah mineral.

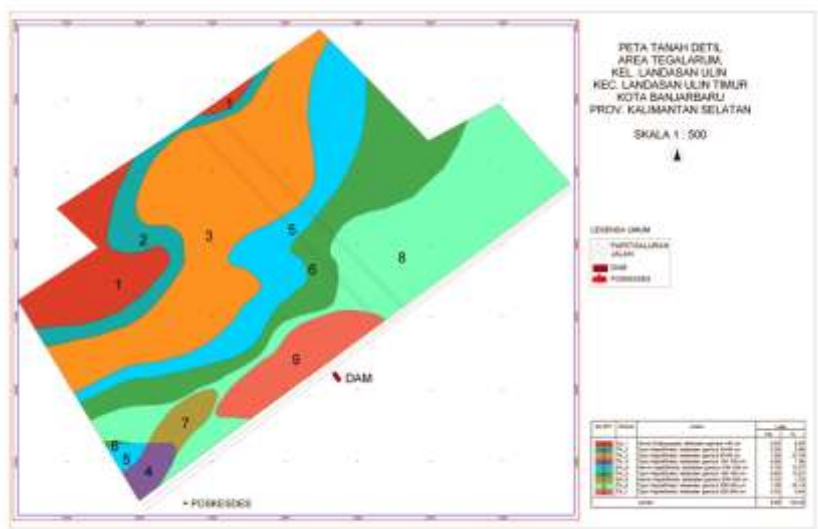
(c) Subgrup Humic Endoaquepts

Tanah mineral ini mempunyai lapisan bahan organik tipis setebal 10-30 cm dengan tingkat kematangan fibrik sampai hemik. Tanah berdrainase jelek dengan muka air tanah dangkal (5-15 cm). Warna tanah gambut coklat sangat tua, sedangkan warna tanah mineral di bawahnya kelabu pucat, tekstur lempung berpasir sampai liat berpasir, konsistensi lekat dan plastis, dan reaksi tanah masam.

Satuan Peta Tanah

Satuan peta tanah (SPT) menunjukkan kumpulan tanah dengan sifat-sifat sama atau hampir sama yang didelineasi dalam suatu peta tanah. Sifat-sifat tanah pada masing-masing SPT dijelaskan dalam legenda peta tanah yang bersangkutan. Dalam arti luas, legenda peta tanah berarti penjelasan terhadap masing-masing satuan peta, baik yang dicantumkan dalam peta tanah dalam bentuk tabel (legenda identifikasi) maupun dalam bentuk naskah dalam dokumen atau manuskrip laporan (legenda deskriptif).

Interpretasi dan analisis data spasial menghasilkan sembilan SPT. SPT ini terdiri atas subgroup tanah dan diberi keterangan fase ketebalan gambut, pH, KTK tanah, dan kejenuhan basa (Tabel 1).



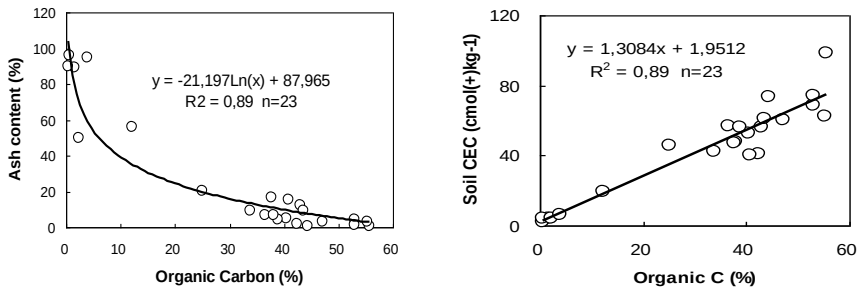
Gambar 4. Peta tanah detail lokasi demplot Tegal Arum, Kalimantan Selatan

Tabel 1. Satuan peta tanah di lokasi demplot Tegal Arum, Kalimantan Selatan

No. SPT	Subgrup	Ketebala n gambut cm	pH		KTK-tanah		Kej. Basa		Luas	
			atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	Ha	%
					--cmol(+)/kg--		--%--			
1	Hemic Endoaquepts	< 40	5,0	4,5	-	-	-	-	0,73	10,84
2	Typic Haplofibrists	40 - 50	3,5-4,0	3,5-4,0	24-40	24-40	<20	<20	0,35	5,27
3	Typic Haplofibrists	50 - 100	4,0-4,5	4,0-4,5	40-80	<24	<20	<20	1,60	23,74
4	Typic Haplofibrists	100 - 150	3,5-4,0	3,5-4,0	40-80	24-40	<20	<20	0,08	1,24
5	Hemic Haplofibrists	150 - 200	4,0-4,5	4,0-4,5	40-80	40-80	<20	<20	0,93	13,90
6	Typic Haplofibrists	150 - 200	3,5-4,0	3,5-4,0	40-80	24-40	<20	<20	0,10	1,43
7	Hemic Haplofibrists	200 - 250	3,5-4,0	4,0-4,5	40-80	40-80	20-35	<20	1,24	18,41
8	Typic Haplofibrists	200 - 250	4,5-5,0	4,0-4,5	40-80	40-80	20-35	<20	1,37	20,36
9	Typic Haplofibrists	250 - 300	4,5-5,0	4,0-4,5	40-80	40-80	20-35	<20	0,32	4,81
Jumlah									6,72	100,0

Catatan: lapisan atas 0-30 cm; lapisan bawah 30-160 cm.

Berdasarkan data hasil analisis kimia (Tabel 2) kadar C organik berkorelasi sangat nyata dengan kadar abu ($R^2=0,89$) dan kadar C organik berkorelasi sangat nyata dengan KTK tanah ($R^2=0,89$) seperti disajikan pada (Gambar 3).



Gambar 3. Hubungan antara C organik dengan kadar abu dan KTK-tanah

Tabel 3. Sifat-sifat fisik tanah gambut di lokasi Tegal Arum

Profil	Kedalaman	Volume	Berat gambut basah	Kadar air berdasarkan		Bulk density
				Berat kering	Berat basah	
	cm	cm ²	g	%	%	g cm ⁻³
HK6	0-10	90	401,6	79,73	393,43	0,20
	10-57	480	1232,6	91,73	1058,73	0,09
HK3	0-10	90	369,7	78,42	363,45	0,22
	10-75	660	1146,1	91,86	1128,33	0,08
SL12	0-5	50	278,9	79,04	377,21	0,21
	5-75	700	1321,0	92,05	1157,52	0,08
SL9	0-10	10	390,2	82,52	472,06	0,17
	10-60	500	1228,1	93,37	1409,33	0,07

Bulk density (BD) tanah gambut bervariasi antara 0,17 sampai 0,22 g cm⁻³ untuk kematangan hemik yang umumnya lapisan atas, dan antara 0,07 sampai 0,09 g cm⁻³ untuk kematangan fibrik yang umumnya lapisan bawah. Hal ini menunjukkan bahwa tanah gambut yang sudah melapuk (hemik) lebih padat/kompak dibandingkan dengan yang belum lapuk (fibrik). Driessen dan Dudal (1989) menyebutkan bahwa BD tanah gambut yang masih vegetasi hutan berkisar antara 0,10 sampai 0,20 g cm⁻³ dan yang sudah direklamasi mencapai 0,4 g cm⁻³. Hasil penelitian Driessen dan Rochimah (1976) menunjukkan bahwa BD tanah gambut pada hutan rawa di Kalimantan berkisar antara 0,14 sampai 0,23 g cm⁻³.

Kadar air tanah gambut di lokasi penelitian pada kondisi basah/lembab berkisar antara 393 sampai 1409%, sedangkan pada kondisi kering, kadar air menurun berkisar antara 78 sampai 93%. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanah gambut pada kondisi basah mampu menyerap air antara 4 sampai 14 kali lipat dari beratnya. Mutalib *et al* (1991) menyebutkan tanah gambut dapat menyerap air antara 100 sampai 1300% dari berat keringnya.

Berdasarkan hasil evaluasi lahan, tanah-tanah gambut di lokasi penelitian termasuk sesuai marginal (kelas S3) untuk pertanian, sehingga membutuhkan input relatif tinggi. Tanah umumnya bereaksi sangat masam dan miskin unsur hara dan kation basa-basa,

serta air tanah yang berfluktuasi. Akan tetapi jika dilihat dari kadar abunya, tanah di daerah ini lebih baik/tinggi dibandingkan dengan lokasi Jabiren, Kalimantan Tengah.

Pengelolaan lahan gambut untuk pertanian diarahkan pada tindakan pemupukan, pengapuran dan pemberian abu bakaran atau amelioran lainnya untuk perbaikan ketersediaan hara dan retensi hara. Pengelolaan air dilakukan melalui pembuatan saluran atau parit dengan pintu air untuk mengendalikan permukaan air, agar mampu membuang kelebihan air pada musim hujan dan mempertahankan kelembaban tanah pada musim kemarau.

Tabel 2. Data hasil analisis sifat kimia tanah gambut di lokasi demplot Tegal Arum

Profil Lap	Dalam	Tekstur ¹				pH		DHL	Bah organik			HCl 25%		Bray 1
		Pasir	Debu	Liat	Kelas	H ₂ O	KCl		C	N	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	cm	--- % ---						dS/m	% -			mg/100g		ppm
NP7	1 0-7	-	-	-		3.9	3.5	0.43	29.23	1.41	21	25	13	26.7
	2 7-35	-	-	-		4.1	3.5	0.09	37.35	0.84	44	10	7	20.7
	3 35-44	-	-	-		4.5	4.0	0.08	5.95	0.22	27	7	6	33.9
	4 44-100	73	14	13	SL	4.4	3.9	0.02	0.85	0.07	12	4	2	17.8
	5 100-125	td												
HK6	1 0-9	-	-	-		4.3	3.7	0.04	33.75	2.94	11	16	10	23.6
	2 9-57	-	-	-		3.9	3.3	0.26	38.93	1.34	29	5	5	15.3
	3 57-62	-	-	-		4.3	3.9	0.06	12.17	0.29	42	12	3	26.4
	4 62-130	66	14	20	SL	4.3	3.7	0.02	0.54	0.05	11	1	3	4.9
	5 130-150	53	13	34	SCL	4.7	3.9	0.01	0.47	0.04	12	7	2	4.0
HK3	1 0-9	-	-	-		4.0	3.4	0.10	42.92	1.69	25	26	8	24.4
	2 9-75	-	-	-		4.2	3.6	0.07	55.61	1.14	49	5	20	35.1
	3 75-80	-	-	-		4.0	3.6	0.11	52.97	0.85	62	6	9	14.0
	4 80-135	-	-	-		3.9	3.6	0.31	40.42	0.93	43	3	4	6.5
	5 135-143	-	-	-		4.1	3.7	0.08	36.62	1.28	29	5	5	13.0
	6 143-200	45	12	43	C	4.1	3.5	0.04	1.55	0.11	14	1	2	5.3
SL12	1 0-5	-	-	-		3.9	3.4	0.38	37.79	1.36	28	19	17	23.7
	2 5-75	-	-	-		4.0	3.2	0.07	53.01	0.95	56	9	11	20.6
	3 75-85	-	-	-		4.1	3.5	0.13	55.37	0.92	60	5	13	12.5
	4 85-170	-	-	-		4.2	3.5	0.08	42.34	0.94	45	4	13	11.5
	5 170-180	-	-	-		4.0	3.5	0.12	40.81	0.72	57	5	10	11.3
	6 180-200	60	13	27	SCL	4.2	3.5	0.03	3.83	0.31	12	4	3	13.6
SL9	1 0-10	-	-	-		4.7	4.0	0.11	43.57	1.47	30	528	7	856.3
	2 10-60	-	-	-		4.3	3.5	0.07	47.19	1.20	39	12	11	47.5
	3 60-75	-	-	-		4.0	3.4	0.04	38.02	1.06	36	9	9	16.0
	4 75-220	-	-	-		3.9	3.5	0.16	44.32	0.98	45	7	20	29.0
	5 220-230	-	-	-		4.1	3.7	0.16	25.05	0.51	49	7	11	10.7
	6 230-250	51	11	38	SC	4.4	3.6	0.02	2.27	0.21	11	4	4	6.0

¹ Keterangan: SL=lempung berpasir/sandy loam; SCL=lempung liat berpasir/sandy clay loam; SC=liat berpasir/sandy clay; C=liat/clay

Tabel 2 (lanjutan).

Profil	lap	Nilai Tukar Kation (NH ₄ -Acetat 1N,pH7)							KCl 1N		Kej Al	DTPA ¹				Total		Kadar Serat		Kadar Abu
		Ca	Mg	K	Na	Jml	CTK	KB	Al ³⁺	H ⁺		Fe	Mn	Cu	Zn	S	Fe	Tidak Dige rus	Dige rus	
		---- cmol(+) /kg ----						%	cmol(+) /kg			--- ppm ---				--- % ---		-- % --		%
NP7	1	1.08	0.61	0.19	1.98	3.86	41	9	6.26	0.97	62	1027.3	0.0	0.5	0.6	-	-	37.50	12.50	22.52
	2	1.67	0.81	0.14	1.03	3.65	40	9	5.68	1.30	61	1497.1	9.1	2.9	2.7	-	-	23.91	6.52	15.78
	3	0.43	0.29	0.06	0.44	1.22	9	13	2.04	0.28	63	457.6	2.1	3.6	0.5	-	-	31.91	12.77	71.74
	4	0.12	0.16	0.03	0.07	0.38	2	22	0.79	0.49	67	138.0	0.4	1.4	0.3	0.01	0.75	-	-	95.70
HK6	1	1.62	0.39	0.19	0.33	2.53	43	6	6.90	1.05	73	2014.2	1.5	0.7	1.5	-	-	34.21	5.26	9.07
	2	3.32	1.52	0.10	2.51	7.45	56	13	4.15	1.96	36	1585.6	18.8	0.3	4.0	-	-	33.33	7.14	4.07
	3	1.28	0.47	0.04	0.10	1.89	19	10	3.86	0.44	67	613.6	5.9	7.4	0.6	-	-	36.36	9.09	56.14
	4	0.24	0.13	0.05	0.09	0.51	2	26	1.00	0.59	66	242.1	0.4	1.1	0.1	0.01	0.27	-	-	96.13
HK3	5	0.37	0.18	0.03	0.07	0.65	4	16	1.05	0.85	62	498.1	0.1	2.0	0.2	0.01	4.02	-	-	89.78
	1	1.42	0.41	0.07	0.35	2.25	56	4	4.68	1.26	68	1156.9	0.3	0.4	1.3	-	-	24.39	2.44	12.48
	2	6.77	2.08	0.40	2.13	11.38	98	12	5.73	3.76	33	3144.4	23.0	1.2	5.4	-	-	56.67	6.67	0.55
	3	1.21	1.55	0.18	1.40	4.34	68	6	12.62	2.38	74	2498.8	4.1	2.3	1.6	-	-	28.57	2.38	4.33
SL12	4	0.81	0.89	0.08	1.74	3.52	53	7	6.08	3.13	63	2457.0	7.2	0.9	1.3	-	-	36.96	4.35	4.76
	5	1.70	0.57	0.10	0.45	2.82	57	5	5.29	3.70	65	3389.5	1.1	2.9	2.4	-	-	23.81	2.38	6.53
	6	0.49	0.24	0.03	0.14	0.90	4	23	1.66	1.53	65	671.9	0.5	3.3	0.5	0.03	0.60	-	-	89.35
	1	0.93	0.90	0.30	1.58	3.71	47	8	6.16	1.49	62	1153.5	0.2	0.2	0.5	-	-	23.68	7.89	16.85
SL9	2	3.64	2.57	0.22	0.80	7.23	74	10	5.40	3.88	43	1695.5	16.2	1.0	3.1	-	-	50.00	6.52	1.21
	3	1.31	1.46	0.26	1.23	4.26	63	7	8.89	2.39	68	1652.3	2.8	1.9	1.6	-	-	30.95	2.38	3.24
	4	1.26	0.88	0.25	0.39	2.78	41	7	6.20	2.63	69	1603.8	3.3	0.7	1.1	-	-	23.81	4.76	2.14
	5	0.81	1.11	0.19	1.06	3.17	40	8	5.24	1.73	62	1290.6	3.1	1.7	1.5	-	-	28.89	2.22	15.34
	6	0.70	0.48	0.05	0.32	1.55	6	25	2.24	2.94	59	841.4	0.3	3.4	0.3	0.01	0.36	-	-	94.53
	1	21.21	1.99	0.13	0.63	23.96	61	39	0.72	0.45	3	3047.4	57.6	35.1	76.4	-	-	31.11	2.22	9.06
	2	4.19	2.96	0.22	0.55	7.92	60	13	1.80	1.24	19	2065.5	33.3	1.5	8.2	-	-	30.77	7.69	3.31
	3	0.92	1.14	0.12	1.28	3.46	48	7	4.87	1.73	58	1630.7	12.7	0.9	1.2	-	-	18.75	3.13	6.59
	4	1.61	2.45	0.39	4.08	8.53	74	12	7.21	3.10	46	3407.2	8.3	0.8	2.3	-	-	36.59	4.88	0.76
	5	0.75	1.97	0.22	1.35	4.29	46	9	5.28	2.22	55	1875.9	0.1	4.1	0.2	-	-	16.67	2.38	20.34
	6	0.24	0.63	0.08	0.09	1.04	4	24	1.59	1.32	60	533.7	0.1	3.3	0.2	0.03	1.26	-	-	49.93

¹ Ket: DTPA=dietilene triamine penta acetic acid.

Pendugaan cadangan karbon

Cadangan karbon dari tanah gambut dapat diduga dengan cara menghitung ketebalan gambut, luasan, bobot isi dan kandungan C organik, dengan menggunakan formula: Cadangan C = L x D x BD x C, di mana Cadangan C dalam ton, L=luas tanah gambut (dalam m²), D=ketebalan gambut (dalam m), BD= bulk density (t m⁻³ setara g cm⁻³), dan C= kandungan C organik (dalam %). Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, dengan basis satuan peta tanah, jumlah cadangan karbon di lokasi demplot Tegal Arum sebesar 3.775 ton untuk seluas 6,72 ha, atau sekitar 562 t C ha⁻¹ (Tabel 4). Jumlah ini jauh lebih rendah dibandingkan dengan cadangan C di lokasi demplot Jabiren, Kalimantan Tengah.

Tabel 4. Cadangan karbon di lokasi demplot Tegal Arum

SPT	Subgrup tanah	Luas	C organik	BD	Cadangan karbon
		ha	%	g cm ⁻³	ton
1	Humic Endoaquepts	0,73	17,35-37,35	0,21-0,08	68,27
2	Typic Haplofibrists	0,35	29,23-37,35	0,22-0,08	49,86
3	Typic Haplofibrists	1,60	23,01-38,98	0,20-0,09	372,51
4	Typic Haplofibrists	0,08	36,73-45,75	0,22-0,08	61,11
5	Hemic Haplofibrists	0,93	43,33-48,04	0,22-0,08	618,65
6	Typic Haplofibrists	0,10	47,80-48,05	0,22-0,08	116,71
7	Hemic Haplofibrists	1,24	44,45-47,67	0,21-0,08	1022,34
8	Typic Haplofibrists	1,37	35,54-45,75	0,17-0,07	1145,25
9	Typic Haplofibrists	0,32	35,54-45,75	0,17-0,07	320,45
Jumlah					3775,20

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Tanah gambut di lokasi demplot Tegal Arum Kalimantan Selatan termasuk gambut oligotrofik sampai mesotrofik, dengan ketebalan 0,5 sampai 3 m. Tingkat dekomposisi termasuk hemik sampai fibrik dengan nilai berat isi gambut hemik 0,17-0,22 g cm⁻³ dan gambut fibrik antara 0,07-0,09 g cm⁻³. Reaksi tanah sangat masam, kandungan hara rendah, kadar abu yang mencerminkan kandungan mineral termasuk sedang sampai tinggi. Tanah diklasifikasikan kedalam subgrup Typic Haplofibrists dan Hemic Haplofibrists.
2. Tanah gambut termasuk sesuai marginal untuk tanaman padi tadah hujan, jagung, ubi jalar dan sayuran dengan faktor penghambat utama reaksi tanah sangat masam, kejenuhan basa sangat rendah, dan kematangan gambut fibrik di lapisan bawah. Aplikasi teknologi pemupukan dan pengapuran, serta pengelolaan air yang tepat diperlukan untuk memperbaiki dan meningkatkan produktivitas lahan tersebut.

3. Cadangan karbon pada saat ini di lokasi demplot seluas 6,72 ha diduga sebesar 3.775 ton C, atau rata-rata sekitar 562 t C ha⁻¹.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas terlaksananya penelitian ini, yang dibiayai oleh Indonesia Climate Change Trust Fund (ICCTF) Project Tahun Anggaran 2010. Proyek ini diorganisir oleh Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan (BBSDL), Bogor.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Penelitian Tanah. 2004. Petunjuk Teknis Pedoman Pengamatan Tanah. Puslitbang Tanah dan Agroklimat, Bogor. 117p.
- Boetler, D.H. 1969. Physical properties of peats as related to degree of decomposition. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33:606-609.
- Driessen, P.M., and Rochimah, L. 1976. The physical properties of lowland peats from Kalimantan. *Soil Res. Inst. Bull.* 3:56-73.
- Driessen, P., and M. Sudjadi. 1984. Soils and specific soil problem of tidal swamps. *Workshop on Research Prioritas in Tidal Swamp Rice.* p143-160. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Driessen, P.M., and Dudal, R (Eds). 1989. *Lecture note on the geography, formation, properties and use of the major soils of the world.* Agric. Univ. Wageningen, the Netherlands, and Katholieke Univ. Leuven, Belgium.
- FAO. 1990. Guidelines for soil profile description. FAO/UNESCO Rome, Italy.
- Hardjowigeno, S., Marsoedi Ds, dan Ismangun. 1996. Satuan peta tanah dan legenda peta. Laporan Teknis No.3 Versi 2. Proyek LREPP II. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Hardjowigeno, S. 1986. Sumber daya fisik wilayah dan tata guna lahan: Histosol. Fakultas Pertanian IPB. Hal 86-94.
- Mutalib, A.A., J.S. Lim, M.H. Wong, and L. Koonvai. 1991. Characterization, distribution, utilization of peat in Malaysia. *Proc. Int. Symp. on Tropical Peatland*, 6-10 May 1991. Kuching, Serawak, Malaysia.
- Oldeman, L.R., Irsal L., Muladi. 1980. An agroclimatic map of Kalimantan, scale 1:3,000,000. *Contr. Agric Res and Development.* Bogor.
- Polak, B. 1950. Occurrence and fertility of tropical peat soils in Indonesia. 4th Int. Congr. of Soil Sci. Vol 2, 183-185. Amsterdam, The Netherlands.
- Pusat Penelitian Tanah. 1982. Terms of Reference (TOR) Survei Kapabilitas Tanah. Proyek Penelitian Pertanian Menunjang Transmigrasi (P3MT), Bogor.

- Schmidt, F.H., and J.H.A Ferguson. 1951. Rainfall types based on wet and dry period ratios for Indonesia with Western New Guinea. Verh. No. 42. Djawatan Meteorologi dan Geofisik, Jakarta.
- Soil Survey Staff. 1999. Soil taxonomy: A basis system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Second edition. USDA NRCS Agr. Handbook 436. Wasington DC.
- Soil Survey Staff. 2010. Keys to soil taxonomy. 11st ed. NRCS-USDA, Washington DC. 333p.
- Soeprattohardjo, M. 1961. Klasifikasi tanah di Indonesia. Balai Penyelidikan Tanah Bogor.
- Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2005. Petunjuk teknis analisa kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk. Balai Penelitian Tanah, Bogor. 136p.
- Supriatna, S., dan Sutandi. 1994. Peta geologi Indonesia skala 1:1.000.000. Puslitbang Geologi, Bandung.
- Widjaja Adhi, IPG. 1986. Pengelolaan lahan rawa pasang surut dan lebak. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian

¹Anny Mulyani, ²Erni Susanti, ³Ai Dariah, ³Maswar, ¹Wahyunto, dan ³Fahmuddin Agus

¹Peneliti Badan litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114 (anny_mulyani@ymail.com)

²Peneliti Badan litbang Pertanian di Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Jl. Tentara Pelajar No. 1 Bogor 16111

³Peneliti Badan litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

Abstrak. Lahan gambut Indonesia diperkirakan seluas 14,9 juta ha, dominan menyebar di Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Sifat tanah gambut sangat bervariasi sehingga memerlukan basisdata untuk memudahkan pengelompokan dan pemodelan. Basisdata karakteristik lahan gambut telah disusun berdasarkan hasil penelitian kegiatan kerjasama lingkup Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDL), meliputi administrasi, letak geografis, penggunaan lahan, ketebalan dan kematangan gambut, jarak dari saluran, kedalaman muka air tanah, berat isi (BD), kandungan bahan organik, kadar abu, kerapatan karbon (*C density*) dan cadangan karbon di Sumatera (Nanggroe Aceh Darussalam, Jambi, Riau) dan Kalimantan (Kalimantan Tengah, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan). Data yang terkumpul berasal dari 281 titik pengamatan, 201 titik di Sumatera dan 80 titik di Kalimantan. Jumlah lapisan (jumlah contoh) adalah 2.230, terdiri atas 415 contoh saprik (18,6%), 1.025 hemik (46%), dan 790 fibrik (34,4%). Jumlah sampel kematangan hemik dan saprik dominan di Sumatera (71%) dibandingkan di Kalimantan (50%). Kandungan abu dan BD lapisan saprik di Sumatera lebih tinggi dibandingkan dengan di Kalimantan yang mencirikan bahwa gambut di Sumatera lebih banyak mendapatkan pengayaan bahan mineral dari daerah di sekitarnya. Kandungan karbon berkematangan saprik, hemik, dan fibrik berturut-turut $0,083 \pm 0,032$; $0,060 \pm 0,028$; dan $0,049 \pm 0,026 \text{ t m}^{-3}$, dengan BD berturut-turut $0,179 \pm 0,104$; $0,124 \pm 0,008$; $0,097 \pm 0,059 \text{ t m}^{-3}$. Variasi kedalaman gambut berkisar antara 50-1.100 cm, akibatnya cadangan karbon menunjukkan variasi sangat besar berkisar antara 162 t ha^{-1} sampai 6.390 t ha^{-1} . Variasi cadangan C yang tinggi bukan hanya terjadi antar lokasi yang berbeda, namun juga dalam satu lokasi yang sama (dalam satu hamparan). Penyebaran data di masing-masing provinsi masih belum merata dan sangat terbatas pada beberapa lokasi. Oleh karena itu, basisdata ini perlu dikembangkan sehingga mencakup areal yang lebih luas guna mendukung perencanaan pengelolaan, modeling, dan penelitian lanjutan.

Katakunci: Basisdata, gambut, simpanan karbon, berat isi, kerapatan karbon

Abstract. Peatland area of Indonesia is estimated around 14.9 million ha, distributed mainly in Sumatra, Kalimantan, and Papua islands. The characteristics of peat soil vary and thus database is needed to facilitate grouping and modeling. We initiated peat soil database from various research projects under the Indonesian Center for Agricultural Land Resources Research and Development including the data of administration, geographical position, land use, peat thickness and maturity, sampling position distance from the drainage canal, water table, bulk density (BD), organic matter content, ash

content, carbon density, and carbon stock for sampling points in Sumatra (Naggroe Aceh Darussalam, Jambi, and Riau) and Kalimantan (Central Kalimantan, West Kalimantan, and South Kalimantan). The database was generated from 281 observation points, 201 points from Sumatra and 80 points from Kalimantan. The total number of peat layer (samples) were 2,230 consisted of 415 (18.6%) sapric, 1,025 (46%) hemic, and 790 (34.4%) fibric maturities. The number of sapric and hemic samples was dominant (71%) in Sumatra, while in Kalimantan it was 50%. The ash content and bulk density of peat in Sumatra were higher than those in Kalimantan, indicating a higher mineral soil enrichment in Sumatra. Carbon contents of the sapric, hemic, and fibric peats were 0.083 ± 0.032 ; 0.060 ± 0.028 ; dan $0.049 \pm 0.026 \text{ t m}^{-3}$, while the BD were 0.179 ± 0.104 ; 0.124 ± 0.008 ; $0.097 \pm 0.059 \text{ t m}^{-3}$, respectively. Peat thickness varied from 50 to 1,100 cm, leading to a very wide range of carbon stock of 162 to 6,390 t ha^{-1} . The high variation of carbon stock was observed not only between sites, but also within the same site. The current data is not yet well distributed; it is limited to certain localities. There is a need to further develop this database to cover a wider area to support the management planning, modeling and further research.

Keywords: Database, peat, carbon stock, bulk density, carbon density

PENDAHULUAN

Indonesia dengan luas daratan sekitar 188,2 juta ha, terdiri dari lahan kering dan lahan rawa. Di antara lahan rawa yang luasnya sekitar 33 juta ha, sekitar 20,6 juta ha atau 10,8% dari luas daratan Indonesia merupakan lahan gambut. Sebagian besar lahan gambut terdapat di tiga pulau besar, yaitu Sumatera (35%), Kalimantan (32%), Papua (30%), Sulawesi (3%), dan sisanya (3%) tersebar pada areal yang sempit (Wibowo dan Suyatno, 1998; Wahyunto *et al.* 2005a dan 2005b). Berdasarkan hasil *updating* data/peta lahan gambut pada tahun 2011, luas lahan gambut Indonesia menurun menjadi 14,9 juta ha. Lahan gambut merupakan tanah organik yang mempunyai kandungan karbon tinggi dan salah satu sumberdaya alam yang mempunyai fungsi hidro-orologi, sehingga pemanfaatannya untuk lahan pertanian harus sesuai dengan peruntukannya.

Identifikasi dan karakterisasi lahan gambut sudah banyak dilakukan baik oleh Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP) maupun instansi lain terkait, seperti perguruan tinggi (IPB, UGM, Unibraw, Unpad) dan swasta. BBSDLP sejak tahun 1969 (saat itu bernama Lembaga Penelitian Tanah-LPT) telah melakukan identifikasi dan karakterisasi lahan gambut di sekitar Delta Sungai Kapuas, Kalimantan Barat. Kegiatan serupa juga merupakan bagian dari pemetaan tanah pada Proyek Persawahan Pasang Surut (P4S) yang dilakukan pada tahun 1969 sampai tahun 1984. Pemetaan lainnya dalam rangka pembukaan lahan untuk daerah transmigrasi melalui Proyek Penelitian Pertanian Menunjang Transmigrasi (P3MT) pada tahun 1979-1984, telah dilakukan pemetaan yang lebih detil pada skala 1:25.000-1:50.000 pada kawasan yang tidak begitu luas. Pemetaan gambut yang cukup luas dilakukan di Propinsi Kalimantan Tengah, yaitu pada Proyek Pengembangan Lahan Gambut yang dilaksanakan

pada beberapa tingkatan skala pemetaan, yaitu semi detail (1:50.000), tinjau mendalam (1:100.000) sampai tinjau (1:250.000). Pada tahun 2002, pemetaan lahan gambut dilakukan dalam skala tinjau (1:250.000) berdasarkan hasil analisis citra satelit dan validasi lapangan secara terbatas pada tempat-tempat perwakilan.

Dalam hubungannya dengan isu global tentang perubahan iklim, gambut dijadikan salah satu sumber emisi terbesar di Indonesia akibat deforestasi dan perubahan penggunaan lahan, karena lahan gambut mempunyai simpanan karbon yang sangat besar dibandingkan dengan lahan mineral. Oleh karena itu, dalam 5 tahun terakhir, penelitian dan identifikasi lahan gambut yang lebih detail telah dilakukan dengan berbagai sumber dana dan kerjasama penelitian. Metodologi pengukuran dan alat yang digunakan yang berupa bor gambut saat ini lebih akurat dibandingkan dengan metode yang lama, sehingga dapat mengamati sifat gambut setiap lapisan dan mengambil sampelnya sampai kedalaman 10 m.

Makalah ini disusun untuk memberikan informasi dan gambaran umum data dan karakteristik lahan gambut dari berbagai lokasi penelitian dalam bentuk basisdata sederhana, yang diharapkan dapat mempermudah pengguna dalam menghitung simpanan karbon dan tujuan lainnya yang terkait.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penyusunan basisdata karakteristik gambut ini adalah hasil penelitian kerjasama lingkup Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, melalui kegiatan Konsorsium Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim (Agus *et al.* 2011) yang terdiri:

1. Peta Potensi Lahan di Kabupaten Aceh Barat, NAD (Wahyunto *et al.* 2008; Ritung *et al.* 2007)
2. *Assessment of Carbon Stock and Emission from Peatland* di Krueng Tripa, Pesisir Selatan, Sumatera Barat dan Kabupaten Nunukan Kalimantan Timur (Agus dan Wahdini, 2008).
3. Penggunaan lahan gambut: *Trade off* antara Emisi CO₂ dan Keuntungan Ekonomi di Provinsi Kalteng (BBSDLP-Kementerian Ristek dan Teknologi, 2010).
4. Pemanfaatan Lahan Gambut di Kabupaten Pontianak dan Kubu Raya, Kalimantan Barat. (Wahyunto *et al.* 2010; Agus *et al.* 2012)
5. Karakteristik lahan gambut di empat lokasi ICCTF Jambi, Riau, Kalsel, dan Kalteng (BBSDLP, 2010)
6. Hasil penelitian ReGrIn di Aceh (Maswar, 2011; Siti, 2009)
7. Hasil penelitian REDD ALERT di Jambi.
8. Hasil penelitian kerjasama ALLREDDI di Jambi (Agus *et al.* 2011; Agus *et al.* 2012)

Metode

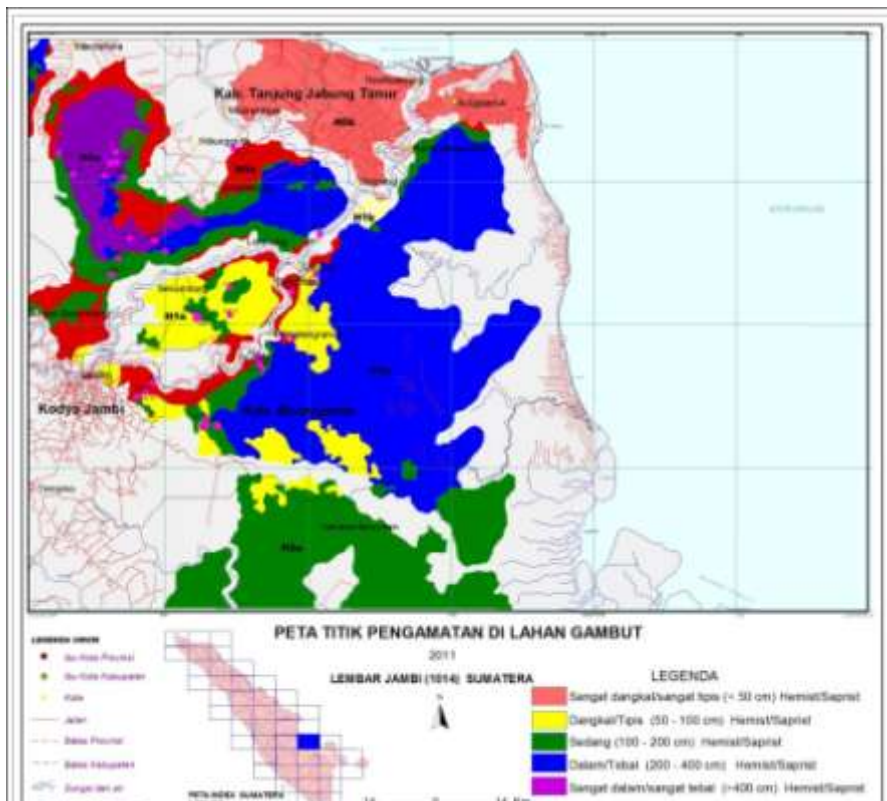
Kegiatan karakteristik dan identifikasi lahan gambut telah dilaksanakan sejak tahun 1969 sampai sekarang. Pengambilan dan penetapan titik pengamatan sangat ditentukan oleh tujuan dari masing-masing proyek, sebagian besar berdasarkan tipe penggunaan lahan dan sebaran dan tingkat kematangan gambut di masing-masing provinsi

Untuk penyusunan basisdata ini telah dipilih data yang mempunyai metode, pengukuran kedalaman gambut, pengambilan sampel dan metode analisis kandungan karbon yang sama, sehingga data yang digunakan adalah data-data terbaru mulai tahun 2005. Pengukuran kedalaman gambut dan pengambilan sampel menggunakan bor gambut (Eijkelkamp *peat auger*) sedangkan analisis kandungan karbon dengan menggunakan metode pengabuan (*loss on ignition*-LOI). Sifat dan karakteristik lahan gambut pada masing-masing lapisan disusun dalam bentuk basisdata sederhana (excel) yang terdiri dari sumber data, tahun, batas administrasi (pulau, provinsi, kabupaten, dan kecamatan), letak geografis (koordinat), penggunaan lahan, kematangan gambut, kedalaman gambut, ketebalan gambut, jarak dari saluran, kedalaman muka air tanah, BD, kandungan bahan organik, kadar abu, kerapatan karbon (*C density*) dan simpanan karbon masing-masing lapisan dan total simpanan karbon masing-masing profil. Untuk melihat sebaran titik pengamatan di masing-masing lokasi telah dibuat beberapa peta titik pengamatan lahan gambut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi dan Cakupan Data Lahan Gambut

Hasil kompilasi data dari berbagai sumber data menunjukkan bahwa kondisi dan cakupan data sangat bervariasi di masing-masing provinsi. Sebagian lokasi datanya tersedia relatif lengkap, baik simpanan dan emisi karbon, maupun tingkat kesuburan tanahnya. Data lainnya mencakup simpanan dan emisi karbon (Tabel 1), namun pada umumnya data yang tersedia hanya menampilkan data simpanan karbon. Dari Tabel 1 terlihat bahwa data untuk sebaran gambut di Sumatera lebih banyak (235 titik pengamatan) dibanding di Kalimantan (80 titik pengamatan). Data yang dominan adalah berupa data simpanan karbon, sedangkan data emisi karbon dan tingkat kesuburan tanah masih sangat terbatas. Pengukuran kandungan karbon umumnya dilakukan dengan metode pengabuan (*LOI-loss on ignition*), namun di beberapa lokasi (NAD-ICRAF, 33 titik pengamatan) metode pengukuran karbon menggunakan metode Walkey and Black, sehingga dalam perhitungan simpanan karbon data tersebut tidak digunakan. Contoh peta penyebaran titik pengamatan lahan gambut di Provinsi Jambi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta titik pengamatan di lahan gambut Provinsi Jambi

Dari kegiatan ICCTF (BBSDLP, 2010) dapat dihimpun basisdata karakteristik dan sifat gambut termasuk simpanan karbon cukup banyak yaitu 119 titik pengamatan untuk 4 provinsi (Riau, Jambi, Kalsel, dan Kalteng). Titik pengamatan yang cukup banyak lagi yaitu dari kegiatan ReGrIn sebanyak 62 titik pengamatan di Provinsi NAD, kegiatan ALLREDDI terkumpul sebanyak 54 titik pengamatan di Provinsi Jambi, sisanya dari berbagai sumber hasil dari kegiatan kerjasama penelitian Balittanah dan BBSDLP.

Tabel 1. Potensi ketersediaan data lahan gambut di beberapa provinsi

Sumber Data/ Kegiatan	Provinsi	Penggunaan lahan	Titik Penga- matan	Jenis Data		
				Simpanan Karbon	Emisi CO ₂	Kesuburan
Ristek 2009	Kalbar	Nenas	8	Ada	Ada	Ada
		Semak Belukar	3	Ada	Ada	Ada
		Hutan Sekunder	3	Ada	Ada	Ada
Ristek 2010	Kalteng	Sayuran	1	Tidak Ada	Ada	Ada
		Jagung	1	Tidak Ada	Ada	Ada
		Semak	1	Tidak Ada	Ada	Ada
ICCTF	Kalsel	Padi	36	Ada	Ada	Ada
		Rumput	2	Ada	Ada	Ada
		Jagung	1	Ada	Ada	Ada
	Kalteng	Karet	24	Ada	Ada	Ada
	Jambi	Sawit	38	Ada	Ada	Ada
	Riau	Sawit	17	Ada	Ada	Ada
		Semak belukar	1	Ada	Ada	Ada
ICRAF*)	NAD	Hutan skunder	8	Ada (Walkey&B)	Tidak Ada	Tidak ada
		Semak belukar	4	Ada (Walkey&B)	Tidak Ada	Tidak ada
		Sawit	5	Ada (Walkey&B)	Tidak Ada	Tidak ada
		Karet	12	Ada (Walkey&B)	Tidak Ada	Tidak ada
		Sawah bera	3	Ada (Walkey&B)	Tidak Ada	Tidak ada
		Jagung	1	Ada (Walkey&B)	Tidak Ada	Tidak ada
		Sawit	5	Ada	Ada	Tidak ada
REDDALERT ALLREDDI	Jambi	Hutan lindung	4	Ada	Tidak Ada	Ada
	Jambi	Hutan skunder	8	Ada	Tidak Ada	Ada
		Semak belukar	3	Ada	Tidak Ada	Ada
		Sawit	23	Ada	Tidak Ada	Ada
		Akasia	10	Ada	Tidak Ada	Ada
		Karet	3	Ada	Tidak Ada	Ada
		Jagung/padi/nenas	3	Ada	Tidak Ada	Ada
ReGrIn	NAD	Hutan	16	Ada	Ada	Ada
		Sawit	19	Ada	Ada	Ada
		Karet	15	Ada	Ada	Ada
		Semak belukar	12	Ada	Ada	Ada
REALU	Kalteng	Karet 4 thn	25	Tidak Ada	Ada	Ada
Jumlah			315			

*) Data tidak digunakan dalam analisis

Bahasan terhadap jenis data lebih difokuskan terhadap kematangan dan kedalaman gambut, kandungan C-organik, kadar abu, *bulk density* (BD), simpanan karbon. Sementara itu, data lokasi titik pengamatan terhadap jarak dari saluran dan muka air tanah tidak banyak dibahas karena datanya tidak tersedia untuk seluruh lokasi.

Dari Gambar 1 terlihat bahwa sebaran titik pengamatan berada di 3 kabupaten yaitu Muaro Jambi, Tanjung Jabung Timur, dan Tanjung Jabung Barat. Hanya saja sebaran titik tersebut kebanyakan mengikuti jalur aliran sungai dan jalan yang tersedia, sedangkan ke arah kubah gambut tidak tersedia data karena sulitnya aksesibilitas untuk

dapat menembus bagian kubah (*dome*). Lahan gambut yang umumnya sudah dibuka dan dimanfaatkan untuk pertanian adalah yang dekat sungai atau jalan untuk mempermudah pengangkutan hasil produksinya.

Basisdata Karakteristik dan Sifat Lahan Gambut

Basisdata karakteristik dan sifat lahan gambut dari Sumatera dan Kalimantan yang terhimpun di dalam makalah ini berasal dari 281 titik pengamatan atau 2.230 lapisan gambut yang terdiri dari 415 lapisan saprik (18,6%), 1025 lapisan hemik (46%), dan 790 lapisan fibrik (34,4%). Tabel 2 menunjukkan bahwa kedalaman gambut sangat bervariasi baik pada lokasi yang sama ataupun antar lokasi (provinsi). Makin banyak titik pengamatan dan luasnya hamparan lahan gambut semakin besar pula variasi kedalaman gambut, hal ini terjadi di Provinsi Jambi dimana kisaran kedalaman tanah paling lebar dari sangat dangkal sampai sangat dalam >10 m, dengan jumlah titik pengamatan terbanyak 100 titik yang menyebar di 3 kabupaten dan dari berbagai *dome*. Demikian juga di Provinsi NAD dengan jumlah titik pengamatan 68 titik, kisarannya dari 98-900 cm. Sedangkan data di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan berasal dari satu hamparan atau satu *dome*, sehingga variasinya tidak terlalu lebar (standar deviasi lebih kecil dibanding di Sumatera), terlihat dari rata-rata kedalaman gambut di Kalimantan Barat (472 ± 136 cm), Kalimantan Tengah (585 ± 78 cm), dan Kalimantan Selatan (186 ± 81 cm). Gambut di Provinsi Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah umumnya termasuk gambut dalam >3 m.

Tabel 2. Variasi kedalaman gambut di 6 Provinsi NAD, Jambi, Riau, Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Barat

Lokasi Provinsi (Kabupaten)	n	Kedalaman Gambut (cm)	
		Kisaran	Rataan $\pm$ St.dev
Kalbar (Kubu Raya)	13	295-700	472 ± 136
Kalteng (Pulang Pisau)	28	370- 700	585 ± 78
Kalsel (Banjar Baru)	37	50 - 338	186 ± 81
Jambi (Tanjung Jabung Barat, Tanjung Jabung Timur, Muaro Jambi)	100	50 - 1050	297 ± 191
Riau (Bengkalis, Pelalawan)	35	54-697	374 ± 231
NAD (Nagan Raya, Aceh Barat)	68	98 - 900	358 ± 257

Tabel 3 menyajikan data sifat gambut yang terdiri dari kandungan C-organik, BD, kandungan abu, dan kandungan C berbasis volume ($C_v = C\text{-density}$). C_v dihitung dengan mengalikan antara BD dengan kandungan C-organik (%). Data sifat gambut tersebut merupakan rata-rata gabungan antara lokasi yang ada di Sumatera dan Kalimantan.

Hasilnya menunjukkan bahwa semakin matang gambut (berkematangan saprik) semakin tinggi berat isi, kandungan abu, dan kandungan karbonnya dibandingkan dengan kematangan hemik dan fibrik. Untuk gambut dengan kematangan saprik, kandungan karbon berbasis volume (C_v) sekitar $0,083 \pm 0,032$, sedangkan gambut berkematangan hemik dan fibrik berturut-turut mempunyai kandungan karbon $0,060 \pm 0,028$ dan $0,049 \pm 0,026$ ton m^{-3} .

Tabel 3. Rata-rata dan standar deviasi sifat gambut di Sumatera dan Kalimantan

Sifat gambut	Saprik (n = 415)			Hemik (n = 1025)			Fibrik (n = 790)		
C-organik (%)	49	±	9	52	±	8	53	±	7
Bulk Density ($t\ m^{-3}$)	0,179	±	0,104	0,124	±	0,008	0,097	±	0,059
Kandungan abu (%)	12	±	15	10	±	13	7	±	11
C_v ($t\ m^{-3}$)	0,083	±	0,032	0,060	±	0,028	0,049	±	0,026

Catatan: C_v = kandungan karbon berbasis volume

Apabila data dipisah untuk masing-masing provinsi menunjukkan bahwa untuk gambut dengan kematangan gambut saprik lebih tinggi dibanding hemik dan fibrik. Untuk kematangan gambut saprik, BD tertinggi ditemukan untuk Provinsi Jambi ($0,183\ t\ m^{-3}$), Kalteng dan Riau ($0,174\ t\ m^{-3}$). Untuk kematangan gambut hemik terbesar ditemukan di Provinsi Kalteng dan Jambi. Sedangkan untuk fibrik tertinggi ditemukan di Provinsi Jambi dan Kalteng (Tabel 4). Demikian juga untuk kandungan karbon berbasis volume (C_v) untuk kematangan gambut saprik lebih tinggi dibanding hemik dan fibrik. Namun, untuk masing-masing kematangan gambut, meskipun BD tinggi di satu lokasi belum tentu kandungan karbonnya per satuan volume tinggi pula. Sebagai contoh, untuk saprik BD tertinggi terdapat di Jambi tetapi kandungan karbonnya (C_v) tertinggi terdapat di Kalteng. Hal ini terjadi karena kandungan C-organik di Kalteng lebih tinggi (57,07%) dibanding di Jambi (48,99%).

Apabila dihitung secara proporsional terhadap jumlah titik pengamatan, kematangan hemik dan saprik lebih dominan di Sumatera (71%) dibandingkan di Kalimantan (50%). Kandungan C-organik sangat bervariasi di masing-masing kematangan gambut baik di Sumatera maupun Kalimantan. Kandungan abu (Tabel 5) dan BD (Tabel 4) lapisan saprik di Sumatera lebih tinggi dibandingkan dengan di Kalimantan. Kecuali untuk gambut di Kalimantan Tengah, kadar abu pada lapisan atas (saprik) rendah, kemudian pada lapisan bawah (hemik/fibrik) kandungan abunya lebih tinggi. Hal ini mencirikan bahwa gambut di Sumatera lebih banyak mendapatkan pengayaan bahan mineral dari daerah vulkan di sekitarnya sehingga kemungkinan tingkat kesuburan gambut di Sumatera akan lebih baik dibandingkan di Kalimantan. Hanya saja, basisdata ini belum mencakup data tingkat kesuburan tanahnya sehingga belum bisa membandingkan. Sebagai gambaran, hasil analisis kimia tanah gambut di Jambi pada kedalaman 0-20 cm, 20-50 cm, dan 50-100 cm pada berbagai penggunaan lahan menunjukkan bahwa pada lapisan atas

kandungan P sangat tinggi pada akasia, kelapa sawit, dan karet, sedangkan kandungan N tinggi pada kelapa sawit (Gambar 2). Tingginya kandungan P dan N di lapisan atas kemungkinan juga karena perlakuan pemupukan (Agus *et al.* 2011).

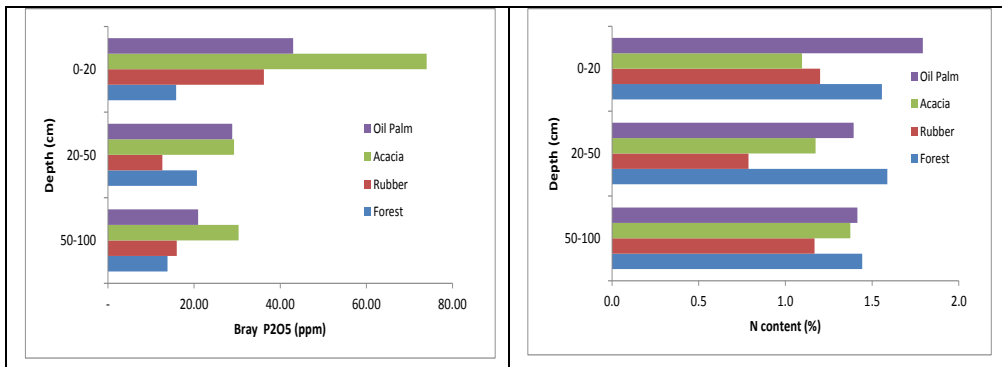
Tabel 4. Rata-rata dan standar deviasi sifat gambut di masing-masing provinsi

Lokasi	Saprik			Hemik			Fibrik		
	BD(t m ³)	C _v (t m ³)	n	BD(t m ³)	C _v (t m ³)	n	BD(t m ³)	C _v (t m ³)	n
Kalbar	0,150 ±0,054	0,075±0,025	22	0,104 ±0,019	0,057±0,009	25	0,076±0,020	0,043±0,011	80
Kalteng	0,174 ±0,030	0,094±0,018	41	0,165 ±0,036	0,072±0,014	143	0,119±0,030	0,056±0,010	133
Kalsel	0,164 ±0,138	0,076±0,068	24	0,127 ±0,093	0,058±0,048	57	0,083±0,082	0,038±0,034	103
Jambi	0,183±0,109	0,083±0,031	269	0,163 ±0,090	0,077±0,032	271	0,129±0,053	0,065±0,024	221
Riau	0,174 ±0,052	0,086±0,024	48	0,120 ±0,045	0,064±0,019	159	0,090 ±0,033	0,048±0,016	100
NAD	td.	td	td	0,078 ±0,037	0,043±0,020	364	0,054±0,035	0,031±0,019	152

n = jumlah sampel, td = tidak ada data

Tabel 5. Rata-rata sifat gambut kandungan C-organik dan kadar abu di 6 provinsi

Saprik	Saprik		Hemik		Fibrik		Rata-rata	
	C-org (%)	Kadar abu (%)	C-org (%)	Kadar abu (%)	C-org (%)	Kadar abu (%)	C-org (%)	Kadar abu (%)
Kalbar	51,89	10,74	55,58	4,41	57,11	1,77	55,91	3,84
Kalsel	46,62	0,68	47,37	2,97	49,60	0,37	48,52	1,22
Kalteng	54,07	4,98	45,15	21,28	48,78	15,85	47,83	16,89
Jambi	48,99	13,12	50,23	13,41	51,47	11,27	50,15	12,69
NAD	td	td	56,22	4,78	57,31	3,16	56,54	4,30
Riau	50,14	14,56	54,49	5,09	54,65	3,01	53,86	5,67



Gambar 2. Kandungan P dan N di lahan gambut Jambi pada kedalaman 0-100 cm

Variasi Simpanan Karbon Lahan Gambut

Simpanan karbon di lahan gambut pada setiap lapisan per hektarnya dapat dihitung dengan menggunakan basisdata yang telah disusun, yaitu dengan mengalikan kolom ketebalan gambut dengan kolom *C-density* dikalikan 10.000 (untuk memperoleh satuan per ha). Makin tebal gambut dan makin tinggi kandungan karbonnya (C_v) maka semakin tinggi simpanan karbonnya. Berdasarkan hasil pengamatan di 281 titik pengamatan, variasi simpanan karbon dalam tanah gambut berkisar antara 162 t ha^{-1} (di Kabupaten Banjarbaru, Kalimantan Selatan) sampai dengan 6.390 t ha^{-1} (di Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah).

Variasi simpanan C yang tinggi bukan hanya terjadi antar lokasi yang berbeda, namun juga dalam satu lokasi yang sama (dalam satu hamparan). Sebagai contoh, variasi simpanan karbon di Kalimantan Selatan, tepatnya pada hamparan gambut di Landasan Ulin Timur berkisar antara $162\text{-}3.275 \text{ t ha}^{-1}$ (Tabel 6). Rata-rata simpanan karbon tertinggi terdapat di Desa Jabireun Raya (Kalimantan Tengah) yaitu sebesar 3.881 t ha^{-1} , dengan rata-rata kedalaman gambut 585 cm. Selain faktor kedalaman gambutnya yang relatif lebih tinggi, rata-rata C_v pada gambut di Kalimantan Tengah juga tertinggi dibanding lokasi lainnya, terutama pada tingkat kematangan saprik (Tabel 4). Sedangkan rata-rata simpanan karbon terendah terdapat di Desa Syamsudin Noor Kalimantan Selatan yaitu sebesar 734 t ha^{-1} , dengan rata-rata ketebalan gambut 186 cm dan rata-rata C_v gambut di lokasi ini juga relatif rendah (Tabel 4).

Tabel 6. Variasi simpanan karbon di beberapa areal gambut di NAD, Jambi, Riau, Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Barat.

Lokasi Provinsi (Kabupaten)	n	Kedalaman Gambut (cm)		Simpanan Karbon (t ha^{-1})	
		Kisaran	rata2 $\pm$ St.dev	Kisaran	rata2 $\pm$ St.dev
Kalbar (Kubu Raya)	13	295 -700	472 ± 136	1.803 - 3.037	2.403 ± 406
Kalteng (Pulang Pisau)	28	370 - 700	585 ± 78	1.262 - 6.390	3.881 ± 757
Kalsel (Banjar Baru)	37	50 - 338	186 ± 81	162 - 3.275	734 ± 502
Jambi (Tajung Jabung Barat, Tanjung Jabung Timur, Muaro Jambi)	100	50 - 1050	297 ± 191	329 - 6.720	2.062 ± 1.367
Riau (Bengkalis, Pelalawan)	35	54-697	3.744 ± 231	372 - 4.219	2.172 ± 1.288
NAD (Nagan Raya, Aceh Barat)	68	98 - 900	358 ± 257	329 - 3.457	1.388 ± 866

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Berdasarkan basisdata karaktersitik dan sifat gambut yang disusun menunjukkan bahwa terdapat variasi yang sangat lebar antara kematangan dan kedalaman gambut,

kandungan bahan organik, BD, kadar abu, dan simpanan karbonnya. Semakin dalam gambut dan semakin besar kandungan karbonnya berbasis volume maka simpanan karbon semakin besar.

2. Basisdata yang telah disusun baru berasal dari hasil kegiatan kerjasama lingkup BBSDLP yang mencakup 6 provinsi, sehingga masih miskin data dan sebarannya belum mewakili untuk seluruh Indonesia. Oleh karena itu, basisdata ini masih perlu terus dikembangkan dengan menghimpun data dari instansi terkait terutama yang mempunyai metode pengukuran yang sama.
3. Kondisi dan sebaran data yang ada saat ini di masing-masing provinsi baru mencakup data dalam satu hamparan gambut (lokasi ICCTF dan Ristek), kecuali yang di Provinsi Jambi sebaran datanya sudah cukup banyak dari berbagai kubah gambut yang terdapat di 3 kabupaten. Itupun sebarannya masih mengikuti jalur sungai atau jalan karena kesulitan aksesibilitas untuk dapat menjangkaunya.
4. Basisdata yang telah disempurnakan akan sangat bermanfaat untuk mempermudah pengguna dalam melihat karakteristik dan sifat gambut, sebaran titik pengamatan, dan sebaran gambut di masing-masing provinsi, serta dapat digunakan untuk menghitung simpanan karbon baik pada tingkat provinsi maupun nasional dengan cepat dan mudah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. and W. Wahdini. 2008. Assessment of Carbon Stock of Peatland at Tripa, Nagan Raya District, Nanggroe Aceh Darussalam Province of Indonesia. Indonesian Center for Agricultural Land Resources Research and Development and World Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor, Indonesia.
- Agus, F., A. Mulyani, E. Susanti, A. Dariah, Wahyunto, dan Maswar. 2011. Variasi Simpanan Karbon di Lahan Gambut. Laporan Akhir Konsorsium Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim pada Sektor Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.
- Agus, F., A. Mulyani, Wahyunto, Maswar, and E. Susanti. 2011. Accountability and Local Level Initiative to Reduce Emission from Deforestation and Degradation in Indonesia (ALLREDDI): Gap Filling and Capacity Building of Peat Soil Characteristics. Collaboration between Indonesian Center for Agricultural Land Resources Research And Development (ICALRD) and World Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor.
- Agus, F., Wahyunto, A. Dariah, E. Runtunuwu, E. Susanti, and W. Supriatna. 2012. Emission Reduction Options for Peatland in Kubu Raya and Pontianak Districts, West Kalimantan, Indonesia. *Journal of Oil Palm Research*, Vol. 24 (August 2012) p. 1378-1387

- Agus, F., A. Mulyani, A. Dariah, Wahyunto, Maswar, and Erni Susanti. 2012. Peat maturity and thickness for carbon stock estimation. Proceedings, 14th International Peat Congress, 3-8 June 2012, Stockholm, Swedia.
- BBSDLP. 2010. Penggunaan Lahan Gambut: *Trade offs* antara Emisi CO₂ dan Keuntungan Ekonomi. Laporan Akhir. Deputi Bidang Pendayagunaan Iptek, Kemenristek dan Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.
- Maswar. 2011. Kajian cadangan karbon pada lahan gambut tropika yang didrainase untuk tanaman tahunan. Disertasi. Program Studi Ilmu Tanah, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Ritung, S., Wahyunto, F. Agus, and H. Hidayat. 2007. Guidelines Land Suitability Evaluation with a case map of Aceh Barat District. BBSDLP and World Agroforestry Centre, Bogor.
- Wahyunto, S. Ritung, Suparto, dan H. Subagjo. 2005a. Sebaran Gambut dan Kandungan Karbon di Sumatra dan Kalimantan. Wetland International Indonesia Programme. Bogor.
- Wahyunto, Suparto dan B. Heryanto. 2005b. Sebaran Gambut di Papua. Wetland International Indonesia Programme. Bogor.
- Wahyunto, S. Ritung, F. Agus, and Wahyu Wahdini. 2008. Agricultural crop options for Aceh Barat District, Nanggroe Aceh Darussalam Province. Indonesian Soil Research Institute and World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Wahyunto, W. Supriatna, and F. Agus. 2010. Land use change and recommendation for sustainable development of peatland for agriculture: Case study at Kubu Raya and Pontianak Districts, West Kalimantan. Indonesian J. of Agricultural Science, 11(1): 32-40.
- Wibowo, P. and N. Suyatno. 1998. An Overview of Indonesia Wetland Sites-II (an Update Information): Included in the Indonesia Wetland Database. Wetlands International-Indonesia Programme dan Dirjen PHPA. Bogor.
- Siti, F.B. 2009. Pendugaan cadangan karbon dan emisi gas rumah kaca pada tanah gambut di hutan dan semak belukar yang telah didrainase. Tesis S2. Program Studi Ilmu Tanah, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Muhammad Noor

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa Jl. Kebun Karet
Loktabat Banjarbaru, Kalimantan Selatan

Abstrak. Lahan gambut yang maha luas sekitar 17-20 juta hektar ini oleh sebagian pihak dipandang sebagai sumber daya alam yang sangat potensial untuk dimanfaatkan dan dikembangkan sebagaimana sumber daya lahan lainnya, tetapi oleh sebagian pihak lain dipandang penting untuk dipertahankan kondisi alamiahnya karena fungsinya sebagai penyangga lingkungan. Lahan gambut menjadi isu hangat dalam sepuluh tahun terakhir ini seiring dengan isu perubahan iklim berkenaan dengan pemanfaatan lahan gambut yang semakin luas untuk pengembangan perkebunan kelapa sawit. Pemanfaatan lahan gambut sendiri untuk pertanian sudah sejak lama dilakukan oleh masyarakat lokal. Pilihan untuk memanfaatkan lahan gambut tersebut dikarenakan terbatasnya sumber daya lahan yang dimiliki, sementara akses ke sumber daya lahan lainnya hampir tidak memungkinkan. Dari generasi ke generasi, pengalaman dan pengetahuan dalam pemanfaatan lahan gambut baik kegagalan maupun keberhasilan diwariskan secara turun temurun melalui tradisi lisan dari mulut ke mulut sehingga menjadi pembelajaran dan merupakan sumber pengetahuan empirik dalam perencanaan pengelolaan lahan gambut ke depan. Tulisan ini merupakan rangkuman serangkaian hasil penelitian tentang pengetahuan atau kearifan lokal dalam hubungannya dengan pemanfaatan dan pengelolaan lahan gambut di beberapa daerah antara lain Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah; Kalimantan Barat, Riau, dan Sulawesi Barat antara tahun 1999 sampai 2008.

PENDAHULUAN

Lahan gambut dikenal sebagai lahan marjinal atau suboptimal (piasan) yang mempunyai sifat-sifat fisik, kimia dan biologi, termasuk lingkungan sekitarnya kurang baik untuk dikembangkan, khususnya untuk pertanian. Namun, dengan perbaikan dan perlakuan khusus, lahan gambut dapat menjadi lahan produktif yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai pengembangan komoditas seperti padi, sayur-mayur, tanam tahunan, ikan, ternak dan lainnya.

Lahan gambut yang sangat luas sekitar 17-20 juta hektar ini, oleh sebagian pihak dipandang sebagai sumber daya alam yang sangat potensial untuk dimanfaatkan dan dikembangkan sebagaimana sumberdaya lahan lainnya, tetapi oleh sebagian pihak lain dipandang penting untuk tetap dipertahankan kondisi alaminya karena fungsinya sebagai penyangga lingkungan sekitarnya yang apabila dibuka akan menimbulkan masalah lingkungan yang sangat merugikan, antara lain meningkatnya emisi gas rumah kaca, hilangnya sumberdaya air, dan meluasnya degradasi lahan.

Ekosistem lahan gambut dikenal unik dan multitalenta mempunyai keragaman hayati (*biodiversity*) sangat tinggi, sebagai tempat produksi dan pengembangan hayati, memiliki fungsi hidrologi alami, dan sebagai pengendali iklim global dan setempat.

Pemanfaatan lahan gambut sendiri untuk pertanian sudah sejak lama oleh masyarakat lokal setempat secara terbatas untuk menopang kehidupan mereka. Pilihan untuk memanfaatkan lahan gambut tersebut karena keterbatasan sumber daya lahan yang dimiliki, sementara akses ke sumber daya lahan lainnya hamper tidak memungkinkan. Dari generasi ke generasi, pengalaman dan pengetahuan dalam pemanfaatan lahan gambut baik kegagalan maupun keberhasilan diwariskan secara turun temurun melalui tradisi lisan dari mulut ke mulut sehingga menjadi pembelajaran dan merupakan sumber pengetahuan empirik dalam perencanaan pengelolaan lahan gambut ke depan.

Semakin luasnya pemanfaatan lahan gambut juga tidak lepas dari kebijakan pemerintah tentang perluasan areal pertanian pada tahun-tahun 1969-1991 dan 1995-1999 yang pertama dikenal dengan Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S) dan Proyek Pengembangan Lahan Gambut (PLG) Sejuta Hektar di Kalimantan Tengah yang dilatarbelakangi oleh kondisi pangan yang sangat merisaukan dengan impor beras yang cukup besar mencapai lebih 2 juta ton per tahun. Pada awalnya pemerintah merencanakan pembukaan lahan rawa di Sumatera dan Kalimantan seluas 5,25 juta hektar selama kurun waktu 15 tahun (1968-1984) untuk persawahan pasang surut (Dir Pertanian Rakyat, 1968). Namun sampai tahun 1991 luas lahan rawa yang berhasil dibuka oleh pemerintah hanya mencapai 1.242.500 hektar dan oleh masyarakat setempat secara swadaya mencapai 2.537.500 hektar. Sampai tahun 1995, luas lahan rawa yang telah dibuka atau direklamasi baru sekitar 4,19 juta hektar, di antaranya 1,53 juta hektar dibuka oleh pemerintah dan 3,0 juta hektar oleh masyarakat setempat secara swadaya. Dari keseluruhan luas lahan yang dibuka oleh pemerintah dimanfaatkan antara lain untuk sawah 688,74 ribu hektar, tegalan 231,04 ribu hektar, 261,09 ribu hektar untuk lain-lain, termasuk tambak. Sementara lahan rawa yang dibuka masyarakat setempat umumnya untuk pengembangan tanaman padi atau sawah (Balittra, 2001). Apabila lahan Proyek PLG Sejuta Hektar di Kalteng dimasukkan sebagai lahan yang telah dibuka, maka luas lahan rawa yang telah dibuka mencapai sekitar 5 juta hektar. Namun sayang, sumbangan lahan rawa terhadap peningkatan produksi pertanian, khususnya pangan masih rendah.

Diperkirakan pasokan pangan dari lahan rawa berkisar antara 600-800 ribu ton gabah, pada hal apabila dioptimalkan dari lahan yang telah dibuka di atas dapat menyumbangkan tambahan produksi beras setara 3-5 juta ton gabah per tahun.

Lahan gambut menjadi isu hangat dalam sepuluh tahun terakhir ini seiring dengan isu perubahan iklim berkenaan dengan pemanfaatan lahan gambut yang semakin luas untuk pengembangan perkebunan kelapa sawit. Diperkirakan 20% dari luas tanaman perkebunan kelapa sawit di Indonesia dan Malaysia berada di lahan gambut. Apabila luas

lahan kelapa sawit di Indonesia sekarang mencapai 7,2 juta ha (tahun 2009), maka luas lahan gambut yang dikembangkan untuk perkebunan sawit mencapai 1,5 juta hektar. Perkebunan kelapa sawit di lahan gambut dituduh sebagai penyebab meningkatnya emisi GRK yang akan memicu perubahan iklim. Indonesia telah menyepakati penurunan emisi GRKnya sebesar 9,5-13% dari lahan gambut pada tahun 2020 sebagai bentuk apresiasi terhadap perubahan iklim yang dilanjutkan dengan terbitnya Inpres No 10/2011 tentang moratorium (penghentian sementara) pembukaan hutan dan lahan gambut merupakan implementasi dari kesepakatan di atas yang sebetulnya masih menjadi perdebatan dalam masyarakat.

Tulisan ini merupakan rangkuman serangkaian hasil penelitian tentang pengetahuan atau kearifan lokal dalam hubungannya dengan pemanfaatan dan pengelolaan lahan gambut di beberapa daerah antara lain Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah (1999, 2004); Kalimantan Barat (2006), Riau (2007), dan Sulawesi Barat (2008).

KEARIFAN LOKAL DALAM PEMANFAATAN LAHAN

Kearifan lokal dalam pemanfaatan lahan gambut dapat ditunjukkan pada (1) sistem mata pencaharian, (2) sistem pemilihan tempat usaha bertani, dan (3) pola usaha tani dan komoditas pilihan yang dipengaruhi oleh persepsi individual atau kelompok dalam menyikapi kondisi lahan dan lingkungannya.

Sistem Mata Pencaharian

Mata pencaharian sebagai petani lebih banyak merupakan warisan dari generasi ke generasi. Petani di lahan gambut atau rawa umumnya mempunyai mata pencaharian rangkap artinya sebagai petani dapat sekaligus sebagai pencari ikan, peternak itik atau kerbau rawa, atau buruh tani. Pilihan mata pencaharian tersebut disesuaikan dengan kondisi alam setempat sehingga kadang-kadang sebagai individu dapat sebagai petani yang mengusahakan lahannya pada saat musim kemarau, tetapi pada waktu dan kesempatan lain dapat sebagai pencari ikan atau peternak itik pada saat kondisi lahannya tergenang, dan juga adakalanya merantau sebagai pedagang pada saat paceklik atau banjir.

Berbeda dengan petani Jawa (transmigran) yang sangat intensif dalam mengusahakan sawahnya. Hampir semua waktunya dicurahkan untuk usaha tani di sawahnya. Petani lokal lahan gambut menanam banyak macam tanaman dari tanaman semusim (pangan) sampai tanaman tahunan. Sistem mata pencaharian ini disebut juga sebagai pertanian campuran. Pilihan-pilihan pekerjaan usaha yang beragam dan luwes tersebut merupakan upaya penyesuaian terhadap alam dengan cara menghindar (*escape mechanism*) sebagai kebalikan dari upaya menantang terhadap kondisi alam yang tidak menentu dan sulit dihadapi serta ketidak berdayaan dalam menantang alam. Sistem mata

pencaharian yang multi usaha di atas juga dimasukkan untuk mempertahankan keberlanjutan dalam pemenuhan kebutuhan di daerah yang kondisinya tidak menentu dan menghindari risiko kegagalan secara total.

Sistem Pemilihan Tempat

Kondisi lahan rawa atau gambut sangat beragam dipengaruhi oleh hidrotopografi (luapan A, B, C, dan D), ketinggian genangan (lebak dangkal, tengahan dan dalam), tipologi lahan (gambut dangkal, sedang, dalam atau sangat dalam), tutupan lahan (hutan kayu primer, hutan sekunder, semak atau padang rumput). Sebaran penguasaan lahan menunjukkan bahwa masyarakat setempat lokal sebagian besar menempati lahan yang berada pada tipe luapan A untuk daerah pasang surut dan lebak dangkal sampai tengahan untuk daerah lebak, dan tipologi lahan gambut sebagian besar di gambut dangkal dan tengahan, tetapi pada beberapa daerah yang mempunyai lahan gambut sangat luas (seperti di Kalimantan Tengah, Kalimantan Barat, dan Sulawesi Barat) masyarakat juga memanfaatkan lahan gambut tebal untuk usaha taninya. Pada umumnya daerah luapan A dan B dimanfaatkan untuk tanaman pangan (padi) dan apabila menjorok masuk ke daerah luapan C digunakan untuk tanaman tahunan/perkebunan.

Dalam pemilihan lahan atau tanah, petani setempat di Kalimantan melakukan pengenalan berdasarkan kedalaman lumpur dan bau tanah. Kedalaman lumpur menunjukkan jeluk mempan (kedalaman efektif) yang apabila terdapat sampai sebatas siku maka dikatakan layak ditanami. Bau tanah yang dikenal dengan bau harum yang merupakan lawan dari bau busuk yang menunjukkan tingginya kadar pirit (H_2S) dikatakan cocok untuk ditanami. Selain itu petani juga menilai vegetasi yang berkembang di permukaan lahan sebagai indikator baik tidaknya daerah tersebut dimanfaatkan atau ditanami. Beberapa jenis gulma atau tanaman pohon dapat dijadikan indikator adalah purun tikus (*Eleocharis dulcis*) yang menunjukkan kondisi sangat masam dan kondisi tumpat air (*waterlogging*); pohon galam (*Meleleuca leucadendron*) yang menunjukkan kondisi masam $pH < 3$, drainase berlebih, dan tanah matang; karamunting (*Melastoma malabatricum*) dan bunga merah jambu (*Rhododendron singapura*) menunjukkan tanah yang miskin. Selain vegetasi, keadaan air juga dapat menjadi indikator oleh petani yaitu apabila tampak bening dan terang menunjukkan sangat masam ($pH > 4$) yang menunjukkan daerah lahan sulfat masam, sebaliknya apabila keruh dan berwarna coklat menunjukkan kemasaman yang kurang dan merupakan daerah potensial. Warna coklat tua seperti air teh menunjukkan daerah sekitarnya kawasan gambut tebal. Menurut Maas (2003) adanya keruh menunjukkan kandungan asam-asam humat dan fulvat yang tinggi.

Pola Usahatani dan Pilihan Komoditas

Lahan gambut mempunyai sifat rapuh (*fragile*), yaitu dapat berubah sewaktu-waktu baik akibat alam seperti kekeringan, kebakaran, banjir ataupun akibat pengelolaan seperti reklamasi, drainase, pengolahan tanah, dan atau pertanian intensif. Usaha tani di lahan gambut bersifat polyculture dan multiculture yang hakikatnya merupakan upaya untuk menghindari kegagalan total dari usaha taninya. Namun para petani lahan gambut dalam memilih komoditas yang dikembangkan sangat beragam karena dibatasi pemahaman dan pengalaman.

Masing-masing suku (etnis) yang tinggal dan hidup di lahan gambut mempunyai persepsi dan cara-cara yang berbeda dalam memaknai gambut sebagai sumber daya lahan pertanian, termasuk para pendatang dari etnis Jawa, Madura, Nusa Tenggara, Bali dan lainnya yang mempunyai kebiasaan usaha tani di lahan kering memandang lahan gambut berbeda-beda.

Petani suku Banjar, misalnya memandang lahan gambut cocok untuk ditanami padi sawah, tetapi petani suku Jawa yang umumnya sebagai pendatang memandang lahan gambut cocok untuk palawija dan sayur-sayuran. Lain dengan suku Bugis yang menunjukkan bahwa lahan gambut lebih tepat ditanami padi sawah, nenas dan kelapa seperti di Riau dan Kalimantan Timur, tetapi suku Dayak di Kalimantan Tengah berpendapat bahwa lahan gambut lebih cocok ditanami padi ladang, karet, rotan, jelutong, nibung atau sagu dan buah-buahan seperti durian atau cempedak. Lain lagi, dengan suku Bali yang bermukim di Kalimantan memandang lahan gambut cocok untuk buah-buahan seperti nenas, cempedak berbeda, tetapi suku Bali di Sulawesi Barat mereka memandang lahan gambut cocok untuk tanaman jeruk dan cokelat. Orang-orang Cina di Kalimantan Barat memandang lahan gambut lebih tepat untuk ditanami sayuran daun seperti sawi, ku cai (sejenis bawang daun), seledri, dan lidah buaya. Sementara suku Melayu di Riau memandang lahan gambut cocok ditanami nenas, kelapa, karet atau kelapa sawit.

Pemilihan komoditas dalam pengembangan di lahan gambut ini sudah sejak ratusan tahun silam dilakukan petani tradisional. Hal ini dapat dilihat dari keberhasilan petani-petani pionir dalam pengembangan kelapa, karet, kelapa sawit, lada, nenas, tebu, rambutan, cokelat, dan padi umumnya. Tanamantanaman ini dikenal sebagai tanaman yang tahan atau toleran dengan kondisi rawa seperti genangan, kemasaman, salinitas, keracunan besi dan lain sebagainya.

Uraian di atas menunjukkan bahwa pemanfaatan lahan gambut sangat tergantung pada kemampuan dan pengalaman petani setempat yang tampaknya dipengaruhi oleh tingkat pengetahuan dan kegigihan dalam pencapaian keberhasilan dalam usaha taninya.



Gambar 1. Padi di lahan gambut (Lamunti, Kalteng) dan karet (Dadahup, Kalteng)



Gambar 2. Sayur kuchai di lahan gambut (Pontinak) dan kelapa sawit (Sintang, Kalbar)



Gambar 3. Nenas di lahan gambut (Riau) dan jeruk (Mamuju, Sulbar)

KEARIFAN LOKAL DALAM PENGELOLAN LAHAN DAN AIR

Pengelolaan lahan dan air di lahan gambut dalam perspektif kearifan local dapat ditunjukkan pada (1) sistem penyiapan lahan dan pengolahan tanah, (2) penataan lahan, (3) pengelolaan kesuburan tanah, dan (4) sistem pengelolaan air yang dipengaruhi oleh komoditas tanaman yang dikembangkan dan persepsi individual atau kelompok dalam menyikapi kondisi lahan dan lingkungannya.

Sistem Penyiapan Lahan dan Pengolahan Tanah

Penyiapan lahan oleh petani di lahan gambut dalam budiaya padi secara tradisional di Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah menggunakan tajak sejenis parang panjang. Tajak selain sebagai alat penebas rumput juga pemapas dan pembalik tanah permukaan sedalam 2-5 cm sehingga juga berfungsi sebagai alat olah tanah terbatas (minimum tillage). Pekerjaan penebasan rumput atau jerami ini disebut menajak (dari kata tajak) Gulma atau jerami yang telah ditebas kemudian dikumpulkan dibentuk seperti bola dibiarkan terendam yang disebut memuntal (dari kata puntal). Setelah gulma dan jerami yang berbentuk bola tampak matang lantas dicacah atau dicincang (dipotong-potong kecil-kecil) lantas disebar di permukaan lahan. Pekerjaan ini disebut menghambur (dari kata hambur). Sistem penyiapan lahan ini dikenal dengan sistem "tajak-puntal-hambur".

Menurut Djajakirana *et al.*, (1999) penyiapan lahan dengan pengembalian gulma dan jerami (puntal) ini dapat menurunkan kemasaman tanah dari pH 3,0 menjadi pH 6,0. Cara tajak puntal hambur ini juga ternyata berhasil menaikkan pH tanah dari pH 3,0 sebelum penyiapan lahan menjadi pH 5,8 sesudah penyiapan lahan.

Pemapasan tanah dalam sistem penyiapan lahan tradisional ini secara tidak langsung dapat mencegah terjadinya produksi asam-asam terutama pirit (Mulyanto *et al.*, 1999).

Sistem tajak puntal hambur ini dalam praktek sekarang dibantu dengan herbisida kemudian setelah gulma-gulma kering ditebas dan dibersihkan. Petani padi dari etnis Bugis di Riau melakukan hal serupa dengan bantuan herbisida.

Gulma dan jerami padi dibiarkan membusuk di lahan kemudian langsung ditanami tanpa pembersihan dan pengolahan tanah lagi. Petani padi dari Jawa dan Madura (Transmigran di Kalimantan) sering dalam penyiapan lahan menggunakan cangkul dan rotari sebagaimana umumnya dilakukan di Pulau Jawa. Sistem penyiapan lahan dengan cangkul dan rotari ini, termasuk intensifnya penggunaan tanah dapat mempercepat hilangnya lapisan gambut seperti yang terjadi di Desa Suryakanta (Sakalagun), Barito Kuala, Kalsel yang awalnya mempunyai lapisan gambut 50-300 cm setelah ditanami padi sejak tahun 1990an sekarang lapisan gambutnya tinggal 10-20 cm saja lagi.

Seiring dengan introduksi varietas-varietas unggul (tanaman pangan), penyiapan lahan dipandang lebih menguntungkan dengan menggunakan herbisida.

Penyiapan lahan dengan herbisida menghemat tenaga antara 5-10 HOK per hektar. Penyiapan lahan secara konvensional dengan tangan memerlukan tenaga antara 20-25 HOK per hektar. Herbisida yang umum digunakan dalam penyiapan lahan antara lain paraquat sebanyak 4 liter ha^{-1} atau diuron 4 liter. ha^{-1} atau campuran antara paraquat/diuron sebanyak 3 liter. ha^{-1} ditambahkan 2,4 D panadin 1 liter. ha^{-1} (Simatupang dan Ar-Riza, 1991; Widjaja Adhi dan Alihamsyah, 1998). Namun demikian, penggunaan herbisida banyak dikhawatirkan akan berdampak terhadap lingkungan hidup dan kesehatan konsumen. Tuntutan pertanian bersih atau pertanian organik tanpa atau sedikit pestisida semakin meningkat. Pangsa pasar atas hasil-hasil pertanian bersih ini di negara-negara maju semakin luas dan kritik atas penggunaan pestisida berlebihan semakin gencar. Pencekalan dan boikot terhadap impor hasil pertanian dari negara-negara yang tinggi konsumsi pestisidanya sering dilakukan oleh negara-negara maju seperti Amerika dan Eropa karena kekhawatiran akan munculnya pengaruh terhadap kesehatan. Lebih jauh, sistem pertanian revolusi hijau banyak mengambil atau mengangkut sisa panen (apalagi bila panen dengan sistem tebasan) untuk dibuang keluar daripada dikembalikan ke dalam tanah.



Gambar 4. Tajak dan cangkul alat olah tanah minimum dalam budidaya padi

Sistem Penataan Lahan

Penataan lahan dimaksudkan apabila petani berkeinginan melakukan penganekaragaman tanaman (diversifikasi) seperti kelapa, karet, jeruk, rambutan atau tanaman tahunan lainnya. Penganekaragaman tanaman ini adakalanya dilakukan karena hasil padinya mulai menurun atau karena pemilikan lahan yang semakin luas dengan

alasan untuk menabung (misalnya untuk ongkos naik haji) maka sebagian lahan digunakan untuk tanaman tahunan.

Penataan lahan dilakukan dengan membuat tukungan (awalnya disebut tongkongan) yaitu meninggikan sebagian tanah dengan ukuran . Bibit tanaman tahunan ditanam di atas tukungan. Tinggi tukungan biasanya dibuat 5-10 cm lebih tinggi dari tinggi maksimal muka air sehingga tanaman tidak terendam atau kebasahan. Sistem tukungan banyak sekarang diterapkan pada tanaman perkebunan seperti kelapa sawit yang disebut dengan tapak timbun.

Cara-cara budidaya seperti sistem tukungan untuk budidaya tanaman perkebunan dan pengelolaan lahan oleh petani lokal tradisional ini kemudian diikuti oleh migran pendatang yang menempati kawasan rawa (Collier, 1982; Sarwani, *et al.* 1994).



Gambar 5. Sistem tukungan di lahan gambut untuk jeruk dan kelapa sawit (Kalsel)

Sistem Pengelolaan Kesuburan Tanah

Kesuburan lahan gambut terletak pada hasil biomasa yang dihasilkannya bukan yang terkandung dalam tanahnya. Menurut Jaya *et al.*, (2004) hasil biomasa yang berada di atas tanah hutan rawa gambut berkisar antara 73-82% dari total biomassa. Biomassa dari tanaman pohon mencapai 350 sampai 905 t.ha⁻¹.

Pertumbuhan gulma sendiri di lahan rawa sangat cepat dapat menghasilkan antara 2-3 ton bahan kering per musim per hektar. Hasil analisis jaringan terhadap berbagai gulma yang dikomposkan menunjukkan pada purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dan bura-bura (*Panicum repens*), kerisan (*Rhynchospora corymbosa*) terkandung rata-rata 31,74% organik karbon, 1,96 % N; 0,68 % P dan 0,64 % K (Balittra, 2001). Dengan demikian maka kesuburan tanah rawa tergantung pada masukan dalam rangka mempertahankan tahana (status) bahan organik tanahnya.

Oleh karena itu, kunci keberhasilan pemanfaatan lahan rawa juga sangat terkait dengan pengelolaan bahan organik. Hal ini boleh jadi sudah disadari oleh para petani lokal

yang memanfaatkan gulma, rumput, dan sisa panen berupa jerami untuk dikembalikan ke dalam tanah dalam penyiapan lahan. Dalam upaya mempertahankan kesuburan lahannya petani lokal jarang menggunakan pupuk (Noor, 1996) dan hanya adakalanya menggunakan garam (NaCl). Petani tradisional di lahan pasang surut Kalimantan Selatan memberikan garam antara 100-800 kg ha⁻¹ di lahan sawahnya. Pemberian 75 kg NaCl (garam ikan) per hektar dapat meningkatkan hasil padi sebesar lebih 50% (Driessen – Discussion dalam Rorison, 1973). Jumlah garam yang diberikan tergantung tingkat kesuburannya dan diberikan apabila mulai terjadi penurunan hasil. Petani di Delta Mekong, Vietnam kadang-kadang menggenangi sawahnya dengan air laut sebelum musim hujan datang juga dimaksudkan untuk perbaikan kesuburan tanahnya. Hal ini juga dilakukan oleh petani lahan pasang surut tipe A, UPT Tabunganen, Kalsel yang memasukkan air laut (air payau) ke sawah-sawahnya saat musim kemarau dan kemudian dibilas saat memasuki musim hujan.

Petani etnis Jawa di Kalimantan Barat memanfaatkan berbagai limbah seperti tepung kulit udang, tepung ikan kering, gulma dan gambut kering setempat dan kotoran ayam dijadikan abu yang kemudian digunakan sebagai pupuk cukup baik bagi sayuran seperti seldri, tomat, cabai dan kuchai tanpa menggunakan pupuk anorganik yang umum digunakan petani. Kandungan hara abu yang diperkaya ini cukup baik kandungan haranya dibandingkan dengan pupuk kandang konvensional (Tabel 1 dan Gambar 6).



Gambar 6. Tempat pembakaran untuk membuat abu, Kalbar

Tabel 1. Kandungan hara, basa-basa, dan pH dari abu yang diperkaya, tepung kepala/kulit udang, dan tepung ikan dari Kalimantan Barat, 2006.

Sifat kimia dan hara	Tepung kepala/kulit udang	Tepung ikan	Abu gambut dan serasah
pH	7,73	7,53	6,33
Nitrogen (%)	3,08	2,35	1,22
Fostat (%)	0,75	0,57	1,20
Kalium (%)	0,82	0,82	0,02
Kalsium (%)	2,41	0,73	0,16
Magnesium (%)	0,17	0,13	0,01

Sumber : Noorginayuwati et al. (2007)

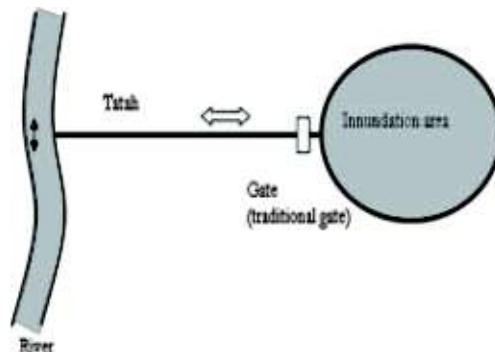
Sistem Pengelolaan Air

Lahan gambut pasang surut dipengaruhi oleh pasang surutnya air akibat gerakan benda-benda langit. Pasang tunggal atau purnama terjadi pada hari ke-1 (bulan mati) dan ke -15 (bulan purnama) dalam almanak Qomariah. Selanjutnya, secara berkala selama lebih kurang 15 hari mengalami pasang ganda atau perbani dengan ketinggian pasang bergoncah (*fluctuation*) menurut peredaran matahari dan bulan. Pada beberapa daerah terkadang terjadi pasang yang meluap dan pada beberapa daerah cekungan terjadi genangan ladung (*stagnant*) yang dikategorikan sebagai rawa lebak apabila tinggi genangan > 50 cm dan lama genangan > 3 bulan. Pada lahan-lahan yang mendekati sungai (tipe A dan B) luapan pasang masih dapat dirasakan, tetapi pada lahan yang menjorok ke pedalaman >10 km (tipe C dan D) jangkauan pasang tidak lagi dirasakan dan jeluk (*depth*) muka air tanah > 50 cm dari permukaan tanah. Selama musim hujan muka air tanah hamper tidak berbeda secara murad (*significantly*), khususnya antara hutan reboisasi maupun hutan alam, tetapi pada musim kemarau muka air turun lebih dalam pada hutan reboisasi (Jaya *et al.*, (2004).

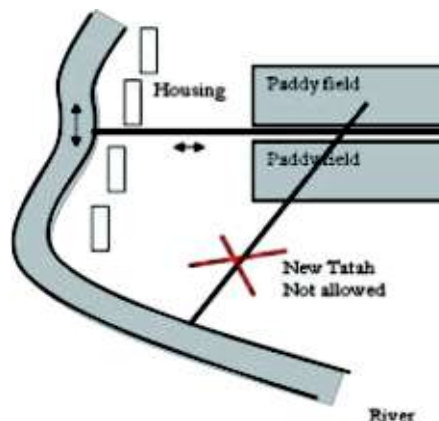
Berkenaan dengan sifat dan watak tanah, apabila di lapisan bawah terdapat senyawa pirit, maka upaya untuk mempertahankan muka air pada batas di atas lapisan pirit merupakan kunci keberhasilan karena pirit yang apabila teroksidasi karena misalnya kekeringan atau pengatusan yang berlebih (*over drainage*) maka pirit bersifat labil dan akan membebaskan sejumlah ion hydrogen dan sulfat. Pada kondisi ini tanah menjadi sangat masam (pH 2-3) dan kelarutan Al, Mn, dan Fe meningkat.

Para pioner dalam membuka lahan rawa yang dipimpin oleh seorang tokoh yang disebut dengan kepala Handil pertama kali biasanya dikerjakan adalah menggali saluran yang disebut handil atau tatah (handil dari kata anndeel = bahasa Belanda, yang artinya gotong royong, bekerjasama). Handil dibuat menjorok masuk dari pinggir sungai sejauh 2-3 km dengan kedalaman 0,5-1,0 m, dan lebar 2-3 m (Idak, 1982). Dengan memanfaatkan tenaga (pukulan) pasang, air sungai masuk ke dalam saluran handil yang

selanjutnya dijadikan sebagai saluran pengairan dan sebaliknya tatkala surut, air keluar dan air lindian dari sawah ditampung pada saluran handil selanjutnya bersamaan terjadi surut mengalir memasuki sungai. Handil atau tatah yang dibuat etnis atau suku Dayak, Banjar, dan Bugis saling berbeda (Darmanto, 2010).



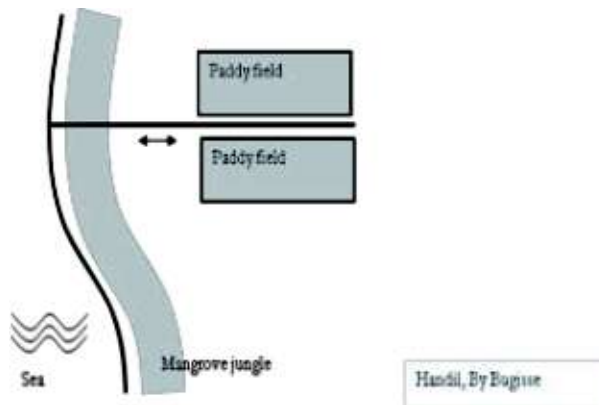
Gambat 7. Sketsa handil menurut versi etnis Dayak



Gambat 8. Sketsa handil menurut versi etnis Banjar

Pada saat budidaya berlangsung seperti pengolahan tanah atau tanam, air dalam saluran handil biasanya ditahan dengan membuat tabat (*dam overflow*).

Upaya ini mempunyai tujuan teknis yaitu agar lahan mudah diolah dan tanam tidak mengalami kesukaran, tetapi juga mempunyai tujuan saintifik yaitu memberikan peluang untuk memudahkan perombakan bahan organik dan mencegah terjadinya pengelantangan (ekpose) tanah sehingga terhindar terjadinya oksidasi tanah lapisan atas (pirit) yang dapat berakibat meningkatkan kemasaman dan kejenuhan aluminium.



Gambat 9. Sketsa handil menurut versi etnis Bugis

Pada saat budidaya berlangsung seperti pengolahan tanah atau tanam, air dalam saluran handil biasanya ditahan dengan membuat tabat (*dam overflow*).

Upaya ini mempunyai tujuan teknis yaitu agar lahan mudah diolah dan tanam tidak mengalami kesukaran, tetapi juga mempunyai tujuan saintifik yaitu memberikan peluang untuk memudahkan perombakan bahan organik dan mencegah terjadinya pengelantangan (*ekpose*) tanah sehingga terhindar terjadinya oksidasi tanah lapisan atas (pirit) yang dapat berakibat meningkatnya kemasaman dan kejenuhan aluminium.



Gambar 10. Pintu tabat dalam pengelolaan air di lahan gambut (Lamunti, Kalteng)

KEARIFAN LOKAL DALAM TEKNOLOGI BUDIDAYA PERTANIAN

Kawasan rawa menyimpan banyak sumber keanekaragaman hayati dan plasma nutfah. Komoditas yang disenangi dan banyak ditanam adalah padi. Padi kebanyakan dibudidayakan secara turun-temurun. Para petani tradisional setempat umumnya membudidayakan varietas-varietas lokal yang berumur panjang (6-11 bulan). Jenis varietas lokal ini berjumlah ratusan jenis, antara lain dikenal sebagai padi Bayar, Pandak, dan Siam. Varietas-varietas padi lokal ini bersifat peka fotoperiod. Sistem budidaya tanaman padi lokal ini dikenal dengan tanam pindah yang bertahap yaitu persemaian 1 disebut taradak, persemaian ke 2 disebut ampak, dan persemaian ke 3 disebut lacak.



Gambar 11. Persemaian ampak dan lacak dalam budidaya padi lokal fotoperiod

Sifat padi lokal ini disenangi petani karena antara lain (1) mudah mendapatkan bibitnya- karena petani masing-masing membibitkan sendiri dan menyimpannya dari panen sebelumnya, (2) mudah memasarkan hasilnya karena rasa nasi yang pera (karau) banyak disenangi oleh masyarakat setempat seperti Kalsel, Kalteng, Sumbar, Aceh dan Biak, (3) memerlukan pupuk sedikit bahkan jarang dan pemeliharaan minim antara lain penyiangan hanya seadanya, (4) tidak mudah rontok, berdaun lebar dan terkulai – menyebabkan hama burung pipit sukar bertengger, dan (5) bentuk tanaman nisbi lebih tinggi (140-170 cm) sehingga memudahkan memanen. Panen umumnya masih menggunakan ani-ani. Hanya saja hasil produktivitas padi varietas lokal ini rata-rata hanya mencapai 2-3 t GKG ha⁻¹ dengan intensitas tanam sekali setahun (Noor, 1996).

Adapun padi varietas unggul introduksi seperti IR-42, IR-50, IR-64, IR-66 dan sejenisnya kurang disenangi petani lokal rawa selain sukar dipasarkan (harga lebih murah) juga dikenal “manja” karena memerlukan pupuk nisbi lebih banyak dan perawatan lebih intensif termasuk penggunaan pestisida, insektisida lebih banyak dibandingkan dengan varietas lokal peka fotoperiod. Hanya saja keuntungan dari varietas unggul introduksi di atas memiliki umur pendek (3-4 bulan) dan produktivitas lebih tinggi (4,5-5,5 t GKG ha-

1). Perkawinan silang antara varietas lokal siam dengan varietas unggul cisokan menghasilkan varietas margasari dan persilangan varietas lokal dengan varietas unggul dodokan menghasilkan varietas martapura dengan bentuk mirip lokal dan rasa nasi antara pera-pulan atau sedang dan hasil produktivitas lebih tinggi dapat mencapai 4 t GKG/ha (Balittra, 2001).

PENUTUP

Dalam konteks falsafah, petani lokal mengartikan bertani adalah untuk mencukupi pangan keluarga atau sanak saudara se suku atau se marga, sedang petani modern mengartikan sebagai usaha komersiel (bisnis) sehingga terkait dengan keuntungan yang harus dilipat gandakan. Misi bertani bagi petani local boleh jadi untuk menopang hidup sehingga diperlukan upaya mempertahankannya secara berkelanjutan (*sustainable*) sehingga cukup puas meskipun hasil hanya untuk dapat memenuhi keluarga. Oleh karena itu upaya-upaya untuk dapat mempertahankan kelangsungan produksi mendapatkan perhatian besar.

Pertanian ramah lingkungan atau pertanian organik yang sekarang banyak menjadi perbincangan (issue) justru sebetulnya sudah lama dipraktekkan oleh petani lokal, tetapi sekarang ditinggalkan oleh sistem pertanian modern yang bersifat monokultur, monokomoditas, penggunaan pestisida, insektisida, pupuk kimia/pabrik yang semakin meluas. Sistem pertanian yang dikenalkan negara-neraga maju, seperti Sistem Revolusi Hijau ternyata tidak sepenuhnya memberikan pengaruh yang menguntungkan terhadap petani. Perlunya peninjauan kembali terhadap sistem pertanian Revolusi Hijau banyak dilontarkan oleh pakar lingkungan dan sosiologi. Sistem pertanian revolusi hijau selain dinilai mengancam pelestarian lingkungan, terselubung bersifat hegemoni kapitalistik yang mengarah kepada pemiskinan masyarakat petani. Revolusi hijau memberikan keuntungan lebih banyak kepada negara maju sebagai penggagas yang sekaligus pengontrol daripada yang diterima negara pemakai notabene sebagai negara berkembang (Shiva, 1997; Fakhri, 2000; Bello, 2003).

DAFTAR PUSTAKA

- Balittra, 2001. Empat Puluh Tahun Balittra: Perkembangan dan Program Penelitian ke Depan. Deptan. Badan Litbang. Balittra. Banjarbaru. 84 hlm.
- Bello, W. 2003. WTO: Menghamba pada negara kaya. Dalam : A. Widymartaya dan AB. Widyanta (Penterjemah). Globalisasi, Kemiskinan dan Ketimpangan.
- Collier, W.L.1982. Lima puluh tahun transmigrasi spontan dan transmigrasi pemerintah di tanah rawa Kalimantan. Dalam: J. Hardjono (ed.). Transmigrasi dari Kolonisasi Sampai Swakarsa. Gramedia. Jakarta.

- Darmanto, 2010. Permasalahan dan prospek Pengembangan Rawa : Suatu pengalaman kinerja dan manfaatnya. Makalah Workshop Pemanfaatan Rawa. Jakarta.
- Direktorat Pertanian Rakyat. 1968. Persawahan Pasang Surut : Beberapa sumbangan pikiran dan bahan dari Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka usaha peningkatan produksi beras. Ditan Rakyat. Jakarta.
- Djakirana , G., Sumawinata, B, Mulyanto, B, dan Suwardi. 1999. The importance of organic matter and water management in sustaining Banjarese traditional land management in Pulau Petak, South Kalimantan. Dalam : Proc. Seminar Toward Sustainable Agriculture in Humid Tropics Facing 21st Century. Bandar Lampung, Sept 27-28 1999. 178-191 pp.
- Fakih, M. 2000. Tinjauan kritis terhadap Revolusi Hijau. Dalam : Dadang Yuliantara (eds.). Menggeser Pembangunan, Memperkuat Rakyat: Emansipasi dan Demokrasi Mulai dari Desa. LAPERA. Pustaka Utama. Yogyakarta. Hlm 3-22.
- Idak, H. 1982. Perkembangan dan Sejarah Persawahan di Kalimantan Selatan. Pemda Tingkat I. Kalimantan Selatan. Banjarmasin.
- Jaya, A., Inoue, T., Rielley, J.O, dan Limin, S. 2004. Enviromental change caused by development of peatland landscapes in Central Kalimantan, Indonesia. Dalam Proc. of the 12th Int. Peat Congress: Wise Use of Peatland. Finlad. pp. 660-667.
- Mackinnon, K., Hatta, M. Gt, Halim, H. dan Mangalik, A. 2000. Ekologi Kalimantan. (Alih bahasa oleh G. Tjitrosoepomo, S.N. Kartikasari, Agus Widyanto). Prenhallindo. Jakarta. 806 hlm.
- Maas, A. 2003. Peluang dan konsekuensi pemanfaatan lahan rawa pada masa mendatang. Makalah Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta, 19 juli 2003.
- Mulyanto, B., Sumawinata, Djakirana, G, dan Suwardi. 1999. Micromorphological characteristics of (potential) acid sulphate soils under the Banjarese Traditional Land Management (BTLM) System. Dalam : Proc. Seminar Toward Sustainable Agriculture in Humid Tropics Facing 21st Century. Bandar Lampung, Sept 27-28 1999. 277-292 pp.
- Noor, M. 1996. Padi Lahan Marjinal. Penebar Swadaya. Jakarta. 213 hlm. Pascasarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Noorinayuwati, Rafieq, Muhammad Noor dan Achmadi Jumberi, 2007. Kearifan local dalam pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian di Kalimantan. Dalam Mukhlis et al (eds). Kearifan Lokal Pertanian di Lahan Gambut. BBSDLP. Bogor
- Rorison, I.H. 1973. The effect of extreme soil acidity on the nutrient uptake and physiology of plant. Dalam: H. Dost (ed.). Acid Sulphate Soils. I. Introduction Paper and Bibliography. Proc. Int. Symp. Pulb. 18 Vol. I. ILRI. Wageningen. The Netherland. p. 223-254.
- Sarwani, M. Noor, M. dan Maamun, M.Y. 1994. Pengelolaan Air dan Produktivitas Lahan Rawa Pasang Surut: Pengalaman dari Kalimantan Selatan dan Tengah. Balittan. Banjarbaru, 155 hlm.

- Seiler, E. 1992. Acid sulphate soils –their formation and agricultural use. *Natural & Resources & Development*. Vol. 35: 92-110. Inst. for Sci Co- Tubingen.
- Simatupang, I. S dan Ar-Riza, I. 1991. Efektivitas cara pengendalian gulma pada pertanaman padi di sawah pasang surut. Makalah Seminar Menuju Kebijakan Terpadu Pengembangan Pertanian Daerah Irigasi Riam Kanan, 2-3 Oktober 1991. Fak. Pertanian Univ. Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Shiva, V. 1997. Bebas dari Pembangunan: Perempuan, Ekologi dan Perjuangan Hidup di India. YOI. Jakarta. 284 hlm.
- Widjaja Adhi, I.P.G. dan Alimhamsyah, T.1998. Pengelolaan, pemanfaatan dan pengembangan lahan rawa untuk usahatani dalam pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Dalam : Pros. Seminar Nasional dan Pertemuan Tahunan Komda Himp. Il. Tanah Indonesia. Buku I.

Kusumo Nugroho

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

Abstrak. Makalah ini akan menguraikan secara singkat tentang keterkaitan antara sejarah perjalanan penelitian tanah gambut di Indonesia dengan penggunaan atau pemanfaatan gambut. Pada awalnya penelitian lahan gambut lebih terfokus pada penelitian yang mengarah kepada penggunaan atau pemanfaatannya untuk pertanian. Keadaan ini berkembang sampai saat ini. Pada waktu dahulu, tidak disinggung aspek degradasi, yang berkaitan dengan emisi. Pada waktu dulu aspek pengelolaan gambut untuk penggunaan yang berkelanjutan lebih penting. Pada waktu sekarang aspek lingkungan yang dikaitkan dengan degradasi disebutkan, tetapi aspek karakteristik secara keseluruhan tidak diperhatikan. Degradasi hanya dikaitkan dengan perubahan ketebalan, pada hal banyak aspek lingkungan yang berkaitan dengan perubahan karakteristik gambut.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Seperti diketahui didalam Negara Kesatuan Republik Indonesia, setiap warganegara Indonesia memunyai hak atas lingkungan hidup yang baik dan sehat, pembangunan ekonomi nasional harus diselenggarakan berdasarkan prinsip pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Kemudian didalam mendukung pembangunan itu terjadi perubahan-perubahan aspek lingkungan. Perubahan tersebut dapat menjadi penurunan kualitas lingkungan, yang dapat mengancam kelangsungan peri kehidupan manusia dan mahluk hidup lain. Lahan gambut yang mempunyai karakteristik spesifik, tentunya tidak terlepas dari fenomena tersebut. Lahan gambut dimanfaatkan untuk kepentingan pembangunan ekonomi, yang akhirnya untuk kesejahteraan masyarakat.

Hal yang penting dalam pembangunan ekonomi/kesejahteraan masyarakat dan lahan (pertanian) dideskripsikan oleh hubungan tingkat produktivitas lahan – keberlanjutan aspek lingkungan dan karakteristik lahan. Secara eksplisit hubungan antara ini ditandai dengan evaluasi lahan. Pada lahan yang sesuai dan berkelanjutan maka tingkat produktivitas/kesejahteraan akan tinggi dan produksi berlangsung secara berkelanjutan (sustainable). Aspek lingkungan dapat dibedakan antara aspek lingkungan yang mempengaruhi pemanfaatan dan aspek lingkungan yang tidak langsung mempengaruhi produksi tetapi sebagai dampak karena pemanfaatan.

Untuk mengetahui kondisi atau aspek lingkungan, kita dapat menelusuri dari sejarah penelitian pemanfaatan lahan, dan kondisi-kondisi dapat diamati dari karakteristik lahan atau aspek lingkungannya secara khusus. Lahan gambut, mempunyai aspek lingkungan yang unik. Pengelolaan sumberdaya lahan gambut mempunyai kondisi yang menggembirakan pada waktu lampau sebagai sumberdaya lahan pertanian alternatif yang berhasil guna, tetapi sekarang berbagai aspek lingkungan lain disoroti sebagai kondisi negatif dari pengelolaan lahan gambut. Kondisi ini perlu dideskripsikan secara proporsional, untuk dapat mengarahkan pengelolaan lahan gambut kepada kondisi yang dapat memberikan dua hal, yaitu kesejahteraan masyarakat sekaligus pembangunan yang berkelanjutan, selain mengurangi dampak negatif yang dapat dilihat dari aspek lingkungannya.

Tujuan

Makalah ini menguraikan secara singkat tentang keterkaitan antara sejarah perjalanan penelitian tanah gambut di Indonesia dengan penggunaan atau pemanfaatan gambut. Hal ini terkait dengan isu tentang aspek lingkungan yang dikaitkan dengan perubahan karakteristik gambut.

SEJARAH PENELITIAN LAHAN GAMBUT DI INDONESIA

Sejarah Penggunaan Lahan Gambut di Indonesia

Perjalanan sejarah penggunaan atau pemanfaatan lahan gambut di Indonesia tidak terlepas dari fungsi gambut secara genetik. Gambut mempunyai berbagai fungsi yaitu :

- a) Fungsi produksi,
 - kehutanan, tanaman industri dan tanaman hutan lain
 - pertanian tanaman pangan
 - perkebunan
 - perikanan
- b) Fungsi retensi hara
- c) Fungsi habitat flora/media pertumbuhan tanaman dan fauna
- d) Fungsi hidrologi- stabilitas neraca air
- e) Fungsi suplai air/sumber air
- f) Fungsi angkutan air
- g) Fungsi pecegah erosi
- h) Fungsi sanitasi
- i) Fungsi sumber energi
- j) Fungsi budaya dan sumber informasi ilmiah (termasuk obat-obatan)
- k) Fungsi proteksi plasma nutfah alami/keanekaragaman hayati

Diskusi dan pembahasan pemanfaatan gambut secara internasional telah dimulai juga lama dengan pembukaan lahan yang bertanah gambut di Asia Tenggara. Fungsi lain yang berkembang sesudah itu, masih menjadi wacana. Sesudah adanya berbagai masalah yang menyangkut pengelolaan sebagai daerah pertanian, maka fungsi hidrologi, fungsi sanitasi, fungsi budaya menjadi menonjol atau lebih diperhatikan. Pemanfaatan lahan gambut untuk budidaya pertanian yang dikelola dengan konsep dan teknologi yang tepat, serta kaidah-kaidah pengelolaan lestari berkelanjutan, menjadikan lahan gambut dapat bertahan. Pengelolaan lahan yang baik dengan menerapkan berbagai teknologi tepat dan berdaya guna dapat membuat lahan gambut menjadi lahan pertanian (pertanian tanaman pangan, hortikultura, perkebunan dan kehutanan) yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan pada waktu yang lama. Pengembangan lahan untuk produksi pangan, mengarah ke lahan rawa pasang surut sebagai daerah yang dianggap berpotensi untuk pengembangan lahan sawah dilakukan dengan mereklamasi lahan rawa.

Dalam menentukan penggunaan atau kesesuaian untuk suatu penggunaan dilakukan karakterisasi dan evaluasi. Pencirian atau karakterisasi lahan gambut di Indonesia telah dimulai sejak lama, yaitu menurut salah satu hasil penelitian yang dikemukakan oleh Wichman (1910 dalam Soeprattohardjo dan Driessen, 1976) mengatakan bahwa tahun 1794, John Andersen dalam laporannya mengemukakan tentang keberadaan tanah gambut, di sekitar Riau. Gambut dibicarakan sebagai fungsi produksi pertama kali sebagai tanah yang dapat digunakan secara ekonomis pada tahun 1863/1864. Ketika itu Bemelot Moens mengemukakan tentang penemuan dari seorang kapten angkatan darat Meyer yang melaporkan adanya gambut yang dapat digunakan sebagai bahan bakar di sekitar Siak Indrapura, Riau. Fungsi sebagai habitat flora dan media pertumbuhan tanaman dilihat sesudah hasil penelitian tentang sebaran. Adanya gambut pada daerah yang luas dikeemukakan oleh Koorders yang mengiring ekspedisi Ijzerman melintasi Sumatera tahun 1865. Ia melaporkan penyebaran gambut sangat luas, hampir mencapai 1/5 total luas pulau Sumatera, di hutan rawa sepanjang pantai timur pulau ini.

Penelitian mengenai gambut dikemukakan oleh beberapa peneliti antara tahun 1905-1915 yaitu oleh Potonie, Mohr, Bylert, dan Van Baren (Driessen dan Soeprattohardjo, 1976). Mereka juga mengatakan bahwa pada tahun-tahun yang sama beberapa hasil penelitian gambut dikemukakan Schwaner, Molengraff, Teysman Hose dan Halton. Dalam periode yang sama, 1890-1910, penelitian eksplorasi geologi di Kalimantan Tengah dan Timur serta di Kalimantan Selatan dan Timur (Schwaner), melaporkan adanya penyebaran tanah gambut luas di sepanjang dataran pantai barat dan selatan pulau Kalimantan. Antara tahun 1905-1915, berbagai peneliti, antara lain, Mohr dan van Baren, menulis berbagai pemikiran mereka tentang tanah gambut di dataran rendah Sumatera dan di daerah tropika lainnya. Selama periode ini, terdapat sekitar 15 artikel/makalah mengenai gambut di Indonesia.

Penelitian tentang tanah gambut agak tersendat pada zaman pendudukan Jepang. Setelah merdeka, peneliti Belanda, masih ada yang bekerja di Indonesia, diantaranya Polak, dan Druif. Kemudian setelah tahun tahun 1965, yaitu awal Pelita I, pemerintah melalui Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S) (1969-1984), baru mulai melaksanakan pembukaan secara besar-besaran lahan pasang surut di Sumatera (Lampung, Sumsel, Riau dan Jambi) dan Kalimantan (Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan). Driessen yang bekerja di Lembaga Penelitian Tanah (Soil Research Institute, SRI) dari tahun 1971-1978, mengunjungi banyak daerah gambut antara lain, di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan, Riau, Jambi, bahkan sampai Stasiun Riset Gambut di Sarawak Kalimantan, dan Selangor di semenanjung Malaysia.

Beberapa penelitian tentang teknik pengelolaan sudah sejak lama dikemukakan, tetapi, sesudah dasawarsa 1980-an, riset dan tulisan mengenai gambut di Indonesia mulai dilaksanakan dan hasilnya ditulis oleh peneliti-peneliti nasional sendiri. Karya tulisan tersebut disampaikan pada berbagai kesempatan seminar dan kongres, dan ditulis secara individu atau bersama. Beberapa peneliti internasional ikut menuliskan pendapatnya tentang tanah gambut dan potensinya. Hasil-hasil tulisannya, diantaranya dapat disebut, adalah Diemont *et al.* (1989, 1991); Radjagukguk (1991a, 1991b, 1997); Sarwono (1996); Widjaja Adhi (1998); dan Rieley *et al.* (1997a; 1997b).

Oleh karena tanah gambut merupakan bagian atau komponen tanah pada lahan rawa pasang surut, terdapat sejumlah makalah tentang tanah gambut pada Simposium Nasional III Pengembangan Lahan Pasang Surut di Palembang tahun 1979, dan pada Symposium on Lowland Development di Jakarta tahun 1986. Seminar Internasional khusus untuk tanah gambut tropika telah dilaksanakan sebanyak empat kali di Asia Tenggara, yaitu tiga kali di Indonesia: di Yogyakarta tahun 1987 (tanpa prosiding), di Palangka Raya tahun 1995 (Rieley dan Page, 1997a), dan di Bogor tahun 1999; serta satu kali di Kuching Sarawak, Malaysia tahun 1991 (Aminuddin, 1992).

Penggunaan lahan gambut sebagai sawah telah dikenal dari sekitar tahun 1930 an, dibuka beberapa daerah persawahan oleh pemerintah belanda yang dikenal sebagai kolonisasi, yaitu di daerah Lampung, Kalimantan (Tamban, Kalimantan Selatan), di Merauke (Irian Jaya) yaitu sekitar Kumbe. Penelitian yang dilakukan oleh lembaga penelitian seperti Bodem kundig Institute, dipublikasi dalam berbagai media, antara lain hasil penelitian dari Polak (1949).

Kelangkaan lahan gambut menjadikan fungsi proteksi kemudian diketengahkan untuk menjaga keberadaan lahan gambut di suatu daerah (Rieley and Page, 1997). Mengingat potensi dan fungsi lahan gambut di Indonesia khususnya kekayaan keanekaragaman hayati maupun mitigasi perubahan iklim global, maka akan lebih baik apabila pengelolaan lahan gambut dilaksanakan secara berkelanjutan (*sustainable land management*) dengan mengintegrasikan aspek teknologi, kebijakan dan kegiatan sosial-ekonomi.

ASPEK LINGKUNGAN DALAM EVALUASI LAHAN GAMBUT

Aspek lingkungan seperti dikemukakan diatas tidak terlepas dari penggunaan lahan, dan penggunaan lahan tidak terlepas dari kesesuaian lahan – produktivitas lahan untuk suatu penggunaan. Permasalahan lingkungan gambut di Hindia Belanda (Indonesia), telah ditulis Polak (1941) yang mengungkapkan secara jelas hubungannya dengan penggunaan lahan dengan lingkungan pertanian secara umum. Hasil analisis kimia beberapa contoh gambut dari Jawa, Sumatera, dan Kalimantan daerah dengan berbagai lingkungan yang berbeda. Juga dituliskan tentang perbedaan pertanian pada lahan gambut di Amerika Serikat (Polak, 1948a), dan di Jawa, Sumatera dan Kalimantan (Polak, 1948b). Penulis yang sama meneliti dan menulis tanah gambut eutrofik (dengan lingkungan yang kaya mineral) di Rawa Lakbok, Jawa Barat (Polak, 1949), Rawa Pening, Jawa Tengah (Polak, 1951). Kondisi lingkungan dicoba dirobah dengan melakukan penelitian percobaan pemupukan gambut (Polak dan Soeprathardjo, 1951). Penggunaan lahan gambut untuk penggunaan khusus seperti untuk tembakau (pada daerah dengan lingkungan seperti di Besuki) juga dikemukakan. Pada waktu itu kondisi atau aspek lingkungan di lahan gambut hanya terfokuskan pada pengelolaan lahan gambut untuk peningkatan produktivitas.

Ada suatu paradigma baru yang berbeda dalam membahas tentang hubungan aspek iklim dengan lahan gambut, yaitu muncul konsep mengenai penghitungan "kerusakan lingkungan" dengan makin tingginya emisi karbon dari lahan gambut. Agus F dan IGM Subiksa (2008), menyatakan bahwa beberapa aspek lingkungan yang berhubungan dengan lahan gambut adalah (i) lahan gambut sebagai penambat dan penyimpan karbon, (ii) lahan gambut sebagai sumber emisi gas rumah kaca, (iii) kebakaran lahan gambut, (iv) aspek hidrologi dan subsiden. Lahan gambut sebagai penambat dan penyimpan karbon, dikatakan walau hanya meliputi 3% dari luas daratan di seluruh dunia, namun menyimpan 550 Gigaton C atau setara dengan 30% karbon tanah, 75% dari seluruh karbon atmosfer, setara dengan seluruh karbon yang dikandung biomassa (massa total makhluk hidup) daratan dan setara dengan dua kali simpanan karbon semua hutan di seluruh dunia. Tentunya hal tersebut dengan menggunakan asumsi-asumsi tertentu. Lahan gambut menyimpan karbon pada biomassa tanaman, serasah di bawah hutan gambut, lapisan gambut dan lapisan tanah mineral di bawah gambut (substratum). Dari berbagai simpanan tersebut, lapisan gambut dan biomassa tanaman menyimpan karbon dalam jumlah tertinggi. Lahan gambut menyimpan karbon yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tanah mineral. Di daerah tropis karbon yang disimpan tanah dan tanaman pada lahan gambut bisa lebih dari 10 kali karbon yang disimpan oleh tanah dan tanaman pada tanah mineral. Emisi gas rumah kaca (GRK) dan penambatan karbon pada lahan gambut berlangsung secara simultan, namun besaran masing-masingnya tergantung keadaan alam dan campur tangan manusia. Dalam keadaan hutan alam yang pada umumnya jenuh air (suasana anaerob), penambatan (sekuestrasi) karbon berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan dekomposisi. Pada tahun-tahun di mana terjadi kemarau panjang,

misalnya tahun El-Niño, kemungkinan besar gambut tumbuh negatif (menipis) disebabkan lapisan permukaannya berada dalam keadaan tidak jenuh (aerob) dalam waktu yang cukup lama sehingga emisi karbon lebih cepat dari penambatan.

Perubahan penggunaan lahan, termasuk konversi hutan merubah laju emisi dan seskuestrasi). Dalam proses berikutnya, kalau tidak dijalankan secara baik pengelolaan lahan gambut untuk penggunaan tertentu merubah lahan gambut dari penambat karbon menjadi sumber emisi GRK. Emisi masih menjadi tanda tanya besar tanpa pengukuran yang sistematis. Interaksi dari berbagai komponen termasuk intervensi manusia mempengaruhi fungsi lingkungan lahan gambut. Adalah hal yang perlu diketahui adalah berapa laju neto pada suatu penggunaan.

Salah satu pokok bahasan yang selalu dikemukakan adalah emisi dari kebakaran biomassa tanaman. Kebakaran merubah bukan hanya karbon dalam jaringan sel tanaman menjadi gas tetapi juga merubah struktur jaringan. Adalah perlu mengetahui dalam proses ini (kebakaran) berapa yang teremisikan, terlarutkan, terendapkan, keluar dari sistem udara lewat asap/uap air. Biomassa tanaman pada hutan lahan basah umumnya menyimpan cukup banyak air dan selain C. Karbon yang tersimpan tersebut akan hilang dengan cepat apabila hutan ditebang dan dibakar. Walaupun industri perikanan mengambil sekitar 50% karbon karena mengalihkannya dijadikan berbagai bahan perabotan dan perumahan, tetapi sering karbon dianggap lenyap teremisikan. Bila karbon tersebut dibuang, maka penyatuan sebagai sampah (tidak dibakar) akan tersimpan dalam waktu cukup lama sehingga bisa dianggap menjadi bagian dari karbon tersimpan. Pada daerah yang beriklim basah, sisa pohon yang tertinggal di atas permukaan tanah akan teremisi dalam waktu yang cukup lama, melalui proses dekomposisi. Hanya pembukaan lahan sering melakukan pembersihan lahan dengan pembakaran. Kondisi meningkatkan emisi dari pembakaran, seperti juga pembakaran kayu untuk kayu bakar, atau batubara untuk bahan bakar (fuel).

Salah satu sumber emisi yang sulit diatasi adalah kebakaran lapisan gambut. Banyak orang menandai ini sebagai gejala alamiah (natural disaster). Hal ini terjadi karena kebakaran biomassa mengikut sertakan kebakaran tanah gambutnya. Pada tahun El Nino seperti tahun 1997, pengeringan tanah gambut, menjadi awal dari kebakaran tanah gambut. Tanpa air, bara api pada tanah gambut dapat bertahan berminggu-minggu. Pada tahun dengan kondisi iklim normal, kebakaran alamiah di tanah gambut, pada iklim yang cukup basah, umumnya bisa dihindari.

Proses emisi pada lahan gambut tidak berhenti sesudah pembukaan hutan. Selama masa budidaya tanaman pertanian, emisi dalam jumlah tinggi tetap terjadi disebabkan dekomposisi gambut oleh mikroorganisme. Tingkat dekomposisi gambut sangat dipengaruhi oleh kedalaman drainase; semakin dalam drainase, semakin cepat terjadinya dekomposisi gambut. Hooijer *et al.* (2006) dari review sejumlah literatur mengemukakan

bahwa, untuk kedalaman drainase antara 30 sampai 120 cm, emisi akan meningkat setinggi 0,91 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹ untuk setiap penambahan kedalaman drainase sedalam 1 cm.

Apabila untuk kelapa sawit drainase rata-ratanya diasumsikan sedalam 60 cm, dengan menggunakan hubungan tersebut maka emisi tahunan adalah sekitar 54,6 t CO₂ ha⁻¹. Akan tetapi nilai emisi sangat bervariasi antar berbagai penelitian. Misalnya, penelitian pada perkebunan kelapa sawit dengan kedalaman drainase 80 cm menemukan tingkat emisi setinggi 54 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹, namun dari pengukuran emisi di hutan gambut sekunder menemukan emisi setinggi 127 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹. Selanjutnya didapatkan emisi dari sawah gambut di Kalimantan Tengah setinggi 4 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹, sedangkan emisi dari sawah gambut di Kalimantan Selatan setinggi 88 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹. Diusulkan angka perkiraan emisi dari dekomposisi gambut yang ditanami kelapa sawit setinggi 31.4 ± 14.1 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹. Dalam buku ini digunakan angka perkiraan emisi berdasarkan persamaan Hooijer *et al.* (2006), yaitu sebesar 54.6 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹ untuk perkebunan kelapa sawit yang kedalaman drainasenya sekitar 60 cm. Nilai ini setara dengan hasil pengukuran sebesar 55 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹ dan angka hasil pengukuran Murayama dan Bakar (1996a dan 1996b) sebesar 54 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹.

Untuk perkebunan karet diasumsi nilai emisi dari dekomposisi gambut sebesar 18 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹. Walaupun persamaan Hooijer *et al.* (2006) berlaku untuk kisaran kedalaman drainase antara 30-120 cm, namun tingkat emisi setinggi 18 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹ berdasarkan persamaan ini sebanding dengan hasil pengukuran sebesar 19 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹. Berbagai faktor seperti kadar air tanah, pemupukan, dan suhu tanah, sangat mempengaruhi jumlah emisi selain kedalaman muka air tanah gambut. Informasi tentang berbagai faktor ini diperlukan untuk menyertai data emisi. Selain itu, data pengukuran emisi GRK seperti yang dikutip terdahulu kebanyakan berasal dari pengukuran jangka pendek sehingga memberikan gambaran emisi sesaat yang bisa jauh lebih tinggi atau jauh lebih rendah dari nilai emisi tahunan yang sebenarnya. Pengukuran emisi GRK jangka panjang dan berulang, diperlukan untuk meningkatkan keyakinan tentang dugaan emisi tahunan yang berasal dari proses dekomposisi gambut ini.

Selama masa pertumbuhan tanaman akan terjadi penambatan karbon yang jumlahnya sangat ditentukan oleh jumlah biomassa tanaman. Tanaman jagung, misalnya, hanya mampu mengumpulkan sekitar 2-4 t ha⁻¹ karbon dalam biomassa keringnya pada puncak pertumbuhan vegetatif. Akan tetapi jumlah karbon yang di simpan tanaman dihitung bukan berdasarkan jumlah maksimum, melainkan berdasarkan rata-rata waktu (time average carbon). Artinya, jumlah karbon tersimpan harus dirata-ratakan sejak tanah mengalami masa bera (tidak ada tanaman) sampai tanaman mencapai puncak pertumbuhan. Dengan demikian, jumlah karbon rata-rata waktu yang disimpan dalam biomassa tanaman jagung hanya berkisar antara 1-3 t ha⁻¹. Kelapa sawit mampu

menyimpan lebih dari 80 ton C ha⁻¹. Akan tetapi jumlah tersebut dicapai setelah 10-15 tahun pertumbuhan sehingga jumlah karbon rata-rata waktu yang ditambah oleh tanaman kelapa sawit sekitar 60,4 t ha⁻¹ atau rata-rata sekitar 2,44 t C ha⁻¹ tahun⁻¹ dan ekuivalen dengan 8,95 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹.

Penggunaan lahan awal sebelum lahan gambut dijadikan lahan pertanian, jenis tanaman serta teknik pengelolaan lahan, menentukan jumlah emisi GRK netto yang berasal dari suatu sistem penggunaan lahan. Ringkasan asumsi yang digunakan dalam perhitungan emisi netto dan dari dihitung jumlah emisi netto untuk satu siklus produksi kelapa sawit dan karet selama 25 tahun.

Bagian pengelolaan lahan gambut yang perlu dicari adalah gabungan antara “pengurangan emisi” dan “peningkatan produksi”. Kondisi yang seimbang dari pengelolaan dimaksudkan untuk mencapai pengurangan emisi yang sebanyak-banyaknya, tetapi produktivitas juga optimal. Seperti dalam usaha perkebunan kelapa sawit di lahan gambut. Komponen utama emisi pada perkebunan kelapa sawit adalah dekomposisi gambut yang besarnya antara lain ditentukan oleh kedalaman drainase. Pada perkebunan kelapa sawit kedalaman drainase diasumsikan rata-rata 60 cm untuk mencapai tingkat produktivitas optimal dalam jangka masa produksi yang secara ekonomis memungkinkan (25 tahun). Penghitungan dengan cara prediksi yang mumpuni diperlukan untuk itu.

Alternatif pengalihan pemanfaatan lahan, adalah dengan menggunakan komoditas yang berbeda, walaupun hal itu bisa saja mengurangi kesejahteraan rakyat pemakai, dengan rendahnya harga komoditas. Emisi dari dekomposisi gambut perkebunan karet jauh lebih rendah karena tanaman karet, dan karet memerlukan drainase yang jauh lebih dangkal. Ada beberapa alternatif penggunaan lahan untuk komoditas lain yang tidak memerlukan atau memerlukan drainase dangkal (sagu atau padi sawah). Tetapi hal ini tidak berarti menurunkan emisi. Interaksi dalam sistem emisi ini perlu diketahui untuk berbagai komoditas.

Peninjauan emisi harus dilakukan dari berbagai aspek. Pemilahan emisi, sekarang ini harus segera dimulai. Emisi dari satu sektor tidak dapat dituding sebagai penyebab utama, apabila interaksi dalam prosesnya tidak dipertimbangkan. Beberapa fenomena yang sekarang masih perlu digali, adalah konversi penggunaan lahan yang dapat menurunkan emisi. Seperti Emisi dari belukar gambut–perkebunan. Relatif sedikitnya biomassa pada belukar gambut menyebabkan emisi CO₂ dari kebakaran biomassa dan kebakaran lapisan gambut menjadi sedikit pula. Perkebunan lebih efektif mencegah peningkatan emisi.

Penurunan tanah, atau Subsiden, perlu dihayati sebagai fenomena perubahan fisik lahan gambut. Penurunan permukaan lahan gambut (subsiden) terjadi segera sesudah lahan gambut didrainase. Penurunan bidang permukaan tanah ini perlu ditinjau dari

segi fisik tanah. Hal-hal yang menjadi penting dalam hubungan karakteristik fisik lahan gambut atau tanah gambut ini antara lain, ruang pori, sifat spongy, bulk density, daya hantar air horisontal maupun vertikal, komponen bahan (serabut, jenis jaringan, tingkat dekomposisi), luas daya jerap, daya dukung (*bearing capacity*) dan sebagainya. Hal ini kemudian dipertimbangkan dalam menganalisa kondisi penurunan. Pertama-tama kita tidak dapat mengatakan bahwa penurunan permukaan tanah, adalah diemisikan.

Salah satu aspek lingkungan yang penting adalah hidrologi lahan gambut. Aspek ini penting untuk mengetahui kondisi gambut menurun kurun waktu (*time scaling*), mengingat bahwa karakteristik gambut menjadi dinamis dengan adanya perubahan dari waktu ke waktu. Kondisi pasang surut sangat mempengaruhi drainase, pematangan sekaligus emisi dari gambut. Pengaruh kondisi hidrologi tingkat makro, perubahan sistem drainase, hidrologi/pengelolaan air tingkat scheme/tersier sangat mempengaruhi pengelolaan lahan di lahan bertanah gambut. Bila tanah gambut sudah menjadi tanah sawah, maka kondisi hidrologi dan pengelolaan air tingkat petani menjadi penentu terjadi perubahan karakteristik lahan gambut.

Salah satu penentu perubahan yang dominan dalam hubungan dengan kondisi hidrologi dan perubahan sifat gambut adalah iklim lahan gambut. Kondisi iklim ini bisa berubah dengan adanya fenomena perubahan iklim. Selain itu kita ketahui dari satu tempat ketempat lain curah hujan di daerah gambut bervariasi. Kondisi perubahan ini dapat dimunculkan dalam suatu bentuk peta seperti peta tipe hujan, Zone agroklimate dan pola curah hujan dan tipe iklim.

Untuk memberikan nilai pada suatu penelitian, seperti dilihat dari sejarah penelitian, kita perlu membangun model-model ekologi di lahan gambut, yang mempertimbangkan berbagai aspek seperti struktur hutan gambut, keragaman hayati, kondisi pasang surut, serta hal hal yang berkaitan dengan kondisi lingkungan dekomposisi bahan organik, perubahan dekomposisi secara kimia, termasuk reaksi tanah (pH) dalam kaitannya dengan perubahan lingkungan atau emisi pada khususnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Sejarah penelitian di lahan gambut dapat digunakan sebagai titik tolak perubahan orientasi tujuan penelitian, serta perbaikan informasi untuk menjawab faktor penentu emisi dan produktivitas lahan gambut
2. Fenomena aspek lingkungan seperti emisi menggantikan atau mengalihkan fokus pengelolaan lahan gambut untuk peningkatan produktivitas yang berkelanjutan
3. Subsiden sebagai salah satu karakteristik yang menentukan aspek lingkungan

4. Kondisi hidrologi mempengaruhi aspek lingkungan
5. Perlu model-model ekologi

Saran

1. Diperlukan penelitian yang sistematis, yang mencakup fenomena emisi pada lahan gambut sekaligus pengelolaan lahan gambut yang produktif dan berkelanjutan.
2. Pembuatan database penelitian akan membantu pemilihan penelitian yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. Dan I G.M. Subiksa. 2008. Lahan gambut: potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan. Balai Penelitian Tanah dan Word groforestry Center (ICRAFT).
- Aminuddin, B. Y. 1992. Tropical peat. Proceedings International Symposium on Tropical Peatland, Kuching, Sarawak, Malaysia, 6-10 May 1991.
- Diemont, W.H. dan Supardi. 1989. Genesis of Indonesian Lowland peats and possibilities for development. In. ILRI. Symp. Lowland Development in Indonesia, Jakarta, 24-31 August 1986, Wageningen, The Netherlands. p. 463-468.
- Diemont, W.H., H.D. Rijksen, dan M.J. Silvius. 1991. Development and conservation of lowland peat areas in Indonesia: how and where?. In Aminuddin, B.Y. (ed.), Tropical Peat. Proc. Int. Symp. on Tropical Peatland, Kuching, Sarawak, Malaysia, 6-10 May 1991. p 169-176.
- Hooijer, A., Sibvius., Wosten, H. And Page S. 2006. Peat CO₂, assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in South East Asia. Delft Hydraulics report. 3943.
- Polak, B. 1941. Veenonderzoek in Nederlandsch Indie. 1. Stand en expose der vraagstukken (Peat investigation in the Netherlands Indies). Landbouw XVII :1033-1062.
- Polak, B. 1948a. Landbouw op veengronden. Landbouw XX :1-50.
- Polak, B. 1948b. Waarnemingen betreffende het gedrag van cultuurgewassen op veen. Landbouw, XX :249-264.
- Polak, B. 1949. The Rawa Lakbok (South Priangan, Java). Investigation into the composition of an eutrophic topogenous bog. Cont. Gen. Agr. Res. Sta. No. 8, Bogor, Indonesia.
- Polak, B. 1950. Occurrence and fertility of tropical peatsoils in Indonesia. 4th Int. Congr. Soil Sci., Vol. 2, 183-185, Amsterdam, The Netherlands.
- Polak, B. 1951. Construction and origin of floating islands in the Rawa Pening (Central Java). Cont. Gen. Agr. Res. Sta. No. 121, Bogor, Indonesia.

- Polak, B., dan M. Soepraptohardjo. 1951. Pot and field experiments with maize on acid forest peat from Borneo. *Cont. Gen. Agr. Res. Sta.*, no. 104, Bogor.
- Radjagukguk, B. 1991a. Utilization and management of peatlands in Indonesia for agriculture and forestry. p. 21-27. In Aminuddin, B.Y. (ed.), *Tropical Peat. Proc. Int. Symp. on Tropical Peatland*, Kuching, Sarawak, Malaysia, 6-10 Mei 1991.
- Radjagukguk, B. 1997. Peat Soils of Indonesia: location, classification and problems for sustainability. p. 45-53. In Rieley, J.O., and S.E. Page (ed.). *Biodiversity and Sustainability of Tropical Peatlands. Proceed. Int. Symp. on Biodiversity, Environmental Importance, and Sustainability of Tropical Peat and Peatlands*, Palangka Raya, 4-8 September 1995.
- Radjagukguk, B. dan Bambang Setiadi. 1991b. Strategi pemanfaatan gambut di Indonesia. h. 1- 13. In Muis Lubis, A. *et al.* (ed.), *Pros. Sem. Tanah Gambut untuk perluasan pertanian*. Fak. Pertanian, Universitas Islam Sumatera Utara, Medan.
- Rieley, J.O., dan S.E. Page. 1997a. Biodiversity and Sustainability of Tropical Peatlands. *Proceed. Int. Symp. on Biodiversity, Environmental Importance, and Sustainability of Tropical Peat and Peatlands*, Palangka Raya, 4-8 September 1995.
- Rieley, J.O., S.E. Page. S.H. Limin, dan S. Winarti. 1997b. The peatland resource of Indonesia, and the Kalimantan Peat Swamp Forest Research Project. p. 37-44. In Rieley, J.O., and S.E. Page (ed.), *Biodiversity and Sustainability of Tropical Peatlands. Proceed. Int. Symp. on Biodiversity, Environmental Importance, and Sustainability of Tropical Peat and Peatlands*, Palangka Raya, 4-8 September 1995.
- Sarwono H. 1996. Pengembangan lahan gambut untuk pertanian, suatu peluang dan tantangan. *Orasi Ilmiah Guru Besar tetap Ilmu Tanah*, Fakultas Pertanian, IPB.
- Soepraptohardjo M., and P.M. Driessen. 1976. The lowland peats of Indonesia, a challenge for the future. *Peat and Podsolc Soils and their potential for agriculture in Indonesia. Proc. ATA 106 Midterm Seminar. Bulletin 3. Soil Research Institute Bogor*. pp 11-19.
- Widjaja-Adhi I P.G. dan T. Alihamsyah 1998. Pengembangan lahan pasang surut:Potensi, Prospek dan Kendala serta Teknologi Pengelolaannya Untuk Pertanian. Makalah utama, *Prosiding Seminar Nasional dan Pertemuan Tahunan Komisariat Daerah Himpunan Ilmu Tanah Indonesia tahun 1998*. HITI Komda Jawa Timur.

Sri Nuryani Hidayah Utami

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Abstrak. Indonesia merupakan pemilik lahan gambut tropika terluas di dunia. Lahan gambut mempunyai peranan yang sangat penting yaitu sebagai sumber pangan, habitat, pengatur air, dan pengendali perubahan iklim. Lahan gambut merupakan pengaman perubahan iklim. Jika lahan gambut terdegradasi misalnya terbakar, maka akan teremisi sejumlah gas ke udara (CO_2 , NO_2 , CH_4) yang dapat merubah iklim. Penyebab degradasi gambut diantaranya kebakaran lahan, konversi/reklamasi lahan, salah kelola dan perubahan iklim. Gambut terdegradasi dicirikan dengan perubahan sifat fisika, biologi dan kimia yang menyebabkan penurunan fungsional dan penurunan ekologi yang membahayakan lingkungan dan sosial ekonomi pembangunan. Oleh karena itu, degradasi gambut jelas merupakan suatu proses yang kompleks terkait dengan penggunaan lahan dan persepektif sosial. Penggunaan lahan yang tidak bijaksana memicu secara nyata perubahan sifat fisik, biologi dan kimia menuju gambut yang terdegradasi.

PENDAHULUAN

Luas lahan gambut di Asia Tenggara mencapai 27,1 juta hektar, atau sekitar 10% dari luas daratannya. Sedangkan Indonesia memiliki luas gambut 22,5 juta hektar, setara dengan 12% dari seluruh luas daratannya. Luasan gambut di Indonesia tersebut merupakan 83% dari seluruh luas gambut se Asia Tenggara (Hooijer *et al.* 2006), namun karena variabilitas lahan ini sangat tinggi, baik dari segi ketebalan gambut, kematangan maupun kesuburannya, tidak semua lahan gambut layak untuk dijadikan areal pertanian. Dari 18,3 juta ha lahan gambut di pulau-pulau utama Indonesia, hanya sekitar 6 juta ha yang layak untuk pertanian (Agus dan Subiksa, 2008).

Perluasan pemanfaatan lahan gambut meningkat pesat di beberapa provinsi yang memiliki areal gambut luas, seperti Riau, Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah. Antara tahun 1982 sampai 2007 telah dikonversi seluas 1,83 juta ha atau 57% dari luas total hutan gambut seluas 3,2 juta ha di Provinsi Riau. Laju konversi lahan gambut cenderung meningkat dengan cepat, sedangkan untuk lahan non gambut peningkatannya relatif lebih lambat (WWF, 2008 cit: Agus dan Subiksa, 2008).

Ekosistem lahan gambut sangat penting dalam sistem hidrologi kawasan hilir suatu DAS karena mampu menyerap air sampai 13 kali lipat dari bobotnya. Selain itu, kawasan gambut juga merupakan penyimpanan cadangan karbon yang sangat besar, baik di atas maupun di bawah permukaan tanah. Kerusakan ekosistem gambut berdampak besar

terhadap lingkungan setempat (*in situ*) maupun lingkungan sekelilingnya (*ex situ*). Kejadian banjir di hilir DAS merupakan salah satu dampak dari rusaknya ekosistem gambut. Deforestasi hutan dan penggunaan lahan gambut untuk sistem pertanian yang memerlukan drainase dalam (> 30 cm) serta pembakaran atau kebakaran menyebabkan emisi CO_2 menjadi sangat tinggi (Agus dan Subiksa, 2008).

Degradasi lahan gambut yang paling cepat saat ini terjadi terutama di Asia Tenggara, dimana lahan gambut mengalami deforestasi, dikeringkan dan dibakar untuk pengembangan kebun kelapa sawit, hutan tanaman industri, pertanian dan penebangan kayu. Selain berupa emisi CO_2 , kegiatan pengembangan ini juga menjadi ancaman bagi keanekaragaman hayati yang masih tersisa di Asia Tenggara, dimana lahan gambut merupakan habitat penting bagi berbagai jenis terancam, termasuk Orang Utan di Kalimantan dan Harimau Sumatra di Pulau Sumatra. Lebih jauh lagi kebakaran gambut telah menimbulkan masalah kabut asap regional yang mempengaruhi kesehatan masyarakat dan perekonomian di Asia Tenggara.

Degradasi lahan gambut di Indonesia selalu meningkat dari tahun ke tahun. Kebakaran hutan merupakan salah satu penyebab utama kerusakan tersebut selain penyebab lainnya, seperti penebangan kayu (*illegal logging/over logging*), perambahan hutan, dan konversi lahan. JICA mencatat terdapat 0,6 juta hutan terbakar pada bencana nasional kebakaran hutan di tahun 1997. Selain kerusakan lahan yang sebagai akibat kebakaran, dijumpai juga lahan/hutan gambut yang terbengkalai, tidak terurus, dan dalam kondisi yang memprihatinkan sehingga disebut lahan gambut bongkor. Lahan “bongkor”, yaitu lahan gambut yang terdegradasi atau rusak dan dibiarkan atau ditinggalkan oleh pengelolanya, sehingga menjadi lahan tidur sebagai akibat pembukaan lahan gambut. Biasanya, kondisi tersebut dialami oleh kawasan eks-HPH atau eks-HTI yang telah ditinggalkan oleh pemegang hak karena berbagai alasan atau ditinggalkan oleh petani pemiliknya setelah sempat didrainasi dan dibudidayakan. Sejak era reformasi, tingkat tekanan pada areal ini semakin berat, baik tekanan secara fisik dalam bentuk pengrusakan (misal: penebangan liar) maupun tekanan sosial dalam bentuk penguasaan lahan secara sepihak. Pembukaan lahan gambut besar-besaran untuk pengembangan lahan pertanian yang dikombinasikan dengan pengembangan wilayah melalui proyek transmigrasi banyak dilakukan pada gambut tebal (ketebalan gambut $> 2,0$ m). Pembukaan lahan gambut ini dimulai dengan pembuatan saluran berukuran sangat besar, tanpa memperhatikan sifat gambut yang mudah rusak. Akibatnya, terjadi berbagai fenomena perubahan sifat gambut yang sangat drastis. Di beberapa tempat, terutama di daerah dengan gambut lebih tipis (ketebalan $< 1,0$ m).

Gambut terdegradasi dicirikan dengan perubahan sifat fisika, biologi dan kimia yang menyebabkan penurunan fungsional dan penurunan ekologi yang membahayakan lingkungan dan sosial ekonomi pembangunan. Oleh karena itu, degradasi gambut jelas

merupakan suatu proses yang kompleks terkait dengan penggunaan lahan dan persepektif sosial. Penggunaan lahan yang tidak bijaksana memicu secara nyata perubahan sifat fisik, biologi dan kimia menuju gambut yang terdegradasi. Gambut tropika di Indonesia mencakup luasan hampir lebih separuh luasan gambut tropika dunia. Sebagian besar berlokasi di Sumatera, Kalimantan, dan Irian Jaya (Radjagukguk, 1997). Meskipun demikian, gambut pada areal tersebut sebagian telah menjadi hidrofobik karena salah pengelolaan seperti drainase yang berlebihan dan kebakaran dan kemudian ditinggalkan oleh petani. Ini merupakan masalah yang serius di Indonesia. Masalah ini meliputi 60-70% (600.000-700.000 ha) dari total lahan yang telah direklamasi pada proyek “Pembukaan Lahan Gambut Sejuta Hektar di Kalimantan Tengah” (Maas, 2000) dan 32,500 ha di Belawang, Kalimantan Selatan (Sutikno *et al.* 1998).

PENYEBAB LAHAN GAMBUT TERDEGRADASI

Ekosistem hutan gambut yang sudah matang dan tidak terganggu oleh manusia memiliki yang stabil dan seimbang (*equilibrium*). Dengan demikian ekosistem hutan gambut adalah ekosistem yang tidak rapuh atau tidak *fragile*, namun ekosistem hutan gambut akan rusak jika kondisi iklim mikro hutan gambut berubah. Sebagai contoh perubahan dapat terjadi akibat dilakukannya penebangan pohon pada hutan gambut, pengambilan tanah gambut untuk keperluan lain, konversi lahan gambut untuk peruntukan kawasan budidaya sehingga mengakibatkan perubahan ekosistem hutan gambut yang sulit untuk dikembalikan.

Pembukaan Hutan Gambut untuk Dikonversi Menjadi Lahan Pertanian dan Perkebunan

Hilangnya hutan gambut di Indonesia selain disebabkan oleh pengeringan tanah gambut, juga disebabkan oleh pembakaran hutan gambut yang sudah mengering. Kebakaran hutan gambut biasanya terjadi pada musim kemarau yang dapat dipicu dari kegiatan pembukaan lahan untuk pertanian dan perkebunan. Perubahan status kawasan adalah melalui konversi lahan gambut menjadi lahan pertanian (sawah) dan perkebunan, baik oleh masyarakat sekitar maupun melalui program pemerintah dalam program peningkatan produktivitas tanaman pangan. Dari segi lingkungan, pengurangan luas hutan gambut akan berpengaruh terhadap sirkulasi udara dan iklim yang ada di Indonesia maupun iklim global. Dengan demikian perubahan iklim global tidak hanya disebabkan oleh peningkatan gas-gas rumah kaca di atmosfer saja, tetapi dapat disebabkan pula oleh penurunan luas hutan rawa gambut.

Konversi hutan gambut di Indonesia terjadi tidak hanya pada hutan yang mempunyai lapisan gambut tipis, tetapi juga terjadi pada hutan gambut yang mempunyai

lapisan gambut tebal yang termasuk kategori kawasan lindung. Pembuatan drainase untuk mengalirkan air dari hutan gambut ke sungai pada saat konversi lahan gambut untuk pertanian dan perkebunan tidak hanya menyebabkan keringnya air di hutan gambut yang berada di lokasi tersebut. Pembuatan drainase di satu lokasi akan mengakibatkan keringnya hutan gambut di lokasi yang lain pula, karena sifat dari air yaitu bergerak dari dataran tinggi ke dataran rendah. Dengan demikian, rusaknya ekosistem hutan gambut meluas sangat cepat dengan dibuatnya drainase-drainase. Hal ini karena pada akhirnya saat musim kemarau hutan gambut yang sudah kering ini sangat mudah mengalami kebakaran, akibat rambatan api yang ditimbulkan masyarakat dalam membuka lahan. Dalam hal ini kerusakan tanah lahan akan lebih parah akibatnya daripada tanah mineral.

Drainase dan pembukaan lahan gambut berarti mengintervensi kondisi alami yang ada. Apabila lahan gambut didrainase, maka laju subsiden permukaan gambut dipercepat, di pihak lain laju kenaikan permukaan gambut menjadi tidak ada. Kecepatan subsiden tergantung pada banyak faktor, antara lain tingkat kematangan gambut, tipe gambut, kecepatan dekomposisi, kepadatan dan ketebalan gambut, kedalaman drainase, iklim, serta penggunaan lahan (Steward, 1991; Salmah *et al.* 1994, Wösten *et al.* 1997). Menurut Radjaguguk (2004) lahan gambut tropika yang terdapat di Indonesia dicirikan oleh antara lain sifatnya yang rapuh (*fragile*) sehingga dengan pembukaan lahan dan drainase (reklamasi) akan mengalami pengamblesan (*subsidence*), percepatan peruraian dan resiko pengerutan tak balik (*irreversible drying*) serta rentan terhadap bahaya erosi.

Reklamasi lahan gambut memberikan dampak terhadap sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Perubahan tersebut disebabkan karena keseimbangan alamiah lahan rawa berubah dari suasana reduktif menjadi oksidatif. Reaksi kimia, biokimia, dan mikrobiologis dalam suasana oksidatif akan lebih aktif. Oksidasi bahan metan, sulfide, fero, ammonium dan mangan atau percepatan oksidasi bahan organik akan menghasilkan senyawa-senyawa yang lebih sederhana dan sebagian besar berupa asam-asam dalam bentuk terlarutkan, disamping nutrisi/hara. Keberadaan nutrisi inilah yang menyebabkan keberhasilan budidaya pada tahap awal reklamasi. Pada tahap berikutnya dekomposisi semakin sedikit menghasilkan unsur hara dan semakin banyak asam-asam organiknya. Pada keadaan yang semakin masam, koloid mineral mulai terdegradasi yang ditandai oleh peningkatan kelarutan aluminium sehingga menjadi toksik bagi tanaman. Beberapa perubahan sifat fisik tanah gambut yang terkait dengan reklamasi lahan adalah meningkatnya berat volume, daya hantar air menyamping (*lateral*), menurunnya porositas total, daya simpan lengas, dan pemadatan (Radjaguguk, 2001) terhadap sifat kimia tanah meliputi perombakan bahan organik yang mempengaruhi ketersediaan unsur-unsur hara, pH tanah serta pencucian unsur hara. Aktivitas serta keanekaragaman organisme tanah juga mengalami perubahan, akibat kondisi tanah yang berubah dari reduksi menjadi oksidasi.

Drainase merupakan prasyarat untuk usaha pertanian, walaupun hal tersebut bukanlah suatu yang mudah untuk dilakukan mengingat sifat dari gambut yang bisa mengalami penyusutan dan kering tidak balik akibat drainase, sehingga sebelum mereklamasi lahan gambut perlu diketahui sifat spesifik gambut, peranan dan fungsinya bagi lingkungan.

Drainase yang baik untuk pertanian gambut adalah drainase yang tetap mempertahankan batas air kritis gambut akan tetapi tetap tidak mengakibatkan kerugian pada tanaman yang akan berakibat pada hasil. Intensitas drainase bervariasi tergantung kondisi alami tanah dan curah hujan. Curah hujan yang tinggi (4000-5000 mm per tahun) (Ambak dan Melling, 2000) membutuhkan sistem drainase untuk meminimalkan pengaruh banjir.

Setelah drainase dan pembukaan lahan gambut, umumnya terjadi *subsidence* yang relatif cepat yang akan berakibat menurunnya permukaan tanah. *Subsidence* dan dekomposisi bahan organik dapat menimbulkan masalah apabila bahan mineral di bawah lapis gambut terdiri dari lempeng pirit atau pasir kuarsa. Kerapatan lindak yang rendah berakibat kemampuan menahan (*bearing capacity*) tanah gambut juga rendah, sehingga pengolahan tanah sulit dilakukan secara mekanis atau dengan ternak. Kemampuan menahan yang rendah juga merupakan masalah bagi untuk tanaman pohon-pohonan atau tanaman semusim yang rentan terhadap kerebahan (*lodging*) (Radjagukguk, 2001).

Perubahan sifat yang drastis ini mengakibatkan lahan gambut tidak dapat dipakai sebagai lahan budidaya sehingga banyak yang ditinggalkan begitu saja oleh para pemiliknya. Dampak lebih jauh dari pembukaan lahan gambut yang dilakukan secara besar-besaran dengan membuat saluran drainase berukuran besar adalah bahwa saluran-saluran tersebut menjadi jalan untuk masuknya kegiatan pembalakan ke dalam hutan. Akibatnya, penebangan hutan menjadi sangat intensif yang disusul fenomena kebakaran hutan dan lahan gambut yang asapnya telah menyebabkan persoalan lingkungan yang serius hingga memancing protes negara-negara tetangga.

Apabila lahan pasang surut termasuk lahan rawa gambut di suatu wilayah dibuka untuk pertanian, maka harus dibuat saluran-saluran berukuran besar (saluran primer dan sekunder) untuk mengeringkan lahan. Dampak negatif dari digalinya saluran-saluran tersebut adalah air tanah berangsur turun dan lahan berangsur mengering. Pada lahan rawa gambut yang di bawahnya terdapat bahan sulfidik, berakibat bahan sulfidik khususnya pirit menjadi terbuka (*exposed*) di udara dan mengalami oksidasi. Keberadaan bahan sulfidik pada akhirnya menjadi permasalahan utama karena bersifat racun bagitanaman, sehingga hampir semua tanaman pertanian mati, atau tidak mampu tumbuh dalam kondisi ekstrim tersebut. Hanya beberapa jenis rumput liar (misalnya purun), dan jenis-jenis tumbuhan semak dan kayu tertentu (seperti gelam) yang sanggup tumbuh dalam kondisi tanah yang masam ekstrim. Di lapangan, dalam kondisi asli tereduksi, bahan sulfidik

dalam tanah berujud sebagai lapisan mineral atau gambut berwarna kelabu hitam dan berbau 'busuk' atau berbau seperti 'telur busuk' karena senyawa sulfida (H_2S) yang dikandungnya. Secara khusus, letak atau posisi kedalaman bahan bahan sulfidik didalam tanah benar-benar sangat menentukan potensinya untuk pertanian. Semakin dangkal letak lapisan bahan sulfidik di dalam tanah, semakin besar permasalahannya, semakin dalam posisinya semakin baik pula potensinya.

Akibat yang nyata dari cara pembukaan lahan rawa gambut yang tidak memperhatikan sifat lahan, adalah perubahan sifat hidrofilik reduktif menjadi hidrofobik-oksidatif. Pada tanah gambut yang mempunyai lapisan pirit di bawahnya akan mengalami oksidasi, sehingga terjadi pemasaman lahan dan lingkungan. Kemudian selanjutnya menjadi lahan tidur, mati suri atau bongkor karena tidak dapat ditanami (Widjaja Adhi, 1997). Perkiraan sementara adalah hampir 60-70% dari sekitar 2 juta ha lahan rawa yang telah direklamasi menjadi lahan tidur/bongkor (Maas *et al.* 1999). Selanjutnya dalam kondisioksidasi, tanah gambut akan mengalami dekomposisi lebih cepat sehingga penurunan permukaan gambut (*amblesan/subsidence*) juga terjadi lebihcepat. Sebagai contoh pembukaan lahan rawa gambut melalui pembuatan saluran drainase yang menghubungkan Sungai Kahayan, Kapuas dan Barito serta anak-anak sungai lainnya (total panjang saluran 2.114 km), telah mengakibatkan perubahan pola tata air dan kualitasnya. Pembuatan saluran drainase, terutama SPI (saluran primer induk), telah memotong kubah gambut yang mengakibatkan terjadinya penurunan (*subsidence*) dan pengeringan permukaan tanah gambut serta oksidasi pirit yang bersifat racun dan masam. Senyawa-senyawa beracun ini kemudian masuk pada saluran dan perairan sungai. Kejadian ini telah mengakibatkan kematian ikan secara masal di Sungai Mengkatip dan anak-anak Sungai Barito. Disamping itu, pembuatan saluran drainase juga mengakibatkan penurunan produktivitas perikanan terutama hilangnya kolam-kolambeje di beberapa desa seperti Dadahup, Lamunti, dan Terantang. Kerusakan yang lebih besar adalah terjadinyakekeringan yang mengakibatkan kebakaran tanah gambut baik yang disengaja maupun yang tidak disengaja. Dengan demikian pembakaran atau kebakaran gambut secara tidak langsung juga menyumbang semakin tingginya lahan tidur/bongkor di lahan rawa.

Berkurangnya atau hilangnya kawasan gambut pada sektor pertanianberakibat menurunnya produktifitas lahan, bahkan menyebabkan banjir pada musim hujan, dan kering pada musim kemarau. Jika kondisinya sudah demikian, usaha pendalaman saluran untuk mengatasi banjir, dan pembuatan saluran baru untuk mempercepat pengeluaran air malah berdampak lebih buruk lagi. Yang terjadi, lahan menjadi kering dan masam, usaha pertanian tidak dapat dilakukan lagi, lahan menjadi bongkor mati suri, dan mudah terbakar.

PENCIRIAN GAMBUT TERDEGRADASI

Secara struktur, gambut mirip dengan spon dengan berjuta ruang tipis yang dapat menyerap sejumlah besar air. Masalah timbul jika sifat menolak airnya lebih besar dari kekuatan sponnya. Ketika kering, sifat kimia gambut membuatnya menolak air sehingga tidak dapat mengikat air tersebut. Gambut adalah material spon dengan ciri koloid yang dapat menahan sejumlah besar air (Driessen and Rohimah, 1976). Jika gambut mengalami kekeringan hingga air terjepit hilang, perubahan tidak balik terjadi pada struktur koloidal sehingga gambut kehilangan sebagian besar daya retensi air (Driessen and Rohimah, 1976). Gambut kering menjadi hidrofobik dan sulit untuk dibasahi kembali. Kehilangan air dan juga perubahan struktur koloid menyebabkan pengerutan tidak balik gambut. Gambut menjadi granuler dengan kondisi fisik yang tidak mendukung produktivitas pertanian dan kepekaan yang tinggi terhadap erosi.

Tabel 1. Sifat kimia gambut hidrofilik dan hidrofobik (Utami *et al.* 2009^a, 2009^b)

Sifat kimia gambut (satuan)	Kondisi gambut			
	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄
pH (H ₂ O) (1: 5,0)	3,71	3,68	3,73	3,95
pH (CaCl ₂) (1: 5,0)	3,14	3,32	3,52	3,25
DHL ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	105,05	99,10	102,70	31,40
Kadar abu (%)	1,44	1,69	1,93	1,35
N total (%)	1,12	1,04	1,18	1,12
P-tot (%)	0,18	0,17	0,14	0,13
K-dd ($\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$)	0,18	0,12	0,08	0,06
Ca-dd ($\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$)	0,11	0,10	0,20	0,32
Mg-dd ($\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$)	0,54	0,49	0,35	0,24
Na-dd ($\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$)	0,02	0,01	0,02	0,00
KPK ($\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$)	94,42	98,56	101,97	184,89
KB (%)	0,90	0,73	0,64	0,34
Al-dd ($\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$)	0,82	0,41	0,62	0,66
H-dd ($\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$)	3,58	3,11	1,50	2,24
Kemasamantotal ($\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$)	11,79	11,90	13,35	20,06
• COOH($\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$)	1,70	1,74	1,94	1,97
• OH($\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$)	10,06	10,16	11,41	18,09
Bahan organik%	98,31	98,56	98,07	98,65
Asam humat (%)	59,10	54,20	47,10	44,23

Keterangan:

G₁: gambut Berengbengkel hidrofobik₁

G₂: gambut Berengbengkel hidrofobik₂

G₃: gambut Kalampangan hidrofobik

G₄: gambut Kalampangan hidrofillik

Ketika kandungan lengas gambut turun hingga di bawah 50%, maka akan sulit lagi terbasahi kembali. Kekeringan gambut tidak sekedar kehilangan air. Masalah yang berkaitan dengan gambut hidrofobik dapat sebagian dipecahkan dengan menggunakan surfaktan, tetapi penelitian tersebut sangat jarang dilakukan di Indonesia. Meskipun demikian, bahan untuk mengubah tegangan muka dan membuat gambut basah kembali telah dapat diidentifikasi (Michel *et al.* 1997; Dekker *et al.* 2001; Utami *et al.* 2009a, Utami *et al.* 2009b).

Utami *et al.* (2009a, 2009b) yang melakukan penelitian terhadap gambut terdegradasi di Kalampangan dan Berengbengkel menemukan gambut hidrofobik/ terdegradasi dicirikan dengan berat volume; kandungan asam humat dan daya hantar listrik yang lebih tinggi daripada gambut hidrofilik, sedangkan pH (H_2O), ($CaCl_2$), kapasitas pertukaran kation, kemasaman total, jumlah gugus $COOH$, gugus OH dan kandungan bahan organik lebih rendah daripada gambut hidrofilik. Penciri penting gambut hidrofobik adalah sudut singgung lebih dari 90° ($105-110^\circ$), sedangkan gambut hidrofilik sudut singgungnya mendekati 0° (40°).

Tabel 2. Sifat fisika gambut hidrofilik dan hidrofobik (Utami *et al.* 2009^a, 2009^b).

Asal dan kondisi gambut	Kadar lengas (%)	Kadar abu (%)	Kadar serat utuh (%)	Sudut singgung ($^\circ$)	BV ($g.cm^{-3}$)	Kematangan
G ₁ (Berengbengkel Hidrofobik 1)	19,96	1,69	0,35	110	0,21	Saprik
G ₂ (Berengbengkel Hidrofobik 2)	22,05	1,44	0,35	110	0,20	Saprik
G ₃ (Kelampangan hidrofobik)	21,65	1,93	0,35	105	0,2	Saprik
G ₄ (Kelampangan Hidrofilik)	247,98	1,35	0,35	40	0,14	Saprik

Kemampuan gambut untuk mengikat air adalah dikerjakan oleh gugus-gugus fungsional pembawa sifat hidrofilik yang merupakan karakter bahan organik gambut. Kelompok gugus-gugus tersebut umumnya mengandung oksigen, terutama hidroksil fenolik dan alkohol, dan gugus karboksilat ataupun mengandung nitrogen, biasanya gugus amin dan amid, juga ikatan N heterosiklik. Gugus-gugus tersebut dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air.

Keterbasahan tanah sangat berkaitan dengan komposisi dan struktur dari bahan organik (Doerr and Thomas, 2000; Ellerbrock *et al.* 2005). Kehadiran dan kandungan gugus-gugus fungsional sebagai fragmen dalam molekul bahan organik tanah, mempengaruhi reaktivitas kimia, serapan dan juga hidrofobisitas bahan organik

(Ellerbrock *et al.* 2005). Teknik yang akurat untuk mengukur secara kualitatif dan kuantitatif gugus-gugus fungsional dalam bahan organik tanah adalah spektrogram infra merah (IR), yang digunakan dalam transmisi, *diffuse reflectance* (-fourier transform; *DRIFT*) atau total refleksi (ATR) (Flaig *et al.* 1975; Capriel *et al.* 1995). Studi bahan organik tanah yang berkaitan dengan kejadian kering tidak balik menggunakan spektrogram inframerah telah dilakukan Celi *et al.* (1997), Ellerbrock *et al.* (2005), dan Doerr *et al.* (2005).

Pada kajian spektrogram inframerah, areal puncak di sekitar 3020 dan 2800 cm^{-1} diidentifikasi sebagai refleksi gugus hidrofobik bahan organik tanah. Chapman *et al.* (2001) mengunjuk puncak vibrasi pada bilangan gelombang 3000–2800 cm^{-1} sebagai lilin (*waxes*) sample gambut. Gressel *et al.* (1995) mengidentifikasi areal sekitar bilangan gelombang 2930 cm^{-1} sebagai gugus alifatik. Capriel *et al.* (1995) mengajukan rasio gugus C alifatik terhadap C-organic sebagai indeks untuk mengkarakterisasi tingkat hidrofbisitas bahan organik tanah dengan mengintegrasi areal pada bilangan gelombang 3000-2800 cm^{-1} .

Gambut yang masih belum terdegradasi diidentifikasi menunjukkan pembacaan spektrogram pada dua puncak bilangan gelombang (1740–1710 dan 1640– 1620 cm^{-1}) yang menurut Ellerbrock (Ellerbrock *et al.* 2005) adalah gugus fungsional C=O. Secara khusus, puncak serapan bilangan gelombang antara 1725 dan 1720 cm^{-1} sebagai vibrasi gugus C=O yang terdapat dalam aldehid, keton dan asam karboksilat. Temuan ini sejalan dengan pendapat Gressel (Gressel *et al.* 1995) dan Chapman (Chapman *et al.* 2001).

Utami (2009a dan 2009b) yang menganalisis spektrogram gambut hidrofobik dari Kalampangan dan Berengbengkel, Kalimantan Tengah dengan alat FTIR spektrofotometer mengidentifikasi penurunan areal gugus-gugus pembawa sifat hidrofilik (ikatan H, OH grup dan OH bebas, dan mungkin NH), sedangkan areal gugus-gugus pembawa sifat hidrofbik menjadi lebih dari 20%. Gugus-gugus pembawa sifat hidrofbik tersebut menunjukkan kehadiran *fat*, *wax lipids* (puncak pada bilangan gelombang 2850 cm^{-1} dan 2920 cm^{-1}) dan gugus-gugus aromatik, simetrik yang bersifat nonpolar. Ini sejalan dengan teori Valat *et al.* (1991) tentang hidrofbisitas gambut yang menyatakan bahwa yang dapat menyebabkan watak hidrofbik pada tanah gambut yaitu: 1) kandungan asam humat yang secara alami menunjukkan sifat hidrofbik, karena partikel-partikel diselaputi oleh lilin, 2) adanya gugus non-polar seperti etil, metil dan senyawa aromatik yang bersifat hidrofbik, sementara gugus yang bersifat hidrofilik berkurang yaitu karboksilat, hidroksil, dan 3) penyerapan senyawa bersifat hidrofbik seperti minyak, lemak dan fraksi N-organik pada permukaan fraksi humat.

Perubahan-perubahan sifat fisika dan kimia gambut terdegrasi mempengaruhi sifat biologi gambut, di samping sifat fisikokimianya sehingga kehilangan fungsi sebagai pengikat air maupun sebagai pengikat hara. Gambut terdegradasi sudah sangat kehilangan

kemampuannya untuk mengikat air, mengikat hara dan menjadi habitat bagi tanaman ataupun mikroorganisme yang sangat penting dalam keberlanjutan fungsi lahan tersebut.

PENUTUP

Lahan gambut merupakan suatu ekosistem yang khas dari segi struktur, fungsi dan sangat rentan terhadap usikan atau gangguan. Selain itu lahan gambut sebagai ekosistem merupakan bagian dari lingkungan lokal, regional bahkan global. Sebagai bagian ekosistem lokal terkait dengan karakteristik fisik, kimia dan biologi gambut pada daerah tertentu. Fungsi gambut dalam sequestrasi (penyimpanan) karbon dan pendauran air menjadikan lahan gambut sebagai bagian dari ekosistem lingkungan regional-global. Akibatnya dampak pengembangan lahan gambut tidak hanya dapat mengenai gambut itu sendiri, tapi juga lingkungan secara luas. Kehati-hatian diperlukan untuk mengembangkan dan mengelola lahan gambut, khususnya untuk pertanian. Untuk menunjang pengembangan lahan gambut yang berkelanjutan memerlukan perencanaan yang cermat dan teliti, penerapan teknologi yang sesuai, dan pengelolaan yang tepat. Kegiatan pembukaan lahan rawa gambut yang tidak berhasil seringkali menyebabkan lahan gambut menjadi terdegradasi dan bongkor. Hal ini karena lahan gambut yang dibuka semakin lama mengalami penurunan kualitas lahannya, sehingga ditinggalkan oleh petani (bongkor). Selain akibat pengelolaan lahan yang kurang tepat, terjadinya lahan bongkor juga disebabkan karena karakteristik lahan gambut itu sendiri yang mempunyai tingkat kesuburan rendah dan banyaknya faktor penghambat untuk diusahakan sebagai lahan pertanian produktif.

DAFTAR RUJUKAN

- Agus, F dan I.G.M. Subiksa. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor, Indonesia.
- Ambak, K., dan Melling, L., 2000. Management Practices for Sustainable Cultivation of Crop Plants on Tropical Peatlands. Proc. Of The International Symposium on Tropical Peatlands 22-23 November 1999. Bogor-Indonesia, hal 119.
- Capriel, P., T. Beck, H. Borchert, J. Gronholz, and G. Zachmann. 1995. Hydrophobicity of organic matter in arable soils: Influence of management. *European Journal of Soil Science* 48, 457-462.
- Chapman, S.J., C.D. Campbell, A.R. Fraser, and G. Puri. 2001. FTIR spectroscopy of peat in and bordering Scots Pine Woodland: Relationships with chemical and biological properties. *Soil Biology & Biochemistry* 33, 1193-1200.
- Celi, L, M. Schnitzer, and M. Negre. 1997. Analysis of carboxyl group in humic acids by a wet chemical method, Fourier transformed infrared spectrometry and solution

- state-carbon-13 nuclear magnetic resonance. A Comparative study. *Soil Sci.* 162:189-197.
- Dekker, L.W., K. Oostindie, and C.J. Ritsema. 2001. Effects of surfactant treatment on the wettability and wetting rate of a sphagnum peat growing medium. Alterra report 080, ISSN 1566-7197, Green World Research, Wageningen.
- Driessen, P. M and L. Rochimah, L. 1976. The physical properties of lowland peats from Kalimantan. In. *Proc. Peat and Podzolic soils and their potential for agriculture in Indonesia*. Soil Research Institute, Bogor. Bull 3. p. 56 - 73.
- Doerr, S.H., and A.D. Thomas. 2000. The role of soil moisture in controlling water repellency: new evidence from forest soils in Portugal. *Journal of Hydrology* 231–232, 134–147.
- Ellerbrock, R.H., H.H. Gerke, J. Bachmann, and M-O. Goebel. 2005. Composition of organic matter fractions for explaining wettability of three forest soils. *Soil Science Society of America Journal* 69 (1), 57-66.
- Flaig, W, H. Beiutelspacher, and E. Rietz. 1975. Chemical composition and physical properties of humic substances. In. Gieseking, J.E. (ed.). 1975. *Soil Components*. Vol.1. Organic Components. Springer-Verlag, New York.
- Gressel, N., Y. Inbar, A. Singer, and Y. Chen. 1995. Chemical and spectroscopic properties of leaf litter and decomposed organic matter in the Carmel Renge, Israel. *Soil Biology and Biochemistry* 27 (1), 23–31.
- Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H. and Page, S. 2006. PEAT-CO₂, Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943 (2006).
- Maas A, Tukijo, Dwijono, Darmanto. 1999. Karakterisasi dan Identifikasi Masalah Lahan bongkor Untuk Perluasan Areal Tanam di Wilayah Kerja C PLBT Kalimantan Tengah. Makalah "Temu Pakar dan Lokakarya Nasional Optimasi pemanfaatan Sumberdaya Lahan Rawa". Jakarta 23-26 November 1999.
- Maas, A. 2000. Evaluasi Kelayakan Keramba dan Tambak di Perairan S. Kahayan Muara, Kalimantan Tengah. P2DR - PSSL UGM.
- Michel J.C., L.M. Riviere, M.N. Bellon-Fontaine and C. Aillerie. 1997. Effects of wetting agents on the wettability of air-dried sphagnum peats. *Proc. Intern. Peat Conf. on Peat in Horticulture: its use and sustainability* IPS Amsterdam: 74-79.
- Radjagukguk, B. 1997. Peat soil of Indonesia: Location, Classification, And Problems For Sustainability. In: Rieley and Page (Eds.). pp. 45-54. *Biodiversity and Sustainability of Tropical Peat and Peatland*. Samara Publishing Ltd. Cardigan. UK.
- Radjagukguk, B. 2001. Perubahan Sifat-Sifat Fisik dan Kimia tanah Gambut Akibat Reklamasi Lahan Gambut untuk Pertanian. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* (2):1-15.
- Radjagukguk, B. 2004. Developing sustainable agriculture on tropical peatland: Challenges and prospects. Pp 707-712. In. J. Palvanen (ed). *Proceeding of the 12th*

- International PeatCongress. Wise use of peatlands. Vol 1. Oral presentations. Tampere, Finland. 6-11 June 2004.
- Salmah, Z., G. Spoor, A.B. Zahari, and D.N. Welch. 1994. Importance of water management in peat soil at farm level. In: B.Y. Aminuddin (Ed.). Tropical Peat; Proceedings of International Symposium on Tropical Peatland, 6-10 May 1991, Kuching, Sarawak, Malaysia.
- Steward, J.M. 1991. Subsidence in cultivated peatlands. In: B.Y. Aminuddin (Ed.).
- Sutikno, H, Y. Rina., Syahrani., M. Noor, dan M. Alwi, 1998. Lahan tidur: Penyebab dan kemungkinan rehabilitasinya. Hal: 167 – 182. Dalam: Prosiding Sem-Nas Hasil Penelitian Menunjang Akselerasi Pengembangan Lahan Pasang Surut. Sabran dkk., (Eds). Balittra Banjarbaru.
- Utami, S. N. H, A. Maas, B. Radjagukguk, and B.H. Purwanto. 2009a. Restorasi gambut Hidrofobik dengan Tiga Jenis Surfaktan, dan Pengaruhnya terhadap Efisiensi Penyimpanan kation dan Kapasitas Memegang Air. *J. Agritech*, Vol. 29 (1), Februari 2009.
- Utami, S. N. H., A. Maas, B. Radjagukguk, and B.H. Purwanto. 2009b. Sifat fisik, kimia dan FTIR spektrofotometri gambut hidrofobik Kalimantan Tengah. *Jurnal Tanah Tropika*. Vol.1. (1), APRIL 2009.
- Valat, B., C. Jouany and L.M Riviere, 1991. Characterization of the Wetting Properties of Air-dried Peats dan Composts . *Soil Sci.* 152 (2): 100 – 107.
- Widjaja-Adhi, I P.G. 1997. Developing tropical peatlands for agriculture. In: J.O. Rieley and S.E. Page (Eds.). pp. 45-54. Biodiversity and Sustainability Of Tropical Peat And Peatland. Proceedings of the International Symposium on Biodiversity, environmental importance and sustainability of tropical peat and peatlands, Palangka Raya, Central Kalimantan 4-8 September 1999. Samara Publishing Ltd. Cardigan. UK.
- Wösten, J.H.M., Ismail, A.B., and van Wijk, A.L.M. 1997. Peat subsidence and its practical implications: a case study in Malaysia. *Geoderma* 78:25-36.

Didi A. Suriadikarta

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

Abstrak. Luas lahan rawa Indonesia $\pm$ 33,4 juta ha, yang terdiri dari lahan rawa pasang surut sekitar 20 juta ha dan lahan lebak 13,4 juta ha. lahan pasang surut yang telah direklamasi 3,84 juta ha yang terdiri dari 0,94 juta ha oleh pemerintah dan sisanya oleh swadaya masyarakat. Lahan rawa di Irian Jaya (Papua) sampai saat ini masih belum dibuka untuk pertanian. Kegagalan program PLG sejuta ha hendaknya dijadikan pembelajaran berharga dalam pengembangan lahan rawa, khususnya lahan gambut. Oleh karena itu pemerintah telah menunjukan melakukan berbagai langkah untuk pengelolaan lahan PLG tersebut. Lahan rawa adalah lahan yang sepanjang tahun, atau selama waktu yang panjang dalam setahun, selalu jenuh air (*saturated water*), atau tergenang (*waterlogged*) air dangkal. Pada lahan rawa umumnya dijumpai tanah mineral dan tanah gambut. Teknologi pengelolaan lahan rawa antara lain adalah teknologi pengelolaan tanah dan air (tata air mikro dan penataan lahan), teknologi ameliorasi tanah dan pemupukan, penggunaan varietas yang adaptif, teknologi pengendalian hama dan penyakit, pengembangan Alsintan, serta pemberdayaan kelembagaan petani. Kawasan Lahan Gambut satu juta ha eks PLG di Kalimantan Tengah, mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai kawasan budidaya pertanian, dan kawasan konservasi yang berlandaskan kepada Keppres no 32 tahun 1990, dan Keppres no 80 tahun 1999, dan Undang-undang no. 26, tahun 2007. Kawasan budidaya pertanian dilaksanakan pada kawasan gambut < 3 m yang dapat dikembangkan untuk lahan sawah, perkebunan, perikanan, dan hutan tanaman industri (HTI), yang berdasarkan kepada kriteria kesesuaian lahan. Kawasan konservasi berada pada wilayah gambut dengan ketebalan > 3 m dan juga daerah-daerah tertentu yang mempunyai keanekaragaman hayati (flora dan fauna), dan dibawah gambut lapisan sulfidik dan atau pasir kuarsa. Pembukaan lahan gambut harus dilakukan melalui perencanaan yang matang, dan hati-hati, karena lahan pasang surut merupakan lahan yang rapuh (*fragile*) mudah berubah dan tidak bisa dikembalikan ke alam aslinya. Karena itu dibutuhkan data biofisik lingkungan yang lengkap, bukan sekedar asumsi, dan perlu ditunjang dengan analisa dampak lingkungan yang handal. Pemahaman terhadap kondisi sosial budaya masyarakat lokal perlu dipertimbangkan dalam perencanaan dan program aksi.

Katakunci: teknologi, pengelolaan lahan, gambut, berkelanjutan

PENDAHULUAN

Pembukaan lahan rawa pasang surut yang dimulai sejak Pelita I (orde baru) sekitar tahun 1969 melalui program Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S), dilakukan banyak berkaitan dengan program pemukiman transmigrasi. Pemanfaatan lahan pasang surut untuk pertanian merupakan pilihan yang strategis, baik untuk mencukupi kebutuhan

pangan, maupun untuk mengimbangi penciptaan lahan produktif di pulau Jawa yang dialih fungsikan untuk pembangunan sektor non pertanian seperti perumahan, jalan raya, industri dan pembangunan lainnya.

Lahan rawa di Indonesia cukup luas dan tersebar di tiga pulau besar, yaitu di Sumatera, Kalimantan dan Irian Jaya (Papua). Luas lahan rawa Indonesia $\pm$ 33,4 juta ha, yang terdiri dari lahan rawa pasang surut sekitar 20 juta ha dan lahan lebak 13,4 juta ha. Menurut Suriadikarta *et al.* (1999) sampai saat ini lahan rawa yang telah dibuka 2,3 juta ha, 1,4 juta ha di Kalimantan dan 0,9 ha di Sumatera. Tetapi lahan pasang surut yang telah direklamasi 3,84 juta ha yang terdiri dari 0,94 juta ha oleh pemerintah dan sisanya oleh swadaya masyarakat. Lahan rawa di Irian Jaya (Papua) sampai saat ini masih belum dibuka untuk pertanian.

Berdasarkan Keppres No. 82, tanggal 26 Desember 1995, tentang pengembangan lahan gambut satu juta ha untuk pengembangan pertanian tanaman pangan di Kalimantan Tengah, daerah tersebut berada diantara sungai Sebangau, Kahayan, Kapuas, Kapuas Murung dan Barito masuk dalam daerah Kabupaten Daerah Tingkat II Kapuas dan Kabupaten Pulang Pisau (Peta Lampiran 1). Luas seluruhnya 1.696.071 ha, dan dibagi menjadi 5 daerah kerja, yaitu: A) 303.198 ha, B) 161.460 ha, C) 568.835 ha, D) 162.278 ha, dan E) 500.300 ha (Subagjo dan Widjaya-Adhi, 1998). Blok E tidak dibuka untuk pertanian karena merupakan kawasan gambut sangat dalam dan lapisan di bawahnya pasir kuarsa, jadi luas untuk proyek PLG sebesar 1.119.493 ha. Saat ini sebagian wilayah eks PLG yaitu wilayah kerja C dan B telah masuk ke pemerintahan kabupaten baru Pulang Pisau, pemekaran dari Kabupaten Kapuas. Luas kawasan PLG adalah 1.133.607 ha, yang terdiri dari luas blok A 268.273 ha, blok B 156.409 ha, blok D 138.475 ha, dan blok C 570.000 ha. Blok A, B, C, dan D bagian utara termasuk dalam lahan pasang surut air tawar, sedangkan bagian selatan blok D, dan C termasuk lahan pasang surut air laut/payau.

Wilayah kerja A yang sudah ditempati oleh transmigran meliputi 23 Desa/UPT termasuk wilayah kerja BPP Dadahup dengan luas 333,94 km² atau 33.393,9 ha yang terdiri dari Pekarangan 3.277 ha, sawah 21.338,5 ha, tegalan 1.850 ha dan lain-lain 6.918 ha. Seluas 76,57 km² atau 7.657 ha termasuk wilayah kerja BPP Lamunti yang terdiri dari pekarangan 1.359 ha, sawah 8 ha, ladang 5.356 ha dan kebun 934 ha. Luas lahan pertanian yang sudah dikelola oleh masyarakat disini adalah seluas 41.050,9 ha. Dari wilayah kerja A yang luasnya 268.723 ha yang dapat digunakan untuk pertanian adalah seluas 174.026 ha, yang terdiri dari untuk lahan sawah 19.621 ha, sawah dan palawija 100.386 ha, dan perkebunan 54.019 ha, sisanya 94.697 ha untuk konservasi lahan.

Sistem usahatani di Dadahup berbeda dengan di Lamunti karena kondisi lahan yang berbeda. Sistem usaha tani di Dadahup berbasis padi sawah sedangkan di Lamunti berbasis tanaman tahunan/perkebunan. Pola tanam di Dadahup umumnya padi - padi, dan

padi – palawija, padi – sayuran, sedangkan di Lamunti padi – palawija/sayuran. Tanaman perkebunan yang sudah ditanam adalah kelapa sawit dan karet, sedangkan buah-buahan yang dibudidayakan adalah pisang, mangga, rambutan, durian, semangka, campedak, dan nenas. Tanaman sayuran adalah tomat, kacang panjang, terong, dan cabe. Di Dadahup tanaman buah-buahan dan perkebunan tidak bisa dibudidayakan karena lahannya rendah sering kebanjiran. Tanaman tahunan di Lamunti dikembangkan di lahan usaha dan pekarangan dengan sistem tumpangsari antara tanaman karet dan palawija. Tanaman palawija hanya sebagai tanaman sela selama pohon karet masih muda dan belum menutup permukaan lahan. Selain bertani mereka beternak ayam, kambing/domba, sapi dan itik, dengan kombinasi yang berbeda tergantung kepada modal dan tenaga kerja, tetapi 95% petani memelihara ternak ayam buras.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan oleh Badan Litbang Pertanian tahun 1997 s/d 2000 menunjukkan bahwa hasil tanaman padi di lahan sawah, sayuran, serta buah-buah di pekarangan cukup baik. Kendala utama adalah hama tikus dan banjir disaat puncak musim hujan. Bila jaringan tata air makro bisa berfungsi dengan baik dan hama penyakit dan bajir dapat dikendalikan maka lahan di kawasan ini sangat potensial untuk usaha pertanian, tanaman pangan dan palawija, sayuran, dan buah-buahan dan perkebunan.

Penerapan teknologi pertanian lahan rawa sering tidak dapat diterapkan secara berkelanjutan, yang disebabkan beberapa kendala seperti permodalan, infrastruktur, kelembagaan pedesaan, dan kurangnya perhatian terhadap pemeliharaan jaringan tata air makro. Terjadinya lahan bongkor akibat reklamasi yang kurang tepat merupakan pengalaman kegagalan dalam pengembangan lahan rawa.

DINAMIKA LAHAN GAMBUT

Berbicara soal lahan gambut tidak lepas dari lahan rawa, karena lahan gambut selalu berada di lahan rawa baik itu rawa pasang surut maupun non pasang surut (rawa lebak). Untuk gambut pantai dan peralihan umumnya di lahan rawa pasang surut, sedangkan gambut pedalaman bisa terjadi di daerah rawa lebak. Lahan rawa adalah lahan yang sepanjang tahun, atau selama waktu yang panjang dalam setahun, selalu jenuh air (*saturated water*), atau tergenang (*waterlogged*) air dangkal. Oleh karena itu yang menjadi peranan utama dalam menggambarkan dinamika lahan gambut adalah fluktuasi air atau naik turunnya air permukaan di lahan (hidrologi). Kondisi ini dipengaruhi oleh bentuk topografi lahan yang umumnya datar sampai agak datar dan jarak dari lahan ke laut. Akibat fluktuasi air ini akan berpengaruh terhadap dinamika tanah gambut didalamnya.

Dinamika air

Berdasarkan pengaruh air pasang surut, terutama pada musim hujan saat pasang besar, maka daerah aliran sungai bagian bawah (*down stream area*) dapat dibagi menjadi tiga zona (Widjaya Adhi, 1986). Ketiga zona itu adalah: zona I, yang merupakan wilayah pasang surut air asin/payau, zona II, merupakan wilayah pasang surut air tawar, dan zona III adalah wilayah rawa lebak atau daerah bukan pasang surut. Kawasan PLG mempunyai karakteristik ketiga zona tersebut.

Wilayah zona I adalah terdapat dibagian daratan yang bersambungan dengan laut, dimuara sungai besar dan pulau-pulau delta dekat muara sungai besar. Disini pengaruh air pasang surut masih sangat kuat, karena itu sering disebut "*tidal wetland*", yaitu lahan basah yang langsung dipengaruhi oleh pasang air laut/salin. Pada lahan gambut didaerah zona I ini masalah utama adalah salinitas tanah yang tinggi akibat masuknya air laut/asin ke daratan. Wilayah zona II, adalah wilayah rawa berikutnya ke arah hulu sungai, tetapi masih termasuk daerah aliran sungai bagian bawah, namun posisinya lebih kedalam kearah daratan. Di wilayah ini gerakan aliran sungai ke arah laut bertemu dengan energi pasang surut, yang terjadi umumnya dua kali dalam sehari (semidurnal). Karena wilayah ini sudah berada diluar pengaruh air asin, maka yang dominan adalah pengaruh air tawar (*fresh-water*) dari sungai. Tetapi energi pasang surut masih dominan ditandai dengan adanya gerakan air pasang dan air surut di sungai. Pada musim hujan karena volume air sungai meningkat maka gerakan pasang surut ini meningkat jangkauannya kekiri dan kanan sungai besar. Air pasang membawa fraksi debu dan pasir halus ke pinggir sungai sehingga mengendapkan bahan tersebut dalam jangka waktu yang lama dan periodik maka terbentuklah tanggul sungai alam (*natural levee*). Diantara dua sungai besar, seperti di kawasan PLG antara sungai Kahayan dan Kapuas, kearah belakang tanggul sungai, tanah secara berangsur atau mendadak menurun ke arah cekungan dibagian tengah yang diisi tanah gambut. Kebagian tengah lapisan gambut semakin tebal/dalam dan akhirnya membentuk kubah gambut (*peat dome*). Pada musim kemarau dimana volume air mulai menurun, maka pengaruh air asin bisa merambat lebih jauh ke daerah hulu yang jaraknya bisa mencapai puluhan sampai ratusan km tergantung dari bentuk dan lebar estuari di muara sungai dan kelok-kelok sungai. Di kawasan PLG, Kalimantan Tengah, di Sungai Kapuas bisa mencapai 150 km, Sungai Kahayan 125 km, dan Sungai Barito 158 km (Subagjo *et al.* 1998). Permasalah utama dizona ini adalah kemasaman tanah dan air akibat bahan organik yang tereduksi terus menerus. Bila ada besi oksida dan ion-sulfat, dan bahan organik dalam kondisi reduksi maka akan terjadi besi sulfida yang akhirnya akan terbentuk senyawa pirit.

Wilayah zona III adalah wilayah yang sudah jauh masuk kedalam dan pengaruh pasang surut sudah tidak terlihat lagi. Pengaruh sungai besar yang dominan adalah banjir

besar musiman yang menggenangi dataran kiri kanan sungai. Lamanya genangan tergantung posisi lahan di *landcape*, bisa satu bulan sampai enam bulan.

Dinamika Tanah

Dalam garis besarnya lahan rawa terdiri dari tanah aluvial dan gambut. Tanah aluvial dapat merupakan endapan laut (*marine sediment*), endapan sungai (*fluvial sediment*), atau campuran (*fluvio marine sediment*). Selain tanah-tanah diatas menurut Widjaja-adhi (1986), terdapat tanah-tanah peralihan yang tergantung kepada ketebalan dan kadar bahan organik lapisan atas. Tanah itu adalah: 1) Tanah Glei Humik bila berkadar bahan organik tinggi tetapi belum mencapai persyaratan untuk disebut tanah gambut, 2) Glei Bergambut bila lapisan atas memenuhi untuk disebut gambut tetapi ketebalannya tidak memenuhi, yaitu kurang dari 40 cm. Tanah Glei Humik sama dengan tanah Glei Humus rendah, sedangkan Glei Bergambut sama dengan tanah Glei Humus.

Tanah gambut

Tanah di kawasan eks-PLG berupa tanah gambut dengan kedalaman bervariasi dari dangkal sampai sangat dalam (Histosol). Penyebaran gambut tebal (>3 meter) dominan di Blok C, sebagian di Blok B dan Blok A. Gambut tebal tersebut diarahkan sebagai kawasan lindung dan perlu di konservasi. Selain itu dijumpai juga tanah sulfat masam pada seluruh wilayah kerja Proyek PLG, tetapi yang paling luas adalah di Blok D. Menurut Soil Taxonomy USDA, tanah-tanah yang dijumpai di areal eks-PLG adalah jenis Tropohemist, Sulfihemist, Troposaprist adalah kelompok tanah gambut, Fluvaquent, Quartzipsamment (kelompok tanah alluvial/potensial), Sulfaaquept, Sulfaquent, (Kelompok tanah Sulfat Masam). Kedalaman Sulfidik di daerah ini menurut hasil kajian Deptan (2006), bervariasi yaitu dari dangkal (0 – 50 cm), sedang 50 – 100 m, dan dalam > 100 m

Dinamika lahan gambut sangat terkait selain dengan gerakan air juga dengan sifat-sifat tanah gambut itu sendiri seperti sifat fisik, kimia, dan biologi. Sifat fisik tanah gambut yang paling berperan adalah subsidens (penurunan ketebalan gambut), sifat kering tak balik (*Irreversible drying*), dan daya sangga yang rendah disebabkan bobot isi (BD) gambut yang rendah.

Bila pengelolaan lahan gambut tidak berdasarkan atas sifat dan kelakuan inheren gambut menyebabkan terjadinya proses destabilisasi. Proses ini menghasilkan bahan yang tidak tahan terhadap perubahan bentuk atau sifat kimia tanah, dan akibat dari proses destabilisasi ini antara lain menyebabkan meningkatnya laju kehilangan C-organik dari tanah gambut serta berkurang atau hilangnya fungsi gambut sebagai media tumbuh tanaman, seperti melalui proses kering tak balik.

Sifat kimia yang penting terhadap dinamika lahan gambut adalah: ketersediaan unsur hara yang rendah/miskin hara dan kandungan asam-asam organik yang tinggi yang dapat meracuni tanaman. Gambut mempunyai reaksi yang sangat masam, Kapasitas Tukar Kation (KTK) sangat tinggi, tetapi kejenuhan basa sangat rendah. Kondisi ini menyebabkan terhambatnya ketersediaan hara terutama basa-basa K, Ca, Mg, dan unsur mikro seperti Cu, Zn, Mn, dan Fe bagi tanaman. Unsur mikro tersebut terikat dalam bentuk khelat dan asam-asam organik yang meracun itu terutama asam fenolat. Asam fenolat tersebut merupakan hasil biodegradasi anaerob dari senyawa lignin yang dominan dalam kayu-kayuan. Selain masalah sifat fisik dan kimia juga masalah biologi yaitu terjadinya kehilangan unsur C dan N akibat mineralisasi C dan N-organik. Pada lingkungan gambut yang reduktif, laju dekomposisi gambut sangat lambat dan banyak dihasilkan asam organik beracun, kadar CH_4 , dan CO_2 . CH_4 dan CO_2 merupakan gas utama yang menentukan efek rumah kaca atau pemanasan global, oleh sebab itu lahan gambut yang merupakan tempat akumulasi karbon harus dikelola dengan baik supaya tidak menjadi penyebab pemanasan global. Stabilitas gambut sangat dipengaruhi oleh tiga proses yaitu: 1) reduksi dan oksidasi, 2) pengeringan dan pembasahan, dan 3) dekomposisi atau degradasi lignin. Untuk menilai stabilitas gambut biasanya digunakan kriteria yaitu rekalsitrasi, interaksi, dan aksesibilitas. Yang dimaksud dengan rekalsitrasi ialah sifat inheren gambut, seperti: komposisi kimia, gugus fungsi COOH , fenolat-OH, kemasaman tanah, dan pembentukan asam organik. Interaksi adalah penggabungan molekul organik dengan kation-kation polivalen (Fe, Cu, Zn, dan Mn), sedangkan aksesibilitas adalah lokasi dimana bahan gambut terbentuk.

Tanah Aluvial/ Sulfat Masam

Dibawah lapisan gambut sering pula ditemukan tanah aluvial yang mengandung pirit. Tanah aluvial yang berasal dari endapan laut biasanya mengandung mineral pirit. Pembentukan mineral sulfida ini terbentuk dari endapan sungai di pantai yang berkembang menjadi hutan pasang surut. Dekomposisi dalam masa yang padat dari bahan organik menghasilkan kondisi yang anaerob sehingga bakteri pereduksi sulfur menjadi banyak sulfida dihasilkan oleh bakteri tersebut dan terakumulasi dalam ruang pori-pori sebagai H_2S atau bergabung dengan besi membentuk endapan besi sulfida (FeS). Tanah aluvial yang langsung mendapat luapan atau intrusi air laut mempunyai kadar garam tinggi dengan susunan kation tukar: $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Ca}$ atau K. Tanah aluvial yang terkena pengaruh air payau susunan kation tukarnya: $\text{Mg} > \text{Ca} > \text{Na}$ atau K, sedangkan yang tidak terkena air payau atau laut $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na}$ atau K.

Pada wilayah kerja Blok A, beberapa tempat di Lamunti telah terjadi oksidasi pirit menjadi bersifat racun bagi tanaman. Tipologi lahan yang dijumpai pada wilayah ini adalah sulfat masam potensial (SMP), sulfat masam potensial bergambut (SMP-G), Potensial 1 dan 2 (pirit $> 1\text{m}$), dan sulfat masam aktual (SMA).

TEKNOLOGI PENGELOLAAN LAHAN GAMBUT

Pemanfaatan yang tepat, pengembangan yang seimbang dan pengelolaan yang sesuai dengan karakteristik, sifat serta kelakuan lahan rawa, dapat menjadikan lahan rawa sebagai lahan pertanian yang produktif, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

Sejak proyek P4S tahun tujuh puluhan dan dilanjutkan dengan proyek penelitian Badan Litbang Pertanian Swamp I, Swamp II, dan kerjasama dengan Belanda (LAWOO) tahun delapan puluhan, serta Proyek Penelitian Pengembangan Lahan Rawa Terpadu (ISDP), telah menghasilkan banyak teknologi pengelolaan lahan rawa (Suriadikarta dan Abdurachman, 1999). Teknologi itu antara lain adalah teknologi pengelolaan tanah dan air (tata air mikro dan penataan lahan), teknologi ameliorasi tanah dan pemupukan, penggunaan varietas yang adaptif, teknologi pengendalian hama dan penyakit, pengembangan Alsintan, serta pemberdayaan kelembagaan petani. Keberhasilan juga telah banyak dicapai dalam pengembangan lahan rawa pasang surut di beberap[a daerah, yaitu di Kalsel, Kalbar, Sumsel, dan Riau. Kawasan PLG juga dengan inovasi teknologi lahan rawa yang tepat dan berkelanjutan maka diharapkan bisa berkembang seperti kawasan pasang surut lainnya yang telah berhasil menjadi sentra-sentra produksi tanaman pangan, sayuran dan buah-buahan, maupun tanaman perkebunan.

Pengelolaan Tanah dan Air

Teknologi pengelolaan tanah dan air (*soil and water management*) merupakan kunci utama keberhasilan usahatani pertanian di lahan rawa pasang surut. Apabila bisa mengendalikan keluar masuknya air ke lahan maka sudah dapat dipastikan usahatani itu akan mendekati keberhasilan. Sebaliknya bila tata air tidak bisa dikuasai maka kegagalan yang akan diperoleh.

Tata Air Makro

Tata air makro yang dibawah tanggung jawab Kementerian PU, mulai dari saluran primer, sekunder dan tersier sangat mempengaruhi kondisi tanah di lahan pertanian. Pembuatan saluran yang terlalu dalam dan lebar akan mempercepat proses drainase dan pada musim kemarau air tanah cukup dalam sehingga menyebabkan tanah akan menjadi kering. Keadaan ini akan sangat berbahaya untuk tanah gambut dan tanah Sulfat Masam Pada tanah gambut penurunan permukaan air tanah secara berlebihan (*overdrain*) akan menyebabkan gambut mengering tak balik atau mati dan penurunan permukaan tanah gambut (*subsidence*) terlalu cepat. Pada tanah sulfat masam akan menyebabkan terjadinya oksidasi pirit dan pada saat hujan datang terjadi proses pemasaman sehingga dapat meracuni tanaman dan biota lainnya. Oleh karena itu dalam pembuatan saluran harus

betul-betul memperhatikan kondisi fisiografi, topografi dan hidrologi di kawasan pasang surut tersebut. Faktor inilah yang menjadi latar belakang dari kegagalan proyek PLG.

Pembukaan lahan rawa yang ditujukan untuk pengembangan budidaya pertanian khususnya pencetakan sawah melalui Proyek PLG seluas satu juta hektar di Propinsi Kalimantan Tengah, sejak 4 Januari 1996 telah dimulai dengan pembuatan jaringan irigasi yang memotong dan menghubungkan Sungai Sebangau, Sungai Kahayan, Sungai Kapuas dan Sungai Barito serta anak-anak sungainya. Sistem tata air yang di kembangkan pada Kawasan eks-PLG adalah sistem tata air tertutup, artinya air yang masuk dan keluar dari sistem tata air dapat dikontrol untuk optimasi proses pencucian (*leaching*) gambut. Dalam sistem tata air tertutup ini dilengkapi dengan tanggul dan bangunan pintu air.

Menurut laporan Kementerian PU (2002), jaringan irigasi yang telah dibangun hingga saat proyek PLG dihentikan pada tahun 1999, diantaranya: Saluran Primer Induk (SPI) sepanjang 187 km, saluran primer utama (SPU) sepanjang 958,18 km, saluran sekunder (913,28 km), dan saluran tersier (900 km), telah dibangun di daerah kerja Blok A (di Palingkau, Dadahup, dan Lamunti).

Pintu air yang dibangun pada saat proyek PLG berjalan dari tahun 1997 s.d. 1999 sudah tidak berfungsi lagi dan banyak yang sudah dijarah diambil besinya. Kegiatan penyiapan lahan untuk pertanian baru dilakukan di daerah kerja (Blok A), sedangkan untuk Blok B, C dan Blok D belum dilakukan penyiapan lahan dan belum ditempatkan petani transmigran kecuali penempatan lama Pangkoh dan Jabireun. Namun telah dibangun Saluran Primer Utama (SPU) sepanjang 958,18 km.

Perbaikan tataair makro di kawasan PLG satu juta ha, khususnya di wilayah kerja A, sampai saat ini terus dilakukan oleh Kementerian PU, seperti memperbaiki saluran primer, sekunder, dan tersier. Selain itu memperbaiki pintu air di saluran tersier yang rusak dan mengubahnya dari sistem ulir menjadi pintu-pintu tabat yang bisa mengatur kedalaman air di saluran sesuai kebutuhan. Pada daerah banjir seperti di Dadahup telah dibuat tanggul-tanggul untuk menahan banjir pada musim penghujan.

Tata Air Mikro dan Penataan Lahan

Pengelolaan air di tingkat saluran tersier sangat berpengaruh terhadap tata air mikro dilahan pertanian, kesalahan dalam mengatur tata air di saluran tersier akan menyebabkan kegagalan panen karena air tidak sampai ke lahan. Oleh karena itu pengaturan tata air mikro di lahan petani sangat berkaitan dengan tipe luapan air pasang. Jika saluran tersier berada pada tipe luapan A, maka dilahan petani bisa diatur sistem aliran satu arah (*one way flow system*), jika pada tipe luapan B maka dapat diatur sistem aliran satu arah plus tabat, jika pada tipe luapan C maka sistem tabat, dan jika berada pada

tipe luapan D maka dapat dilakukan sistem tabat plus irigasi tambahan dari kawasan tampung hujan yang berada diujung tersiernya (Suriadikarta, *et al.* 1999).

Sistem Aliran Satu Arah adalah air yang masuk dan keluar melalui saluran yang berbeda. Bila satu saluran tersier berfungsi sebagai saluran pemasukan (*in let*), maka saluran tersier sebelahnya berfungsi sebagai saluran pengeluaran (*outlet*). Sedangkan sistem dua arah (*two way flow system*), adalah aliran air yang masuk dan keluar melalui saluran tersier yang sama. Model pintu saluran tersier maupun kwarter pada tipe luapan A biasanya merupakan pintu ayun (*flapgate*), dan pintu pemasukan membuka kedalam, sehingga air pasang dapat masuk. Bila surut pintu menutup maka air tidak dapat keluar. Pintu saluran pengeluaran membuka keluar, sehingga diwaktu air surut air keluar, tetapi diwaktu pasang pintu menutup sehingga air tidak masuk. Saluran kwarter yang merupakan batas kepemilikan lahan perlu ditata sesuai dengan tata air yang dilaksanakan di wilayah tersier tersebut.

Penataan lahan sangat diperlukan untuk dapat meningkatkan produktivitas lahan rawa. Sistem surjan adalah salah satu usaha penataan lahan untuk melaksanakan diversifikasi tanaman di lahan rawa. Guludan dibuat 3 – 5 m dan tinggi 0,5 – 0,6 m, sedang tabukan dibuat dengan lebar 15 m, dengan demikian setiap ha dapat dibuat guludan 6 – 10 dan 5 – 9 tabukan. Tabukan biasanya ditanami padi sawah, sedangkan guludan ditanami palawija, sayuran dan buah-buahan, atau tanaman industri seperti kencur, kopi, dan kelapa. Dalam pengembangan sistem surjan perlu diperhatikan tipologi lahannya dan tipe luapan. Penataan dan pola pemanfaatan lahan rawa pasang surut dianjurkan berdasarkan kepada tipologi lahan dan tipe luapan. Secara umum bahwa lahan dengan tipe luapan A dianjurkan ditata sebagai sawah, sedangkan untuk tipe luapan B ditata sebagai sawah sistem surjan. Lahan dengan tipe luapan C ditata sebagai sawah tadah hujan atau surjan bertahap dan lahan dengan tipe luapan D sebagai sawah tadah hujan atau tegalan atau perkebunan. Penataan lahan selain memperhatikan tipologi lahan dan tipe luapan. Untuk tanah gambut harus memperhatikan lapisan di bawah gambut (bahan substratum), bisa pasir kuarsa, atau tanah sulfat masam, bila demikian maka lapisan di atasnya harus dipertahankan.

Sistem surjan mempunyai beberapa keuntungan yaitu: 1) stabilitas produksi lebih mantap, terutama untuk tanaman padi ditabukan; 2) intensitas tanam lebih tinggi, dan 3) diversifikasi tanaman sekaligus dapat terlaksana (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 1993). Ukuran surjan tergantung kepada tipologi lahan, tipe luapan, kedalaman pirit, dan kedalaman air tanah. Hasil penelitian penerapan drainase (saluran cacing) di tabukan menunjukkan adanya korelasi yang nyata antara jarak saluran cacing dengan perubahan pH tanah, yang akhirnya berpengaruh terhadap produksi tanaman padi. Pada lahan yang saluran cacing terlalu jarang (12 m) jaraknya intensitas keracunan besi lebih tinggi, dan produksi lebih rendah dibandingkan dengan lahan yang saluran

cacingnya lebih rapat. Oleh karena itu pada lahan yang ditata dengan sistem surjan, maka pada lahan tabukan dianjurkan untuk membuat saluran cacing sedalam 20 cm dengan jarak interval 6 m, dan dibuat pula saluran keliling. Untuk memperlancar pencucian maka sebaiknya dilakukan pencucian petakan setiap 2 minggu. Pengembangan tata air mikro di lahan gambut dalam jangka panjang perlu dikembangkan agar lahan terhindar keracunan besi dan unsur-unsur bahan beracun lainnya seperti asam-asam organik agar terjadi peningkatan produktivitas lahan yang nyata.

Teknologi Pengelolaan Lahan

Teknologi pengelolaan lahan di rawa pasang surut meliputi pengolahan tanah, ameliorasi dan pemupukan.

Pengolahan Tanah

Pengolahan tanah untuk penyiapan lahan diperlukan untuk memperbaiki kondisi lahan agar menjadi seragam dan rata melalui penggemburan atau pelumpuran dan perataan tanah, juga untuk mempercepat proses pencucian bahan beracun dan pencampuran bahan ameliorasi dan pupuk dengan tanah. Pengolahan tanah yang secara konsisten memberikan hasil baik dari segi fisik lahan maupun hasil tanaman adalah pengolahan tanah dengan bajak singkal diikuti dengan rotari memakai traktor tangan. Pada tanah mineral yang keras dan berbongkah atau pada lahan bergambut sebaiknya tanah diolah sampai gembur atau melumpur dengan mencampurkan lapisan gambut dan tanah mineral dibawahnya (Djajusman *et al.* 1995). Pengolahan tanah ini diperlukan untuk lahan gambut atau lahan rawa pasang surut yang di sawahkan. Bila lahan sudah rata dan bersih dari bekas akar-akar kayu maka penanaman berikutnya dapat dilakukan dengan pengolahan tanah minimum (minimum/zero tillage). Hal ini akan sangat mengurangi biaya produksi yang dikeluarkan oleh petani.

Ameliorasi dan Pemupukan

Pemberian bahan ameliorasi dan pupuk memegang peranan penting dalam rangka meningkatkan kualitas dan produktivitas lahan pasang surut, mengingat kondisi lahannya yang masam dengan tingkat kesuburan tanah alami rendah. Berbagai macam bahan ameliorasi dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas lahan, antara lain: dolomit, abu sekam, atau abu gergajian, tanah mineral, abu volkan dan lumpur laut. Abu sekam dan abu gergajian, dan limbah tanaman mempunyai keunggulan dengan yang lain karena harganya relatif murah dan tersedia setempat (Suriadikarta, *et.al.*, 1999). Untuk mengatasi asam-asam organik yang meracun pada tanah gambut yang disawahkan telah banyak dilakukan penelitian oleh para peneliti bidang kesuburan tanah seperti penggunaan tanah mineral berkadar besi tinggi dan terak baja. Penggunaan kation besi tiga (Fe_3^+) dan

zeolit serta penggunaan dolomit dan *Rock Phosphate*. Penggunaan lumpur laut dan kapur, untuk tanah gambut lahan kering yang ditanami tanaman kedelai. Hasil penelitian di laboratorium menunjukkan bahwa bahan amelioran yang baru untuk tanah gambut yaitu abu terbang mempunyai harapan untuk digunakan karena dapat meningkatkan pH, P, kadar basa-basa (K, Na, Ca, Mg), dan kejenuhan basa meningkat, namun masih perlu diuji di lapangan.

Tanaman yang ditanam di lahan gambut atau sulfat masam sering tanggap terhadap pemupukan N, P, K, dan unsur mikro terutama Cu (Widjaya Adhi, 1976, *dalam* Suriadikarta, *et al.* 1999). Oleh karena itu setelah bahan amelioran diberikan maka harus diikuti dengan pemupukan pupuk anorganik seperti Urea, SP-36, dan KCl, kemudian unsur mikro Cu (Terusi 20 kg ha⁻¹), dan Zn. Pemberian Zn dilakukan dengan cara perendaman benih padi kedalam larutan Zn SO₄ 5% sebelum bibit ditanam. Hasil penelitian di lahan rawa pasang surut telah ditemukan dosis-dosis anjuran untuk beberapa komoditi sesuai dengan tipologi lahanya. Untuk tanaman padi pada lahan potensial berkisar antara 45-45-50 sampai 90-45-50 kg ha⁻¹ (N-P₂O₅-K₂O), sedangkan untuk lahan sulfat masam dan bergambut adalah 90 kg N ha⁻¹, 45 kg P₂O₅ ha⁻¹, dan 75 kg K₂O ha⁻¹. Pupuk N berupa Urea prill diberikan 3 kali, yaitu 1/3 dosis pada saat tanam, 1/3 pada umur tanaman 28 hari setelah tanam, dan sisanya pada umur tanaman 42 hari setelah tanam. Pupuk P dan K diberikan sekaligus pada waktu tanam.

Untuk tanaman jagung secara umum yang dianjurkan adalah: 67,5 kg N ha⁻¹, 90 kg P₂O₅ ha⁻¹, dan 50 kg K₂O ha⁻¹. Selain itu untuk tanah gambut perlu ditambahkan Zn SO₄ dan CuSO₄ masing-masing sebanyak 5 – 10 kg ha⁻¹. Pemupukan untuk tanaman kedelai yang dianjurkan adalah 22,5 kg N ha⁻¹, 45 kg P₂O₅ ha⁻¹, dan 50 kg K₂O ha⁻¹, sedangkan untuk kacang tanah adalah 22,5 kg N ha⁻¹, 90 kg P₂O₅ /ha, dan 50 kg K₂O ha⁻¹. Untuk kacang hijau sama dengan untuk tanaman kedelai, namun untuk tanaman kedelai perlu ditambahkan *Rhizobium* (legin/nitrogen) sebanyak 15 g kg⁻¹ benih. Untuk tanaman sayuran diperlukan bahan amelioran sebelum dilakukan pemupukan seperti kapur, dolomit, dan kompos. Takaran bahan amelioran dan pupuk sangat bervariasi tergantung jenis tanaman sayuran yang ditanam. Seperti untuk cabai keriting pada lahan gambut dangkal atau bergambut diperlukan 2 t kapur ha⁻¹ dan 4 t ha⁻¹ pupuk kandang, dengan pupuk 60 kg N ha⁻¹, 120 kg P₂O₅ ha⁻¹, dan 50 kg K₂O ha⁻¹.

Varietas yang adaptif

Varietas tanaman yang ditanam di lahan gambut sebaiknya tanaman yang adaptif untuk mengurangi input sarana produksi yang dibutuhkan sehingga terjadi efisiensi biaya. Menurut Sabiham (2006), diusulkan ada dua pendekatan dalam mengusahakan tanaman di lahan gambut, yaitu: 1) pendekatan pada kondisi drainase alami. Pada kondisi drainase alami tanaman yang adaptif adalah padi jenis lokal, dan sagu dari spesies rawa gambut

yaitu *Metroxylon sago*, 2) pendekatan pada kondisi drainase buatan. Pada kondisi ini ada dua pendekatan yaitu, kedalaman muka air tanah (40 – 60 cm) tanaman yang baik untuk kondisi seperti ini adalah: padi, sayuran, buah-buahan, dan rumput sebagai pakan ternak, dan pada kedalaman air tanah > 60 cm – 100 cm adalah: kelapa sawit, kelapa, dan karet yang diusahakan dalam bentuk perkebunan, dan *Accasia crasicarpa* yang diusahakan dalam Hutan Tanaman Industri. Hasil penelitian di lahan gambut, khususnya lahan bergambut sampai gambut dangkal, ada beberapa varietas padi yang adaptif antara lain: Kapuas, Cisanggarung, Sei Lilin, IR-42, Lematang, dan Cisadane (Badan Litbang, 1993). Selain varietas diatas ada beberapa varietas baru yang dapat dikembangkan di lahan gambut yang telah diuji coba di kawasan PLG sejuta ha adalah: Indragiri, Punggur, Margasari, Martapura, Air Tenggulang, Lambur, dan Mendawak. Produksinya dari varietas-varietas padi di atas itu cukup tinggi sekitar 4 – 6 t ha⁻¹ GKP, yang umumnya tahan terhadap penyakit blas, dan sebagian tahan terhadap hawar daun, seperti varietas Punggur, dan Air Tenggulang. Selain tanaman padi unggul, juga ada padi lokal seperti: Talang, Ceko, Mesir, Jalawara, Siam Lemo, Siam Unus, Siam Pandak, Semut, Pontianak, Sepulo, Pance, Salimah, Jambi Rotan, dan Tumberan, dengan potensi hasil antara 2 – 3 t ha⁻¹ GKP, dan dengan umur 120 – 150 hari. Selain tanaman padi juga telah diteliti beberapa varietas tanaman palawija, sayuran dan buah-buahan yang adaptif di lahan gambut. Tanaman palawija antara lain: kedelai varietas Wilis, Rinjani, Lokon, Dempo Galunggung, Slamet, Lawit, dan Kerinci, dengan produksi rata-rata antara 1,5 – 2,4 t ha⁻¹. Untuk tanaman jagung varietas Arjuna, Kalingga, Wiyasa, Bisma Bayu, Antasena, C-3, C-5, Semar, Sukmaraga, H-6, dan Bisi-2, dengan rata-rata hasil 4 – 5 t ha⁻¹. Untuk tanaman kacang hijau adalah varietas: Betet, Walik, dan Gelatik dengan rata-rata hasil 1,5 t ha⁻¹, sedangkan untuk kacang tanah varietas yang adaptif cukup banyak yaitu: Gajah, Pelanduk, Kelinci, Singa, Jerapah, Komodo, dan Mahesa dengan rata-rata hasil 1,8 – 3,5 t ha⁻¹ (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2003).

Tanaman sayuran juga banyak yang menunjukkan kesesuaian di lahan gambut seperti: cabai, tomat, terung, kubis, kacang panjang, buncis, timun, bawang merah, sawi, selada, bayam, dan kangkung. Untuk tanaman buah-buahan adalah semangka, dan nenas. Tanaman industri juga ada yang bisa berkembang di lahan gambut antara lain jahe dan kencur, kelapa dalam, dan kelapa sawit.

Alat dan Mesin Pertanian

Salah satu alternatif pemecahan masalah tenaga kerja di lahan pasang surut atau lahan gambut adalah penerapan alat mesin pertanian (Alsintan) pra dan pasca panen, baik yang digerakkan oleh tenaga kerja maupun motor penggerak. Penggunaan alsintan ini bertujuan untuk mengatasi kekurangan tenaga kerja dan efisiensi usahatani, menekan kehilangan hasil, dan perbaikan mutu hasil terutama pada kegiatan penyiapan lahan, penanaman, dan panen serta penanganan pasca panen dalam mencapai pengembangan

agroindustri pedesaan. Sebelum Alsintan ini dapat diterapkan maka perlu dilakukan pengujian dahulu meliputi pengujian dan modifikasi beberapa alsintan pra dan pasca panen, agar lebih sesuai dengan ekosistem setempat. Namun dalam pengembangan alsintan memerlukan persyaratan tertentu, baik teknis maupun sosial ekonomi. Pengembangan alsintan di lahan rawa ditentukan oleh faktor biofisik lahan, seperti kekerasan tanah, sisa tunggul kayu, jenis vegetasi permukaan, kedalaman gambut, dan lapisan pirit, bekas parit alam atau bekas nipah. Pada pelaksanaannya berdasarkan prinsip *location spesific technology* dengan tetap mengacu pada azas selektif. Pada awalnya petani transmigran di lahan gambut menggunakan tenaga manusia sebagai penarik bajak untuk mengolah tanahnya, namun hasilnya belum sesuai untuk pertumbuhan tanaman padi. Pengolahan tanah di lahan gambut pasang surut, selain untuk menggemburkan tanah dan pengendalian gulma, juga untuk pelumpuran. Pelumpuran yang baik dapat meningkatkan daya menahan air, khususnya yang dikelola sebagai sawah.

Hasil observasi dilapangan memperlihatkan bahwa kemampuan kerja ternak sapi untuk membajak tanah satu kali adalah 10 jam ha⁻¹ dengan 4 – 5 jam hari⁻¹, dan sesuai dikembangkan untuk lahan yang bertipe luapan B, C, dan D atau yang berlumpur dangkal dan lahan siap olah. Sedangkan hasil pengujian berbagai tipe traktor pada lahan pasang surut bertipe luapan B/C, kebutuhan waktu kerja pengolahan tanah sampai siap tanam adalah 19 jam ha⁻¹ untuk traktor tangan lokal; 25,25 jam ha⁻¹ untuk traktor tangan impor (tipe rotari); dan 20,5 jam ha⁻¹ untuk traktor mini impor. Sedangkan untuk lahan bertipe luapan A dan B masing-masing 18 jam ha⁻¹ dan 15 jam ha⁻¹ untuk traktor tangan lokal dan impor.

Untuk meningkatkan kemampuan dan hasil kerja ternak sapi, telah dirakit dan diuji berbagai alat pengolah tanah yang lebih baik. Pada pengolahan tanah sistem kering, garu pisau dan garu piringan dapat dianjurkan untuk mengganti garu tradisional. Pada pengolahan sistem basah dianjurkan pemakaian glebeg, terutama yang bermata trapesium, karena menghasilkan pelumpuran yang paling baik.

KESIMPULAN

Dari uraian sebagaimana diungkapkan diatas dapat diambil kesimpulan hal-hal sebagai berikut:

1. Pemerintah dalam hal ini Kementerian Pertanian melalui hasil penelitian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian telah cukup tersedia teknologi pengelolaan lahan untuk menangani lahan pasang surut dan rawa lebak termasuk tanah gambut.
2. Kawasan lahan gambut satu juta ha eks PLG di kalimantan Tengah, termasuk wilayah pasang surut air tawar yang mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai kawasan budidaya pertanian dan kawasan konservasi yang berlandaskan kepada

Keppres no 32 tahun 1990, Keppres no 80 tahun 1999, dan Undang-undang no. 26, tahun 2007.

3. Kawasan budidaya pertanian dilaksanakan pada kawasan gambut < 3 m, yang dapat dikembangkan untuk lahan sawah, perkebunan, perikanan, dan hutan tanaman industri (HTI) dengan berdasarkan kepada kriteria kesesuaian lahan untuk penggunaan lahan. Kawasan konservasi berada pada wilayah gambut dengan ketebalan > 3 m. Kawasan konservasi ini selain gambut tebal > 3 m, juga daerah-daerah tertentu yang mempunyai keanekaragaman hayati (flora dan fauna), dan dibawah gambut lapisan sulfidik dan atau pasir kuarsa.
4. Pembukaan lahan pasang surut harus dilakukan melalui perencanaan yang matang, dan hati-hati, karena lahan pasang surut merupakan lahan yang rapuh (*fragile*) mudah berubah dan tidak bisa dikembalikan ke alam aslinya. Karena itu dibutuhkan data biofisik lingkungan yang lengkap, bukan sekadar asumsi dan perlu ditunjang dengan analisis dampak lingkungan yang handal. Pemahaman terhadap kondisi sosial budaya masyarakat lokal perlu dipertimbangkan dalam perencanaan dan program aksi.
5. Rehabilitasi dan revitalisasi lahan gambut eks PLG ini perlu dilaksanakan karena potensi untuk pengembangan pertanian cukup besar, yaitu dari luas lahan 1.133.607 ha (Blok A, B, C, D) yang sesuai untuk pertanian adalah 475.538 ha atau 41,95%, perikanan 30.027 ha atau 2,65%, kehutanan (HTI) 107.691 ha atau 9,50%. Untuk konservasi dan lindung (cagar alam) seluas 520.351 ha atau 45,90%.
6. Diperlukan *master plan* tata ruang kawasan eks PLG untuk menetapkan kawasan budidaya, hutan tanaman industri, dan kawasan konservasi dan lindung.
7. Untuk melaksanakan rehabilitasi kawasan eks PLG diperlukan program penanganan yang terpadu antara pemerintah pusat dan daerah, yang didukung oleh swasta dan lembaga masyarakat (LSM). Program penanganan yang diperlukan adalah program aksi untuk kawasan konservasi dan lindung, kawasan budidaya baik yang sudah ada maupun yang akan dikembangkan, dan pemberdayaan masyarakat lokal dan transmigrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2003. Panduan ekspose Nasional Pertanian Lahan Rawa Pasang Surut. Barito Kuala, 30- 31 Juli 2003.
- Deptan, 2006. Kajian arehabilitasi dan Reklamasi Lahan Gambut Sejuta Hektar. Biro Perencanaan Sekretariat Jendral Departemen Pertanian, Jakarta, 2006.
- Djayusman M, S. Sastraatmaja, IG. Ismail, dan IPG Widjaja Adhi. 1995. Penataan lahan dan pengelolaan air untuk meningkatkan produktivitas tanah sulfat masam.

- Sabiham, S. 2006. Pengelolaan Lahan Gambut Indonesia Berbasis Keunikan Ekosistem. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Pengelolaan Tanah. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, 16 September 2006.
- Subagjo, H., dan Widjaja Adhi, 1998. Peluang dan kendala penggunaan lahan rawa untuk pengembangan pertanian di Indonesia: kasus Sumatera Selatan dan Kalimantan Tengah. Makalah Utama Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat, 10 Pebruari 1998 di Bogor.
- Suriadikarta, D.A., dan A. Abduracham. 1999. Penelitian Teknologi Reklamasi untuk Meningkatkan Produktivitas tanah Sulfat Masam Potensial. Pro. Temu Pakar dan lokakarya Nasional Desiminasi Optimasi Pemanfaatan Sumber Daya Lahan Rawa, Jakarta 23 – 26 Nopember 1999.
- Suriadikarta, D.A., H. Supriadi, H. Malian, Desmiyati. Z., Suwarno, M. Januwati, dan Anang H.K. 1999. Kesiapan Teknologi dan Kendala Pengembangan Usahatani Lahan Rawa. Prosiding Temu Pakar dan Lokakarya Nasional Desiminasi dan Optimasi Pemanfaatan Sumber Daya Lahan Rawa. Jakarta, 23-26 Nopember 1999.
- Widjaja Adhi. IPG., 1986. Pengelolaan lahan rawa pasang surut dan lebak. Jurnal Badan Litbang Pertanian V (1): 1 – 9.

¹Ai Dariah, ³Erni Susanti, ²Anny Mulyani, dan ¹Fahmuddin Agus

¹Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

²Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

³Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Agroklimate dan Hidrologi Jl. Tentara Pelajar No. 1 Bogor 16111

Abstrak. Pengukuran simpanan karbon pada lahan gambut penting dilakukan selain untuk menginventarisasi besarnya simpanan karbon, juga untuk monitoring besarnya perubahan simpanan karbon sebagai dampak perubahan sistem pengelolaan lahan. Selama ini simpanan karbon pada lahan gambut ditetapkan berdasarkan data yang didapat dari hasil pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan (khususnya untuk parameter kedalaman atau ketebalan lapisan gambut) dan hasil analisis di laboratorium (untuk bulk density, kadar air, dan kadar karbon). Untuk mendapatkan keseluruhan data tersebut dibutuhkan waktu dan biaya pengamatan, pengambilan sample dan analisis laboratorium yang relatif lama dan mahal. Adanya hubungan yang erat antara beberapa variable tertentu seperti ketebalannya kematangan gambut dengan besarnya simpanan karbon membuka peluang untuk dapat menduga atau memprediksi besarnya simpanan karbon di lahan gambut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan faktor penduga (*proxy*) simpanan karbon dalam tanah gambut. Penentuan faktor penduga simpanan karbon dilakukan dengan menggunakan data hasil pengamatan gambut di Pulau Sumatera dan Kalimantan. Berdasarkan data hasil pengamatan dan analisis gambut di 248 titik pengamatan di Pulau Sumatera (Aceh, Jambi, dan Riau) dan Pulau Kalimantan (Kalimantan Tengah, Kalimantan Barat, dan Kalimantan Selatan) menunjukkan hubungan antara kedalaman gambut dan simpanan gambut dalam bentuk persamaan sebagai berikut: $Y = 5,534X$, dimana Y =simpanan C (tha^{-1}), X =kedalaman/ketebalan gambut (cm), dengan nilai $R^2=0,68$. Selain kedalaman gambut, faktor lainnya yang dominan menentukan besarnya simpanan C dalam tanah gambut adalah kematangan gambut. Semakin matang gambut, simpanan C per volume tertentu (C-density) semakin tinggi, rata-rata kandungan karbon dalam tanah gambut dengan kematangan fibrik, hemik, dan saprik berturut-turut adalah 0,049, 0,061, dan 0,084 t m^{-3} . Lebih tingginya kerapatan C pada gambut yang lebih matang lebih dominan dipengaruhi BD gambut. Selain karena proses pematangan gambut, perubahan BD gambut juga bisa disebabkan oleh konsolidasi bahan gambut akibat proses drainase atau adanya perubahan beban/tekanan di permukaan gambut. Oleh karena itu, dalam monitoring emisi berdasarkan pengurangan ketebalan gambut (*subsidence*), perubahan tingkat kematangan dan BD merupakan faktor yang penting untuk diamati.

Katakunci: Simpanan, karbon, gambut

Abstract. Measurement of carbon stock in peatlands is required in addition to inventory the amount of carbon stock, as well as for monitoring changes in carbon stocks as a result of changes in land management system. Carbon stock in peatlands are usually measured

based on data obtained from direct observations and measurements in the field (especially for depth or thickness of peat layer) and the results of laboratory analysis (for bulk density, moisture and carbon content). To obtain these data takes a relatively long time and costs (observations, sampling, and laboratory analysis) are relatively expensive. The relationship between some specific variables such as thickness and maturity of the peat with the magnitude of carbon stock opportunities in order predict amount of carbon stock in peatlands. This study aims to determine the factors probe (proxy) of carbon stock in peatland. Determination of carbon storage estimators performed using the data of observations of peat in Sumatra and Kalimantan. Based on the observations and analysis of peat at 248 observation points Sumatra Island (Aceh, Jambi and Riau) and Kalimantan Island (Central Kalimantan, West Kalimantan and South Kalimantan) shows the relationship between the depth of peat and peat deposits in the form of the equation as follows: $Y = 5.534 X$, where $Y = \text{savings } C \text{ (t ha}^{-1}\text{)}$, $X = \text{depth / thickness of the peat (cm)}$, with a value of $R^2 = 0.68$. Another factor which determines the C deposit in peat deposits is the maturity of the peat. The average content carbon content in peat soils with a maturity fibrik, hemik, and Saprik respectively 0.049, 0.061, and 0.084 t m⁻³. C density is higher in more mature peat. C density of peat predominantly influenced by BD. In addition to its maturation process of peat, change of BD can also be caused by the consolidation of the peat material as a result of the drainage process or change in the load/pressure at the surface of the peat. Therefore, the monitoring of emissions by reducing the thickness of the peat (subsidence), then change the level of maturity and BD is an important factor to be observed.

Keywords: stock, carbon, peat, proxy

PENDAHULUAN

Simpanan karbon pada lahan gambut bisa mencapai lebih 3.000 t ha⁻¹. Variasi simpanan karbon dalam lahan gambut sangat ditentukan oleh faktor kedalaman/ketebalan gambut, kematangan gambut, bulk density (BD gambut), kadar abu, dan vegetasi yang tumbuh di atasnya. Proporsi simpanan karbon (*stock carbon*) dalam tanah gambut (*below ground C-stock*) jauh lebih dominan dibanding dengan simpanan karbon dalam biomas tanaman (*above ground C-stock*). Hasil penelitian Dariah et al. (2009) di Kalimantan Barat menunjukkan proporsi simpanan karbon dalam biomas tanaman hanya berkisar antara 0,5-3% dari total simpanan karbon.

Dalam kondisi alaminya (vegetasi hutan alami dan tergenang), lahan gambut dapat berperan sebagai penambat karbon. Proses penambatan berkisar antara 0-3 mm gambut per tahun atau setara dengan penambatan 0,0- 5,4 ton CO₂ /ha/tahun (Agus, 2009). Sehingga dalam kondisi yang dinilai paling ideal, satu meter gambut terbentuk dalam jangka waktu 1000-2000 tahun. Diperkirakan lahan gambut yang ada sekarang mempunyai umur 3.000-28.000 tahun (Rieley et al. 2008).

Simpanan karbon lahan gambut bersifat sangat labil, perubahan kondisi alami lahan gambut menyebabkan karbon menjadi mudah teremisi dalam bentuk gas rumah

kaca, menyebabkan simpanan karbon berkurang, sementara konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer semakin bertambah. Dalam keadaan hutan alam, lahan gambut mengeluarkan emisi antara 20-40 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹ (Rieley *et al.* 2008). Sebagai perbandingan hasil penelitian yang dilakukan di Kalimantan Barat dan Tengah menunjukkan emisi dari lahan gambut yang telah digunakan untuk lahan pertanian berkisar antara 45-131 t CO₂/ha/tahun, terdapat indikasi bahwa kedalaman drainase menjadi faktor dominan yang menentukan besarnya emisi (Agus *et al.* 2009, 2010). Dalam periode 18 tahun terakhir, secara global emisi CO₂ dari lahan gambut yang didrainase telah meningkat lebih dari 20%, yaitu dari 1.058 Mton pada tahun 1990 menjadi 1.298 Mton pada tahun 2008. Notohadiprawiro (2006) menyatakan bahwa penggunaan lahan gambut untuk pertanian dapat menyebabkan terjadinya perubahan fungsi gambut dari penambat menjadi pelepas karbon. Oleh karena itu, pengukuran simpanan karbon di lahan gambut penting untuk dilakukan selain untuk inventarisasi besarnya simpanan karbon juga untuk monitoring perubahan simpanan karbon sebagai dampak dari suatu sistem pengelolaan lahan.

Selama ini simpanan karbon pada lahan gambut ditetapkan berdasarkan data yang didapat dari hasil pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan (khususnya untuk parameter kedalaman atau ketebalan lapisan gambut) dan hasil analisis di laboratorium (untuk bulk density/BD, kadar air, dan kadar karbon) (Agus, 2009). Untuk mendapatkan keseluruhan data tersebut dibutuhkan waktu dan biaya pengamatan, pengambilan sample, dan analisis laboratorium yang relatif lama dan mahal. Adanya hubungan yang erat antara beberapa variable tertentu seperti ketebalan dan kematangan gambut dengan besarnya simpanan karbon membuka peluang untuk dapat menduga atau memprediksi besarnya simpanan karbon di lahan gambut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan faktor penduga (*proxy*) simpanan karbon dalam tanah gambut.

BAHAN DAN METODE

Data yang digunakan bersumber dari berbagai hasil penelitian khususnya yang berhubungan dengan pengukuran stock atau simpanan karbon pada lahan gambut, yaitu:

- a. *Assessment of Carbon Stock and Emission from peatland* di Krueng Tripa, Pesisir Selatan, Sumatera Barat dan Kabupaten Nunukan Kalimantan Timur.
- b. Penggunaan lahan gambut: Trade off antara Emisi CO₂ dan Keuntungan Ekonomi di Provinsi Kalteng (Agus *et al.* 2010)
- c. Pemanfaatan Lahan Gambut di Kabupaten Pontianak dan Kubu Raya, Kalimantan Barat.
- d. Simpanan karbon di empat lokasi kegiatan ICCTF.
- e. Stok karbon pada demplot penelitian kelapa sawit di Siak Kecil, Kabupaten Bengkalis (Dariah *et al.* 2010)

- f. Hasil penelitian ReGrIn di Aceh (Maswar *et al.* 2011)
- g. Hasil penelitian REDD ALERT di Riau (Agus *et al.* 2010)

Kegiatan ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yaitu (a) kompilasi data dan studi literatur, (b) pengolahan dan analisis data, dan (c) validasi model. Data stock karbon lahan gambut dikompilasi dari data karakteristik lahan gambut yang saat ini tersebar di berbagai sumber data. Data yang terkumpul dalam dua format yaitu data spasial dan tabular. Data tabular dari berbagai sumber disusun dalam format excel sesuai dengan format, atribut dan struktur data yang telah ditetapkan. Data/informasi yang dihimpun menjadi basisdata di antaranya adalah koordinat, lokasi, ketebalan gambut, jenis/tingkat kematangan, sifat fisik-kimia, penggunaan lahan, stock karbon dan emisi CO₂. Berdasarkan data yang tersedia dilakukan analisis hubungan kematangan dan ketebalan gambut dengan stock karbon, sehingga didapat faktor penduga atau proxi simpanan karbon dalam tanah gambut, selanjutnya didapat model atau persamaan yang dapat digunakan untuk menduga simpanan karbon dalam tanah gambut.

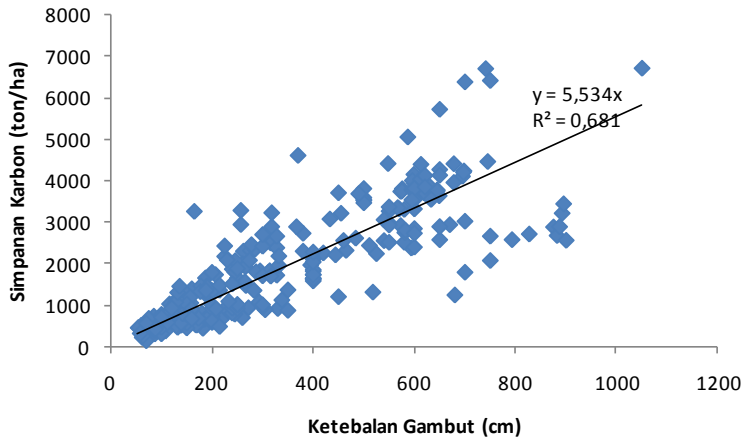
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kedalaman sebagai faktor penentu simpanan C dalam tanah gambut

Berdasarkan hasil pengamatan di 281 titik pengamatan, variasi simpanan karbon dalam tanah gambut berkisar antara 162 t ha⁻¹ (di Kabupaten Banjarbaru, Kalimantan Selatan) sampai dengan 6.390 t ha⁻¹ (di Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah). Simpanan karbon tertinggi yaitu 6.390 t ha⁻¹ didapat dari gambut dengan kedalaman tertinggi yaitu >10 m, sedangkan simpanan C terendah, yaitu 162 t ha⁻¹ didapat dari tanah gambut paling dangkal atau ketebalan <1m (62 cm). Hal ini mengindikasikan bahwa simpanan karbon dalam tanah gambut sangat ditentukan oleh kedalaman/ketebalan gambut. Keeratan hubungan antara kedalaman gambut dan besarnya simpanan karbon dalam tanah gambut ditujukan Gambar 1.

Berdasarkan sistem klasifikasi tanah (*Soil Survey Staff*, 2010) tanah dapat dikategorikan sebagai tanah gambut (Histosol) jika mempunyai ketebalan gambut >60 cm. Berdasarkan persamaan pada Gambar 1, gambut dengan ketebalan 60 cm memiliki simpanan karbon sekitar 332 t.ha⁻¹. Namun demikian, meskipun tanah dengan kedalaman gambut <60 cm belum dapat digolongkan sebagai Histosol, namun dari segi simpanan karbon masih jauh lebih tinggi dibanding simpanan karbon dalam tanah mineral di daerah tropika, yang berkisar antara 20-80 t.ha⁻¹. Proporsi simpanan C tanah gambut dengan kedalaman sekitar 60 cm juga masih lebih tinggi dibanding yang mampu ditambah biomassa tanaman yang dapat menambat C dalam jumlah tinggi, sebagai perbandingan

jumlah karbon yang tersimpan dalam hutan primer rata-rata $<300 \text{ t ha}^{-1}$ atau berkisar antara $233,7\text{-}299,0 \text{ t ha}^{-1}$ (Lasco, 2002; Hairiah *et al.* 2001; Mackinnon *et al.*, 1996). Selain faktor kedalaman gambut terdapat faktor lainnya yang dapat dipertimbangkan dalam menduga simpanan karbon dalam tanah gambut diantaranya kematangan.



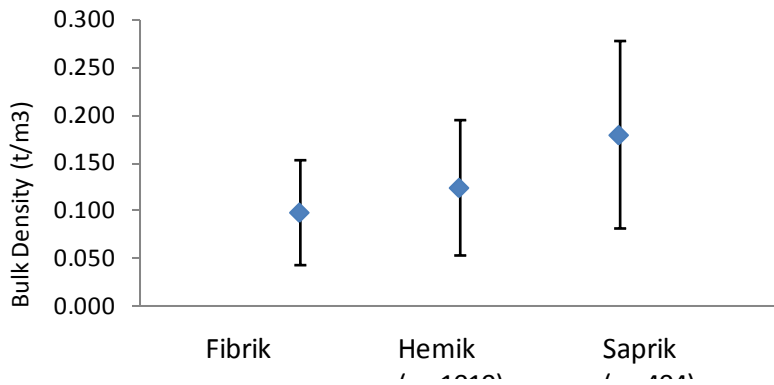
Gambar 1. Hubungan antara simpanan karbon dan kedalaman tanah gambut

Pengaruh kematangan terhadap simpanan karbon dalam tanah gambut

Tingkat kematangan gambut dapat ditetapkan langsung di lapangan dengan relatif mudah, sehingga jika ada keeratan hubungan antara tingkat kematangan dan simpanan karbon dalam tanah gambut, maka variable ini bisa digunakan sebagai salah satu faktor penduga simpanan karbon dalam tanah gambut.

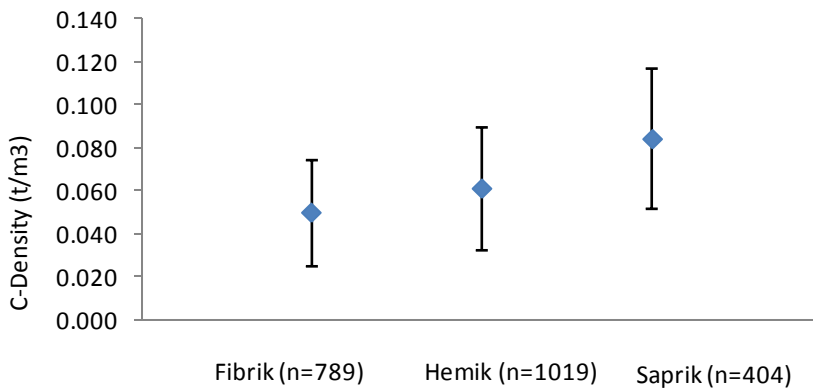
Setelah mengalami proses pematangan, umumnya gambut mengalami pemadatan (terjadi peningkatan BD), salah satunya disebabkan oleh ukuran partikel bahan organik yang menjadi lebih halus. Gambar 2 menunjukkan rata-rata BD gambut pada tingkat kematangan saprik, hemik dan fibrik berturut-turut adalah $0,178$; $0,123$; $0,097 \text{ t m}^{-3}$.

Perubahan BD gambut berdampak terhadap perbedaan kerapatan karbon/C-density (kandungan karbon per volume tertentu). Gambar 3 menunjukkan rata-rata kerapatan karbon atau karbon density pada tingkat kematangan fibrik, hemik, dan saprik berturut-turut adalah $0,049$; $0,061$; dan $0,084 \text{ t m}^{-3}$. Page *et al.* (2002) menyatakan rata-rata besarnya simpanan karbon sebesar 600 t C ha^{-1} atau setara dengan $0,06 \text{ t m}^{-3}$. Berdasarkan hasil penelitian ini, nilai tersebut berlaku jika tingkat kematangan gambut didominasi hemik.



Gambar 2. Rata-rata BD (bulk density) gambut pada tiga tingkat kematangan

Selain karena pengaruh peningkatan BD, kemungkinan lain yang dapat menyebabkan terjadinya peningkatan *C-density* adalah peningkatan kadar C-organik. Namun berdasarkan hasil tabulasi lebih dari 1.400 data pengamatan, rata-rata kandungan karbon justru mengalami penurunan dengan bertambahnya tingkat kematangan gambut, artinya proporsi bahan organik berkurang akibat terjadinya proses dekomposisi, sementara proporsi bahan non organik (ditunjukkan kadar abu) bertambah (Tabel 1). Pengurangan kadar C selama proses dekomposisi terjadi karena sebagian C teremisi baik dalam bentuk CO₂ maupun CH₄, dan pengurangan kadar C sebanyak 1% merupakan jumlah yang signifikan.



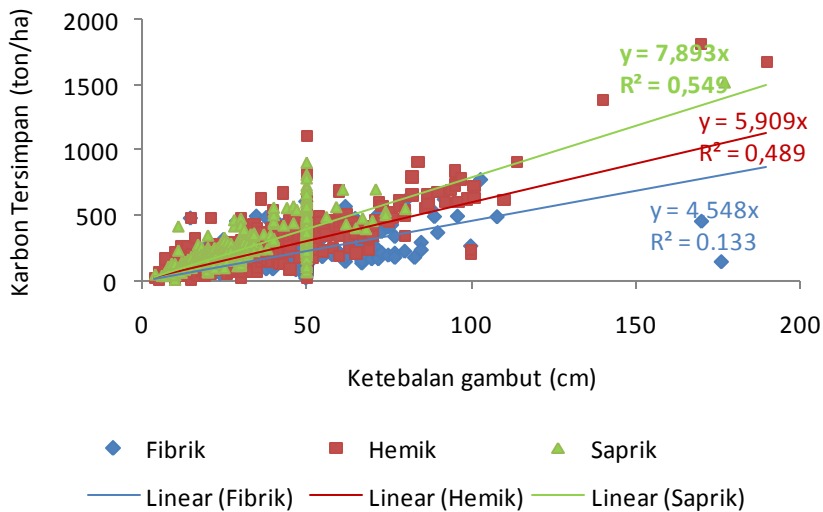
Gambar 3. Karbon density pada berbagai tingkat kematangan gambut

Tabel 2. Rata-rata dan standard deviasi sifat gambut di Sumatera dan Kalimantan

Sifat Gambut	Saprik			Hemik			Fibrik		
	Rata2	StDev	n	Rata2	StDev	n	Rata2	StDev	n
C Organik (%)	50	8	404	52	8	1019	53	7	789
Kandungan Abu (%)	11	14	385	9	13	995	7	11	757

Jika mempertimbangkan perbedaan C-density pada berbagai tingkat kematangan gambut, maka model penduga simpanan karbon dalam tanah gambut seperti yang ditunjukkan Gambar 4. Namun demikian jika model ini yang digunakan maka diperlukan pemisahan lapisan gambut berdasar kematangan saat dilakukan pengamatan lapangan. Sedangkan jika menggunakan model seperti yang ditunjukkan Gambar 1, parameter yang diperlukan hanyalah kedalaman gambut.

Kelemahan dari pendugaan simpanan karbon dalam tanah gambut berdasarkan tingkat kematangan gambut adalah dalam beberapa kasus perubahan BD bukan hanya disebabkan oleh proses pematangan gambut namun juga bisa disebabkan oleh konsolidasi bahan gambut akibat proses drainase atau karena adanya gangguan fisik seperti tekanan atau beban di permukaan gambut.



Gambar 4. Model penduga simpanan karbon dalam tanah gambut

KESIMPULAN

1. Simpanan karbon dalam tanah gambut sangat ditentukan oleh kedalaman/ketebalan gambut, oleh karena itu ketebalan gambut dapat dijadikan sebagai faktor penduga atau proxy simpanan karbon dalam tanah gambut.
2. Variable lainnya yang dapat dijadikan faktor penduga simpanan C dalam tanah gambut adalah tingkat kematangan gambut. Semakin matang gambut, simpanan C per volume tertentu (C-density) semakin tinggi, rata-rata kandungan karbon dalam tanah gambut dengan kematangan saprik, hemik, dan fibrik berturut-turut adalah 0,049, 0,061, dan 0,084 t m⁻³. Tingginya kerapatan C pada gambut yang lebih matang lebih banyak dipengaruhi oleh perubahan BD gambut.
3. Kelemahan dari penggunaan variable kematangan sebagai *proxy* (faktor penduga) simpanan karbon dalam tanah gambut adalah: belum diperhitungkannya perubahan BD akibat proses konsolidasi gambut sebagai pengaruh proses drainase atau gangguan fisik lainnya misalnya akibat perubahan beban/tekanan di permukaan gambut.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., Wahyunto, Herman, Susanti E, Wahyu W, Runtunuwu, E. 2009. Neraca Karbon pada Lahan Perkebunan. Laporan akhir. Penelitian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan pertanian. Bogor.
- Agus, F. 2009. Metode Pengukuran Karbon Tersimpan di Lahan Gambut. Bahan pelatihan penaksiran karbon cepat sebagai bagian dari aktivitas Proyek Accountability and Local Level Initiative to Reduce Emission from Deforestation and Degradation in Indonesia (AllREDDI). World Agroforestry Centre. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Agus, F., Setyanto, P., Wahyunto, Herman., A. Dariah, E. Susanti, E., Surmaini. 2009. Mitigasi perubahan iklim pada berbagai sistem pertanian di lahan gambut. Potensi penurunan gas rumah kaca dari perubahan penggunaan lahan gambut. Laporan Akhir. Kerjasama antara Asisten Deputi Analisis Kebutuhan Iptek. Deputi Penggunaan dan Pemasarakatan Iptek. Kementrian Ristek dan Teknologi dengan Balai Besar Litbang Sumberdaya Pertanian, Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian.
- Agus, F., Wahyunto, A. Mulyani, A. Dariah, Maswar, E. Susanti, N.L. Nurida, P. Wigena. 2010. Penggunaan Lahan Gambut: *Tradeoffs* antara Emisi CO₂ dan Keuntungan Ekonomi. Program Kegiatan Pengendalian Dampak Perubahan Iklim. Kerjasama antara : Kementerian Riset dan Teknologi dengan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Dariah, A., E. Susanti, E. Surmaini, dan F. Agus. 2009. Variabilitas Simpanan Karbon Pada Berbagai Penggunaan Lahan Gambut Di Kabupaten Kuburaya Dan

- Pontianak, Kalimantan Barat. Prosiding Semnas Sumberdaya Lahan. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Dariah, A., Wahyunto, J. Pitono. 2010. Stock Karbon Pada Demplot Sawit Rakyat di Kabupaten Bengkalis, Riau. Laporan Konsorsium Sawit. Pusat Penelitian Perkebunan. Bogor.
- Hairiah, K., Sitompul, S. M., van Noordwijk, M. and Palm, C. 2001. Carbon stocks of Tropical landuse systems as part of the global C balance. Effects of Forest conversion and options for 'clean development' activities. Alternative to Slash and Burn (ASB) Lecture Note 4A. ICRAF, SEA Regional Research Program, Bogor Indonesia.
- Lasco, R. D. 2002. Forests carbon budgets in Southeast Asia following harvesting and land cover change. Science in China (series C), Vol. 45 : 55-64.
- Mackinnon, K., Hatta, G., Halim, H., dan Mangalik, A. 1996. The Ecology of Indonesia series Volume III: The Ecology of Kalimantan. Dalhousie University, Peri plus Editions Ltd. Singapore.
- Maswar. 2011. Kajian cadangan karbon pada lahan gambut tropika yang didrainase untuk tanaman tahunan. Disertasi. Program Studi Ilmu Tanah, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Maswar, Etik Handayani dan Meine van Noordwijk. 2011. REPEAT: Reducing emission from peatlands. Effectiveness of Agroforestry Transition. *Trees in Multi-Use Landscape in Southeast Asia (TUL-SEA) A negotiation support toolbox for Integrated Natural Resource Management*. WORLD AGROFORESTRY CENTRE ICRAF Southeast Asia Regional Office Jl CIFOR, Situ Gede, Sindang Barang, Bogor 16115, PO Box 161 Bogor 16001, Indonesia.
- Notohadiprawiro, T. 2006. Etika Pengembangan Lahan Gambut untuk Pertanian Tanaman Pangan. Lokakarya Pengelolaan Lingkungan dan Pengembangan Lahan Gambut. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL). Palangkaraya, 18 Februari 1997. Repro: Ilmu Tanah Universitas Gajah Mada.
- Page, S.E., S. Siegert, J.O. Rieley, H-D.V. Boehm, A. Jaya, S.H. Limin. 2002. The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997, *Nature*, 420, 61-65.
- Rieley, J.O., R.A.J. Wüst, J. Jauhainen, S.E. Page, H. Wösten, A. Hooijer, F. Siegert, S.H. Limin, H. Vasander and M. Stahlhut. 2008. Tropical peat lands: carbon stores, carbon gas Emissions and contribution to climate change Processes. pp. 148-182 In M. Strack (Ed.) Peat lands and Climate Change. International Peat Society, Vapaudenkatu 12, 40100 Jyväskylä, Finland.

^{1,2}Baba Barus, ^{1,2}Diar Shiddiq, ²L.S. Iman, ^{1,2}B. H. Trisasongko, ¹Komarsa G., dan ¹R. Kusumo

¹Staf Bagian Inderaja dan Informasi Spasial, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, IPB;

²Pusat Pengkajian Perencanaan dan Pengembangan Wilayah, LPPM, IPB

Abstrak. Di Indonesia, penyebaran kelapa sawit terbesar ada di Sumatera (4.819.494 Ha), dan sebagian terletak di lahan bergambut. Selain itu ada juga kecenderungan investor ingin mengembangkan kelapa sawit di lahan bergambut. Kementerian Lingkungan Hidup menyarankan supaya pengembangan kelapa sawit diarahkan ke luar wilayah kubah gambut, karena wilayah tersebut mempunyai fungsi lindung. Makalah ini mengkaji kondisi sawit aktual dan potensi pengembangan ke depan dari sisi perizinan yang sudah ada, dan kemungkinan gangguan ke lingkungan dengan menggunakan sarana inderaja dan SIG. Hasil analisis menunjukkan sebaran sawit aktual yang berada di kubah gambut relatif lebih sedikit, tetapi lebih banyak di luar kubah gambut dan dari data perizinan pengembangan sawit yang diberikan maka ada potensi wilayah kubah gambut juga akan dikembangkan. Secara keseluruhan hal ini akan membahayakan lingkungan dan pembangunan.

Katakunci: kelapa sawit, kubah gambut, perizinan, SIG, inderaja

Abstract. Sumatera island is the largest oil palm deployment in Indonesia, its about 4,819,494 ha, and partially located in peat areas. There was also a tendency for investors to develop oil palm in peat areas. The Ministry of Environment of Indonesia suggests that palm oil development is directed out of peat dome, because it has function for protection areas. This paper examines the actual condition of oil palm nowadays and the potential future development of oil palm based on the existing concession, and possible environmental damage by using remote sensing and GIS. The result shows that the actual distribution of oil palm in the peat dome is less number, but the tendency of oil palm plantations are outside the peat dome, and based on provided concession for oil palm development, the future development of oil palm may reach all of peat dome. This will endanger for environment and development.

Keywords: oil palm, peat dome, concession, GIS, remote sensing.

PENDAHULUAN

Di Indonesia beberapa tahun terakhir isu kerusakan lingkungan menyita perhatian publik, dimana ada dua hal yang dipedulikan yaitu kawasan gambut dan tanaman kelapa sawit. Sebagian lahan gambut rusak karena dimanfaatkan tidak sesuai karakternya, sehingga

dianggap mengemisikan karbon. Kemudian, keberadaan kelapa sawit di lokasi gambut dianggap berperan besar merusak ini.

Tingginya kebutuhan produk sawit di dunia, membuat investor masih tertarik mengembangkan sawit, dan salah satunya adalah adanya potensi pengembangan sawit di berbagai lokasi dan kemungkinan juga berada di lahan bergambut. Saat ini berbagai izin pemanfaatan gambut sudah diperoleh atau sedang diusulkan ke pemerintah daerah.

Untuk menghindari gangguan gambut di kawasan bergambut, Pemerintah sudah mempunyai regulasi bahwa pengembangan kelapa sawit tidak boleh di daerah hulu sungai, gambut yang mempunyai kedalaman >3 meter (UU No. 26, 2007). Khusus tentang peraturan ini, beberapa pemerintah daerah menentang karena keterbatasan ruang pembangunan atau ternyata banyak dilanggar. Saat ini Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) sedang mengusulkan bahwa daerah gambut yang tidak boleh dibangun adalah daerah sekitar kubah yang disebut sebagai kubah gambut. Daerah kubah gambut ini merupakan daerah penyimpan dan pengaman lingkungan sekitarnya (Barus *et al.* 2009). KLH mengusulkan unit ekosistem daerah bergambut disebut sebagai kesatuan hidrologis gambut (KHG), yang tidak selalu merupakan tanah gambut, dan daerah sekitar kubah direncanakan diusulkan sebagai kawasan lindung gambut (KLG) (KLH, 2009). Berbagai penyusunan rencana induk pemanfaatan gambut sudah dikembangkan oleh lembaga tersebut (KLH, 2010).

Tujuan penelitian ini adalah (a) melihat penyebaran aktual sawit di daerah bergambut dan di daerah utama kubah, (b) melihat indikasi pengembangan sawit di lahan gambut dari sisi perizinan, dan (c) analisis potensi gangguan di daerah kubah gambut. Dengan adanya informasi ini maka para-pihak dapat mendapatkan gambaran utuh tentang keberadaan sawit di gambut dan juga potensi gangguannya.

METODE

Data penelitian ini bersumber dari peta kebun sawit hasil interpretasi citra Avnir Alosdan radar (2009), ditambah verifikasi lapang (tahun 2010), peta kesatuan hidrologis gambut (KHG) dan kawasan lindung gambut (KLG) (KLH, 2009) dan peta perizinan pengembangan kelapa sawit, yang diperoleh dari beberapa Bappeda di Sumatera, 2006-2009 (Barus *et al.* 2010). Untuk memantapkan hasil interpretasi citra, beberapa kenampakan kebun kelapa sawit dicek lagi. Semua data ini diproses dalam perangkat lunak SIG dan diolah dengan proses tumpang-tindih dan proses ekstraksi dan tabulasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

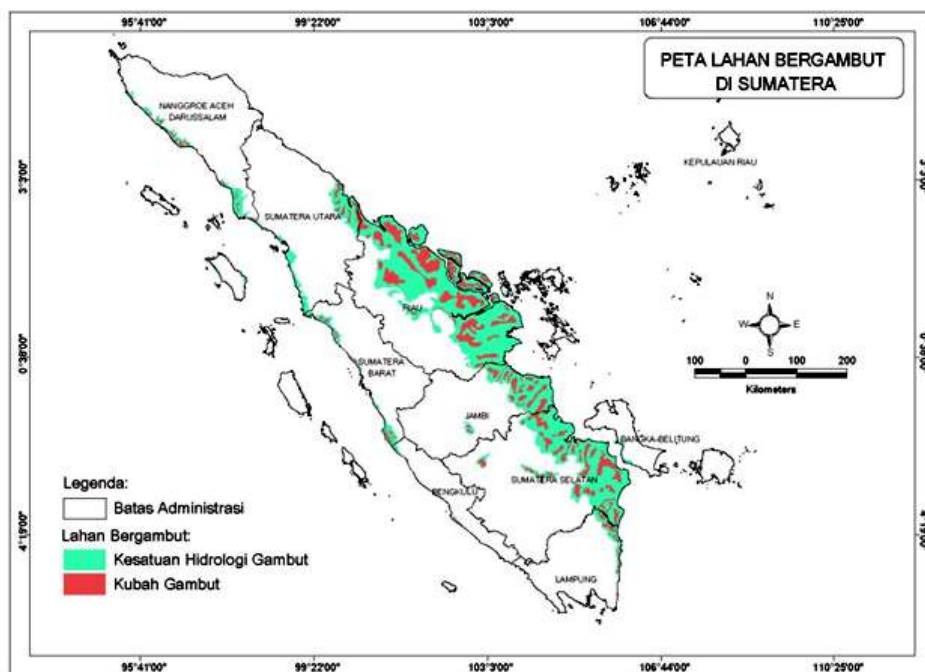
Karakter Kesatuan Hidrologis Gambut di Sumatera

Keberadaan data ekosistem gambut disajikan pada (Tabel 1). Data ini menunjukkan daerah KHG terdapat di semua provinsi, dan daerah yang luas terdapat di Riau, Sumsel dan Jambi. Daerah KHG kecil menyebar di Kepulauan Riau, Bangka Belitung dan Bengkulu. Sedangkan daerah yang disarankan menjadi kawasan lindung gambut (KLG) terbesar terdapat di ketiga provinsi yang daerah gambutnya besar, dengan Riau luasannya >1 juta ha. Data ini menunjukkan bahwa adanya KHG tidak selalu diikuti KLG, seperti di Kepulauan Riau, Bangka Belitung. Di Provinsi Riau dan Sumatera Selatan dan provinsi lainnya juga ditemukan KHG yang tidak mempunyai KLG. Hal ini berkonsekuensi dalam perhitungan agregat persentasi KLG dalam KHG tidak sampai 30%.

Tabel 1. Luasan (ha) daerah kesatuan hidrologis gambut (KHG), kawasan lindung gambut (KLG), dan luar KLG berdasarkan data KLH

No	Provinsi	KHG (Ha)	KLG (Ha)	luar KLG (Ha)	% KLG	% luar KLG
1	Aceh	367.099	71.917	295.182	20	80
2	Sumatera Utara	660.082	98.966	561.116	15	85
3	Riau	5.362.855	1.415.822	3.947.034	26	74
4	Kepulauan Riau	6.632	-	6.632	-	100
5	Sumatera Selatan	2.712.676	672.548	2.040.128	25	75
6	Bangka Belitung	32.263	-	32.263	-	100
7	Sumatera Barat	267.994	60.968	207.025	23	77
8	Bengkulu	57.477	11.878	45.598	21	79
9	Jambi	1.096.843	300.163	796.680	27	73
10	Lampung	264.679	70.268	194.411	27	73
Total		10.828.600	2.702.531	8.126.070	25	75

Dalam perancangan pembuatan KLG dalam KHG secara umum dibuat lebih besar dari 30%. Lebih rendahnya luasan KLG dalam KHG atau tidak adanya kawasan lindung gambut yang dibuat, berarti dari sisi lingkungan lahan gambut ini dapat dimanfaatkan untuk aktivitas budidaya jika diinginkan. Selain itu, kedalaman tanah gambut diluar KLG dapat lebih dalam dari 3 meter, yang menurut konsep ini dapat dibudidayakan dengan sistem pengelolaan yang spesifik. Kenampakan secara keruangan tentang daerah KHG dan KLG disajikan pada (Gambar 1).



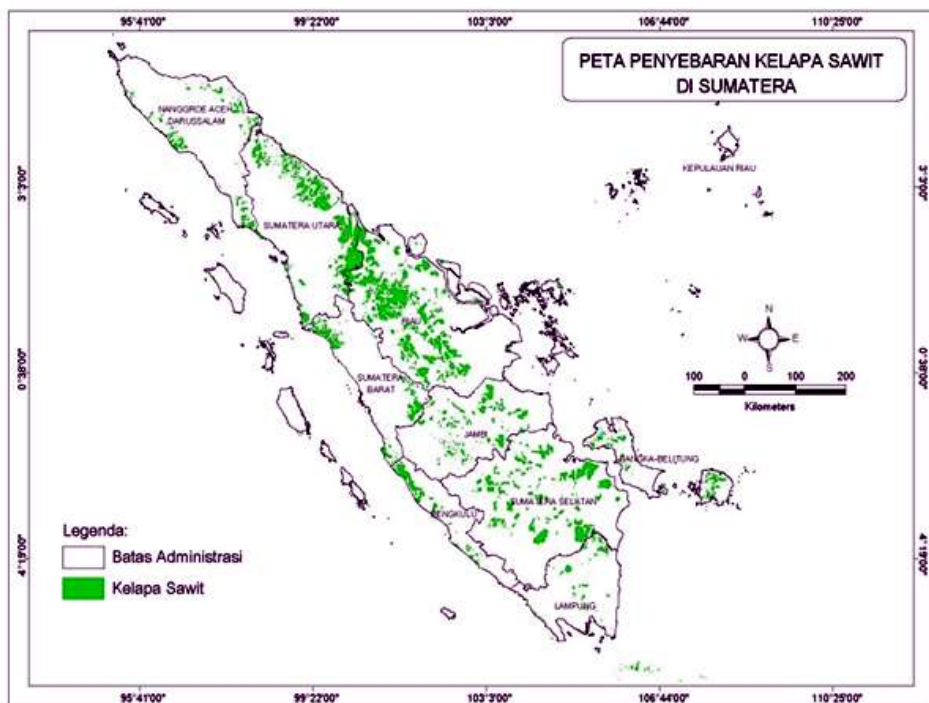
Gambar 1. Kenampakan daerah ekosistem gambut di Sumatera (KHG dan KLG) (Sumber: KLH, 2009). Penyebaran dominan di Provinsi Riau, Jambi dan Sumsel.

Penyebaran kebun kelapa sawit di Sumatera

Data Tabel 2 menunjukkan bahwa di seluruh Sumatera luasan kelapa sawit di daerah gambut sekitar 1,5 juta ha, sedangkan di lahan kering sekitar 3,2 juta ha. Data ini menunjukkan bahwa daerah kelapa sawit terbesar di gambut berada di Provinsi Riau, menyusul Sumatera Selatan dan Sumatera Utara. Sedangkan penyebaran sawit di lahan kering terbesar juga terdapat pada ketiga provinsi tersebut dengan urutan pertama Riau, menyusul Sumut dan ketiga Sumsel. Gambar 2 menunjukkan penyebaran kebun kelapa sawit di Sumatera hingga 2010, yang mendominasi di bagian tengah kecuali di Sumut, dominan di pantai timur.

Tabel 2. Luasan (Ha) sawit di daerah bergambut dan non gambut di Sumatera hingga 2010.

No	Provinsi	Lahan bergambut		Lahan mineral		Total
		Sawit	Non sawit	Sawit	Non sawit	
1	Aceh	69.503	297.597	181.926	5.159.972	5.708.998
2	Sumatera Utara	209.423	450.658	784.542	5.799.379	7.244.003
3	Riau	728.607	4.634.248	863.836	2.751.901	8.978.592
4	Kepulauan Riau	-	6.632	5.404	820.251	832.287
5	Sumatera Selatan	330.380	2.382.296	493.681	5.474.329	8.680.686
6	Bangka Belitung	3.416	28.846	168.160	1.473.686	1.674.109
7	Jambi	89.803	1.007.040	275.972	3.546.275	4.919.090
8	Bengkulu	19.451	38.026	177.530	1.777.148	2.012.154
9	Sumatera Barat	85.769	182.224	200.164	3.756.582	4.224.740
10	Lampung	43.400	221.279	88.526	3.030.198	3.383.403
Total		1.579.752	9.248.848	3.239.742	33.589.720	47.658.63



Gambar 2. Penyebaran kebun kelapa sawit di Sumatera hingga 2010, yang menyebar di semua wilayah dengan dominasi di bagian tengah pulau.

Penyebaran Kebun Kelapa Sawit di Kesatuan Hidrologis Gambut

Luas kebun kelapa sawit di daerah bergambut (KHG, luar KLG dan KLG) disajikan pada (Tabel 3). Data ini menunjukkan bahwa secara umum lebih besar jumlah kelapa sawit di luar daerah KLG, dibandingkan di dalam KLG. Secara luasan, daerah kelapa sawit terbesar di daerah sekitar kubah adalah di Riau dan Sumatera Selatan, dan daerah terkecil daerah kelapa sawit di daerah kubah adalah di Bengkulu dan Lampung.

Jika dilihat kemungkinan terjadi gangguan lingkungan, maka dapat dilihat dari keberadaan KLG sendiri dibandingkan total KHG, dan keberadaan kelapa sawit di KLG. Tabel 3 menunjukkan bahwa secara agregat, daerah berkubah terbesar adalah di Riau dan Sumsel. Di kedua daerah ini juga ditemukan luasan kelapa sawit terbesar di daerah kubah gambut. Jika dilihat dari persentasi daerah kelapa sawit di daerah berkubah, maka data ini menunjukkan bahwa daerah gambut di Sumut, Bengkulu dan Sumatera Barat yang sudah ditanami kelapa sawit.

Tabel 3. Luasan (ha) kebun kelapa sawit di daerah bergambut (daerah diluar kubah dan dalam kubah) hingga 2010.

Provinsi	Sawit di luar KLG	Non sawit di luar KLG	Sawit di KLG	Non sawit di KLG	Total sawit di gambut	Total non sawit di gambut	% KLG	% sawit KLG
Aceh	48.712	246.471	20.791	51.126	69.503	297.597	19,6	28,9
Sumatera Utara	157.669	403.447	51.755	47.211	209.423	450.658	15,0	52,3
Riau	476.245	3.470.789	252.362	1.163.459	728.607	4.634.248	26,4	17,8
Kepulauan Riau	0	6.632	0	0	0	6.632	0	0
Jambi	56.223	740.457	33.580	266.583	89.803	1.007.040	27,4	11,2
Sumatera Selatan	181.681	1.858.446	148.698	523.850	330.380	2.382.296	24,8	22,1
Bangka belitung	3.416	28.846	0	0	3.416	28.846	0	0
Sumatera Barat	60.954	146.071	24.815	36.153	85.769	182.224	22,7	40,7
Bengkulu	13.786	31.812	5.664	6.214	19.451	38.026	20,7	47,7
Lampung	25.508	168.903	17.891	52.376	43.400	221.279	26,5	25,5
Total	1.024.195	7.101.875	555.558	2.146.973	1.579.752	9.248.848	25,0	20,6

Penyebaran perizinan usaha kelapa sawit

Daerah perizinan yang dimaksud dalam tulisan ini adalah lokasi yang sudah ada HGU atau baru izin lokasi (data hingga 2009), yang sebagian sudah ada tanaman kelapa sawitnya ($\pm 32\%$). Data ini bermakna ada potensi pengembangan kelapa sawit lebih besar pada lokasi sudah berizin tersebut. Tabel 4 menunjukkan izin pengembangan kelapa sawit di lahan bergambut sekitar 1,7 juta ha, sedangkan di lahan kering sekitar 2 juta ha. Data (Tabel 4) juga menunjukkan bahwa daerah terbesar yang kelapa sawitnya akan bertambah

adalah Riau, menyusul Sumsel dan Aceh serta Sumatera Barat. Besarnya daerah pengembangan di provinsi-provinsi ini kemungkinan karena masih banyaknya lahan yang dapat dimanfaatkan, atau iklim pengembangan berusaha sangat baik, jika dibandingkan dengan Sumatera Utara yang sudah terbatas lahan yang dapat dikembangkan untuk usaha yang sama. Penyebaran secara ruang perizinan ini disajikan pada (Gambar 3).

Selanjutnya jika diperhatikan lebih rinci khususnya perizinan yang diberikan di kawasan gambut, maka kondisinya dapat dilihat pada (Tabel 5). Tabel ini menunjukkan perizinan ternyata juga diberikan di lahan yang seharusnya menjadi kawasan lindung gambut. Data ini menunjukkan bahwa di daerah Riau perizinan di wilayah sekitar kubah sangat besar, yaitu sekitar 300 ribu ha, dan diluar daerah kubah sekitar 800 ribu ha. Provinsi lainnya perizinan di daerah kubah juga mencapai ribuan hektar. Jika melihat persentasi daerah yang sudah diberikan yang seharusnya diluar daerah kubah, maka masih banyak lokasi yang bisa diberikan perizinan karena data ini menunjukkan persentasi perizinan masih kecil.

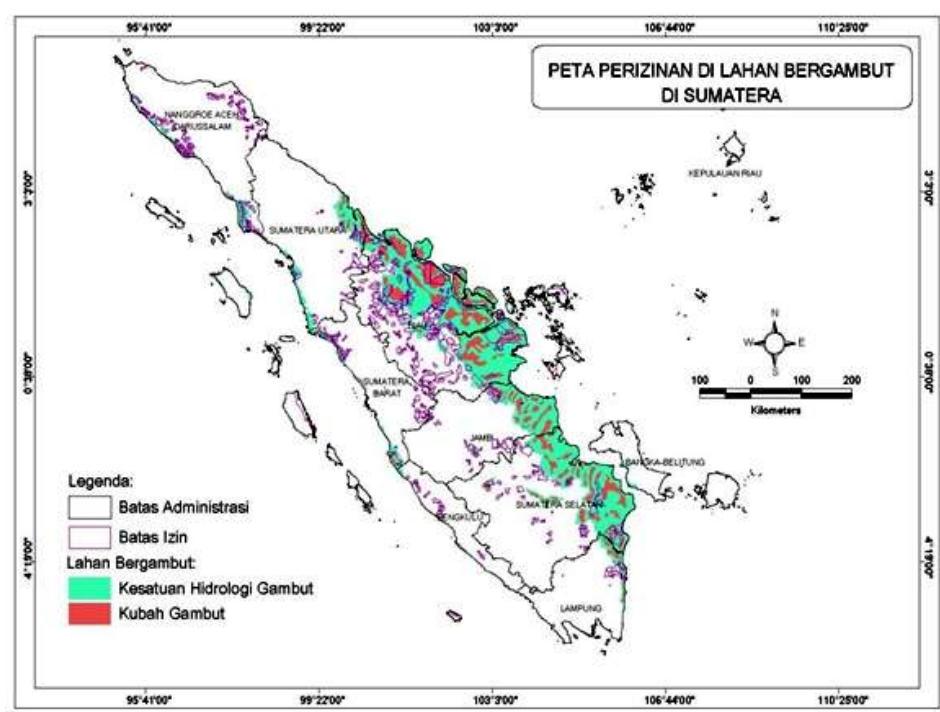
Dari data perizinan yang sudah diberikan dalam daerah kubah, maka perizinan di daerah Aceh yang paling besar, menyusul Sumatera Barat, Riau dan Sumut. Dalam hal ini potensi gangguan lingkungan karena kerusakan lahan gambut juga besar di lokasi-lokasi ini. Dalam konteks kerusakan lingkungan gambut, selain dari persentasi, maka data luasan perizinan yang besar, maka perhatian perlu diberikan di Provinsi Riau, dan semua wilayah yang diberikan perizinan di daerah kubah. Pengamatan data lebih cermat dan rinci perlu dilakukan pada unit administrasi tingkat kabupaten atau unit hidrologis yang terkena. Penyebaran perizinan pada secara global di daerah ekosistem gambut disajikan pada (Gambar 3).

Tabel 4. Luasan (ha) daerah yang diberikan perizinan untuk pengembangan kelapa sawit di berbagai provinsi di Sumatera hingga 2009.

No	Provinsi	lahan bergambut		lahan mineral		Total
		Izin_kebun	non izin	Izin_kebun	non izin	
1	Aceh	115.088	252.012	231.857	5.110.041	5.708.998
2	Sumatera Utara	75.658	584.424	155.593	6.428.328	7.244.003
3	Riau	1.143.138	4.219.717	876.720	2.739.017	8.978.592
4	Kepulauan Riau	-	6.632	36.104	789.551	832.287
5	Sumatera Selatan	223.469	2.489.207	216.402	5.751.608	8.680.686
6	Bangka Belitung	-	32.263		1.641.846	1.674.109
7	Jambi	72.202	1.024.642	163.648	3.658.598	4.919.090
8	Sumatera Barat	67.813	200.181	204.535	3.752.211	4.224.740
9	Bengkulu	542	56.935	83.718	1.870.959	2.012.154
10	Lampung	29.155	235.524	74.624	3.044.100	3.383.403
Total		1.727.063	9.101.537	2.043.202	34.786.260	47.658.63

Tabel 5. Luasan (ha) perizinan yang diberikan di daerah kubah (KLG) dan luar KLG

No	Provinsi	Perizinan kebun di luar KLG	Tidak ada izin di luar KLG	Perizinan kebun di KLG	Tidak ada izin di KLG	% izin di luar KLG	% izin dalam KLG
1	Aceh	81.975	213.208	33.113	38.804	28	46
2	Sumatera Utara	61.377	499.739	14.281	84.685	11	14
3	Riau	830.479	3.116.555	312.659	1.103.162	21	22
4	Kepulauan Riau	0	6.632	0	0	0	0
5	Jambi	50.855	745.825	21.346	278.817	6	7
6	Sumatera Selatan	184.459	1.855.669	39.010	633.539	9	6
7	Bangka Belitung	0	32.263	0	0	0	0
8	Sumatera Barat	50.925	156.100	16.887	44.081	25	28
9	Bengkulu	65	45.533	476	11.402	0	4
10	Lampung	24.015	170.397	5.141	65.127	12	7
Total		1.284.150	6.841.920	442.913	2.259.617	16	16



Gambar 3. Penyebaran perizinan perkebunan kebun kelapa sawit di Sumatera hingga 2009. Data perizinan dominan diluar daerah kubah dan dominan di Riau, Sumsel dan Aceh.

SINTESIS

Semua data yang sudah disajikan menunjukkan potensi gangguan daerah gambut akibat pengembangan kelapa sawit. Sejauh ini, peraturan perundangan yang menyatakan daerah gambut yang mempunyai kedalaman diatas 3 meter, kurang operasional pecegahan pengembangan atau perizinannya. Sebagian diduga karena ketidak-tersediaan peta tanah yang detil di Indonesia. Kondisi saat ini jika diterapkan kriteria tersebut bagi sebagian wilayah adalah tidak realistis karena sebagian kawasan budidaya di Sumatera sudah sejak lama berada di tanah gambut lebih dari tiga meter, dan saat ini sebagian potensi pengembangan mengarah ke lokasi gambut yang tersisa.

Jika melihat fungsi gambut untuk perlindungan lingkungan, maka secara teknis dan akademis daerah yang layak dipertahankan adalah daerah kubah (Barus *et al.* 2009; Barus, 2010), yang secara operasional lebih mudah didelineasi, seperti yang sudah dilakukan oleh KLH. Tetapi mengingat data ini masih bersifat minim data lapang, maka perbaikan batas masih layak dilakukan. Jika konsep ini diterapkan, ternyata keberadaan kelapa sawit dan perizinan yang baru juga banyak ke lokasi daerah yang seharusnya dilindungi ini. Beberapa wilayah yang perlu mendapat perhatian dimasa yang akan datang karena kemungkinan terjadi kerusakan lingkungan, seperti banjir atau kekeringan (atau kontribusi ke emisi karbon ke udara) khususnya daerah yang mempunyai aktual kelapa sawit di kubah atau perizinan seperti Riau, Sumsel, Sumut, Bengkulu, Sumbar, dan Aceh.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- a. Aktual perkebunan kelapa sawit di Sumatera, dominan berada di lahan kering, yang jumlahnya mencapai dua kali lipat dibandingkan jumlahnya di daerah gambut.
- b. Perkebunan kelapa sawit yang berada di daerah gambut sekitar 1,5 juta ha, dominan berada diluar daerah kubah gambut (2 kali) dibandingkan di daerah kubah.
- c. Daerah yang dianggap akan berpotensi terganggu lingkungan gambut dan sekitarnya karena aktual kebun kelapa sawit dan perizinan yang sudah diberikan antara lain: Riau, Sumsel, Sumut, Bengkulu, Sumbar dan Aceh.

Saran

- a. Daerah yang dianggap berbahaya di masa depan masih perlu diperhatikan lebih detil khususnya dengan menggunakan data administrasi kabupaten dan daerah KHG secara individu (bukan agregat).

- b. Mengingat pengolahan data dilakukan berdasarkan data KHG yang belum diverifikasi dengan baik di lapang, maka ada kemungkinan beberapa data akan berubah. Penggunaan data peta tanah gambut yang sudah diproduksi oleh BBSDL P layak diprioritaskan sehingga dapat menambah informasi kondisi ekosistem gambut.
- c. Daerah HGU di Sumatera yang sudah ditanami kelapa sawit kurang lebih adalah 32%, dan data ini masih perlu dianalisis lebih detil terkait dengan potensi bahaya kerusakan kubah gambut dan dilakukan pada level analisis tingkat kabupaten.

UCAPAN TERIMA-KASIH

Paper ini dapat diselesaikan atas penggunaan data dari Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) terkait dengan data KHG dan KLG dan penggunaan citra Avnir Alos dalam Studi Identifikasi dan Verifikasi Perkebunan dan Industrinya, yang diprakarsai oleh Kementerian Pertanian. Kepada kedua Kementerian ini disampaikan terima-kasih atas penggunaan data tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Barus, B., B.H.Trisasongko, L.O Syamsul Iman dan D. Shiddiq. 2010. Pengembangan model pemetaan komoditas kakao, karet dan kelapa sawit dengan SIG dan RS di Aceh Utara. Kerjasama Sucofindo dan P4W, LPPM IPB.
- Barus, B. 2010. Daerah Potensi Konflik Lahan Perkebunan Kelapa Sawit, Hutan Alami, dan Gambut yang berpengaruh terhadap lingkungan, Paper disajikan dalam kegiatan: Implementasi KLHS/SEA terhadap Rencana Pengembangan Kelapa Sawit, Bali.
- Barus, B., R. K. Gandasasmita, and R. Kusumo, 2009. *Mapping of Peat Hydrological Unit and Peat Dome of Indonesia in Supporting Sustainable Peat Management*. International Bogor Symposium and Workshop on Tropical Peatland Management. Bogor.
- KLH, 2009. Pemetaan Ekosistem gambut (Kesatuan Hidrologis Gambut) Pulau Sumatra.
- KLH, 2010. Penyusunan Master Plan Pengelolaan Gambut Berkelanjutan di Provinsi Riau.

PENGELOLAAN LAHAN GAMBUT BERKELANJUTAN: STUDI KASUS PENGEMBANGAN KARET DAN TANAMAN SELA DI DESA JABIREN KABUPATEN PULANG PISAU KALIMANTANTENGAH

M. A. Firmansyah, W. A. Nugroho dan M.S. Mokhtar

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Tengah, Jl. G. Obos Km. 5 Palangkaraya 7311, Kalimantan Tengah, Kotak Pos 122 Telp/Fax: 0536 – 320662 (bptp-kalteng@litbang.deptan.go.id, <http://kalteng.litbang.deptan.go.id>)

Abstrak. Pemanfaatan gambut untuk tanaman karet telah lama dilakukan oleh masyarakat di Kalimantan Tengah. Setelah terjadinya kebakaran hutan dan lahan gambut skala luas, pemanfaatan lahan gambut untuk tanaman karet makin meningkat terutama pada bekas areal kebakaran tersebut. Demplot ICCTF di Desa Jabiren, Kecamatan Jabiren Raya, Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah merupakan area bekas kebakaran hebat dikawasan gambut pada tahun 2005. Lokasi tersebut merupakan lahan gambut dengan kriteria ketebalan sangat dalam yaitu antara 5 hingga 7 meter, dan tingkat kematangan bervariasi antara hemik dan saprik. Karet yang berasal dari biji (GT-1) ditanam pada tahun 2006. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh bahan ameliorasi (pugam A, pugam T, pupuk kandang ayam, tanah mineral dan kontrol) terhadap karakteristik agronomis tanaman karet dan tanaman sela yang telah dilaksanakan selama 1 tahun penelitian yaitu dari bulan Januari 2011 – bulan Maret 2012. Setiap petak perlakuan memiliki ukuran 35 x 180 m terdiri dari 7 lorong karet dengan jarak tanam karet 3x5 m. Penanaman tanaman sela dilakukan pada lorong antara barisan tanaman karet (lebar 5 m) yaitu untuk padi, digantikan jagung, dan terakhir nanas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertambahan lingkaran batang karet selama periode waktu satu tahun sekitar 10 cm diperoleh pada perlakuan pugam T, dan kontrol, dan pugam A, sedangkan pada perlakuan pupuk kandang ayam sekitar 8,45 cm, dan perlakuan Tanah Mineral hanya sebesar 7,17 cm. Pemanfaatan lorong antara barisan karet umur 5 tahun menunjukkan bahwa respon tanaman nanas lebih dapat beradaptasi (tumbuh dengan baik) dibandingkan tanaman padi dan jagung. Berdasarkan parameter agronomis yaitu pertambahan tinggi tanaman nanas menunjukkan bahwa setelah 6 bulan tanam, perlakuan Pugam A merupakan yang tertinggi mencapai 30,7 cm, sedangkan berdasarkan parameter pertambahan lebar tajuk dan jumlah daun, perlakuan pupuk kandang ayam adalah yang tertinggi, masing-masing mencapai 82,8 cm dan 10 helai. Pengembangan tanaman padi atau jagung tidak dapat berproduksi pada sela karet berumur 5, sedangkan pengembangan tanaman nanas terlihat cukup dapat beradaptasi terhadap naungan dari tajuk karet.

Katakunci: Gambut, *Hevea brasiliensis*, Kalimantan Tengah.

Abstract. Utilization of peat for the rubber plants have been carried out by people in Central Kalimantan. Upon the occurrence of large-scale forest and peat fires, peat utilization for rubber trees increasing, especially in the former area of the fire. ICCTF Demonstration plots in the Jabiren village, Jabiren Raya District, Pulang Pisau Regency, Central Kalimantan was the area of the former peat fires region in 2005. Location was a

peatland with the criteria in the thickness is very deep, between 5 to 7 meters, and level of maturity varies between hemic and sapric. Rubber derived from the seeds (GT-1) were planted in 2006. The purpose of this study was to determine the effect of material amelioration (pugam A, pugam T, chicken manure, soil mineral and control) of the agronomic characteristics of rubber plants and between plants that have been implemented during the one year of the study, from January 2011 - March 2012. Each treatment plot had a size of 35 x 180 m consists of seven rubber aisle with rubber planting distance 3 x 5 m. Planting carried out in the aisle between the rows of rubber trees (width 5 m), namely for rice, corn was replaced, and the last pineapple. The results showed that the rubber stem circumference increment for a period of one year is about 10 cm is obtained at Pugam T treatment, and control, and Pugam A, while in Chicken Manure treatment of about 8.45 cm, and mineral land treatment amounted to only 7.17 cm. Utilization aisle between rows of rubber age 5 years showed that the response of the pineapple plant is more able to adapt (grow well) compared to rice and corn. Based on the agronomic parameters of high accretion pineapple plant showed that after 6 months of planting, the treatment pugam A is the highest reached 30.7 cm, while based on the parameter increment width and number of leaf canopy, Chicken Manure treatment is the highest, reaching respectively 82,8 cm and 10 strands. Development of rice or corn crops can not produce at the age of 5 between the rubber, while the development of the pineapple plant looks quite able to adapt to the shade of the canopy of rubber.

Keywords: Peat, *Hevea brasiliensis*, Central Kalimantan

PENDAHULUAN

Masyarakat lokal di Kalimantan Tengah yang hidup di agroekosistem lahan gambut telah memiliki kearifan lokal dalam mengelola lahan tersebut secara berkelanjutan. Berbagai teknologi sederhana mulai dari pembuatan handil, tabat, pengendalian api ketika pembukaan lahan, sampai pemilihan jenis tanaman telah terbukti mampu menjaga kelestarian lahan tersebut. Namun sejak dimulainya Proyek Pengembangan Lahan Gambut Satu Juta Hektar (PLG) di Kalimantan Tengah tahun 1995, kearifan lokal terpinggirkan dan degradasi yang umumnya tergolong berat dikawasan tersebut muncul dan dampaknya masih terasa sampai sekarang. Pemicu utama dari degradasi gambut dikawasan PLG salah satunya adalah pembuatan kanal-kanal yang lebar, dalam, serta panjang terhubung ke berbagai sungai besar di Kalimantan Tengah menyebabkan terjadinya drainase berlebihan di ekosistem gambut.

Beberapa tahun terakhir issue tentang perubahan iklim global sangat kuat disuarakan dunia internasional disebabkan adanya peningkatan kadar gas rumah kaca di atmosfer. Indonesia dituding sebagai salah satu negara emitor terbesar menyumbang gas rumah kaca, yang mana sumber emisi Indonesia tersebut sebagian besar (2/3) berasal dari lahan gambut. Hal ini tergambar dari indikasi luasnya degradasi lahan gambut di Indonesia termasuk dikawasan exPLG di Kalimantan Tengah.

Menyikapi issue tersebut pemerintah RI berupaya menunjukkan komitmen serius dalam penurunan gas rumah kaca. Upaya penanaman pohon terbukti mampu memberikan peningkatan penambatan CO₂ (Balitanah, 2004; Agus dan Hussein, 2004). Penanaman pohon pada lahan gambut yang terdegradasi tentunya sejalan dengan prinsip dasar tersebut. Penambatan karbon mendekati nol pada sistem padi dan sekitar 9 t ha⁻¹ tahun⁻¹ untuk tanaman sagu, karet atau sawit. Namun karena sawit memerlukan drainase yang relatif dalam, maka penambatan karbon oleh tanaman sawit jauh lebih rendah dibandingkan dengan emisi karena dekomposisi gambut. Dengan demikian, gabungan dari tanaman yang menambat CO₂ dalam jumlah banyak serta toleran dengan drainase dangkal atau tanpa drainase seperti sagu dan karet, merupakan pilihan utama untuk konservasi lahan gambut (Agus dan Subiksa, 2008). Upaya lain adalah aplikasi bahan amelioran yang kaya kation polivalen seperti Fe⁺⁺⁺ yang ada pada jenis-jenis pupuk gambut (Pugam) efektif dalam menekan emisi CO₂ antara 36-47 % bila dibandingkan dengan Kontrol (Las *et al.* 2011).

Tahun 2011 Kementerian Pertanian bekerjasama dengan Bappenas melaksanakan kegiatan *Indonesia Climate Change Trust Fund* (ICCTF) yaitu suatu wadah untuk mengelola bantuan internasional yang masuk ke Indonesia untuk kegiatan yang menyangkut dengan perubahan iklim. ICCTF melakukan kegiatan di empat provinsi salah satunya di Kalimantan Tengah. Kegiatan ICCTF di Kalimantan Tengah dilakukan di gambut dalam yang terdegradasi yang dimanfaatkan untuk tanaman karet dan sela (ICCTF, 2011).

Makalah ini bertujuan untuk memahami aspek agronomi di demplot ICCTF Kalimantan Tengah melalui pengelolaan lahan gambut untuk tanaman karet dan tanaman sela.

BAHAN DAN METODE

Lokasi ICCTF di Kalimantan Tengah terletak di Desa Jabiren, Kecamatan Jabiren Raya, Kabupaten Pulang Pisau, tepatnya di Jl. Trans Kalimantan km 55 arah Palangka Raya ke Banjarmasin, pada koordinat geografis 02°51'48.6" LS dan 114°17'00.2" BT. Lokasi demplot ICCTF dapat ditempuh dengan jalan darat dan disambung dengan angkutan *klotok* menyusuri Sungai Jabiren yaitu anak Sungai Kahayan, menuju kearah barat sejauh 2 km. Luas lokasi demplot sekitar 5 ha dan areal pengembangan seluas 25 ha.

Karakterisasi lokasi demplot dan pemetaan tanah serta pemasangan peralatan pengukur muka air tanah, Rambu Ukur (R1-R4) dan AWS dilakukan oleh Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian, Bogor pada bulan Maret 2011.

Pohon karet di demplot ICCTF diberi 4 perlakuan amelioran: Pugam A (PA), Pugam T (PT), pupuk kandang ayam (Pukan), tanah mineral (TM) dan kontrol (K). Setiap blok amelioran terdiri dari 7 – 8 lorong, lebar antar lorong tanaman karet 5 m, dan jarak di dalam lorong 3 m, panjang lorong yang diberi perlakuan 180 m, sehingga setiap blok perlakuan terdapat 420 – 480 pohon karet. Dosis amelioran yang digunakan tiap pohon adalah PA 1 kg ph⁻¹, PT 1 kg ph⁻¹, Pukan 4 kg ph⁻¹, TM 10 kg ph⁻¹, serta K. Pemberian amelioran tersebut dibagi 2 tahap, yaitu tahap awal 50% dan 6 bulan kemudian 50%. Parameter yang diamati adalah ukuran lingkaran batang, tinggi tanaman, dan lebar tajuk.

Tanaman sela yang ditanam pertama adalah padi ladang varietas Situ Patenggang dan Situ Bagendit, tanam Januari 2011, jarak tanam 15 x 25 cm. Perlakuan yang dikaji adalah PA 750 kg ha⁻¹, PT 750 kg ha⁻¹, Pukan 4 t ha⁻¹, TM 2 t ha⁻¹. Pupuk anorganik yang diberikan dengan dosis 135 kg ha⁻¹ Urea, 90 kg ha⁻¹ KCl, dan 80 kg ha⁻¹ SP-36. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman.

Tanaman sela yang ditanam periode kedua adalah jagung Sukmaraga, tanam Mei 2011, dengan jarak tanam 25 x 75 cm. Perlakuan yang digunakan sama dengan perlakuan tanaman sela pertama. Dosis pupuk anorganik sebesar 250 kg ha⁻¹ Urea, 100 kg ha⁻¹ KCl, dan 200 kg ha⁻¹ SP-36. Parameter yang diamati adalah berat pipilan kering.

Tanaman sela periode ketiga dipilih nanas, tanam Oktober 2011 diberikan bersamaan dengan pemupukan dasar yang pertama, yaitu PA 30 gr tnm⁻¹, PT 30 gr tnm⁻¹, Pukan 120 gr tnm⁻¹, TM 120 gr tnm⁻¹. Perlakuan diberikan setelah tanaman nanas mulai adaptasi sekitar umur 1 bulan. Pupuk dasar anorganik diberikan sebanyak 3 ons yaitu pada 1 bulan setelah tanam (November 2011) dan 3 bulan kemudian (Februari 2012), yaitu Urea: SP-36:KCl dengan perbandingan 2:1:1. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, lebar tajuk, dan jumlah helai daun. Data-data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan analisis statistik deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Gambut dan Karbon Tersimpan

Lokasi demplot ICCTF wilayah Kalimantan Tengah seluas 5 ha merupakan lahan gambut yang memiliki kedalaman antara 5 – 7 m, dengan tingkat kematangan *hemist* hingga *saprist*. Klasifikasi tanah di areal Demplot ICCTF Jabiren terdiri 4 satuan peta tanah, dengan cadangan karbon bervariasi (Tabel 1).

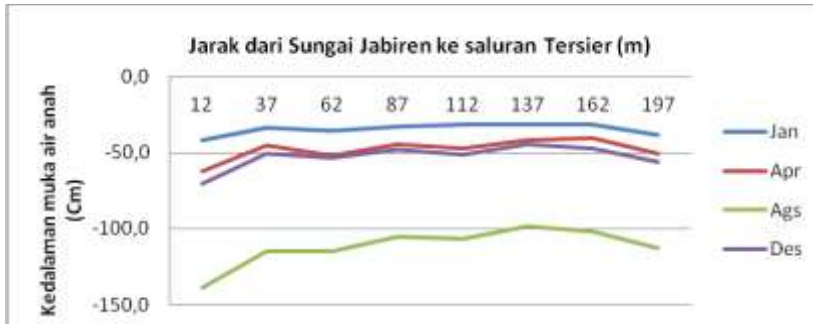
Tabel 1. Jenis Tanah dan Cadangan Karbon di Demplot ICCTF Jabiren

SPT	Sub Group Tanah	Luas (Ha)	Bobot Isi/BD (g/cc)	Cadangan Karbon (ton)
1	Typic Haplohemist	1,71	0,22	11.198
2	Sapric Haplohemist	0,78	0,22-0,23	3.767
3	Fibrik Haplohemist	2,01	0,21-0,22	8.607
4	Typic Haplosaprist	0,51	0,21-0,22	2.833
Jumlah				26.404

Sumber: Hidayat et. al (2011)

Kondisi Hidrologi dan Iklim

Karakteristik muka air tanah di demplot ICCTF Jabiren berdasarkan jarak piezometer dari saluran drainase (sungai Jabiren) disajikan pada Gambar 1. Dari Gambar 1 terlihat bahwa kerakteristik muka air tanah memiliki bentuk cembung, dimana muka air cenderung dalam (jauh dari permukaan tanah) pada posisi mendekati saluran, sedangkan pada bulan kering (yaitu Agustus) kondisi muka air tanah berada pada kondisi terdalam >100 cm dari permukaan tanah (Gambar 1).



Gambar 1. Kondisi muka air tanah pada piezometer berdasarkan jarak dari Sungai Jabiren

Kondisi curah hujan di Jabiren adalah *monsoonal* dengan perbedaan yang jelas antara bulan basah dan bulan kering. Selama pengamatan yaitu bulan April-September sifat hujan di lokasi, berdasarkan stasiun AWS Telemetri adalah di bawah normal. Kondisi curah hujan demikian mengakibatkan pasokan air dari saluran dan sungai sangat rendah (Runtunuwu *et al.* 2011). Perbedaan muka air Sungai Jabiren pada jarak 50 m dari arah hulu ke hilir menggambarkan secara tidak langsung mengalirnya air dari kubah gambut eks PLG melalui Sungai Jabiren ke Sungai Kahayan (Gambar 2 - 3)



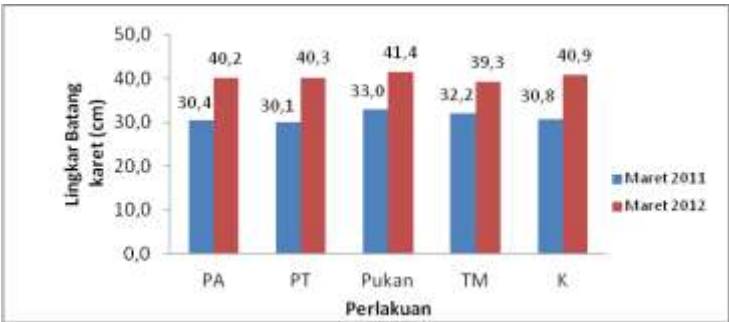
Gambar 2. Kondisi muka air Sungai Jabiren dari arah hulu (R3) ke Hilir (R1) dengan jarak 50 m



Gambar 3. Perbedaan elevasi muka air Sungai Jabiren dari arah Hulu (R3) ke Hilir (R1) dengan jarak antar Rambu 50 m

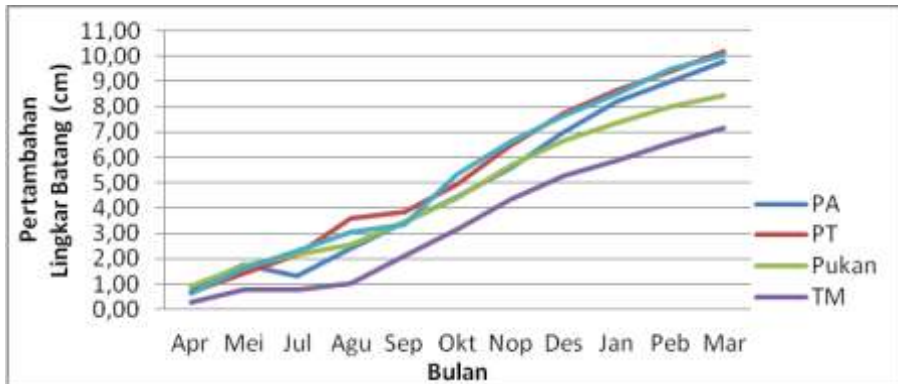
Kondisi Tanaman Utama - Karet

Hasil pengamatan lingkaran batang karet selama kurun waktu 1 tahun disajikan pada Gambar 4 dan 5. Berdasarkan Gambar 4, terjadi peningkatan lingkaran batang diseluruh perlakuan dan kontrol. Kenaikan lingkaran batang karet selama satu tahun secara rata-rata 10 cm.

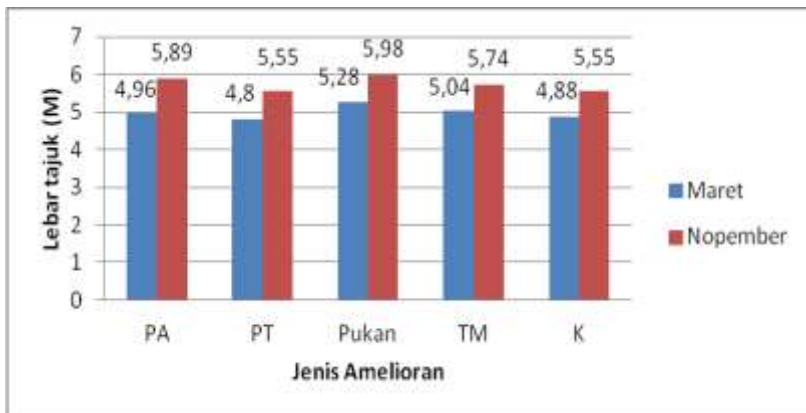


Gambar 4. Kondisi lingkaran batang karet kurun waktu 1 tahun

Nampak bahwa selama 1 tahun pengamatan agronomis terhadap parameter lingkaran batang karet pada perlakuan PT memiliki pertambahan lingkaran batang tertinggi yaitu 10,16 cm, disusul oleh kontrol sebesar 10,02 cm, PA sebesar 9,79, Pukan sebesar 8,45 cm, dan TM sebesar 7,17 cm (Gambar 5). Sedangkan parameter lebar tajuk tanaman karet mencapai lebih 5 m (Gambar 6), hal ini secara otomatis menyebabkan kondisi naungan di sela tanaman karet makin rapat.



Gambar 5. Pertambahan lingkaran batang karet (April 2011 s/d Maret 2012)



Gambar 6. Kondisi lebar tajuk tanaman karet dari Maret hingga November 2011

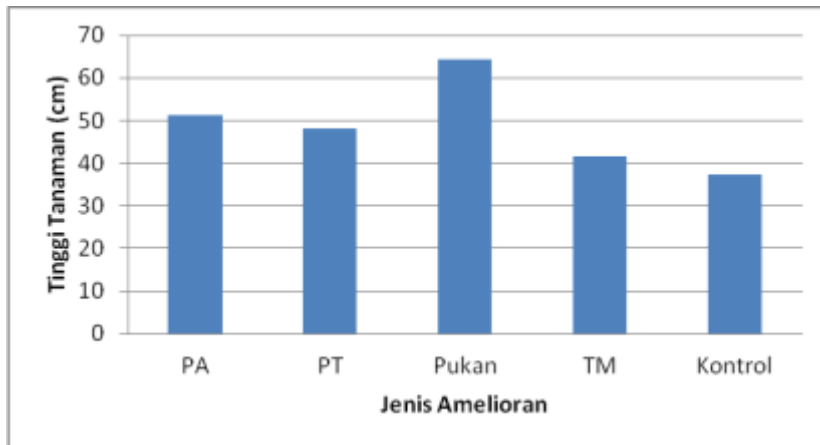
Kondisi Agronomis Tanaman Sela - Padi

Padi ladang Situ Patenggang dan Situ Bagendit yang dicoba diintroduksi pada lorong antara barisan tanaman karet mengalami kegagalan. Hal ini disebabkan kondisi tanah masih mentah dengan lapisan *moss* sangat tebal, sehingga perakaran padi sedikit mencapai tanah gambut. Upaya replanting telah dilakukan, namun tidak menunjukkan

hasil yang menggembirakan (Gambar 7-8). Meskipun beberapa bagian padi telah mengeluarkan bulir, namun kebanyakan bulir tersebut hampa.



Gambar 7. Kondisi padi umur 3 bulan setelah tanam hasil replanting (Maret 2011) dengan latar belakang AWS



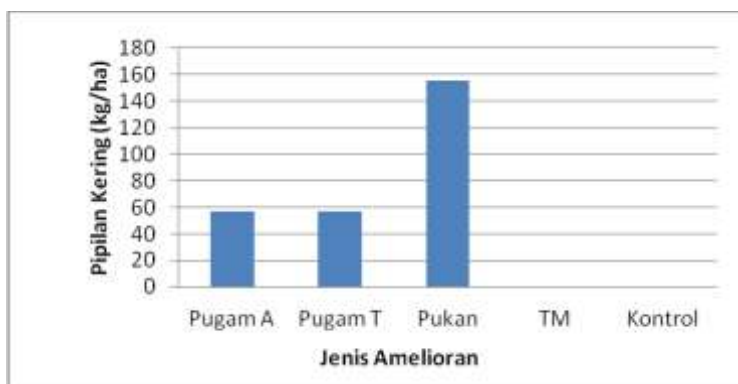
Gambar 8. Tinggi padi Situbagendit hasil replanting (3 bulan setelah tanam)

Kondisi Agronomis Tanaman Sela - Jagung

Tanaman jagung ditanam dengan tugal pada bulan Mei 2011, varietas yang digunakan adalah Sukmaraga, karena jenis ini tahan terhadap kemasaman tanah yang tinggi (Gambar 9). Perlakuan amelioran yang terbaik terhadap pertumbuhan dan produksi jagung adalah Pukan, yang mana produksi pipilan kering kurang lebih 150 kg ha⁻¹ sela karet. Pada perlakuan PA dan PT produksi terlihat seimbang yaitu 57 kg ha⁻¹ sela karet, sedangkan pada perlakuan TM dan K tidak mampu berproduksi (Gambar 10).



Gambar 9. Kondisi jagung sedang dipupuk ke-2



Gambar 10. Produksi jagung Sukmaraga.

Kondisi di atas disebabkan terutama karena saat pengisian tongkol telah memasuki musim kemarau, sehingga menekan fase produksi. Walaupun pemupukan telah digunakan dengan dosis 250 kg ha^{-1} Urea, 200 kg ha^{-1} SP-36, dan 100 kg ha^{-1} KCl namun upaya ini terlihat belum maksimal disebabkan karena kondisi tanah gambut masih mentah dengan moss cukup tebal, sehingga pemupukan belum berdampak positif dalam meningkatkan produksi jagung.

Kondisi Agronomis Tanaman Sela Nanas

Parameter agronomis yaitu pertambahan tinggi tanaman yang diamati menunjukkan bahwa setelah 6 bulan setelah tanam, perlakuan PA adalah yang tertinggi yaitu mencapai 30,7 cm (Gambar 11-12), sedangkan parameter pertambahan lebar tajuk dan jumlah daun, perlakuan Pukan adalah yang tertinggi, masing-masing mencapai 82,8 cm dan 10 helai.



Gambar 11. Pertambahan tinggi tanaman nanas.



Gambar 12. Kondisi tanaman nanas (April 2012) .

KESIMPULAN

Pemberian amelioran Pugam T mampu mendukung pertambahan lingkaran batang karet tertinggi. Sedangkan Pukan ayam berpengaruh tertinggi terhadap tinggi tanaman padi Situ Bagendit, produksi jagung Sukmaraga dapat mencapai lebih dari 150 kg ha⁻¹, serta lebar tajuk dan jumlah daun tanaman nanas, masing-masing mencapai 82,8 cm dan 9,7 helai.

SARAN

Pemanfaatan lorong sela antar barisan tanaman karet berumur > 3 tahun sebaiknya menggunakan tanaman yang tahan naungan seperti nanas bukan tanaman pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F dan E. Husein. 2004. Multifungsi pertanian Indonesia. Balai Penelitian Tanah. Bogor. 22 hal.
- Agus, F. dan I G.M. Subiksa. 2008. Lahan gambut: potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan. Balai Penelitian Tanah. Bogor. 36 hal.
- Balitanah. 2004. Multifungsi pertanian, konsep modern dalam memahami pertanian secara utuh, adil dan bijaksana. Balai Penelitian Tanah. Bogor. 6 hal.
- Hidayat, A., Hikmatullah, Sukarman, dan Wachyunto. 2011. Laporan Akhir Survei dan Identifikasi sumberdaya lahan lokasi demplot di Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Riau dan Jambi (Final Draft). Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian. Bogor. 93 hal.
- ICCTF. 2011. Penelitian dan pengembangan teknologi pengelolaan lahan gambut berkelanjutan untuk meningkatkan sekuestrasi karbon dan mitigasi gas rumah kaca. BBSDLP-ICCTF BAPPENAS. 13 hal.
- Las, I., P. Setyanto, K. Nugroho, A. Mulyani, dan F. Agus. 2011. Perubahan iklim dan pengelolaan lahan gambut berkelanjutan. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian. 24 hal.
- Runtuwuwu, E., B. Katiwa, Kharmilasari, K. Sudarman, W.T Nugroho, dan A. Firmansyah. 2011. Dinamika elevasi muka lahan dan saluran di lahan gambut. Riset Geologi dan Pertambangan. 21(2):63-74.

Siti Nurzakiah, Anna Hairani dan Muhammad Noor

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Jl. Kebun Karet, Loktabat, Banjarbaru PO. Box 31 Kalimantan Selatan, Telp/Faks. (0511) 4772534 – 4773034; (zakiah_balittra@yahoo.co.id)

Abstrak. Lahan gambut merupakan salah satu agroekosistem lahan rawa yang banyak dimanfaatkan untuk pengembangan pertanian. Tanah gambut berpotensi melepaskan gas rumah kaca, seperti metan, yang dihasilkan melalui dekomposisi bahan organik pada kondisi anaerob dan peningkatan keberadaan gas tersebut di atmosfer dapat menyebabkan pemanasan global. Salah satu faktor yang mempengaruhi besaran emisi gas metan adalah sistem pengelolaan hara seperti aplikasi bahan amelioran dan pupuk. Penelitian dilaksanakan pada lahan gambut di Desa Pangkoh, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah pada musim kemarau tahun 2010 dengan tujuan untuk mengetahui besaran emisi metan dari pertanaman padi dan hasil padi pada beberapa perlakuan dosis pemupukan NPK. Penelitian terdiri atas tiga perlakuan dosis pemupukan NPK yaitu: (1) 75 kg ha⁻¹ urea + 75 kg ha⁻¹ SP-36 + 100 KCl (N₁P₁K₁), (2) 75 kg ha⁻¹ urea + 112,5 kg ha⁻¹ SP-36 + 150 kg ha⁻¹ KCl (N₁P_{1.5}K_{1.5}), dan (3) 75 kg ha⁻¹ urea + 150 kg ha⁻¹ SP-36 + 200 kg ha⁻¹ KCl (N₁P₂K₂). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemupukan berdasarkan status hara tanah (N₁P₁K₁) menghasilkan emisi metan yang lebih rendah dan hasil padi yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya

Katakunci: emisi metan, padi, pemupukan NPK, lahan gambut.

Abstract. Peatlands is one of the many wetlands agroecosystem that utilized for agricultural development. Peat soil has a potential to release greenhouse gases such as methane produced through anaerobic decomposition of organic material and the presence of gas can cause global warming. One of the factors that influence the amount of methane gas emissions is a nutrient management systems such as application of amelioran materials and fertilizers. Research was conducted on peat soil at Pangkoh village, Pulang Pisau district, Central Kalimantan during dry season of 2010. The object of experiment was to determine the amount of methane emissions from rice cultivation and rice yield on several dosage fertilization. Treatment dosage of NPK fertilization was: (1) 75 kg ha⁻¹ urea + 75 kg ha⁻¹ SP-36 + 100 kg ha⁻¹ KCl (N₁P₁K₁), (2) 75 kg ha⁻¹ urea + 112,5 kg ha⁻¹ SP-36 + 150 kg ha⁻¹ KCl (N₁P_{1.5}K_{1.5}), dan (3) 75 kg ha⁻¹ urea + 150 kg ha⁻¹ SP-36 + 200 kg ha⁻¹ KCl (N₁P₂K₂). The result showed that fertilization based on soil nutrient status (N₁P₁K₁) produced the lowest emissions of methane and higher rice yield compared to other treatments.

Keywords: methane emissions, rice, NPK fertilizer, peatland.

PENDAHULUAN

Luas lahan gambut Indonesia yang tersebar di Pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua adalah 14.905.574 ha dan 4.778.005 ha di antaranya berada di Pulau Kalimantan (Badan Litbang Pertanian, 2011), berdasarkan luasan tersebut, lahan gambut berpotensi untuk dijadikan areal pengembangan pertanian. Pengembangan lahan gambut untuk pertanian dihadapkan pada beberapa kendala yaitu ketersediaan unsur hara yang terbatas dan dampaknya terhadap lingkungan. Isu lingkungan sangat mengemuka belakangan ini terkait dengan produksi gas-gas rumah kaca yang dihasilkan pada saat pembukaan lahan ataupun pengolahan tanah. Hal ini karena keseluruhan gambut merupakan karbon tersimpan dan apabila teroksidasi akan menyebabkan karbon terlepas ke udara yang dapat meningkatkan suhu bumi. Gambut tropika merupakan salah satu sumber potensial emisi metan (CH_4) (Murdiyarso, et al. 2004). Peningkatan gas metan sebesar 1.3 ppm CH_4 dapat meningkatkan suhu sebesar 1°C (Neue and Roger, 1993).

Pada pertanaman padi, gas utama yang dihasilkan adalah metan, karena gas metan tidak hanya dihasilkan akibat kondisi lahan yang tergenang (anaerob) pada saat pertumbuhan vegetative tetapi juga oleh tanaman padi karena terdapatnya ruang udara pada pembuluh aerenkhima sebagai tempat pertukaran gas dari dalam tanah ke udara. Produksi gas metan juga dipengaruhi oleh sistem pengelolaan lahan dan hara (Ariani, et al. 2008).

Pengelolaan hara dilakukan agar pemupukan efisien dan rendah emisi serta dapat meningkatkan hasil. Kapasitas tukar kation (KTK) gambut yang sangat tinggi tetapi rendah jika dihitung berdasarkan volume tanah di lapang menyebabkan rendahnya ketersediaan hara makro dan mikro terutama P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, dan B. Selain itu gambut di Kalimantan terbentuk dari jenis pohon-pohonan dan tanaman semak (paku-pakuan) dan sumber air utamanya berasal dari air hujan yang miskin hara menyebabkan pertumbuhan tanaman kurang optimal sehingga diperlukan input pupuk agar pertumbuhan dan hasil tanaman meningkat. Variabilitas tanah yang tinggi pada gambut menyebabkan pupuk yang kita berikan sebaiknya berdasarkan spesifik lokasi. Arahan pemupukan padi spesifik lokasi didasarkan pada status hara (N, P dan K) dan tingkat hasil yang ingin dicapai sehingga paket rekomendasi pemupukan bersifat kondisional. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran emisi metan dari pertanaman padi dan hasil padi pada beberapa dosis pemupukan NPK.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan pada lahan gambut, di Desa Pangkoh Kab. Pulang Pisau, Kalimantan Tengah pada musim kemarau tahun 2010. Percobaan ditata dalam Rancangan Acak Kelompok dua faktor dengan tiga ulangan. Faktor pertama terdiri atas: (1) Perbaikan kemasaman mencapai pH 5,0 ($\frac{1}{2}$ ton dolomit ha^{-1}), (2) Perbaikan kemasaman mencapai pH 5 ($\frac{1}{2}$ ton dolomit ha^{-1}) dan $\frac{1}{2}$ ton pupuk kandang ha^{-1} , dan (3) residu dari pemberian amelioran sebelumnya ($\frac{1}{4}$ ton dolomit dan $\frac{1}{2}$ ton pupuk kandang ha^{-1}). Penentuan untuk mencapai pH 5,0 dengan menggunakan metode inkubasi tanah dengan kapur dilakukan di laboratorium. Faktor kedua yaitu tingkat pemupukan NPK berdasarkan status hara yang terdiri atas ; (1) 75 kg ha^{-1} urea + 75 kg ha^{-1} SP-36 + 100 kg ha^{-1} KCl ($\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$), (2) 75 kg ha^{-1} urea + 112,5 kg ha^{-1} SP-36 + 150 kg ha^{-1} KCl ($\text{N}_1\text{P}_{1.5}\text{K}_{1.5}$), dan (3) 75 kg ha^{-1} urea + 150 kg ha^{-1} SP-36 + 200 kg ha^{-1} KCl ($\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_2$). Sebelum dilaksanakan pertanaman, terlebih dahulu dilakukan pengambilan contoh tanah untuk mengetahui status hara tanah. Ketentuan status hara dan jumlah pupuk yang diberikan mengacu pada hasil analisis tanah dengan acuan kelas status hara (Badan Litbang Pertanian, 2007), sehingga diperoleh takaran pupuk yaitu 75 kg ha^{-1} untuk SP-36 dan 100 kg ha^{-1} KCl karena status hara P tergolong sedang dan K tanah tergolong rendah. Pupuk urea diberikan dengan dosis 75 kg ha^{-1} mengacu pada standar Bagan Warna Daun (BWD) dan semua pupuk diberikan dengan cara disebar.

Varietas padi yang digunakan adalah Ciherang dan ditanam pada tanggal 11 Juni 2010. Petak percobaan berukuran 5 x 6 m dengan jarak tanam 20 x 20 cm dengan jumlah benih 2-3 per lubang. Pemeliharaan tanaman meliputi pembersihan gulma, pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara teratur apabila ada gejala awal serangan. Parameter yang diamati yaitu emisi metan pada fase vegetative (40 HST) dan generative (70 HST), pH tanah dan hasil padi (t GKG ha^{-1}). Sampel gas metan diambil pada pagi hari (jam 07.20-09.48 WIB) pada semua petak percobaan (27 petak), masing-masing 4 kali dengan interval 5 menit (5, 10, 15 dan 20). Pengambilan sampel gas metan dilakukan dengan metode *close chamber close technique* yang diadopsi dari IAEA (1993). Sungkup yang digunakan berukuran 50 cm x 50 cm x 100 cm. Pengambilan contoh gas menggunakan jarum suntik ukuran 10 ml. Jarum suntik dibungkus dengan kertas perak untuk menghindari terjadinya penurunan konsentrasi gas karena pengaruh panas dan diberi kertas label sebagai penanda contoh gas yang telah diambil (Balingtan, 2010). Jarum suntik yang telah berisi gas dianalisa di laboratorium GRK Balai Penelitian Lingkungan Pertanian.

Berdasarkan uji anova diketahui bahwa tidak ada interaksi dua faktor yang berpengaruh terhadap emisi metan (data tidak ditunjukkan), besaran emisi metan hanya dipengaruhi oleh perlakuan pemupukan NPK sehingga data-data yang ditampilkan lebih terfokus pada pengaruh pemupukan NPK saja. Untuk melihat variasi data digunakan galat baku dan digambar dengan program sigma plot.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik tanah

Lapisan gambut pada lokasi penelitian mempunyai ketebalan 30-80 cm dengan tingkat kematangan hemik sampai saprik. Dari hasil analisis karakteristik kimia, diketahui bahwa pH tanah masam dengan nilai KTK yang tinggi (Tabel 1). Tingginya nilai KTK berhubungan dengan tingginya kandungan bahan organik, walaupun untuk tanah gambut nilai KTK yang tinggi tersebut dihitung berdasarkan berat bahan karena jika dihitung berdasarkan volume tanah dilapang dapat memberikan nilai yang rendah oleh karena itu kejenuhan basa pada tanah gambut umumnya rendah, hal ini didukung pula oleh pH tanah masam yang secara tidak langsung dapat menghambat ketersediaan unsur hara. Kadar Kalium pada penelitian ini tergolong rendah dan merupakan faktor pembatas pertumbuhan tanaman.

Tabel 1. Hasil analisis sifat-sifat tanah awal

Sifat tanah	Nilai
pH H ₂ O (1:2.5)	4.33
Bahan Organik	
C-Organik (%)	28.1
N-Total (%)	0.35
Ekstrak HCl 25%	
P-Potensial (mg/100 g P ₂ O ₅)	30.00
K-Potensial (mg/100 g K ₂ O)	7.90
Ekstrak NH ₄ OAC 1N pH 7	
KTK (Cmol(+) kg ⁻¹)	32.5
Ekstrak KCl 1 N	
Al-dd (Cmol(+) kg ⁻¹)	8.40

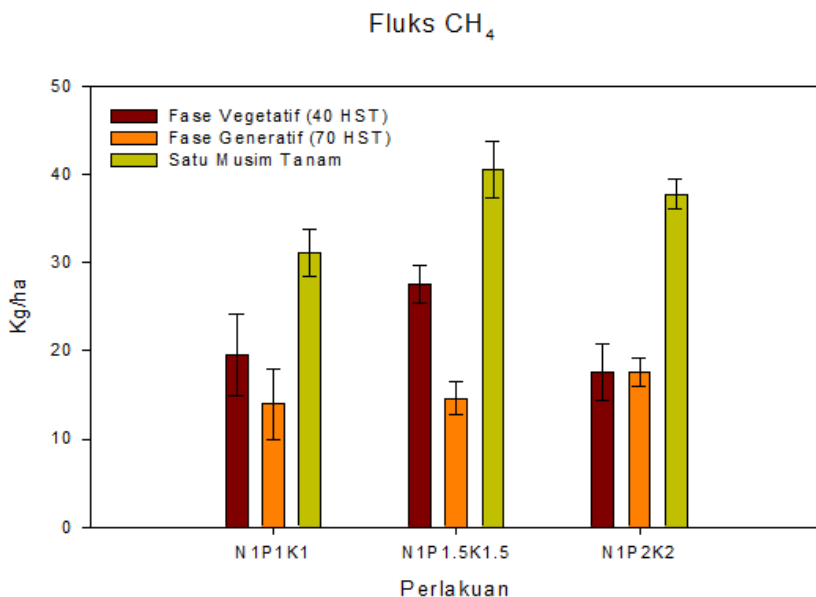
EMISI METAN

Fluktuasi gas metan selama satu musim tanam diperlihatkan pada (Gambar 1). Gas metan tertinggi pada fase vegetatif yaitu berkisar antara 17.6 – 27.5 kg ha⁻¹ CH₄ sedangkan pada fase generatif berkisar antara 14.0–17.6 kg ha⁻¹ CH₄. Walaupun tidak terlihat pengaruh perlakuan pada fase vegetatif maupun generatif terhadap besaran gas metan, tetapi dalam satu musim tanam terlihat bahwa perlakuan pemupukan berdasarkan status hara menghasilkan gas metan yang lebih rendah dan berbeda secara statistik dengan perlakuan lainnya. Hal ini diduga karena aktivitas mikroorganisme. Aktivitas mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh sifat tanah. Pada tanah dengan ketersediaan bahan makanan yang berlimpah akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme. Mikroorganisme yang terlibat dalam produksi gas metan adalah methanogen (kondisi anaerob) dan methanotrop (kondisi

aerob) (Ohta, 2005; Shoemaker, K and Schrag, 2010). Pada penelitian ini, pemupukan 1.5x dan 2x dari status hara mengakibatkan meningkatnya aktivitas mikroorganisme sehingga produksi gas metan meningkat.

Hal ini semakin mempertegas bahwa pemupukan berdasarkan status hara tidak hanya baik untuk kondisi tanah dan sebagai salah satu upaya untuk mengefisienkan pemupukan tetapi juga dapat menurunkan emisi gas metan. Penurunan gas metan tersebut juga diiringi dengan hasil (GKG) yang lebih tinggi (Gambar 2) walaupun secara statistik peningkatan hasil tersebut tidak berbeda antar perlakuan, seperti yang disimpulkan oleh Epule et al. (2011) dari beberapa hasil penelitian bahwa terdapat korelasi negatif antara emisi metan dengan hasil padi.

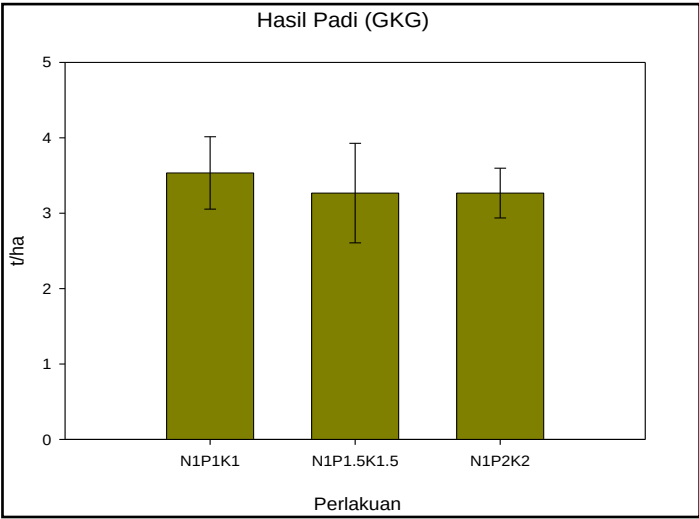
Selama pertanaman, pH tanah berkisar antara 4.65 – 5.18 (Gambar 3). Secara statistik tidak terlihat adanya perbedaan nilai pH akibat pengaruh perlakuan. pH tanah mempengaruhi besaran emisi gas metan. Penurunan kecil pada nilai pH akan menyebabkan berkurangnya produksi gas metan (Wang *et al.* 1993). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1 dan 3, di mana pada fase generatif terjadi penurunan pH dan produksi gas metan. selain itu pembentukan gas metan oleh methanogen optimum pada pH 5.5 – 7.0 (Mer dan Roger, 2001).



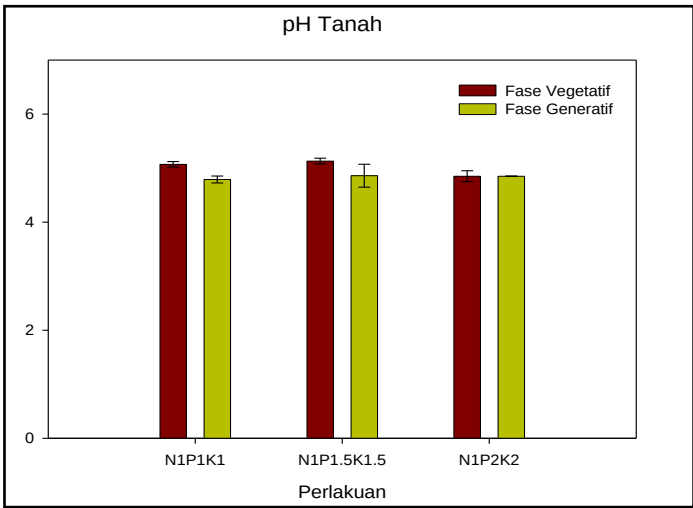
Gambar 1. Fluks CH₄ selama pertanaman

Perubahan pH tanah dipengaruhi oleh kondisi oksidatif-reduktif tanah. Pada fase vegetatif, pH tanah lebih tinggi dari fase generatif, hal ini berkenaan dengan kondisi lahan yang reduktif (anaerob) di mana pada kondisi tersebut terjadi pembebasan OH⁻ dan

penggunaan H^+ tetapi juga disebabkan oleh nisbah elektron yang dimanfaatkan (Bostrom, 1967 dalam Munir, 1997). Sedangkan pada fase generatif terjadi penurunan pH berkaitan dengan kondisi lahan yang oksidatif selain itu, penurunan pH diduga berkaitan dengan serapan hara tanah oleh tanaman dan eksudat yang dikeluarkan akar tanaman.



Gambar 2. Hasil padi akibat pengaruh perlakuan



Gambar 3. Rata-rata nilai pH tanah selama periode pertanian

KESIMPULAN

Pemupukan padi pada lahan gambut berdasarkan status hara tanah yaitu (75 kg ha^{-1} urea + 75 kg ha^{-1} SP-36 + 100 kg ha^{-1} KCl) menghasilkan emisi metan yang lebih rendah dan hasil padi yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, M., H.I. Susilawati, P. Setyanto. 2008. Mitigasi emisi metan (CH_4) dari tanah gambut dengan ameliorasi. *Hlm* 319-325. Dalam A. Supriyo et al. (eds.). Pros. Sem Nas. Pengembangan Lahan Rawa, Banjarbaru 5 Agustus 2008. BB Litbang SDLP – Balitbangda Prop Kalsel
- Badan Litbang Pertanian. 2011. Peta Lahan Gambut Indonesia Skala 1: 250.000. Kementerian Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Edisi Desember 2011.
- Badan Litbang Pertanian. 2007. Petunjuk Teknis Lapang PTT Padi Sawah Irigasi. Badan Litbang Pertanian. Jakarta. 40 *Hlm*.
- Balingtan. 2010. Teknik pengambilan contoh gas rumah kaca dari lahan gambut. Bahan Pelatihan Pengukuran Emisi Gas Rumah Kaca (GRK), Cadangan Karbon, Hidrologi dan Penggunaan Automatic Weather Station (AWS). ICCTF-BBSDLP. Banjarmasin. 12 – 15 Desember 2010.
- Epule, E.T., Peng, C and Mafany, N.M. 2011. Methane Emissions from Paddy Rice Fields: Strategies towards Achieving A Win-Win Sustainability Scenario between Rice Production and Methane Emission Reduction. *Journal of Sustainable Development*. Vol. 4, No. 6; December 2011. www.ccsenet.org/jsd
- IAEA (International Atomic Energy Agency). 1993. Manual on Measurement of Methane and Nitrous Oxide Emission from Agricultural Vienna: IAEA.
- Mer J, Roger P. 2001. Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils: A review. *European Journal of Soil Biology*. 37: 25-50
- Munir, M. 1997. Dinamika sifat – sifat tanah sawah dan pengaruhnya terhadap kesuburan tanah. Pidato Ilmiah Pengukuhan jabatan Guru Besar Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian Malang. *Hlm*. 36
- Murdiyarso, D., Suryadiputra, I. N., Wayunto. 2004. Tropical peatlands management and climate change: A case study in Sumatra, Indonesia. Presented in The International Peat Congress. Tampere, Finland 6-11 June 2004.
- Neue, H. U., and Roger, P. A. (1993). Rice agriculture: Factors controlling emissions. In atmospheric methane: Sources, sinks, and role in global change. In M. A. K. Khalil (Ed.), NATO Advanced Science Institute Series, Series –I: Global Environment Change, Vol. 13 (pp. 245–298). Berlin: Springer Verlag.

- Ohta, H. 2005. Overview of greenhouse effect gas emission from agricultural soils through microbial activities. Papper of the International Workshop on Ecological Analysis and Control of Greenhouse Gas Emissions from Agriculture in Asia. Ibaraki. 15-16 September 2005. Japan
- Shoemaker, J. K., and Schrag, D.P. 2010. Subsurface characterization of methane production and oxidation froma New Hampshire wetland. *Geobiology*. 8: 234–243.
- Wang, Z.P., R.D. De Laune, P.H. Masscheley, and W.H. Patrick. 1993. soil redox and pH effects on methane production in a flooded rice soil. *Journal soil science society America*. 57: 382—385.

¹Abdul Hadi dan ²Kazuyuki Inubushi

¹Lab. Biologi dan Bioteknologi Tanah, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani KM 37 Banjarbaru 70713, Kalimantan Selatan. (yatakhadi@yahoo.co.id)

²Lab. of Soil Science, Chiba University, 648 Matsudo, Chiba, Jepang

Abstrak. Gambut dari Obihiro, Ozegahara, dan Amuntai digunakan untuk membandingkan keragaman populasi mikroorganisme sebagai pengaruh zone iklim. Keragaman mikroorganisme digambarkan dengan kandungan ATP dan populasi total bakteri, total fungi, bakteri selulolitik, bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi. Selanjutnya, tiga kg tanah gambut di Chiba dimasukkan ke dalam pot, diberi kompos jerami padi (8 gr per pot) dimana sebagian jerami dimasukkan dalam empat kantong permiabel dan ditanamkan secara vertikal sekitar tengah-tengah setiap pot. Air kran kemudian dimasukkan ke dalam pot sehingga ± 5 cm di atas permukaan tanah. Bibit padi ditanam sebanyak tiga batang per pot dan dipelihara sampai masa panen. Satu set pot yang lain dipersiapkan dengan cara yang sama dengan di atas, tetapi tanpa tanaman padi. Kantong jerami dikeluarkan pada saat pembentukan anakan, pertumbuhan vegetatif maksimum, berbunga, dan saat panen. Semua kantong dibersihkan dari tanah dan digunakan untuk penetapan potensi pembentukan CH_4 , dan dua diantaranya digunakan untuk penetapan populasi bakteri methanogen. Penetapan pH kritis untuk pembentukan N_2O melalui nitrifikasi, tanah gambut dari pertanaman padi atau kelapa sawit diambil dari dua kedalaman dan diukur pH-nya. Setelah mengetahui adanya korelasi antara pH dengan laju nitrifikasi, ditetapkan perubahan laju nitrifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi bakteri total gambut tropika mirip dengan gambut subtropika, populasi fungi total tanah gambut tropika 10 kali lebih rendah dibandingkan tanah gambut subtropika. Gambut tropika memiliki populasi bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi tertinggi, diikuti oleh gambut subtropika, gambut boreal memiliki populasi denitrifikasi terendah. Bakteri methanogen menempati baik bahan gambut, kompos jerami maupun akar tanaman padi. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa batas kritis pH tanah gambut tropika terhadap laju nitrifikasi berkisar pada nilai 5,6.

Abstract. Peat soils from Obihiro, Ozegahara, and Amuntai were used to elucidate the diversity of microbes as affected by climatic zones. The microbial diversities were presented by ATP contents, population of viable bacteria and fungi and population of nitrifying and denitrifying bacteria. Concurrently, three kg of peat soils from Chiba were filled in to pots and given rice straw compost which parts were put in four nylon mesh bags and inserted vertically around the middle of the pots. Crane water was filled into the pots up to ± 5 cm above the soil surface. Three hills of rice seedling were then transplanted and maintained until harvest. A set of pots was also prepared in similar way but without rice plant. The rice straw bags were taken out at corresponding to the tillering, panicle initiation, heading and harvest stages of rice. The all bags were free from soil and used for determination of methane potential production, which two of them were used to determine population of methanogenic bacteria. To determine the critical pH

for N₂O formation through nitrification, peat soils cultivated to rice and oil palm were taken from two depths and their pH were then measured. After knowing the significant correlation with pH, the changes in nitrification rate were calculated. The results showed that the number of bacteria in tropical peat was similar to that in temperate peat, while the number of fungi was about ten times lower. The number of nitrifying and denitrifying bacteria was the highest in tropical peat, followed by temperate peat. Methanogens were found in peat parent material, buried rice straw, and rice root with the population in 10 time higher in buried rice straw than that in peat parent material. The research also showed that the critical pH for N₂O formation through nitrification was 5.6.

PENDAHULUAN

Tanah gambut merupakan istilah lain dari Organosols (FAO, 1988) atau Histosols (USDA, 1976). Istilah gambut diambil dari nama suatu desa di Kalimantan Selatan yang dulu tanahnya ditutupi oleh bahan organik tebal, meskipun sekarang sudah tidak lagi setelah lebih dari 100 tahun digunakan untuk pertanaman padi. Tanah gambut disebut “dei-tan” dalam bahasa Jepang yang ditulis dengan penggabungan kanji “dei=basah” dan “tan=karbon”.

Selain kondisi basah, tanah gambut juga terbentuk akibat suhu yang rendah pada negara-negara beriklim (*temperate*) sedang atau kutub. Secara umum, tanah gambut daerah temperate dan kutub berasal dari rerumpunan sedang gambut tropika berasal dari kayu-kayuan atau campuran dari kayu dan rumput (Sabiham, 1989). Tanah gambut terutama terdapat di Rusia, Amerika Serikat, China dan Indonesia.

Tanah gambut merupakan sumber emisi gas-gas rumah kaca (GRK), terutama karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan nitro oksida (N₂O) yang merupakan hasil aktivitas mikroorganisme di dalam tanah. Emisi GRK tanah gambut alami umumnya rendah (Harris *et al.* 1985; Hadi *et al.* 2005), tetapi meningkat tajam jika tanah gambut digunakan sebagai lahan pertanian (Tsuruta *et al.* 1995; Hadi *et al.* 2000; 2005; Toma *et al.* 2011; Takakai *et al.* 2006) atau padang penggembalaan (Velthof and Oenema, 1995; Velthof *et al.* 1989). Hadi *et al.* (2012) dan Toma *et al.* (2011) melaporkan bahwa N₂O merupakan GRK paling penting yang dilepaskan tanah gambut tropika jika diperhitungkan berdasarkan potensi pemanasannya.

Secara umum, aktivitas mikroorganisme ditentukan oleh suhu, substrat, dan lingkungan mikro tempat hidup mikroorganisme. Pemahaman tentang mikroorganisme yang berasal dari berbagai zone iklim mungkin dapat memberikan prediksi emisi gas rumah kaca dari tanah gambut pada keragaman kondisi alamiah dan intervensi manusia. Penelitian ini bertujuan memahami sebaran mikroorganisme pada tanah gambut dari berbagai zona iklim dan memahami situs pembentukan GRK dan kaitannya dengan karakteristik lingkungan tempat hidup mikroorganisme.

BAHAN DAN METODE

Perbandingan Beberapa Zone Iklim

Tanah gambut dari Hokkaido (iklim kutub), Ozegahara (*temperate*), dan Amuntai (tropika) digunakan untuk membandingkan keragaman populasi mikroorganisme sebagai pengaruh perbedaan suhu dan substrat. Tanah diambil di lapangan, dimasukkan ke dalam kantong plastik kedap udara dan disimpan dalam ruang pendingin sampai saat digunakan. Keragaman mikroorganisme digambarkan dengan kandungan ATP (adenosine triphosphate) dan populasi mikroorganisme. Keragaman populasi mencakup total bakteri, total fungi, mikroorganisme selulolitik, bakteri pengoksidasi amonium, dan bakteri denitrifikasi.

Kandungan ATP ditetapkan dengan metode yang dikemukakan oleh Inubushi *et al.* (1998) dengan beberapa modifikasi. Secara ringkas, sebanyak 2,5 g gambut dimasukkan ke dalam botol sentrifuge bersama 22,5 ml larutan campuran 0,5 M TCA (trichloro acetate) dan 0,25 M Na_2HPO_4 . Botol berisi sampel kemudian ditempatkan pada alat sonikasi dengan kekuatan 150 W selama dua menit. Filtrat tanah kemudian direaksikan dengan campuran enzim *luciferin-luciferase* dan emisi cahaya diukur dengan luminometer (Yamato Scientific, Japan). Hasil pengukuran dinyatakan dengan mmol ATP per gram tanah kering oven. Populasi total bakteri, total fungi, bakteri nitrifikasi, dan denitrifikasi dihitung, termasuk populasi mikroorganisme selulolitik seperti metode yang dikemukakan oleh Suyama *et al.* (1993).

Situs Terbentuknya GRK

Tiga kg tanah gambut dimasukkan ke dalam pot, diberi kompos jerami padi (8 g per pot) dimana sebagian jerami dimasukkan dalam empat kantong permiabel dan ditanamkan secara vertikal sekitar tengah-tengah setiap pot. Air kran kemudian dimasukkan ke dalam pot sehingga ± 5 cm di atas permukaan tanah. Bibit padi ditanam sebanyak tiga batang per pot dan dipelihara sampai masa panen. Satu set pot yang lain dipersiapkan dengan cara yang sama dengan di atas, tetapi tanpa tanaman padi.

Kantong jerami dikeluarkan pada saat pembentukan anakan (*tillering*), pertumbuhan vegetatif maksimum (*panicle initiation*), berbunga (*heading*), dan saat panen (*harvest*). Semua kantong dibersihkan dari tanah dan digunakan untuk penetapan potensi pembentukan CH_4 , dan dua diantaranya digunakan untuk penetapan populasi bakteri methanogen. Potensi pembentukan CH_4 dilakukan dan dihitung dengan metode yang dikemukakan oleh Chithaisong *et al.* (1996), sedangkan populasi bakteri methanogen adalah seperti yang dikemukakan oleh Asakawa *et al.* (1997).

pH Kritis untuk Pembentukan N₂O Melalui Nitrifikasi

Untuk mempelajari penetapan pH kritis untuk pembentukan N₂O melalui nitrifikasi, tanah gambut dari pertanaman padi atau kelapa sawit di Kabupaten Hulu Sungai Utara (Kalsel) diambil setiap satu bulan selama periode Maret hingga Juni 2010. Tanah diambil dari dua kedalaman (0-10 cm dan 10-25 cm) tiga titik dengan jarak sekitar 10 meter pada lahan sawah dan pertanaman kelapa sawit. Sampel tanah dibawa ke Banjarbaru untuk penetapan pH, kadar air, populasi bakteri nitrifikasi, dan laju nitrifikasi.

Penetapan pH tanah dilakukan dengan pH meter (Horiba Co., Japan) setelah dikocok dengan air selama satu jam dan dengan perbandingan tanah dan air sebesar 1:10. Data pH kemudian digunakan untuk penetapan batas kritis untuk nitrifikasi dengan metode yang dikemukakan Cate dan Nelson (1971).

Batas kritis pH untuk proses nitrifikasi dilakukan setelah mengetahui adanya korelasi antara pH dengan laju nitrifikasi. Setelah itu, ditetapkan perubahan laju nitrifikasi yaitu: $\%Y = Y_0/Y_{maks} \times 100\%$, dimana Y_0 = nitrifikasi terendah dan Y_{maks} = nitrifikasi tertinggi. Penetapan batas kritis kadar air, pH, dan populasi bakteri nitrifikasi hanya dilakukan jika terdapat korelasi nyata. Batas kritis ditetapkan dengan memplotkan data pH tanah pada sumbu X dan persen laju nitrifikasi pada sumbu Y. Selanjutnya salib sumbu diplot dan digeser-geser pada persen hasil sekitar 80%. Batas kritis kadar air, pH tanah, dan populasi bakteri nitrifikasi diperoleh jika jumlah titik di kuadran I dan III sebanyak-banyaknya sedangkan di kuadran II dan IV minimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi ATP, populasi bakteri, dan fungi pada tanah gambut di zone iklim tropika (A), *temperate* (O), dan dingin (H) diperlihatkan pada Tabel 1.

Populasi bakteri total gambut tropis mirip dengan gambut subtropika (pada kisaran 10^7 sel g⁻¹ tanah); populasi fungi total tanah gambut tropika 10 kali lebih rendah dibandingkan tanah gambut subtropika. Populasi mikroorganisme selulolitik tanah gambut tropika mirip dengan subtropika yang sekitar sepuluh kali lebih banyak dari gambut boreal. Hal sebaliknya terjadi pada populasi bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi dimana tanah gambut tropika memiliki kandungan tertinggi, diikuti oleh gambut subtropika; gambut boreal memiliki populasi denitrifikasi terendah (Tabel 1).

Tabel 1. Konsentrasi ATP, populasi bakteri, dan fungi pada tanah gambut pada beberapa zone iklim.

Kode lokasi	ATP u mol kg ⁻¹ tanah	Total bakteri	Total fungi	Bakteri selulolitik	Bakteri nitrifikasi	Bakteri denitrifikasi
		x 10 ⁵ CFU g ⁻¹ tanah			x 10 ⁴ CFU g ⁻¹ tanah	
A	7,7	217 (142)	5,3 (1,1)	1,2 (0,7)	124 (81)	25,1 (21,3)
O	1,2	207 (126)	93,0 (55)	1,9 (2,4)	11,0*	0,8*
H	td	td	td	0,2*	tt	0,09 (0,03)

Angka dalam kurung menunjukkan SE dari dua ulangan. td=tidak diukur; bt= di bawah batas deteksi (< 10² CFU g⁻¹ tanah)

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa populasi bakteri nitrifikasi selalu lebih tinggi dari populasi bakteri denitrifikasi pada semua zone iklim. Hal ini tidak lazim pada tanah mineral masam (Paul and Clerk, 1996) sehingga dapat dipandang sebagai kekhususan bagi tanah gambut. Bakteri nitrifikasi pada tanah gambut juga diduga merupakan mikroorganisme toleran masam karena pH tanah yang digunakan berkisar antara 4,4-5,3.

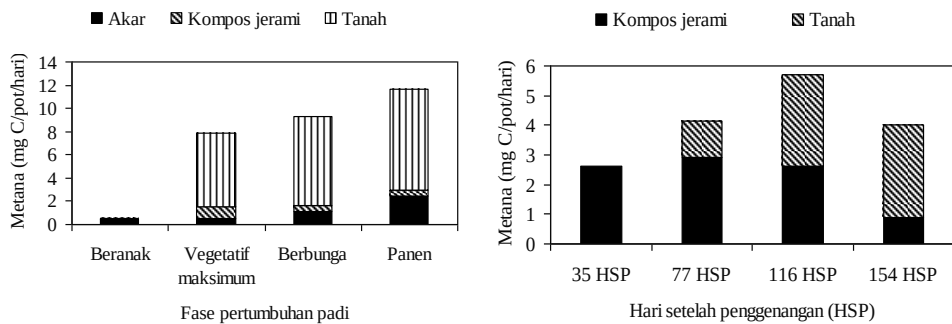
Sebaran bakteri methanogen pada tanah gambut bera dan gambut yang ditanami diperlihatkan pada Tabel 2. Bakteri methanogen menempati baik bahan gambut, kompos jerami maupun akar tanaman padi dengan populasi 100-1000 kali lebih banyak pada kompos dibandingkan dalam bahan gambut. Populasi methanogen meningkat dengan semakin lanjut pertumbuhan tanaman padi. Meskipun demikian, populasi methanogen meningkat sampai 35 HSP pada perlakuan tanpa tanaman dan menurun setelahnya.

Tabel 2. Sebaran bakteri methanogen pada tanah gambut bera dan gambut yang ditanami padi (rata-rata ± SD; MPN per gr, kecuali untuk Total MPN per pot).

	Hari 0 setelah penggenangan (HSP)	Ditanami padi		Tanpa tanaman	
		35 HSP	117 HSP	35 HSP	117 HSP
Tanah	3,5 x 10 ⁵	(1,7±1,6)10 ⁴	(6,6±0,3)10 ⁴	(6,0±3,2)10 ³	(9,6±0,0)10 ²
Kompos jerami padi		(8,6±3,4)10 ⁴	(8,9±1,9)10 ⁷	(4,8±2,9)10 ⁸	(2,5±1,8)10 ⁷
Akar tanaman		(2,0±1,9)10 ⁶	(1,6±0,6)10 ⁷		
Total	8,8 x 10 ⁷	1,2 x 10 ⁸	1,1 x 10 ⁹	4,4 x 10 ⁹	2,3 x 10 ⁸

Keterangan: 35 HSP setara dengan fase vegetatif padi, sedang 117 HSP setara fase panen.

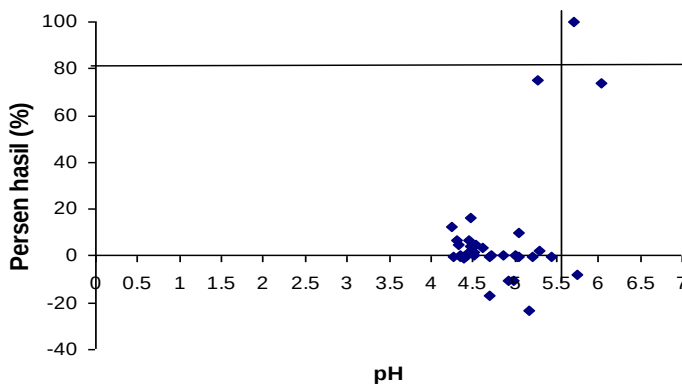
Mirip dengan populasi methanogen, baik bahan gambut, kompos jerami maupun akar tanaman mampu memproduksi CH₄ (Gambar 1). Produksi CH₄ pada bahan gambut dan akar padi meningkat seiring dengan pertumbuhan tanaman yang semakin lanjut. Sebaliknya, produksi CH₄ dari jerami kompos semakin kecil dengan semakin lanjut pertumbuhan tanaman padi atau dengan semakin lama lahan tanpa tanaman digenangi.



Gambar 1. Potensi pembentukan CH₄ dari bahan gambut, kompos jerami, dan akar padi pada tanah gambut dengan tanaman padi (kiri) dan tanpa tanaman (kanan)

Sumbangan bahan gambut terhadap emisi GRK juga dilaporkan oleh Toma *et al.* (2011) setelah mempelajari pembentukan N₂O pada tanah gambut Kalimantan Tengah. Peningkatan produksi dari bahan gambut dengan semakin lama penggenangan mungkin disebabkan oleh penurunan Eh yang merupakan prasyarat pembentukan CH₄ (Watanabe, 1984), sedangkan peningkatan produksi CH₄ dari akar disebabkan akibat semakin banyaknya akar atau eksudat akar yang dapat dijadikan substrat oleh methanogen. Semakin menurunnya produksi CH₄ dari kompos jerami diduga akibat asam-asam organik sederhana yang merupakan substrat bagi methanogen semakin habis seiring dengan waktu.

Penentuan batas kritis dilakukan untuk pH selama periode bulan Agustus-Oktobre ditunjukkan masing-masing pada Gambar 2.



Gambar 2. Batas kritis pH terhadap laju nitrifikasi selama periode penelitian (n=36).

Batas kritis merupakan batas pH tanah, kadar air, bakteri nitrit, dan bakteri nitrat terhadap laju nitrifikasi untuk mencapai level optimum. Untuk menentukan batas kritis

dilakukan dengan menggunakan metode Grafik Cate-Nelson. Penetapan batas kritis hanya dilakukan jika terdapat korelasi nyata. Berdasarkan hasil yang ada, diketahui hanya pH tanah yang berkorelasi nyata dengan laju nitrifikasi, sedangkan faktor yang lainnya tidak berkorelasi nyata. Dari metode Grafik Cate-Nelson, batas kritis pH tanah terhadap laju nitrifikasi yang diperoleh dalam penelitian adalah 5,6 dan hasilnya disajikan Gambar 2. Ini menunjukkan bahwa pH tanah mencapai level optimum untuk terjadinya nitrifikasi pada kisaran 5,6.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Bakteri total gambut tropika mirip dengan gambut subtropika (pada kisaran 10^7 sel g^{-1} tanah); populasi fungi total tanah gambut tropika 10 kali lebih rendah dibandingkan tanah gambut subtropika. Populasi mikroorganisme selulolitik tanah gambut tropika mirip dengan subtropika yang sekitar sepuluh kali lebih banyak dari gambut boreal. Hal sebaliknya terjadi pada populasi bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi dimana tanah gambut tropika memiliki kandungan tertinggi, diikuti oleh gambut subtropika, dan gambut boreal memiliki populasi denitrifikasi terendah.
2. Bakteri methanogen menempati baik bahan gambut, kompos jerami maupun akar tanaman padi dengan populasi 100-1000 kali lebih banyak pada kompos dibandingkan dalam bahan gambut.
3. Batas kritis pH tanah gambut tropika terhadap laju nitrifikasi berkisar pada nilai 5,6. Laju nitrifikasi mendekati nol jika pH kurang dari 5,6 dan meningkat dengan cepat pada pH di atas 5,6.

DAFTAR PUSTAKA

- Asakawa, S., Y. Koga, and K. Hayono. 1997. Enumeration of methanogenic bacteria in paddy field soil by the most probable number (MPN) method. *Soil Microorganism*, 47, 31-36 (in Japanese).
- Cate, R.B. Jr. and L.A. Nelson. 1971. A Simple Statistical Procedure for Portioning Soil-List Correlation Into Two Classes. *SSSAP* 35: 858-860.
- Chithaisong, A., K. Inubushi, Y. Muramatsu, and I. Watanabe. 1996. Production potential and emission of methane in flooded rice soil microcosms after continuous application of straws. *Microbes and Environments* 11: 73-78.
- FAO. 1988. Revised Legend of the FAO-Unesco Soil Map of the World. World Soil Resources Report No. 60, Rome, pp. 109.
- Hadi, A., L. Fatah, D.N. Affandi, R.A. Bakar, and K. Inubushi. 2012. Population and genetic diversities of nitrous oxide and methane related bacteria in peat soils in South Kalimantan, Indonesia, *Malaysian Journal of Soil Science* 16 (accepted).

- Hadi A, K. Inubushi, Y. Furukawa, E. Purnomo, M. Rasmadi, and H. Tsurata. 2005. Greenhouse gas emission from tropical peatlands of Kalimantan. *Nutrient Cycling in Agroecosystem* 71: 73-80.
- Hadi A, K. Inubushi, E. Purnomo, F. Razie, Y. Yamakawa, and H Tsurata. 2000. Effect of landuse changes on nitrous oxide (N₂O) emission from tropical peatlands. *Chemosphere-Global Changes Science* 2: 347-358.
- Inubushi, K., A. Hadi, M. Okazaki, and K. Yonebayash. 1998. Effect of converting wetland forest to sago palm plantation on methane gas flux and organic carbon dynamics in tropical peat soil. *Hydrological Processes* 12: 2073-2080.
- Harris, R.C., E. Gorham, D.I. Sabacher, K.B. Bartlett, and P.A. Flebbe. 1985. Methane flux from northern peatland. *Nature* 315: 652-654.
- Paul, E.A. and F.E. Clark. 1996. *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, Inc. San Diego. pp. 273.
- Sabiham, S. 1989. Studies on peat in the coastal plains of Sumatra and Borneo: Part III: Micromorphological study of peat in coastal plains of Jambi, South Kalimantan and Brunei. *Southeast Asian Studies* 27: 339-351.
- Suyama, K., H. Yamamoto, T. Naganawa, T. Iwata, and H. Komada. 1993. A plate count method for aerobic cellulose decomposers in soils by congo red staining. *Soil Sci. Plant Nutr.* 39: 361-369.
- Takakai, F., T. Morishima, Y. Hasihidoko, R. Hatano, S.H. Limin, U. Darung, and S. Dohong. 2006. Effects of agricultural land-use change and forest fire on N₂O emission from tropical peatlands, Central Kalimantan, Indonesia. *Soil Sci. Plant Nutr.* 52: 662-674.
- Toma, Y, F. Takakai, U. Darung, S. Limin, S. Dohong, and R. Hatano. 2011. Nitrous oxide emission derived from soil organic matter decomposition from tropical agricultural peat soil in Central Kalimantan, Indonesia. *Soil Sci. Plant Nutr.* 57: 436-451.
- Tsuruta, H., K. Yagi, K. Kanda, and K. Hirose. 1995. Nitrous oxide emission from rice paddy fields. In *Pogram and Abstract of International Symposium on Soil-Source and Sink of Greenhouse Gases*, Nanjing, China. 12 p.
- USDA. 1976. *Soil Taxonomy 1975*. US Government Printing Office. Washington DC. pp. 754.
- Velthof, G.L. and O. Oenema. 1995. Nitrous oxide fluxes from grassland in the Netherlands: II. Effect of soil type, nitrogen fertilizer application and grazing. *Eur. J. Soil Sci.* 46: 541-549.
- Velthof, G.L., A.B. Brader, and O. Oenema. 1989. Seasonal variations in nitrous oxide losses from managed grassland in The Netherlands. *Plant and Soil* 181: 263-274.
- Watanabe, I. 1984. Anaerobic decomposition of organic matter in flooded rice soils. In *IRRI (Ed.). Organic Matter and Rice*. Philippines. p. 237-258.

Wiwik Hartatik

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No.12, Bogor 16114
(wiwik_hartatik@yahoo.com)

Abstrak. Upaya peningkatan produktivitas lahan gambut melalui pemberian amelioran tanah mineral telah lama dipraktekkan di daerah pertanian gambut. Kation Fe dari amelioran tanah mineral dapat mengurangi pengaruh buruk dari asam-asam fenolat melalui adsorpsi kation pada tapak reaktif gambut. Disamping itu adanya kation Fe dapat meningkatkan ikatan kation dan anion sehingga konservasi terhadap unsur hara yang berasal dari pupuk menjadi lebih baik. Distribusi bentuk-bentuk ikatan (terlarut, dapat ditukar, khelat dan residual) kation Fe yang tererap perlu dipelajari karena berperan dalam menentukan efektivitas pengendalian asam-asam fenolat. Tujuan penelitian adalah mempelajari distribusi bentuk-bentuk Fe dan kelarutannya dari amelioran tanah mineral dalam gambut untuk menentukan dosis amelioran yang digunakan. Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Kimia Tanah, Balai Penelitian Tanah, Bogor. Pengukuran distribusi bentuk ikatan Fe yang tererap dilakukan dengan ekstraksi bertahap (*sequential extraction*). Metode yang digunakan dimodifikasi dari prosedur Mathur dan Levesque (1983) serta McLaren dan Crawford (1973). Lima bentuk Fe yang ditetapkan adalah: (1) Fe-larut; (2) Fe-CA, dapat ditukar (0,05 M CaCl_2 pH 5,0); (3) Fe-AAC terikat secara lemah dengan bahan organik (asam asetat 2,5%); (4) Fe-DTPA, terkhelat secara kuat (pengekstrak DTPA-TEA terdiri dari 0,005 M DTPA, 0,01 M CaCl_2 dan 0,1 M TEA pada pH 7,3); dan (5) Fe-CN, terikat secara sangat kuat termasuk occluded (pengekstrak 0,1 M KCN). Distribusi bentuk Fe dipelajari pada 4 taraf pemberian amelioran tanah mineral: 0; 0,005; 0,015 dan 0,02 g/g gambut. Kelarutan Fe dari amelioran tanah mineral ditetapkan berdasarkan rasio jumlah konsentrasi bentuk-bentuk Fe dan total Fe yang diberikan (Salampak, 1999). Untuk mengetahui hubungan antar fraksi-fraksi Fe dilakukan analisis korelasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi bentuk-bentuk Fe dari pemberian amelioran tanah mineral yaitu Fe-DTPA (khelat) > Fe- terikat kuat > Fe- larut > Fe- tersedia > Fe- terikat lemah. Peningkatan dosis amelioran tanah mineral meningkatkan Fe larut dan sebaliknya menurunkan Fe-DTPA (khelat). Bentuk Fe-larut berkorelasi negatif dengan Fe-DTPA (khelat). Rata-rata kelarutan Fe dari tanah mineral sebesar 13%. Dosis kebutuhan bahan amelioran tanah mineral masing-masing pada 2,5; 5; 7,5; dan 10% adalah berturut-turut sebesar 7,3; 14,6; 21,8 dan 29,1 t.ha⁻¹. Efektivitas pengendalian asam-asam fenolat dapat ditingkatkan dengan pemberian amelioran tanah mineral yang berkadar Fe tinggi melalui pembentukan senyawa kompleks organik-Fe.

Katakunci: amelioran tanah mineral, bentuk-bentuk Fe, gambut.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan lahan gambut untuk budidaya pertanian dapat berhasil apabila dikelola dengan konsep dan teknologi yang tepat, serta mengikuti kaidah-kaidah pengelolaan berkelanjutan. Pengelolaan lahan yang baik dengan menerapkan teknologi yang tepat sesuai dengan karakteristik gambut, diharapkan dapat membuat lahan gambut menjadi lahan pertanian berproduktivitas tinggi, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

Luas lahan gambut di Indonesia diperkirakan 13 juta ha yang dibedakan kedalam gambut dangkal, sedang, dan sangat dalam (Widjaja-Adhi *et al.* 1992). Lahan gambut pada umumnya dimanfaatkan untuk tanaman pangan maupun perkebunan, walaupun tingkat produksinya masih rendah. Tanah gambut digolongkan kedalam tanah marginal. Hal ini dicirikan dengan reaksi tanah yang masam hingga sangat masam, ketersediaan hara dan kejenuhan basa yang rendah dan kandungan asam-asam organik yang tinggi, terutama derivat asam fenolat sehingga bersifat racun bagi tanaman (Tadano *et al.* 1990; Rachim, 1995; Prasetyo, 1996; Salampak, 1999). Asam-asam fenolat tersebut merupakan hasil biodegradasi anaerob dari senyawa lignin dalam bahan asal kayu-kayuan (Tsutsuki dan Kondo, 1995).

Pengaruh buruk dari derivat asam-asam fenolat dapat dikurangi dengan pemberian kation-kation polivalen seperti Al, Fe, Cu, dan Zn (Rachim, 1995; Prasetyo, 1996; Saragih 1996). Penurunan asam-asam fenolat disebabkan oleh adanya erapan kation-kation polivalen oleh tapak reaktif tanah gambut sehingga membentuk senyawa kompleks. Koloid asam-asam humat dan asam fulvat diendapkan dengan elektrolit yang dipengaruhi oleh faktor-faktor pH, sifat elektrolit dan konsentrasi koloid (Stevenson, 1994). Dari beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan (Prasetyo, 1996; Rachim, 1995; Saragih, 1996) menunjukkan kation Cu^{2+} , Zn^{2+} , Na^+ , Al^{3+} , Fe^{2+} dan Fe^{3+} dapat mengurangi pengaruh buruk asam-asam organik dalam tanah gambut melalui mekanisme erapan kation pada tapak reaktif gambut dan pembentukan senyawa kompleks.

Tapak ligan sebagai pengikat kation pada asam humat dan asam fulvat terdapat pada gugus yang mengandung oksigen seperti karboksilat, hidroksil dari fenolat, alkohol dan enol, serta karbonil. Selain itu gugus amino dan gugus yang mengandung S dan P juga dapat mengkelat kation (Stevenson dan Fitch, 1986).

Hasil penelitian Rachim (1995), pada tanah gambut Air Sugihan Sumatera Selatan menunjukkan bahwa erapan kation mengikuti pola: $\text{Al}^{3+} > \text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+}$, 12611, 12319 dan $1553 \mu\text{g g}^{-1}$ atau 1.40, 0.66 dan 0.49 me g^{-1} . Dari hasil penelitian Saragih (1996), kapasitas erapan Fe^{3+} adalah yang paling kuat di antara tujuh kation yang dicobakan pada tanah gambut Jambi. Urutan kestabilan kompleks kation organik adalah sebagai berikut: $\text{Fe}^{3+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Al}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$, dengan nilai erapan maksimum Fe^{3+} dan Al^{3+}

berturut-turut adalah sebesar 23706 dan 4500 $\mu\text{g g}^{-1}$ atau 1.27 dan 0.5 me g^{-1} . Secara umum jumlah Fe^{3+} tererap pada tapak aktif gambut mengikuti pola gambut saprik > hemik > fibrik. Pola ini berkaitan dengan kandungan asam humat yang tinggi dengan meningkatnya tingkat humifikasi.

Upaya peningkatan produktivitas lahan gambut melalui teknologi pencampuran dengan tanah mineral telah lama dipraktekan di daerah pertanian gambut dalam di Hokaido Jepang, Belanda, Rusia dan Jerman. Beberapa penelitian untuk meningkatkan efisiensi pemupukan dan sekaligus meningkatkan produktivitas gambut Indonesia telah dilakukan. Halim (1987) melakukan pencampuran dengan tanah mineral berasal dari tanggul sungai (levee) dan Rachim *et al.* (1991) menggunakan bahan tanah sulfat masam untuk meningkatkan hasil dan dapat diaplikasikan secara baik.

Pemberian tanah mineral berkadar besi tinggi sampai dosis 7,5% erapan maksimum mampu menurunkan konsentrasi asam-asam fenolat sekitar 30% dan meningkatkan produksi padi (Salampak, 1999). Pemberian tanah mineral juga dapat memperkuat ikatan-ikatan kation dan anion sehingga konservasi terhadap unsur hara yang berasal dari pupuk menjadi lebih baik. Disamping itu, ikatan dengan koloid inorganik menyebabkan degradasi bahan gambut menjadi terhambat (Alexander, 1977) sehingga gambut sebagai sumber daya alam dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama.

Adanya Fenomena ikatan antara logam dan senyawa organik memungkinkan beberapa kation dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan reaktivitas asam-asam fenolat, sehingga tidak meracuni tanaman. Dengan demikian bahan-bahan yang kaya akan kation polivalen dapat digunakan untuk mengatasi keracunan asam-asam organik, seperti tanah mineral kaya Fe dan Al. Dalam upaya untuk memanfaatkan kation Fe yang berperan dalam menentukan efektivitas pengendalian asam-asam fenolat maka perlu dipelajari distribusi bentuk-bentuk ikatan (terlarut, dapat ditukar, khelat dan residual) kation Fe yang tererap, oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah mempelajari distribusi bentuk-bentuk Fe dan kelarutannya dari amelioran tanah mineral dalam gambut untuk menentukan dosis amelioran yang digunakan.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Tanah Balai Penelitian Tanah, Bogor. Bahan tanah gambut diambil dari desa Sumber Mulyo, Air Sugihan Kiri, Sumatera Selatan yang merupakan gambut oligotropik dengan tingkat dekomposisi hemik sampai saprik dan ketebalan gambut 100 cm. Bahan tanah mineral (Oxisol) diambil dari desa Dwijaya, kecamatan Tugumulyo, Sumatera selatan, dengan cara pengambilan bahan tanah

mineral sebagai berikut: lapisan atas dibersihkan dari serasah dan lapisan tanah yang mengandung bahan organik (lapisan olah) dibuang, kemudian bahan tanah mineral diambil pada kedalaman 20-40 cm (horison B).

Prosedur Penetapan Kelarutan Fe Bahan Tanah Mineral dan Fraksionasi

Bentuk-Bentuk Fe

Metode penetapan kelarutan Fe berdasarkan metode yang digunakan oleh Salampak (1999). Analisis besi total dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung.

Prosedur kerja penetapan kelarutan Fe adalah sebagai berikut: tanah gambut bobot 1.00 g setara bobot kering oven (105°C) dimasukkan ke dalam tabung plastik. Kemudian ditambahkan bahan tanah mineral sebanyak 0,005; 0,015 dan 0,020 g/g gambut setara dengan 310, 920 dan 1220 ppm Fe. Perlakuan tanah gambut tanpa pemberian bahan tanah mineral diperlakukan sebagai kontrol. Selanjutnya seluruh satuan percobaan diinkubasi selama 4 minggu. Untuk menghitung jumlah Fe^{3+} yang larut dari bahan tanah mineral, dilakukan analisis terhadap bentuk-bentuk ikatan Fe^{3+} dengan asam-asam organik: Fe-larut, FeCA (dapat ditukar), FeAAC (terikat lemah), FeDTPA (terkelat), dan FeCN (terikat kuat).

Untuk mengetahui bentuk-bentuk ikatan dari kation yang tererap maka dilakukan ekstraksi bertahap (sequential extraction) berdasarkan metode yang digunakan oleh Mathur dan Lavesque (1983) serta McLaren dan Crawford (1973). Prosedur yang digunakan dalam penelitian ini telah mengalami modifikasi (Saragih, 1996).

Lima bentuk Fe yang ditetapkan adalah: (1) Fe-larut, sebagai konsentrasi keseimbangan antara fase padatan dan fase larutan, (2) Fe-CA, dapat ditukar, (3) Fe-AAC terikat secara lemah dengan bahan organik, (4) Fe-DTPA, terkelat kuat dengan bahan organik, (5) Fe-CN, terikat secara sangat kuat, termasuk yang occluded misalnya dengan ligan sulfida. Pengukuran Fe dilakukan dengan alat AAS.

Prosedur fraksionasi Fe:

1. Fraksi Fe larut: Konsentrasi Fe dalam supernatan diatas adalah fraksi Fe terlarut (*Soluble-Fe*) dalam kondisi yang dicobakan. Fraksi terlarut ini menggambarkan konsentrasi keseimbangan Fe dalam fase larutan dengan Fe pada fase padatan (tererap).
2. Fraksi Fe dapat ditukar: Residu dari langkah 1 diatas diekstrak dengan 25 ml 0.05 M CaCl_2 pH 5,0. Suspensi diaduk dengan pengaduk gelas sampai merata kemudian dikocok selama ± 15 menit dan selanjutnya dibiarkan selama 20 jam. Setelah itu

dikocok lagi selama 30 menit kemudian disentrifusi selama 15 menit pada 2500 rpm dan supernatannya ditampung dalam suatu wadah. Diekstrak lagi dengan 3 kali 25 ml 0,05 M CaCl_2 pH 5,0. Dengan cara yang sama, seluruh supernatannya digabungkan.

3. Fraksi Fe terikat dengan anorganik dan/atau lemah dengan organik: Residu dari langkah 2 diatas dicuci terlebih dahulu dengan 50 ml H_2O . Selanjutnya diekstrak lagi dengan 25 ml asam asetat 2,5%. Aduk dengan pengaduk gelas sampai merata, kemudian dikocok selama 15 menit dan dibiarkan selama 20 jam. Setelah itu dikocok selama 30 menit, disentrifusi selama 15 menit (2500 rpm) dan supernatannya ditampung. Kemudian diekstrak lagi dengan 3 kali 25 ml asam asetat 2,5%. Supernatannya digabungkan.
4. Fraksi Fe-khelat: Residu dari langkah 3 ditambahkan dengan 25 ml pengeksrak DTPA-TEA. Larutan pengeksrak DTPA-TEA terdiri dari 0,005 M DTPA, 0,01 M CaCl_2 dan 0,1 M TEA (pH 7,3). Aduk dengan pengaduk gelas sampai merata kemudian dikocok diatas mesin pengocok selama ± 15 menit dan selanjutnya dibiarkan selama 20 jam. Setelah itu dikocok diatas mesin pengocok selama 30 menit, kemudian disentrifusi selama 15 menit dan supernatannya ditampung dalam satu wadah. Kemudian diekstrak lagi dengan cara menambahkan 3 kali 25 ml pengeksrak DTPA-TEA dan dicuci lagi dengan 50 ml akuades, supernatannya digabungkan.
5. Fraksi Fe-terikat sangat kuat: Residu dari langkah 4 selanjutnya dicuci dengan 50 ml H_2O . Setelah itu ditambahkan 25 ml pengeksrak 0,1 M KCN. Kemudian diaduk, dikocok selama ± 15 menit dan selanjutnya dibiarkan selama sekitar 20 jam. Setelah itu dikocok lagi selama 30 menit, kemudian diekstrak lagi dengan cara menambahkan 3 kali 25 ml 0,1 M KCN, dan dicuci lagi dengan 50 ml aquades, supernatannya digabung.
6. Data hasil percobaan laboratorium dianalisis dilakukan uji korelasi dan analisis regresi terhadap beberapa variabel yang diamati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ciri Kimia Tanah Gambut

Hasil analisis pendahuluan terhadap ciri-ciri kimia bahan tanah gambut disajikan pada Tabel 1. Nilai pH H_2O berdasarkan kriteria yang diajukan oleh Institut Pertanian Bogor (1983) tergolong sangat masam. Reaksi tanah gambut berkaitan erat dengan kandungan asam-asam organiknya (Salampak, 1999). Kadar abu 3,6% bahan tanah gambut tergolong rendah dan kehilangan pijar 96,4%. Hal ini menunjukkan bahwa gambut tersebut tergolong gambut murni (true peat) karena mempunyai rata-rata kehilangan pijar lebih dari 90% (Andriesse, 1974). Kadar abu gambut sangat dipengaruhi

oleh bahan mineral di bawahnya, selain itu juga dipengaruhi oleh limpasan pasang air sungai dan laut yang banyak membawa bahan mineral. Menurut kriteria penggolongan tingkat kesuburan tanah gambut yang dikemukakan oleh Polak (1949), kadar hara P, K dan Ca serta kadar abu gambut tersebut tergolong ke dalam tingkat kesuburan oligotropik.

Tabel 1. Ciri Kimia Bahan Tanah Gambut dan Bahan Amelioran Tanah Mineral

Ciri Tanah	Tanah Gambut	Bahan Amelioran Tanah Mineral
Tekstur		
Pasir (%)	-	5
Debu (%)	-	12
Liat (%)	-	83
pH		
H ₂ O	3,8	4,5
KCl	2,9	3,9
Bahan I		
C (%)	58,76	0,85
N (%)	1,54	0,09
C/N	38,5	9
P- Bray I (ppm)	18,5	2,88
Kapasitas Tukar Kation (cmol (+) kg ⁻¹ tanah)	119,66	9,11
Kation dapat dipertukarkan		
Ca (cmol (+) kg ⁻¹ tanah)	17,61	0,55
Mg (cmol (+) kg ⁻¹ tanah)	5,38	0,22
K (cmol (+) kg ⁻¹ tanah)	0,22	0,10
Na (cmol (+) kg ⁻¹ tanah)	0,71	0,14
Kejenuhan Basa (%)	20	11
KCl 1N		
Al-dd (cmol (+) kg ⁻¹ tanah)	1,4	4,35
H-dd (cmol (+) kg ⁻¹ tanah)	3,15	0,09
Unsur mikro ekstrak DTPA		
Fe (ppm)	726	0,06
Mn (ppm)	9,42	0,10
Cu (ppm)	3,58	0,08
Zn (ppm)	9,20	0,33
Fe-total (%)	0,17	6,1
Fe ₂ O ₃ ekstrak Ditionit Sitrat Bikarbonat (%)		0,79
Mineral Besi dominan		goetit
Kadar abu (%)	3,6	

Berdasarkan kriteria Institut Pertanian Bogor (1983) kandungan nitrogen total (N-total) dan C-organik tergolong tinggi. Kandungan N total yang tinggi tidak diikuti oleh tingginya ketersediaan N bagi tanaman yang tercermin dari nisbah C/N yang tinggi yaitu 38,5. Kandungan fosfor ekstrak Bray I tergolong sedang. Gambut dari Air Sugihan Kiri telah lama diusahakan sebagai lahan pertanian. Rachim (1995) mengemukakan lamanya pengusahaan dapat meningkatkan P terekstrak dengan Bray I, peningkatan ini berkaitan dengan dekomposisi dan mineralisasi bahan organik, sehingga unsur P menjadi terlepas. Mineralisasi P dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya nisbah C-organik dan P. Pada

nisbah 200:1 mineralisasi P dapat terjadi, sedangkan pada nisbah 300:1 immobilisasi berlangsung (Tisdale *et al.* 1985).

Kapasitas tukar kation gambut tergolong sangat tinggi. Basa-basa dapat ditukar yaitu Ca_{dd} dan Mg_{dd} tergolong tinggi, K_{dd} sangat rendah dan Na_{dd} sedang. Tingginya Ca_{dd} dan Mg_{dd} diduga berasal dari residu pemberian dolomit pada musim tanam sebelumnya, Namun kejenuhan basa tergolong rendah. Kejenuhan basa mempunyai hubungan yang erat dengan kadar abu. Kadar abu dari gambut Air Sugihan Kiri rendah, sehingga kejenuhan basa juga rendah.

Kandungan Al_{dd} yaitu sebesar $1,4 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ tanah, sedangkan kandungan Fe-total sebesar 0,17%. Secara umum kadar Cu, Zn, Mn dan Fe yang diekstrak dengan DTPA masih tergolong rendah. Rendahnya kation polivalen ini berkaitan dengan terbentuknya ikatan yang kuat antara kation (terutama Cu) dengan senyawa organik dari tanah gambut.

Pemberian bahan amelioran tanah mineral dapat menurunkan asam-asam fenolat agar tidak toksik melalui pembentukan senyawa kompleks logam organik. Disamping itu kation Fe berfungsi sebagai jembatan kation bagi P, sehingga P tidak mudah tercuci dalam tanah gambut. Hasil penelitian Saragih (1996) menunjukkan bahwa kation Fe mempunyai reaktivitas yang sangat tinggi terhadap asam ferulat.

Ciri Kimia Oxisol Tugumulyo Sumatera Selatan sebagai Bahan Amelioran

Hasil analisis ciri-ciri kimia bahan amelioran tanah mineral disajikan pada Tabel 1. Bahan amelioran tanah mineral berasal dari Tugumulyo Sumatera Selatan dalam klasifikasi Taxonomi tanah termasuk sub group Typic Hapludox, sangat halus, kaolinitik, isohipertemik. Tanah mineral ini bertekstur liat. Berdasarkan analisis mineral liat dengan XRD menunjukkan mineral liat dominan adalah kaolinit dengan sedikit vermikulit.

Berdasarkan kriteria Pusat Penelitian Tanah (1998) reaksi tanah tergolong masam. Kadar C-organik dan N-total sangat rendah dengan nisbah C/N rendah. Fosfor ekstrak HCl, maupun ekstrak Bray I tergolong sangat rendah. Demikian juga Kalium ekstrak HCl tergolong sangat rendah. Basa-basa dapat ditukar (Ca, Mg, K dan Na) tergolong sangat rendah sampai rendah. Kapasitas tukar kation tergolong rendah. Kejenuhan basa tergolong sangat rendah. Secara umum ketersediaan unsur mikro (Fe, Cu, Mn dan Zn) tergolong rendah.

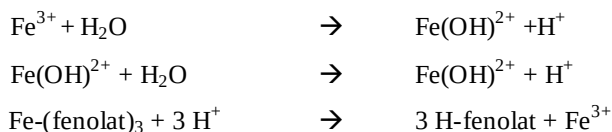
Berdasarkan ciri-ciri kimianya tanah mineral tersebut merupakan tanah marginal dengan kesuburan rendah. Di sisi lain tanah mineral tersebut mengandung Fe total 6,1% dan Al_{dd} $4,35 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ tanah yang sangat diperlukan oleh tanah gambut sebagai sumber kation untuk mengendalikan reaktivitas asam-asam fenolat melalui pembentukan senyawa kompleks kation logam organik.

Distribusi Bentuk-bentuk Fe dalam Gambut

Interaksi antara Fe dan senyawa organik dari tanah gambut terdistribusi ke dalam bentuk ikatan yang lemah hingga paling kuat. Berdasarkan larutan pengestrak yang digunakan, Fe terdistribusi kedalam bentuk: Fe-larut, Fe-tersedia, Fe-terikat lemah, Fe-khelat dan Fe-terikat kuat. Hasil analisis menunjukkan jumlah bentuk Fe-khelat dan yang terikat kuat lebih tinggi dibanding bentuk Fe-larut hingga Fe-terikat lemah. Urutan distribusi bentuk-bentuk Fe sebagai berikut: Fe-DTPA (khelat) > Fe- terikat kuat > Fe-larut > Fe-tersedia > Fe-terikat lemah. Fenomena diatas menunjukkan bahwa kation Fe dapat digunakan untuk mengendalikan asam-asam fenolat pada tanah gambut melalui mekanisme pembentukan senyawa kompleks (Fe-khelat). Kation Fe berperan dalam menjaga kestabilan senyawa organik dalam gambut dari proses humifikasi lebih lanjut. Bentuk Fe-DTPA dan Fe-terikat kuat memberikan jumlah/ konsentrasi yang lebih tinggi dari bentuk Fe lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kedua bentuk tersebut relatif resisten terhadap proses-proses yang mempengaruhi keseimbangan atau kestabilan erapan Fe terkhelat dan terikat kuat. Kedua bentuk tersebut bukanlah pool atau sumber yang segera bagi Fe-larut. Bentuk Fe-CA dan Fe-AAC yang lebih lemah ikatannya terjerap pada permukaan eksternal sehingga relatif dapat mensuplai peningkatan konsentrasi Fe ke dalam larutan tanah (Tabel 2).

Peningkatan dosis bahan amelioran tanah mineral meningkatkan jumlah Fe-larut, sedangkan bentuk-bentuk Fe lainnya tidak memberikan pola tertentu, umumnya relatif sama. Hal ini menunjukkan bahwa dalam penentuan dosis tanah mineral perlu mempertimbangkan jumlah Fe-larut dan penurunan pH yang akan berakibat menurunnya stabilitas senyawa kompleks. Beberapa faktor yang mempengaruhi senyawa kompleks yaitu pH, karakteristik dan konsentrasi kation, jumlah atom ligan yang membentuk ikatan dengan kation dan jumlah dan bentuk struktur cincin yang dihasilkan (Tan, 1993).

Konsentrasi keseimbangan Fe dalam larutan tanah yang tinggi menyebabkan tingginya hidrolisis Fe dan membebaskan H^+ yang relatif banyak ke dalam larutan. Akibatnya stabilitas ikatan yang terjadi antara Fe-fenolat menjadi menurun, sehingga ikatan tersebut menjadi tidak stabil dan Fe serta fenolat menjadi bebas kembali ke dalam larutan tanah seperti yang diilustrasikan sebagai berikut:



Fenomena ini menunjukkan bahwa semakin tinggi takaran Fe yang diberikan maka akan berkurang keefektifannya dalam menekan asam-asam fenolat. Oleh karena itu,

sangat perlu diperhatikan ambang Fe dalam larutan tanah agar H^+ hasil hidrolisis tidak terlalu besar, sehingga tidak menimbulkan kembali protonasi gugus fungsi dan kemungkinan terjadinya disosiasi ikatan H dalam struktur asam organik. Hal ini penting terutama dari segi ekonomis yang menyangkut jumlah amelioran yang akan diaplikasikan.

Tabel 2. Distribusi Bentuk-bentuk Fe ($\mu g\ g^{-1}$) Akibat Aplikasi Tanah Mineral

Tanah Mineral (g/g gambut)	Bentuk-bentuk Fe ($\mu g/g$)					
	Fe-larut	Fe-CA	Fe-AAC	Fe-DTPA	Fe-CN	Jumlah
0	54,6	12,29	1,17	5211,62	457,84	
	46,8	5,12	1,17	4631,05	390,84	
Rataan	50,7	8,71	1,17	4921,34	424,34	5406,26
0,005 ($310\ Fe\ \mu g\ g^{-1}$)	106,6	3,33	2,55	3672,44	326,63	
	98,8	0	2,55	4171,99	348,96	
Rataan	102,7	1,67	2,55	3922,22	337,80	4366,94
0,015 ($920\ Fe\ \mu g\ g^{-1}$)	156,0	12,21	2,63	3348,40	385,25	
	140,4	9,16	3,22	3240,38	399,21	
Rataan	148,2	10,69	2,93	3294,39	392,23	3848,44
0,02 ($1220\ Fe\ \mu g\ g^{-1}$)	153,4	3,05	2,34	4482,53	281,96	
	210,6	9,16	0	3753,45	374,09	
Rataan	182,0	6,11	1,17	4117,99	328,03	4635,30

Hubungan Antara Bentuk-bentuk Fe dalam Gambut

Untuk melihat hubungan antara dosis tanah mineral dan bentuk-bentuk Fe dalam gambut dilakukan analisis korelasi yang hasilnya disajikan pada Tabel 3. Peningkatan dosis tanah mineral sangat nyata meningkatkan jumlah Fe yang terlarut. Bentuk Fe larut berkorelasi negatif dengan Fe-DTPA (khelat) yang berarti semakin tinggi jumlah bentuk Fe-DTPA (khelat) maka jumlah Fe yang terlarut menurun. Fenomena ini menunjukkan bahwa stabilitas senyawa khelat meningkat yang berarti terjadi penurunan asam-asam fenolat yang dibarengi terjadinya penurunan jumlah bentuk Fe yang larut. Bentuk Fe tersedia berkorelasi positif dengan bentuk Fe-terikat kuat, hal ini berarti peningkatan Fe-terikat juga akan meningkatkan Fe-terikat kuat.

Tabel 3. Koefisien Korelasi (r) antara Dosis Tanah Mineral dan Bentuk-bentuk Fe dalam Gambut

Perlakuan	Fe-larut	Fe-tersedia	Fe-terikat lemah	Fe-DTPA (khelat)	Fe-terikat kuat
Dosis tanah mineral	0,958 **	0,151	0,064	-0,570*	-0,473
Fe-larut	-	0,127	-0,005	-0,649*	-0,456
Fe-tersedia		-	-0,195	-0,095	0,731*
Fe-terikat lemah			-	-0,549	-0,242
Fe-DTPA (khelat)				-	0,250

Keterangan: Nilai signifikan r pada p = 0,05 dan 0,01 (db = 10) masing-masing 0,576 dan 0,708

Kelarutan Fe dari Bahan Amelioran Tanah Mineral

Kelarutan Fe dari bahan amelioran dibutuhkan untuk menentukan dosis bahan amelioran yang akan digunakan. Pengukuran kelarutan Fe dilakukan setelah inkubasi tanah 4 minggu. Berdasarkan hasil penelitian Salampak (1999) kelarutan Fe^{+3} dari tanah mineral konstan pada waktu inkubasi 4 minggu. Kelarutan Fe dari bahan amelioran tanah mineral dalam tanah gambut pada inkubasi 4 minggu disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kelarutan Fe dari Bahan Amelioran Tanah Mineral dalam Tanah Gambut pada Inkubasi 4 Minggu

Tanah Mineral (g/g gambut)	Bentuk-bentuk Fe					Jumlah	Kelarutan (%)
	Fe-larut	Fe-CA (tersedia)	Fe-AAC (terikat lemah)	Fe-DTPA (khelat)	Fe-CN (terikat kuat)		
0	54,6	12,29	1,17	5211,62	457,84		
	46,8	5,12	1,17	4631,05	390,84		
	50,7	8,71	1,17	4921,34	424,34		
0,005 (310 Fe $\mu\text{g g}^{-1}$)	106,6	3,33	2,55	3672,44	326,63		
	98,8	0	2,55	4171,99	348,96		
	102,7	1,67	2,55	3922,22	337,80		
Terkoreksi	52	0	1,38	0	0	53,38	17,22
0,015 (920 Fe $\mu\text{g g}^{-1}$)	156,0	12,21	2,63	3348,40	385,25		
	140,4	9,16	3,22	3240,38	399,21		
	148,2	10,69	2,93	3294,39	392,23		
Terkoreksi	97,5	1,98	1,76	0	0	101,24	11,00
0,02 (1220 Fe $\mu\text{g g}^{-1}$)	153,4	3,05	2,34	4482,53	281,96		
	210,6	9,16	0	3753,45	374,09		
	182	6,11	1,17	4117,99	328,03		
Terkoreksi	131,3	0	0	0	0	131,3	10,76

Keterangan: Kelarutan Fe = (Fe-larut + Fe-CA + Fe-AAC + Fe-DTPA + Fe-CN)/Total Fe diberikan

Kelarutan Fe dari bahan amelioran tanah mineral ditetapkan berdasarkan perhitungan sebagai berikut :

Kelarutan Fe = $(\text{Fe-larut} + \text{Fe-CA} + \text{Fe-AAC} + \text{Fe-DTPA} + \text{Fe-CN}) / \text{Total Fe}$ diberikan. Untuk setiap perlakuan, kelarutan Fe ditetapkan dengan melakukan koreksi dengan perlakuan kontrol. Total Fe yang diberikan masing-masing perlakuan adalah 310, 920 dan 1220 Fe $\mu\text{g/g}$. Berdasarkan perhitungan tersebut rata-rata kelarutan Fe⁺³ dari tanah mineral adalah $(17,22 + 11 + 10,76) / 3 = 13\%$ (Tabel 4).

Penentuan Takaran Bahan Amelioran Tanah Mineral

Penentuan takaran bahan amelioran tanah mineral didasarkan pada erapan maksimum Fe⁺³ bahan tanah gambut, kandungan Fe, serta kelarutan Fe dari tanah mineral. Berdasarkan penelitian Saragih (1996) dan Salampak (1999) yang dilakukan di laboratorium dan lapangan menunjukkan takaran 5 sampai 7,5% erapan maksimum Fe⁺³ efektif dalam menurunkan reaktivitas asam-asam fenolat dan mampu meningkatkan produksi padi pada tanah gambut Kalimantan Tengah. Erapan Fe maksimum pada gambut yaitu sebesar 5102 ($\mu\text{g g}^{-1}$) (Hartatik, 2003). Perhitungan kebutuhan bahan amelioran tanah mineral = kadar Fe total tanah mineral x kelarutan Fe tanah mineral x dosis Fe (erapan Fe maksimum) x volume gambut dalam 1 ha dengan kedalaman gambut 20 cm. Berdasarkan perhitungan tersebut maka dosis kebutuhan bahan amelioran tanah mineral dengan takaran 2,5; 5; 7,5 dan 10% erapan maksimum Fe adalah berturut-turut sebesar 7,3; 14,6; 21,8 dan 29,1 ton/ha (Tabel 5).

Tabel 5. Kebutuhan Bahan Amelioran Tanah Mineral untuk Perbaikan Tanah Gambut dari Air Sugihan Kiri

Asal bahan tanah gambut	Erapan maksimum Fe ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Kebutuhan bahan amelioran tanah mineral (ton ha^{-1})*			
		Erapan maksimum Fe			
		2,5%	5%	7,5%	10%
Air Sugihan Kiri	5102	7,3	14,6	21,8	29,1

Keterangan: *) Kebutuhan bahan amelioran tanah mineral = kadar Fe total tanah mineral x kelarutan Fe tanah mineral x dosis Fe (erapan maksimum Fe) x volume gambut 1 ha, asumsi kedalaman gambut 20 cm (Salampak, 1999)

KESIMPULAN

1. Distribusi bentuk-bentuk Fe dari pemberian amelioran tanah mineral yaitu Fe-DTPA (khelat) > Fe- terikat kuat > Fe- larut > Fe- tersedia > Fe- terikat lemah.

2. Peningkatan dosis amelioran tanah mineral meningkatkan Fe larut dan sebaliknya menurunkan Fe-DTPA(khelat). Bentuk Fe-larut berkorelasi negatif dengan Fe-DTPA (khelat).
3. Rata-rata kelarutan Fe dari tanah mineral sebesar 13%. Dosis kebutuhan bahan amelioran tanah mineral masing-masing pada 2,5; 5; 7,5; dan 10% adalah berturut-turut sebesar 7,3; 14,6; 21,8 dan 29,1 t.ha⁻¹
4. Efektivitas pengendalian asam-asam fenolat dapat ditingkatkan dengan pemberian amelioran tanah mineral yang berkadar Fe tinggi melalui pembentukan senyawa kompleks organik-Fe.

SARAN

Untuk meningkatkan efektivitas pengendalian asam-asam fenolat pada gambut maka diperlukan bahan amelioran insitu yang mempunyai kadar Fe, Al dan Cu yang tinggi dan dibuat dalam bentuk formula yang tepat dengan mempertimbangkan jenis asam fenolat yang dominan dalam gambut yang akan diameliorasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Andriesse, J. P. 1974. Tropical peats in South East Asia. Dept. of Agric. Res of the Royal Trop. Inst. Comm. 63. Amsterdam. 63p.
- Halim, A. 1987. Pengaruh pencampuran tanah mineral dan basa dengan tanah gambut pedalaman Kalimantan Tengah dalam budidaya tanaman kedelai. Disertasi Fakultas Pascasarjana, IPB. Bogor. 322p.
- Hartatik, 1998. Penggunaan Fosfat Alam Dan SP-36 Pada Tanah Gambut Yang Diberi Bahan Amelioran Tanah Mineral Dalam Kaitannya Dengan Pertumbuhan Tanaman Padi. Disertasi. Program PascaSarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Mathur, S. P. and M. P. Lavesque. 1983. The effect of using copper for mitigating Histosol subsidence on: 2. The distribution of Cu, Mn, Zn and Fe in an organik soil, mineral sublayers and their mixtures in the context of setting a treshold of phytotocix soil copper. J. Soil Sci. 135 (3): 166–176.
- McLaren, R. G. and D. V. Crawford. 1973. Studies on soil copper: I. The Fractionation of copper in soils. J. Soil Sci. 24 (2): 172–181.
- Polak, B. 1949. The Rawa Lakbok (South Priangan, Java). Investigation into the composition of an eutrophic topogenous bog. Cont. Gen. Agr. Res. Sta. No. 8, Bogor, Indonesia.

- Prasetyo, T. B. 1996. Perilaku asam-asam organik meracun pada tanah gambut yang diberi garam Na dan beberapa unsur mikro dalam kaitannya dengan hasil padi. Disertasi. Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Pusat Penelitian Tanah. 1998. Penilaian angka-angka hasil analisa tanah. Pusat Penelitian Tanah. Bogor.
- Rachim, A. 1995. Penggunaan kation-kation polivalen dalam kaitannya dengan ketersediaan fosfat untuk meningkatkan produksi jagung pada tanah gambut. Disertasi. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- _____, A., A. Sutandi, S. Anwar dan B. Nugroho. 1991. Alternatif perbaikan kesuburan tanah gambut tebal. *J. Ilmu Pertanian Indonesia* 1: 72-78.
- Salampak, 1999. Peningkatan produktivitas tanah gambut yang disawahkan dengan pemberian bahan amelioran tanah mineral berkadar besi tinggi. Disertasi Program Pascasarjana, IPB Bogor.
- Saragih, E. S. 1996. Pengendalian asam-asam organik meracun dengan penambahan Fe (III) pada tanah gambut Jambi, Sumatera. Tesis S2. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Stevenson, F.J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- _____, and A. Fitch. 1986. Reactions with organic matter. In: J.F. Loneragan, A.D. Robson, and R. D. Graham (eds.) *Copper in Soil and Plants*. Academic Press. Sydney.
- Tadano, T., K.B. Ambak, K. Yonebayashi, T. Hara, P. Vijarnsorn, C. Nilnond, and S. Kawaguchi. 1990. Nutritional Factors Limiting Crop Growth in Tropical Peat Soils. In *Soil Constraints on Sustainable Plant Production in the Tropics*. Proc. 24th inter. Symp. Tropical Agric. Res. Kyoto.
- Tan. 1993. *Principles of Soil Chemistry*. Marcel Dekker, Inc. New York. 362pp.
- Institut Pertanian Bogor. 1983. *Kriteria Penilaian Kandungan Unsur dan Kemasaman Tanah Daerah Pasang Surut*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson and J.D. Beaton. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers*. 4 th ed. The Macmillan Publ. Co. New York. 694p.
- Tsutsuki, K. and R. Kondo. 1995. Lignin – derived phenolic compounds in different types of peat profiles in Hokkaido. Japan. *Soil Sci. and Plant Nutr.* 41 (3): 515 – 527.
- Widjaja-Adhi, IP. G., K. Nugroho, D.A. Suriadikarta, dan A.S. Karama, 1992. Sumberdaya lahan rawa: potensi, keterbatasan dan pemanfaatan. Dalam *Pengembangan Terpadu Pertanian Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak*. Risalah Pertemuan Nasional. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Departemen Pertanian.

¹M. Ariani, ²W.A. Nugraha, ²A. Firmansyah, ³D. Nursyamsi dan ¹P. Setyanto

¹ Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jl. Jakenan-Jaken Km 5 Pati, Jawa Tengah

² Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalteng, Jl. G. Obos 5 Palangkaraya, Kalimantan Tengah

³ Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Jl. Lok Tabat Banjarbaru, Kalimantan Selatan

Abstrak. Alih fungsi lahan gambut, khususnya untuk budidaya tanaman pertanian akan mengurangi stabilitas dan mempercepat proses dekomposisi. Oleh karena itu perlu dilakukan berbagai upaya agar emisi GRK terutama CO₂ di lahan gambut dapat dikendalikan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan manajemen pengelolaan lahan gambut berkelanjutan khususnya pada sistem intercropping yang dipadukan dengan penggunaan amelioran pada demplot seluas 5 ha di Desa Jabiren, Kecamatan Jabiren raya, Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah. Sistem intercropping yang diamati adalah karet dan nanas, dengan perlakuan bahan amelioran pupuk gambut A, pupuk gambut T, pupuk kandang ayam, dan bahan tanah mineral. Pengukuran emisi gas CO₂ dilaksanakan setiap minggu selama 4 bulan (Mei – Agustus) dengan menggunakan Micro GC CP 4900 Varian. Sampel gas diambil dari piringan tanaman karet, antar tanaman karet dan di sela tanaman nanas masing-masing diulang 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fluks CO₂ pada piringan tanaman karet yang terendah adalah pada perlakuan pemberian amelioran pupuk kandang, yaitu sebesar 350,2 mg CO₂ m⁻² jam⁻¹, kemudian berturut-turut adalah perlakuan Pugam A < Pugam T < Kontrol < tanah mineral masing-masing sebesar 409,4 ; 411,5 ; 495,1 ; dan 497,1 mg CO₂ m⁻² jam⁻¹. Pada tanaman nanas fluks terendah adalah pada perlakuan ameliorasi berupa Pugam T yaitu sebesar 315,1 mg CO₂ m⁻² jam⁻¹, kemudian berturut-turut adalah perlakuan Pukan < Pugam A < Tanah mineral < kontrol masing-masing sebesar 344,3 ; 370,9 ; 380,4 ; 423,5 mg CO₂ m⁻² jam⁻¹. Persentase penurunan emisi tertinggi (36%) terdapat pada pertanaman nanas dengan pupuk gambut T sebagai amelioran.

Katakunci: CO₂, emisi, gambut, karet, nanas

Abstract. Over peat land, in particular functions to crop cultivation will reduce the stability and speed up the process of decomposition. Therefore it needs to be done various attempts in order to make green house gases emissions mainly CO₂ on peatland can be controlled. This research aims to get sustainable management of peat land in particular on intercropping system combined with the use of ameliorant in demonstration plot totalling 5 ha in the village Jabiren District Pulang Pisau, Central Kalimantan. Intercropping systems observed is rubber and pineapple, with ameliorant material treatment Pugam A, Pugam T, Manure and mineral soil. Measurement of CO₂ gas emissions carried out every week for 4 months (may- August 2011) by using Micro GC CP 4900 Varian. Gas sample was taken from the edge of rubber canopy, on the Interstate of

rubber plantations and between pineapple plant, each replicated three times. The result showed that the lowest CO_2 flux from the edge of rubber canopy is on treatment granting ameliorant manure, namely $350,2 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{h}^{-1}$, then in a row is treatment pugam A < pugam T < Control < mineral soil, worth 409,4; 411,5; 495,1; and 497,1 $\text{mg CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{h}^{-1}$. The lowest CO_2 flux on pineapple plants is on treatment granting Pugam T namely $315,1 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{h}^{-1}$, then in a row is treatment manure < pugam A < mineral soil < control, worth 344,3; 370,9; 380,4; 423,5 $\text{mg CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{h}^{-1}$. The percentage of the highest CO_2 emission reduced (36%) was found in pineapple planting with Pugam T as a meliorant.

Keywords: CO_2 , emission, peatland, pineapple, rubber

PENDAHULUAN

Luasan lahan gambut di dunia adalah sekitar 424 juta ha (Kalmari, 1982) diantaranya sekitar 38 juta ha terdapat di wilayah tropis (Friends of the Earth, 1992). Sebagian besar lahan gambut di wilayah tropis terdapat di Indonesia sekitar 14,9 juta ha dan di Malaysia sekitar 2,7 juta ha (Vijamsom, 1996). Di Indonesia, mayoritas lahan gambut berada di luar Pulau Jawa yaitu sekitar 6,45% dari luas lahan gambut di dunia (Neue et al. 1997). Ditinjau dari potensi pemanfaatan, lahan gambut merupakan sumberdaya alam penting yang harus dilestarikan fungsinya. Saat ini lahan gambut menjadi pusat perhatian dunia karena fungsi dan peranannya dalam perbaikan atau penurunan kualitas lingkungan global.

Dalam keadaan alami, lahan gambut mengalami proses dekomposisi yang menghasilkan gas rumah kaca (GRK) khususnya metana secara perlahan, sehingga emisi yang dihasilkannya relatif seimbang dengan penyerapan oleh vegetasi alami dalam bentuk CO_2 sehingga berperan sebagai sink karbon. Bagaimanapun, dalam tiga dekade terakhir, sebagian lahan gambut alami telah dialihfungsikan untuk aktivitas pertanian tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan. Alih fungsi lahan gambut untuk budidaya tanaman pertanian akan mengurangi stabilitas dan mempercepat proses dekomposisi. Disisi lain, deforestasi dan degradasi lahan gambut memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan emisi GRK nasional.

Komitmen Indonesia untuk berpartisipasi aktif dalam penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 26% telah disampaikan oleh presiden Indonesia dalam pertemuan G-20 di Copenhagen, dan adanya tudingan negara barat bahwa Indonesia merupakan emitor karbon ke-3 di dunia perlu segera untuk ditindaklanjuti dengan berbagai penelitian dan upaya adaptasi dan mitigasi. Oleh karena itu perlu adanya upaya yang terintegrasi dan sistematis untuk menghambat laju pemanasan global tersebut berdasarkan hasil penelitian emisi GRK secara akurat dan ilmiah. Beberapa penelitian Balai Penelitian Lingkungan Pertanian telah menunjukkan bahwa penggunaan bahan amelioran atau bahan pembenah tanah selain dapat memperbaiki sifat-sifat tanah gambut sehingga sesuai dengan kriteria untuk pertumbuhan tanaman juga dapat menurunkan emisi GRK.

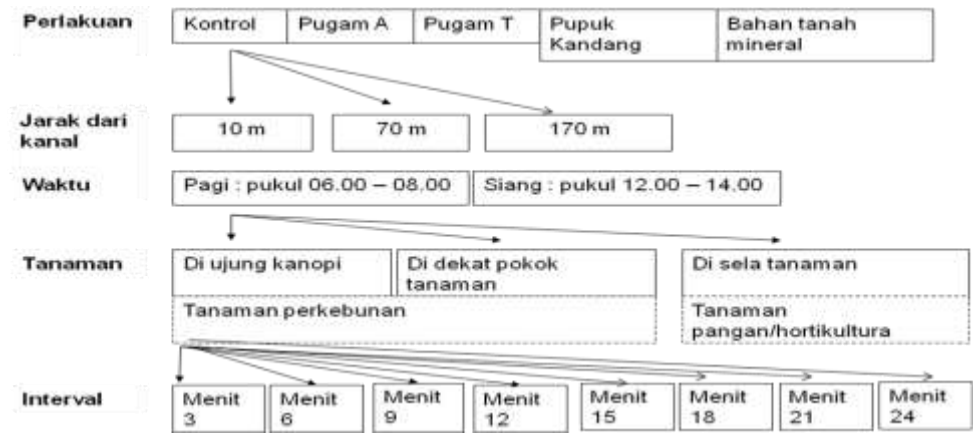
Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi manajemen/ teknologi pengelolaan lahan gambut yang dapat mengurangi emisi CO_2 .

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di demplot pengamatan seluas 5 ha di Desa Jabiren, Kecamatan Jabiren Raya, Kecamatan Pulang Pisau, Kalimantan Tengah. Tataguna lahan di petak demonstrasi Jabiren, Kalimantan Tengah adalah tanaman karet dengan nanas sebagai tanaman sela. Masing-masing perlakuan menempati areal seluas 1 ha. Perlakuan yang diberikan adalah Pugam A tanpa SP-36 sebesar 0,5 kg/pohon; Pukan ayam 2 kg/pohon; Pugam T tanpa SP-36 sebesar 0,5 kg/pohon; Tanah Mineral 5 kg ha⁻¹ serta Kontrol. Pupuk dasar berupa urea 0,45 kg/pohon; KCL 0,7 kg/pohon dan SP-36 0,7 kg/pohon. Bahan amelioran diberikan secara merata pada permukaan tanah gambut di piringan tanaman karet dan tanaman nanas.

Pengambilan titik sampel gas rumah kaca berdasarkan jarak dari kanal pada masing-masing perlakuan, yaitu 10 m, 70 m dan 170 m. Pengambilan sampel gas menggunakan metode sungkup tertutup dilakukan pada masing-masing jarak dari kanal, kemudian pada setiap jarak dilakukan pengambilan di dekat pokok tanaman karet (dalam piringan sampai batas naungan tajuk)), di antara tanaman karet dan di tanaman nanas, dengan interval waktu 3,6,9,12,15,18,21 dan 24 menit. Pada masing-masing titik pengamatan, ditempatkan 1 buah sungkup yang terbuat dari bahan fiberglass berukuran 50 x 50 x 30 cm (kanopi tanaman karet dan sela karet) dan 50 x 15 x 30 cm (tanaman nanas), sampel gas diambil dengan menggunakan jarum suntik berukuran 10 ml. Contoh gas dalam jarum suntik 10 ml yang sudah terkumpul kemudian dianalisis konsentrasinya dengan micro GC yang dapat secara langsung dioperasikan di lapang. Area gas dari contoh gas yang dianalisis akan keluar secara simultan. Micro GC CP 4900 menggunakan detektor TCD (*thermal conductivity detector*). Gas pembawa (*carrier gas*) yang digunakan adalah helium dengan kategori UHP (*ultra high purity*) dengan kemurnian gas 99,999%.

Skema pengamatan GRK di demplot Kalimantan Tengah adalah seperti bagan berikut ini.



Hasil analisis konsentrasi gas dengan interval waktu 3 menit tersebut digunakan untuk menentukan laju perubahan/fluks CH_4 dan CO_2 ($\delta c/\delta t$). Perhitungan fluks CO_2 untuk setiap sampel gas menggunakan persamaan yang diadopsi dari IAEA (1993) sebagai berikut:

$$E = \frac{Bm}{Vm} \times \frac{\delta Csp}{\delta t} \times \frac{V}{A} \times \frac{273.2}{T + 273.2}$$

Di mana:

- E = emisi CO_2/CH_4 ($\text{mg m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$)
- V = volume sungkup (m^3)
- A = luas dasar sungkup (m^2)
- T = suhu udara rata-rata di dalam sungkup ($^{\circ}\text{C}$)
- $\delta Csp/\delta t$ = laju perubahan konsentrasi gas CH_4 dan CO_2 (ppm/menit)
- Bm = berat molekul gas CH_4 dan CO_2 dalam kondisi standar
- Vm = volume gas pada kondisi stp (*standard temperature and pressure*) yaitu 22,41 liter pada 23°K

Sebelum penelitian dimulai, telah dilakukan pengambilan sampel tanah gambut untuk mendapatkan deskripsi karakteristik tanah gambut di Desa Jabiren, Kabupaten Pulang Pisau Kalimantan Tengah dan bahan-bahan amelioran yang akan digunakan dalam penelitian. Berikut adalah data deskripsi karakteristiknya.

Tabel 1. Deskripsi karakteristik tanah gambut Jabiren Kalteng sebelum penelitian

N0	Indikator	Kalimantan Tengah
1.	Jenis gambut	Fibric Haplohemist
2.	Ketebalan gambut (cm)	500 - 700
3.	pH	3,0 – 3,5
4.	KTK-tanah (cmol ⁺ .kg ⁻¹)	40 – 80
5.	Kejenuhan Basa (%)	<20
6.	Kadar abu lap. atas (%)	0,66 – 1,51
7.	Fe (DTPA) (ppm)	320 – 339
8.	Mn (DTPA) (ppm)	6,0 – 10,1
9.	Cu (DTPA) (ppm)	0,1 – 0,2
10.	Zn (DTPA) (ppm)	3,8 – 5,4

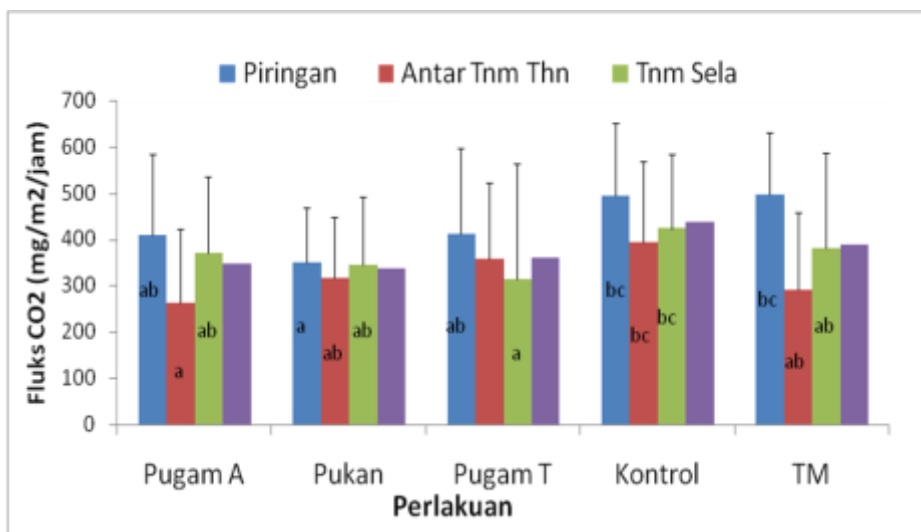
Tabel 2. Karakteristik bahan amelioran yang digunakan dalam penelitian

Parameter	Jenis Amelioran			
	PUGAM A	PUGAM T	Kompos Pukan Ayam	Tanah Mineral
Kadar air (%)	4,78	9,35	-	-
pH			8,6	3,9
C-organik(%)	-	-	16	-
N-total (%)	-	-	0,98	0,01
C/N ratio	-	-	16	11
P ₂ O ₅ (%)	13,7	13,16	0,47	2
K ₂ O (%)	0,04	0,04	1,34	2
CaO (%)	28,27	27,2	-	0,27
MgO (%)	8,16	5,26	-	0,27
Fe (%)	0,33	0,34	0,0678	1,08
Al (%)	0,53	0,97	-	4,62
Mn (ppm)	202	102	76	0,3
Cu (ppm)	905	1192	2	0,1
Zn (ppm)	1503	1460	46	0,1

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fluks CO₂ di daerah piringan selalu tertinggi, diikuti fluks pada area yang ditumbuhi tanaman sela dan yang terendah adalah di area pertengahan antara dua tanaman karet yang berdekatan (Gambar 1). Rata-rata fluks CO₂ di piringan yang tertinggi adalah sebesar 497,1 mg CO₂ m⁻² jam⁻¹ dan dihasilkan justru oleh perlakuan tanah mineral dan terendah adalah sebesar 350,1 mg CO₂ m⁻² jam⁻¹ pada perlakuan pukan ayam. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh karena pukan ayam banyak mengandung senyawa lignin dan selulosa yang berantai panjang dan bersifat sulit urai . Rata-rata fluks antar tanaman yang tertinggi adalah sebesar 393,1 mg CO₂ m⁻² jam⁻¹ yang dihasilkan oleh kontrol dan terendah sebesar 263,4 mg CO₂ m⁻² jam⁻¹ yang dihasilkan oleh perlakuan pugam A. Rata-rata fluks dari tanaman sela tertinggi adalah sebesar 423,5 mg

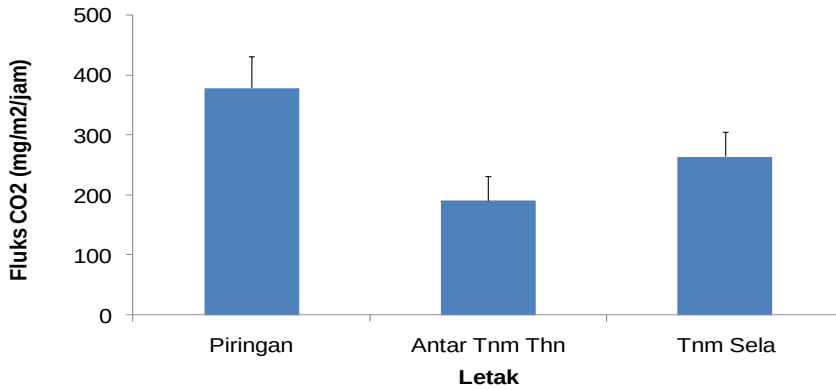
$\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$ yang dihasilkan oleh kontrol dan terendah sebesar $315,1 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$ yang dihasilkan oleh perlakuan pugam T.



Gambar 1. Rata-rata fluks CO_2 berdasarkan perlakuan dan letak sampling di Jabiren, Kalimantan Tengah

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa fluks tertinggi dihasilkan dalam piringan tanaman karet. Hal ini disebabkan karena pada piringan biasanya tempat pemupukan diberikan pada budidaya tanaman perkebunan dan juga kemungkinan karena pengaruh respirasi akar (dalam penelitian ini tidak dilakukan pengamatan pada respirasi akar). Pada tanaman sela, fluks CO_2 juga cenderung besar, hal ini kemungkinan juga disebabkan karena adanya pemupukan yang diberikan untuk kebutuhan tanaman dengan dosis yang sesuai. Di hutan rawa gambut, gas CO_2 terbentuk selama fotosintesis oleh vegetasi dalam hutan tersebut. Beberapa dari produksi primer bruto dari fotosintesis ini kembali ke atmosfer melalui proses respirasi autotrofik dari vegetasi itu sendiri dan jamur mikoriza yang berhubungan dengan respirasi akar-akar pohon, sedangkan sisanya dari produksi primer netto bermanifestasi sebagai kenaikan biomassa atas dan bawah (Page *et al.* 2011). Karena itulah emisi CO_2 dari sekitar akar tanaman pada penelitian ini, cenderung lebih besar. Pada petak demonstrasi Kalteng, rata-rata fluks CO_2 yang dihasilkan dari piringan, antar tanaman tahunan dan tanaman sela berturut-turut adalah $378,8$; $191,7$ dan $264,7 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$.

Pada tanaman sela, persentase penurunan emisi terbesar dibandingkan dengan perlakuan kontrol adalah perlakuan pemberian pugam T, yaitu sebesar 36% dan terendah adalah perlakuan pemberian tanah mineral, yaitu sebesar 4,6% (Tabel 3).



Gambar 2. Rata-rata fluks CO₂ berdasarkan perbedaan letak sampling GRK di Jabiren, Kalteng

Tabel 3. Persentase penurunan emisi CO₂ pada tanaman sela dengan perlakuan ameliorasi

Perlakuan	Emisi CO ₂ tanaman sela (t ha ⁻¹ tahun ⁻¹)	SD	CV (%)	n data fluks	n data konsentrasi	% Penurunan
Pugam A	11,4	5,1	44,7	96	768	-12,4
Pukan	12,0	7,2	60,0	96	768	-7,7
Pugam T	8,3	5,4	65,2	96	768	-36,0
Kontrol	13,0	4,9	37,7	96	768	
Tanah Mineral	12,4	5,8	46,7	96	768	-4,6
Total				480	3840	

Penambahan bahan amelioran yang kaya dengan elektron polivalen berfungsi sebagai electron aseptor yang akan mengikat senyawa-senyawa organik yang berbahaya di tanah gambut membentuk ikatan kompleks sehingga senyawa/bahan organik tanah gambut menjadi sukar untuk terdekomposisi.

Proses kunci yang mempengaruhi pertukaran CO₂ antara hutan rawa gambut tropis dan atmosfer adalah tingkat produksi primer netto (fotosintesis dikurangi respirasi autotrofik) dan emisi CO₂ dari tanah gambut (Hirano *et al.* 2009; Suzuki *et al.* 1999). Tingkat produksi primer netto tergantung pada struktur (kepadatan, ketebalan, tinggi) dari vegetasi hutan, yang bervariasi di seluruh kubah gambut yang berhubungan dengan

hidrologi, ketebalan gambut, dan status nutrisi (Page *et al.* 1999), bersama-sama dengan gangguan alam atau antropogenik (misalnya, kebakaran atau penebangan). Emisi CO₂ heterotrofik dari gambut dipengaruhi oleh dinamika populasi mikroba, kualitas dan kuantitas bahan organik yang tersedia untuk dekomposisi (limbah, gambut dan eksudat akar), yang pada gilirannya merupakan fungsi dari masa lalu dan sekarang dari dinamika vegetasi, hubungan aktivitas mikroba dengan hidrologi (kedalaman muka air tanah dan kelembaban tanah), suhu udara dan suhu gambut, dan juga status hara gambut (Brady, 1997; Hirano *et al.* 2009; Yule dan Gomez, 2009). Secara umum, peningkatan ketersediaan bahan organik mudah urai, penurunan muka air tanah gambut, peningkatan suhu atau peningkatan status hara gambut (sebagai hasil dari pemupukan) akan meningkatkan tingkat dekomposisi gambut dan emisi CO₂.

Tabel 4. Persen penurunan emisi CO₂ pada piringan dengan perlakuan amelioran

Perlakuan	Emisi CO ₂ piringan (t ha ⁻¹ tahun ⁻¹)	SD	CV (%)	n data fluks	n data konsentrasi	% Penurunan
Pugam A	6,0	2,7	44,8	96	768	-22,3
Pukan	5,3	3,2	60,2	96	768	-30,6
Pugam T	5,8	3,4	58,4	96	768	-24,0
Kontrol	7,7	3,7	48,1	96	768	
Tanah Mineral	7,1	3,7	51,7	96	768	-8,0
Total				576	4608	

KESIMPULAN

1. Rata-rata fluks CO₂ yang diemisikan dari tanaman nanas dengan perlakuan ameliorasi adalah sebesar 264,7 mg CO₂ m⁻² jam⁻¹, pada piringan dan antar tanaman karet masing-masing sebesar 378,8 dan 191,7 mg CO₂ m⁻² jam⁻¹.
2. Reduksi emisi CO₂ tertinggi (36%) pada tanaman nanas adalah dengan penambahan bahan amelioran berupa Pugam T
3. Reduksi emisi CO₂ tertinggi (30,6%) pada pertanaman karet (emisi dari piringan) adalah dengan penambahan bahan amelioran berupa pukan

DAFTAR PUSTAKA

- Brady, M A. 1997. Organic matter dynamics of coastal peat deposits in Sumatra, Indonesia. Doctoral dissertation. Retrieved from the University of British Columbia Library.

- Friends of the Earth. 1992. The global status of peatlands and their role in carbon cycling. A report prepared by The Wetland Ecosystems Research Group. Department of Geography, University of Exeter. h. 145.
- Hirano, T., Jauhiainen, J., Inoue, T. & Takahashi, H. 2009. Controls on the Carbon Balance of Tropical Peatlands. *Ecosystems*, 12, 873-887.
- Kalmari, A. 1982. Energy use of peat in the world and possibility in the developing countries.
- Neue, H.U., Z.P.wang, P.Becker-Heidmann, & C. Quijano. 1997. Carbon in tropical wetlands. *Geoderma* 79:163-185.
- Page, S. E., Morrison, R., Malins, C., Hooijer, A., Rieley, J. O. & Jauhiainen, J. 2011. Review of peat surface greenhouse gas emissions from oil palm plantations in Southeast Asia (ICCT White Paper 15). Washington: International Council on Clean Transportation.
- Suzuki, S., Nagano, T. & Waijaroen, S. 1999. Influences of Deforestation on Carbon Balance in a Natural Tropical Peat Swamp Forest in Thailand. *Environmental Control in Biology*, 37, 115-128.
- Vijamsom, P. 1996. Peatlands in Southeast Asia: a regional perspective. Dalam: *Tropical Lowland Peatlands of Southeast Asia* (E.Maltby *et al.* Eds), IUCN. Gland Switzerland. h. 75-92.
- Yule, C. M. & Gomez, L. N. 2009. Leaf litter decomposition in a tropical peat swamp forest in Peninsular Malaysia. *Wetlands Ecology and Management*. 17, 231-241.

Laksmi Prima Santi dan Didiek Hadjar Goenadi

Peneliti pada Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, PT Riset Perkebunan Nusantara

Abstrak. Pengembangan budidaya kelapa sawit telah masuk ke wilayah lahan gambut. Sifat kering tidak balik pada gambut yang dapat membentuk *pseudosand* merupakan salah satu faktor pembatas terhadap ketersediaan air dan nutrisi bagi pertumbuhan akar dan produktivitas tanaman. Dominasi organik pada gambut yang cenderung jenuh air tidak memungkinkan terbentuknya ikatan organik kompleks. Sebaliknya pada lahan gambut kering, kemampuan meretensi air dan hara sangat rendah. Beberapa metode kimia telah dikembangkan untuk mengatasi masalah tersebut, tetapi tingkat keberhasilannya masih sangat terbatas. Oleh karena itu, pendekatan secara mikrobiologi tanah terkait keterbatasan tersebut diperlukan untuk mengetahui interaksi antara mikroba, bahan organik gambut, dan tanaman. Eksopolisakarida mikroba dapat membantu membentuk struktur dan konfigurasi molekul gambut yang berhubungan dengan penyediaan air dan hara bagi tanaman. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan potensi mikroba endofitik penghasil eksopolisakarida sebagai pembenah hayati di lahan gambut untuk mengoptimalkan produktivitas kelapa sawit. Percobaan lapang dilakukan di kebun swasta PT Persada Bina Nusantara Abadi, Afdeling D blok 9, Kalimantan Tengah. Pengamatan produktivitas kelapa sawit dilakukan selama empat semester (2010-2011) aplikasi dengan pembenah hayati. Berdasarkan data yang diperoleh diketahui bahwa produksi kelapa sawit pada perlakuan 50% NPK 16-4-25 yang dikombinasikan dengan 1500 g pembenah hayati/pokok/tahun lebih tinggi ($15,4 \text{ t ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$) apabila dibandingkan dosis 100% NPK 16-4-25 ($10,8 \text{ t ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$). Selain itu pula, pengurangan dosis pupuk NPK 16-4-25 sebesar 25-50% dari dosis anjuran dapat menghemat biaya pupuk sebesar 8,9-39,9% $\text{ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$ (spesifik lokasi).

Katakunci: Pembenah hayati, endofitik, eksopolisakarida, kelapa sawit, gambut

Abstract. Many oil palm plantations had been developed in the areas with peat soils. The irreversible character of peat promoting pseudo-sands formation is a limiting factor for available water and nutrients for root growth and productivity of the plant. The domination of organic matter in peat leading to water saturated condition is not appropriate for organic complex bond formation. On the other hand, the dry peat areas have also low capability in water holding and nutrient retention. Many methods have been developed chemically to overcome the problem but still have limited success. Therefore, soil microbiological aspect could be then considered to study interaction within microbe, peat organic matter, and plant. The exo-polysaccharide excreted by microbes could promote the formation of peat molecular structure and their configurations that related to water and nutrient supply for plant. This research was carried to use the exo-polysaccharide-producing endophytic microbe as bio-ameliorant in peat areas for optimizing oil palm productivity. Field experiment was conducted at a private plantation,

PT Persada Bina Nusantara Abadi, Afdeling D Block 9, Central Kalimantan. The monitoring of oil palm productivity was carried out during four semesters of application (2010-2011) with bio-ameliorant. The data indicated that application dosage 50% of NPK 16-4-25 combined with 1500 g bio-ameliorant plant⁻¹ year⁻¹ resulted higher productions (15.4 ton ha⁻¹ year⁻¹) than that obtained from 100% standard dosage of NPK 16-4-25 (10.8 ton ha⁻¹ year⁻¹). Furthermore, cost savings reached 8.9-39.9 percent ha⁻¹ year⁻¹ (specific location) by using bio-ameliorant combined with reducing dosage 25-50% of NPK 16-4-25.

Keywords: *Bio-ameliorant, endophytic, exo-polysaccharide, oil palm, peat*

PENDAHULUAN

Pemanfaatan lahan gambut untuk perkebunan kelapa sawit memberikan nilai ekonomi yang sangat tinggi. Sebagai upaya memperoleh tingkat produksi yang maksimal maka berbagai cara telah dilakukan untuk menstabilisasi bahan gambut. Teknik tersebut antara lain dengan menggunakan pembenah (Sing *et al.* 2009).

Gambut mengandung campuran senyawa organik yang memiliki karakteristik berat molekul tinggi seperti asam humik, selulosa, lignin, peptida, dan lemak. Gambut juga memiliki material organik dengan berat molekul rendah seperti asam amino, alkaloid, karbohidrat, dan jenis gula lainnya (Szajdak *et al.* 2007). Struktur alami dan konfigurasi molekul organik pada gambut berhubungan dengan kemampuannya dalam menyimpan air (Sokolowska *et al.* 2005). Dominasi organik pada gambut yang cenderung jenuh air tidak memungkinkan terbentuknya ikatan organik kompleks. Sebaliknya pada lahan gambut kering, kemampuan meretensi air dan hara sangat rendah. Solusi yang diperlukan diperkirakan dapat dirumuskan jika interaksi antara mikroba, tanah, dan tanaman dapat dipahami.

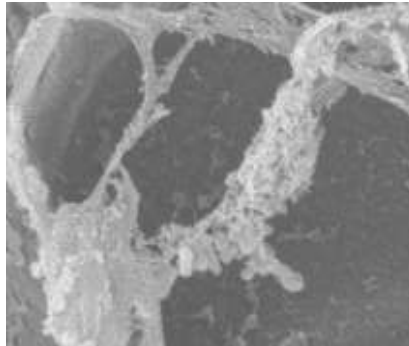
Informasi mengenai mekanisme interaksi mikroba yang berhubungan dengan pembentukan ikatan organik kompleks serta penyediaan unsur hara bagi tanaman perkebunan di lahan gambut masih sangat terbatas. Interaksi mikroba dan tanaman inang memiliki peran penting bagi tanaman inang tersebut untuk beradaptasi terhadap perubahan lingkungan. Ahmad *et al.* (2005); Akbari *et al.* (2007); dan Amir *et al.* (2002) mengatakan bahwa beberapa mekanisme interaksi mikroba yang mendukung pertumbuhan tanaman antara lain: (i) meningkatkan ketersediaan nutrisi, (ii) memperbaiki struktur tanah, (iii) menginduksi ketahanan tanaman terhadap patogen melalui produksi antibiotik, senyawa antifungal atau enzim, (iv) fiksasi N₂ secara biologi, serta (v) menghasilkan fitohormon (auksin, sitokinin, dan giberelin). Beberapa peneliti melaporkan bahwa genus dari *Burkholderia* khususnya *B. cepacia* memiliki potensi dalam menghambat pertumbuhan *Ganoderma boninense* (Sijam dan Dikin, 2005; Sapak *et al.* 2008; Azadeh *et al.* 2010). Interaksi mikroba endofitik dengan tanaman inang khususnya planlet dan bibit kelapa sawit telah diteliti antara lain oleh Amir *et al.* (2002); Dikin *et al.* (2003); Azlin *et al.*

(2005 dan 2007); dan Sapak *et al.* (2006 dan 2008). Konsistensi mengenai dampak positif aplikasi mikroba endofitik penghasil eksopolisakarida terhadap pertumbuhan tanaman telah banyak dilaporkan (Bandara *et al.* 2006). Penelitian ini bertujuan menguji keefektifan mikroba endofitik penghasil eksopolisakarida sebagai pembenah hayati di lahan gambut.

METODOLOGI

Mikrob Endofitik

Mikrob endofitik (Gambar 1) yang digunakan sebagai bahan aktif pembenah hayati adalah *Burkholderia cenocepacia* strain KTG. Bakteri ini dapat menghasilkan eksopolisakarida rata-rata 5,03 mg.ml⁻¹. Selain itu pula, *B. cenocepacia* strain KTG memiliki potensi dalam menambat N₂ non simbiotik dengan nilai ARA 0,73 µmol.g⁻¹, menghasilkan hormon pertumbuhan indole acetic acid (IAA) sebesar 78,9 ppm serta dapat tumbuh pada pH 3-5 (Santi *et al.* 2010).



Gambar 1. Mikrob endofitik (*B. cenocepacia* strain KTG) penghasil eksopolisakarida, berbentuk batang (tanda panah), di dalam jaringan batang planlet kelapa sawit. Pembesaran 7500 x.

Uji Keefektifan Pembenah Hayati untuk Tanaman Kelapa Sawit (TM) pada Gambut

Pembuatan pembenah hayati berbahan aktif *B. cenocepacia* strain KTG (Gambar 2) dilakukan dengan perbanyakkan inokulan bakteri tersebut di dalam biofermentor, inkorporasi inokulan ke dalam bahan pembawa yang sebelumnya sudah dipasterurisasi terlebih dahulu, pelapisan dengan bahan humik dan gipsum kalsinasi serta pengantongan. Pembenah hayati tersebut mengandung *B. cenocepacia* strain KTG 1,3 x 10⁸ cfu.gram⁻¹, nilai KTK rata-rata 49,8; kadar air berkisar 14,5-15,0% dan pH 7,4 dengan tingkat kekerasan sedang.



Gambar 2. Pembenh hayati granular dengan ukuran diameter 2-5 mm.

Kegiatan uji keefektifan pembenh hayati terhadap produktivitas tanaman kelapa sawit (TM) pada lahan gambut diawali dengan survey lahan di PT Persada Bina Nusantara Abadi, Kalimantan Tengah pada tahun 2009. Kegiatan selanjutnya berupa pembuatan demplot percobaan di afdeling D, blok 9, PT PBNA dengan pokok pengamatan kelapa sawit TM, tahun tanam 2006. Pengamatan produksi dilakukan pada tahun 2010-2011. Percobaan dilaksanakan dengan rancangan acak kelompok (RAK) dengan tujuh perlakuan dan tiga ulangan. Adapun desain acak penempatan kelompok perlakuan dan ulangan di afdeling tersebut sebagai berikut :

Ulangan 1			Ulangan 2		Ulangan 3	
P2B2	P3B2	P3B3	P2B2	P3B2	P3B1	P3B3
P2B1	P3B1	P1B0	P2B3	P3B1	P2B2	P2B3
P2B3	P1B0	P2B1	P3B3	P1B0	P2B1	P3B2

Keterangan :

P1B0 = Dosis 100% pupuk kimia standar kebun

P2B1 = Dosis 75 % pupuk kimia standar + 500 g pembenh hayati pokok⁻¹ tahun⁻¹

P2B2 = Dosis 75 % pupuk kimia standar + 1000 g pembenh hayati pokok⁻¹ tahun⁻¹

P2B3 = Dosis 75 % pupuk kimia standar + 1500 g pembenh hayati pokok⁻¹ tahun⁻¹

P3B1 = Dosis 50 % pupuk kimia standar + 500 g pembenh hayati pokok⁻¹ tahun⁻¹

P3B2 = Dosis 50 % pupuk kimia standar + 1000 g pembenh hayati pokok⁻¹ tahun⁻¹

P3B3 = Dosis 50 % pupuk kimia standar + 1500 g pembenh hayati pokok⁻¹ tahun⁻¹

Jumlah pokok kelapa sawit yang digunakan untuk plot riset sebanyak 25 pokok perlakuan⁻¹ dengan sembilan pokok pengamatan berada di bagian dalam plot. Pengamatan meliputi kadar hara daun TM (N, P, K, Mg), rata-rata bobot tandan (RBT), dan rata-rata jumlah tandan (RJT).

Pengambilan daun dari pelepah ke-17 dilakukan dengan patokan dari pupus daun (daun ke-1), yaitu ketika daun ke-17 tepat berada 2 spiral di bawah daun ke-1.

Pengambilan contoh daun dan gambut dilakukan di 21 titik plot perlakuan. Contoh daun diambil dari tiga pokok tanaman kelapa sawit (TM) masing-masing 6 helai daun dari pelepah ke-17, selanjutnya dikompositkan. Dengan demikian, setiap titik plot pengambilan contoh terdiri atas 18 helai daun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mikrob endofitik hidup di dalam jaringan tumbuhan selama periode seluruh atau sebagian siklus hidupnya tanpa menimbulkan gejala penyakit pada tanaman inangnya. Pada beberapa tahun terakhir ini, bakteri endofitik *Burkholderia sp.* mendapat perhatian yang cukup besar karena potensinya sebagai penambat N_2 non simbiotik dan menghasilkan hormon pertumbuhan. Yrjala *et al.* (2010) mengisolasi *Burkholderia sp* pada tanaman hutan yang tumbuh di lahan gambut. Interaksi mikroba endofitik di daerah perakaran pada umumnya diperantarai oleh peran eksopolisakarida yang dihasilkannya. Eksopolisakarida mikroba dapat membantu membentuk struktur dan konfigurasi molekul gambut yang berhubungan dengan penyediaan air dan hara bagi tanaman (Sokolowska *et al.* 2005).

Dalam kegiatan penelitian penggunaan pembenah hayati berbahan aktif *B. cenocepacia* strain KTG, diketahui bahwa serapan hara daun kelapa sawit setelah aplikasi selama empat semester (2010-2011) dengan dosis 1500 g pembenah hayati pokok-1 tahun-1 yang dikombinasikan dengan pupuk NPK 16-4-25 sebesar 50 - 75% dari dosis standar kebun masing-masing dapat mempertahankan serapan hara N dan P daun lebih baik jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya, termasuk 100% dosis NPK standar kebun. Serapan hara N daun kelapa sawit dengan pemberian pembenah hayati 1500 g pokok⁻¹ tahun⁻¹ yang dikombinasikan 50-75% dosis NPK 16-4-25 termasuk katagori optimum (2,5%) jika dibandingkan dosis 500-1000 g pembenah hayati pokok⁻¹ tahun⁻¹ ataupun 100% NPK 16-4-25 dosis standar kebun. Secara keseluruhan, pada plot percobaan di afdeling D blok 9, PT PBNA, serapan hara P, K, dan Mg pada daun kelapa sawit TM ini tergolong optimum (Tabel 1). Sementara itu, hasil analisis gambut pada plot percobaan di afdeling D blok 9 menunjukkan bahwa jumlah total N tergolong sangat tinggi (1,56-1,98%). Katagori ini atas dasar nilai kecukupan hara tanah untuk kelapa sawit (TM) yang dikemukakan oleh Fairhurst & Hardter (2003). Kandungan total hara N dan K gambut rata-rata tidak berbeda nyata antar perlakuan pada plot percobaan. Sementara itu perlakuan dosis 75% NPK 16-4-25 yang dikombinasikan dengan 1000 g pembenah hayati pokok⁻¹ tahun⁻¹ menghasilkan kadar hara P total yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Namun untuk serapan hara P daun pada plot percobaan tersebut tergolong paling rendah. Oleh karena itu perlu dicermati lebih lanjut jumlah P tersedia di dalam plot tersebut. Nilai rata-rata total hara P gambut pada semua plot percobaan tergolong rendah-sedang (Tabel 2). Serapan hara K dan Mg daun kelapa sawit tidak linier dengan kandungan hara K dan Mg dalam gambut untuk setiap plot yang dianalisis dari

kegiatan penelitian ini. Beberapa hal yang dapat menjelaskan mengenai fenomena tersebut antara lain: (i) rasio K dan Mg yang dapat dipertukarkan pada lahan gambut sangat luas (Fairhurst & Hardter, 2003), (ii) perubahan temperatur yang secara tidak langsung mempengaruhi ketersediaan air dan hara dalam gambut bagi tanaman, dan (iii) aktivitas mikroorganisme pada daerah perakaran (Pregitzer et al. 2000).

Selanjutnya untuk hasil pengamatan produksi, nilai rata-rata produksi tertinggi pada TM 2 (tahun tanam 2006) di plot percobaan ini diperoleh dari pemberian dosis 50% pupuk NPK 16-4-25 yang dikombinasikan dengan 1500 g pembenah hayati pokok⁻¹ tahun⁻¹ yaitu sebesar 15,4 t ha⁻¹ tahun⁻¹. Pemberian dosis 50-75% NPK 16-4-25 yang dikombinasikan dengan 1000-1500 g pembenah hayati pokok-1 tahun-1 menghasilkan rata-rata produksi yang berbeda nyata dengan perlakuan 100% NPK 16-4-25 (Gambar 3). Tingkat produksi TM 2 dengan pemberian dosis 100% NPK 16-4-25 hanya mencapai 10,8 ton ha⁻¹ tahun⁻¹.

Tabel 1. Analisis contoh daun kelapa sawit TM tahun tanam 2006 di afdeling D blok 9, PT PBNA

Kode contoh	Hasil analisis rata-rata			
	N	P	K	Mg
		-----%		
P1B0	2,17 c	0,16 d	1,06 ab	0,63 a
P2B1	2,41 ab	0,17 cd	1,39 ab	0,21 d
P2B2	2,18 c	0,16 d	1,17 ab	0,56 ab
P2B3	2,55 a	0,19 b	1,26 ab	0,35 c
P3B1	2,21 c	0,18 bc	1,47 a	0,47 bc
P3B2	2,26 bc	0,17 cd	1,13 ab	0,38 c
P3B3	2,50 a	0,22 a	0,96 b	0,37 c
CV (%)	3,29	4,78	15,7	14,6

*) Angka dalam kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak ganda Duncan ($P>0,05$).

**) Nilai kecukupan hara daun kelapa sawit berdasarkan Fairhurst dan Hardter (2003):

N (%) = <2,50 (defisien), 2,6-2,9 (optimum), >3,1 (tinggi); P(%) = <0,15 (defisien), 0,16-0,19 (optimum), >0,25 (tinggi); K (%) = <1,00 (defisien), 1,1-1,3 (optimum), > 1,8 (tinggi); Mg (%) = <0,20 (defisien), 0,30-0,45 (optimum), >0,70 (tinggi).

Berdasarkan perhitungan analisis biaya pupuk untuk perlakuan yang diberikan di plot percobaan afdeling D, blok 9, PT PBNA dan dengan asumsi jumlah pokok TM 2 sebanyak 138 ha⁻¹ maka diketahui bahwa pengurangan dosis pupuk sebesar 25% dari dosis NPK 16-4-25 standar kebun yang dikombinasikan dengan pemakaian pembenah hayati sebanyak 500-1500 g pokok⁻¹ tahun⁻¹ dapat menghemat biaya pupuk sebesar 17,7-8,9 persen ha⁻¹ tahun⁻¹ (Tabel 3). Sementara itu, untuk pengurangan dosis 50% dari dosis NPK 16-4-25 standar kebun yang dikombinasikan dengan 500-1500 g pembenah hayati

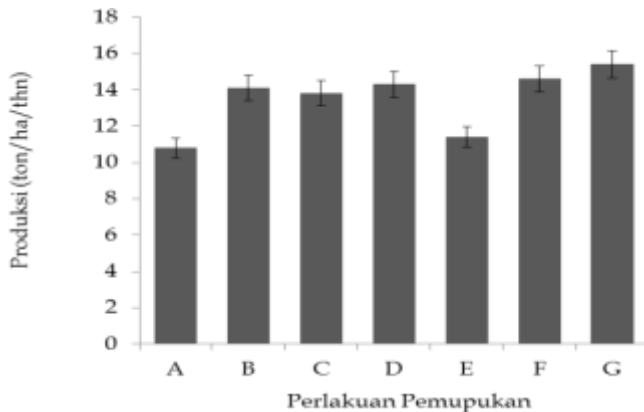
pokok⁻¹ tahun⁻¹ nilai penghematan biaya pupuk yang diperoleh adalah 39,9-31,9 persen ha⁻¹ tahun⁻¹ (spesifik lokasi).

Tabel 2. Karakteristik kimia terbatas pada tanah gambut

Kode contoh	Hasil analisis rata-rata			
	N	P	K	Mg
	-----%-----		-----ppm-----	
P1B0	1,91 a	0,018 b	351,7 a	368,1 a
P2B1	1,88 a	0,016 b	280,4 a	162,2 b
P2B2	1,81 a	0,032 a	364,6 a	363,7 a
P2B3	1,56 a	0,013 b	405,2 a	246,2 ab
P3B1	1,64 a	0,018 b	250,2 a	106,6 b
P3B2	1,98 a	0,013 b	220,0 a	119,9 b
P3B3	1,79 a	0,022 b	409,5 a	202,7 ab
CV (%)	13,9	20,6	26,2	33,2

*) Angka dalam kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak ganda Duncan ($P>0.05$).

**) Nilai kecukupan hara tanah kelapa sawit berdasarkan Fairhurst dan Hardter (2003): N (%) = <0,08 (sangat rendah), 0,12 (rendah), 0,15 (sedang), 0,25 (tinggi), > 0,25 (sangat tinggi); P (ppm) = <120 (sangat rendah), 200 (rendah), 250 (sedang), 400 (tinggi), >400 (sangat tinggi); K dapat dipertukarkan (cmol/kg) = < 0,08 (sangat rendah), 0,2 (rendah), 0,25 (sedang), 0,30 (tinggi), > 0,30 (sangat tinggi); Mg dapat dipertukarkan (cmol/kg)= < 0,08 (sangat rendah), 0,2 (rendah), 0,25 (sedang), 0,30 (tinggi), > 0,30 (sangat tinggi); C-organik (%) = <0,8% (sangat rendah), 1,2 (rendah), 1,5 (sedang), 2,5 (tinggi), dan >2,5 (sangat tinggi).



Gambar 3. Hubungan antara perlakuan dosis pupuk dan pembenah hayati terhadap rata-rata produksi TM, tahun tanam 2006 di lahan gambut, periode pengamatan bulan Juli 2010-November 2011

Keterangan gambar :

- A. Dosis 100% pupuk kimia standar kebun
- B. Dosis 75 % pupuk kimia standar + 500 g pembenah hayati pokok⁻¹ tahun⁻¹
- C. Dosis 75 % pupuk kimia standar + 1000 g pembenah hayati pokok⁻¹ tahun⁻¹
- D. Dosis 75 % pupuk kimia standar + 1500 g pembenah hayati pokok⁻¹ tahun⁻¹
- E. Dosis 50 % pupuk kimia standar + 500 g pembenah hayati pokok⁻¹ tahun⁻¹
- F. Dosis 50 % pupuk kimia standar + 1000 g pembenah hayati pokok⁻¹ tahun⁻¹
- G. Dosis 50 % pupuk kimia standar + 1500 g pembenah hayati pokok⁻¹ tahun⁻¹

Tabel 3. Efisiensi biaya (%) pupuk terhadap penggunaan pembenah hayati di afdeling D, blok 9, PT PBNA

Perlakuan	Total Biaya pokok ⁻¹ (Rp)	Total Biaya ha ⁻¹ (Rp)	Efisiensi Biaya Pupuk ha ⁻¹ (%)/tahun
Dosis 100% pupuk kimia standar kbn	42.840	5.911.920	-
Dosis 75% pupuk kimia standar + 500 g pembenah hayati/pkk/thn	35.238	4.862.844	17,7
Dosis 75% pupuk kimia standar +1000 g pembenah hayati/pkk/thn	37.113	5.121.594	13,4
Dosis 75% pupuk kimia standar +1500 g pembenah hayati/pkk/thn	38.988	5.380.344	8,9
Dosis 50% pupuk kimia standar +500 g pembenah hayati /pkk/thn	25.713	3.548.394	39,9
Dosis 50% pupuk kimia standar +1000 g pembenah hayati/pkk/thn	27.588	3.807.144	35,6
Dosis 50% pupuk kimia standar +1500 g pembenah hayati/pkk/thn	29.163	4.024.494	31,9

KESIMPULAN

Penggunaan pembenah hayati berbahan aktif *B.cenocepacia* strain KTG pada lahan gambut yang dikombinasikan dengan dosis pupuk NPK 16-4-25 sebesar 50-75% dari dosis anjuran dapat menghemat biaya pupuk sebesar 8,9-39,9 persen ha⁻¹ tahun⁻¹ (spesifik lokasi) dengan tingkat produksi yang lebih tinggi atau minimal sama dengan perlakuan 100% dosis NPK 16-4-25 standar kebun (kontrol).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terlaksana atas dukungan dana DIPA 2010-2011. Ucapan terima kasih disampaikan kepada manajemen dan seluruh karyawan kebun PT Persada Bina Nusantara Abadi, PT Astra Agro Lestari, Tbk atas bantuan dana operasional lapang serta penyediaan lahan demplot untuk melaksanakan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F., I. Ahmad, & M.S.Khan. 2005. Indole acetic acid production by the indigenous isolates of *Azotobacter* and *Fluorescent Pseudomonas* in the presence and absence of tryptophan. *Turk. J. Biol.* 29: 29-34.
- Akbari G.A., S.Y. Arab, H.A. alikhani, I. Allahdadi, & M.H. Arzanesh. 2007. Isolation and selection of indigenous *Azospirillum* spp. And the IAA of superior strains effects on wheat roots. *World J. Agric. Sci.* 3(4): 523-529.
- Amir, H.G., Z.H. Shamsuddin, M.S. Halimi, M.F. Ramlan, & M. Marziah. 2002. N₂ fixation, plant growth enhancement and root-surface colonization by rhizobacteria in association with oil palm plantlets under in vitro conditions. *Malay J. Soil. Sci.* 6: 75-82.
- Azadeh, B.F., M. Sariah, & M.Y. Wong. 2010. Characterization of *Burkholderia cepacia* genomovar I as potential biocontrol agent of *Ganoderma boninense* in oil palm. *African J. Biotechnol.* 9(24): 3542-3548.
- Azlin, C.O., H.G. Amir, & L.K. Chan. 2005. Isolation and characterization of diazotrophic rhizobacteria of oil palm roots. *Malay J. Microbiol.* 1(1):31-35.
- Azlin, C.O., H.G. Amir, L.K. Chan, & Zamzuri. 2007. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on root formation and growth of tissue cultured oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Biotechnology* 6(4):549-554.
- Bandara, W.M.M.S, G. Seneviratne, & S.A. Kulasooriya. 2006. Interactions among endophytic bacteria and fungi: effects and potentials. *J. Biosci.* 31: 645–650.
- Dikin, A., K. Sijam, M.A. Zainal Abidin, & A.S. Idrus. 2003. Biological control of seedborne pathogen of oil palm, *Schizopyllum commune* Fr. with antagonistic bacteria. *Int.J.Agric. Biol.*, 5:507-512.
- Fairhurst T & R. Hardter. 2003. Management for large and sustainable yields. Potash and Phosphate Institute of Canada. 382p.
- Pregitzer, K.S., J.S. King, A.J. Burton, & S.E. Brown. 2000. Response of tree fine roots to temperature. *New Phytol.* 147: 105-115.
- Santi, L.P, Sudarsono, D.H. Goenadi, K. Murti laksono, & D.A. Santosa. 2010. Pengaruh pemberian inokulan *Burkholderia cenocepacia* dan bahan organik terhadap sifat fisik bahan tanah berpasir. *Menara Perkebunan* 78(1), 1-16.
- Sapak, Z., M. Sariah, & M.A. Zainal Abidin. 2006. Isolation and characterization of microbial endophytes from oil palm roots: implication as biocontrol agents against *Ganoderma*. *The Planter*, 82: 587-597.
- Sapak, Z., S. Meon, & Z.A.M. Ahmad. 2008. Effect of endophytic bacteria on growth and suppression of *Ganoderma* infection in oil palm. *Int. J. Agric. Biol.* 10: 127-132.
- Sijam, K., & A. Dikin. 2005. Biochemical and physiological characterization of *Burkholderia cepacia* as biological control agent. *Int. J. Agric. Biol.* 7(3): 385-388.

- Sing. W.L, R. Hashim, & F.H. Ali. 2009. A Review on experimental investigations of peat stabilization. *Aust. J. Basic & Appl. Sci.* 3(4): 3537-3552.
- Sokolowska, Z., L. Szajdak, & D. Matyka-Sarzynska. 2005. Impact of the degree of secondary transformation on acid-base properties of organic compounds in mucks. *Geoderma* 127: 80-90.
- Szajdak, L., T. Brandyk, & J. Szatylowicz. 2007. Chemical properties of different peat-moorsh soils from the Biebrza River Valley. *Agron Res.* 5(2): 165-174.
- Yrjala, K., G. Mancano, C. Fortelius, M.L. Akerman, & T.P. Sipila. 2010. The incidence of *Burkholderia* in epiphytic and endophytic bacterial cenoses in hybrid aspen grown on sandy peat. *Boreal Env. Res.* 15: 81-96.

PERANAN AMELIORAN DALAM MITIGASI EMISI GRK (CH₄ DAN CO₂) PADA *LAND USE* SAWAH DI TANAH GAMBUT DESA LANDASAN ULIN, KECAMATAN BANJARBARU, KALIMANTAN SELATAN

¹R. Kartikawati, ¹Dedi Nursyamsi, ²Prihasto Setyanto, dan ³Siti Nurzakayah

¹Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jl. Raya Jakenan-Jaken km 5 PO BOX 05 Jaken Pati 59182, Jawa Tengah

²Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Jl. Tentara Pelajar No. 1 Boogor 16111, Jawa Barat

³Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Lahan Rawa, Jl. Kebon Karet, Lok Tabat Kotak Pos 31 Banjarbaru 70700, Kalimantan Selatan

Abstrak. Tanah gambut merupakan lahan yang marginal, namun produktivitasnya dapat ditingkatkan dengan menggunakan bahan amelioran. Bahan amelioran dapat meningkatkan hasil dan dapat menekan emisi GRK karena dapat mempertahankan stabilitas tanah gambut melalui penekanan laju kehilangan karbon dalam bentuk CH₄ dan CO₂. Penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh bahan amelioran dalam menurunkan emisi CH₄ dan CO₂ di lahan gambut dilakukan di desa Landasan Ulin, kecamatan/kabupaten Banjarbaru propinsi Kalimantan Selatan pada bulan Agustus-Oktober 2011. Perlakuan disusun secara acak kelompok dengan tiga ulangan. Perlakuan yang digunakan adalah: 1) Kontrol, 2) Pugam A, 3) Pugam T, 4) Pupuk kandang, 5) Tanah mineral dan 6) Abu sekam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan amelioran dapat menurunkan emisi CH₄ antara 40 – 50% dan CO₂ antara 5 – 30%. Bahan amelioran yang menghasilkan potensi pemanasan global terkecil sekaligus menurunkan emisi GRK (CH₄ dan CO₂) tertinggi adalah pupuk kandang.

Katakunci: amelioran, mitigasi GRK, sawah, tanah gambut

Abstract. Peat soils are marginal land, but the productivity of peat lands could be improved by using ameliorant material. The ameliorant can increase rice yield and reduce GHG emission by maintaining stability of peat lands through soil carbon loss in the form CH₄ and CO₂. The objective of research was determine effect of the ameliorant to reduce CH₄ and CO₂ emission from peat lands. The study was conducted in Agustus-October 2011 in Landasan Ulin village, district of Banjarbaru, South Kalimantan. Research was arranged in randomized block design with three replications. The treatments were 1). Control, 2). Pugam A, 3). Pugam T, 4). Manure fertilizer, 5). Mineral soil dan 6). Husk ash. The result showed that the ameliorant could reduce CH₄ emission by 40 – 50% and CO₂ by 5 – 30%. The ameliorant which produced the lowest of global warming potensial and reduced the highest of CH₄ dan CO₂ was animal manure.

Keywords: ameliorant, GHG mitigation, rice field, peats land

PENDAHULUAN

Pemanfaatan lahan marjinal seperti lahan gambut saat ini semakin meningkat sebagai konsekuensi semakin berkurangnya lahan pertanian produktif. Pengelolaan lahan gambut secara tepat akan memberikan kontribusi terhadap pemenuhan kebutuhan dan ketahanan pangan nasional. Namun jika salah pemanfaatan lahan gambut itu sendiri justru dapat menyebabkan kerusakan ekosistem dan meningkatkan emisi gas rumah kaca. Permasalahan yang dihadapi dalam mengelola lahan gambut adalah terjadinya subsidensi yaitu penurunan permukaan lahan gambut sebagai akibat daya dukung air yang hilang akibat drainase. Pemampatan massa dari bagian atas yang hanya ditopang oleh kekuatan fraksi udara merupakan konsolidasi lanjutan (Bintang *et al.* 2003). Penggunaan bahan amelioran selain dapat meningkatkan hasil juga dapat menekan emisi GRK di lahan gambut karena amelioran berfungsi dalam mempertahankan stabilitas tanah gambut melalui penekanan laju kehilangan karbon dalam bentuk CH_4 dan CO_2 .

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bahan amelioran dalam menurunkan emisi CH_4 di lahan gambut.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan di desa Landasan Ulin, kecamatan/kabupaten Banjarbaru propinsi Kalimantan Selatan pada bulan Agustus-Oktober 2011 dengan petak percobaan di areal persawahan dan surjan. Kondisi sawah pada saat pengukuran ditanami padi varietas Inpara 3 sedangkan surjan dalam keadaan bera (belum ada tanaman). Perlakuan yang digunakan adalah: 1) Kontrol, 2) Pugam A, 3) Pugam T, 4) Pupuk kandang, 5) Tanah mineral dan 6) Abu sekam. Rancangan percobaan adalah Rancangan Acak Kelompok dengan 3 ulangan.

Parameter yang diamati adalah emisi CO_2 dan CH_4 dari sawah dan surjan. Pengambilan sampel GRK (CO_2 dan CH_4) dilakukan setiap 1 minggu sekali. Pengambilan contoh gas di sawah dilakukan dengan menggunakan sungkup berukuran 50 cm x 50 cm x 100 cm yang mampu menyungkupi 4 rumpun tanaman padi. Interval waktu yang digunakan untuk pengambilan sampel adalah menit ke-3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 dan 24.

Emisi GRK diukur secara langsung dari lahan gambut dengan metode *close chamber technique* yang diadopsi dari IAEA (1993). Contoh gas diambil dengan menggunakan jarum suntik ukuran 10 ml kemudian dianalisis menggunakan micro GC type CP 4900 dengan detektor TCD (*thermal conductivity detector*). Area gas (CO_2 dan CH_4) dari contoh gas yang dianalisis akan keluar secara simultan. Perhitungan fluks pada

setiap perlakuan menggunakan persamaan sebagai berikut yang diadopsi dari IAEA (1993).

$$E = \frac{Bm}{Vm} \times \frac{\delta Csp}{\delta t} \times \frac{V}{A} \times \frac{273.2}{T + 273.2}$$

Di mana:

E	=	emisi CO ₂ /CH ₄ (mg m ⁻² hari ⁻¹)
V	=	volume sungkup (m ³)
A	=	luas dasar sungkup (m ²)
T	=	suhu udara rata-rata di dalam sungkup (°C)
$\delta Csp/\delta t$	=	laju perubahan konsentrasi gas CH ₄ dan CO ₂ (ppm/menit)
Bm	=	berat molekul gas CH ₄ dan CO ₂ dalam kondisi standar
Vm	=	volume gas pada kondisi <i>stp</i> (<i>standard temperature and pressure</i>) yaitu 22.41 liter pada 23°K

GWP (global warming potensial) adalah angka yang digunakan untuk menyetarakan nilai potensi pemanasan global dari CH₄-C dan N₂O-N disetarakan dengan CO₂-C.

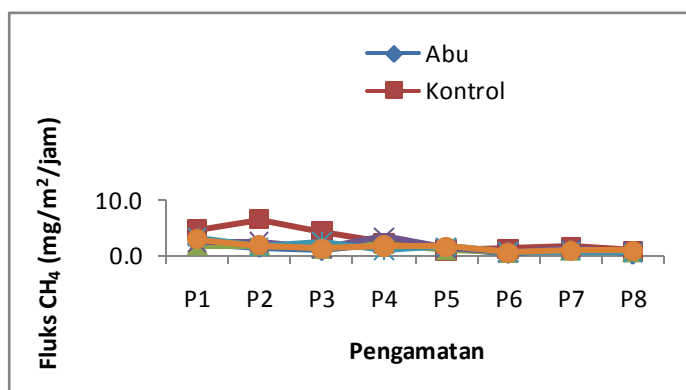
$$GWP = (N_2O-N \times 293) + (CH_4-C \times 25) + CO_2-C$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

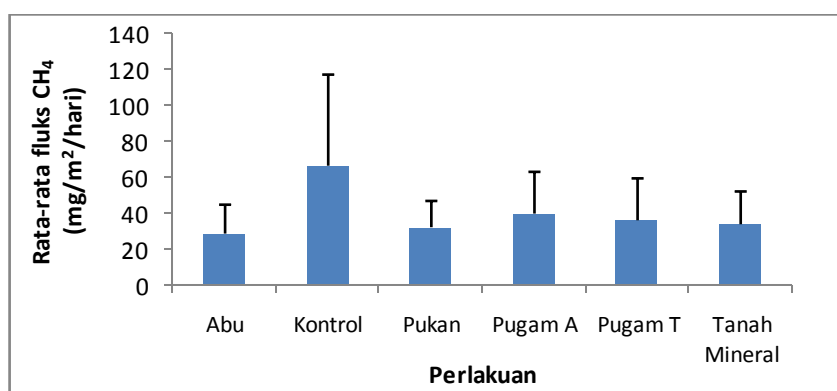
Pola fluks CH₄ dari lokasi sawah ditunjukkan pada Gambar 1. Pada pengamatan pertama sampai ketiga, fluks CH₄ pada semua perlakuan amelioran lebih rendah daripada kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa residu amelioran dari musim pertama masih mampu menurunkan gas CH₄. Selanjutnya pada pengamatan keempat sampai keenam, fluks CH₄ pada semua perlakuan terlihat hampir sama, kemungkinan peran amelioran saat itu sudah tidak efektif lagi.

Rata-rata fluks CH₄ selama musim kedua ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan gambar tersebut fluks CH₄ berkisar antara 30 - 70 mg m⁻² hari⁻¹. Data fluks CH₄ dan standar deviasi diperoleh dari rata-rata perlakuan pada pengamatan satu musim tanam. Hasil fluks CH₄ pada pengamatan musim kedua ini jauh lebih rendah daripada fluks CH₄ pada musim pertama. Besarnya fluks CH₄ pada musim pertama berkisar antara 350 – 750 mg m⁻² hari⁻¹ (Nursyamsi *et al.* 2011). Kondisi pertanaman pada musim pertama dan kedua sangat berbeda. Meskipun varietas padi yang digunakan untuk kedua musim tersebut sama (Inpara 2) namun kondisi pertanaman pada musim pertama lebih baik daripada musim kedua. Pada musim kedua, padi mengalami kekeringan sehingga pertumbuhan kurang optimal.

Lahan gambut dengan sistem pertanaman padi mempunyai kondisi tanah yang sesuai untuk pembentukan gas CH_4 . Gas CH_4 diemisikan dari tanah dalam kondisi anaerob ke atmosfer melalui difusi CH_4 terlarut, melalui ebolusi gelembung dan jaringan aerenkima tanaman (Reddy dan De Laune, 2008). Pada kondisi kering, gas CH_4 sedikit yang terbentuk.



Gambar 1. Pola fluks CH_4 dari berbagai perlakuan amelioran di sawah



Gambar 2. Rata-rata fluks CH_4 dari berbagai perlakuan amelioran di sawah

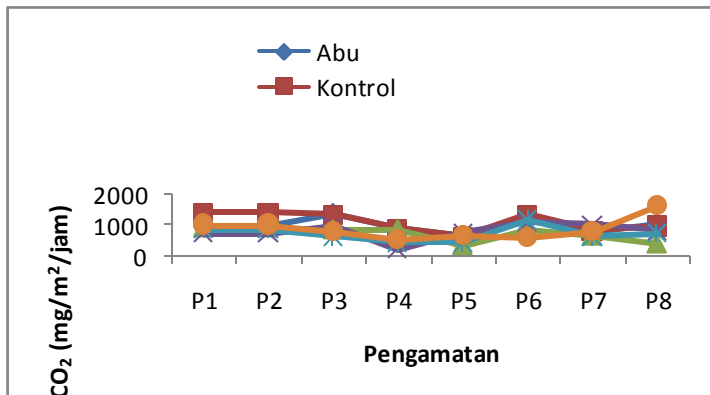
Menurut Reddy dan De Laune (2008), vegetasi mempunyai peranan dalam memproduksi dan mengemisikan gas CH_4 . Secara umum keberadaan tanaman dapat meningkatkan emisi CH_4 . Tanaman tingkat tinggi menyediakan substrat penting untuk bakteri metanogen dalam bentuk eksudat akar dan serasah tanaman yang dapat dimanfaatkan oleh bakteri meningkatkan produksi gas CH_4 . Kondisi sawah pada musim pertama selalu tergenang. Menurut Yu *et al.* (2007), kondisi tergenang (anaerobik) mempercepat penggunaan serangkaian aseptor elektron seperti O_2 , nitrat, Mn^{4+} , Fe^{3+} dan sulfat. Produksi CH_4 mulai berlangsung pada kondisi reduksi setelah elektron aseptor

tersebut berkurang. Sebaliknya pada kondisi kering, ketersediaan O_2 berlimpah sehingga tanah bersifat oksidatif sehingga CH_4 yang diemisikan jauh lebih sedikit.

Pola fluks CO_2 pada berbagai pemberian bahan amelioran ditunjukkan pada Gambar 3. Berdasarkan gambar tersebut, residu bahan amelioran dari musim sebelumnya juga masih dapat menurunkan emisi CO_2 . Abu sekam, pukan dan pugam T secara konsisten menurunkan emisi CO_2 dari awal sampai akhir pengamatan. Hal ini terlihat dari pola fluks ketiga bahan amelioran tersebut yang berada dibawah pola fluks kontrol. Sedangkan pugam A dan tanah mineral justru meningkatkan emisi CO_2 masing-masing pada pengamatan ke tujuh dan ke delapan.

Rata-rata fluks CO_2 ditunjukkan pada (Gambar 4). Pada pengamatan musim kedua ini, rata-rata fluks CO_2 lebih tinggi dari musim pertama. Rata-rata fluks CO_2 pada musim kedua sekitar $20.000 - 25.000 \text{ mg m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$ sedangkan rata-rata fluks CO_2 antara $4.000 - 7.000 \text{ mg m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$ (Nursyamsi *et al.* 2011). Rata-rata fluks CO_2 dan standar deviasi yang ditunjukkan pada Gambar 4 diperoleh dari rata-rata perlakuan selama pengamatan satu musim tanam.

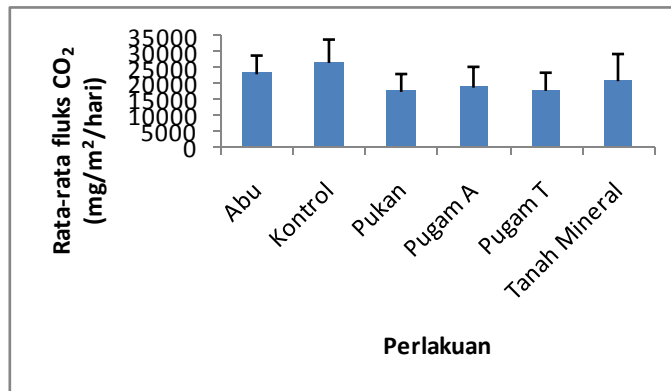
Menurut Reddy dan De Laune (2008), vegetasi dan tanah mengandung mikroba dan sekelompok invertebrata yang dapat mensekuestrasi CO_2 secara langsung dari atmosfer. Ekosistem darat seperti hutan, vegetasi, tanah, tanaman budidaya, padang rumput, tundra dan wetlands mempunyai akumulasi net karbon sekitar $\frac{1}{4}$ dari jumlah gas yang diemisikan ke atmosfer, dimana gas yang diemisikan tersebut bersumber dari bahan bakar fosil.



Gambar 3. Pola fluks CO_2 dari berbagai perlakuan amelioran di sawah

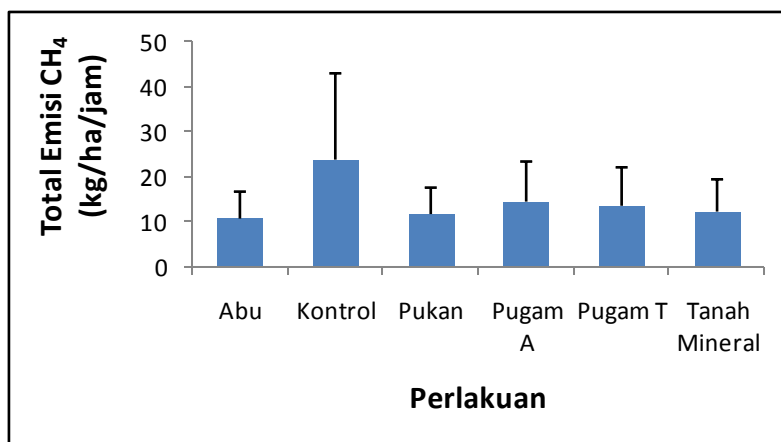
Menurut Ding *et al.* (2007), emisi CO_2 dari tanah merupakan hasil intergrasi dari beberapa komponen yang meliputi respirasi rizosfer dan respirasi mikroba tanah. Beberapa faktor yang mempengaruhi emisi CO_2 dari tanah antara lain suhu tanah,

kelembaban tanah, tipe vegetasi, jumlah dan kualitas substrat, aktivitas dan biomassa mikroba, tata guna dan pengelolaan tanah.

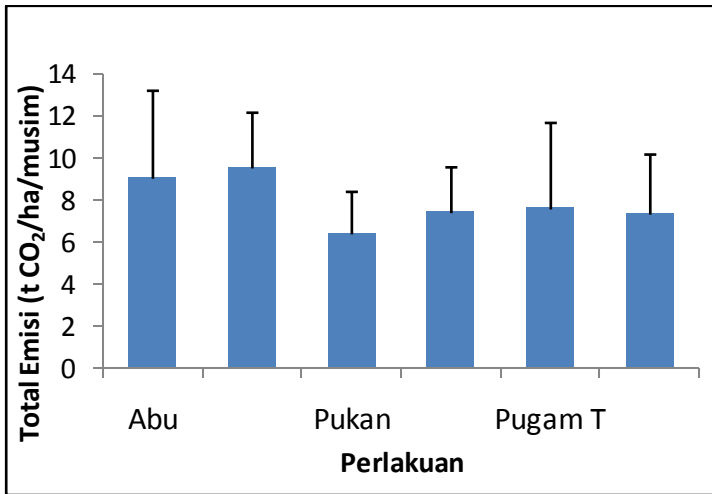


Gambar 4. Rata-rata fluks CO₂ dari berbagai perlakuan amelioran di sawah

Total emisi CH₄ ditunjukkan pada (Gambar 5). Pada kondisi anaerobik berlangsung dekomposisi bahan organik yang dilakukan oleh mikrobakteri, kemudian dilanjutkan oleh kompleks mikro organisme khusus yang menghasilkan substrat tertentu. Metana merupakan hasil akhir dari dekomposisi anaerobik yang dibentuk oleh *Archaea* metanogenik (Couwenberg, 2009). Penggenangan menghambat suplai oksigen dari atmosfer ke tubuh tanah. Penurunan ketersediaan oksigen dalam tanah memicu respirasi mikroba secara anaerobik yang diikuti dengan penurunan potensial redoks (Suprihati *et al.* 2006). Kondisi reduksi yang tinggi ditandai dengan rendahnya nilai potensial redoks dan ini sangat kondusif untuk pembentukan CH₄. Pada nilai potensial redoks -0.15 sampai -0.22 V CH₄ terbentuk (Harrison, 2007).



Gambar 5. Total emisi CH₄ dari berbagai perlakuan amelioran di sawah



Gambar 6. Total emisi CO₂ dari berbagai perlakuan amelioran di sawah

Gambar 6 menunjukkan total emisi CO₂. Berdasarkan gambar tersebut, emisi CO₂ tertinggi dihasilkan oleh perlakuan kontrol, yaitu sebesar 9,5 t/ha/musim. Sedangkan emisi terendah dihasilkan oleh perlakuan pukan dan tanah mineral, masing-masing sebesar 6,4 dan 7,3 t ha⁻¹ musim⁻¹.

Menurut Najiyati *et al.* (2005), pukan mengandung unsur hara makro dan mikro mengandung kation basa seperti K, Ca, Mg dan Na yang relatif tinggi. Kandungan kation-kation basa inilah yang kemungkinan berkaitan dengan proses penekanan karbondioksida.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan amelioran seperti tanah mineral dan pemberian pupuk silikat mampu menurunkan emisi GRK. Penggunaan tanah mineral sebagai bahan amelioran ternyata mampu menurunkan emisi CO₂ sebesar 23%. Najiyati *et al.* (2005) menyebutkan bahwa tanah mineral mengandung unsur perekat (liat), Al, Fe dan silikat (SiO₂). Penambahan bahan mineral pada tanah gambut dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia terutama adalah teksturnya. Sedangkan menurut Ali *et al.* (2008), emisi CH₄ menurun sekitar 16-20% dengan pemberian 4 Mg ha⁻¹ pupuk silikat. Pupuk silikat secara signifikan mendorong pertumbuhan tanaman khususnya biomassa akar, volume dan porositas akar yang dapat meningkatkan konsentrasi oksigen di rhizosfer. Meningkatnya konsentrasi oksigen tersebut akan meningkatkan pula oksidasi CH₄ sehingga dapat mengurangi emisi CH₄ ke atmosfer.

Persentase penurunan emisi CH₄ dengan pemberian amelioran ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, penggunaan bahan amelioran terlihat cukup tinggi menurunkan emisi CH₄. Penggunaan bahan amelioran mampu menurunkan emisi CH₄ 40-57% dari perlakuan tanpa menggunakan bahan amelioran. Penurunan tertinggi terdapat

pada penggunaan abu sekam diikuti oleh pukan. Sedangkan kemampuan bahan amelioran untuk menurunkan emisi CO₂ hanya sekitar 5 – 30% saja. Penurunan tertinggi terjadi pada pemberian pukan (34%), diikuti oleh pemberian tanah mineral (23%). Menurut Nursyamsi *et al.* (2011), hasil penelitian pada musim pertama menunjukkan bahwa ameliorasi mampu menekan emisi CO₂ sebesar 28 – 45% dan penurunan tertinggi terjadi pada penggunaan abu sekam dan pukan.

Tabel 1. Global Warming Potensial (GWP) dan penurunan emisi GRK dari berbagai penggunaan bahan amelioran

Perlakuan	Total emisi (t ha ⁻² th ⁻¹)		GWP (t CO ₂ e ha ⁻¹ th ⁻¹)	Penurunan emisi masing-masing gas (%)		Penurunan emisi GRK (%)
	CH ₄	CO ₂		CH ₄	CO ₂	
Kontrol	0,085	31,6	33,8	bs	bs	bs
Abu	0,037	30,0	30,9	-56,7	-5,1	8,4
Pukan	0,041	21,2	22,2	-51,4	-32,9	34,1
Pugam A	0,051	24,6	25,8	-40,0	-22,3	23,5
Pugam T	0,046	25,1	26,3	-45,6	-20,5	22,1
Tanah Mineral	0,044	24,3	25,4	-48,9	-23,0	24,7

bs: *baseline*

GWP: potensi pemanasan global

Global warming potensial (GWP) menunjukkan bahwa penggunaan pukan pada musim kedua mampu menurunkan emisi GRK tertinggi dari amelioran lainnya. Abu sekam, mampu menurunkan emisi CH₄ tertinggi namun perannya dalam menurunkan emisi CO₂ terendah. Sedangkan pukan terlihat konsisten dalam menurunkan emisi baik CH₄ maupun CO₂.

KESIMPULAN

Pemberian amelioran pada gambut yang disawahkan di Kalimantan Selatan pada musim tanam kedua diduga mampu menurunkan emisi CH₄. Penurunan emisi CH₄ pada musim kedua dapat mencapai antara 40-50% sedangkan CO₂ 5-30%. Bahan amelioran yang cukup konsisten dalam menurunkan emisi CH₄ dan CO₂ serta mampu menurunkan emisi GRK tertinggi pada musim tersebut adalah pupuk kandang, yaitu sebesar 34%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Muhammad Aslan., Ju Hwan Oh and Pil Joo Kim. 2008. Evaluation of silicate iron slag amendement on reducing methane emission from flood water rice farming. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 128: 21-26.
- Bintang, B. Rusman, Basyarudin dan E.M. Harahap. 2003. Kajian subsidi pada lahan gambut di Labuhan Batu Sumatera Utara. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian Agrisol*. Vol. 4, No. 1.
- Couwenberg, J. 2009. Methane emissions from peat soils (organic soils, histosols). *Wetlands International*, Ede
- Ding, W., Lei Meng, Yunfeng Yin, Zucong Cai and Xunhua Zheng. 2007. CO₂ emission in an intensively cultivated loam as affected by long-term application of organic manure and nitrogen fertilizer. *Soil Biology and Biochemistry* Vol 3: 669-679.
- Harrison, R.M. 2007 *Principles of environmental chemistry*. The Royal Society of Chemistry, UK.
- IAEA (International Atomic Energy Agency). 1993. *Manual on Measurement of Methane and Nitrous Oxide Emission from Agricultural* Vienna: IAEA.
- Najiyati, S., Lili Muslihat dan I Nyoman N. Suryadiputra. 2005. *Panduan pengelolaan lahan gambut untuk pertanian berkelanjutan* Bogor: Wetlands International – IP.
- Nursyamsi, Dedi., R. Kartikawati, S. Raihan., P. Setyanto, I. Las and M. Sarwani. 2011. Use of ameliorants to mitigate greenhouse gases emission in peat soils of South Kalimantan. *Environmental Technology and Management Conference 4th ETMC* 2011, November 3rd – 4th, Bandung Indonesia.
- Reddy, K. Ramesh and Ronald D. De Laune. 2008. *Biogeochemistry of wetlands. Science and applications*. CRC Press. Taylor and Francis Group. USA. 615p.
- Suprihati, Iswandi Anas, Daniel Murdiyarso, Supiandi Sabiham dan Gunawan Djajakirana. 2006. Fluks Metana dan Karakteristik Tanah pada Beberapa Macam Sistem Budidaya. *Bul. Agron.* (34) (3) 181 – 187
- Yu, Shangping., Peter R. Jaff., Denise L Mauzerall. 2007. A process-based model for methane emission from flooded rice paddy systems. *Ecological Modelling* Vol 205: 475-491.

PENGARUH PEMBERIAN BAHAN AMELIORAN TERHADAP PENURUNAN EMISI GAS CO₂ PADA PERKEBUNAN SAWIT DENGAN TANAMAN SELA DI LAHAN GAMBUT

¹Titi Sopiawati, ¹H. L. Susilawati, ¹Anggri Hervani, ¹Dedi Nursyamsi, ²Prihasto Setyanto dan ³Nurhayati

¹Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jl. Jakenan-Jaken Km 5 Pati, Jawa Tengah

²Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Jl. Tentara Pelajar No. 1 Bogor 16111

³Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian Riau, Jl. Kaharudin Nasution No. 341 Padang Marpoyan, Pekanbaru 10210, Riau, Telp: 0761 – 35641, Fax: 0761 – 674206 (btp-riau@litbang.deptan.go.id)

Abstrak. Bahan amelioran efektif dalam meningkatkan hasil tanaman jagung serta menurunkan emisi GRK di tanah gambut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya emisi gas CO₂ dari lahan gambut, penelitian telah dilaksanakan di Kabupaten Pelalawan, Riau pada tahun 2011. Rancangan yang digunakan adalah acak kelompok dengan tiga ulangan, dengan perlakuan yaitu (1) pugam A, (2) pugam T, (3) pupuk kandang, (4) tandan kosong, (5) tanah mineral dan (6) Kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi CO₂ dapat dikurangi dengan pemberian bahan amelioran sekitar 9-22%. Pemberian bahan amelioran berupa tanah mineral menekan emisi gas CO₂ tertinggi yaitu sebesar 22,1%, sedangkan pemberian pupuk kandang menekan emisi gas CO₂ terendah yaitu sebesar 9,4%.

Katakunci: Bahan amelioran, emisi gas CO₂ dan lahan gambut.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara keempat yang mempunyai lahan gambut terluas di dunia sehingga merupakan salah satu cadangan karbon terbesar di dunia. Terdapat sekitar 21,9 juta hektar tanah gambut di Indonesia, dimana sekitar 9,53 juta hektar berpotensi sebagai lahan pertanian. Dari areal yang berpotensi tersebut, baru 4,2 juta hektar yang sudah direklamasi oleh pemerintah sebagai daerah transmigrasi dan digunakan penduduk setempat untuk berbagai penggunaan. Upaya pemanfaatan lahan gambut sering menimbulkan kontroversi karena sifat dan perilaku lahan gambut sangat spesifik dan *fragile* (mudah rusak) (Wahyunto *et al.* 2004).

Dalam keadaan alami, tanah gambut mengalami proses dekomposisi yang menghasilkan gas rumah kaca (GRK) secara perlahan, sehingga emisi yang dihasilkannya relatif seimbang dengan penyerapan oleh vegetasi alami dalam bentuk CO₂ bahkan kadang kala berperan sebagai *sink* karbon. Dalam tiga dekade terakhir, lahan gambut telah

digunakan secara intensif untuk aktivitas pertanian tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan. Alih fungsi lahan gambut untuk budidaya tanaman pertanian akan mengurangi stabilitas dan mempercepat proses dekomposisi. Selain itu, deforestasi dan degradasi lahan gambut memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan emisi GRK nasional.

Komitmen Indonesia untuk berpartisipasi aktif dalam penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 26% disampaikan oleh presiden Indonesia dalam pertemuan G-20 di Copenhagen. Adanya tudingan negara barat bahwa Indonesia merupakan emitor karbon ke-3 di dunia perlu segera untuk ditindaklanjuti dengan berbagai penelitian dan upaya adaptasi dan mitigasi. Oleh karena itu perlu adanya upaya yang terintegrasi dan sistematis untuk menghambat laju pemanasan global tersebut berdasarkan hasil penelitian GRK secara akurat dan ilmiah.

Penambahan bahan amelioran di lahan pertanian secara umum bertujuan untuk memberikan tambahan unsur hara baik mikro ataupun makro serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Namun penambahan amelioran di lahan gambut mempunyai fungsi lain yaitu mengkhelasi asam-asam organik oleh kation polivalen membentuk rantai karbon yang lebih panjang dengan berat molekul yang lebih tinggi. Khelasi ini menyebabkan tanah gambut tidak mudah terdegradasi sehingga emisi GRK juga dapat ditekan. Hal ini disebabkan karena ikatan polivalen Fe atau Al dengan sisa asam organik sangat kuat sehingga tanah gambut stabil.

Bahan amelioran seperti pugam (pupuk gambut) efektif dalam meningkatkan hasil tanaman jagung serta menurunkan emisi GRK di tanah gambut (Subiksa, 2010). Berbagai penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa bahan tanah mineral, terutama tanah bertekstur berat dan atau berkadar Fe tinggi (Ultisol dan Oxisol) juga efektif meningkatkan produksi pertanian dan menurunkan emisi GRK di tanah gambut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya emisi gas CO₂ pada lahan gambut yang ditanami kelapa sawit dengan tanaman sela jagung.

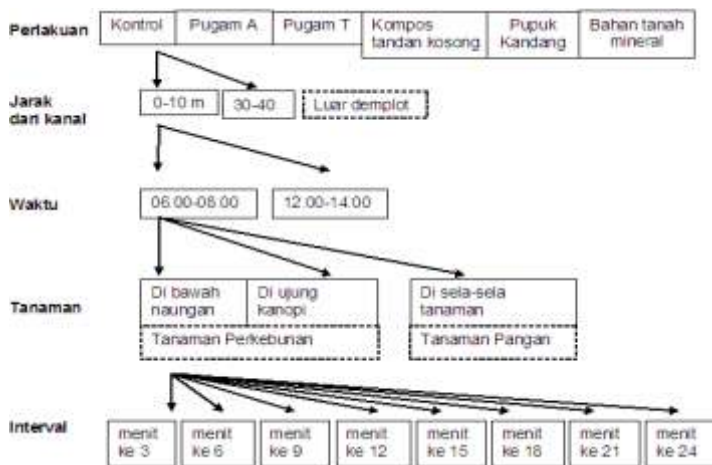
METODOLOGI PENELITIAN

Pengukuran emisi gas CO₂ dilakukan pada bulan April 2011 s.d. Oktober 2011. Pengukuran emisi gas CO₂ pada lahan gambut dilakukan di lokasi demonstrasi plot (demplot) di Riau yaitu perkebunan kelapa sawit dengan tanaman sela (jagung). Luas lokasi penelitian adalah 5 hektar dengan perlakuan amelioran (1) pugam a, (2) pugam t, (3) pupuk kandang, (4) tandan kosong, (5) tanah mineral dan (6) kontrol. secara garis besar kegiatan pengukuran GRK terdiri dari dua tahap, yaitu pengambilan contoh gas di lapangan dan analisis contoh gas dengan menggunakan mobile GC tipe Varian 490-GC.

Pengambilan contoh gas CO₂

Pengambilan contoh gas CO₂ dilakukan dengan metode *close chamber close technique* yang diadopsi dari IAEA (1993). Contoh gas diambil setiap satu minggu sekali pada pagi hari (jam 06.00-08.00) dan siang hari (jam 12.00-14.00), masing-masing 8 contoh gas dengan interval 3 menit. Titik pengambilan contoh gas CO₂ adalah pada piringan tanaman kelapa sawit, *intergrade*, dan tanaman jagung dengan mempertimbangkan pengelolaan pupuk sebagai sumber emisi gas CO₂. Petani umumnya memupuk dalam piringan kelapa sawit dan pada larikan jagung.

Sungkup yang digunakan terdiri dari dua ukuran, yaitu 50 x 50 x 30 cm dan 50 x 15 x 30 cm. Masing-masing digunakan untuk pengambilan contoh gas pada piringan atau *intergrade* kelapa sawit dan tanaman sela. Diagram pengambilan contoh gas CO₂ disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram pengambilan contoh gas pada perkebunan kelapa sawit dengan tanaman sela jagung di lahan gambut.

Pengambilan contoh gas CO₂ dilakukan secara manual di lapangan menggunakan sungkup. Sungkup terbuat dari mika dengan kaki-kaki terbuat dari almunium dengan penampang bawahnya digunakan untuk menancapkan sungkup pada tanah gambut sehingga kebocoran gas dapat dihindari. Sungkup dilengkapi dengan fan yang dijalankan dengan baterai elemen kering serta termometer. Fan berfungsi untuk menghomogenkan konsentrasi gas dalam sungkup. Termometer dipasang pada lubang yang telah tersedia di bagian atas sungkup digunakan untuk mengukur setiap perubahan suhu di dalam sungkup.

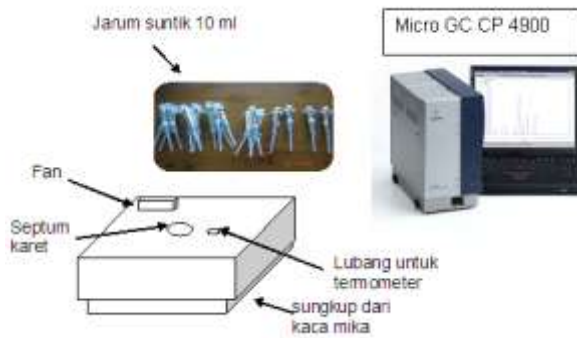
Pengambilan contoh gas CO₂ menggunakan syringe ukuran 10 ml. *Syringe* dibungkus dengan kertas perak untuk menghindari terjadinya penurunan konsentrasi gas karena pengaruh panas dan diberi label. Jumlah *syringe* yang harus disediakan adalah 8 buah setiap kali pengambilan contoh gas. Ujung *syringe* ditutup dengan *rubber grip*. Pengukur waktu seperti *stopwatch* atau jam diperlukan untuk mengetahui keakuratan waktu pengambilan contoh gas. Setiap pengambilan contoh gas menggunakan interval waktu 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, dan 24 menit. Blangko pengamatan digunakan untuk mencatat perubahan suhu dalam sungkup dan *head space*. Perubahan suhu dan *headspace* tersebut digunakan dalam proses perhitungan emisi.

Pengambilan contoh gas CO₂ di tanaman kelapa sawit dan tanaman sela (jagung) menggunakan sungkup berturut-turut berukuran 50 x 50 x 30 cm dan 50 x 15 x 30 cm. Prosedurnya adalah sebagai berikut:

- a. Sungkup ukuran 50 x 15 x 30 cm digunakan untuk mengambil contoh gas pada piringan dan pada *integrate* tanaman kelapa sawit, sedangkan sungkup ukuran 50 x 15 x 30 cm digunakan untuk mengambil contoh gas pada tanaman sela.
- b. Sungkup diletakkan pada piringan atau *integrate* tanaman sawit dan pada sela-sela tanaman jagung. Sungkup dipasang tegak lurus, untuk menghindari kebocoran bagian bawah sungkup ditutup dengan tanah dan dipadatkan.
- c. Termometer dipasang pada lubang yang telah tersedia dan kipas dinyalakan.
- d. Biarkan sungkup terbuka selama beberapa saat, supaya kondisi dalam sungkup menjadi normal kembali.
- e. Setelah sungkup siap, karet sebagai septum ditutup dan waktu perhitungan dimulai.
- f. Contoh gas diambil menggunakan *syringe* kemudian ujung *syringe* ditutup dengan septum sesegera mungkin untuk menghindari kebocoran.
- g. *Headspace* dari masing-masing sungkup dicatat.
- h. Perubahan suhu dalam sungkup pada setiap interval pengambilan contoh gas.
- i. Contoh gas segera dianalisa konsentrasinya.

Analisis Contoh Gas CO₂ dengan Micro GC CP-4900

Contoh gas dianalisis menggunakan Micro GC CP-4900 yang dilengkapi dengan detektor TCD (*thermal conductivity detector*). Gas pembawa (*carrier gas*) yang digunakan adalah Helium dengan kategori UHP (*ultra high purity*) dengan kemurnian gas 99,999%.



Gambar 2. Peralatan yang digunakan untuk mengukur *fluks* GRK dari lahan gambut

Hasil analisis berupa konsentrasi gas digunakan untuk menentukan laju perubahan/fluks CO_2 ($\delta c/\delta t$). Perhitungan fluks CO_2 menggunakan persamaan sebagai berikut yang diadopsi dari IAEA (1993).

$$F = \frac{Bm}{Vm} \times \frac{\delta Csp}{\delta t} \times \frac{V}{A} \times \frac{273.2}{T + 273.2}$$

Di mana:

- E = emisi CO_2 ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{hari}$)
- V = volume sungkup (m^3)
- A = luas dasar sungkup (m^2)
- T = suhu udara rata-rata di dalam sungkup ($^{\circ}\text{C}$)
- $\delta Csp/\delta t$ = laju perubahan konsentrasi gas CO_2 (ppm/menit)
- Bm = berat molekul gas CO_2 dalam kondisi standar
- Vm = volume gas pada kondisi stp (standard temperature and pressure) yaitu 22.41 liter pada 23°K

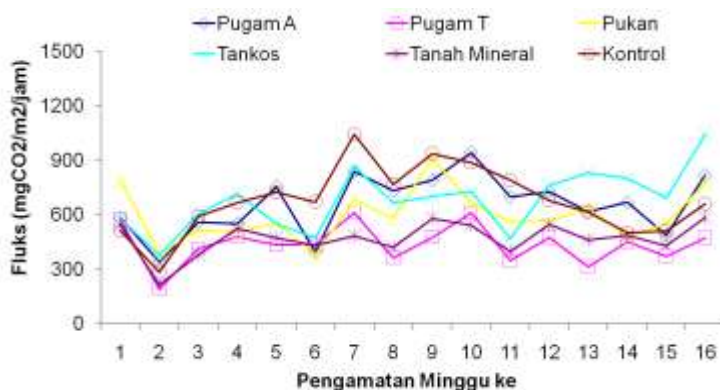
HASIL DAN PEMBAHASAN

Fluks CO_2

Berdasarkan perlakuan

Gambar 3 menunjukkan bahwa pola fluks CO_2 sampai dengan pengamatan ke 16 berbeda pada masing-masing perlakuan. Perlakuan kontrol menunjukkan pola emisi yang selalu di atas dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian amelioran pada tanah gambut dapat menekan emisi gas CO_2 . Pada pengamatan ke 12 dan seterusnya perlakuan tandan kosong kelapa sawit, fluks CO_2 lebih tinggi

dibandingkan perlakuan lain. Hal ini mungkin karena pengaruh tandan kosong sudah habis atau berkurang.



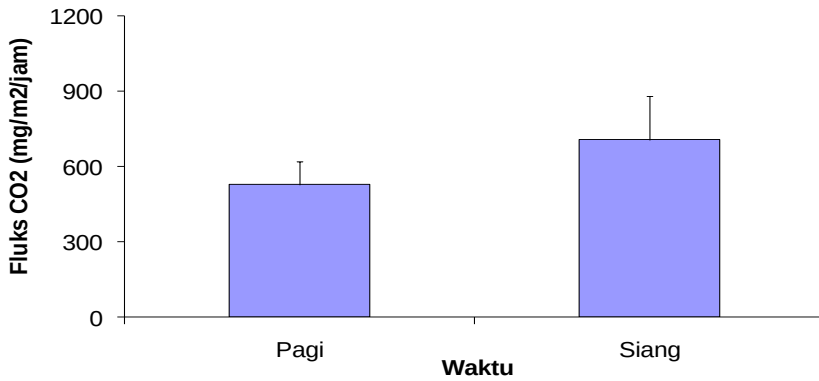
Gambar 3. Pola fluks CO₂ berdasarkan perlakuan amelioran dari titik yang mendapat perlakuan (piringan dan tanaman sela)

Perlakuan pugam T memberikan pola fluks yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pugam mengandung hara P, Ca dan Mg. Selain itu pugam juga kaya dengan kation polivalen dan unsur mikro yang sangat diperlukan untuk menetralkan asam organik beracun. Kation polivalen inilah yang dapat mengikat sisa asam organik menjadi bentuk kompleks dan atau khelat sehingga tanah gambut stabil, dekomposisinya berkurang dan emisinya turun (Subiksa, 2010).

Berdasarkan waktu sampling

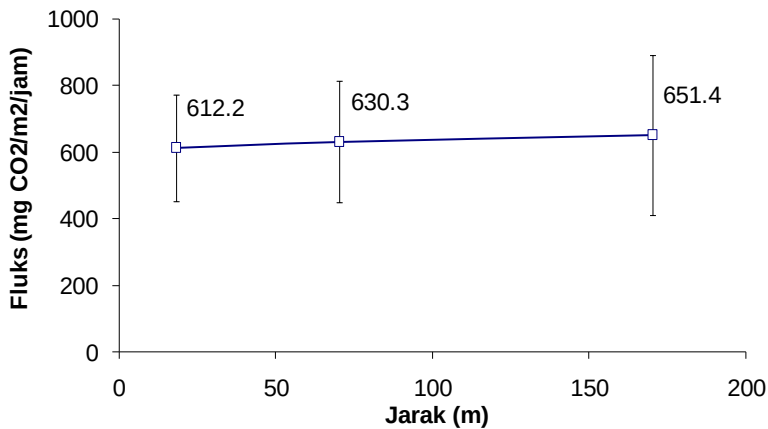
Fluks CO₂ pada siang hari lebih tinggi dibandingkan pagi hari. Hal ini menunjukkan bahwa fluks CO₂ dipengaruhi oleh temperatur udara. Temperatur udara dalam *chamber* pada siang hari lebih tinggi dibandingkan pagi hari sehingga fluks CO₂ pada siang hari menjadi lebih tinggi (Gambar 4).

Gas CO₂ yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik pada lahan gambut dikendalikan oleh perubahan suhu, kondisi hidrologi, ketersediaan dan kualitas bahan gambut. Selain itu, dekomposisi juga tergantung pada faktor lingkungan, sifat tanah, dan teknik budidaya pertanian. Pada suhu tinggi, gas CO₂ dan CH₄ merupakan bentuk gas yang segera terbentuk dalam jumlah banyak. Suhu dan kelembaban baik udara maupun tanah gambut di kawasan tropik sangat dipengaruhi oleh jenis dan kerapatan vegetasi yang menutupinya. Suhu yang tinggi pada keadaan terbuka akan merangsang aktivitas mikroorganisme sehingga perombakan gambut lebih cepat (Noor, 2001 dalam Putri Yuniastuti, 2011).



Gambar 4. Fluks CO₂ berdasarkan waktu pengambilan sampel

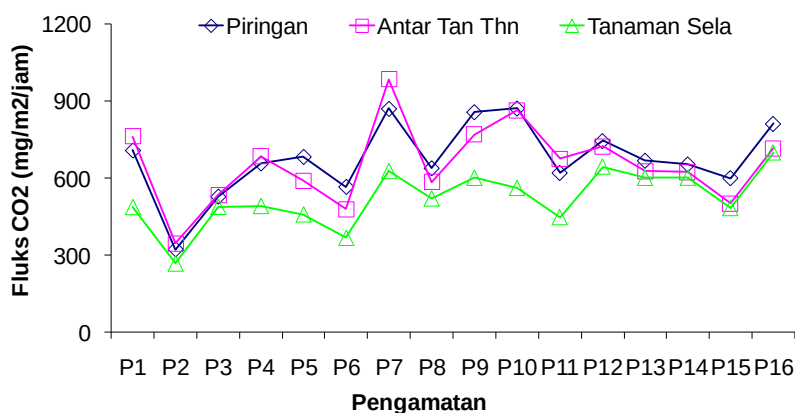
Berdasarkan jarak dari kanal



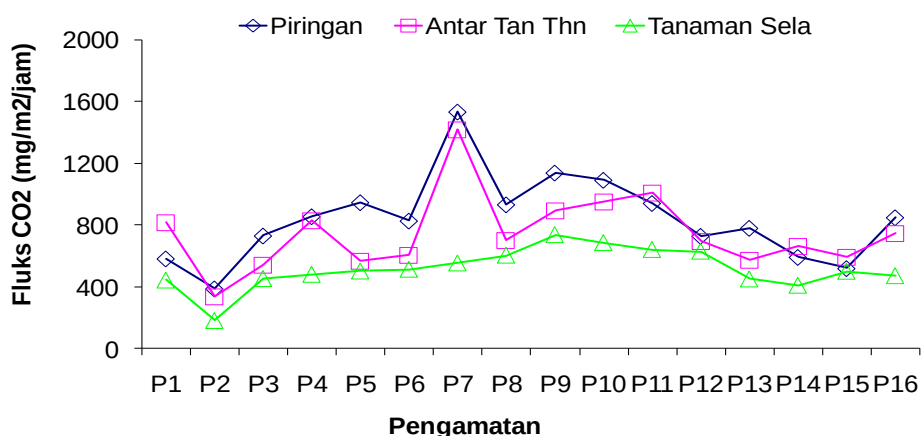
Gambar 5. Fluks CO₂ berdasarkan jarak dari kanal.

Semakin jauh jarak dari kanal, maka fluks CO₂ semakin tinggi pula. Hasil penelitian Pusat Penelitian Kelapa Sawit (2009) mendapatkan bahwa setiap ha perkebunan sawit di lahan gambut yang air tanahnya diturunkan sekitar 40 – 70 cm, akan mengemisikan 25- 45 t CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹. Bahkan jika air tanah diturunkan hingga 80 cm akan dapat mengemisikan CO₂ sebesar 51 ton CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹ (atau sekitar 14 gr CO₂ m⁻² hari⁻¹). Semakin dalam air tanah gambut di drainase, semakin besar tingkat emisi CO₂.

Berdasarkan letak sampling

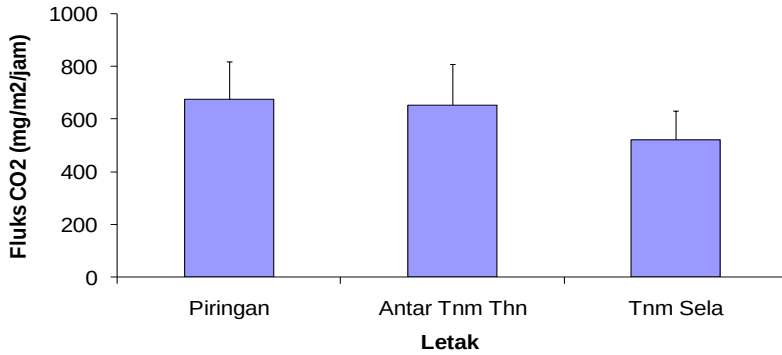


Gambar 6. Pola fluks CO₂ berdasarkan letak pengamatan (rata-rata dari semua perlakuan)



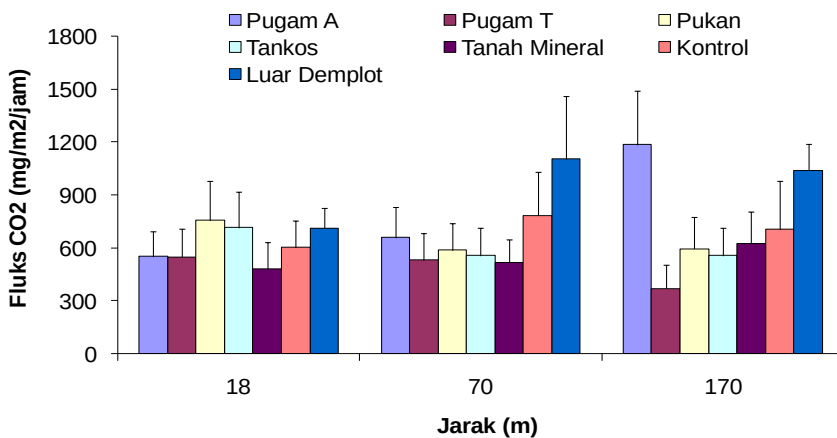
Gambar 7. Pola fluks CO₂ berdasarkan letak pengamatan (rata-rata hanya dari perlakuan kontrol)

Fluks CO₂ pada lokasi tanaman sela lebih rendah dibandingkan pada titik piringan dan antar tanaman tahunan. Fluks CO₂ tertinggi terdapat pada piringan. Hal ini disebabkan karena respirasi akar di piringan lebih tinggi dibandingkan diantara tanaman tahunan dan di tanaman sela. Selain itu, pemupukan biasanya dilakukan di piringan sehingga aktifitas mikroba di piringan juga lebih tinggi dibandingkan diantara tanaman tahunan dan di tanaman sela. Hal tersebut menyebabkan fluks CO₂ di piringan lebih tinggi seperti yang tertera pada Gambar 8.



Gambar 8. Fluks CO₂ dari berdasarkan letak pengamatan

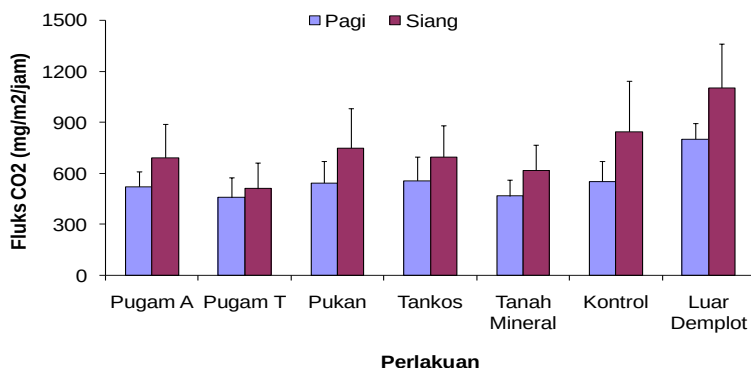
Berdasarkan perlakuan vs jarak dari kanal



Gambar 9. Fluks CO₂ berdasarkan perlakuan vs jarak dari kanal

Gambar 9 menunjukkan bahwa dari setiap jarak yang berbeda pengaruh pemberian amelioran hampir sama. Kecuali pada perlakuan pugam A pada jarak 170 m menunjukkan nilai fluks yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini diduga pada titik pengamatan tersebut terdapat bahan atau material yang dapat memicu pembentukan gas CO₂ yang berlebihan (untuk pembahasan selanjutnya nilai fluks CO₂ pada perlakuan pugam pada jarak 170 m tidak digunakan).

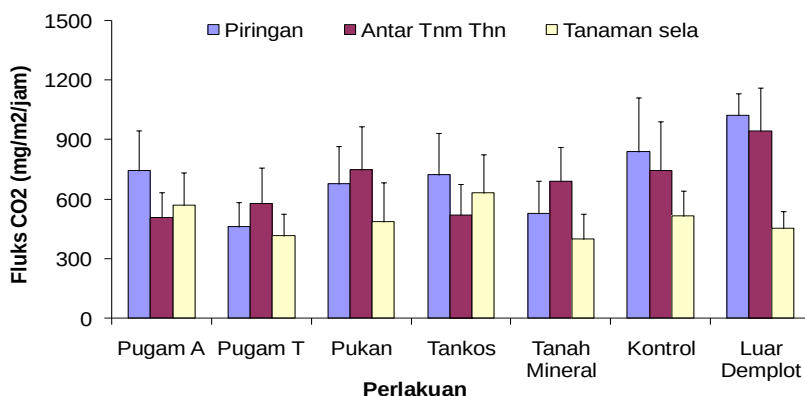
Berdasarkan perlakuan vs waktu sampling



Gambar 10. Fluks CO₂ berdasarkan perlakuan vs waktu sampling

Gambar 10 menunjukkan bahwa fluks CO₂ siang hari lebih tinggi daripada pagi hari. Seperti sudah dijelaskan sebelumnya bahwa temperatur udara sangat mempengaruhi pembentukan gas CO₂ di lahan gambut. Peningkatan emisi CO₂ pada siang hari disamping peranan dari mikroorganisme aerobik, juga disebabkan karena suhu pada siang hari lebih tinggi dibandingkan suhu pada pagi hari sehingga proses dekomposisi gambut pun menjadi lebih tinggi.

Berdasarkan perlakuan vs letak sampling

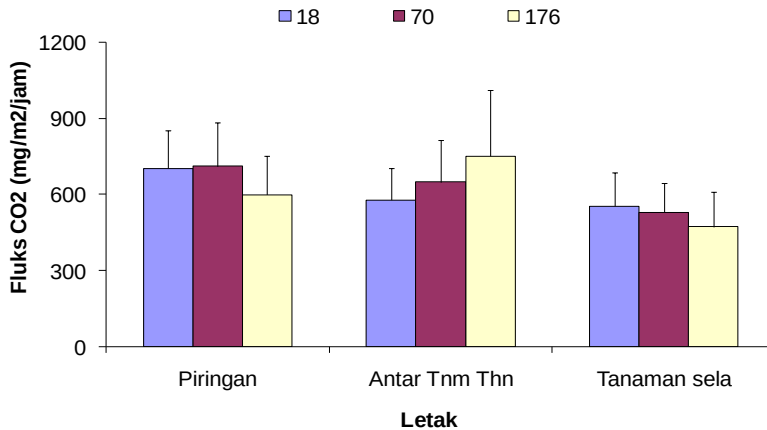


Gambar 11. Fluks CO₂ berdasarkan perlakuan vs letak sampling

Fluks CO₂ pada berbagai letak pengamatan menunjukkan variasi antar perlakuan, tidak ada konsistensi nilai fluks CO₂ dari masing-masing perlakuan dengan letak yang sama (Gambar 11). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk memberikan pengaruh yang berbeda pada setiap lokasi pengamatan.

Berdasarkan jarak dari kanal vs letak sampling

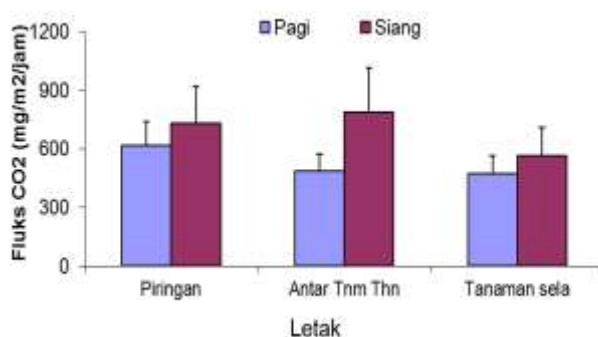
Pengaruh kombinasi antara jarak dari kanal dengan letak terhadap flux CO₂ disajikan pada Gambar 12. Gambar tersebut menunjukkan bahwa ada pengaruh antara jarak dari kanal dengan letak pengambilan contoh GRK terutama di piringan dan tanaman sela.



Gambar 12. Fluks CO₂ berdasarkan jarak vs letak sampling

Berdasarkan waktu vs letak sampling

Pengaruh kombinasi antara waktu dengan letak sampling terhadap flux CO₂ disajikan pada Gambar 13. Gambar tersebut menunjukkan bahwa ada pengaruh kombinasi antara jarak dari kanal dengan letak pengambilan contoh GRK terutama di piringan dan tanaman sela.

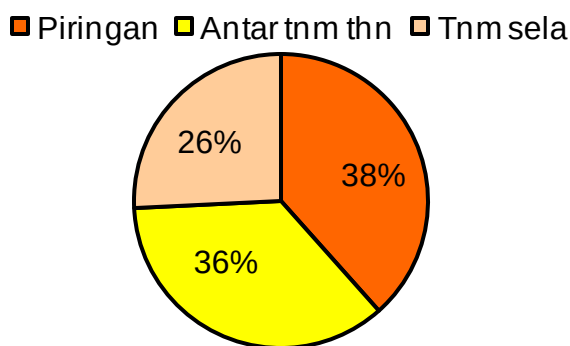


Gambar 13. Fluks CO₂ berdasarkan waktu vs letak sampling

Emisi CO₂ dan Potensi Penurunannya dengan Penambahan Amelioran

Persentase emisi berdasarkan letak pengamatan

Gambar 14 menunjukkan persentase emisi gas CO₂ pada perkebunan sawit tanpa diberi perlakuan amelioran (kontrol). Pada titik tanaman sela emisi gas CO₂ lebih rendah dibandingkan dari titik pengamatan piringan dan antara tanaman kelapa sawit. Emisi CO₂ di bawah naungan sangat di pengaruhi oleh adanya respirasi akar pada kelapa sawit dan aktivitas metabolisme dari mikroorganisme di daerah perakaran. Fenomena tersebut menyebabkan emisi CO₂ lebih banyak pada daerah di bawah naungan. Data lain juga menunjukkan bahwa jumlah CO₂ yang dihasilkan oleh akar akan lebih besar bila ada akar hidup pada tanah yang semakin dalam. Selain itu, akan ada peningkatan jumlah mikroorganisme tanah yang memanfaatkan eksudat akar sehingga meningkatkan proses respirasi akar (Melling *et al.* 2005 dalam Yuniastuti, 2011).



Gambar 14. Persentase emisi berdasarkan letak sampling

Total emisi CO₂ dari Berbagai PerlakuanTabel 1. Total emisi CO₂ dan penurunannya dari berbagai perlakuan amelioran

Perlakuan	Emisi CO ₂ (t ha ⁻¹ tahun ⁻¹)	SD	CV (%)	% Penurunan
Pugam A	49.3	10.3	20.8	-17.4
Pugam T	51.0	13.5	26.4	-14.5
Pukan	54.1	13.1	24.2	-9.4
Tankos	48.7	12.6	25.9	-18.4
Tanah Mineral	46.5	10.7	23.0	-22.1
Kontrol	59.7	15.6	26.1	
Luar Demplo	82.1	17.3	21.1	

Total emisi gas CO₂ terendah diberikan oleh perlakuan tanah mineral yaitu sebesar 46,5 t ha⁻¹ tahun⁻¹, disusul perlakuan tandan kosong, pugam A, pugam T, pupuk kandang dan kontrol yaitu sebesar berturut-turut 48,7; 49,3; 51; 54,1 dan 59,7 t ha⁻¹ tahun⁻¹. Pemberian Tanah Mineral dapat menekan emisi gas CO₂ tertinggi yaitu sebesar 22,1%, sedangkan pupuk kandang menekan emisi gas CO₂ terendah yaitu sebesar 9,4% (Tabel 1). Pugam mengandung unsur hara P, Ca dan Mg. Selain itu pugam juga kaya dengan kation polivalen dan unsur mikro yang sangat diperlukan untuk menetralkan asam organik beracun (Subiksa, 2010).

Persentase Penurunan CO₂ pada PiringanTabel 2. Emisi CO₂ dan penurunannya dari berbagai perlakuan amelioran berdasarkan letak piringan

Perlakuan	Emisi CO ₂ piringan (t ha ⁻¹ tahun ⁻¹)	SD	CV (%)	% Penurunan
Pugam A	9.8	2.7	27.3	-7.1
Pugam T	6.0	1.6	26.5	-42.8
Pukan	11.2	3.4	30.1	6.9
Tankos	11.5	3.1	27.3	9.6
Tanah Mineral	5.8	2.1	35.5	-44.7
Kontrol	10.5	3.7	35.0	
Luar Demplo	13.4	1.5	11.1	

Piringan merupakan area di sekeliling seluas tajuk tanaman kelapa sawit, pada area ini diberikan perlakuan pemupukan. Pemberian Tanah Mineral, Pugam T dan Pugam A bisa menurunkan emisi gas CO₂ masing-masing sebesar 44,7; 42,8 dan 7,1% dengan nilai total emisi gas CO₂ masing-masing 5,8; 6,0 dan 9,8 t/ha/tahun. Sebaliknya terjadi kenaikan emisi pada piringan yang diberi perlakuan pupuk kandang dan tandan kosong dengan nilai kenaikan masing-masing sebesar 6,9 dan 9,6% dengan nilai total emisi gas

CO₂ masing-masing sebesar 11,2 dan 11,5 t ha⁻¹ tahun⁻¹ (Tabel 2). Pemberian pupuk kandang dan tandan kosong dimungkinkan akan mempengaruhi respirasi akar pada kelapa sawit dan aktivitas metabolisme dari mikroorganisme di dekat daerah perakaran sehingga akan menghasilkan emisi gas CO₂ yang lebih tinggi.

Persentase Penurunan CO₂ pada Tanaman Sela

Pemberian perlakuan selain pada piringan tanaman kelapa sawit juga diberikan pada tanaman sela. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk pada tanaman sela yang dapat menekan emisi gas CO₂ adalah perlakuan tanah mineral dan pugam T dengan penurunan masing-masing sebesar 21,3 dan 14,6% dengan nilai emisi gas CO₂ masing-masing sebesar 13,0 dan 14,1 t ha⁻¹ musim⁻¹. Sementara itu, pemberian Pugam A, tandan kosong dan pupuk kandang bisa meningkatkan emisi gas CO₂ pada area tanaman sela dengan nilai kenaikan masing-masing sebesar 5,8; 11,4 dan 12,4% dengan nilai emisi gas CO₂ masing-masing sebesar 17,4; 18,3 dan 18,5 t ha⁻¹ tahun⁻¹ (Tabel 3). Hal ini dimungkinkan pemberian pupuk meningkatkan proses terjadinya dekomposisi gambut sehingga meningkatkan laju emisi gas CO₂.

Tabel 3. Emisi CO₂ dan penurunannya dari berbagai perlakuan amelioran berdasarkan letak tanaman sela

Perlakuan	Emisi CO ₂ tan. Sela (t/ha/tahun)	SD	CV (%)	% Penurunan
Pugam A	17.4	5.1	29.3	5.8
Pugam T	14.1	3.7	26.5	-14.6
Pukan	18.5	6.9	37.1	12.4
Tankos	18.3	7.3	39.8	11.4
Tanah Mineral	13.0	3.7	28.2	-21.3
Kontrol	16.5	4.9	29.7	
Luar Demplot	27.4	8.2	29.7	

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi CO₂ dapat dikurangi dengan pemberian bahan amelioran sekitar 9-22%. Pemberian bahan amelioran berupa tanah mineral menekan emisi gas CO₂ tertinggi yaitu sebesar 22,1%, sedangkan pemberian pupuk kandang menekan emisi gas CO₂ terendah yaitu sebesar 9,4%.

DAFTAR PUSTAKA

IAEA (International Atomic Energy Agency). 1993. Manual on Measurement of Methane and Nitrous Oxide Emission from Agricultural Vienna: IAEA.

- Pusat Penelitian Kelapa Sawit. 2009. CO₂ Emission on Oil Palm Plantation: Field Observation. Paper presented during the Indonesian Palm Oil Conference and Price Outlook 2010. Bali International Convention Center - The Westin Resort, Nusa Dua, Bali 1 - 4 December 2009.
- Subiksa, I G., Made, 2010. Pengembangan Fomula Amelioran dan Pupuk "Pugam" Spesifik Lahan Gambut Diperkaya Bahan Pengkhelat untuk Meningkatkan Serapan Hara dan Produksi Tanaman > 50% dan Menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) >30%.<http://km.ristek.go.id/index.php/klasifikasi/detail/20885>.
- Wahyunto, S. Ritung dan H. Subagjo (2004). Peta Sebaran Lahan Gambut, Luas dan Kandungan Karbon di Kalimantan / Map of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Kalimantan, 2000 – 2002.
- Yuniastuti, P. 2011. Pengaruh Waktu dan Titik Pengukuran Terhadap Emisi Karbon Dioksida dan Metan di Lahan Gambut Kebun Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara IV, Labuhan Batu, Sumatera Utara. Skripsi Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB.

PENGARUH PEMBERIAN BAHAN AMELIORAN TERHADAP FLUKS CO₂ PADA PERTANAMAN KELAPA SAWIT TANAH GAMBUT DI PERKEBUNAN RAKYAT KABUPATEN MUARA JAMBI PROPINSI JAMBI

¹H.L. Susilawati, ²J. Hendri, ¹Dedi Nursyamsi dan ³Prihasto Setyanto

¹Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jl. Jakenan-Jaken Km 5 Pati, Jawa Tengah

²Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi, Jl. Samarinda Paal Lima Kotabaru Jambi

³Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Hidrologi dan Agroklimat, Jl. Tentara Pelajar No. 1 Bogor 16111, Jawa Barat

Abstrak. Lahan gambut di Indonesia pada umumnya telah diusahakan sebagai lahan pertanian oleh penduduk lokal untuk usaha pertanian tanaman pangan, hortikultura dan perkebunan. Upaya pemanfaatan lahan gambut sebagai lahan pertanian masih menimbulkan pro dan kontra karena sifatnya yang rapuh dan sebagai sumber gas rumah kaca (GRK). Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi emisi dan teknologi mitigasi GRK dari lahan gambut yang telah ditanami kelapa sawit di Kabupaten Muara Jambi, Provinsi Jambi. Kegiatan dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan Oktober 2011 di Desa Arang-arang Kecamatan Kumpeh Hulu, Kabupaten Muara Jambi Provinsi Jambi. Lokasi penelitian ditanami kelapa sawit dengan umur 3 tahun dengan jarak tanam 9 x 7 m. Perlakuan amelioran yang diterapkan pugam A, pugam T, kompos tankos, pupuk kandang, tanah mineral dan kontrol. Pengambilan sampel CO₂ dilakukan dengan metode *close chamber close technique*. Sampel GRK diambil pada pagi hari (jam 06.00-08.00) dan siang hari (jam 12.00-14.00). Sungkup yang digunakan berukuran 50x50x30cm. Sungkup diletakan didekat piringan tanaman kelapa sawit. Hasil penelitian diperoleh bahwa emisi CO₂ yang dihasilkan dari tanah gambut yang ditanami kelapa sawit di Desa Arang-arang Kecamatan Kumpeh Hulu sebesar 3,27 ton CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹, dengan penambahan bahan amelioran berupa pugam T, kompos tankos, pupuk kandang dan tanah mineral yang mampu menurunkan emisi CO₂ sebesar 5,7-26,6% sehingga emisi CO₂ yang dihasilkan menjadi 2,40-3,09 ton CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹. Pemberian pugam A meningkatkan emisi GRK sebesar 1,2% menjadi 3,31 ton CO₂ ha⁻¹ tahun⁻¹. Pada umumnya fluks CO₂ yang dihasilkan pada pengambilan siang hari lebih rendah antara 10- 37,7% dibandingkan dengan fluks CO₂ yang dihasilkan pada pagi hari.

Katakunci: Amelioran, gambut, kelapa sawit, GRK

Abstract. In Indonesia, peatlands generally has been cultivated by local residents as the area of crops plantations, horticulture plantations. Extensification of peatland as agricultural land is still cast and doubt. Peat soil is fragile and as a source of greenhouse gas (GHG) emissions. The objectives of this study were to obtain the emission data and information of technology to mitigate GHG emissions from peatlands that have been planted with oil palm plantation in Muara Jambi, Jambi Province. Activities was conducted during in January to October 2011 at Arang-Arang, Kumpeh Hulu, District

Muara Jambi Jambi Province. The sites had been planted with 3 years old of oil palm plantation with a spacing of 9 x 7 m. The treatments were pugam A, pugam T, compost tankos, animal manure, soil minerals and control. CO₂ sampling was done using of close chamber technique. GHG samples were taken in the morning (6:00 a.m. to 8:00 hours) and afternoon (12:00 to 14:00 hours). Chambers size was 50 cm x 50 cm x 30 cm. The chamber was placed near palm oil crops. The result of this study are CO₂ emissions of palm oil plantation at Arang-Arang, Kumpeh Hulu, Muara Jambi, Jambi ia about 3.27 tons CO₂ ha⁻¹ year⁻¹. The addition of a pugam T, tankos, compost, animal manure and mineral soil could reduce CO₂ emissions by 5.7 to 26.6% and CO₂ emissions become 2.40 to 3.09 tons CO₂ ha⁻¹ year⁻¹. A pugam increase GHG emissions by 1.2% to 3.31 tons CO₂ ha⁻¹ year⁻¹. Generally, flux of CO₂ at the afternoon was lower between 10 - 37.7% than flux of CO₂ which was emitted in the morning.

Keywords: Ameliorant, peat, oil palm, GHG

PENDAHULUAN

Keterbatasan lahan produktif akibat alih fungsi lahan produktif ke non produktif memerlukan adanya upaya perluasan lahan pertanian yang mengarah pada lahan-lahan marginal dalam upaya mendukung pemenuhan ketersediaan pangan. Lahan gambut adalah salah satu jenis lahan marjinal yang mempunyai potensi besar dalam upaya ekstensifikasi pertanian karena konflik tata guna lahan relatif kecil dan luasannya yang relatif besar di Indonesia.

Luasan lahan gambut di dunia kurang lebih sekitar 3% dari luas permukaan bumi dan dalam keadaan alami mampu menyimpan 26% C-organik (Smith *et al.* 2004). Lahan gambut di Indonesia seluas 20,10 juta ha atau sekitar 6,45% dari luas lahan gambut di dunia dan mayoritas terdapat di luar pulau Jawa (Neue *et al.* 1997). Di Jambi lahan gambut dapat dibagi menjadi 5 wilayah, yaitu untuk tanaman padi sawah seluas 104.502 ha, nenas seluas 1.750 ha, karet seluas 36.884 ha, kelapa sawit seluas 138.750 ha serta tanaman kelapa/kelapa sawit seluas 77.937 ha (Hidayat dan Ritung 2006). Pemberian bahan amelioran seperti pupuk organik, tanah mineral, zeolit, dolomit, fosfat alam, pupuk kandang, kapur pertanian, abu sekam, purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dapat meningkatkan pH tanah dan basa-basa tanah, meningkatkan C *sequestration* dan mitigasi emisi gas rumah kaca serta peningkatan produktivitas tanah gambut yang berkelanjutan (Subiksa *et al.* 1997; Mario, 2002; Salampak, 1999).

Pada kondisi hutan alami, lahan gambut berfungsi sebagai penyerap karbon sehingga berkontribusi dalam mengurangi gas rumah kaca di atmosfer. Lahan gambut di Indonesia pada umumnya telah diusahakan sebagai lahan pertanian oleh penduduk lokal, bahkan akhir-akhir ini pembukaan lahan gambut meningkat akibat kebutuhan untuk ekstensifikasi usaha pertanian tanaman pangan, hortikultura dan perkebunan. Budidaya

tanaman pertanian akan mengurangi stabilitas dan mempercepat proses dekomposisi sehingga akan memicu peningkatan gas rumah kaca (GRK).

Upaya pemanfaatan lahan gambut sebagai lahan pertanian masih menimbulkan pro dan kontra antar berbagai pihak. Menurut Hooijer *et al.* (2006) untuk setiap 10 cm kedalaman drainase akan menghasilkan emisi CO₂ sebesar 9,1 t ha⁻¹ tahun⁻¹. Perkebunan kelapa sawit mempunyai kedalaman rata-rata 80 cm sehingga akan menghasilkan emisi CO₂ sekitar 73 t ha⁻¹ th⁻¹ atau 1820 t ha⁻¹ per 25 tahun (Agus *et al.* 2007). Konversi hutan menjadi areal perkebunan sawit ini dituding sebagai yang bertanggungjawab akan emisi karbon, perubahan iklim dan hilangnya keanekaragaman hayati.

Tudingan bahwa Indonesia merupakan emitor karbon ke-3 di dunia perlu adanya komitmen yang kuat dalam menangani isu tersebut. Komitmen Indonesia untuk berpartisipasi aktif dalam penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 26% disampaikan oleh presiden Indonesia dalam pertemuan G-20 di Copenhagen. Oleh karena itu perlu adanya upaya dalam menghambat laju pemanasan global salah satunya dengan melakukan inventarisasi emisi CO₂ dan mengkaji teknologi yang mampu menghasilkan emisi yang lebih rendah secara akurat dan ilmiah.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan Oktober 2011 dengan lokasi di Desa Arang-arang Kecamatan Kumpeh Hulu, Kabupaten Muara Jambi Provinsi Jambi. Lokasi percobaan merupakan perkebunan rakyat yang melibatkan 6 petani kooperator dengan luas lahan percobaan 5 ha. Pada luasan tersebut, ketebalan gambut antara 150-300 cm dengan tingkat kematangan saprik. Variasi kedalaman air antara 50-60 cm. pH tanah antara 4-4,5. Lokasi penelitian ditanamani kelapa sawit dengan umur 3 tahun dengan jarak tanam 9 x 7 m sebagai tanaman utama dan tanaman jagung sebagai tanaman sela.

Perlakuan

Masing-masing perlakuan menempati areal seluas 0,5 ha dengan ukuran 50x100 m. Amelioran diberikan dengan cara disebar dipermukaan gambut merata pada tanaman pokok kelapa sawit dan tanaman sela (jagung) dengan takaran sesuai perlakuan. Untuk semua petak, diberikan pupuk dasar urea 135 kg N ha⁻¹, SP-36 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ dan KCl 90 kg K₂O ha⁻¹, kecuali perlakuan pugam A dan pugam T tidak diberikan SP-36. Perlakuan amelioran diulang 3 kali dengan penerapan adalah sebagai berikut:

- 1 = penggunaan pugam A
- 2 = penggunaan pugam T
- 3 = penggunaan kompos tandan kosong kelapa sawit (tankos)
- 4 = penggunaan pupuk kandang
- 5 = penggunaan tanah mineral
- 6 = Kontrol

Pengambilan sampel CO₂

Pengambilan sampel CO₂ dilakukan dengan metode close chamber close technique yang diadopsi dari IAEA(1993). Sampel GRK diambil setiap minggu pada pagi hari (jam 06.00-08.00) dan siang hari (jam 12.00-14.00), masing-masing 8 kali dengan interval 3 menit. Sungkup yang digunakan berukuran 50x50x30 cm pada tanaman sawit. Pengambilan gas dilakukan lokasi perlakuan amelioran yang ditentukan berdasarkan pada jarak dengan sistem drainase terdekat. Pengambilan contoh gas pada setiap ulangan terletak dibawah piringan tanaman kelapa sawit.

Analisis CO₂

Contoh gas dalam jarum suntik 10 ml yang sudah terkumpul kemudian dianalisis konsentrasinya dengan micro GC yang dapat secara langsung dioperasikan di lapang karena GC yang digunakan merupakan GC yang portabel. Micro GC CP-4900 menggunakan detektor TCD (thermal conductivity detector).

Perhitungan fluks CO₂

Perhitungan fluks CO₂ pada setiap perlakuan menggunakan persamaan yang digunakan oleh Lantin *et al.* (1995).

$$E = \frac{Bm}{Vm} \times \frac{\delta Csp}{\delta t} \times \frac{V}{A} \times \frac{273.2}{T + 273.2}$$

Di mana:

- E = emisi CO₂ (mg/m²/hari)
- V = volume sungkup (m³)
- A = luas dasar sungkup (m²)
- T = suhu udara rata-rata di dalam sungkup (°C)
- δCsp/δt = laju perubahan konsentrasi gas CO₂ (ppm/menit)
- Bm = berat molekul gas CO₂ dalam kondisi standar
- Vm = volume gas pada kondisi stp (standard temperature and pressure) yaitu 22.41 liter pada 23°K

Analisis statistik

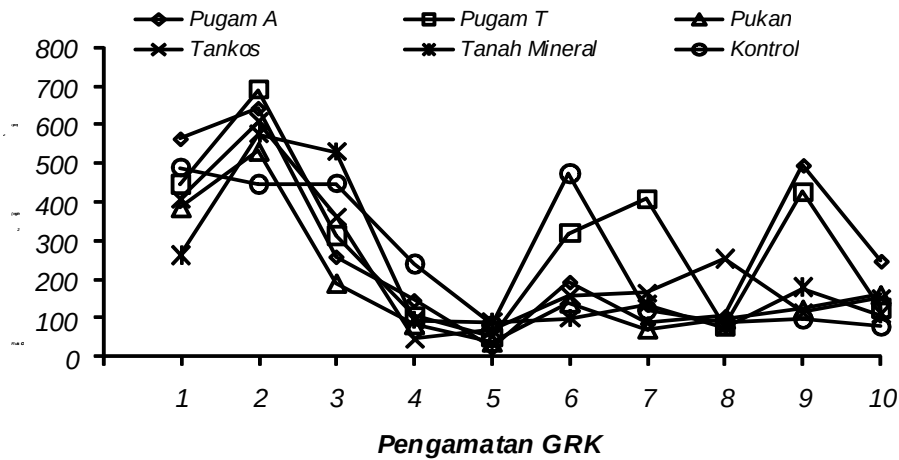
Analisis regresi sederhana dilakukan terhadap peubah bebas (kedalaman air, waktu pengambilan, lokasi pengambilan) dengan peubah tak bebas (fluks CO₂) untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap emisi GRK dari tanah gambut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fluks Harian dan Total Emisi CO₂

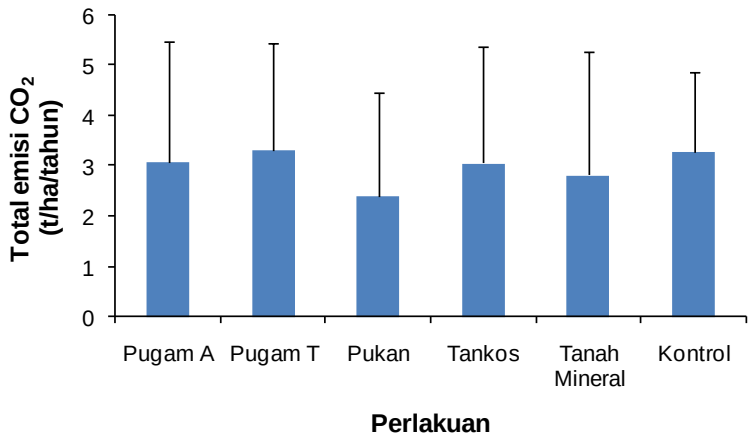
Fluks CO₂ sangat bervariasi pada semua perlakuan dan berkisar antara 46,5-690.1 mg/m²/jam (Gambar 1). Pada awal pengambilan sampel, fluks CO₂ masih terlihat tinggi kemudian menurun pada pengamatan ketiga. Banyak faktor yang mempengaruhi fluks CO₂ di lahan gambut seperti pH tanah, ketersediaan nutrisi, air, suhu tanah dan faktor lingkungan lainnya. Berglund (2011) menyatakan bahwa kedalaman muka air sangat mempengaruhi emisi gas rumah kaca di lahan gambut tetapi variasi karakteristik tanah juga mempengaruhi emisi yang dihasilkan. Pada lokasi pengambilan contoh gas mempunyai kedalaman air antara 50-60 cm. Sedangkan berdasarkan Martikainen *et al.* (1995) dan Kechavarzi *et al.* (2007) fluks CO₂ meningkat tergantung pada ketersediaan oksigen dalam tanah sebagai hasil dari dekomposisi tanah gambut. Oleh karena itu pengelolaan lahan sangat berpengaruh terhadap emisi GRK dari lahan gambut.

Total emisi CO₂ pertahun yang dihasilkan dari tanah gambut disekitar piringan tanaman kelapa sawit dengan perlakuan pemberian terdapat pada Gambar 2. Emisi CO₂ terendah yang dihasilkan dari piringan tanaman berasal dari perlakuan pemberian pupuk kandang sebesar 2,40 t ha⁻¹ th⁻¹ disusul dengan pemberian tanah mineral, tankos, pugam A, control dan pugam T dengan berturut-turut sebesar 2,83; 3,06; 3,09; 3,27 dan 3,31 t/ha/tahun. Emisi CO₂ yang dihasilkan dari pemberian pupuk kandang, tanah mineral, tankos dan pugam A lebih kecil dibandingkan kontrol diduga karena tankos dan pupuk kandang yang berasal dari kotoran ayam mempunyai kandungan lignin dan selulosa tinggi sehingga proses perombakannya perlu waktu yang lama karena lignin dan selulosa merupakan atom karbon yang berantai panjang. Sedangkan pemberian tanah mineral yaitu tanah laterit umumnya mengandung kwarsa, besi, timah, aluminium dan mangan. Kandungan tanah laterit yang kaya akan oksida ini yang menyebabkan tanah laterit mampu menekan emisi CO₂ dari lahan gambut.



Gambar 1. Fluks harian CO₂ dari piringan tanaman kelapa sawit dengan 6 perlakuan amelioransi di tanah gambut

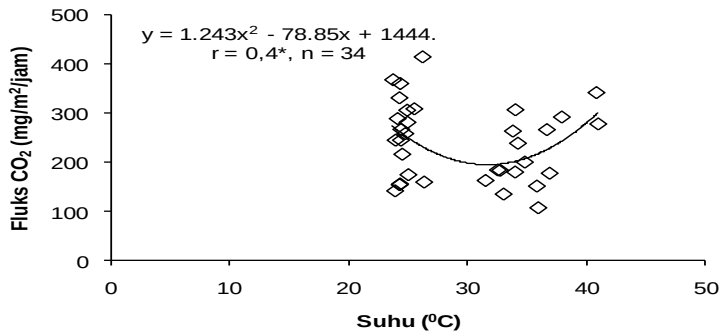
Berdasarkan Subiksa (2010), pugam banyak mengandung hara P, Ca dan Mg serta kation polivalen dan unsur mikro yang sangat diperlukan untuk menetralkan asam organik beracun. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pugam A mampu menekan emisi CO₂ paling tinggi yaitu rata-rata 57%, diikuti pugam T, pugam R dan pugam Q masing-masing sebesar 50%, 45% dan 43%. Akan tetapi di dalam penelitian ini pugam T menghasilkan emisi CO₂ lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol.



Gambar 2. Total emisi CO₂ per tahun dari piringan tanaman kelapa sawit dengan 6 perlakuan ameliorasi

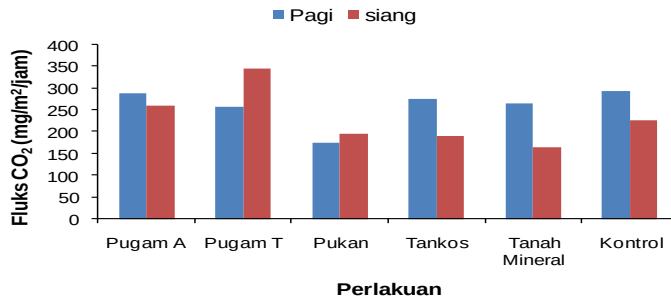
Fluks CO₂ pada Pagi dan Siang Hari

Pengamatan fluks CO₂ yang dilakukan pada pagi dan siang hari disemua perlakuan terlihat pada Gambar 3. Pada umumnya, fluks CO₂ pada pengamatan pagi lebih tinggi daripada fluks CO₂ yang dihasilkan pada siang hari. Fluks rata-rata pada pagi hari antara 175-295 mg m⁻² jam⁻¹, sedangkan fluks CO₂ rata-rata pada siang hari antara 165-345 mg m⁻² jam⁻¹. Akan tetapi pada 2 perlakuan pemberian pugam T dan pukan fluks CO₂ yang dihasilkan pada pagi hari lebih tinggi dibandingkan yang dihasilkan pada siang hari. Fluks CO₂ di piringan pada siang hari lebih rendah dibandingkan pagi hari diduga karena pada pengambilan sampel di piringan dilakukan pada lokasi yang berdekatan dengan tanaman. Pada siang hari tanaman menyerap CO₂ untuk digunakan fotosintesis. Tanaman mempunyai fungsi ekologis di lahan gambut karena tanaman tersebut mampu mengurangi penguapan air yang berlebih dan sebagai penyerap CO₂ dari hasil dekomposisi maupun respirasi akar. Pengaturan sistem perakaran tanaman dapat digunakan untuk mengurangi emisi karbon karena sistem perakaran tanaman dapat digunakan untuk mendistribusikan kembali karbon pada profil tanah permukaan dimana karbon untuk pembentukan CO₂ dapat dikurangi (Houghton *et al.* 1983; Post *et al.* 1990).



Gambar 3. Fluks CO₂ pada pagi dan siang hari dari piringan tanaman kelapa sawit dengan 6 perlakuan ameliorasi

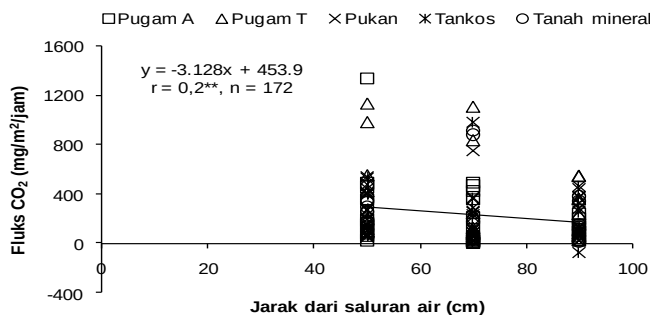
Gambar 4 memperlihatkan adanya hubungan antara suhu tanah dengan fluks CO₂. Pada pagi hari, suhu berkisar antara 23,3-26,2⁰C sedangkan pada siang hari suhu berkisar antara 31,5-40,90C. Fluks CO₂ di piringan pada pagi hari disemua perlakuan berkisar antara 141-415 mg m⁻² jam⁻¹ dan pada siang hari berkisar antara 106-342 mg m⁻² jam⁻¹. Fluks CO₂ terendah dihasilkan pada suhu antara 31-32⁰C. McNerney dan Bolger (2000); Mielnick dan Dugas (2000); Hui dan Luo (2004) menyatakan bahwa terdapat hubungan antara suhu tanah dengan fluks CO₂ akan tetapi fluks CO₂ tertinggi tidak selalu dihasilkan pada suhu maksimum.



Gambar 4. Hubungan antara suhu tanah dengan fluks CO₂ dari piringan tanaman kelapa sawit dengan 6 perlakuan ameliorasi

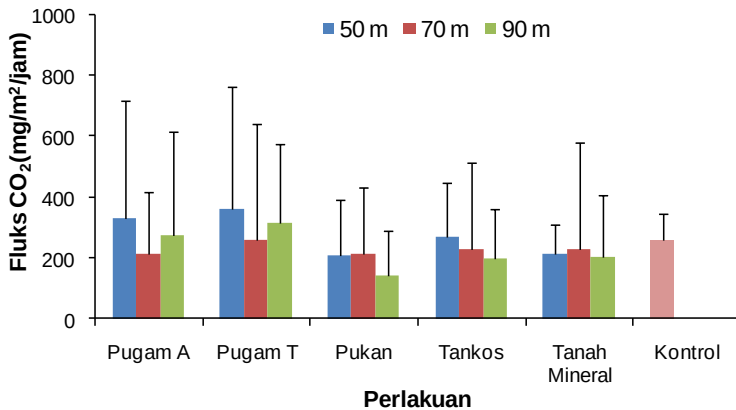
Fluks Harian CO₂ berdasarkan Jarak dari Saluran Air

Lokasi pengambilan contoh gas berdasarkan pada jarak dari saluran air menghasilkan fluks CO₂ yang berbeda. Pada Gambar 5 terlihat bahwa adanya hubungan antara jarak pengambilan contoh gas dengan fluks CO₂. Semakin jauh jarak lokasi pengambilan contoh gas dari saluran air menyebabkan fluks CO₂ yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini dapat disebabkan beberapa hal yaitu tingkat kedalaman air yang mempengaruhi kelembaban tanah dan aerasi. Terdapat kemungkinan bahwa semakin jauh lokasi pengambilan contoh gas dari saluran air akan membuat kedalaman air semakin dangkal. Akan tetapi seharusnya tingkat kedalaman air diukur dan tidak berdasarkan asumsi. Renger *et al.* (2002) menyatakan bahwa emisi CO₂ akan dua kali lipat lebih besar pada kedalaman air 80 cm dibandingkan pada kedalaman 30 cm. Hal ini disebabkan karena adanya tingkat mineralisasi tertinggi pada kedalaman air antara 80-90cm, pada kedalaman 17-60 cm terjadi mineralisasi sebesar 80% dari tingkat mineralisasi maksimum. Akan tetapi Nieveen *et al.* (2005), Aerts dan Ludwig (1997), Maljanen *et al.* (2001) mengemukakan bahwa kedalaman air tidak mempengaruhi emisi CO₂.



Gambar 5. Hubungan antara jarak lokasi pengambilan contoh gas dengan fluks CO₂ dari piringan tanaman kelapa sawit dengan 6 perlakuan ameliorasi

Fluks CO₂ dari berbagai perlakuan amelioran pada jarak pengambilan dari saluran air 50, 70 dan 90 m disajikan pada Gambar 6. Fluks CO₂ rata-rata terendah terdapat pada pengambilan contoh gas dengan jarak 90 cm dari saluran dengan perlakuan pupuk kandang dan tertinggi terdapat pada jarak pengambilan 50 cm dengan perlakuan pugam T. Dengan ini dapat dinyatakan bahwa titik pengamatan 50 m mengemisi paling tinggi diantara 2 titik yang lainnya. Hal tersebut diduga karena semakin pendeknya jarak dari saluran air menyebabkan kondisi tanah gambut yang berada didekat saluran air mempunyai kedalaman air yang lebih dalam dibandingkan titik pengamatan lainnya. Semakin dalamnya air semakin tercipta kondisi aerob yang memungkinkan terbentuknya CO₂. Akan tetapi pengambilan contoh gas pada kontrol tidak dapat dibandingkan karena pengambilan contoh gas dilakukan pada jarak yang sama.



Gambar 6. Fluks CO₂ pada jarak pengambilan contoh gas yang berbeda dari piringan tanaman kelapa sawit dengan 6 perlakuan ameliorasi

KESIMPULANDAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Terdapat hubungan antara fluks CO₂ dengan jarak pengambilan contoh gas dari saluran air dan hubungan antara fluks CO₂ dengan suhu tanah.
2. Fluks CO₂ rata-rata pada pagi hari antara 175-295 mg m⁻² jam⁻¹, sedangkan fluks CO₂ rata-rata pada siang hari antara 165-345 mg m⁻² jam⁻¹.
3. Emisi CO₂ dari piringan tanaman kelapa sawit dengan perlakuan pemberian pupuk kandang sebesar 2,40 t ha⁻¹ th⁻¹ diikuti dengan pemberian tanah mineral, tankos, pugam A, kontrol dan pugam T dengan berturut-turut sebesar 2,83; 3,06; 3,09; 3,27 dan 3,31 t ha⁻¹ tahun⁻¹.

4. Persentase penurunan tertinggi terdapat pada pemberian pemberian pupuk kandang sebesar 26,6% diikuti pemberian tanah mineral, tankos dan pugam A dengan persentase berturut-turut sebesar 13,5%, 6,5% dan 5,7%.

Saran

Perlu adanya pengukuran parameter yang mempengaruhi emisi GRK yang lokasi pengamatannya berdekatan dengan pengambilan sampel GRK dan pengamatannya pada waktu yang bersamaan dengan pengukuran sampel GRK.

DAFTAR PUSTAKA

- Aerts, R., Ludwig, F., 1997. Water-table changes and nutritional status affect trace gas emissions from laboratory columns of peatland soils. *Soil Biology & Biochemistry* 29, 1691-1698.
- Agus F, Suyanto, Wahyunto, and van Noordwijk M. 2007. Reducing emission from peatland deforestation and degradation: Carbon emission and opportunity costs. Paper presented in "International Symposium and Workshop on Tropical Peatland "Carbon – Climate - Human Interaction - Carbon pools, fire, mitigation, restoration, and Wise Use", Yogyakarta, Indonesia, 27-29 August 2007.
- Berglund, O., K. Berglund. 2011. Influence of water table level and soil properties on emissions of greenhouse gases from cultivated peat soil. *Soil Biology & Biochemistry* 43. 923-931
- Hidayat A dan Ritung S., 2007. Potensi dan ketersediaan lahan gambut untuk pengembangan komoditas pertanian unggulan di riau, Sumatera barat dan Jambi. *Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia*
- Hooijer, A., M. Silvius, H. Worsten, and S. Page. 2006. Peat CO₂, Assessment of CO₂ Emission from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943
- Houghton R.A., Hobbie J.E., Melillo J.M., More B., Peterson B.J., Shaver G.R., and Woodwell G.R. 1983. Changes in the carbon content of terrestrial biota and soils between 1860-1980: A net release of CO₂ to the atmosphere. *Ecol Monogr* 53: 235-262
- Hui, D., Luo, Y., 2004. Evaluation of soil CO₂ production and transport in Duke Forest using a process-based modeling approach. *Global Biogeochemistry Cycles* 18.
- IAEA (International Atomic Energy Agency). 1993. Manual on Measurement of Methane and Nitrous Oxide Emission from Agricultural Vienna: IAEA.
- Kechavarzi, C., Dawson, Q., Leeds-Harrison, P.B., SzatyŁowicz, J., Gnatowski, T., 2007. Water-table management in lowland UK peat soils and its potential impact on CO₂ emission. *Soil Use Manage.* 23, 359–367.
- Lantin, R.S. Aduna, J.B. and A.M.J, Javellana. 1995. Methane measurements in rice fields. Instruction manual and methodologies, maintenance and troubleshooting guide. A joint undertaking by: International Rice Research Institute (IRRI), United

- State Environmental Protection Agency (US-EPA) and United Nation Development Program (UNDP).
- Maljanen, M., Martikainen, P.J., Walden, J., Silvola, J., 2001. CO₂ exchange in an organic field growing barley or grass in eastern Finland. *Global Change Biology* 7 (6), 679-692
- Mario, M.D. 2002. Peningkatan Produktivitas dan Stabilitas Tanah Gambut dengan Pemberian Tanah Mineral yang Diperkaya oleh Bahan Berkadar Besi Tinggi. Disertasi Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Martikainen, P.J., Nykänen, H., Alm, J., Silvola, J., 1995. Change in fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide due to forest drainage of mire sites of different trophic. *Plant Soil* 168/169, 571–577.
- McInerney, M., Bolger, T., 2000. Temperature, wetting cycles and soil texture effects on carbon and nitrogen dynamics in stabilized earthworm casts. *Soil Biology and Biochemistry* 32, 335–349.
- Mielnick, P.C., Dugas, W.A., 2000. Soil CO₂ flux in a tallgrass prairie. *Soil Biology and Biochemistry* 32, 221–228.
- Neue, H.U., Wassmann, R., Lantin, R.S., Alberto, M.C.R., Aduna, J.B. and Javellana, A.M. 1996. Factors affecting methane emission from rice fields. *Atmos. Environ* 30: 1751-1754.
- Nieveen, J.P., Campbell, D.I., Schipper, L.A., Blair, I.J., 2005. Carbon exchange of grazed pasture on a drained peat soil. *Global Change Biology* 11 (4), 607-618.
- Post W.M., Peng T.H., Enemuel W.R., King A.W., Dale V.H., and DeAngelis D.L. 1990. The global carbon cycle. *Amsci.* 78: 310-326.
- Renger, M., Wessolek, G., Schwarzel, K., Sauerbrey, R., Siewert, C., 2002. Aspects of peat conservation and water management. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165 (4), 487-493.
- Salampak, 1999. Peningkatan Produktivitas Tanah Gambut yang Disawahkan dengan Pemberian Bahan Amelioran Tanah Mineral Berkadar Besi Tinggi. Disertasi Program Pascasarjana, IPB Bogor
- Smith, L.C., MacDonald, G.M., Velichko, A.A., Beilman, D.W., Borisova, O.K., Frey, K.E., Kremenetski, K.V., Sheng, Y., 2004. Siberian peatlands a net carbon sink and global methane source since the early Holocene. *Science* 303, 353e356
- Subiksa, I G., Made, 2010. Pengembangan Formula Amelioran dan Pupuk "Pugam" Spesifik Lahan Gambut Diperkaya Bahan Pengkelat untuk Meningkatkan Serapan Hara dan Produksi Tanaman > 50% dan Menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) >30%. <http://km.ristek.go.id/index.php/klasifikasi/detail/20885>.
- Subiksa, IGM., K. Nugroho, Sholeh and IPG. Widjaja Adhi. 1997. The effect of ameliorants on the chemical properties and productivity of peat soil. In: Rieley and Page (Eds). Pp:321-326. *Biodiversity and Sustainability of Tropical Peatlands*. Samara Publishing Limited, UK.

I G.M. Subiksa

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar 12, Bogor 16114

Abstrak. Lahan gambut di Indonesia telah banyak dimanfaatkan untuk usaha pertanian yang menguntungkan, baik untuk tanaman pangan, hortikultura maupun perkebunan. Namun disisi lain, pemanfaatan lahan gambut juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan karena menghasilkan emisi karbon yang cukup besar. Upaya mitigasi emisi karbon dari lahan gambut sangat penting, namun upaya adaptasi dengan penerapan teknologi budidaya ramah lingkungan tampaknya menjadi solusi yang lebih bijak. Pugam, pupuk yang khusus diformulasi untuk lahan gambut, telah dicoba dalam penelitian demonstrasi plot ICCTF yang cukup luas di 4 propinsi yaitu Jambi, Riau, Kalteng dan Kalsel. Pugam-A dan Pugam-T diaplikasikan pada tanaman perkebunan yaitu kelapa sawit dan karet serta tanaman sela tanaman pangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman kelapa sawit menunjukkan perbaikan yang diindikasikan dari parameter pertumbuhan tanaman. Regenerasi pelepah daun kelapa sawit terjadi lebih cepat dengan aplikasi Pugam-A. Tandan buah juga terhindar dari steril, sehingga buah sawit muda (buah pasir) terbentuk cukup banyak, sementara perlakuan kontrol buahnya tidak terbentuk. Pugam yang diaplikasikan pada tanaman sela pangan juga menunjukkan perbaikan pertumbuhan dan hasil jagung. Bahan aktif Pugam yang mengandung kation polivalen diduga berperan mengurangi kelarutan asam-asam fenolat yang menghambat pertumbuhan akar tanaman jagung. Aplikasi Pugam pada piringan dan tanaman sela, menghasilkan emisi GRK yang lebih rendah antara 20 – 30%. Hal ini disebabkan karena Pugam mengandung bahan aktif yang mampu melakukan proses kompleksasi asam-asam organik monomer menjadi senyawa kompleks yang lebih tahan terhadap dekomposisi. Berkurangnya emisi menunjukkan gambut menjadi lebih stabil sehingga lahan gambut bisa dimanfaatkan secara berkelanjutan.

Katakunci: pugam, lahan gambut, emisi karbon, kation polivalen, usahatani berkelanjutan

Abstract. Peat land in Indonesia has been used for profitable farming, both for food crops, horticulture as well as estate crops. On the other hand, the utilization of peat land also has a negative impact to the environment because of it produces substantial carbon emissions. Mitigation of carbon emissions from peat lands is very important, however, adaptation efforts through environmental friendly farming technology seems to be a wise effort. Pugam, a fertilizer specially formulated for peat-land, have been tried in demonstration plots of ICCTF in four provinces of Jambi, Riau, Central Kalimantan and South Kalimantan. Pugam-A and Pugam-T were applied to oil palm and rubber estate crop as well as inter row food crops such as corn and peanut. The results revealed that oil palm showed better growth performance. Leaf frond establishment occurred more rapidly with the application of Pugam-A. Fruit bunches are also likely avoided from the sterile pollens, then oil palm fruit formed normally, meanwhile the control treatment the fruit is

not established. Corn also grows well and it has better yield. Pugam contain polyvalent cations as active ingredient and it's seems to contribute reducing the solubility of phenolic acids, a substance that can inhibit the root establishment. Pugam application on peat soil within the crop circle and inter row crops, resulting in lower GHG emissions until 20-30%. This is because of Pugam contain active ingredients that could promote the formation process of complex compounds that are more resistant to decomposition. The lower carbon emissions on peat will more stable of peat from decomposition then the peat land could be utilized as sustainable farming.

Keywords: *pugam, peat land, carbon emission, polyvalent cations, sustainable farming.*

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki lahan gambut tropis terluas di dunia, yaitu sekitar 14,9 juta ha yang tersebar di Sumatra, Kalimantan, dan Papua. Sebagian dari lahan ini telah dimanfaatkan secara turun temurun untuk usaha pertanian, khususnya karet dan tanaman hortikultura. Pemanfaatan lahan gambut sebagai sumber perekonomian masyarakat adalah keniscayaan. Hasil investigasi menunjukkan bahwa ketergantungan penduduk terhadap lahan gambut seperti di Riau dan Kalimantan Barat sangat tinggi (Subiksa *et al.* 2009).

Laju pemanfaatan lahan gambut untuk komoditas kelapa sawit cenderung semakin meningkat karena komoditas ini menjanjikan keuntungan ekonomi lebih besar dibandingkan komoditas lain. Hal ini kemudian menjadi kontroversi antara pandangan dari aspek ekonomi dan aspek lingkungan. Dari aspek ekonomi, lahan gambut adalah potensi sumberdaya lahan yang dapat dikembangkan untuk pertanian tanaman pangan, hortikultura maupun perkebunan. Sedangkan dari aspek lingkungan, lahan gambut merupakan ekosistem yang memiliki fungsi sangat vital sebagai pengatur hidrologi, iklim global, biodiversity flora dan fauna yang spesifik dan tempat pemijahan dan nursery bagi ikan tertentu (Agus dan Subiksa, 2008).

Kawasan gambut juga merupakan penyimpan cadangan karbon sangat besar. menyatakan bahwa cadangan karbon di lahan gambut Sumatera sekitar 22,3 giga ton (Wahyunto *et al.* 2003), Kalimantan 11,3 Gt (Wahyunto *et al.* 2004) dan Papua sekitar 3,6 Gt (Wahyunto dan Subagjo *et al.* 2007). Oleh karenanya ekosistem ini harus dilindungi dari kerusakan yang berpengaruh besar terhadap lingkungan dan iklim global. Bila terjadi perubahan penggunaan lahan, maka keseimbangan tersebut akan berbalik dan menghasilkan emisi karbon yang besar. Hooijer *et al.* (2006) menunjukkan bahwa laju emisi CO₂ akan meningkat 9,1 t ha⁻¹ setiap penurunan 10 cm permukaan air tanah. Perkebunan kelapa sawit dipercaya memiliki tingkat emisi tertinggi (56 t ha⁻¹ th⁻¹) diantara tanaman perkebunan karena membutuhkan setidaknya 60 cm kedalaman saluran drainase.

Secara inheren, gambut memiliki daya dukung rendah terhadap pertumbuhan tanaman, baik dari aspek fisik, kimia maupun biologi tanahnya. Sifatnya yang masam,

miskin hara serta kandungan asam organik fenolat yang tinggi menyebabkan pertumbuhan tanaman terganggu. Upaya peningkatan daya dukung lahan gambut untuk pertanian telah dilakukan melalui serangkaian penelitian, baik oleh lembaga penelitian maupun perguruan tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengelolaan air, ameliorasi dan pemupukan menjadi kunci peningkatan produktivitas lahan. Selanjutnya rangkuman hasil-hasil penelitian tersebut, diwujudkan menjadi produk amelioran dan pupuk yang khusus diformulasi untuk lahan gambut yang diberi nama Pugam. Dari beberapa seri formula Pugam yang telah diuji di laboratorium, rumah kaca dan skala plot di lapangan, ada 2 formula yang menunjukkan hasil yang konsisten yaitu Pugam A dan Pugam T.

Uji verifikasi teknologi Pugam dilakukan dalam skala demplot yang luas di 4 lokasi yaitu Kalsel, Kalteng, Jambi dan Riau dengan variasi karakteristik gambut dan pola pemanfaatan lahan. Tujuan dari pelaksanaan demplot adalah untuk mengembangkan teknologi pengelolaan lahan gambut dengan produktivitas tinggi dan berkelanjutan serta meningkatkan sequestrasi karbon dan mitigasi emisi gas rumah kaca. Pendekatan utama dalam kegiatan ini adalah adaptasi dan mitigasi secara simultan.

Pugam adalah salah satu teknologi pengelolaan lahan unggulan lahan gambut yang mensinergikan proses adaptasi dan mitigasi dalam satu produk inovatif. Selain meningkatkan produktivitas lahan, Pugam diharapkan mampu meminimalkan emisi karbon. Pugam A dan Pugam T adalah amelioran kaya dengan kation polivalen yang khusus diformulasi untuk meningkatkan stabilitas gambut dan efisiensi pemupukan. Pugam juga diperkaya dengan unsur hara P, sehingga pemupukan dengan sumber P lainnya ditiadakan.

KARAKTERISTIK PUGAM

Pugam adalah pupuk dan pembenah tanah yang khusus diformulasi untuk lahan gambut. Pugam terdiri dari beberapa varian formula yang telah diteliti efektivitasnya dalam memperbaiki kondisi lahan gambut dan kemampuannya dalam mereduksi emisi gas rumah kaca. Pugam dibuat dalam bentuk granul dengan ukuran diameter granul 1 – 3 mm. Bentuk granul akan memudahkan pengguna untuk aplikasi di lapangan. Pugam A berwarna kelabu, dengan kadar air relatif konstan karena tidak higroskopis. Pugam T berwarna merah kekuningan dan agak higroskopis sehingga kadar airnya akan sedikit meningkat bila disimpan tanpa pembungkus yang baik. Pugam juga mengandung hara sekunder Ca dan Mg dalam jumlah cukup signifikan masing-masing 28,7% dan 28,20% CaO dan 8,16% dan 5,26% MgO. Pugam A mengandung Si yang tinggi sedangkan Pugam T rendah. Selain hara makro, formula Pugam juga mengandung unsur hara mikro seperti Fe, Cu dan Zn, serta kation polivalen lainnya yaitu Al dalam jumlah yang cukup besar.

PERAN PUGAM DALAM SISTEM PERTANIAN BERKELANJUTAN

Pugam Sebagai Amelioran

Kendala utama yang dihadapi adalah reaksi tanah yang sangat masam karena akumulasi asam-asam fenolat yang beracun bagi tanaman. Purwanto *et al.* (2005) dalam Purwanto (2011) menunjukkan bahwa proporsi karbon aromatik gambut tropis mencapai 32,3% - 49,8%. Proses degradasi senyawa ini akan menghasilkan asam-asam organik golongan fenolat yang bisa menghambat perkembangan akar tanaman, sehingga produktivitas tanaman rendah.

Pugam sebagai amelioran sangat efektif menekan kelarutan asam-asam fenolat. Hal ini disebabkan karena Pugam mengandung bahan aktif kation polivalen seperti Fe, Al, Cu dan Zn yang mampu mengikat asam-asam fenolat monomer menjadi senyawa kompleks khelat yang tidak beracun (Stevenson, 1994; Rachim, 1995; Saragih, 1996; Sabiham *et al.* 1997). Kation polivalen cenderung membentuk ikatan polidentat yaitu menempati 2 atau lebih tapak jerapan dalam satu senyawa organik pada gugus fungsional karboksil, hidroksil dan karbonil. Kation Fe dan Al mampu menumbuhkan muatan positif yang mampu mengikat hara fosfat agar tidak hilang tercuci. Pugam bersifat basa dan mengandung kation Ca dan Mg yang tinggi sehingga bila diaplikasikan pada tanah gambut yang masam akan mengurangi tingkat kemasamannya.

Pugam Sebagai Pupuk

Pugam mengandung unsur hara penting yaitu P, Ca, Mg, Si, dan unsur mikro (Fe, Mn, Cu, Zn dan B) cukup signifikan. Status hara lahan gambut yang sangat rendah, sangat membutuhkan suplai hara dari luar melalui pemupukan. Pugam bisa digolongkan sebagai pupuk fosfat lepas lambat yang sangat cocok untuk lahan gambut yang tapak jerapannya sangat sedikit bermuatan positif. Pemberian Pugam bisa menambah tapak jerapan positif yang baru dari kation polivalen, khususnya Fe dan Al. Kandungan Ca dan Mg akan memperkaya basa-basa yang diperlukan oleh tanaman dan stabilisasi tanah gambut. Silikat (Si) sangat diperlukan karena secara inheren lahan gambut miskin silikat. Silikat penting untuk memperkuat batang tanaman agar tidak mudah diserang hama dan penyakit (Ma dan Takahashi, 2002). Kandungan unsur mikro dalam Pugam, sudah cukup memenuhi kebutuhan unsur mikro tanaman pada lahan gambut dengan tingkat defisiensi ringan sampai sedang.

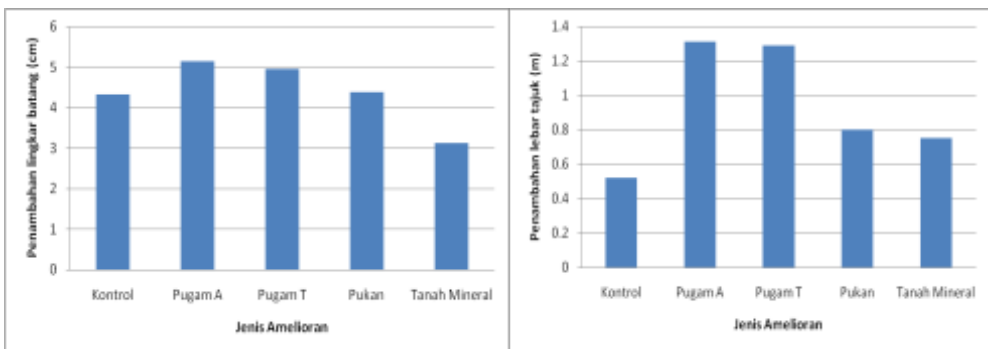
PUGAM SEBAGAI PENEKAN EMISI GRK

Besarnya emisi karbon ditentukan oleh sistem pengelolaan dan komoditas pertanian yang dikembangkan. Hooijer *et al.* (2006) menunjukkan bahwa laju emisi CO₂ akan meningkat 9,1 t ha⁻¹ setiap penurunan 10 cm permukaan air tanah. Perkebunan kelapa sawit dipercaya memiliki tingkat emisi tertinggi (56 t ha⁻¹ th⁻¹) diantara tanaman perkebunan karena membutuhkan setidaknya 60 cm kedalaman saluran drainase. Sebaliknya sistem sawah dengan drainase minimal, akan menghasilkan emisi yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman kelapa sawit.

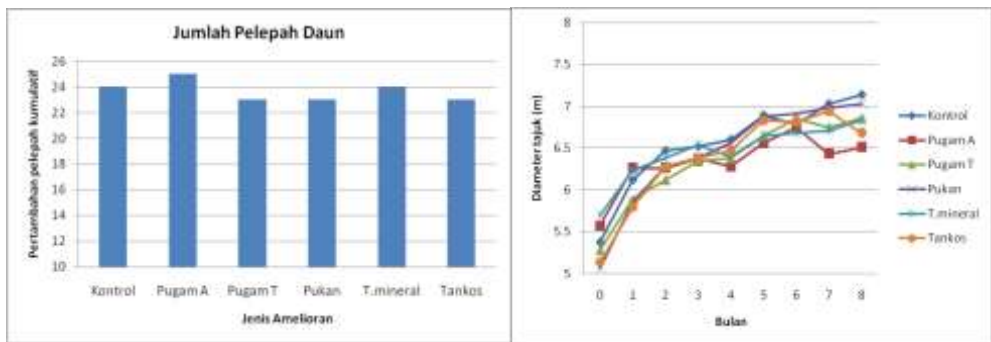
Pugam berperan mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) melalui proses kompleksasi asam-asam organik, baik alifatik maupun aromatik. Sebagian besar emisi karbon berasal dari gugus C alifatik karena hancurnya ikatan karbon oleh aktivitas mikroba menghasilkan gas CO₂ dan CH₄. Bahan aktif pugam adalah kation polivalen yaitu Fe, Al, Cu dan Zn yang bisa membentuk ikatan koordinasi dengan ligan organik. Kation polivalen akan menjadi inti koordinasi dan mengikat beberapa asam organik monomer membentuk senyawa kompleks.

HASIL DEMPLOT PEMANFAATAN PUGAM

Pugam sebagai amelioran dan sebagai pupuk, berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman karet di lokasi demplot desa Jabiren Kalimantan Tengah. Penambahan kumulatif lingkaran batang dan lebar tajuk tanaman karet meningkat lebih cepat bila menggunakan Pugam A dan Pugam T dibandingkan dengan menggunakan amelioran pupuk kandang dan tanah mineral. Pemberian Pugam, selain dosisnya lebih rendah dibanding amelioran lain, juga tidak perlu menambahkan pupuk fosfat. Karena bentuknya granul, pugam bisa diaplikasikan lebih mudah.



Gambar 1. Penambahan kumulatif lingkaran batang (kiri) dan lebar tajuk (kanan) tanaman karet selama 6 bulan di desa Jabiren Kalimantan Tengah.



Gambar 2. Penambahan kumulatif pelepah daun dan perkembangan diameter tajuk kelapa sawit selama 8 bulan.

Di lokasi demplot Jambi, tanaman kelapa sawit juga menunjukkan respon yang baik terhadap pemberian Pugam. Jumlah kumulatif penambahan jumlah daun selama 7 bulan menunjukkan bahwa pemberian amelioran Pugam-A dan Pukan menunjukkan penambahan jumlah pelepah kumulatif tertinggi yaitu masing-masing sebanyak 22 pelepah dan 19,75 pelepah dalam 7 bulan atau sekitar 3 pelepah daun keluar tiap bulannya (Tabel 1). Dibandingkan dengan perlakuan kontrol, pelepah kelapa sawit meningkat 40.75% pada perlakuan Pugam A. Sedangkan kompos tankos dan tanah mineral menunjukkan angka terendah, bahkan lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Tren yang sama juga diamati pada parameter jumlah tandan buah. Meskipun tandan buah bisa berkembang dengan baik, namun tandan buah pada perlakuan kontrol tidak berhasil membentuk buah. Ada indikasi bahwa polen bunga jantan steril yang terkait dengan defisiensi unsur mikro, khususnya Cu dan Zn. Dengan ameliorasi menggunakan Pugam dan amelioran lain, kendala tersebut bisa dikurangi sehingga penyerbukan oleh bunga jantan lebih berhasil dan tandan buah berhasil dipanen. Secara kumulatif perlakuan ameliorasi menggunakan Pugam-A menghasilkan tandan buah segar (TBS) tertinggi dibandingkan perlakuan amelioran lainnya.

Tabel 1. Pengaruh Pugam dan amelioran lain terhadap beberapa parameter tanaman kelapa sawit selama 7 bulan berturut-turut

Perlakuan	Penambahan pelepah daun kumulatif	Penambahan lebar tajuk kanopi (cm)	Jumlah tandan buah	Tandan buah yang dipanen (kg)
Kontrol	15,63	62,4	5,54	0
Pugam A	22,00	61,5	8,82	25,31
Pugam T	16,50	89,8	7,34	23,60
Pukan	19,75	84,4	5,41	23,73
Tankos	11,00	77,5	7,15	22,15

Sumber: ICCTF, 2011a

Pengaruh Pugam terhadap Tanaman Sela

Di lokasi demplot desa Jabiren Kalteng, tanaman jagung yang ditanam sebagai tanaman sela pertumbuhannya tidak optimal karena kondisi naungan tanaman pokok. Di antara perlakuan amelioran, Pugam A, Pugam T dan Pukan masih bisa menunjukkan penampilan yang lebih baik dibandingkan kontrol dan tanah mineral. Dengan amelioran Pugam tanaman jagung masih mampu menghasilkan biji walaupun sangat rendah. Sedangkan perlakuan kontrol dan tanah mineral tidak berhasil membentuk tongkol.

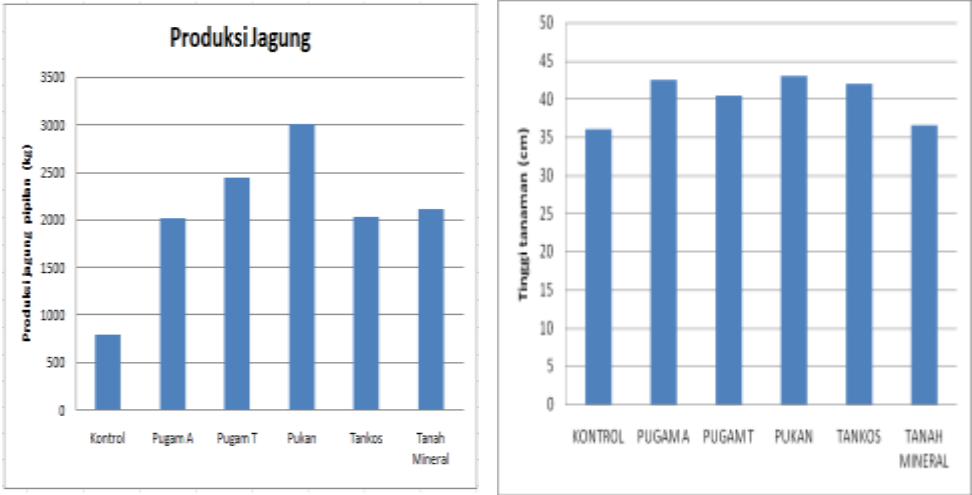
Di lokasi demplot Kalimantan Selatan menunjukkan bahwa tanaman padi sawah di tabukan memberikan respon yang baik terhadap pemberian amelioran. Selain Pukan, pemberian amelioran Pugam A maupun Pugam T mampu meningkatkan hasil padi sawah varietas Inpara 3 lebih tinggi dibanding dengan abu sekam dan tanah mineral. Hasil panen total biomassa dan gabah kering giling varietas Inpara 3 pada MT II juga diperoleh pada perlakuan pemberian amelioran pupuk kandang ayam seperti halnya pada MT I dengan varietas Inpara 4.

Di lokasi demplot Jambi menunjukkan bahwa tanaman jagung varietas Sukmaraga ditanam sebagai tanaman sela diantara tanaman kelapa sawit, menunjukkan perbaikan pertumbuhan yang signifikan dengan pemberian Pugam. Sejalan dengan pertumbuhannya yang meningkat hasil jagung ubinan juga meningkat cukup signifikan. Hasil pipilan jagung kering dari perlakuan Pukan dan Pugam-T masing-masing adalah 3.006 kg/ha dan 2.444 kg/ha, atau meningkat sebesar 281% dan 210% dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa amelioran berperan sangat penting dalam memperbaiki kondisi lahan sehingga perakaran tanaman bisa berkembang lebih baik. Kacang tanah yang ditanam setelah tanaman jagung masih menunjukkan residu amelioran sebelumnya.

Tabel 2. Pengaruh pemberian amelioran terhadap komponen hasil padi sawah

Perlakuan	MT-1 (Inpara-4)		MT-2 (Inpara-3)	
	Jumlah malai per rumpun	Bobot gabah (t GKG / ha)	Jumlah malai per rumpun	Bobot gabah (t GKG/ha)
Kontrol	17,4	1,68	9,6	1,67
Pugam A	16,8	1,90	12,9	2,31
Pugam T	20,0	2,56	13,1	2,50
Pukan Ayam	19,7	3,46	14,6	3,20
Tnh Mineral	18,4	2,50	9,6	1,50
Abu sekam	16,4	3,26	10,4	1,87

Sumber: ICCTF, 2011a



Gambar 3 . Produksi jagung pipilan (kiri) dan tinggi tanaman kacang tanah (kanan)

Tabel 3. Pengaruh perlakuan amelioran terhadap panjang tongkol, diameter tongkol dan hasil jagung pipilan

Perlakuan	Panjang Tongkol (cm)	Diameter Tongkol (cm)	Hasil pipilan jagung (kg/ha)
Kontrol	14,30	3,47	789
Pugam A	14,30	3,67	2.006
Pugam T	15,93	4,23	2.444
Pu Kan	17,99	4,32	3.006
Tankos	15,40	4,13	2.031
Tanah Mineral	13,73	3,75	2.112

Sumber: ICCTF, 2011a

Pengaruh Pugam terhadap Emisi Gas Rumah Kaca

Upaya untuk mengurangi laju emisi CO₂ dari lahan perkebunan di gambut harus dilakukan dengan tindakan multi strata. Proses kebakaran dan dekomposisi menghasilkan kontribusi emisi CO₂ yang tertinggi. Mitigasi laju emisi GRK dapat diupayakan melalui pengendalian muka air tanah, penggunaan amelioran, kebijakan tidak membakar dan kebijakan moratorium pemanfaatan lahan. Keempat upaya tersebut dapat membelokkan turun arah trend laju emisi CO₂ sehingga langkah ini dapat dijadikan sebagai acuan upaya mitigasi emisi GRK.

Tabel 4. Pengaruh Pugam dan amelioran lainnya terhadap emisi CO₂ dan CH₄ pada lahan gambut yang disawahkan di Kalimantan Selatan.

Perlakuan	Gas CO ₂		Gas CH ₄	
	Emisi (t ha ⁻¹ musim ⁻¹)	Penurunan (%)	Emisi (kg ha ⁻¹ musim ⁻¹)	Penurunan (%)
Kontrol	20,6		620,9	
Abu Sekam	18,6	9,4	289,8	53,3
Pukan	14,3	30,4	294,6	52,5
Pugam A	14,4	29,7	300,4	51,6
Pugam T	19,2	6,5	272,7	56,1
Tanah Mineral	15,8	23,2	373,1	39,9

Sumber: ICCTF, 2011b

Hasil pengukuran emisi CO₂ dan CH₄ di lokasi demplot Kalsel menunjukkan bahwa emisi kedua gas rumah kaca ini berkurang cukup signifikan dengan pemberian amelioran. Emisi gas CO₂ menurun 29,7% dengan pemberian Pugam A, sedangkan pemberian Pugam T hanya mampu menurunkan 6,5%. Sebaliknya untuk emisi gas CH₄, Pugam T mampu menurunkan lebih tinggi dibandingkan dengan Pugam A. Persentase penurunan gas CH₄ cukup tinggi yaitu 51,6% untuk Pugam A dan 56,1% untuk Pugam T.

Pengamatan tingkat emisi GRK pada piringan tanaman perkebunan sangat menentukan karena proses dekomposisi gambut di bagian piringan biasanya berjalan lebih cepat karena faktor pengelolaan seperti pemupukan dan aktifitas perakaran yang lebih tinggi. Laporan ICCTF (2011b) menyebutkan tingkat emisi CO₂ di piringan tanaman karet di Kalteng turun sebesar masing-masing 22,3% dan 24% dengan pemberian Pugam A dan Pugam T. Hal ini menunjukkan bahwa proses kompleksasi di area tersebut berjalan dengan baik setelah pemberian Pugam.

Dari hasil demplot di Riau, ICCTF (2011b) menunjukkan bahwa pemberian Pugam T mengurangi emisi sangat signifikan hingga 42,8%, sementara dengan Pugam A hanya menurunkan 7,1%. Amelioran lain seperti tanah mineral juga mampu mengurangi emisi sampai 44,7%, sementara itu pupuk kandang dan kompos tankos justru meningkatkan emisi.

Di lokasi demplot Jambi, dilaporkan bahwa emisi CO₂ di piringan tanaman sawit jauh lebih rendah dibandingkan dengan dua lokasi lainnya yang berkisar 2,4 – 3,9 t ha⁻¹. Semua amelioran kecuali Pukan meningkatkan emisi CO₂ secara signifikan. Kalau dilihat dari karakteristik gambut lapisan atas di Jambi memiliki kadar abu lebih tinggi dibandingkan dengan kadar abu dari 2 lokasi lainnya. Artinya bahwa kandungan mineral gambut di Jambi relatif lebih tinggi sehingga penambahan mineral dari luar tidak berdampak.

Tabel 5. Pengaruh amelioran Pugam dan amelioran lainnya terhadap emisi CO₂ pada piringan tanaman perkebunan di lahan gambut Kalteng, Riau dan Jambi.

Perlakuan	Kalteng		Riau		Jambi	
	Emisi (t ha ⁻¹)	% turun	Emisi (t ha ⁻¹)	% turun	Emisi (t ha ⁻¹)	% turun
Kontrol	7,7	-	10,5	-	2,6	-
Pukan	5,3	30,6	11,2	-6,9	2,4	6,1
Pugam A	6,0	22,3	9,8	7,1	3,6	-41,6
Pugam T	5,8	24,0	6,0	42,8	3,9	-52,0
Tanah Mineral	7,1	8,0	5,8	44,7	2,8	-10,6
Tankos	-	-	11,5	-9,6	3,1	-19,7
Luar Petak	4,7	-	13,4	-	3,4	-

Sumber: ICCTF, 2011b

ICCTF (2011b) melaporkan bahwa tingkat emisi CO₂ di area tanaman sela menunjukkan bahwa trend yang hampir sama dengan di area piringan tanaman tahunan. Di lokasi demplot Kalteng menunjukkan bahwa Pugam A mampu mengurangi emisi cukup besar yaitu 29%. Sementara itu Pugam-T tidak berbeda signifikan dengan perlakuan kontrol. Amelioran lain yang cukup berdampak adalah amelioran tanah mineral. Tingkat emisi di area tanaman sela lebih tinggi dibandingkan pada piringan tanaman pokok. Hal ini terjadi karena proporsi luasan tanaman sela lebih tinggi dibandingkan dengan proporsi piringan tanaman pokok. Di lokasi demplot Riau, Amelioran yang berperan aktif menurunkan emisi adalah Pugam T dan tanah mineral. Di lokasi demplot Jambi, pemberian Pugam A maupun Pugam T justru meningkatkan emisi secara signifikan.

Tabel 6. Pengaruh amelioran Pugam dan amelioran lainnya terhadap emisi CO₂ pada tanaman sela di lahan gambut Kalteng, Riau dan Jambi.

Perlakuan	Kalteng		Riau		Jambi	
	Emisi (t ha ⁻¹)	% turun	Emisi (t ha ⁻¹)	% turun	Emisi (t ha ⁻¹)	% turun
Kontrol	16,2		16,5		5,5	
Pukan	13,9	14,5	18,5	-12,8	4,5	18,4
Pugam A	11,5	29,0	17,4	-5,8	8,0	-45,5
Pugam T	15,7	3,4	14,1	14,6	9,0	-64,7
Tanah Mineral	12,1	25,8	13,0	21,3	4,2	23,0
Tankos			18,3	-11,4	7,2	-30,8
Luar Petak	19,7		27,4			

Sumber: ICCTF, 2011b

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Pugam berperan sebagai amelioran dengan bahan aktif kation polivalen yang mampu melakukan proses kompleksasi asam-asam organik beracun. Proses ini secara tidak langsung akan meningkatkan stabilitas gambut dan mengurangi emisi GRK.

2. Pugam berperan sebagai pupuk fosfat lepas lambat yang diperkaya dengan hara sekunder, silikat dan unsur mikro untuk menanggulangi defisiensi hara dan meningkatkan efisiensi pupuk.
3. Pugam sebagai amelioran dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman karet dan kelapa sawit serta pertumbuhan dan produksi tanaman sela cukup signifikan tanpa memberikan pupuk fosfat tambahan dan diduga mampu mencegah sterilitas polen kelapa sawit,
4. Peran Pugam dalam menekan emisi gas rumah kaca belum konsisten, namun secara umum di beberapa tempat, Pugam dapat menekan laju emisi gas rumah kaca, baik di piringan tanaman tahunan maupun di area tanaman sela. Pengaruh Pugam akan berkurang bila gambut secara inheren sudah kaya mineral seperti di lokasi Jambi.
5. Pemanfaatan Pugam dalam usahatani di lahan gambut adalah bentuk teknologi yang mensinergikan upaya adaptasi dan mitigasi GRK sehingga tujuan ekonomi tercapai namun emisi tetap dapat ditekan seminimal mungkin.
6. Karena gambut memiliki daya sangga kemasaman sangat tinggi, disarankan pengukuran GRK dapat dilakukan dalam waktu yang tepat secara time series untuk mengetahui peran pugam secara detail masa aktifnya.
7. Komposisi asam-asam fenolat sebelum dan sesudah aplikasi pugam sebaiknya dianalisa di laboratorium untuk mengetahui lebih detail peran pugam dalam mengurangi emisi dan meningkatkan produktivitas lahan gambut.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. dan I G.M. Subiksa. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAFT) Bogor, Indonesia.
- Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H. and Page, S. 2006. PEAT-CO₂, Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943 (2006).
- ICCTF, 2011a. Penelitian dan pengembangan teknologi pengelolaan lahan gambut berkelanjutan untuk meningkatkan sequestrasi karbon dan mitigasi gas rumah kaca: Laporan Akhir bidang Agronomi dan Pemupukan.
- ICCTF, 2011b. Penelitian dan pengembangan teknologi pengelolaan lahan gambut berkelanjutan untuk meningkatkan sequestrasi karbon dan mitigasi gas rumah kaca: Laporan Akhir Bidang Emisi Gas Rumah Kaca.
- Ma, Jiang Feng and E. Takahashi, 2002. Soil, Fertilizer and Silicon Research in Japan, 1st Edition. Elsevier Science, Tokyo Japan.

- Mario, M.D. 2002. Peningkatan produktivitas dan stabilitas tanah gambut dengan pemberian tanah mineral yang diperkaya oleh bahan berkadar besi tinggi. Disertasi Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Purwanto, B.H, 2011. Pengelolaan lahan gambut berkelanjutan. Paper disampaikan dalam workshop teknologi mitigasi dan adaptasi perubahan iklim di lahan gambut, Solo 8 Desember 2011.
- Rachim, A. 1995. Penggunaan kation-kation polivalen dalam kaitannya dengan ketersediaan fosfat untuk meningkatkan produksi jagung pada tanah gambut. Disertasi. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Sabiham, S., TB. Prasetyo dan S. Dohong. 1997. Phenolic acid in Indonesian peat. In Rieley and Page (Eds). Pp. 289-292. Biodiversity and Sustainability of Tropical Peat and Peatland. Samara Publishing Ltd. Cardigan. UK.
- Salampak, 1999. Peningkatan produktivitas tanah gambut yang disawahkan dengan pemberian bahan amelioran tanah mineral berkadar besi tinggi. Disertasi Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Saragih, E.S., 1996. Pengendalian asam-asam organik meracun dengan penambatan Fe (III) pada tanah gambut Jambi, Sumatera. Tesis S2, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Stevenson, F.J. 1994. Humus Chemistry. Genesis, Composition, and Reactions. John Wiley and Sons. Inc. New York. 443 p.
- Subiksa, I G.M., Ai Dariah dan F. Agus. 2009. Sistem pengelolaan lahan eksisting di Kalimantan Barat serta implikasinya terhadap siklus kimia tanah gambut dan emisi GRK. Laporan Penelitian Kerjasama Balai Penelitian tanah dengan Kementerian Ristek.
- Subiksa, I G.M., Husein Suganda dan Joko Purnomo. 2009. Pengembangan formula pupuk untuk lahan gambut sebagai penyedia hara dan menekan emisi gas rumah kaca (GRK). Laporan Penelitian Kerja Sama antara Balai Penelitian tanah dengan Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
- Wahyunto, and Subagjo H. 2007. Map of peat land distribution area and carbon content in Papua. Wetland International Indonesia Program and Wildlife Habitat Canada (WHC).
- Wahyunto, Sofyan R., Suparto and Subagjo H. 2004. Map of peat land distribution area and carbon content in Kalimantan. Wetland International Indonesia Program and Wildlife Habitat Canada (WHC).
- Wahyunto, Sofyan R., and Subagjo H., 2003. Map of peat land distribution area and carbon content in Sumatera. Wetland International Indonesia Program and Wildlife Habitat Canada (WHC).

J.B. Baon, R. Hulupi, S. Abdoellah, Yusianto Sugiyono, A. Wibawa, dan Suhartono

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. P.B. Sudirman 90, Jember (jbbaon@gmail.com)

Abstrak. Kopi merupakan tanaman tahunan yang dapat dikembangkan di hampir semua jenis lahan dataran rendah sampai tinggi, termasuk lahan gambut, di lain pihak komoditas ini di samping menunjang perekonomian rakyat, daerah, dan negara juga mampu meningkatkan kualitas lingkungan. Pengelolaan sumberdaya alam di daerah lahan gambut harus dilaksanakan secara bijaksana dan tidak merugikan kelestarian sumberdaya alam. Lahan gambut adalah sumber daya lahan yang berpotensi dimanfaatkan untuk budidaya kopi namun belum optimal digunakan. Beberapa jenis kopi yang berpotensi dan dapat beradaptasi dengan baik di lahan gambut adalah tipe liberoid seperti *Coffea liberica*, *Coffea excelsa*, *Coffea dewevrei*, *Coffea klainii*, dan *Coffea aruwimiensis*. Makalah ini bertujuan untuk menguraikan prospek budidaya dalam upaya mendukung produksi kopi liberoid yang berkelanjutan. Secara tradisional, banyak petani kopi liberoid di Indonesia memiliki pengalaman dalam budidaya kopi jenis ini melalui teknologi sederhana berbasis kearifan lokal yang disesuaikan dengan kondisi alam, tuntutan ekonomi, dan budaya masyarakat setempat. Beberapa teknologi berbasis kearifan lokal dalam pengolahan lahan gambut dan budidaya kopi liberoid sudah dikenal dengan berbagai kendala dalam penerapannya di lapangan, walaupun mereka tidak memiliki sarana produksi yang memadai. Dengan memahami kondisi lingkungannya dan belajar dari pengalaman, petani telah berusaha untuk mengembangkan lahan perkebunan kopi liberoid dengan produktivitas tinggi, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Ulasan ini menyimpulkan bahwa pengembangan budidaya kopi liberoid secara lebih arif dengan memperhatikan kearifan lokal petani kopi dalam mengelola kebunnya secara berkelanjutan dapat dilakukan.

Abstract. Coffee (*Coffea spp.*) is a perennial crop which can be developed in nearly all types of land from lowland until highland, including peatland, on the other hand this commodity may support the economy of public, local and federal government besides improving environmental quality. Management of natural resources in peatland areas must be done in wisdom way without devastating natural resource conservation. Peatland as a land resource which can potentially be used for cultivating is not optimally exploited. Several potential species of coffee which can well adapt to peatland condition are classified as liberoid, such *Coffea liberica*, *Coffea excelsa*, *Coffea dewevrei*, *Coffea klainii*, and *Coffea aruwimiensis*. The objective of this paper is to discuss the prospects of sustainable farming of liberoid coffee in peatland areas. Many liberoid coffee farmers in Indonesia traditionally have many experiences in cultivating this type of coffee by using simple technology based on local wisdom suited with natural condition, economy needs and local community culture. Some technologies based on local wisdom in managing either peatland or liberoid coffee cultivation have been well-known although with some

constraints in field implementation due to limitation in proper production equipment availability. By understanding its environmental condition and learning from their experience, farmers have developed liberoid coffee farms with high productivity, environmental friendly and sustainable. This review concludes that development of liberoid coffee farms with considering local wisdom of coffee farmers can be sustainably practiced.

PENDAHULUAN

Di antara berbagai macam jenis tanaman kopi yang ditemukan di Indonesia, kopi liberoid (*Coffea liberica*) yang di antaranya meliputi kopi liberika dan excelsa tidak termasuk sebagai jenis kopi yang memiliki arti ekonomi penting dalam perdagangan kopi. Kopi liberoid adalah jenis kopi yang berasal dari liberia dan Zaire, Afrika Barat dan ditemukan pertama kali pada tahun 1843 di Liberia. Kopi ini dapat tumbuh sampai setinggi 9 meter dari tanah. Secara taksonomi kopi liberoid yang di antaranya seperti *Coffea liberica*, *Coffea excelsa*, *Coffea dewevrei*, *Coffea klainii*, dan *Coffea aruwimiensis* berpotensi dan dapat beradaptasi dengan baik di lahan gambut. Kopi liberoid ini berbeda genus dengan kopi arabika (*Coffea arabica* L.) maupun kopi robusta (*Coffea canephora*). Namun, kopi jenis ini serupa dengan kopi robusta tergolong sebagai tanaman menyerbuk silang (*self sterile*), sehingga variabilitasnya di lapangan sangat tinggi.

Kopi liberoid semula didatangkan ke Indonesia pada abad ke-19 sebagai pengganti kopi arabika yang hampir musnah karena terserang jamur penyebab penyakit karat daun (*Hemileia vastatrix*). Tanaman kopi jenis ini pada awalnya memang relatif lebih tahan terhadap serangan penyakit tersebut, namun kemudian terserang juga oleh karena meningkatnya virulensi penyakit karat daun. Kemudian didatangkan jenis kopi robusta yang selain tahan penyakit karat daun juga tinggi produktivitasnya. Oleh sebab itulah sampai saat ini kopi robusta masih merajai pertanian kopi di Indonesia, sedangkan kopi liberoid masih banyak ditemukan di lahan dataran rendah termasuk lahan gambut.

Dalam tiga dasawarsa terakhir ini kopi liberoid merupakan salah satu mata dagang di daerah lahan gambut seperti di Jambi dan Kalimantan. Komoditas ini dari tahun ke tahun cenderung memiliki harga jual yang makin baik, sehingga dari hasil penjualan kopi liberoid tersebut berpotensi meningkatkan pendapatan petani khususnya yang berdomisili di lahan gambut.

Luas lahan gambut di Indonesia sekitar 18,47 juta ha yang berpotensi untuk pengembangan kopi liberoid. Namun sebagai jenis kopi yang selama ini oleh perdagangan kopi dunia dianggap kurang memiliki nilai ekonomi karena citarasanya berbeda dengan kopi arabika maupun robusta, maka untuk merekomendasi agar jenis kopi ini menjadi salah satu komoditas yang dapat dikembangkan secara meluas di lahan gambut diperlukan studi secara komprehensif. Dalam hal ini perlu dilakukan observasi sifat keunggulan kopi

liberoid sebagai penghasil kopi bercitarasa khas ataupun sebagai penghasil kafein untuk keperluan farmasi/obat-obatan. Sehingga akan diketahui bahwa kopi liberoid dapat menjadi salah satu komoditas andalan di wilayah berlahan gambut yang berkelanjutan (*sustained*), bukan hanya diperlukan sesaat pada saat ini. Oleh karena itu di samping studi potensi tanaman juga diperlukan studi sosial ekonomi sehingga arah pengembangan ke depan dapat diputuskan berdasarkan hasil kajian yang komprehensif.

Untuk mengetahui sifat-sifat gambut yang berada di pertanaman kopi liberoid dilakukan pengamatan di lapangan dengan berbagai variasi kondisi alam. Makalah ini bertujuan untuk menguraikan prospek budidaya dalam upaya mendukung produksi kopi liberoid yang berkelanjutan. Hasil observasi awal terhadap tanaman kopi liberoid serta hasil uji laboratorium sifat-sifat lahan gambut tempat pengembangan kopi liberoid akan diuraikan dan dihubungkan dengan prospek budidaya dalam upaya mendukung produksi kopi liberoid yang berkelanjutan.

BOTANI KOPI LIBEROID

Sistematika kopi liberoid termasuk dalam spesies *Coffea liberica* Bull. ex Hiern, genus *Coffea*, family *Rubiaceae*, ordo *Rubiales*, subklas *Asteridae*, klas *Magnoliopsida*, divisi *Magnoliophyta*, superdivisi *Spermatophyta*, dan subkingdom *Tracheobionta*. Jenis tanaman kopi ini memiliki karakteristik ukuran daun, cabang, bunga, buah, dan pohon yang lebih besar dibandingkan kopi arabika dan robusta. Tanaman kopi liberoid tumbuh baik di dataran rendah, dapat mencapai ketinggian 3-7 m dengan cabang primer dapat bertahan lebih lama dan dalam satu buku dapat keluar bunga atau buah lebih dari satu kali. Terhadap penyakit karat daun, kopi jenis ini agak peka.

Mengingat bahwa kopi liberoid sebagai tanaman tahunan ditemukan pada hutan dataran rendah di Liberia dan Zaire, sehingga disarankan untuk mengembangkan kopi Liberika pada dataran rendah maksimum ketinggian 600 m dpl. Kopi Liberika memiliki toleransi yang rendah terhadap suhu dingin, sehingga kopi jenis ini umumnya ditemukan pada dataran rendah. Pertumbuhannya kurang baik pada wilayah subtropika, sementara suhu optimumnya sekitar 18-27°C. Kopi liberoid tumbuh di bawah naungan sebagian atau penuh dan membutuhkan air yang cukup dengan drainase yang baik dan menghendaki lingkungan yang lembab. Varietas tanaman kopi liberoid yang unggul dapat diperbanyak dengan cara setek dan sambung, walaupun biasanya varietas kopi ini oleh petani diperbanyak dengan benih. Perawakan tanaman kopi liberoid yang tinggi besar memungkinkan pertanaman ini berpotensi dalam menyimpan cadangan karbon yang besar di lahan sekitar sehingga mampu turut membantu dalam keberlanjutan lingkungan.

Kopi liberoid berbuah sepanjang tahun dengan kualitas buah relatif lebih rendah, ukuran buah tidak seragam, produksi sedang (0,4–0,5 ton/ha/th) dengan rendemen $\pm 12\%$.

Buah dan bijinya berukuran lebih besar berwarna merah atau kuning muda, tetapi memiliki kulit yang keras, ulet dan sulit dikupas yang menghambat penggunaan komersilnya. Kopi liberoid memiliki aroma dan citarasa dan bau yang keras.

KERAGAAN MORFOLOGI KOPI LIBEROID

Hubungannya dengan kondisi fisik dan kimiawi tanah

Identifikasi keragaan kopi liberoid serta tipe gambut dilakukan di beberapa kebun petani yang terletak di tepi parit-parit di beberapa wilayah yang terbagi lagi dalam kelompok parit. Hasil identifikasi lahan gambut di beberapa parit kebun petani contoh adalah sebagai berikut:

Parit Lapis, Kelurahan Mekar Jaya, Kec. Betara

Di lahan contoh ini kedalaman gambut mencapai 30 cm, kedalaman air tanah 50 cm. Lapisan 0–30 cm berupa gambut sedangkan 30–125 cm berupa tanah mineral. Lahan ini merupakan asal mula pengembangan liberoid di wilayah ini. Kopi liberoid di blok ini rata-rata pohonnya rimbun besar, buah berukuran besar sedangkan ujungnya runcing.

Asal mula pengembangan kopi liberoid di parit ini berasal dari pohon milik seorang petani. Kebun yang dikunjungi memiliki kopi liberoid yang teridentifikasi empat macam, yaitu 1) tipe dengan daun lebar dengan buah berukuran besar sedangkan ujungnya runcing serta, 2) tipe daun runcing lurus dengan buah berukuran medium, 3) tipe daun seperti daun pohon nangka dengan buah besar dan oval, 4) tipe daun nangka yang terserang berat penyakit karat daun dengan buah berukuran kecil. Secara umum kondisi kebun cukup baik, produktivitas cukup tinggi sedangkan pengolahan dilakukan dengan sistem olah kering, yaitu buah kopi masak dipecah dengan alat pemecah kulit buah yang rata-rata berukuran tebal, kemudian dijemur sehari-hari sampai 2 minggu. Setelah kulit buah kering dikupas dan kembali dijemur sampai kulit tanduk kering. Kulit tanduk dikupas sesaat sebelum dijual ke pedagang. Rata-rata rendemen kopi liberoid di daerah ini paling tinggi hanya 10%.

Parit Tomo, Kelurahan Mekar Jaya, Kec. Betara

Di lahan contoh ini kedalaman gambut mencapai >125 cm, kedalaman air tanah 80 cm. Kopi liberoid di blok ini rata-rata pohonnya rimbun besar, buah berukuran medium, sedangkan daunnya runcing lurus (lebar daun sempit). Kebun kopi liberoid di sini buahnya besar-besar dengan ujung daun membulat dan tampak serangan penyakit karat daun kopi cukup tinggi dan daun gugur setelah panen akibat serangan penyakit tersebut, serta akibat beban tenaga memikul buah yang lebat.

Kopi liberoid di blok ini rata-rata pohonnya rimbun besar, buah berukuran medium, sedangkan daunnya runcing kurus (lebar daun sempit). Kebun tetangganya memiliki buah-buah yang besar dengan ujung daun membulat dan tampak adanya serangan penyakit karat daun kopi yang cukup tinggi sehingga sebagian besar daun gugur setelah panen akibat serangan penyakit tersebut (lebat-berlebih/*over-bearing*).

Parit Tamping, Kelurahan Mekar Jaya, Kec. Betara

Di lahan contoh ini kedalaman gambut 20 cm, kedalaman air tanah 100 cm. Lapisan 0–20 cm berupa gambut, sedangkan 20–60 cm berupa tanah mineral, 60–125 cm tanah mineral. Tipe tanaman kopi liberoid di lahan ini berdaun besar ujung runcing seperti tipe penciri kopi liberoid. Kebun disini secara umum kondisinya bagus, bersih, dan teratur rapi. Sebagian besar tipe tanamannya cukup beragam, namun rata-rata buah berbentuk oval (tidak bulat seperti kebun lainnya), sedangkan daun berukuran medium. Dengan perawatan kebun yang baik, maka tidak tampak gejala tanaman *over-bearing* akibat serangan penyakit karat daun maupun daun gugur setelah pembuahan lebat.

Pertanaman kopi liberoid di parit ini sebagian besar daunnya berukuran besar ujung runcing seperti tipe penciri kopi Liberika. Rata-rata pohonnya rimbun besar, buah berukuran besar sedangkan ujungnya runcing, sedangkan pertanaman di kebun tetangga daunnya berukuran kecil dan buahnya cukup lebat dan berukuran sedang.

Parit Panglong, Kelurahan Mekar Jaya, Kec. Betara

Secara umum kondisi kebun di parit ini cukup bagus, bersih, dan teratur rapi. Rata-rata buahnya berbentuk oval (tidak bulat seperti kebun lainnya) dan cukup lebat, sedangkan daunnya berukuran medium. Dengan perawatan kebun yang baik, maka tidak tampak gejala tanaman (*lebat berlebih/over-bearing*) akibat serangan penyakit karat daun maupun daun gugur setelah pembuahan lebat.

Parit Sungai Tiram, Kelurahan Mekar Jaya, Kec. Betara

Kopi liberoid di parit ini secara umum kondisinya hampir sama dengan parit lainnya, namun tampak beberapa pohon jika buahnya masak berwarna kuning, ujung daun runcing dan berukuran medium. Tipe pohon ini di beberapa kebun parit lain juga sering dijumpai dan secara umum keragaman tipe kopi liberoid di kebun ini tidak sebanyak di parit Lapis, demikian pula dengan pemeliharaan kebunnya.

Parit Satu Pasar, Desa Serdang Jaya, Kec. Betara

Di lahan ini kedalaman gambutnya mencapai 30 cm. Rata-rata buahnya besar dan letaknya menyebar tidak berdompol dalam ruas teratur, daun medium berbentuk membulat dengan ujung meruncing.

Berdasarkan identifikasi kondisi lahan gambut di 6 lokasi tersebut, meskipun berbeda-beda namun pertumbuhan serta produktivitas masing-masing tipe liberoid tetap tinggi serta unik. Di lokasi survei diambil beberapa contoh tanah gambut dan contoh tanah mineral di bawah gambut untuk dilakukan analisis sifat kimianya di Laboratorium Tanah dan Air – Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Hasil analisis tanah gambut di lokasi kajian diuraikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis kimia tiga contoh tanah gambut berasal dari Jambi.

Terhadap 100 gram contoh kering 105°C														Terhadap 1 kg contoh kering 105°C										pH (1:2,5)		Keterangan
Lengas	Tekstur			C	N	C/N	Ekstrak NH ₄ -OAc. 1 M pH 7							P ₂ O ₅		Ekst. NH ₄ -OAc			Ekst. HCl			H ₂ O	KCl			
	Pasir	Debu	Liat				Na	K	Ca	Mg	Nilai Kation	KTK	KB	Ekst. Olsen	Ekst. Bray I	pH 4,8			Mn	0,1 N						
																SO ₄	Fe	Cl		Total	Cu			Zn		
gram						me						%						mg								
-	-	-	-	57.00	0.85	67	0.46	1.65	3.72	1.65	7.48	74.66	10	-	27	379	0	-	66	1	6	4.0	2.6	Parit Tomo 0 - 30		
-	-	-	-	34.50	0.13	265	0.43	1.98	18.85	3.59	24.85	78.94	31	-	9	588	296	-	35	1	13	4.5	3.7	Parit Panglong 0 - 25		
-	0	32	68	5.07	0.28	18	0.27	1.09	4.49	5.99	11.84	25.63	46	-	5	380	208	-	9	1	7	3.8	3.5	Parit Tamping 20 - 60		

Catatan :

Parit Tomo adalah sebagai wakil gambut yang mempunyai ketebalan > 125 cm.

Parit Panglong adalah sebagai wakil gambut yang mempunyai ketebalan ± 25 cm.

Parit Tamping 20-60 cm adalah sebagai wakil sifat mineral di bawah gambut.

Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diketahui sifat kesuburan tanah gambut di lahan yang diamati adalah kandungan unsur C tinggi, N rendah-tinggi, K sedang-tinggi, Ca rendah-tinggi, Mg tinggi, S sedang, P rendah, Cu rendah, Fe rendah-sedang, Zn sedang, Mn rendah-sedang, pH rendah, KTK tinggi, dan KB rendah-sedang.

Berdasarkan keragaman tanaman yang cukup luas tersebut (keragaman tajuk, daun, dan buah) sebagai tanaman yang bersifat menyerbuk silang, maka pengembangan dengan benih akan menghasilkan keragaman sejumlah benih/biji kopi yang diperbanyak. Dengan demikian selama dilakukan perbanyakan dengan biji maka akan muncul keanekaragaman yang semakin luas. Dengan semakin beragamnya kopi liberoid tersebut akan muncul tipe-tipe baru yang sangat ekstrem yang sebelumnya tidak pernah ada, misalnya seperti

ditemukannya daun keriting tanpa buah dengan ruas sangat pendek. Sehingga apabila dicermati, seluruh populasi kopi liberoid sangat berbeda keragaan morfologinya dengan Exc. BGN 121-09 dan Exc. BGN 121-10 yang dikoleksi Puslitkoka. Apabila diringkaskan, secara garis besar terdapat 5 tipe umum kopi liberoid yang berkembang di wilayah ini, yaitu:

1. Daun lebar ujung tumpul, buah bulat besar, ruas antar dompolan lebar, buah tidak terlalu lebat.
2. Tipe daun besar lebar daun sempit ujung meruncing, buah besar bentuk oval, ruas lebar.
3. Tipe daun seukuran daun nangka, buah bulat kecil lebat dengan ruas sangat pendek
4. Tipe daun sedang ujung runcing, buah oval tidak terlalu besar, jika masak berwarna kuning.
5. Tipe daun berukuran sedang, buah berukuran sedang dengan bentuk diskus menonjol tinggi, dompolan buah rapat, daun gugur setelah berbuah.

Rekomendasi Pemupukan

Berdasarkan hasil analisis tanah tersebut kemudian disusun rekomendasi pemupukan sebagai berikut:

- Jika menggunakan pupuk tunggal adalah: 300 g Urea + 95 g SP-36 + 95 g KCl + 500 g Kapur per phn/sms dan disemprot dengan MnSO_4 0,2%, CuSO_4 0,2%, dan FeSO_4 0,2%.
- Jika menggunakan pupuk majemuk, formulasi yang sesuai adalah : N 25%, P_2O_5 6%, K_2O 10%, MnO 0,3%, CuO 0,3%, dan FeO 0,3% dengan dosis 340 g/phn/sms. Selain pupuk majemuk tersebut masih perlu ditambah kapur dengan dosis 500 g/phn/sms.

Cara pemupukan

Pemberian pupuk yang diaplikasikan lewat tanah dapat diberikan dengan cara sebagai berikut :

1. Membuat alur (parit) melingkar sekeliling pohon dengan jarak sekitar 50 – 75 cm.
2. Pupuk diletakkan secara melingkar pada alur yang telah dibuat.
3. Setelah pupuk diletakkan, alur tersebut ditutup kembali.

Pupuk yang diaplikasikan lewat daun dapat diberikan dengan cara sebagai berikut:

1. Pupuk dilarutkan terlebih dahulu di dalam bak/timba sesuai dengan konsentrasi yang dikehendaki.

2. Setelah larut kemudian dimasukkan dalam tangki alat semprot.
3. Larutan pupuk disemprotkan pada daun terutama pada bagian bawah daun, karena pada daerah tersebut terletak stomata yang dapat menyerap larutan pupuk tersebut.

POTENSI PRODUKSI

Kopi liberoid sebagaimana kopi jenis lain yang tumbuh di daerah Sumatera dan Kalimantan memiliki masa panen hampir merata sepanjang tahun, dengan dua puncak masa setahun. Potensi produksi kopi liberoid dalam hal ini dihitung melalui komponen produksi tanaman per pohon, yaitu jumlah cabang primer produktif per pohon, jumlah dompolan buah per cabang primer, dan jumlah buah per ruas atau dompolan. Dengan menghitung jumlah buah per satu kg, rendemen dianggap 10%, dan populasi pohon per hektar 1.200 pohon, maka berdasarkan nilai buah per pohon dapat dihitung produktivitas per satuan luas per tahun. Identifikasi potensi hasil yang dilakukan di 4 kebun contoh pada bulan Juli 2010 seperti disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Komponen dayahasil pengamatan pada tahun 2010 di Kecamatan Baraka

Contoh Kebun	Σ Cabang primer produktif/pohon	Σ Dompolan buah/cabang	Σ buah/ruas	Nilai Buah	Produktivitas kg buah/phn	Keterangan
A	18	5,8	4,67	488	2,71	Tipe daun besar ujung runcing
B	36	5,43	4,50	880	4,89	Daun berukuran kecil ramping
P. Boimin	21	4,0	8,37	703	3,91	Daun besar ujung lebar
P. Saimin	19	3,8	7,4	534	2,97	Buah berwarna kuning
Rata-rata kg buah/pohon					3,62	
Produktivitas (kg biji kopi beras/ha (untuk populasi 1200 pohon/ha)					781	

Jika produktivitas rata-rata yang dilaporkan selama ini mencapai 800-1.200 kg kopi biji/ha/tahun, sedangkan berdasarkan hasil observasi pada beberapa pohon contoh hanya terhitung rata-rata sebesar 781 kg/ha/tahun untuk populasi 1.200 pohon/ha, hal ini karena merupakan hasil pengamatan bukan pada saat menjelang masa panen raya, sehingga nilai yang terukur nilai terendah.

KARAKTERISASI SIFAT FISIK DAN KIMIWI KOPI LIBEROID

Berdasarkan hasil observasi kandungan kafein, kopi liberoid dari beberapa contoh yang diuji hanya memiliki nilai berkisar 1,12-1,26 (rendah) serupa kopi arabika. Oleh sebab itu pemanfaatan kopi liberoid untuk keperluan farmasi (obat-obatan) dengan kandungan kafein yang rendah tidak dapat dilakukan, dan besar kemungkinan konsumsi biji kopi liberoid oleh konsumen dari Malaysia adalah sebagai bahan minuman penyegar

sebagaimana pemanfaatan kopi arabika atau kopi robusta. Untuk mengidentifikasi citarasa kopi liberoid dipelajari berdasarkan contoh biji kopi yang diperoleh dari populasi pohon milik beberapa petani. Sebagai pembandingan dilakukan uji citarasa bubuk kopi yang dijual oleh salah satu petani setempat. Kadar air biji kopi contoh yang diambil dari lapangan masih cukup tinggi, sehingga perlu pengeringan dengan menjemur biji kopi sampai kadar air 11% terlebih dahulu.

Hasil analisis citarasa bubuk kopi liberoid yang dijual pedagang setempat jika dibandingkan bubuk kopi arabika milik petani kopi di Bali seperti terlihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis mutu seduhan kopi liberoid asal Jambi dengan pembandingan kopi arabika varietas anjuran

Contoh Kopi dari	Aroma	Flavor	Body	Acidity	Sweetness	Bitterness	After taste	Fragrance	Balance	Preference
P. Kadeni	7,1	7,0	7,0	1,0	3,5	4,5	7,0	8,1	6,8	6,8
P. Ishak	7,1	7,1	6,9	1,0	4,0	4,5	7,1	8,2	7,2	7,0
P. Boiran	7,9	8,0	7,0	1,5	5,5	4,5	7,7	7,7	7,6	7,9
P. Sugeng	7,6	7,7	7,1	1,5	5,0	4,5	7,7	7,7	7,5	7,7
P. Saimin	7,5	7,3	7,0	0,5	4,0	5,0	7,7	7,7	7,2	7,2
Bbk arabika kurang baik	6,50	6,50	5,67	6,47	6,67	4,67	3,83	5,70	7,10	6,42
Bbk arabika Aceh	7,92	8,25	7,75	7,83	10,0	-	7,9	8,33	8,33	8,42
Bbk robusta Baik	7,3	7,0	8,4	6,9	7,5	7,3	8,1	7,7	7,9	7,8

Catatan:

Skala komponen rasa: nilai 0 = tidak ada; 1 – 2 = rendah; 3 – 4 = rendah – sedang; 5 – 6 = sedang; 7–8 = sedang – tinggi; 9 – 10 = tinggi,

Skala kesukaan: nilai 0 = tidak mau minum; 1 – 2 = tidak suka; 3 – 4 = agak suka; 5 – 6 : suka; 7–8: suka sekali; 9 – 10 : puas.

Secara umum hasil uji citarasa kopi liberoid menunjukkan hasil baik (*good*), yang apabila dinilai secara abjad (A,B,C,D) nilainya adalah B, meskipun tidak *exellent* seperti citarasa kopi arabika yang aroma/flavornya menonjol dan kopi robusta lebih menonjol *body*-nya. Kopi liberoid memiliki citarasa unik, walaupun memiliki cacat citarasa *grassy* dan *earthy* sebagai dampak pengolahan yang kurang sempurna.

PEMULIAAN PARTISIPATIF KOPI LIBEROID

Dalam rangka peningkatan produksi kopi liberoid dengan memanipulasi tanaman melalui pemanfaatan sumber bahan tanam unggul lokal, maka perlu dilakukan pemuliaan partisipatif dengan empat tahap:

1. Dilakukan pengamatan pada pertanaman produktif minimal di tiga lokasi kebun yang mencerminkan 3 macam kondisi lingkungan berbeda. Kondisi lingkungan meliputi tipe iklim, tinggi tempat penanaman dan jika tipe iklimnya sama maka harus berbeda tingkat kesuburan tanahnya. Tanaman yang diamati terdiri beberapa umur berbuah disertai varietas pembandingan di wilayah tersebut.
2. Pengamatan sifat unggul minimal dilakukan selama dua tahun pembuahan secara berturut-turut meliputi potensi hasil (produksi/phn), ketahanan terhadap hama penyakit utama (penyakit karat daun, nematoda, penggerek buah kopi), mutu fisik, dan mutu seduhan.
3. Pemilihan kebun benih dengan pertanaman generasi awal (bukan keturunannya), memiliki penciri sifat kopi unggul, minimal 6 ha, potensi benih tersedia 6 – 9 ton/tahun, potensi produksi di atas rata-rata. Di samping itu, pemilik kebun dipandang mampu menerapkan manajemen budidaya baku dan mampu memelihara kebunnya secara konsisten dengan kondisi prima dan bersedia diikat perjanjian dengan kerjasama bersama Dinas Perkebunan setempat untuk menyediakan benih sebar secara sinambung kepada masyarakat pekebun di sekitarnya.
4. Data pendukung kopi unggul lokal dikumpulkan meliputi asal-usul klon/varietas kopi liberoid lokal yang diusulkan akan dikembangkan, data identifikasi sifat morfologi dari beberapa kondisi lingkungan berbeda, memenuhi standar BUSS (Beda, Unik, stabil, seragam). Morfologi yang diamati bukan akibat terserang hama-penyakit ataupun gejala defisiensi hara.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kopi liberoid yang berkembang di lahan gambut di Indonesia memiliki keragaman cukup luas, baik dari keragaan tanaman, ukuran, bentuk, dan warna buah, serta ukuran, warna dan bentuk daunnya.
2. Pemilihan pohon induk yang memiliki penciri unggul dalam hal produksi, ketahanan terhadap hama penyakit, dan citarasa baik dan unik perlu dilakukan karena perbanyakan tanaman oleh petani biasanya dilakukan dengan biji (generatif) yang makin meningkatkan keragaman tanaman.
3. Kandungan kafein yang rendah pada kopi liberika, sehingga produk kopi ini berpotensi digunakan untuk konsumen yang menginginkan kopi rendah kafein, namun kurang berpotensi digunakan sebagai sumber kafein untuk keperluan farmasi.
4. Pemilihan pohon induk sumber benih kopi liberoid unggul lokal sebaiknya dilakukan dalam bentuk partisipatif bersama antara pemulia dengan petani maju yang berpengalaman memilih pohon sumber benih.

5. Budidaya kopi liberoid yang berkelanjutan dapat dicapai karena keunggulan kopi ini beradaptasi dengan kondisi lahan gambut dengan citarasanya yang bagus disertai dengan seleksi pohon induk yang dilakukan secara partisipatif dengan petani setempat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Dinas Perkebunan Provinsi Jambi, Provinsi Kalimantan Tengah, dan Kabupaten Tanjung Jabung Barat atas kepercayaan dan kerjasamanya yang baik untuk melaksanakan kegiatan ini. Terima kasih yang sama kami sampaikan kepada Bapak Tri Saksono, Ibu Ir. Eni Kalsum dan kerabat kerja di Kab. Tanjung Jabung Barat atas dedikasinya dalam melaksanakan tugas.

BAHAN BACAAN (PUSTAKA)

- Ditjenbun, (2006). Statistik Perkebunan Indonesia 2003–2006. Kopi. Departemen Pertanian, Direktorat Jenderal Perkebunan, Jakarta 2006.
- Davies, A.P.; R. Govaerts; D. M. Bridson and P. Stoffelen 2006. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). Botanical Journal of the Linnean Society, 152, 465–512
- Hulupi, R. and S. Mawardi, 1995. Pedoman Praktis Teknik Budidaya Kopi Arabika Varietas Kartika 1 dan Kartika 2. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao.
- Kusno-Amidjojo, M. 1996. Daya tahan *Coffea excelsa* F. terhadap serangan nematoda *Pratylenchus coffeae*. Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao.
- Mitchell, H.W. 1989. Cultivation and harvesting of arabica coffee tree. pp. 43-89 In: R.J. Clarke and R. Macrae (Eds), Coffee vol 4. Agronomy, Elsv. Appl. Sci. London.
- Nur, A.M; P. Rahardjo; R. Hulupi, S. Abdoellah, G. Supriyaji, B.O. Mubiyanto, Saidi, S. Wiryadiputra, and C. Ismayadi. 1988. Pedoman Teknis Budidaya Kopi. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Snoeck, J. 1989. Cultivation and harvesting of robusta coffee tree. pp 94-128 In: R.J. Clarke & R. Macrae (Eds), Coffee vol 4. Agronomy. Elsv. Appl. Sci. London.
- Stirling, C.M. and J.R. Witcombe (eds.). (2004). Farmers and Plant Breeders in Partnership. 11th ed. Centre for Arid Zone Studies (CAZS), Univ of Wales, Bangor, Gwynedd LL57 2 UW, UK, Departemen for Intemational Development (DFID), Plant Sciences Research Programme (PSP).
- Van der Vossen, H.A.M. 1985. Coffee, selection and breeding. pp. 46-96. In: M.N. Clifford & K.C. Wilson (Eds.), Coffee, Botany, Biochemistry, and Production of Beans and Beverage. Avi Publ. Co. Inc. Connecticut.
- Wrigley, G. 1988. Coffee. Longman, New York, 639 p.

PERANAN PEMBERIAN BAHAN ORGANIK DAN DOLOMIT TERHADAP EMISI GRK (CO₂ DAN CH₄) DAN NERACA KARBON PADA LAHAN PADI SAWAH DI TANAH GAMBUT KALIMANTAN SELATAN

¹H.L. Susilawati, ²Muhammad Noor, ¹Titi Sopiawati ¹Ali Pramono dan ²Prihasto Setyanto

¹Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jl. Jakenan-Jaken Km 5 Pati, Jawa Tengah

²Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanaman Rawa, Jl. Lok Tabat Banjarbaru, Kalimantan Selatan

Abstrak. Lahan gambut merupakan lahan yang marjinal produktivitasnya, sifat dan perilakunya sangat spesifik dan fragile (mudah rusak). Namun pemanfaatan lahan gambut yang produktif masih dapat ditingkatkan. Salah satu caranya adalah dengan penggunaan bahan amelioran. Penambahan bahan amelioran dapat meningkatkan hasil dan dapat menekan emisi GRK karena berfungsi mempertahankan stabilitas tanah gambut melalui penekanan laju kehilangan karbon dalam bentuk CH₄ dan CO₂. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan data emisi GRK (CO₂ dan CH₄) dan kandungan karbon dari penggunaan bahan amelioran di lahan padi di tanah gambut. Kegiatan dilaksanakan di Landasan Ulin, Banjarbaru, Kalimantan Selatan pada tahun 2010. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan perlakuan tanpa amelioran, dolomit, pupuk kandang, kompos dan kombinasi dolomit-pupuk kandang yang diulang 3 kali. Padi varietas Punggur digunakan sebagai tanaman indikator. Contoh gas diambil dengan menggunakan sungkup yang dioperasikan manual dan dianalisis dengan menggunakan GC yang dilengkapi dengan detector FID untuk analisis CH₄ dan TCD untuk analisis CO₂. Biomasa tanaman padi dan gulma dianalisis kandungan karbonnya dengan menggunakan total C-N analyzer. Emisi CH₄ pada perlakuan tanpa amelioran, kompos, kombinasi pupuk kandang+dolomit, pupuk kandang dan dolomit dengan nilai berturut-turut 766, 762, 438, 350 dan 339 kg/ha/musim. Emisi CO₂ permusim pada perlakuan tanpa amelioran sebesar 2101 kg/ha/musim, dolomit sebesar 2665 kg/ha/musim, kompos sebesar 4692 kg/ha/musim, pupuk kandang 7899 kg/ha/musim dan kombinasi pupuk kandang+dolomit sebesar 8890 kg/ha/musim. Kandungan karbon total tertinggi terdapat pada pemberian dolomit sebesar 2629 kg-C/ha dan diikuti oleh kompos, pupuk kandang, pupuk kandang+dolomit dan tanpa amelioran dengan nilai sebesar 2409, 2289, 2166 dan 1915 kg-C/ha. Neraca karbon terendah pada perlakuan pemberian dolomit, pupuk kandang, pupuk kandang+dolomit, tanpa amelioran dan kompos dengan nilai sebesar 3941, 5908, 7806, 11871 dan 12022 kg-C/ha.

Katakunci: GRK, padi sawah, amelioran, kandungan C pada tanaman, neraca karbon

Abstract. Peatland is land which marginal productivity, properties and behaviors are very specific and fragile. However, productivity of peatlands still can be enhanced. One way to enhance of peat soil productivity is using ameliorant. Amelioration can improve yield and reduce GHG emissions because it maintain the stability of peat soils through suppression

rate of carbon loss in the form of CH_4 and CO_2 . The objective of this study was to get data of GHG emissions (CO_2 and CH_4) and carbon balance of amelioration in paddy rice on peat soils. The study was conducted at Landasan Ulin, Banjarbaru, South Kalimantan in 2010. Experiments used a randomized block design and replicated three times. The treatments are without ameliorant/control, dolomite, animal manure, compost and combination of animal manure + dolomite. Punggur is used as indicator plants. Gas sample was taken by using a manually chambers and analyzed using a GC equipped with FID for analysis of CH_4 and TCD for analysis of CO_2 . Rice straw and weed biomass were analyzed using CN analyzer to measured total carbon content. The result showed that CH_4 emissions of without ameliorant, compost, combination of manure + dolomite, animal manure and dolomite are 766, 762, 438, 350 and 339 $\text{kg ha}^{-1} \text{ season}^{-1}$. CO_2 emissions of without ameliorant is 2101 $\text{kg ha}^{-1} \text{ season}^{-1}$, dolomite is 2665 $\text{kg ha}^{-1} \text{ season}^{-1}$, compost is 4692 $\text{kg ha}^{-1} \text{ season}^{-1}$, animal manure is 7899 $\text{kg ha}^{-1} \text{ season}^{-1}$, and the combination of animal manure+dolomite is 8890 $\text{kg ha}^{-1} \text{ season}^{-1}$. The highest total carbon content was dolomite and the value is 2629 kg-C ha^{-1} and followed by compost, animal manure, combination of animal manure+dolomite, without ameliorant and the value is respectively 2409, 2289, 2166 and 1915 kg-C ha^{-1} . Lowest Carbon budget was dolomite and followed by animal manure, combination of animal manure + dolomite, without ameliorant and compost with a value is respectively 3941, 5908, 7806, 11871 and 12022 kg-C ha^{-1} .

Keywords: greenhouse gas, ameliorant, C content in plants, carbon balance

PENDAHULUAN

Salah satu cara dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan nasional adalah dengan ekstensifikasi lahan pertanian di lahan gambut. Disisi yang lain lahan gambut berperan penting dalam siklus karbon (C) global dan perubahan iklim (Sorenson, 1993). Lahan gambut banyak mengandung sumber - sumber bahan organik sehingga merupakan sumber penghasil emisi gas rumah kaca (GRK). Penggunaan tanah gambut untuk lahan pertanian akan merubah kondisi alamnya. Perubahan tersebut dikhawatirkan dapat meningkatkan emisi GRK. Lahan sawah merupakan salah satu sumber emisi GRK khususnya CH_4 . Emisi CH_4 dari tanah sawah beririgasi umumnya lebih tinggi dibandingkan tanah sawah tadah hujan dan tanah sawah rawa. Selain itu kandungan bahan organik yang tinggi pada tanah gambut menyebabkan dekomposisi gambut berjalan cepat karena pengaruh aktivitas mikroorganisme tanah dan akan melepaskan CO_2 dan CH_4 .

Seiring dengan meningkatnya isu pemanasan global, pertanian memiliki andil yang cukup besar dalam upaya menekan emisi GRK. Selama ini pertanian sawah disinyalir menjadi kontributor emisi GRK dan kontribusinya sebesar 25-40% yang dikaitkan dengan beberapa praktek budidaya (Sombroek dan Gommers, 1996). Dilain pihak, lahan pertanian dapat berfungsi dalam kapasitasnya menyerap karbon karena adanya pertanaman yang dapat digunakan sebagai media terjadinya proses fotosintesis dan sebagai penyerap CO_2 .

Pada umumnya lahan gambut di Indonesia bereaksi masam, memiliki tingkat kesuburan yang rendah, dan miskin unsur hara. Rendahnya kandungan unsur hara tanah

gambut dapat menyebabkan gejala defisiensi bagi tanaman. Agar tanaman yang dibudidayakan dapat menghasilkan produksi tinggi maka tingginya kemasaman tanah dan buruknya kesuburan tanah dapat diatasi dengan cara ameliorasi (Barchia, 2006).

Berdasarkan justifikasi diatas, maka perlu dilakukan pengumpulan data ilmiah dan konsisten untuk melihat potensi emisi dan rosot GRK, serta mencari teknologi mitigasi yang dapat menekan emisi GRK. Tujuan kegiatan ini adalah untuk mendapatkan data emisi GRK (CO₂ dan CH₄) dan kandungan karbon dari penggunaan bahan amelioran di lahan padi di tanah gambut.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakuan pada bulan Maret-Juni 2010 di desa Tegal Arum Kecamatan Landasan Ulin Kabupaten Banjar Provinsi Kalimantan Selatan. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok dengan 4 perlakuan amelioran yaitu tanpa amelioran, dolomit 2 t ha⁻¹, pupuk kandang 2 t ha⁻¹, kompos 2 t ha⁻¹ dan kombinasi dolomit-pupuk kandang yang diulang 4 kali. Varietas padi yang ditanam adalah Batanghari dan ditanam pada usia 21 hari setelah persemaian. Pemupukan tanaman dengan takaran yaitu 120 kg N, 90 kg K dan 60 kg P. Pupuk N dan K diberikan 3 kali yaitu 1/3 bagian saat tanam, 1/3 bagian saat tanaman berumur 21 hari setelah tanam (HST) dan sisanya pada 42 HST. Ukuran plot 5x6 m. Tanaman dipelihara sampai panen.

Fluks gas CH₄ dan CO₂ diambil secara manual pada saat umur tanaman 25, 55 dan 85 HST yang termasuk dalam fase pertumbuhan tanaman. CH₄ dianalisis dengan menggunakan GC yang dilengkapi dengan *Flame Ionisation Detector* (FID), CO₂ dianalisis dengan menggunakan GC (gas kromatografi) yang dilengkapi detektor TCD *thermal conductivity detector* (TCD). Kandungan organik karbon pada biomassa di atas tanah yaitu jerami, gabah dan gulma ditentukan dengan teknik *dichromate oxidation-titration*.

Untuk menghitung emisi gas CH₄/CO₂ tersebut digunakan rumus (IAEA 1993):

$$E = \frac{dc}{dt} \times \frac{Vch}{Ach} \times \frac{mW}{mV} \times \frac{273}{273+T}$$

Dimana:

- | | | |
|-------|---|--|
| E | : | Emisi gas CH ₄ /CO ₂ (mg/m ² /hari) |
| dc/dt | : | Perbedaan konsentrasi CH ₄ /CO ₂ per waktu (ppm/menit) |
| Vch | : | Volume boks (m ³) |
| Ach | : | Luas boks (m ²) |
| mW | : | Berat molekul CH ₄ /CO ₂ (g) |
| mV | : | Volume molekul CH ₄ /CO ₂ (22,41 l) |
| T | : | Temperatur rata-rata selama pengambilan sampel (°C) |

Untuk jumlah contoh gas terbatas maka menggunakan rumus (Setyanto, 2004):

$$E_{CH_4/CO_2} = \frac{(FI + FII + FIII)}{(Ls - N)} \times (H - N) \times \frac{10.000m^2}{1.000.000kg}$$

Di mana:

E_{CH_4/CO_2}	=	estimasi total emisi ($kg\ CH_4\ ha^{-1}$)
FI(0-30), FII(36-65), FIII (66-95)	=	kumulatif fluks CH_4 pada 0-35, 36-65 dan 66-95 hari setelah tanam (HST), contoh: total fluks CH_4/CO_2 (F) pada 65 HST adalah $f_{65} \times (65-36)$; F pada 95 HST= $f_{95} \times (95-66)$; dan F pada 35 HST = $f_{35} \times (35-N)$
N	=	umur bibit (hari)
Ls	=	hari terakhir pengambilan contoh gas CH_4 (dalam persamaan ini adalah 95 HST)
H	=	umur tanaman dari persemaian sampai panen (hari)

(Sumber : Setyanto, 2004)

Untuk menghitung neraca karbon digunakan rumus :

$$\text{Net Karbon (kg-C/ha)} = {}^1\text{Kand C-organik (Kg-C/ha)} - \text{GWP (Kg } CO_2\text{-C/ha)}$$

$${}^1\text{Kand C-Org} = ({}^2\text{C-Orgg} \times {}^3\text{GKG} + ({}^4\text{C-Orga} \times {}^5\text{Ba}) + ({}^6\text{C-Orgj} \times {}^7\text{Bj}) + ({}^8\text{C-Orggu} \times {}^9\text{Bgu})$$

Dimana:

${}^1\text{Kand C-Org}$	=	Kandungan C-organik (Kg-C/ha)
${}^2\text{C-Orgg}$	=	C-organik gabah (%)
${}^3\text{GKG}$	=	GKG KA 14%
${}^4\text{C-Orga}$	=	C-organik akar (%)
${}^5\text{Ba}$	=	berat akar KA 30%
${}^6\text{C-Orgj}$	=	C-organik jerami (%)
${}^7\text{Bj}$	=	berat jerami KA 30%
${}^8\text{C-Orggu}$	=	C-organik gulma (%)
${}^9\text{Bgu}$	=	berat gulma KA 30%

Global warming potensial (GWP) atau yang sering disebut dengan potensi pemanasan global adalah nilai yang digunakan untuk menduga besarnya potensi emisi yang telah dilepaskan oleh suatu sumber. Pendekatan nilai GWP tersebut adalah dengan menyetarakan nilai potensi pemanasan dari masing-masing gas rumah kaca ke nilai emisi karbon (C) dari karbondioksida. Menurut data dari IPCC terbaru (IPCC, 2002), nilai GWP dari CH_4 adalah 23 kali nilai GWP CO_2 dengan asumsi indeks GWP CO_2 adalah 1, sedangkan N_2O setara dengan 293x GWP dari CO_2 .

$$\text{GWP dihitung dengan rumus : } (N_2O-N \times 14/12 \times 293) + (CH_4-C \times 23) + CO_2-C$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fluks harian CH₄ dan CO₂

Pola fluks CH₄ dan CO₂ harian terlihat pada Tabel 1 dan 2. Pengambilan sampel gas CH₄ dan CO₂ pertama (FI) terlihat fluks CH₄ dan CO₂ masih rendah kemudian meningkat tajam pada pengambilan sampel gas kedua (FII) kemudian fluks harian pada pengambilan ketiga (FIII) menurun.

Tabel 1. Fluks harian CH₄ dari setiap perlakuan amelioran selama satu musim tanam

Perlakuan	FI			FII			FIII					
Kontrol	22891	a	±	5801.6	13530	a	±	3365.7	3684	a	±	3952.2
Dolomit	5496	a	±	2887.5	7676	a	±	3805.4	2772	a	±	1680.8
Kompos	24049	a	±	18954.4	13329	a	±	3049.2	4277	a	±	892.9
Pupuk Kandang	17092	a	±	13129.9	5299	a	±	2061.6	2103	a	±	834.6
Pupuk Kandang + dolomit	15855	a	±	13537.8	10822	a	±	2808.2	2623	a	±	153.8

Ket : FI/FII/FIII = fluks harian CH₄/CO₂ pada pengambilan sampel pertama, kedua dan ketiga yang mewakili stadium pertumbuhan tanaman

Tabel 2. Fluks harian CO₂ dari setiap perlakuan amelioran selama satu musim tanam

Perlakuan		F I			F II			F III				
Kontrol	49632	b	±	18540.0	76423	a	±	71898.9	1872	a	±	2682.4
Dolomit	33904	b	±	4823.4	113578	a	±	41048.3	1220	a	±	916.7
Kompos	53755	b	±	16210.9	249670	a	±	167117.1	1813	a	±	957.7
Pupuk Kandang	169033	ab	±	120967.1	283322	a	±	256340.5	708	a	±	388.5
Pupuk Kandang + dolomit	184394	a	±	150575.7	344152	a	±	255163.8	844	a	±	534.2

Ket : FI/FII/FIII = fluks harian CH₄/CO₂ pada pengambilan sampel pertama, kedua dan ketiga yang mewakili stadium pertumbuhan tanaman

Pada saat pengambilan pertama (FI) yaitu saat usia tanaman 25 HST disaat tanaman pada fase vegetatif dimana fotosintat yang dihasilkan banyak digunakan untuk pertumbuhan tanaman sehingga eksudat akar relatif sedikit. Eksudat akar merupakan bahan bagi bakteri metanogen dalam pembentukan CH₄. Pengambilan kedua (FII) yaitu pada 55 HST dimana tanaman padi mempunyai anakan maksimum sehingga terdapat banyak cerobong yang menghubungkan rizosfer dan atmosfer. Lebih dari 90% gas rumah kaca dari pertanaman padi diemisikan melalui tanaman padi sebagai media transportasi ke atmosfer dan pelepasan gas dari lahan sawah ditentukan oleh tanaman padi karena tanaman padi memiliki jaringan aerenchyma yang merupakan media pelepas gas. Pada pengambilan ketiga (FIII) dilakukan pada saat tanaman berada pada fase generatif yaitu

mulai dari primordia sampai pembungaan dan pengisian malai, fluks harian CH_4 dan CO_2 cenderung turun. Semakin efisien dalam menguraikan fotosintat karena dipakai untuk pembentukan bakal biji maka semakin kecil eksudat akar yang dilepaskan dan pembentukan CH_4 , dan CO_2 menjadi rendah.

Emisi Gas Rumah Kaca dan Global Warming Potensial

Emisi CH_4 tertinggi selama 1 musim tanam terdapat pada perlakuan tanpa amelioran, diikuti oleh kompos, kombinasi pupuk kandang + dolomit, pupuk kandang dan paling rendah adalah dolomit dengan nilai berturut-turut 766, 762, 438, 350 dan 339 kg/ha/musim (Tabel 3). Persentase penurunan emisi CH_4 dari perlakuan kompos, kombinasi pupuk kandang + dolomit, pupuk kandang, dolomit apabila dibandingkan dengan tanpa amelioran adalah 0,5; 43, 54, 56 %. Emisi CH_4 dari perlakuan bahan pemberian amelioran rendah dimungkinkan karena fungsi pupuk kandang dalam mempertahankan stabilitas tanah gambut melalui penekanan laju kehilangan karbon. Penambahan bahan amelioran berfungsi sebagai *electron aseptor* yang akan mengikat emisi GRK dari tanah. Terikatnya *electron aseptor* dengan gas rumah kaca akan menekan emisi GRK dari tanah sehingga GRK yang di emisikan ke atmosfer mampu ditekan dengan penambahan bahan amelioran. Penambahan akumulasi kandungan C dalam tanah tidak hanya meningkatkan produksi tetapi juga mampu menekan peningkatan konsentrasi CO di udara (Wang et al. 1993).

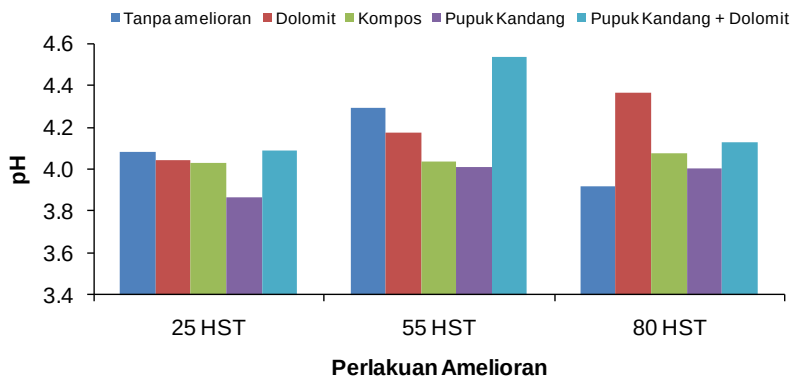
Emisi CO_2 permusim di Kalimantan Selatan dengan pemberian amelioran lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa amelioran. Penggunaan lahan sangat mempengaruhi fluks CO_2 dari permukaan tanah. Akan tetapi apabila dilihat dari nilai GWP tertinggi dihasilkan oleh pemberian kompos 22,24 ton $\text{CO}_2\text{-eq}$ diikuti oleh tanpa amelioran sebesar 19,72 ton $\text{CO}_2\text{-eq}$, kombinasi pupuk kandang + dolomite sebesar 18,97 ton $\text{CO}_2\text{-eq}$, pupuk kandang sebesar 15,97 ton $\text{CO}_2\text{-eq}$ dan dolomit sebesar 15,75 ton $\text{CO}_2\text{-eq}$. Penurunan GWP karena perlakuan dolomit, pupuk kandang dan kombinasi pupuk kandang + dolomit adalah sebesar 20; 19; dan 4%. Fungsi amelioran adalah mempertahankan stabilitas tanah gambut melalui penekanan laju kehilangan karbon dalam bentuk CH_4 dan CO_2 . Peningkatan stabilitas tanah gambut ini akan tercapai melalui penurunan emisi CH_4 karena berkaitan dengan terbentuknya senyawa kompleks antara asam organik dari tanah gambut dengan kation polivalen dari bahan amelioran. Amelioran berupa dolomit mengandung unsur O_2 sehingga diharapkan metanotrof dapat berkembang baik dan menekan aktivitas metanogen yang hidup pada kondisi anaerob.

Tabel 3. Emisi CH₄ dan CO₂ dari setiap perlakuan amelioran selama satu musim tanam

Perlakuan	CH ₄				CO ₂				GWP			
	----- (kg/ha/musim) -----								(tonCO ₂ -eq)			
Kontrol	766	a	+	256.0	2101	a	±	1038.7	19.7	a	±	6.93
Dolomit	339	a	+	169.1	2665	a	±	699.0	10.5	b	±	4.59
Kompos	762	a	+	263.9	4692	a	±	2363.6	22.2	a	±	8.43
Pupuk Kandang	350	a	+	217.9	7899	a	±	3144.4	16.0	ab	±	8.16
Pupuk Kandang + dolomit	438	a	+	187.4	8890	a	±	5353.8	19.0	ab	±	9.66

Derajat Keasaman (pH)

Kondisi pH tinggi merupakan syarat tumbuh tanaman padi karena pada umumnya pH tanah gambut cenderung rendah yaitu sekitar 4-5. Selama pelaksanaan penelitian, nilai pH pada tiap perlakuan berfluktuasi dan berkisar antara 3.87-4.83 (Gambar 1). Pemberian kombinasi pupuk kandang dan dolomit dari tiga kali pengukuran selalu menghasilkan nilai pH yang paling tinggi. Sebagian besar bakteri metanogen adalah neutrofilik, yang hidup pada kisaran pH 6-8. Wang *et al.* (1993) menemukan bahwa pembentukan metan secara maksimum akan terjadi pada kisaran pH 6,9-7,1.



Gambar 1. pH tanah dari setiap perlakuan amelioran selama satu musim tanam

KOMPONEN HASIL

Berat 1.000 butir, jumlah gabah hampa-isi, jumlah anakan produktif dan biomassa hasil terdapat pada Tabel 4. Persentase gabah isi tertinggi terdapat pada dolomit + pupuk kandang, pupuk kandang, tanpa amelioran, dolomit dan kompos dengan nilai berturut-turut sebesar 57,30; 55,96; 55,82; 54,33 dan 53%. Hal ini berarti bahwa pemberian pupuk

kandang di tanah gambut memberi pengaruh terhadap pengisian malai. Pemberian amelioran yang mampu meningkatkan berat 1000 butir paling tinggi adalah pada pemberian kompos dan dolomit+pupuk kandang dengan berat yang sama yaitu 32,38 gr diikuti oleh tanpa amelioran dan dolomit dengan berat 32,13 gr dan pupuk kandang sebesar 31,75 gr. Komponen hasil padi menunjukkan produktivitas tanaman padi dalam memanfaatkan penggunaan pupuk, bahan amelioran, pengairan, suhu, udara, dan sinar matahari untuk proses pertumbuhannya. Unsur-unsur tersebut jika dimanfaatkan dengan baik oleh tanaman dapat meningkatkan hasil padi. Semakin efisien pemanfaatannya maka akan semakin tinggi hasil padi yang didapatkan

Pemberian amelioran mampu meningkatkan berat dari total biomasa. Berat biomasa pada perlakuan dolomit, kompos, pupuk kandang, dolomit+pupuk kandang dan tanpa amelioran adalah berturut-turut sebesar 0,65; 0,63; 0,59; 0,55 dan 0,54 kg m⁻². Hasil gabah pada pemberian amelioran mampu meningkatkan produksi padi. Hasil gabah tertinggi dengan pemberian kompos sebesar 2,91 ton ha⁻¹ diikuti dengan pemberian dolomit, kombinasi dolomit + pupuk kandang, pupuk kandang dan tanpa amelioran dengan nilai berturut-turut sebesar 2,86; 2,40; 2,39 dan 1,94 ton ha⁻¹. Pemberian bahan amelioran mampu meningkatkan produksi karena menurut Wang *et al.* (1993) penambahan akumulasi kandungan C dalam tanah mampu meningkatkan produksi. Selain itu pemberian bahan amelioran diharapkan dapat meningkatkan pH tanah sehingga sesuai dengan syarat tumbuh tanaman. Meningkatnya nilai pH akan meningkatkan pula produksi tanaman.

Tabel 4. Berat 1.000 butir, jumlah gabah isi, jumlah anakan produktif, berat akar, berat jerami, biomassa total dan hasil gabah dari 5 perlakuan amelioran

Komponen Hasil	Perlakuan				
	Tanpa amelioran	Dolomit	Kompos	Pupuk kandang	Dolomit + pupuk kandang
Berat 1000 butir (g)	32,13	32,13	32,38	31,75	32,38
% gabah isi	55,82	54,33	53,00	55,96	57,30
Bobot akar (kg/m ²)	0,07	0,07	0,05	0,08	0,05
Bobot jerami (kg/m ²)	0,28	0,29	0,29	0,28	0,26
Total biomas (kg/m ²)	0,54	0,65	0,63	0,59	0,55
Hasil gabah (t/ha)	1,94	2,86	2,91	2,39	2,40

Kandungan C Biomas dan Neraca Karbon

Kandungan karbon organik pada setiap bagian tanaman dapat digunakan untuk mengetahui besarnya total karbon organik yang mampu disimpan oleh tanaman padi. Kandungan karbon diasumsikan sebagai penyerapan kembali C oleh tanaman melalui proses fotosintesa. Hasil analisis kandungan karbon tertinggi yang terdapat pada biomas tanaman dihasilkan oleh pemberian dolomit sebesar 775 kg-C ha⁻¹ diikuti pemberian kompos, tanpa amelioran, pupuk kandang dan pupuk kandang+dolomite yaitu berturut-

turut sebesar 761, 690, 685 dan 679 kg-C ha⁻¹ (Tabel 5). Serapan karbon pada gabah tertinggi terdapat pada perlakuan pemberian dolomit yaitu sebesar 1854 kg-C ha⁻¹, kompos sebesar 1647 kg-C ha⁻¹, pupuk kandang sebesar 1604 kg-C ha⁻¹, pupuk kandang+dolomit sebesar 1488 kg-C ha⁻¹ dan tanpa amelioiran 1225 kg-C ha⁻¹. Kandungan karbon pada gulma tertinggi terdapat pada perlakuan kompos diikuti oleh dolomit, pupuk kandang, pupuk kandang+dolomite dan tanpa amelioiran dengan nilai 0,79; 0,22; 0,09; 0,07 dan 0,07 kg-C ha⁻¹. Menurut Ali (2008), pemupukan menstimulasi pertumbuhan tanaman terutama biomassa akar, volume akar, dan porositas yang dapat meningkatkan konsentrasi oksigen pada rizosfer dan meningkatkan produktivitas padi.

Tabel 5. Kandungan C pada tanaman berdasarkan bagian tanaman pada setiap perlakuan amelioiran selama satu musim tanam

Perlakuan	Kandungan C-Organik			Total Kandungan C-Organik ¹
	Biomass	gabah	Gulma	
	-----kg-C ha ⁻¹ -----			
Tanpa Amelioiran	690	1225	0,07	1915
Dolomit	775	1854	0,22	2629
Kompos	761	1647	0,79	2409
Pupuk Kandang	685	1604	0,09	2289
Pupuk Kandang + dolomit	679	1488	0,07	2166

Ket : ¹Total Kandungan C-Organik : Penjumlahan cadangan makanan dalam bentuk C yang terdapat pada biomassa total, gabah dan gulma

Hal ini berarti bahwa pemberian amelioiran mampu merangsang penambahan biomassa tanaman. Semakin tinggi berat biomass tanaman akan berpengaruh terhadap besarnya nilai serapan karbon. Biomassa tanaman menampilkan pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan tanaman dapat baik apabila didukung oleh lingkungan tempat hidup tanaman. Dengan penambahan bahan amelioiran Komposisi penyumbang serapan C pada tanaman tertinggi adalah terdapat pada gabah. Kandungan karbon total tertinggi terdapat pada pemberian dolomit, kompos, pupuk kandang, pupuk kandang+dolomit dan tanpa amelioiran dengan nilai sebesar 2629, 2409, 2289, 2166 dan 1915 kg-C ha⁻¹. Pemberian amelioiran di tanah gambut mampu meningkatkan serapan karbon dibandingkan dengan tanpa pemberian amelioiran. Ini membuktikan bahwa penggunaan amelioiran pada tanaman yang ditanam di tanah gambut mampu menyimpan karbon lebih banyak dibandingkan dengan jumlah tanpa amelioiran.

Untuk mencari net karbon pada setiap perlakuan adalah dengan menghitung selisih antara GWP CO₂-C dengan total kandungan karbon organik dari tanaman. Dari Tabel 5, diketahui bahwa selisih terendah yang dihasilkan dari pengurangan total kandungan karbon dengan GWP terdapat pada pemberian dolomit, pupuk kandang, pupuk kandang+dolomit, tanpa amelioiran dan kompos dengan nilai sebesar 3941, 5908, 7806, 11871 dan 12022 kg-C ha⁻¹. Net karbon terkecil berarti bahwa nilai serapan karbon oleh

tanaman tertinggi atau GWP yang dihasilkan terendah terdapat pada pemberian dolomit, pupuk kandang, pupuk kandang+dolomit. Ini membuktikan bahwa penggunaan amelioran dolomit, pupuk kandang dan dolomite+pupuk kandang pada tanaman padi yang ditanam di tanah gambut mampu menyimpan karbon lebih banyak dibandingkan dengan jumlah karbon yang dilepas ke atmosfer dan mampu menekan emisi GRK dibandingkan tanpa amelioran.

Indeks GWP merupakan perbandingan antara produksi padi yang dihasilkan ($t\ ha^{-1}$) dengan emisi GRK ($t\ CO_2\text{-eq}$). Indeks GWP tertinggi dihasilkan oleh perlakuan dolomit yaitu sebesar 0,273 $ton\ CO_2\text{-eq}/ton\ gabah$. Hal ini berarti bahwa pada 1 ton gabah yang dihasilkan dengan pemberian pupuk kandang mengemisikan 3,66 $ton\ CO_2\text{-eq}$ ke atmosfer sedangkan pada kontrol dalam menghasilkan 1 ton gabah akan menghasilkan emisi sebesar 10,17 $ton\ CO_2\text{-eq}$. Ini menggambarkan bahwa dengan penggunaan dolomit, pupuk kandang dan dolomite+pupuk kandang sebagai bahan amelioran di tanah gambut yang miskin unsur hara dapat meningkatkan hasil gabah dengan potensi pemanasan global yang lebih rendah dibandingkan dengan tanpa penggunaan bahan amelioran.

Tabel 6. Neraca karbon pada setiap perlakuan amelioran selama satu musim tanam

Perlakuan	¹ Total Kandungan C-Organik (kg-C/ha)	² GWP (kg CO_2 -C/ha)	³ Net Karbon (kg-C/ha)	⁴ Indeks GWP (ton gabah/ $ton\ CO_2\text{-eq}$)
Kontrol	1915	13787	11871	0,098
Dolomit	2629	6570	3941	0,273
Kompos	2409	14431	12022	0,131
Pupuk Kandang	2289	8197	5908	0,150
Pupuk Kandang + dolomit	2166	9972	7806	0,127

Ket:

¹Total kandungan C-Organik

²Potensi pemanasan global

³Selisih antara total kandungan c-organik dengan potensi pemanasan global

⁴Nilai 1 ton gabah dalam menghasilkan emisi GRK selama 1 musim tanam

KESIMPULAN

Emisi CH_4 di Kalimantan Selatan CH_4 tertinggi terdapat pada perlakuan tanpa amelioran, diikuti oleh kompos, kombinasi pupuk kandang + dolomit, pupuk kandang dan dolomit dengan nilai berturut-turut 766, 762, 438, 350 dan 339 $kg\ ha^{-1}\ musim^{-1}$. Emisi CO_2 permusim dengan pemberian amelioran lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa amelioran yaitu pupuk kandang + dolomite sebesar 8890 $kg\ ha^{-1}\ musim^{-1}$ dan berturut-turut diikuti oleh pupuk kandang, kompos, dolomit dan tanpa amelioran dengan nilai emisinya sebesar 7899, 4692, 2665 dan 2101 $kg\ ha^{-1}\ musim^{-1}$.

Kandungan C total pada tanaman pada pemberian dolomit, kompos, pupuk kandang, pupuk kandang+dolomit dan tanpa amelioran sebesar 2629, 2409, 2289, 2166 dan 1915 kg-C ha⁻¹. Neraca karbon pada pertanaman padi sawah dengan pemberian dolomit 3941 kg-C ha⁻¹, pupuk kandang 5908 kg-C ha⁻¹, pupuk kandang+dolomite 7806 kg-C ha⁻¹, tanpa amelioran 11871 kg-C ha⁻¹, kompos 12022 kg-C ha⁻¹.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Muhammad Aslam, Ju Hwan Oh, and Pil Joo Kim. 2008. Evaluation of silicate iron slag amendment on reducing methane emission from flood water rice farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 128: 21–26
- Barchia, Muhammad Faiz. 2006. Gambut. Agroekosistem dan Transformasi Karbon. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Cicerone, R.J. 1989. Analysis of sources and sink of atmospheric nitrous oxide (N₂O). *J. Geophys. Res.* 94: 1825–1827.
- Granli, T. dan O. C. Bockman. 1994. Nitous Oxide from Agricultural. *Norwegian Journal of Agriculktural Sciances*, Supplement 12 : 7-128.
- Hairiah K, Rahayu S. 2007. Pengukuran „karbon tersimpan“ di berbagai macam penggunaan lahan. Bogor. World Agroforestry Centre – ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Unibraw, Indonesia. 77 p.
- Holzapfel- Pschorn A, Conrad R, W Seiler. 1986. Effects of vegetation on the emission of methane from submerged paddy soil. *Plant and Soil* 92 : 223-233.
- IPCC. 1992. Methane emission and opportunities for control : workshop results of Intergovernmental Panel on Climate Change. JAE & EPA. September 1991.
- Mosier, A.R., K.F. Bronson, J.R. Freney, and D.G. Keerthisinghe. 1994. Use nitrification inhibitors to reduce nitrous oxide emission from urea fertilized soils. *In* CH₄ and N₂O: Global Emissions and Controls from Rice Field and Other Agricultural and Industrial Sources. NIAES. Pp. 187 – 196.
- Mudiyarso, D. 2003. CDM: Mekanisme pembangunan bersih. Wetland International, Institut Pertanian Bogor, hal 1-5.
- Najiyati S, Muslihat L, Suryadiputra INN. 2005. Panduan Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pertanian Berkelanjutan. Bogor: Wetlands International-Indonesia Programme.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. *Chemical and Microbiological Properties-Agronomy Monograph No.9* (2nd edition).
- Neue, H.U. 1993. Methane emission from rice fields. *Bioscience* 43: 466-474.
- Noor M. 2001. Pertanian Lahan Gambut Potensi dan Kendala. Yogyakarta.

- Pulung, 2008. Teknik Pelaksanaan Percobaan Pengaruh Pemberian Pupuk Silikat dan Fosfat terhadap Komponen Hasil Padi Gogo di Rumah Kaca. Buletin 54 Teknik Pertanian Vol. 13 No. 2. <http://www.pustaka-deptan.go.id> (diakses, 29 Agustus 2009).
- Rachim, Abdul, Kuku Murtalaksono, Astiana Sastiono, dan Sudradjad. 2000. Peningkatan Produktivitas Tanah Sulfat Masam untuk Budidaya Tanaman Palawija melalui Pencucian dan Penggunaan Bahan Amelioran. Laporan Akhir (VI/I s/d VI/3). Hibah Bersaing Perguruan Tinggi. Tahun Anggaran 1997/1998-1999/2000.
- Raihan, H.S. 2003. Kajian residu herbisida dan ketersediaan unsur hara akibat pemberian herbisida di lahan pasang surut sulfat masam dan potensial. Dalam: Sofyan, A., S.Y. Jatmiko dan J. Sasa (eds) Prosiding Sem. Nas. Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Produk Pertanian. Puslitbangtanak, Badan Litbang Pertanian. p:141-150.
- Saragih, S, 1990. The research of rice and palawija improvement on acid sulphate soils in Delta Pulau Petak. Paper Workshop on Acid Sulphate Soils in The Humid Tropics. Bogor, Indonesia.
- Setyanto P. 2004. Methane Emission and It's Mitigation in Rice Fields Under Different Management Practices in Central Java. [thesis]. Serdang: Universiti Putra Malaysia.
- Sulistiyono, N.B.E. 1999. Peranan kation Fe (III) terhadap produksi karbondioksida (CO₂) dan metana (CH₄). Thesis Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Wang, Z.P., R.D. De Laune, P.H. Masscheley, and W.H. Patrick. 1993. Soil redox and pH effects on methane production in a flooded rice soil. *Journal soil science society America* 57: 382—385.

PERHITUNGAN AMBLESAN (*SUBSIDENCE*) DENGAN PENDEKATAN PROKSIMAT DAN HUBUNGANNYA DENGAN EMISI GAS RUMAH KACA PADA LAHAN GAMBUT

Ahmad Kurnain

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru 70714 (akurnain@unlam.ac.id)

Abstrak. Amblesan (*subsidence*) gambut sering dikaitkan dengan emisi gas rumah kaca (GRK). Logika ini didasarkan pada asumsi bahwa amblesan gambut yang menyebabkan menurunnya permukaan lahan gambut sejalan dengan kehilangan massa gambut melalui proses oksidasi yang pada akhirnya meningkatkan emisi GRK terutama CO₂. Logika ini jika tidak dipahami secara baik dan benar akan menghasilkan taksiran lebih (*overestimate*) atas emisi GRK yang terjadi di lahan gambut, karena amblesan gambut bukan hanya akibat kehilangan massa gambut tetapi juga akibat pemadatan dan pengawaaian (*dewatering*). Penelitian ini mencoba mencermati dan menganalisis data hidro-fisik gambut yang dikumpulkan pada berbagai tipe pemanfaatan lahan gambut untuk menurunkan proporsi amblesan akibat pemadatan atau pengawaaian. Amblesan lahan gambut dapat digambarkan secara proksimat melalui indikator pemadatan dan kadar lengas. Pada kadar lengas spesifik $>2 \text{ dm}^3 \text{ kg}^{-1}$ amblesan gambut akibat pemadatan secara proporsional dapat digambarkan dengan persamaan modifikasi dari Groenevelt dan Grant (2004). Dari persamaan ini dapat juga ditunjukkan kadar lengas kritis terjadinya amblesan akibat kehilangan massa gambut. Pendekatan proksimat ini perlu diuji dengan banyak data yang tersedia sebelum diaplikasikan pada perhitungan kehilangan karbon pada lahan gambut.

Katakunci: amblesan gambut, emisi gas rumah kaca, kadar lengas.

Abstract. Losses of peat mass as a result of peat oxidation is often related to peat subsidence that subsequently used in practices to estimate green house gas emission. This logics will result in an overestimate of GHG emission as the peat subsidence is not only due to the loss of peat, but also due to compaction and dewatering of peat. The study emphasized on analysis of peat hydro-physics data collected on various types of peatland uses to estimate proportion of peat subsidence due to compaction and dewatering. The peat subsidence could be described proximately through indicators of compaction and moisture content. At specific moisture content of $>2 \text{ dm}^3 \text{ kg}^{-1}$, the subsidence due to peat compaction dan dewatering proportionally could be described with a modified equation of Groenevelt and Grant (2004). A critical moisture content at which the subsidence is only due to peat losses (peat oxidation) could be extrapolated from the curve resulted from the equation, however this proximate approach has to be validated with other data before it is applied to calculate losses of carbon on peatlands.

Keywords: GHG emission, moisture content, peat subsidence.

PENDAHULUAN

Lahan gambut merupakan megaekosistem terestrial yang mengandung sangat banyak karbon. Hutan konifera di Pasifik Barat Amerika Utara dengan pohon-pohon tertingginya di dunia hanya menyimpan setengah dari simpanan karbon di lahan gambut per satuan luas yang sama (Joosten dan Couwenberg, 2009). Lahan gambut yang hanya menutupi 3% ($4.000.000 \text{ km}^2$) dari luas lahan dunia, menyimpan karbon 550 Gton di dalam gambutnya (Parish *et al.* 2008). Pada kondisi alamiah ketika lahan gambut tetap basah, simpanan karbon yang sangat besar ini tetap terjaga dengan baik.

Persoalan kemudian muncul manakala lahan gambut alamiah ini dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan seperti pertanian, kehutanan, deforestasi, ekstraksi gambut, dan pengembangan infrastruktur. Pemanfaatan lahan gambut untuk berbagai kepentingan tersebut dihadapkan pada karakter hidrologinya yang selalu basah dan tergenang sepanjang tahun, sehingga menyulitkan pemanfaatannya dan menghambat keterjangkauannya (aksesibilitas). Oleh karena itu lahan gambut alamiah tersebut harus direklamasi dengan melakukan pengatusan (*drainage*) agar dapat dimanfaatkan (Alan Tan dan Ritzema 2003; Kurnain *et al.* 2001).

Pengatusan lahan gambut tidak hanya menciptakan kondisi hidrologis yang sesuai (*favorable*) bagi berbagai pemanfaatan, tetapi juga menimbulkan dampak negatif berupa amblesan permukaan (subsidence) lahan gambut. Laju amblesan gambut dapat dibagi ke dalam dua fase. Pada fase pertama periode 1 – 3 tahun setelah reklamasi, lajunya berkisar antara $5 - 50 \text{ cm tahun}^{-1}$, dan pada fase kedua periode berikutnya lajunya diperlambat menjadi $0,5 - 5 \text{ cm tahun}^{-1}$ (Wösten dan Ritzema, 2002; Wösten *et al.* 1997; Hooijer *et al.* 2010). Laju amblesan dua fase ini ditentukan oleh sifat hidro-fisik gambut (Kurnain, 2005; Kurnain *et al.* 2006) meliputi kadar lengas, berat volume, kerutan (*shrinkage*), dan kadar serat. Amblesan gambut terjadi melalui dua proses, yaitu pemadatan atau pengerutan gambut dan kehilangan massa akibat oksidasi gambut (Andriesse, 1988; Kurnain, 2005). Amblesan fase pertama lebih banyak ditentukan oleh proses pemadatan, pengerutan, atau pengawaairan gambut (Kurnain, 2005); dan amblesan fase kedua lebih banyak atau hanya ditentukan oleh proses oksidasi gambut (Hooijer *et al.* 2010).

Kehilangan massa gambut akibat oksidasi gambut berkorelasi langsung dengan kehilangan karbon pada gambut. Kehilangan karbon seringkali dikaitkan dengan besar dan laju amblesan lahan gambut, padahal amblesan gambut juga ditentukan oleh proses pemadatan dan pengawaairan. Persoalan yang muncul adalah bagaimana menghitung amblesan akibat pemadatan dan oksidasi gambut. Jawaban atas persoalan tersebut sangat variatif dan spesifik (*local existing condition*). Penelitian ini mencoba mencermati dan menganalisis data hidro-fisik gambut yang dikumpulkan pada berbagai tipe pemanfaatan lahan untuk menurunkan nilai kadar lengas kritis terjadinya amblesan gambut akibat kehilangan massa gambut, sekaligus menunjukkan proporsi amblesan gambut akibat pemadatan atau pengawaairan (*dewatering*) pada berbagai tipe pemanfaatan lahan gambut.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan sampel gambut

Sampel gambut diambil dari berbagai tipe pemanfaatan lahan, yaitu 1) hutan gambut tebang pilih ($2^{\circ}20'40''$ LS; $114^{\circ}2'16''$ BT), (2) hutan gambut yang terbakar tahun 1997 ($2^{\circ}18'7''$ LS; $114^{\circ}1'36''$ BT), (3) lahan gambut yang terbuka ($2^{\circ}17'20''$ LS; $114^{\circ}1'5''$ BT), (4) lahan jagung ($2^{\circ}17'5''$ LS; $114^{\circ}1'8''$ BT), (5) lahan nanas ($2^{\circ}17'22''$ LS; $114^{\circ}2'16''$ BT), dan (6) lahan karet ($2^{\circ}17'10''$ LS; $114^{\circ}1'24''$ BT) yang semuanya ada di Kalimantan Tengah. Berdasarkan tipe hidro-topografinya, gambutnya tergolong sebagai gambut ombrogen. Sampel gambut tak terusik diambil dengan menggunakan ring logam "Edjelkamp" dengan garis tengah 5,0 cm dan tinggi 5,0 cm. Kedalaman lapisan gambut yang diambil, yaitu: (1) 5–10 cm, (2) 25–30 cm, dan (3) 55–60 cm. Penetapan kedalaman lapisan sampel didasarkan pada fluktuasi muka air tanah, yang masing-masing lapisan 5–10 cm untuk mewakili lapisan tanah gambut yang sering berada di atas muka air tanah (*acrotelm*). Lapisan berikutnya, yakni 25–30 cm mewakili lapisan tanah yang fluktuasi muka air tanahnya bersifat dinamis, kadang-kadang di atas atau di bawah muka air tanah. Lapisan paling bawah, yakni 55–60 cm mewakili lapisan yang sering berada dalam zona air tanah (*catotelm*).

Penetapan sifat pemampatan gambut

Sampel gambut tak terusik dalam ring sampel digunakan untuk penetapan sifat-sifat fisika tanah gambut yang terkait dengan pemampatan. Tingkat pemampatan secara tidak langsung dapat diukur dari nilai berat volume, kerutan, dan volume spesifik tanah gambut (Défossez *et al.* 2003; Lipiec dan Hatano, 2003). Berat volume dinyatakan dalam berat setelah pengeringan dalam tanur bersuhu 105°C selama sedikitnya 4 jam per volume tanah gambut pada kondisi lapangan saat pencuplikan (volume gambut basah). Berat volume ini dinamakan juga dengan berat volume kering. Kerutan didapatkan dari selisih volume gambut basah dan volume gambut setelah pengeringan dalam tanur bersuhu 105°C selama sedikitnya 4 jam dan dinyatakan dalam persentase pengerutan terhadap volume awal (volume gambut basah). Volume spesifik tanah gambut ialah sama dengan nilai kebalikan dari berat volumenya (McLay *et al.* 1992; Dexter, 2004).

Kurva kerutan. Sifat mengerut gambut digambarkan dengan kurva kerutan menurut fungsi kadar lengas gambut. Kerutan tanah disifatkan dengan perubahan volume tanah menurut fungsi volume lengas yang hilang (Brandyk *et al.* 2001; Groenevelt dan Grant, 2004). Groenevelt dan Grant (2004) menggambarkan kerutan tanah mineral dengan perubahan nisbah volume pori atas volume padatan (*void ratio*) menurut fungsi nisbah

volume lengas atas volume padatan (*moisture ratio*). Data pengukurannya kemudian dicocokkan dengan persamaan (1):

$$e(v) = e_o + (\varepsilon - e_o) \exp[k_o(\varepsilon^n - v^n)] \quad (1)$$

di mana e ialah nisbah pori, v nisbah lengas, e_o nisbah pori tanah kering-tanur, ε nisbah pori pada saat udara mulai memasuki pori, dan k_o dan n ialah parameter hasil pencocokan (*fitting*).

Selain itu, McLay *et al.* (1992) menggambarkan sifat kerutan tanah gambut dengan perubahan volume spesifik tanah gambut menurut fungsi kadar lengas gravimetrik. Akan tetapi persamaan (1) di atas tidak dapat digunakan secara langsung terhadap penggambaran sifat kerutan tanah gambut seperti yang dilakukan oleh McLay *et al.* (1992). Oleh karena itu, agar persamaan (1) di atas dapat digunakan, data volume spesifik tanah gambut diubah ke dalam volume spesifik pori, dan data kadar lengas gravimetrik diubah ke dalam kadar lengas spesifik (Kurnain, 2005). Volume spesifik pori diperoleh dari pengurangan volume spesifik tanah gambut dengan volume spesifik padatan. Volume spesifik padatan ialah kebalikan dari berat jenis padatan, yang untuk tanah gambut tropis rata-ratanya sekitar $1,4 \text{ kg dm}^{-3}$ (Driessen dan Rochimah, 1977; Kamiya dan Kawabata, 2003), sehingga nilainya sama dengan $0,7 \text{ dm}^3 \text{ kg}^{-1}$. Sedang kadar lengas spesifik ($\text{dm}^3 \text{ kg}^{-1}$) diperoleh dari hasil membagi kadar lengas gravimetrik (kg kg^{-1}) terhadap berat jenis lengas ($1 \text{ dm}^3 \text{ kg}^{-1}$).

Data volume spesifik pori digambarkan menurut fungsi kadar lengas spesifik, dan dicocokkan dengan persamaan (2). Peubah nisbah pori dan nisbah lengas dalam persamaan (1) diganti masing-masing dengan volume spesifik pori dan kadar lengas spesifik. Untuk itu, persamaan (1) disesuaikan menjadi persamaan (2) (Kurnain, 2005):

$$v_p(v_w) = v_{p,o} + (V_p - v_{p,o}) \exp[k_o(V_p^n - v_w^n)] \quad (2)$$

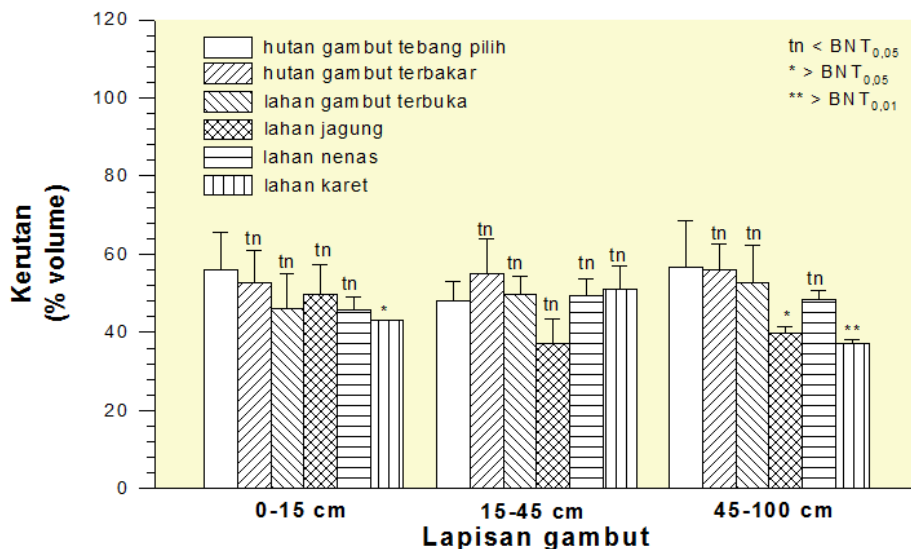
di mana v_p ialah volume spesifik pori, v_w kadar lengas spesifik, $v_{p,o}$ volume spesifik pori tanah kering-tanur, dan V_p ialah volume spesifik pori pada saat udara mulai mengisi pori.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi tanah gambut untuk mengerut dapat digambarkan dengan sifat kerutan (*shrinkage*) (Driessen dan Rochimah, 1977; Andriesse, 1988; Gray dan Allbrook, 2002) dan volume spesifiknya (Mc Lay *et al.* 1992; Défossez *et al.* 2003). Analisis ragam menunjukkan bahwa kegiatan pertanian di lahan gambut dan kebakaran hutan gambut berpengaruh terhadap kerutan dan volume spesifik tanah gambut.

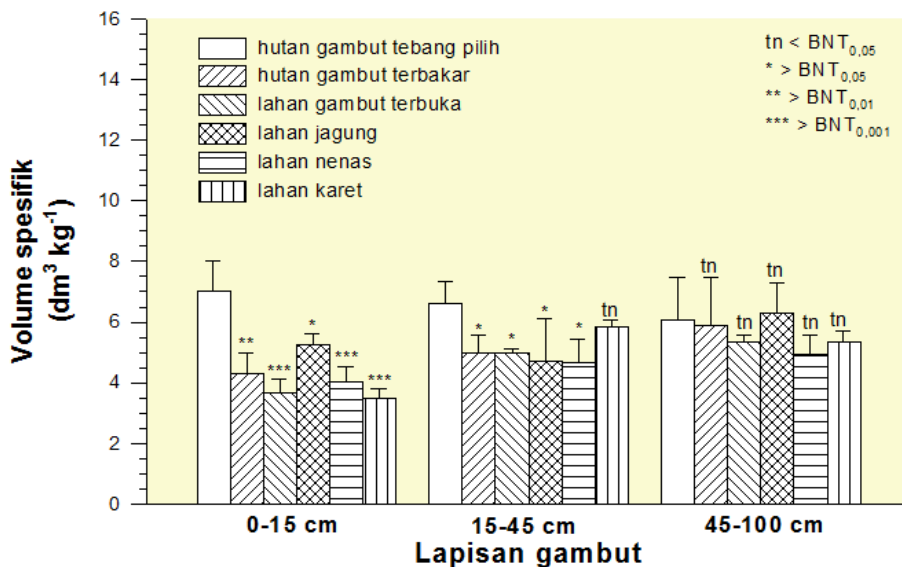
Gambar 1 menunjukkan bahwa kerutan tanah gambut dari hutan gambut tebang pilih tidak berbeda nyata dengan kerutan tanah gambut dari lahan-lahan pertanian dan

bekas kebakaran, kecuali dengan yang dari lahan karet di lapisan atas (BNT 5%) dan lapisan bawah (BNT 1%) dan dari lahan jagung di lapisan bawah (BNT 5%). Meskipun demikian, besaran (*magnitude*) kerutan tanah gambut di lapisan atas cenderung menurun dengan adanya kegiatan pertanian dan kebakaran hutan lahan gambut. Tanah gambut dari lahan gambut terusik, karena adanya **pengatusan** yang berlebihan, mengalami peneguhan (konsolidasi) dan pemampatan (Andriesse, 1988), sehingga menurunkan kemampuannya untuk mengerut (Gray dan Allbrook, 2002).



Gambar 1. Perbandingan nilai kerutan tanah gambut dari hutan gambut tebang pilih dengan nilai dari setiap tipe lahan gambut terusik pada setiap lapisan gambut dengan menggunakan uji BNT

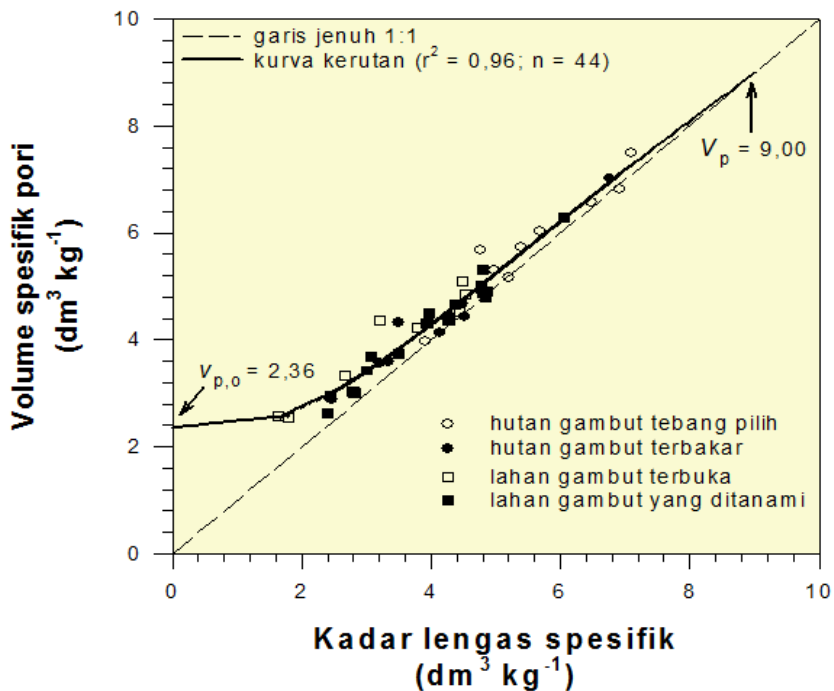
Kecenderungan semakin menurunnya kemampuan tanah gambut untuk mengerut akibat kegiatan pertanian dan kebakaran hutan, dapat dilihat dengan lebih jelas pada perbandingan volume spesifiknya (Gambar 2). Di lapisan atas, volume spesifik tanah gambut dari lahan gambut terusik oleh kegiatan pertanian dan kebakaran lebih rendah daripada yang dari hutan gambut tebang pilih. Demikian juga di lapisan berikutnya (tengah), kecuali yang dari lahan karet. Untuk lapisan bawah, volume spesifiknya tidak berbeda nyata pada uji BNT 5% dengan yang diperoleh dari hutan gambut tebang pilih. Dengan demikian, semakin jelas terlihat bahwa kemampuan tanah gambut untuk mengerut menurun dengan adanya kegiatan pertanian di lahan gambut dan kebakaran hutan gambut.



Gambar 2. Perbandingan nilai volume spesifik tanah gambut dari hutan gambut tebang pilih dengan nilai dari setiap tipe lahan gambut terusik pada setiap lapisan gambut dengan menggunakan uji BNT

Pengerutan tanah gambut dapat disebabkan oleh pengawaairan (*dewatering*) atau perombakan (oksidasi) bahan gambut atau kedua-duanya (Driessen dan Rochimah, 1977; Andriesse, 1988; Mc Lay *et al.* 1992; Brandyk *et al.* 2001). Jika dipertimbangkan bahwa pengerutannya hanya disebabkan oleh pengawaairan, maka sifat pengerutan tanah gambut yang diamati dalam penelitian ini dapat digambarkan seperti pada Gambar 3 (Mc Lay *et al.* 1992; Groenevelt dan Grant, 2004). Pencaran data pengamatan dicocokkan dengan persamaan 2. Sifat kerutan tanah gambut tampaknya sejalan dengan hasil yang dilaporkan oleh Groenevelt dan Grant (2004) untuk cuplikan tanah mineral. Namun demikian, hasil ini dapat saja sama dengan yang ditunjukkan oleh Brandyk *et al.* (2001) bahwa sifat kerutan tanah gambut nontropis tidak mengikuti sifat kerutan seperti untuk tanah mineral, karena data kerutan pada kadar lengas di bawah $2 \text{ dm}^3 \text{ kg}^{-1}$ tidak tersedia pada penelitian ini.

Gambar 3 menunjukkan bahwa pengerutan bahan gambut berlangsung dalam tiga fase, yaitu fase struktural, fase normal (proporsional), dan fase residual (Brandyk *et al.* 2001; Groenevelt dan Grant, 2004). Fase struktural terjadi pada keadaan jenuh air, sehingga penurunan volume bahan gambut sama dengan volume lengas yang hilang. Fase normal atau proporsional berlangsung dari saat ruang pori mulai terisi udara sampai pengerutannya diperlambat untuk memulai fase residual.



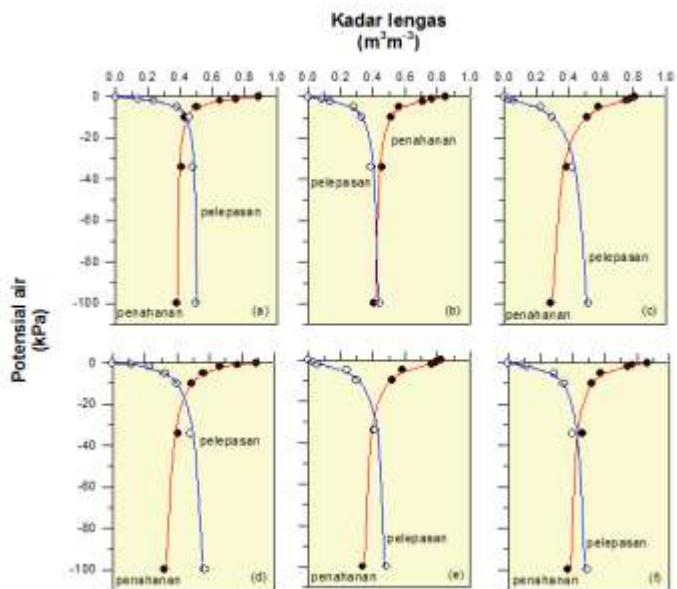
Gambar 3. Kurva pengerutan gambut sebagai fungsi kadar lengas gambut pada beberapa tipe penggunaan lahan gambut.

(Keterangan: garis jenuh 1:1 menunjukkan kurva teoritis pengerutan gambut jika gambut dijenuhi air dan pengerutannya hanya disebabkan oleh pengawaairan. Kurva kerutan dicocokkan dengan persamaan 2. Volume spesifik pori gambut kering-tanur dan saat udara mulai mengisi ruang pori masing-masing adalah $2,36$ dan $9,00 \text{ dm}^3 \text{ kg}^{-1}$, parameter lainnya: $k_0 = 7,36 \text{ dm}^3 \text{ kg}^{-1}$ dan $n = 0,60$).

Pengerutan fase normal ini diperkirakan berlangsung pada rentang penurunan lengas yang setara dengan nilai $k_0 = 7,36 \text{ dm}^3 \text{ kg}^{-1}$ (Groenevelt dan Grant, 2004). Penurunan volume tanah gambut pada fase ini sedikit lebih kecil daripada volume lengas yang hilang, tetapi penurunannya sebanding dengan penurunan volume lengasnya. Sebagian besar data pengamatan terpecar pada fase normal, sehingga pengerutan tanah gambut yang dicuplik dari lokasi penelitian ini terutama disebabkan oleh pengawaairan.

Pemanfaatan lahan gambut untuk pertanian dan kebakaran lahan gambut menunjukkan adanya kejadian amblesan lahan gambut seperti yang secara tidak langsung dapat diamati dari perubahan sifat pemampatan gambut. Implikasi hasil penelitian ini dapat dikaitkan dengan perhitungan kehilangan karbon akibat deforestasi dan degradasi lahan gambut. Menurut fungsi kadar lengas gambut, watak dan perilaku amblesan lahan gambut secara tidak langsung (proksimat) dapat dijelaskan. Pada kadar lengas spesifik di

bawah $2 \text{ dm}^3 \text{ kg}^{-1}$ amblesan sepenuhnya diakibatkan oleh adanya oksidasi gambut atau dengan kata lain terkait langsung dengan kehilangan karbon. Pada kadar lengas spesifik di atas $2 \text{ dm}^3 \text{ kg}^{-1}$ amblesan lahan gambut akibat kehilangan lengas (dalam hal ini terkait dengan proses pemadatan dan kehilangan daya apung gambut) secara proporsional dapat dihitung dengan menggunakan persamaan modifikasi dari Groenevelt dan Grant (2004). Nilai kadar lengas spesifik di atas $2 \text{ dm}^3 \text{ kg}^{-1}$ setara dengan kadar lengas volumetrik 20–40% jika dipertimbangkan berat volume gambutnya $0,1 - 0,2 \text{ kg dm}^{-3}$. Jika dihubungkan dengan kurva retensi dan pelepasan air seperti pada Gambar 4, nilai kadar lengas volumetrik secara tidak langsung ditentukan oleh ketinggian muka air tanah. Secara teknis hal ini menyiratkan pentingnya pengelolaan tinggi muka air tanah bagi pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan.



Gambar 4. Data dan model penahanan (retensi) dan pelepasan lengas menurut fungsi potensial air.

(Keterangan: cuplikan gambut yang dikumpulkan pada lapisan atas 0–15 cm di (a) hutan gambut tebang pilih, (b) hutan gambut terbakar, (c) lahan gambut terbuka, (d) lahan jagung, (e) lahan nenas, dan (f) lahan karet (Kurnain *et al.* 2006).

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Perhitungan amblesan dapat didekati secara proksimat dengan indikator pemadatan dan kadar lengas. Perkiraan amblesan dapat mengikuti persamaan modifikasi dari Groenevelt dan Grant (2004) pada kadar lengas spesifik $> 2 \text{ dm}^3 \text{ kg}^{-1}$.

2. Persamaan modifikasi di atas perlu diuji lebih jauh dengan lebih banyak data dan perlu dikembangkan untuk perhitungan amblesan berdasarkan kehilangan massa akibat oksidasi gambut.

DAFTAR PUSTAKA

- Alan Tan K.C. dan Ritzema H.P. 2003. Sustainable Development in Peat land of Sarawak – Water Management Approach. Int. Conf. on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region, Kyoto, Japan, March 13-15, 2003
- Andriesse, J.P. 1988. Nature and Management of Tropical Peat Soils. FAO Soil Bulletin 59. Rome, Italy. 165 halaman.
- Brandyk, T., R. Oleszczuk, and J. Szatylowicz. 2001. Investigation of soil water dynamics in a fen peat-moorsh soil profile. *International Peat Journal* 11: 15–24.
- Défossez, P., G. Richard, H. Boizard, and M.F. O’Sullivan. 2003. Modeling change in soil compaction due to agricultural traffic as function of soil water content. *Geoderma* 116: 89–105.
- Dexter, A.R. 2004a. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma* 120: 201–214.
- Driessen, P.M., and L. Rochimah. 1977. The physical properties of lowland peats from Kalimantan. Dalam: Peat and Podzolics Soils and Their Potential for Agriculture in Indonesia. Proceedings ATA 106 Midterm Seminar. Soil Research Institute, Bogor. Halaman: 56–73.
- Gray, C.W., and R. Allbrook. 2002. Relationships between shrinkage indices and soil properties in some New Zealand soils. *Geoderma* 108: 287–299.
- Groenevelt, P.H., and C.D. Grant. 2004. Analysis of soil shrinkage data. *Soil and Tillage Research* 79: 71–77.
- Hooijer, A., S. Page, J. Jauhiainen, W.A. Lee, and X. Lu. 2010. Recent findings on subsidence and carbon loss in tropical peatlands: reducing uncertainties, Workshop on “Tropical Wetland Ecosystems of Indonesia: Science Needs to Address Climate Change Adaptation and Mitigation”, Bali, 11-14 April 2010.
- Joosten, H. and J. Couwenberg. 2009. Are emission reductions from peatlands MRV-able?. *Wetland International*, Ede.
- Kamiya, M. and S. Kawabata. 2003. Physical properties of peat in Central Kalimantan. Dalam: M. Osaki, T. Iwakuma, T. Kohyama, R. Hatano, K. Yonebayashi, H. Tachibana, H. Takahashi, T. Shinano, S. Higashi, H. Simbolon, S.J. Tuah, H. Wijaya, and S.H. Limin. (eds.), Land Management and Biodiversity in Southeast Asia. Hokkaido University, Japan dan Research Centre for Biology, The Indonesian Institute of Sciences. Bogor, Indonesia. Halaman: 341–345.
- Kurnain, A. 2005. Dampak kegiatan pertanian dan kebakaran atas watak gambut ombrogen. Disertasi. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Kurnain, A., B. Radjagukguk, and T. Notohadikusumo. 2006. Impact of development and cultivation on hydro-physical properties of tropical peat soils, *Tropics* 15(4): 383-389.
- Kurnain, A., T. Notohadikusumo, B. Radjagukguk, and Sri Hastuti. 2001. Peat soil properties related to degree of decomposition under different landuse systems, *International Peat Journal* 11: 67-78.
- Lipiec, J., and R. Hatano. 2003. Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. *Geoderma* 116: 107-136.
- McLay, C.D.A., R.F. Allbrook, and K. Thompson. 1992. Effect of development and cultivation on physical properties of peat soils in New Zealand. *Geoderma* 54: 23-37.
- Parish, F., A. Sirin, D. Charman, H. Joosten, T. Minaeva and M. Silvius. 2008. Assessment on peatlands, biodiversity and climate change. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetland International Wageningen, 179p.
- Wösten, J.H.M. and Ritzema, H.P. 2002. Land and water management options for peatland development in Sarawak, Malaysia. *International Peat Journal*, 11: 59-66.
- Wösten, J.H.M., A.B. Ismail and A.L.M. van Wijk. 1997. Peat subsidence and its practical implications: a case study in Malaysia. *Geoderma* 78: 25-36.

Sumaryanto, Mamat H.S., dan Irawan

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16111

Abstrak. Berbagai pendapat bahwa konversi lahan gambut menjadi kawasan budidaya berkontribusi nyata pada peningkatan emisi gas rumah kaca. Walaupun lahan gambut yang dibudidayakan untuk pertanian, kenyataan di lapangan menunjukkan lahan gambut terlanjar dan sudah tidak ditumbuhi tanaman tegakkan kayu (kehutanan). Kondisi obyektif di lapangan menunjukkan bahwa secara turun-temurun sebagian dari kawasan gambut telah difungsikan oleh komunitas setempat sebagai kawasan budidaya pertanian dan sejak dua dekade terakhir terjadi percepatan laju konversi lahan gambut terutama untuk perluasan perkebunan sawit. Terkait dengan hal diatas, Indonesia menjadi sorotan dunia karena dipersepsikan sebagai salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca yang cukup besar. Kondisi demikian itu menghadapkan pemerintah dan masyarakat pada situasi yang dilematis. Memprioritaskan pertumbuhan ekonomi berimplikasi meningkatnya emisi gas rumah kaca; sebaliknya, jika secara mutlak konversi lahan gambut dilarang maka kepentingan ekonomi terpinggirkan. Sistem pengelolaan lahan gambut berkelanjutan yang pendekatannya berbasis pengintegrasian aspek sosial budaya, ekonomi, dan teknologi tepat guna yang sarat muatan aspek lingkungan adalah salah satu strategi yang dipandang tepat untuk mengatasi masalah tersebut.

Katakunci: kawasan gambut, sistem pengelolaan lahan gambut berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Sejak pemanasan global dan perubahan iklim mengemuka sebagai salah satu ancaman paling potensial terhadap masa depan ketahanan pangan, perhatian terhadap eksistensi lahan gambut juga menguat. Alasannya, setiap jengkal konversi lahan gambut menjadi kawasan hunian ataupun kawasan budidaya menyebabkan emisi gas rumah kaca yang meningkat jika dibandingkan dengan konversi lahan non gambut. Terkait dengan hal itu perkembangan sawit di Indonesia (dan Malaysia) dinilai sebagai penyebab utama kerusakan hutan gambut (UNEP and UNESCO 2007) penghancur seringkali menjadi bulan-bulanan di dunia internasional karena terstigmatisasi sebagai salah satu penghancur kelestarian gambut.

Persepsi tersebut tidaklah tanpa dasar, namun jelas kurang tepat dan tidak adil jika yang dilihat hanya dampak konversi lahan gambut terhadap emisi gas rumah kaca. Alasannya: (1) kondisi obyektif menunjukkan bahwa tingginya laju konversi lahan gambut untuk perluasan perkebunan sawit adalah implikasi dari tingginya laju pertumbuhan permintaan CPO di pasar global yang tentu saja merupakan faktor eksternal

bagi Indonesia, (2) lahan gambut yang dibudidayakan untuk pertanian, kenyataan di lapangan menunjukkan lahan gambut terlantar dan sudah tidak ditumbuhi tanaman tegakkan kayu (kehutanan), (3) secara normatif Indonesia berhak untuk mengurangi angka kemiskinan, meningkatkan kesempatan kerja, meningkatkan nilai tambah, dan meningkatkan devisa, (4) pengembangan sawit di lahan gambut memiliki kelayakan teknis-finansial yang tinggi. Dengan kata lain latar belakang pendayagunaan lahan gambut menjadi kawasan pertanian perlu dilihat dengan seksama; dan adanya teknologi pertanian yang dapat mengurangi emisi gas rumah kaca serta berkontribusi dalam sequestrasi karbon haruslah diperhitungkan.

Dengan luas lahan gambut sekitar 14,9 juta hektar, Indonesia adalah negara yang berperan penting dalam percaturan dunia di bidang mitigasi perubahan iklim. Indonesia akan diposisikan sebagai kontributor utama dalam penyerapan karbon jika lahan gambutnya dapat dipertahankan sesuai kondisi alamnya. Di sisi lain, Indonesia potensial sebagai kelompok lima besar penyumbang emisi gas rumah kaca jika pengelolaan lahan gambut mengabaikan prinsip-prinsip berkelanjutan.

Pengelolaan kawasan lahan gambut membutuhkan strategi yang secara komprehensif dapat mempertemukan kepentingan sosial ekonomi dan kepentingan pelestarian sumberdaya alam secara seimbang dan adil. Strategi tersebut tidak dapat dilakukan dengan pendekatan *top down* semata karena sistem pengelolaan yang produktif dan berkelanjutan mensyaratkan terakomodasikannya sumber-sumber keragaman yang seringkali bersifat spesifik lokal yang dimensinya tidak hanya mencakup dimensi teknis dan finansial tetapi juga dimensi sosial budaya komunitas setempat. Sebaliknya, pendekatan *bottom up* saja juga tidak akan mampu menjawab tantangan jaman karena dinamika lingkungan strategis mempengaruhi perkembangan sosial ekonomi wilayah. Interaksi antara komunitas setempat dengan dunia luar yang semakin intensif cenderung mendegradasi sendi-sendi kelembagaan lokal yang konvergen dengan prinsip-prinsip pelestarian lingkungan. Proses degradasi kelembagaan tersebut seringkali sulit dihindari karena dalam konteks finansial – ekonomi cenderung inferior karena seiring dengan menipisnya sekat-sekat isolasi maka perubahan sosial semakin mengarah pada sistem ekonomi pasar yang dalam tahap awal perkembangannya cenderung mengedepankan kepentingan jangka pendek.

RUANG LINGKUP

Ruang lingkup tulisan ini difokuskan pada kawasan lahan gambut yang telah berubah fungsi menjadi kawasan budidaya dan lahan gambut terlantar yang peraturan dan undang-undang potensial dijadikan kawasan budidaya. Data dan informasi diperoleh dari studi pustaka dan hasil survey sosial ekonomi dalam Proyek Penelitian Kerjasama Badan Litbang Pertanian – ICCTF tahun 2010/2011.

Sebagai suatu tinjauan, makalah ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman mengenai arti penting dari sistem pengelolaan lahan gambut berkelanjutan. Diharapkan tulisan ini dapat berkontribusi dalam perumusan strategi peningkatan perekonomian masyarakat yang bermukim di kawasan lahan gambut dan sekitarnya yang berbasis pada sistem pengelolaan berkelanjutan.

PROFIL PEMANFAATAN LAHAN GAMBUT

Total luas lahan gambut dunia pada saat ini adalah sekitar 400 juta hektar (sekitar 3% dari luas daratan bumi). Dari luas itu, sekitar 350 juta hektar di antaranya berada di kawasan utara hemisphere (Amerika Utara, Rusia, dan Eropa). Gambut tropis terutama ada di Asia Timur, Asia Tenggara, Kepulauan Karibia dan Amerika Tengah, Amerika Selatan, dan kawasan selatan Afrika. Diperkirakan luasnya sekitar tinggal 30 – 45 juta hektar atau sekitar 10 – 12 persen dari total luas lahan gambut dunia (Strack, 2008).

Saat ini sekitar 14 – 20 persen dari total lahan gambut dunia telah dieksploitasi, dan sebagian besar adalah untuk pertanian. Ini terjadi di negara-negara maju maupun negara berkembang. Perbedaannya, periode eksploitasi lahan gambut yang dilakukan negara-negara maju terjadi ketika perubahan iklim belum mengemuka; sedangkan di negara-negara berkembang terjadi ketika isu tentang perubahan iklim dan pentingnya mitigasi sangat mengemuka.

Laju pertumbuhan cepat perluasan lahan pertanian di negara-negara berkembang terjadi dalam setengah abad terakhir. Khususnya untuk perluasan lahan pertanian yang merambah pula ke kawasan gambut, terjadi dalam tiga dekade terakhir dan dalam sepuluh tahun terakhir ini lajunya masih tinggi. Kondisi ini sangat dilematis bagi negara-negara berkembang. Di satu sisi, dalam rangka pembangunan ekonomi dan pengentasan kemiskinan maka negara-negara berkembang membutuhkan perluasan lahan pertanian. Dalam konteks seperti itu sulit untuk sama sekali tidak menyentuh lahan gambut. Di sisi lain, tuntutan global maupun atas kepentingan nasional jangka panjang; negara-negara berkembang (termasuk Indonesia) wajib ikut serta dalam aksi mitigasi perubahan iklim.

Dari total luas lahan gambut yang terletak di kawasan Asia Tenggara yang luas totalnya diperkirakan sekitar 26.216 juta hektar, sekitar 20,2 juta hektar diantaranya terletak di Indonesia. Dari 20,2 juta hektar tersebut yang telah berubah dari kondisi alamiahnya (hutan) diperkirakan sekitar 7,6 juta hektar atau sekitar 38 persen (IFCA, 2007), yaitu menjadi kawasan budidaya (terutama perkebunan sawit) dan semak belukar. Berbeda dengan lahan yang berubah menjadi kawasan budidaya, status penguasaan lahan gambut yang berubah menjadi semak belukar tersebut tidak jelas. Sebagian diantaranya berupa persil-persil lahan yang dikuasai komunitas setempat, sebagian lainnya merupakan lahan terlantar.

Proporsi terbesar dari lahan gambut yang telah berubah fungsi tersebut berada di Sumatera (3,5 juta hektar) dan Kalimantan (1,7 juta hektar), dan sisanya di Papua. Di Sumatera dari 7,23 juta hektar yang telah dipetakan (93 persen dari perkiraan luas lahan gambut di wilayah tersebut) sekitar 1,03 juta hektar diantaranya terkonversi menjadi lahan perkebunan sawit. Di Kalimantan, dari 5,77 juta hektar yang telah dipetakan (sekitar 71 persen dari total luas lahan gambut di wilayah tersebut), sekitar 258,3 ribu hektar dikonversi menjadi perkebunan sawit (Miettinen. 2012).

Selain dikonversi menjadi lahan perkebunan sawit, bentuk-bentuk konversi lainnya yang cukup luas adalah menjadi lahan tanaman industri (akasia), kebun karet, nanas, dan tanaman pangan/hortikultura. Berbeda dengan sawit yang sebagian besar pengusahaannya dilakukan oleh perusahaan, sebagian besar usahatani tanaman pangan dan kebun karet berupa usaha pertanian rakyat.

Dominasi sawit dalam konversi lahan gambut menjadi kawasan budidaya tersebut disebabkan keuntungan finansial yang diperoleh dari usahatani sawit superior jika dibandingkan komoditas pertanian lainnya. Bahkan sebagian dari lahan pertanian pangan (termasuk sawah) di sejumlah lokasi di Sumatera Utara, Sumatera Barat, Jambi, Sumatera Selatan, dan Riau dikonversi pula menjadi kebun-kebun sawit.

Dalam lingkup makro, perkembangan industri sawit berkontribusi sangat besar pada perekonomian nasional. Ini terbukti dari penciptaan nilai tambah, penciptaan kesempatan kerja, dan penerimaan devisa. Sebagai ilustrasi, dalam lima tahun terakhir, sub sektor perkebunan merupakan satu-satunya sub sektor pertanian yang memiliki neraca perdagangan positif (Tabel Lampiran 1). Bagi wilayah yang bersangkutan, pesatnya perkembangan agribisnis kelapa sawit merupakan salah satu sumber penerimaan daerah yang penting dan mampu mendorong pertumbuhan ekonomi wilayah tersebut serta berkontribusi dalam pengurangan angka kemiskinan. Oleh karena itu dalam batas-batas tertentu agribisnis kelapa sawit dapat dipandang sebagai primer mover pertumbuhan sektor pertanian khususnya, dan perekonomian wilayah pada umumnya.

Agribisnis kelapa sawit (dan karet) memiliki daya dorong pertumbuhan output, nilai tambah, dan pendapatan yang sangat tinggi. Sebagai ilustrasi, pada dalam periode 1995 - 2005 efek pengganda (*multiplier effect*) total untuk komoditas sawit dalam pembentukan output, nilai tambah, dan pendapatan telah meningkat masing-masing 13, 7, dan 19 persen; sedangkan untuk komoditas karet dengan urutan yang sama meningkat 0.4, 8, dan 1 persen (Tabel Lampiran 2).

URGENSI SISTEM PENGELOLAAN BERBASIS KEBERLANJUTAN

Melihat peranannya dalam perekonomian kawasan dan nasional yang sangat strategis maka sejumlah eksekutif negatif yang muncul seiring dengan perkembangan agribisnis kedua komoditas tersebut perlu ditangani secara bijaksana. Pertama, eksekutif negatif yang terkait dengan emisi gas rumah kaca yang diakibatkan oleh konversi lahan gambut menjadi lahan perkebunan sawit. Kedua, eksekutif negatif yang terkait dengan konflik-konflik penguasaan lahan antara perkebunan besar dengan komunitas setempat. Ketiga, eksekutif negatif yang terkait dengan menurunnya kapasitas produksi pangan akibat konversi lahan pangan menjadi lahan sawit dan atau karet.

Nilai ekonomi pelestarian sumberdaya lahan gambut sangat tinggi dan dalam jangka panjang bukan tidak mungkin lebih tinggi dari nilai ekonomi eksploitasinya. Namun jawaban atas persoalan jangka panjang tidak mungkin dapat dicapai jika persoalan jangka pendek dan menengah juga tidak diatasi. Terkait dengan itu maka Indonesia terus berupaya mencari berbagai terobosan dan dalam rangka penyempurnaan model pengelolaan lahan gambut berkelanjutan. Sebagai bagian dari strategi pengelolaan lahan berkelanjutan tersebut adalah pemberlakuan moratorium gambut. Dalam tataran praktis, esensi dari sistem pengelolaan lahan gambut berkelanjutan dapat dipandang sebagai rekonsiliasi atas sasaran jangka pendek (sarat muatan ekonomi) dengan sasaran jangka menengah – panjang (sarat muatan lingkungan). Konkritnya adalah mengupayakan agar pendayagunaan lahan gambut harus berbasis pada prinsip-prinsip pembangunan pertanian berkelanjutan dimana emisi GRK diminimalkan dan sebisa mungkin ikut berkontribusi dalam sekuestrasi karbon, namun pada saat yang sama kepentingan finansial, ekonomi, kesempatan kerja, dan pengentasan kemiskinan juga tercapai sasarnya.

Adalah fakta bahwa salah satu masalah mendasar yang dihadapi dalam pembangunan pertanian nasional yang sampai saat ini belum terpecahkan adalah aspek pertanahan. Di beberapa wilayah, terutama di luar Pulau Jawa masih banyak sekali dijumpai dualisme kelembagaan penguasaan tanah. Sangat banyak dijumpai kasus-kasus *incompatibility* antara hukum pertanahan nasional (formal) dengan hukum adat yang dianut masyarakat setempat. Batas yurisdiksi, aturan representasi, dan masalah kepemilikan dalam organisasi sosial di bidang penguasaan tanah yang dianut komunitas lokal di wilayah yang bersangkutan tidak mudah diintegrasikan dalam aturan formal yang mengacu pada Undang-Undang Pertanahan Nasional. Kondisi tersebut merupakan salah satu sumber timbulnya konflik-konflik sosial dalam pendayagunaan sumberdaya lahan. Dalam sejumlah kasus, solusi atas konflik-konflik tersebut belum dapat diformulasikan dalam suatu mekanisme hukum yang berlaku umum karena paradigma yang dianut dalam masyarakat adat sangat beragam dan kadang-kadang diametral dengan sudut pandang yang dianut dalam hukum formal.

Dalam sistem pengelolaan gambut berkelanjutan, konflik yang telah terjadi maupun sumber-sumber konflik tersebut harus diposisikan sebagai bagian integral dari strategi kebijakan. Justifikasinya adalah sebagai berikut. Pertama, sistem pengelolaan berkelanjutan berpijak pada paradigma peningkatan produktivitas berbasis prinsip kelestarian. Dalam konteks demikian itu, konflik penguasaan tanah kontraproduktif untuk introduksi teknologi dan kelembagaan sistem pengelolaan berkelanjutan. Kedua, konflik penguasaan tanah menyebabkan keuntungan ekonomi dari pengembangan agribisnis (misalnya sawit) menjadi lebih rendah bahkan mungkin merugi. Akibatnya, akumulasi manfaat yang semestinya dapat dimanfaatkan untuk mendukung aksi-aksi mitigasi menipis bahkan mungkin menjadi nol. Ketiga, eksistensi konflik yang tidak tertangani dengan baik adalah munculnya penjarahan atas aset-aset produktif termasuk sumberdaya alam (lahan gambut) yang belum dimanfaatkan.

Pencegahan atau setidaknya minimalisasi konversi lahan-lahan pangan menjadi lahan perkebunan sawit (dan karet) sangat dirasakan urgensinya. Tidak semua rumah tangga di kawasan yang bersangkutan merupakan petani perkebunan, sementara itu semua orang tentu butuh pangan. Secara teoritis, meningkatnya ketergantungan pangan dari daerah lain tidak menjadi masalah sepanjang daya beli masyarakat di wilayah tersebut tinggi. Namun dalam tataran praktis tidaklah sesederhana itu persoalannya. Adalah fakta bahwa seiring dengan konversi lahan sawah di sejumlah sentra produksi beras maka peningkatan kapasitas produksi pangan menjadi sangat lambat. Akibatnya, kemampuan daerah-daerah yang secara tradisional merupakan sumber pasokan pangan juga menurun. Pada gilirannya, kondisi demikian itu menyebabkan tingkat ketahanan pangan nasional menurun dan tentu saja menyentuh pula wilayah-wilayah perkebunan yang dimaksud di atas.

STRATEGI PENGEMBANGAN PENGELOLAAN GAMBUT BERKELANJUTAN

Strategi umum pengembangan sistem pengelolaan gambut berkelanjutan adalah mensinergiskan upaya-upaya minimalisasi konversi lahan gambut alami dan peningkatan produktivitas usahatani pada lahan-lahan gambut yang telah tergarap berbasis teknologi ramah lingkungan dan pengurangan emisi karbon.

Pembangunan pemanfaatan lahan gambut ke depan perlu diarahkan untuk mencapai keberlanjutan (*sustainability*) dan sekaligus meminimalkan dampak negatif lingkungan, termasuk di antaranya penurunan emisi GRK. Penurunan produksi pangan dan meningkatnya bencana alam akibat pergeseran pola dan intensitas musim adalah dampak perubahan iklim yang mulai kita rasakan. Pengurangan emisi GRK dapat ditempuh melalui berbagai pendekatan, termasuk di antaranya melalui pengurangan deforestasi dan Degradasi Hutan (*Reduction Emission from Deforestation and Forest*

Degradation, REDD+) dan dari berbagai sektor, menjadi sebuah pilihan ekonomi yang positif dalam transisi ekonomi Indonesia menuju ekonomi rendah karbon karena berpotensi mengurangi emisi karbon dan meningkatkan pendapatan nasional Indonesia di masa depan.

Dalam pengurangan emisi GRK terutama karbon dioksida, Indonesia melakukannya tanpa mengorbankan pembangunan di sektor lain serta kesejahteraan masyarakat. Pembangunan pertanian yang dilakukan dengan prinsip “*pro-growth, pro job, pro-poor, and pro-environment*” kesempatan ini mempunyai urgensi untuk penurunan tingkat kemiskinan dan pemenuhan kebutuhan akan pertumbuhan ekonomi. Pemerintah menargetkan perkembangan ekonomi sebesar 7% per tahun.

Selain sebagai sumber emisi dan sebagai sektor yang rentan terhadap perubahan iklim, sektor pertanian juga (khususnya lahan gambut) dapat berperan dalam memitigasi perubahan iklim. Jumlah emisi dari sektor pertanian dapat dikurangi melalui berbagai usaha mitigasi. Proses pertumbuhan tanaman, terutama tanaman tahunan (tanaman pohon-pohonan) menyerap CO₂ dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan menjadikannya sebagai bagian dari jaringan tanaman penyimpan senyawa karbon organik. Melalui rehabilitasi lahan padang alang-alang dan semak belukar dengan penanaman tanaman tahunan seperti tanaman karet, kelapa sawit dan kakao, sektor pertanian dapat merupakan penambat karbon (*karbon sink*).

KESIMPULAN

Dalam menurunkan emisi GRK terutama karbon dioksida, diharapkan Indonesia melakukannya tanpa mengorbankan pembangunan di sektor lain serta kesejahteraan masyarakat. Pembangunan pertanian yang dilakukan dengan prinsip “*pro-growth, pro job, pro-poor, and pro-environment*” kesempatan ini mempunyai urgensi untuk penurunan tingkat kemiskinan dan pemenuhan kebutuhan akan pertumbuhan ekonomi.

Sistem pengelolaan lahan gambut berkelanjutan dengan pendekatan mengintegrasikan aspek sosial budaya, ekonomi, dan teknologi tepat guna yang sarat muatan aspek lingkungan adalah salah satu strategi yang dipandang tepat untuk mengatasi masalah emisi GRK. Selain sebagai sumber emisi dan sebagai sektor yang rentan terhadap perubahan iklim, sektor pertanian juga (khususnya lahan gambut) dapat berperan dalam memitigasi perubahan iklim, terutama dengan mengusahakan tanaman tahunan.

DAFTAR PUSTAKA

- IFCA. 2007. Peatland Use in Indonesia. Dalam Anggraeni, L (2011). Analisis Ekonomi Mitigasi Penurunan Emisi di Lahan Gambut. Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor.
- Miettinen, J., A. Hooijer, D. Tollenaar, S. Page, C. Malins, R. Vernimmen, C. Shi, and S. C. Liew. 2012. Historical Analysis and Projection of Oil Palm Plantation Expansion on Peatland in Southeast Asia. White Paper Number 17. The International Council on Clean Transportation. www.theicct.org
- Strack, M. 2008. Peatlands and Climate Change. International Peat Society, Vapaudenkatu 12, 40100 Jyväskylä, Finland. 227 p.
- UNEP and UNESCO 2007. The last stand of the orangutan, 2007. State of emergency: illegal logging, fire and palm oil in Indonesia's National Parks.

Tabel Lampiran 1. Perkembangan neraca perdagangan pertanian 2006 – 2010

Subsektor	Deskripsi	Nilai (juta US\$)				
		2006	2007	2008	2009	2010
Tanaman Pangan	Ekspor	258.5	254.3	332.5	308.5	495.7
	Impor	2 290.4	3 276.6	4 575.5	3 787.3	4 907.0
	Neraca	(2 031.9)	(3 022.3)	(4 243.0)	(3 478.8)	(4 411.3)
Hortikultura	Ekspor	225.8	206.7	403.4	331.3	355.1
	Impor	520.0	732.8	837.0	980.7	1 171.2
	Neraca	(294.2)	(526.1)	(433.6)	(649.4)	(816.0)
Perkebunan	Ekspor	12 279.4	13 310.9	24 461.1	18 498.1	26 998.6
	Impor	1 173.7	1 550.8	2 143.1	1 903.0	3 013.4
	Neraca	11 105.7	11 760.1	22 318.1	16 595.1	23 985.2
Pternakan	Ekspor	298.5	240.2	412.4	258.6	257.4
	Impor	1 023.8	1 337.7	2 038.3	1 824.7	2 387.3
	Neraca	(725.3)	(1 097.5)	(1 625.9)	(1 566.1)	(2 129.9)
Total	Ekspor	13 062.3	14 012.2	25 609.5	19 396.6	28 106.8
	Impor	5 007.9	6 897.9	9 593.8	8 495.7	11 478.8
	Neraca	8 054.4	7 114.3	16 015.7	10 900.8	16 628.0

Sumber: BPS dan Subdit A-PE, Dit. Pemasaran Internasional, diolah

Tabel Lampiran 2. Nilai pengganda total sektor sawit dan karet dalam struktur ekonomi Indonesia, 1995 dan 2005

Sektor ekonomi	Tahun 1995	Tahun 2005	Perubahan (%)
Sawit			
Pengganda output	1.804	2.044	13.3
Pengganda income	1.722	1.841	6.9
Pengganda value added	1.573	1.870	18.9
Karet			
Pengganda output	2.315	2.324	0.4
Pengganda income	1.532	1.653	7.9
Pengganda value added	2.008	2.028	1.0

Sumber: BPS, diolah

Nurhayati, Ali Jamil, Ida Nur Istina, Yunizar, Hery Widyanto

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, Jl. Kaharudin Nasution No. 341 Padang Marpoyan, Pekanbaru 10210, Riau, Telp/Fax: 0761– 35641/674206 (bptp-riau@litbang.deptan.go.id)

Abstrak. Pemanfaatan lahan gambut untuk usaha perkebunan kelapa sawit lebih menguntungkan dibandingkan dengan tanaman semusim. Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman tahunan berakar dalam dan tidak memerlukan pengolahan tanah yang intensif, sehingga daya dukung kesuburan tanah gambut lebih memadai dan dapat mengurangi percepatan laju penyusutan ketebalan gambut. Masalah muncul saat tanaman belum menghasilkan. Tajuk tanaman yang belum menutupi permukaan gambut dapat mempercepat penyusutan ketebalan gambut dan meningkatkan emisi gas rumah kaca (GRK). Permasalahan ini dapat diminimalkan dengan penanaman lahan sela dengan tanaman semusim. Dasar pendekatan dari teknologi yang diaplikasikan adalah sistem produksi yang menguntungkan dan menurunkan laju emisi GRK menggunakan amelioran. Bahan amelioran yang digunakan adalah Pugam A, Pugam T, kompos tandan kosong sawit, pupuk kandang, dan tanah mineral. Hasil aplikasi amelioran dan pemupukan menunjukkan perubahan keragaan tanaman kelapa sawit yang ditandai dengan warna daun yang lebih hijau dan mengkilap serta pertambahan jumlah pelepah rata-rata 3 pelepah per pohon/bulan. Keragaan tanaman jagung Sukmaraga terlihat bahwa amelioran kompos tandan kosong sawit memperlihatkan pertumbuhan terbaik dibanding perlakuan lainnya.

Katakunci: lahan gambut, kelapa sawit, tanaman sela, amelioran, jagung

Abstract. The use of peat lands for oil palm plantation is more profitable than annual crops. Oil palms a perennial plant with deep rooted and does not require intensive plowing, so that the bearing capacity of peat is more adequate soil fertility and can reduce the accelerated rate of depreciation of the thickness of the peat. Problems of ten occur when the palm trees do not produce. Plant canopy which has not closed surface can accelerate the shrinkage of peat and peat thickness increases emissions of greenhouse gases (GHGs). This problems can be minimized with intercrops. Basic approach of the applied technology is a profitable production system and reduce the rate of GHG emissions using amelioran. Amelioran materials used are Pugam A, Pugam T, compost of palm empty fruit bunches, manure and mineral soil. The results of fertilizer and ameliorant applications shows changes appearance of oil palm trees marked with a greenleaf color and gloss as well as the increase in average leaf midrib 3 per tree/month, for the appearance of maize “Sukmaraga” seen that compost of palm empty fruit bunches amelioran showed the best growth compared to other treatments.

Keyword: peatland, oil palm, intercrops, ameliorant, maize.

PENDAHULUAN

Luas lahan gambut di Provinsi Riau (termasuk tanah mineral bergambut) adalah 4.043.602 hektar dan tersebar di 12 wilayah kabupaten. Urutan luas lahan gambut dimulai dari yang terluas yaitu Kabupaten Indragiri Hilir (983 ribu ha, atau 24,3%), Bengkalis (856 ribu ha, atau 21,2%), Pelalawan (680 ribu ha, atau 16,8%), Siak (504 ribu ha, atau 12,5%), Rokan Hilir (454 ribu ha, atau 11,2%), Indragiri Hulu (222 ribu ha, atau 5,5%), Dumai sekitar 3,95%, dan Kepulauan Riau 0,04% (Wahyunto *et al.* 2005).

Lahan gambut pada dasarnya memiliki potensi untuk dikembangkan secara luas baik untuk perkebunan maupun tanaman pangan. Namun dewasa ini sorotan terhadap pengembangan lahan gambut untuk kegiatan tersebut begitu besar terutama bila dikaitkan dengan pembukaan lahan dengan pembakaran dan perambahan hutan yang menyebabkan meningkatnya emisi CO₂ ke atmosfer.

Lahan gambut memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian. Namun pengembangan lahan gambut menjadi areal perkebunan kelapa sawit dan tanaman pangan mendapat sorotan dunia internasional karena berpengaruh pada meningkatnya emisi karbon ke udara. Lahan gambut menyimpan cadangan karbon sangat besar. Karbon tersebut telah tersimpan dalam kurun waktu yang sangat lama hingga 20 ribu tahun. Oleh karena itu lepasnya karbon ke udara bebas harus dikendalikan agar tidak menjadi penyebab pemanasan global (Strack, 2008 dan Las *et al.* 2009).

Emisi karbon dari lahan gambut dianggap sebagai penyumbang terbesar emisi karbon di Indonesia dan menjadikan Indonesia sebagai emiter gas rumah kaca terbesar ke-3 di dunia. Namun demikian, data emisi karbon dari lahan gambut ini diduga mengandung ketidakpastian yang tinggi. Hal ini disebabkan karena data spasial dan karakteristik lahan gambut sangat terbatas. Perhitungan besarnya total emisi karbon dari lahan gambut didasarkan atas generalisasi kondisi gambut di Indonesia. Faktanya bahwa gambut tropis di Indonesia memiliki variasi yang sangat besar baik yang menyangkut ketebalan, kematangan, kadar air maupun bulk density (Furukawa *et al.* 2005).

Pemanfaatan lahan gambut untuk usaha perkebunan kelapa sawit lebih menguntungkan dibandingkan dengan tanaman semusim, karena tanaman kelapa sawit berakar dalam dan tidak memerlukan pengolahan tanah yang intensif, sehingga daya dukung kesuburan tanah gambut lebih memadai dan dapat mengurangi percepatan laju penyusutan ketebalan gambut. Masalah sering terjadi pada saat tanaman kelapa sawit belum menghasilkan, saat itu petani belum dapat memperoleh pendapatan, selain itu tajuk tanaman belum menutup permukaan gambut sehingga mempercepat penyusutan ketebalan gambut dan meningkatkan emisi gas rumah kaca (GRK). Permasalahan di atas dapat diminimalisasi dengan pemanfaatan lahan sela dengan tanaman semusim.

Pengembangan kelapa sawit di lahan gambut hendaknya menerapkan prinsip-prinsip keberlanjutan pengelolaan lahan, antara lain melalui pengaturan tinggi muka air tanah dan pemberian bahan amelioran yang dapat meningkatkan kesuburan dan menurunkan emisi GRK. Pengelolaan lahan gambut berkelanjutan yang dapat meningkatkan kapasitas absorpsi karbon dan menghambat laju emisi GRK saat ini baru bersifat teoritis dan parsial, dan belum ada studi jangka panjang yang bersifat on spot yang dapat ditunjukkan kepada petani ataupun pengguna lahan gambut skala luas. Oleh karena itu, perlu dibuat demonstration plot (demplot) pertanian lahan gambut yang menerapkan prinsip-prinsip keberlanjutan lingkungan.

Tujuan kegiatan ini adalah pengembangan demplot teknologi pengelolaan lahan gambut berkelanjutan untuk produksi pertanian dengan perlakuan pemberian amelioran dan pemupukan sesuai dengan tipologi lahan. Dasar pendekatan dari teknologi yang diaplikasikan adalah sistem produksi yang menguntungkan dan menurunkan laju emisi gas rumah kaca (GRK). Bahan amelioran yang digunakan dalam penelitian sebanyak 5 jenis.

BAHAN DAN METODE

Lokasi demplot kegiatan berada di Desa Lubuk Ogong Kecamatan Bandar Sei Kijang Kabupaten Pelalawan, seluas 5 ha (250x200 m). Kegiatan dilaksanakan dari bulan September 2010 sampai dengan November 2011. Kegiatan diawali oleh penentuan lokasi demplot dan survei sumberdaya lahan. Tujuan utama dari survei sumberdaya lahan untuk mengumpulkan informasi sifat-sifat lahan gambut dan lingkungannya.

Persiapan Lahan

Kegiatan persiapan lahan meliputi: (i) pembersihan lahan, (ii) penetapan layout dan plot penelitian berdasarkan perlakuan yang akan diterapkan, dan (iii) penyiapan bahan, serta (iv) pembuatan piringan. Setiap satu perlakuan terdiri atas 5 gawangan/lorong tanaman kelapa sawit dengan panjang lorong 180 m (22 pohon kelapa sawit). Jagung ditanam pada gawangan sebagai tanaman sela.

Persiapan bahan mencakup: 1) persiapan aplikasi amelioran dan pemupukan yaitu penimbangan amelioran dan pupuk berdasarkan dosis yang sudah ditetapkan, 2) pemberian amelioran sesuai perlakuan pada tanaman kelapa sawit dan penanaman jagung sebagai tanaman sela sekaligus ameliorasi berdasarkan perlakuan.

Amelioran dan pupuk ditimbang secara rinci untuk masing-masing perlakuan dan gawangan, dengan menggunakan timbangan 10 kg untuk pupuk makro dan timbangan elektrik untuk pupuk mikro. Amelioran pada tanaman kelapa sawit diberikan pada

piringan di bawah tajuk daun dengan lebar piringan 1 mata cangkul dan dalam piringan kurang lebih 5-10 cm. Sebelum ditaburkan, amelioran dan pupuk dicampur secara merata dan ditutup kembali setelah ditaburkan.

Pemberian Amelioran Tanaman Sawit dan Jagung Sukmaraga

Aplikasi amelioran serta pupuk makro dan mikro pada tanaman jagung dilakukan dengan sistem tugal sejauh 5–7 cm dari lubang tugal benih jagung. Baik amelioran maupun pupuk dicampur secara merata, diletakkan dilubang tugal dan ditutup dengan tanah. Jarak tanam jagung adalah 40x40 cm dengan jumlah benih 2 biji per lubang tanam. Dua minggu setelah penanaman dilakukan penyulaman terhadap tanaman yang tidak tumbuh. Dosis amelioran untuk kelapa sawit dan jagung var. Sukmaraga selengkapnya disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut, sedangkan untuk komposisi bahan amelioran disajikan pada Tabel 3.

Tabel 1. Dosis pupuk dan amelioran untuk tanaman kelapa sawit

No	Perlakuan	Kelapa sawit											
		Awal								Setelah 6 bulan			
		Amelioran	Urea	TSP	KCl	CuSO ₄	ZnSO ₄	Borax	MgO	Amelioran	Urea	TSP	KCl
					(kg/pohon)						(kg/pohon)		
1	Pugam A	4	0,9	-	1,0	0,15	0,15	0,30	0,25	2	0,9	-	1,0
2	Tanah mineral	20	0,9	1,4	1,0	0,15	0,15	0,30	0,25	-	0,9	1,4	1,0
3	Pugam T	4	0,9	-	1,0	0,15	0,15	0,30	0,25	2	0,9	-	1,0
4	Kontrol	-	0,9	1,4	1,0	0,15	0,15	0,30	0,25	-	0,9	1,4	1,0
5	Tankos sawit	10	0,9	1,4	1,0	0,15	0,15	0,30	0,25	-	0,9	1,4	1,0
6	Pupuk kandang	10	0,9	1,4	1,0	0,15	0,15	0,30	0,25	-	0,9	1,4	1,0

Tabel 2. Dosis amelioran dan pupuk untuk tanaman jagung var. Sukmaraga

No	Perlakuan	DOSIS								
		Amelioran	Urea	TSP	KCl	Dolomit	Kieserit	Terusi (CuSO ₄)	ZnSO ₄	Tawas besi
						(kg ha ⁻¹)				
1	Pugam A	1.500	400	0	100	1000	100	15	10	15
2	Tanah mineral	4000	400	160	100	1000	100	15	10	15
3	Pugam T	1.500	400	0	100	1000	100	15	10	15
4	Kontrol	0	400	160	100	1000	100	15	10	15
5	Tankos sawit	4000	400	160	100	1000	100	15	10	15
6	Pupuk kandang	40000	400	160	100	1000	100	15	10	15

Bahan amelioran yang ditambahkan ke dalam tanah gambut mempunyai karakteristik seperti pada Tabel 3. Pugam A dan Pugam T yang mengandung kation polivalen Ca, Mg, Fe, Al tinggi (Subiksa, 2010) diharapkan dapat menetralsir asam-asam fenolat pada tanah gambut sehingga pertumbuhan tanaman sela jagung dan tanaman utama kelapa sawit akan lebih baik. Sedangkan kompos kotoran ayam dan tandan kosong kelapa sawit mempunyai kandungan hara yang lebih tinggi sehingga dapat memasok hara tanaman.

Tabel 3. Komposisi kimia bahan amelioran pugam A, pugam T, pupuk kandang, tanah mineral, dan tandan kosong sawit

Parameter	Jenis Amelioran				
	PUGAM A	PUGAM T	Pupuk kandang*	Tanah Mineral	Tandan kosong
Kadar air (%)	4,78	9,35	t.a.	t.a.	t.a.
pH	8,6	7,2	7,9	4,6	7,6
C-organik (%)	t.a.	t.a.	32,53	0,26	36,54
N-total (%)	t.a.	t.a.	2,19	0,09	1,05
C/N ratio	t.a.	t.a.	14,85	2,88	34,08
P ₂ O ₅ (%)	13,70	13,16	5,60	3,13 ppm	1,63
K ₂ O (%)	0,04	0,04	7,65	t.a.	6,64
CaO (%)	28,27	27,20	t.a.	t.a.	t.a.
MgO (%)	8,16	5,26	t.a.	t.a.	t.a.
Fe (%)	8,72	5,87	t.a.	t.a.	t.a.
Al (%)	5,61	7,31	t.a.	t.a.	t.a.
Mn (ppm)	5608	1663	t.a.	t.a.	t.a.
Cu (ppm)	905	1192	t.a.	t.a.	t.a.
Zn (ppm)	1503	1460	t.a.	t.a.	t.a.

Keterangan: *) kotoran sapi

t.a = tidak terukur

Pengamatan

Pengamatan agronomis pertumbuhan tanaman jagung dilakukan terhadap tinggi tanaman, berat brangkasan, dan berat tongkol. Pengamatan agronomi dilakukan terhadap 15 tanaman sampel untuk setiap perlakuan amelioran. Tanaman kelapa sawit (tanaman utama) yang diamati adalah jumlah daun, lebar, dan diameter tajuk, dari 10 tanaman sampel. Data yang diperoleh disusun secara tabulasi dan dirata-ratakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kesuburan tanah lokasi demplot

Berdasarkan sistem taxonomi (Soil Survey Staff, 2010), tanah di lokasi demplot termasuk dalam Typic Haplohemists. Ketebalan gambut berkisar 500-600 cm, tingkat kematangan gambut lapisan atas saprik, lapisan bawah hemik, dan di sebagian wilayah lapisan atas hemik, lapisan dibawahnya juga hemik. Kedalaman air tanah pada musim penghujan sekitar 55- 80 cm, sedangkan pada musim kemarau sekitar 123 cm.

Kapasitas Tukar Kation (KTK) lapisan atas bervariasi antara 20-24 cmol/kg lapisan bawah bervariasi antara 80-125 cmol/kg. Kadar abu lapisan atas berkisar antara 10-20% dan lapisan bawah berkisar antara 4 -10%. Kandungan bahan organik (C-organic content) bervariasi antara 14,16%-50,15%. Hasil survai tanah di lokasi demplot Desa Teluk Ogong, Kec. Bandar Sei Kijang selengkapnya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Satuan peta tanah di lokasi demplot Desa Teluk Ogong, Kec. Bandar Sei Kijang

SPT	Klasifikasi Tanah (Soil Taxonomy, 2010) /Profil Perwakilan	Ketebalan Gambut	pH		Kadar abu		KTK		Kejenuhan Basa		LUAS	
			atas	bawah	atas	Bawah	Atas	Bawah	atas	Ba- wah	Ha	%
		--- cm ---				--- % ---		--- cmol(+)/kg ---		--- % ---		
1	Typic Haplohemists (HF3)	500 - 550	<3,5	3,5-4,0	10-20	<4	80-125	24-40	<20	<20	0,90	17,14
2	Typic Haplohemists (ST9)	500 - 550	<3,5	<3,5	10-20	10-20	80-125	24-40	20-35	<20	0,35	6,67
3	Typic Haplohemists (A27)	500 - 550	<3,5	3,5-4,0	10-20	4-10	24-40	24-40	<20	<20	0,33	6,29
4	Typic Haplohemists (HF3)	550 - 600	<3,5	3,5-4,0	10-20	<4	80-125	24-40	<20	<20	1,43	27,24
5	Typic Haplohemists (A3)	550 - 600	<3,5	<3,5	10-20	4-10	24-40	80-125	<20	<20	2,24	42,67
JUMLAH											5,25	100,00

Gambut saprik/hemik termasuk sesuai marginal (S_{3nr}) dengan faktor pembatas ketersediaan unsur hara yang rendah untuk tanaman kelapa sawit, jagung manis, dan sayuran. Pengembangan perkebunan kelapa sawit, jagung manis, dan sayuran di lahan gambut di kawasan (demplot) ini berpotensi menghasilkan keuntungan bagi petani dan perekonomian daerah, namun juga berpotensi meningkatkan net emisi GRK, terutama CO_2 .

Semakin dalam muka air tanah atau semakin dalam pembuatan saluran drainase di lahan gambut dalam suatu sistem usaha tani, akan semakin tinggi tingkat emisi GRK-nya. Menjaga kedalaman air tanah sedangkai mungkin, namun tidak mengurangi hasil tanaman, adalah pilihan pengelolaan yang perlu dipertimbangkan untuk mengurangi emisi GRK.

Pertumbuhan tanaman kelapa sawit

Pertumbuhan tanaman kelapa sawit diamati setiap bulan. Diameter tajuk dan jumlah pelepah tanaman kelapa sawit yang dipupuk dan diberi berbagai jenis amelioran tidak berbeda dibandingkan kontrol tanpa amelioran (Tabel 5 dan 6). Namun demikian, secara visual tampak adanya perubahan warna daun tanaman kelapa sawit yang semula kekuningan berubah menjadi lebih hijau.

Pemberian berbagai jenis amelioran seperti Pugam A, Pugam T, tanah mineral kompos tandan kosong, dan pupuk kandang kurang terlihat pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman kelapa sawit. Bahan mineral dan kation polivalen seperti: Fe, Mn, Ca, Mg yang terkandung dalam Pugam (Subiksa, 2010) maupun tanah mineral kurang berpengaruh menetralkan asam-asam fenolat yang kadarnya cukup tinggi pada gambut di lokasi penelitian yang kedalamannya sekitar 500-600 m. Akibatnya pemberian bahan amelioran kurang terlihat pengaruhnya dalam jangka pendek (8 bulan) pada pertumbuhan tanaman kelapa sawit.

Tabel 5. Pertumbuhan diameter tajuk kelapa sawit pada pemberian berbagai jenis amelioran

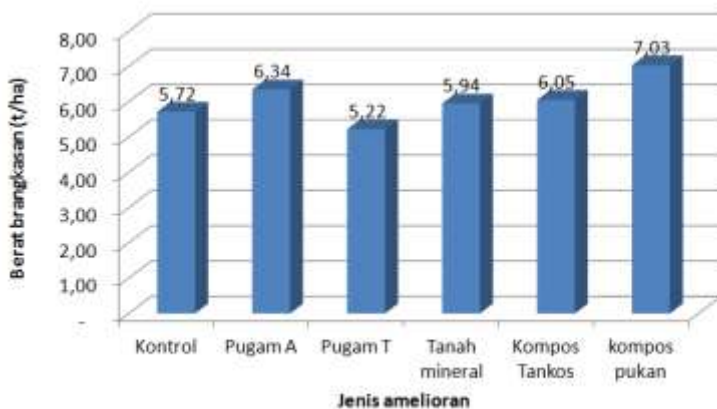
Pengamatan	Rata-rata diameter tajuk (m)					
	Kontrol	Pugam A	Pugam T	Pukan	T.mineral	Tankos
Februari	5,37	5,57	5,28	5,06	5,69	5,13
Maret	6,12	6,26	5,89	5,85	6,23	5,79
April	6,47	6,26	6,12	6,28	6,38	6,28
Mei	6,52	6,37	6,34	6,38	6,54	6,38
Juni	6,60	6,28	6,38	6,56	6,40	6,47
Juli	6,89	6,56	6,65	6,88	6,65	6,83
Agustus	6,79	6,75	6,85	6,91	6,68	6,81
September	7,03	6,43	6,75	6,98	6,71	6,94
Oktober	7,14	6,51	6,86	7,03	6,83	6,68

Tabel 6. Keragaan jumlah pelepah daun kelapa sawit pada pemberian berbagai jenis amelioran

Pengamatan	Rata-rata jumlah pelepah (buah)					
	Kontrol	Pugam A	Pugam T	Pukan	T. mineral	Tankos
Februari	68	63	63	63	64	60
Maret	71	68	66	66	67	61
April	74	72	69	69	70	64
Mei	77	75	72	72	73	68
Juni	80	78	75	75	76	71
Juli	83	80	78	78	79	73
Agustus	86	83	81	80	82	77
September	90	86	84	83	86	81
Oktober	92	88	86	86	88	83

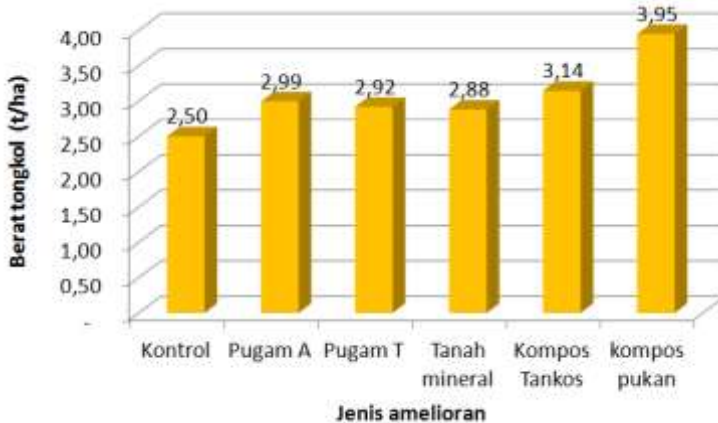
Pertumbuhan dan hasil tanaman jagung var. Sukmaraga

Pemberian amelioran pupuk kandang memberikan hasil brangkasan tertinggi dibandingkan perlakuan amelioran lain seperti Pugam A, kompos tandan kosong sawit, dan tanah mineral. Berat brangkasan terendah pada perlakuan kontrol dan Pugam T (Gambar 1).



Gambar 1. Keragaan berat kering brangkasan tanaman jagung var Sukmaraga pada pemberian berbagai jenis amelioran dalam sistem tanaman sela dengan kelapa sawit

Hasil jagung yang diukur dari berat tongkol jagung menunjukkan respon terhadap pemberian perlakuan amelioran. Hasil tertinggi diperoleh perlakuan pupuk kandang disusul oleh kompos tandan kosong sawit, tanah mineral, Pugam A, Pugam T, dan terendah pada kontrol (Gambar 2).



Gambar 2. Keragaan hasil tongkol jagung var Sukmaraga pada pemberian berbagai jenis amelioran dalam sistem tanaman sela dengan kelapa sawit

KESIMPULAN

1. Tanah di lokasi demplot adalah Typic Haplohemists dengan ketebalan gambut berkisar 500-600 cm, tingkat kematangan gambut lapisan atas hemik- saprik, lapisan bawah hemik.
2. Pengamatan agronomis tanaman kelapa sawit setelah dilakukan aplikasi amelioran dan pupuk terdapat perubahan. Keragaan tanaman kelapa sawit berubah setelah aplikasi amelioran, dan pupuk yang ditandai oleh warna daun yang lebih hijau mengkilap serta jumlah pelepah bertambah rata-rata 3 pelepah per pohon/bulan.
3. Amelioran kompos tandan kosong sawit menunjukkan pertumbuhan terbaik dibanding perlakuan lainnya. Berat tongkol jagung dari perlakuan kompos tandan kosong sawit menghasilkan 3,95 ton ha⁻¹.

DAFTAR PUSTAKA

- Furukawa, N., Inubushi, K., Ali, M., and Itang, A.M., Tsuruta, H. 2005. Effect of changing groundwater levels caused by land-use changes on greenhouse gas fluxes from tropical peat lands. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 71, 81–91.
- Soil Survey Staff. 2010. *Keys to Soil Taxonomy*, 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Subiksa, I G. Made. 2010. Pengembangan Fomula Amelioran dan Pupuk "Pugam" Spesifik Lahan Gambut Diperkaya Bahan Pengkhelat untuk Meningkatkan Serapan

Hara dan Produksi Tanaman > 50% dan Menurunkan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) >30%.<http://km.ristek.go.id/index.php/klasifikasi/detail/20885>.

Subiksa, I G.M. 2010. <http://km.ristek.go.id/index.php/klasifikasi/detail/20885>

Wahyunto, S. Ritung, dan H. Subagjo. 2005. Peta Luas Sebaran Lahan Gambut dan Kandungan Karbon di Pulau Sumatera, 1990 – 2002. Wetlands International - Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada (WHC).

Muhammad Noor

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Jl. Kebun Karet,
Loktabat Utara, Banjarbaru 70712; Telp/fax 0511 4772534 (balittra@deptan.litbang.go.id)

Abstrak. Lahan gambut memiliki sejarah panjang dari masa sebelum kolonial sampai era moratorium (2011-sekarang). Pemanfaatan lahan gambut berevolusi dari hanya sekedar untuk pemenuhan hidup sehari-hari dari pemanfaatan hanya beberapa borong berubah menjadi lahan usahatani dengan luasan usaha beberapa hektar, seterusnya menjadi usaha perkebunan komersial dengan skala ratusan hektar dan kemudian menjadi suatu usaha agribisnis modern dengan skala ribuan hektar. Pembukaan lahan gambut dimulai dari sistem handil atau parit kongsi oleh masyarakat setempat, seperti di Kalimantan, Sumatera, dan Sulawesi dengan areal puluhan hektar, berkembang menjadi skala skim dengan sistem anjir, sistem garpu, dan sistem sisir dengan luas pengembangan antara ribuan hektar, dan seterusnya sampai skala rice estate mega proyek dengan luas jutaan hektar. Berawal dari hanya dikenal secara tidak sengaja, kemudian berkembang menjadi lahan untuk budidaya pertanian dan sekarang malahan diwacanakan perlu rehabilitasi dan restorasi untuk kepentingan penyelamatan lingkungan. Sejarah pembukaan lahan gambut, berdasarkan waktu, cara, dan luas daerah yang dikembangkan dapat dibagi dalam 3 (tiga) era, yaitu (1) era periode 1945-1960an bentuknya apa?, (2) era periode 1969-1995an bentuknya apa? dan (3) era periode 1995-2000an bentuknya apa? Mengingat potensi dan fungsi lahan rawa dan gambut juga berkaitan dengan kekhasan keanekaragaman hayati dan sumber plasma nutfah yang dikandungnya, maka pengembangan dan pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan perlu mengintegrasikan antara aspek fungsi produksi, fungsi lingkungan, dan sosial-ekonomi masyarakat sekitarnya. Potensi lahan gambut yang maha luas dan sumber daya manusia Indonesia yang cukup besar merupakan modal utama yang sangat memungkinkan, selain kondisi lingkungan dan perkembangan teknologi yang menjadi pendukung sudah cukup tersedia. Pengembangan pertanian di lahan gambut dapat dipilah berdasarkan jenis komoditas yaitu: (1) tanaman semusim/pangan, (2) tanaman tahunan/perkebunan, (3) tanaman campuran (mix farming).

Katakunci: gambut, pembukaan lahan gambut, pertanian

PENDAHULUAN

Walaupun istilah rawa dan gambut masing-masing masuk dalam kosakata Bahasa Indonesia sejak tahun 1930an dan 1970an, tetapi penelitian tentang gambut sendiri sudah dilakukan jauh berabad-abad sebelumnya. Menurut Nugroho (2012), penyidikan terhadap lahan gambut sebagai salah satu tipologi lahan rawa di Indonesia telah dimulai sejak tahun 1860an oleh Bernelot Moens, disusul oleh John Anderson pada tahun 1700an, Wichmanp, Koorders, dan Potonie pada tahun 1900an. Keberadaan tanah gambut adalah di sekitar Riau. Bernelot Moens pada tahun 1864 mengemukakan tentang penemuan dari

seorang kapten angkatan darat Meyer yang melaporkan adanya gambut yang dapat digunakan sebagai bahan bakar di sekitar Siak Indrapura, Riau. Koorders yang menggiring ekspedisi Ijzerman melintasi Sumatera tahun 1865 melaporkan, penyebaran gambut sangat luas, hampir mencapai 1/5 total luas pulau Sumatera yang berupa hutan rawa sepanjang pantai timur pulau Sumatera (Soeprattohardjo dan Driessen, 1976).

Setelah merdeka, beberapa peneliti Belanda masih bekerja di Indonesia, diantaranya Polak, Druif, dan Schophuys. Kemudian setelah tahun 1965, yaitu awal Pelita I, pemerintah melalui Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S) (1969-1984) mulai melaksanakan pembukaan secara besar-besaran lahan pasang surut di Sumatera (Lampung, Sumsel, Riau, dan Jambi) dan Kalimantan (Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan) dengan melibatkan pihak perguruan tinggi sekaligus melakukan penelitian. Pada tahun 1971-1981 Driessen yang bekerja di Lembaga Penelitian Tanah (sekarang menjadi Balai Penelitian Tanah) banyak melakukan kunjungan ke banyak daerah gambut antara lain Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan, Riau, dan Jambi, bahkan sampai Sarawak di Kalimantan, Selangor di Semenanjung Malaysia (Nugroho, 2012).

Walaupun pengenalan lahan gambut sejak lama, tetapi pembukaan lahan gambut secara terencana dan intensif baru mulai dilakukan seiring dengan adanya Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S) yang merencana pembukaan 5,25 juta hektar untuk mendukung peningkatan penyediaan pangan nasional dan program transmigrasi. Pemanfaatan lahan gambut berevolusi dari hanya sekedar untuk pemenuhan hidup sehari-hari dari pemanfaatan hanya beberapa borong oleh masyarakat setempat berubah menjadi lahan usaha tani dengan skala luas beberapa hektar, seterusnya menjadi usaha perkebunan komersial dengan skala ratusan hektar bahkan suatu usaha agribisnis modern dengan luas ribuan hektar.

Pembukaan lahan gambut dimulai dari sistem handil atau parit kongsi dengan skala puluhan hektar, berkembang menjadi skala skim dengan sistem anjir, sistem garpu, atau sistem sisir dengan luas pengembangan antara 2-10 ribu hektar, dan seterusnya skala *rice estate* mega proyek (PLG) dengan luas 1 juta hektar. Berawal dari dikenal secara tidak sengaja, kemudian berkembang menjadi lahan untuk budidaya pertanian dan sekarang dihentikan sementara pembukaannya (Moratorium INPRES 10/2011). Tulisan ini mengemukakan tentang sejarah pembukaan dan pengembangan lahan gambut. Mengingat potensi dan fungsi lahan rawa dan gambut juga berkaitan dengan kekhasan keanekaragaman hayati dan sumber plasma nutfah yang dikandungnya, maka pengembangan dan pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan perlu mengintegrasikan antara aspek fungsi produksi, fungsi lingkungan, dan sosial-ekonomi masyarakat sekitarnya.

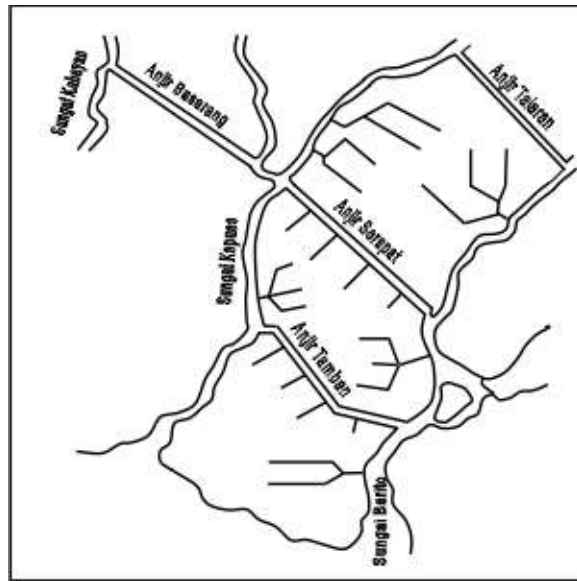
SEJARAH PEMBUKAAN LAHAN GAMBUT

Pembukaan dan pengembangan lahan gambut dapat diruntut mulai dari abad ke 13 pada era Kerajaan Majapahit. Raja Prabu Jaya sebagai keturunan Raja Brawijaya dari Kerajaan Majapahit pada zamannya dicatat telah mengadakan ekspansi dengan pembukaan lahan gambut untuk pemukiman dan pertanian di Daerah Aliran Sungai Pawan, Kalimantan Barat. Kemudian dilanjutkan oleh pemerintah Belanda yang tercatat pada tahun 1920an telah melakukan kolonisasi (sekarang disebut dengan transmigrasi) dengan menempatkan orang Jawa di rawa-rawa gambut Kalimantan tepatnya daerah Tamban dan Serapat serta pembukaan lahan gambut jalan sepanjang 40 km dari Banjarmasin-Martapura (Aluh-aluh, Kurau, Gambut). Waktu itu orang-orang Jawa “dipaksa” untuk membuka lahan rawa atau gambut secara konvensional dan menanaminya dengan tanaman kelapa dan karet.

Setelah Indonesia merdeka mulailah dilakukan survei-survei investigasi dan pendataan tentang rawa dan gambut yang lebih rinci, tetapi masih dibantu oleh beberapa tenaga ahli Belanda yang masih menetap di Indonesia, antara lain Schophuys (1952) yang telah mempromosikan sistem polder untuk pengembangan lahan rawa. Sejarah pengembangan rawa dan atau gambut, berdasarkan waktu dan cara serta luas wilayah yang dikembangkan dapat dibagi dalam 3 (tiga) era, yaitu (1) era periode 1945-1960an, (2) era periode 1969-1995an, dan (3) era periode 1995-2000an.

Era Periode 1945-1960an

Pembukaan rawa pertama di Indonesia digagas oleh Ir. Pangeran Mohammad Noor yang menjabat sebagai Menteri Pekerjaan Umum dan Tenaga (1956-1958) yang disebut dengan Proyek Dredge, Drain and Reclamation, yaitu menghubungkan dua sungai besar dengan membangun kanal sehingga akses ke lahan rawa dapat mudah dilakukan. Gagasan ini pada awalnya direncanakan meliputi pembuatan kanal (anjir) antara Banjarmasin-Pontianak (760 km) dan Palembang-Tanjung Balai (850 km). Namun kemudian berhasil hanya dibangun beberapa (km) saja dari yang direncanakan antara lain yang menghubungkan Sungai Barito (Kalimantan Selatan) dengan Kapuas Murung (Kalimantan Tengah) yaitu meliputi Anjir Serapat (28,5 km), Anjir Tamban (25,3 km), dan Anjir Talaran (26 km); antara Sungai Kahayan dengan Sungai Kapuas Murung (Kalimantan Tengah) yaitu Anjir Basarang (24,5 km), Anjir Kelampayan (20 km), dan beberapa anjir lainnya di Sumatera dan Kalimantan Barat (Gambar 1). Anjir pertama dibangun adalah anjir Serapat yang pada awalnya digali dengan tangan pada tahun 1886, kemudian direhabilitasi dengan penggalan kembali menggunakan kapal keruk pada tahun 1935.

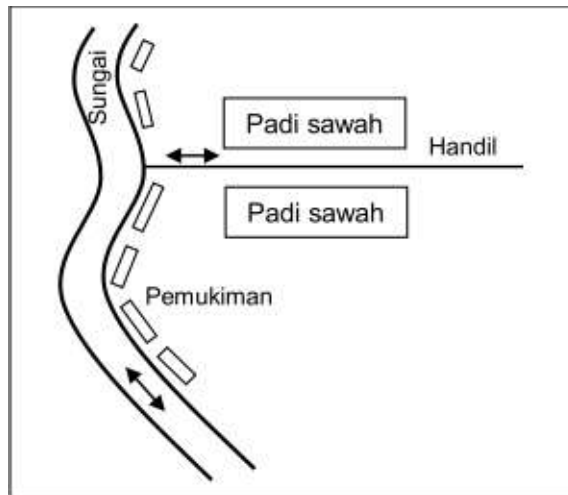


Gambar 1. Sistem anjin yang dibangun di Kalimantan Selatan

Dengan dibangunnya anjin tersebut berkembang pulalah pembukaan lahan dengan sistem handil yaitu sistem jaringan tata air yang dibuat mulai dari tepian sungai masuk ke pedalaman dengan ukuran lebar 2-3 meter, dalam 0,5-1,0 meter, dan panjang 2-3 km. Jarak antar handil 200-300 meter (Gambar 2). Adakalanya antar handil dihubungkan dengan saluran handil atau parit lainnya sehingga menyerupai susunan sirip ikan atau susunan tulang daun nangka. Ribuan handil dibangun masyarakat yang tinggal di sekitar rawa Kalimantan Selatan, handil tersebut umumnya diberi nama berdasarkan pada nama ketua kelompok atau orang yang dituakan yang menginisiasi pembuatan handil tersebut atau diberi nama lokasi/daerah tempat handil tersebut dibangun misalnya Handil Haji Ali, Handil Banyuur, Handil Barabai, dan lain sebagainya. Pada era saat ini wilayah rawa yang berkembang hanya di sekitar sepanjang anjin menjorok masuk 2-3 km sebatas kemampuan masyarakat membuat handil masuk ke dalam. Namun handil-handil yang dibuat masyarakat sekarang telah bertambah panjang mencapai 5-10 km masuk dari arah muara anjin.

Pada masa yang bersamaan Prof. Dr. Schophuys (1952) mulai merencanakan pembangunan polder di daerah lebak Alabio, pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Negara - Anak Sungai Barito, Kalimantan Selatan seluas 6.500-7.000 hektar dan polder daerah pasang surut Mentaren, tepian Sungai Kahayan, Kalimantan Tengah seluas 3.000 hektar dan beberapa polder lainnya di Sumatera. Pembangunan polder, khususnya polder Alabio menghadapi banyak kendala selain fisik juga masyarakat yang menjebol tanggul hingga sampai tahun 1972 dilakukan pemberhentian pembiayaan. Sejak 2010 pembangunan polder

Alabio tersebut kemudian dilanjutkan lagi dengan perbaikan dan penambahan bangun air dan saluran-saluran serta rumah pompa.



Gambar 2. Sistem handil

Era Periode 1969-1995an

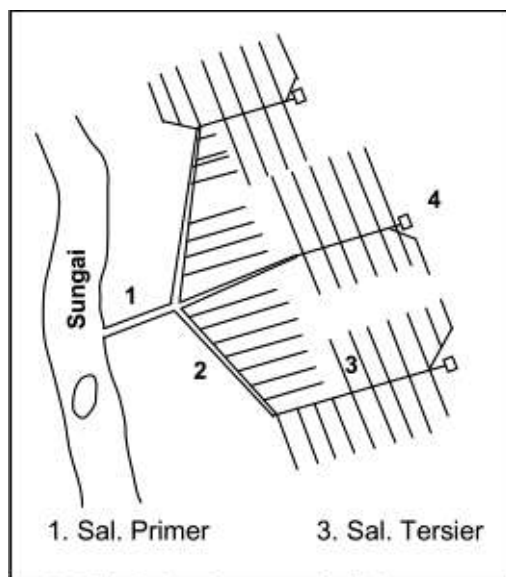
Kondisi ketersediaan pangan yang sangat memprihatinkan pada dekade 1970, dimana pemerintah telah mengimpor beras sekitar 2 juta ton beras sehingga cukup menguras devisa negara. Oleh karena itu pemerintah orde baru yang berkuasa pada waktu itu berupaya sedemikian rupa untuk meningkatkan ketersediaan pangan, yaitu salah satunya dengan cara pembukaan lahan rawa, yang direncanakan sekitar 5,25 juta hektar untuk sekaligus mendukung program peningkatan penyediaan pangan bersamaan dengan program transmigrasi dalam periode waktu 15 tahun. Proyek Pembukaan Persawahan Pasang Surut (P4S) dilaksanakan di bawah koordinasi Menteri Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik yang dijabat oleh Prof. Dr. Ir. Sutami. Dalam proyek ini telah berhasil dibuka sekitar 1,24 juta hektar lahan rawa yang terdiri atas 29 skim/jaringan tata air sistem garpu di Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah dan 22 skim/jaringan sistem sisir di Sumatera dan Kalimantan Barat (Gambar 3 dan 4). Beberapa daerah rawa yang telah dibangun ini telah berkembang menjadi kota-kota kabupaten, kecamatan bahkan kota provinsi yang menjadi sentra produksi pertanian dan pusat-pusat pertumbuhan ekonomi. Sampai tahun 1995, luas lahan rawa yang telah dibuka 1,18 juta hektar oleh pemerintah dan 3,0 juta hektar oleh masyarakat setempat secara swadaya. Dari keseluruhan luas lahan yang dibuka oleh pemerintah dimanfaatkan untuk sawah 688,740 hektar, tegalan 231,040 hektar dan 261,090 hektar untuk lain-lain, termasuk untuk perikanan atau budidaya. Sementara lahan rawa yang dibuka masyarakat setempat umumnya untuk pengembangan tanaman padi atau sawah dan perkebunan rakyat (Balittra, 2001; Noor, 2004). Di antara

daerah yang dibuka di atas dikenal sebagai lahan gambut dan komoditas yang dibudidayakan disajikan pada Tabel 1. Di antara daerah yang dikenal bermasalah kemudian antara lain Air Sugihan, Rantau Rasau, Pangkoh sehingga para transmigrasinya direlokasikan ke tempat lain.

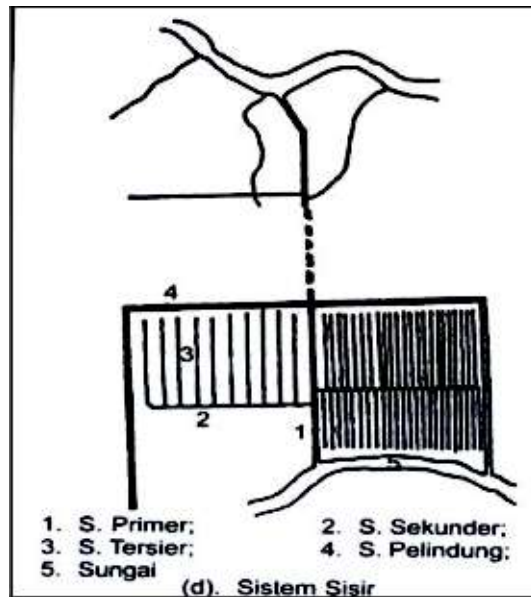
Tabel 1. Lokasi (UPT) lahan gambut yang dibuka untuk program transmigrasi 1970-1995

No	Provinsi	Nama UPT/Lokasi	Pola/Komoditas
1	Sumatera Selatan	Karang Agung, Delta Upang, Air Saleh, Air Sugihan, Air Telang, Pulau Rimau	Tanaman Pangan
2	J a m b i	Sungai Bahar, Rantau Rasau, Lagan Hulu	Perkebunan dan Tanaman Pangan
3	R i a u	Pulau Burung, Gunung Kateman, Delta Reteh, Sungai Siak	Perkebunan
4	Sumatera Barat	Lunang	Tanaman Pangan
5	Kalimantan Selatan	Tamban, Sakalagun	Tanaman Pangan
6	Kalimantan Barat	Rasau Jaya, Padang Tikar, Teluk Batang, Sei Bulan	Tanaman Pangan
7	Kalimantan Tengah	Pangkoh/Pandih Batu, Kanamit, Kantan, Talio, Maliku, Basarang, Sebangau, Seruyan, Lamunti (eks PLG Blok A)	Tanaman Pangan dan Perkebunan

Sumber: diadopsi dari Noor (2011)



Gambar 3. Sistem garpu



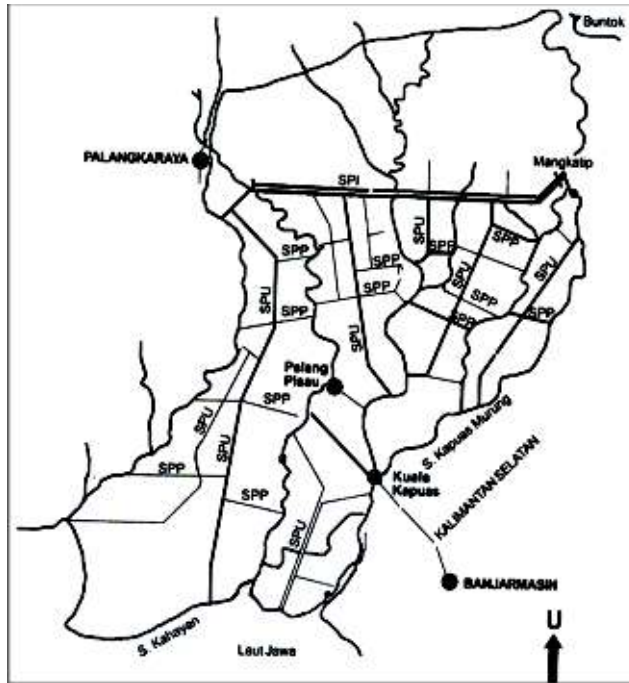
Gambar 4. Sistem sisir

Era Periode 1996-2000an

Masalah pangan kembali menjadi perhatian seiring dengan impor yang cukup besar pada tahun 1995. Impor beras Indonesia meningkat sejak tahun 1990an, padahal sebelumnya (1985) diakui oleh Badan Pangan Dunia (FAO) berhasil swasembada pangan. Indonesia ingin menjadi “gudang pangan dunia” maka Presiden Soeharto meminta Menteri Pekerjaan Umum yang dijabat oleh Radinal Muchtar dan menteri terkait lainnya untuk menyusun pembukaan sejuta hektar lahan rawa yang dikenal dengan Proyek Lahan Gambut Sejuta Hektar (*Mega Rice Estate Project*) di Kalimantan Tengah (1995-1999) dengan menerapkan Sistem Tata Air Satu Arah (Gambar 5). Namun proyek ini mengalami banyak hambatan yang sempat dihentikan tahun 1999 dan kemudian dilanjutkan kembali secara bertahap sejak tahun 2007-2011 (Inpres No2/2007). Pemerintah Provinsi Kalimantan Tengah merencanakan kerjasama dengan pemerintah Australia untuk membuka kembali sekitar 100 ribu hektar lahan PLG di atas menjadi *rice estate*.

Permasalahan yang dihadapi sekarang adalah semakin luasnya lahan bongkor atau lahan tidur di daerah rawa yang diperkirakan mencapai 600-800 ribu hektar. Hampir 50% dari lahan yang dibuka pada kawasan PLG Kalimantan Tengah juga terancam menjadi lahan tidur. Sebagian besar jaringan tata air yang telah dibangun pada periode 1970-1995 sudah banyak yang mengalami kemunduran dan kerusakan, termasuk di kawasan PLG

yang rusak karena pencurian terhadap besi-besi dan kayu-kayu penyusun bangunan air yang dilakukan masyarakat.



Gambar 5. Sistem jaringan saluran tata air PLG Sejuta Hektar

Berbeda dengan lahan irigasi, di mana air dapat diatur semaunya, maka di lahan rawa air yang mengatur kita. Oleh karena itu, apabila keliru dalam perkiraan musim tidak jarang akan mengalami gagal panen. Pengembangan lahan rawa tidak lebih adalah pekerjaan mengatur air sehingga diperlukan pembuatan saluran atau kanal, tanggul, pintu air, tabat, dan sebagainya yang bertujuan agar ketersediaan air buat tanaman dapat terpenuhi dan sekaligus lahan dapat mempertahankan kelembapan tanahnya. Kekeringan di lahan rawa dapat menurunkan produktivitas lahan akibat berubahnya sifat dan watak tanah setelah deraan kekeringan.

SEJARAH PENGEMBANGAN PERTANIAN DI LAHAN GAMBUT

Pembukaan lahan gambut dimulai dari sistem handil dengan skala puluhan hektar, berkembang menjadi skala skim dengan sistem anjir, sistem garpu, dan sistem sisir dengan luas pengembangan antara ribuan hektar, dan seterusnya skala rice estate mega proyek dengan luas sejuta hektar yang dikemukakan di atas. Berawal dari dikenal secara

tidak sengaja, kemudian berkembang menjadi lahan untuk budidaya tanaman pertanian/perkebunan dan sekarang dihentikan pembukaannya (moratorium). Mengingat potensi dan fungsi lahan rawa dan gambut juga berkaitan dengan kekhasan keanekaragaman hayati dan sumber plasma nutfah yang dikandungnya, maka pengembangan dan pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan perlu mengintegrasikan antara aspek fungsi produksi, fungsi lingkungan, dan sosial-ekonomi masyarakat sekitarnya.

Pembangunan dan pengembangan lahan gambut untuk pertanian berjalan seiring dengan komitmen pemerintah. Pengembangan lahan rawa dan atau gambut sebagai lumbung pangan dan energi untuk masa depan sangat strategis, meskipun barangkali tidak sedikit perbaikan yang diperlukan baik fisik maupun non fisik, termasuk sosial ekonomi dan budaya masyarakat yang harus dibenahi dan ditumbuhkembangkan. Potensi lahan gambut yang maha luas dan sumber daya manusia Indonesia yang cukup besar merupakan modal utama yang sangat memungkinkan, selain kondisi lingkungan dan perkembangan teknologi yang menjadi pendukung sudah cukup tersedia. Pengembangan pertanian di lahan gambut dapat dipilah berdasarkan komoditas yaitu: (1) tanaman semusim (pangan), (2) tanaman tahunan (perkebunan), dan (3) tanaman campuran (mix farming).

Pembukaan lahan gambut sejak awal ditujukan untuk mendukung kebijakan nasional tentang peningkatan produksi pangan, sehingga secara umum peruntukan lahan seluas 2,25 hektar dibagi untuk pekarangan 0,25 hektar ditanami padi, palawija, sayuran dan hortikultura, 1 hektar lahan usaha tani I ditanami tanaman semusim utamanya padi atau palawija, dan 1 hektar lahan usaha tani II ditanami tanaman tahunan. Dalam perkembangannya beberapa daerah yang dibuka seperti Pangkoh (Kalteng), Rasau Jaya (Kalbar), Siak (Riau), Wendang (Jambi), dan Air Sugihan (Sumsel) dilaporkan kurang berhasil pada awal-awalnya di antaranya karena sebagian gambut tebal > 3 m, pada substratum bawah didapati lapisan pirit atau pasir, dan intrusi air laut pada musim kemarau sehingga dilakukan relokasi bagi transmigran yang terlanjur menempati ke tempat yang lebih baik. Namun sebagian daerah dari lahan gambut yang dibuka ini berkembang dengan baik dan maju sehingga menjadi sentra produksi padi dan atau perkebunan seiring dengan penipisan gambut, pematangan tanah, dan perbaikan tata airnya seperti Delta Upang (Sumsel), Silaut Lunang (Sumbar), Pulau Burung (Riau), Suryakanta dan Gambut-Kertak Hanyar (Kalsel).

Hasil survei dan penelitian Balittra (2007) menunjukkan, bahwa pemanfaatan gambut sangat beragam dan sangat ditentukan atau dibatasi oleh pemahaman, pengalaman, atau persepsi petani dan masyarakatnya. Masing-masing suku (etnis) yang tinggal dan hidup di lahan gambut mempunyai persepsi dan cara-cara yang berbeda dalam memanfaatkan gambut sebagai sumber daya lahan pertanian, termasuk para pendatang dari etnis Jawa, Madura, Nusa Tenggara, Bali, dan lainnya yang mempunyai kebiasaan

usaha tani di lahan kering memandang lahan gambut berbeda-beda. Misalnya, petani suku Banjar memandang lahan gambut cocok untuk ditanami padi sawah, tetapi petani suku Jawa yang umumnya sebagai pendatang memandang lahan gambut cocok untuk ditanami palawija dan sayur-sayuran. Demikian juga suku-suku lainnya, seperti suku Bugis berpendapat bahwa lahan gambut lebih tepat ditanami padi sawah, nenas, dan kelapa seperti di Riau dan Kalimantan Timur, suku Dayak di Kalimantan Tengah berpendapat bahwa lahan gambut lebih cocok ditanami padi ladang, karet, rotan, jelutung, nibung atau sagu, dan buah-buahan seperti durian atau cempedak. Lain lagi, dengan suku Bali yang bermukim di Kalimantan memandang lahan gambut cocok untuk buah-buahan seperti nenas, cempedak berbeda dengan di

Sulawesi Barat mereka memandang lahan gambut cocok untuk tanaman jeruk dan coklat. Orang-orang Cina di Kalimantan Barat umumnya memandang lahan gambut lebih tepat untuk ditanami sayuran daun seperti sawi, ku cai (sejenis bawang daun), seledri, dan lidah buaya. Sementara suku Melayu di Riau memandang lahan gambut cocok ditanami nenas, kelapa, karet atau kelapa sawit. Gambar 6 dan 7 di bawah menunjukkan keragaan berbagai tanaman pangan, sayuran, dan hortikultura di lahan gambut pada berbagai lokasi di Kalimantan, Sumatera, dan Sulawesi.

Dalam sepuluh tahun terakhir ini perkembangan perkebunan, khususnya kelapa sawit berkembang sangat pesat di lahan rawa, khususnya lagi lahan gambut sehingga pemerintah perlu membatasi dengan terbitnya Permentan No. 14/2009 dan dilanjutkan kemudian Inpres No 10/2011. Diperkirakan 20% (1,5 juta hektar) perkebunan kelapa sawit yang ada sekarang menempati lahan gambut (Gambar 8). Fakta ini menunjukkan bahwa lahan gambut dapat dikembangkan sebagai lahan pertanian dengan jenis komoditas yang beragam. Hanya saja diperlukan cara pengelolaan dan pengembangan yang seharusnya memperhatikan sifat dan kelakuan dari gambut yang sangat spesifik seperti mudah amblas, mudah kering, dan mudah rusak selain memerlukan asupan yang cukup tinggi untuk mencapai produktivitas yang optimal.



Gambar 6. Tanaman kacang tanah, padi, sayuran ku cai, jagung tumpang sari dengan jeruk di lahan gambut Lamunti (Kalteng), Pontianak (Kalbar) dan Mamuju Utara (Sulbar) (Dok M. Noor dkk/Balittra, 2008).



Gambar 7. Keragaan tanaman lidah buaya (*Aloe sp*), nenas, pisang dan pepaya di lahan gambut/bergambut Kalbar, Sulbar, dan Kalteng (Dok M. Noor dkk/Balittra, 2008).



Gambar 8. Keragaan tanaman karet dan kelapa sawit di lahan gambut Kalteng, Kalbar, dan Kassel (Dok M. Noor dkk/Balittra, 2008).

PENUTUP

Pemanfaatan lahan gambut berevolusi dari hanya sekedar untuk pemenuhan hidup sehari-hari dari pemanfaatan hanya beberapa borong berubah menjadi lahan usaha tani dengan skala usaha beberapa hektar, seterusnya menjadi usaha perkebunan komersial dengan skala ratusan hektar dan kemudian menjadi suatu usaha agribisnis modern dengan skala ribuan hektar. Pembukaan lahan gambut dimulai dari sistem handil atau parit kongsi oleh masyarakat setempat di Kalimantan, Sumatera, dan Sulawesi dengan skala puluhan hektar, berkembang menjadi skala skim dengan sistem anjir, sistem garpu, dan sistem sisir dengan luas pengembangan antara ribuan hektar, dan seterusnya sampai skala *rice estate* mega proyek dengan luas jutaan hektar.

Sejarah pembukaan lahan gambut, berdasarkan waktu, cara, dan luas daerah yang dikembangkan dapat dibagi dalam 3 (tiga) era, yaitu (1) era periode 1945-1960an, (2) era periode 1969-1995an, dan (3) era periode 1995-2000an. Mengingat potensi dan fungsi lahan rawa dan gambut juga berkaitan dengan kekhasan keanekaragaman hayati dan sumber plasma nutfah yang dikandungnya, maka pengembangan dan pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan perlu mengintegrasikan antara aspek fungsi produksi, fungsi lingkungan, dan sosial-ekonomi masyarakat sekitarnya. Potensi lahan gambut yang maha luas dan sumber daya manusia Indonesia yang cukup besar merupakan modal utama yang

sangat memungkinkan, selain kondisi lingkungan dan perkembangan teknologi yang menjadi pendukung sudah cukup tersedia.

Fakta ini menunjukkan bahwa lahan gambut dapat dikembangkan sebagai lahan pertanian dengan jenis komoditas yang beragam. Hanya saja diperlukan cara pengelolaan dan pengembangan yang seharusnya memperhatikan sifat dan kelakuan dari gambut yang sangat spesifik seperti mudah amblas, mudah kering, dan mudah rusak selain memerlukan asupan yang cukup tinggi untuk mencapai produktivitas yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Balittra. 2001. 40 Tahun Balittra 1961-2001. Perkembangan dan Program Penelitian ke Depan Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa. Banjarbaru. 84 hlm.
- Balittra, 2007. Kearifan Lokal Pertanian di Lahan Rawa. Mukhlis, I. Noor, M. Noor, dan RS. Simatupang (editor). Balai Besar Litbang Sumber Daya lahan Pertanian. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru. 107 hlm
- Noor, M. 2004. Lahan Rawa : Sifat dan Pengelolaan Tanah Bermasalah Sulfat Masam. RajaGrafindo Persada. Jakarta. 239 hlm.
- Noor, M. 2011. Lahan Gambut : Pengembangan, Konservasi dan Perubahan Iklim. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 212 hlm
- Nugroho, K. 2012. Sejarah Penelitian Gambut Dan Aspek Lingkungan. Makalah Workshop Monitoring Teknologi Mitigasi dan Adaptasi Terkait Perubahan Iklim. Surakarta, 8 Desember 2011
- Schophuys, H.J. 1952. Bentuk dan tudjuan rentjana Polderplan Kalimantan: rentjana semula, keadaan sekarang, dan pertumbuhan selanjutnya. Insinjur Indonesia: 10. Oktober 1952.
- Soepraptohardjo M., and P.M. Driessen. 1976. The lowland peats of Indonesia, a challenge for the future. In Peat and Podsolc Soils and their potential for agriculture in Indonesia. Proc. ATA 106 Midterm Seminar. Bulletin 3. Soil Research Institute Bogor. pp 11-19.

Maswar

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar 12 Bogor 16114
(maswar_bhr@yahoo.com)

Abstrak. Dampak dari kebakaran pada lahan gambut lebih berbahaya dibandingkan kebakaran pada lahan kering (tanah mineral), karena selain terbakarnya vegetasi di permukaan, lapisan serasah dan material gambut juga ikut terbakar menghasilkan emisi karbon (CO_2) ke atmosfer. Hilangnya bahan organik (tanaman, serasah dan gambut) akibat terbakar menyisakan bahan mineral (abu) yang terkonsentrasi pada permukaan lahan gambut. Berkaitan dengan hal ini, besarnya kehilangan karbon atau emisi CO_2 akibat terbakarnya lahan gambut dapat diestimasi berdasarkan pada jumlah abu yang disisakan pada permukaan lahan setelah kejadian kebakaran. Estimasi besarnya kehilangan karbon dalam bentuk emisi CO_2 ke atmosfer pada kejadian kebakaran lahan gambut, telah dilaksanakan di Kabupaten Aceh Barat pada bulan Agustus 2009. Pengamatan dilakukan pada dua lokasi kejadian kebakaran hutan gambut pada bulan Juli 2009, masing-masing di desa Cot Gajah Mati, Kecamatan Arongan Lambalek dan di Desa Simpang, Kecamatan Kaway XVI. Sebanyak 5 titik pada masing-masing lokasi bekas kebakaran dan 5 titik pada lokasi hutan di sekitar lokasi kebakaran tersebut dilakukan pengambilan sampel tanah dengan ring sampel untuk penentuan bulk density (BD) dan kadar abu di laboratorium. Selisih antara jumlah kadar abu pada lokasi bekas kebakaran dengan jumlah kadar abu pada permukaan hutan yang tidak terbakar dijadikan sebagai dasar perhitungan besarnya kehilangan karbon dan/atau emisi CO_2 . Hasil pengamatan menunjukkan bahwa BD pada permukaan lahan yang tidak terbakar adalah $0,07 \text{ g cm}^{-3}$ berbanding $0,15 \text{ g cm}^{-3}$ pada lokasi bekas kebakaran di Desa Simpang dan $0,19 \text{ g cm}^{-3}$ berbanding $0,28 \text{ g cm}^{-3}$ masing-masing untuk lahan tidak terbakar dibandingkan lahan bekas kebakaran hutan di Desa Cot Gajah Mati, sedangkan kadar abu pada lahan hutan yang tidak terbakar dibandingkan lahan bekas terbakar adalah 2,676% berbanding 8,57% di Desa Simpang dan 11,43% berbanding 19,24% di Desa Cot Gajah Mati. Hasil estimasi kehilangan karbon dan emisi CO_2 pada kejadian kebakaran hutan lahan gambut di Desa Simpang dan Desa Cot Gajah Mati pada bulan Juli 2009 adalah sebesar $92,16 \text{ ton C ha}^{-1}$ dan $133,38 \text{ ton C ha}^{-1}$ atau setara dengan $338,23 \text{ ton CO}_2 \text{ ha}^{-1}$ dan $489,50 \text{ ton CO}_2 \text{ ha}^{-1}$ masing-masing di Desa Simpang dan Desa Cot Gajah Mati secara berurutan. Dari hasil kajian terlihat bahwa kejadian kebakaran hutan di Desa Cot Gajah Mati mengemisikan karbon 1,45 kali atau 45% lebih besar dibandingkan dengan karbon yang hilang pada kebakaran hutan di Desa Simpang, hal ini terjadi karena adanya perbedaan jenis dan komposisi vegetasi yang tumbuh pada masing-masing lokasi.

Katakunci: Emisi, gas rumah kaca, kebakaran, gambut.

PENDAHULUAN

Dampak dari kebakaran lahan gambut lebih berbahaya bila dibandingkan dengan kebakaran pada lahan kering (tanah mineral), hal ini disebabkan karena selain terbakarnya vegetasi di permukaan, lapisan serasah dan gambut juga ikut terbakar menghasilkan emisi karbon terutama dalam bentuk gas CO₂ yang besar ke atmosfer, bahkan api dapat bertahan lama, disamping itu juga menghasilkan asap tebal. Emisi CO₂ yang besar pada kejadian kebakaran lahan gambut dapat terjadi karena karbon yang tersimpan pada biomassa pohon, semak serta serasah pada lahan gambut sangat besar diprediksi sebagian besar akan hilang dalam bentuk mengemisikan gas CO₂ kalau lahan gambut tersebut terbakar.

Kebakaran hutan gambut yang parah pernah terjadi di Indonesia adalah pada tahun 1997, 1998 dan 2002, yang mana pada setiap tahun kejadian kebakaran tersebut sekitar 1,5 – 2,2 juta hektar lahan gambut terbakar di Sumatera dan Kalimantan dengan emisi karbon sebanyak 3000 – 9400 Mega ton CO₂, jumlah ini mencapai 40% dari emisi CO₂ secara global (Hooijer *et al.* 2006). Menurut Ballhorn *et al.* (2009) kebakaran seluas 13% (2,79 juta hektar) lahan gambut Indonesia pada tahun 2006 mengemisikan 98,38 ± 180,38 Mega ton CO₂, sedangkan pada saat kejadian El Nino 1997 sebanyak 2,57 Giga ton karbon diemisikan dari lahan gambut Indonesia, ini semua adalah akibat dari alih fungsi lahan gambut (Page *et al.* 2002).

BAHAN DAN METODE

Untuk melihat besarnya kehilangan karbon akibat terbakarnya hutan, telah dilakukan pengamatan terhadap sifat-sifat tanah yaitu bulk density (BD) dan kadar abu (% mineral) pada permukaan tanah (lapisan 0-10 cm) pada hutan alami dan hutan yang baru terbakar di desa Cot Gajah Mati, kecamatan Arongan Lambalek dan desa Simpang, kecamatan Kaway XVI, Kabupaten Aceh Barat pada bulan Agustus 2009. Sampel tanah diambil menggunakan ring sample ukuran 4 cm tinggi dan 7,6 cm diameter, masing-masing lokasi diambil sebanyak 5 sampel secara acak. Sampel tanah dalam ring dibawa ke laboratorium untuk penentuan BD dan kadar abunya. Besarnya kehilangan karbon dihitung dengan rumus:

$$C_{hlg} = (BD_{tbk} \times KA_{tbr} \times V) - (BD_{alm} \times KA_{alm} \times V) : KA_{gbh} \times \%C_{gbh}$$

Rumus ini merupakan modifikasi rumus yang digunakan oleh Gronlund *et al.* (2008) dalam menghitung kehilangan bahan organik gambut akibat pemupukan berdasarkan peningkatan kadar abu, dan penjabaran rumus yang digunakan Turetsky dan Wieder (2001) untuk menghitung bahan organik hilang pada kebakaran lahan gambut.

Yang mana:

C_{hilg}	=	Karbon hilang	KA_{alm}	=	Kadar abu hutan alami
BD_{tbk}	=	Bulk density (BD) hutan terbakar	V	=	Volume sampel
BD_{alm}	=	Bulk density (BD) hutan alami	KA_{gbh}	=	Rata-rata kadar abu gambut awal dan biomassa hutan
KA_{tbk}	=	Kadar abu hutan terbakar	$\%C_{gbh}$	=	Rata-rata kadar karbon gambut alami dan biomassa hutan

Untuk mengkonversi nilai besarnya kehilangan karbon menjadi nilai besarnya emisi gas CO_2 yang terjadi akibat kebakaran hutan digunakan rumus:

$$CO_2 = C \times 3,67$$

Yang mana:

CO_2	=	Jumlah gas CO_2 hasil dekomposisi gambut,
C	=	Berat atau jumlah karbon yang hilang selama proses dekomposisi,
3,67	=	konstanta untuk megkonversi karbon menjadi bentuk CO_2 (berdasarkan berat atom $CO_2 = 40$ dibagi berat atom $C = 12$)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penentuan BD dan kadar abu dari masing-masing lokasi pengamatan disajikan dalam Tabel 1, dan hasil uji T-test berat kadar abu antara hutan terbakar dan hutan alami disajikan pada Tabel 2.

Berat atau kandungan abu dari lapisan permukaan tanah (0 - 5 cm) pada lokasi bekas kebakaran hutan dan hutan alami di Desa Simpang dan Desa Cot Gajah Mati dievaluasi, dengan cara mengalikan bobot isi (BD) dengan persentase abu (% abu). Hasil evaluasi rata-rata berat abu pada lapisan permukaan lahan (0 - 5 cm) di Desa Simpang adalah $0,0118 \text{ gr cm}^{-3}$ dan $0,0019 \text{ gr cm}^{-3}$ masing-masing secara berurutan untuk areal bekas kebakaran hutan dan hutan alami. Sedangkan pada lokasi Desa Cot Gajah Mati, kadar abu pada lahan bekas kebakaran hutan adalah $0,0543 \text{ gr cm}^{-3}$, dan $0,0216 \text{ gr cm}^{-3}$ pada lahan hutan alami (Tabel 1). Hasil uji T-test menunjukkan bahwa rata-rata kadar abu permukaan tanah (0 – 5 cm) pada lokasi bekas kebakaran hutan nyata lebih tinggi dibandingkan dengan hutan alami. Data menunjukkan bahwa, pada area bekas kebakaran hutan di desa Simpang, kandungan abu pada lapisan permukaan lahan (0 – 5 cm) lebih banyak sebesar $0,0099 \text{ gr cm}^{-3}$ dibandingkan hutan alami, sedangkan pada desa Cot Gajah Mati, berat abu pada area bekas kebakaran hutan nyata lebih tinggi sebanyak $0,0327 \text{ gr cm}^{-3}$ dibandingkan hutan alami. Peningkatan kadar abu gambut pada areal bekas kebakaran hutan diasumsikan berasal dari bahan mineral yang tersimpan dalam bahan organik gambut dan biomassa tanaman yang terbakar.

Tabel 1. Perbandingan nilai BD, persen kadar abu, dan berat abu pada permukaan gambut 0 - 5 cm antara hutan alami dengan hutan terbakar di Desa Simpang dan Desa Cot Gajah Mati

Ulangan	BD Hutan alami (gr cm ⁻³)	BD Hutan terbakar (gr cm ⁻³)	Abu Hutan alami (%)	Abu Hutan terbakar (%)	Abu Hutan alami (gr cm ⁻³)	Abu Hutan terbakar (gr cm ⁻³)
Desa Simpang						
1	0,06	0,09	2,41	9,03	0,0015	0,0081
2	0,07	0,16	2,75	11,86	0,0020	0,0190
3	0,08	0,15	3,09	8,70	0,0025	0,0131
4	0,07	0,25	2,26	3,58	0,0016	0,0090
5	0,07	0,10	2,87	9,68	0,0020	0,0097
Rataan	0,07	0,15	2,676	8,57	0,0019	0,0118
Desa Cot Gajah Mati						
1	0,19	0,19	10,19	17,05	0,0194	0,0324
2	0,18	0,30	10,45	17,75	0,0188	0,0533
3	0,17	0,28	14,70	18,57	0,0250	0,0520
4	0,22	0,33	10,39	23,92	0,0229	0,0789
5	0,19	0,29	11,43	18,89	0,0217	0,0548
Rataan	0,19	0,278	11,432	19,236	0,0216	0,0543

Kebakaran gambut dan biomassa tanaman yang tumbuh di atasnya menyebabkan bahan organik teroksidasi menjadi bentuk gas terutama CO₂ yang diemisikan ke atmosfer. Bahan mineral yang terkandung dalam gambut dan biomassa tanaman menjadi terakumulasi pada lapisan permukaan gambut yang terbakar, sehingga meningkatkan kadar abu atau mineral lapisan permukaan gambut.

Tabel 2. Hasil uji T-tes rata-rata berat abu pada permukaan tanah pada hutan alami dan hutan terbakar di Desa Simpang dan Desa Cot Gajah Mati

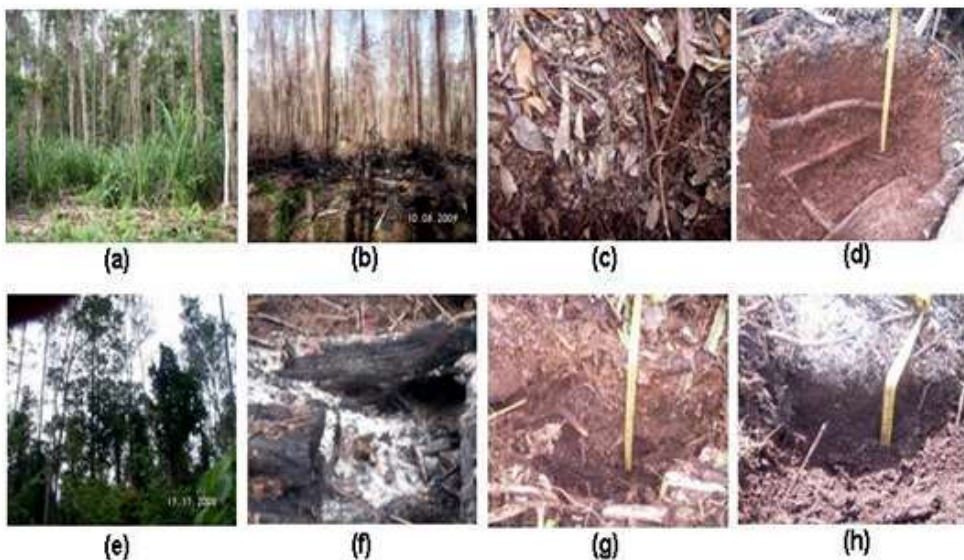
Penggunaan lahan	N	Rata2	Std Deviasi	Std Error	Keragaman	T	DF	Prob> T
Variabel: Berat abupada lokasi di Desa Simpang								
Hutan Alami	5	0,0019	0,0003	0,00012	Unequal	-3,1717	4,0	0,0338
Hutan Terbakar	5	0,0118	0,0105	0,00468	Equal	-3,1717	8,0	0,0132
Untuk H0: Variances are equal, F' = 1502,53 DF = (4,4) Prob>F' = 0,0000								
Variabel: Berat abu di Desa Cot Gajah Mati								
Hutan Alami	5	0,0216	0,0063	0,00283	Unequal	-2,8910	4,7	0,0370
Hutan Terbakar	5	0,0543	0,0209	0,00935	Equal	-2,8910	8,0	0,0202
Untuk H0: Variances are equal, F' = 10,91 DF = (4,4) Prob>F' = 0,0399								

Dengan menggunakan asumsi bahwa kelebihan berat abu pada lokasi bekas hutan terbakar dibandingkan hutan alami adalah berasal dari bahan mineral atau sisa bahan (gambut, pohon, semak dan serasah) yang ada pada permukaan lahan gambut sebelum terbakar, maka berat bahan atau material (pohon, gambut, semak dan serasah) yang terbakar dapat diprediksi. Dari hasil analisis laboratorium, diperoleh bahwa rata-rata kadar abu yang berasal dari campuran bahan gambut, biomassa pohon dan semak belukar, serta serasah pada kedua lokasi pengamatan adalah 2,65% untuk penggunaan lahan hutan alami di Desa Simpang dan 5,84% untuk Cot Gajah Mati. Berdasarkan data kandungan abu (bahan mineral) yang berasal dari material yang terbakar, dapat diprediksi berat rata-rata bahan organik yang terbakar dalam peristiwa kebakaran hutan, yaitu dengan cara membagi kelebihan berat abu (berat abu lahan pada hutan terbakar – berat abu lahan hutan alami) dengan rata-rata kadar abu (persen abu) dalam material gabungan antara pohon, gambut, semak dan serasah. Berdasarkan ini, pada kejadian kebakaran hutan di Desa Simpang bulan Juli 2009, berat kering material gabungan antara pohon, gambut, semak dan serasah yang terbakar dapat diprediksi yaitu: $(0,0099 \text{ gr cm}^{-3}) \times (50000 \text{ cm}^3 = \text{volume tanah } 1 \text{ m}^2 \text{ dan kedalaman } 5 \text{ cm}) : (2,65\% \text{ atau } 2,65:100) = 18679,25 \text{ gr m}^{-2}$, sedangkan untuk kejadian kebakaran hutan di Desa Cot Gajah Mati, berat bahan kering material gabungan antara pohon, gambut, semak dan serasah yang terbakar pada saat kejadian kebakaran hutan bulan Juli 2009 diprediksi yakni: $(0,0327 \text{ gr cm}^{-3}) \times (50000 \text{ cm}^3 = \text{volume tanah } 1 \text{ m}^2 \text{ dan kedalaman } 5 \text{ cm}) : (5,84\% \text{ atau } 5,84:100) = 27996,58 \text{ gr m}^{-2}$.

Dari hasil analisis laboratorium terhadap material gabungan antara pohon, gambut, semak dan serasah diperoleh rata-rata kandungan karbon (C %) adalah 49,34% untuk penggunaan lahan hutan di Desa Simpang dan 47,64% untuk penggunaan lahan hutan di Desa Cot Gajah Mati masing-masing dari total berat kering bahan. Dari data-data yang telah diperoleh ini, besar karbon yang hilang atau diemisikan akibat kejadian kebakaran hutan dapat dihitung, yakni dengan cara mengalikan total berat kering material gabungan antara pohon, gambut, semak dan serasah yang terbakar dengan nilai persentase kandungan karbonnya (% C). Dalam hal ini, jumlah karbon yang hilang atau diemisikan pada kejadian kebakaran hutan di desa Simpang bulan Juli 2009 adalah: $18679,25 \text{ gr C m}^{-2} \times (49,34 : 100) = 9216,34 \text{ gr C m}^{-2}$ atau setara dengan $92,16 \text{ ton C ha}^{-1}$, sedangkan jumlah karbon yang hilang atau diemisikan pada kejadian kebakaran hutan di Desa Cot Gajah Mati pada bulan Juli 2009 adalah: $27996,58 \text{ gr C m}^{-2} \times (47,64 : 100) = 13337,57 \text{ gr C m}^{-2}$ atau setara dengan $133,38 \text{ ton C ha}^{-1}$. Turetsky dan Wieder (2001) juga pernah menghitung kehilangan karbon pada satu kali kejadian kebakaran lahan gambut di dekat Patuanak, Canada bagian barat, menggunakan metode hampir sama dengan kajian ini yaitu dengan cara membandingkan kadar abu antara lahan yang terbakar dengan yang tidak terbakar, hasilnya mendapatkan bahwa total karbon yang hilang akibat satu kali kejadian kebakaran lahan gambut adalah $2,2 \pm 0,5 \text{ kg C m}^{-2}$.

Telah diketahui bahwa berat atom karbon (C) adalah 12, dan berat atom oksigen (O) adalah 16, maka berat molekul CO_2 adalah $12 + (16 \times 2) = 44$. Maka, untuk mengkonversi C menjadi bentuk CO_2 diperlukan faktor konversi yang nilainya adalah $44:12 = 3,67$. Berdasar nilai konversi ini, besarnya gas CO_2 yang diemisikan ke atmosfer pada saat kejadian kebakaran hutan gambut pada bulan Juli 2009 di Desa Simpang adalah besarnya karbon yang terbakar yaitu $92,16 \text{ ton ha}^{-1} \times 3,67 = 338,23 \text{ ton CO}_2 \text{ ha}^{-1}$, sedangkan pada saat kejadian kebakaran hutan bulan Juli tahun 2009 di Desa Cot Gajah Mati perkiraan besarnya gas CO_2 yang diemisikan adalah $133,38 \text{ ton C ha}^{-1} \times 3,67 = 489,50 \text{ ton CO}_2 \text{ ha}^{-1}$.

Dari hasil kajian terlihat bahwa kejadian kebakaran hutan di desa Cot Gajah Mati mengemisikan karbon 1,45 kali atau 45% lebih besar dibandingkan dengan karbon yang hilang pada kebakaran hutan di Desa Simpang. Hal ini diperkirakan terjadi karena adanya perbedaan jenis dan komposisi vegetasi yang tumbuh pada masing-masing lokasi. Keragaan kondisi hutan alami dan sesudah kejadian kebakaran dari kedua lokasi kajian (Desa Simpang dan Desa Cot Gajah Mati) disajikan dalam (Gambar 1).



Gambar 1. Keragaan kondisi hutan alami dan kondisi hutan setelah terbakar. Keterangan: (a) hutan alami di desa Simpang, (b) hutan setelah terbakar di desa Simpang, (c) permukaan tanah hutan alami di desa Simpang, (d) permukaan tanah hutan setelah terbakar di desa Simpang, (e) hutan alami di desa Cot Gajah Mati; (f) hutan setelah terbakar di desa Cot Gajah Mati, (g) permukaan tanah hutan alami di desa Cot Gajah Mati, (h) permukaan tanah hutan setelah terbakar di desa Cot Gajah Mati

Hasil observasi menunjukkan bahwa peristiwa kebakaran hutan bulan Juli 2009 di Desa Simpang dan Desa Cot Gajah Mati telah menghancurkan semua lapisan serasah (bandingkan Gambar 1 c dengan d, dan Gambar 1 g dengan h) dan vegetasi semak-semak (Gambar 1 b dan f), Namun demikian, terlihat ada perbedaan pada vegetasi pohon, yang mana terlihat pohon-pohon di desa Simpang masih banyak yang berdiri tegak dan tidak terbakar (Gambar 1 b), sedangkan pohon-pohon di Desa Cot Gajah Mati sebagian besar ikut terbakar dan rubuh (Gambar 1 f), Hal ini diperkirakan disebabkan oleh karena pohon-pohon di Desa Simpang (didominasi kayu lthon) yang sangat keras ($BD = 0,91 \text{ gr cm}^{-3}$) sehingga lebih sulit terbakar dibandingkan jenis pohon di Desa Cot Gajah Mati yang mempunyai BD lebih rendah yakni $0,61 \text{ gr cm}^{-3}$. Lebih banyaknya pohon yang terbakar pada hutan di Cot Gajah Mati dibandingkan hutan di Desa Simpang inilah yang diperkirakan sebagai penyebab lebih besarnya kehilangan karbon di Desa Cot Gajah Mati dibandingkan yang terjadi di desa Simpang.

KESIMPULAN

1. Kebakaran lahan gambut berpotensi besar mengemisikan karbon dalam bentuk gas CO_2 ke atmosfer.
2. Besarnya kehilangan karbon atau emisi CO_2 dari kebakaran lahan gambut dipengaruhi oleh jenis dan komposisi vegetasi yang tumbuh di atasnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ballhorn, U., Siegert, F., Mason, M., Limin, S. 2009. Derivation of burn scar depths and estimation of carbon emissions with LIDAR in Indonesian peatlands. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (online). The paper can be read and downloaded at www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0906457106.
- Gronlund, A., Atle, H., Anders, H, Daniel, P.R. 2008. Carbon loss estimates from cultivated peat soils in Norway: a comparison of three methods. *Nutr Cycl Agroecosyst.* 81: 157 – 167.
- Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H., Page, S. 2006. PEAT CO_2 , Assessment of CO_2 Emission from drained peatlands in SE Asia. Wetland International and Delft Hydraulics report Q3943.
- Page, S.E., S. Siegert, J.O. Rieley, H-D.V. Boehm, A. Jaya, S.H. Limin. 2002. The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *NATURE.* 420:61-65.
- Turetsky, M.R. dan Wieder, R.K. 2001. A direct approach to quantifying organic matter lost as a result of peatland wildfire. *Can. J. For. Res.* 31: 363–366.

Benito Heru Purwanto

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Abtrak. Gambut dapat terlonggok dalam rejim suhu yang tinggi di tempat yang kekurangan oksigen sebagai akibat dari kondisi terendam selama jangka waktu yang panjang serta substratum mineral dasarnya rendah hara. Gambut ombrogenous tanah gambut dari Indonesia memiliki karakteristik fisik dan kimia yang dicirikan oleh kerapatan lindak (bulk density) yang rendah mulai dari 0,1 sampai 0,2 g cm⁻³, dengan kapasitas menahan air yang relatif tinggi (sekitar 100% berdasarkan berat), tetapi berubah menjadi hidrofobik ketika lebih-kering, pH rendah, dan kandungan hara yang rendah. Kualitas substrat gambut yang diuji dengan ¹³C NMR CPMAS menunjukkan proporsi alkil, O-alkil, aromatik, dan C karbonil di C total berkisar antara 14,5-27,8 %, 18,6-36,0%, 32,3-49,8%, 10,4-13,6% dan masing-masing. Hasil ini menunjukkan C aromatik sebagai kelompok gugus fungsional C yang dominan dalam SOM gambut tropis. FTIR spectroscopy menunjukkan bahwa gambut dangkal mempunyai absorpsi pada spektrum 3400 cm⁻¹, 2920–2860 cm⁻¹, 1720 cm⁻¹, 1600-1650 cm⁻¹, 1380–1440 cm⁻¹, and 1400 cm⁻¹). Disimpulkan bahwa gambut dalam mempunyai tingkat aromatik yang lebih banyak daripada gambut dangkal dan gambut dangkal mengandung lebih banyak senyawa senyawa yang mudah terdekomposisi daripada gambut dalam sebagai akibat usikan yang telah diberikan pada gambut. Pengelolaan lahan gambut dapat dibincangkan sejauh mana pengelolaan tersebut dapat menjamin keberlanjutan manfaat dari gambut. Pengelolaan yang berkelanjutan berarti bagaimana pengelolaan gambut yang sekarang dapat mengambil manfaat dari gambut tanpa membahayakan generasi mendatang mengambil manfaat dari gambut tersebut Pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan perlu memperhitungkan sejauh manakah manfaat tersebut dapat lestari.

PROSES PEMBENTUKAN GAMBUT

Membincangkan pengelolaan gambut tidak bisa terlepas dari proses pembentukannya. Gambut terbentuk ketika proses produksi biomassa melebihi proses perombakannya. Pembentukan gambut ditandai oleh kemampuan ekosistem yang unik untuk mengumpulkan dan menyimpan bahan organik mati, di bawah kondisi jenuh air, kandungan oksigen rendah, unsur-unsur beracun dan ketersediaan hara rendah. Tanah gambut tropika umumnya berbeda dengan tanah gambut daerah beriklim sedang karena berasal dari vegetasi kayu, dan terletak di daerah dengan curah hujan dan suhu tinggi. Suhu adalah faktor utama pelonggok gambut di belahan bumi utara. Suhu lingkungan yang cukup tinggi untuk pertumbuhan tanaman, namun terlalu rendah untuk pertumbuhan dan aktifitas mikrobia, sehingga laju pelonggokan bahan sangat kuat (*International Peat*

Society, 2002). Oleh karena itu, pada awalnya gambut tidak diduga ada di daerah tropika karena suhu lingkungan yang cukup tinggi untuk pertumbuhan tanaman maupun mikrobial, hingga Kooders menerbitkan deskripsi luas hutan gambut tropis pada tahun 1895 (Andriess, 1988). Temuan tersebut mementahkan teori bahwa gambut hanya terbentuk di lingkungan yang bersuhu rendah dan iklim dingin. Bahkan, suhu bukan satu-satunya faktor yang mengendalikan pembentukan gambut, karena gambut dapat terlonggok dalam rejim suhu yang tinggi di tempat yang kekurangan oksigen sebagai akibat dari kondisi jenuh air dalam jangka waktu yang panjang serta substratum mineral dasarnya yang rendah hara (Notohadiprawiro 1997). Sedang Chapman (2002) menyatakan bahwa, karena kapasitas panas yang besar, suhu air lebih rendah dari suhu sekitar yang mengarah kepada pelambatan proses dekomposisi bahan organik dan percepatan pelonggokan gambut.

Penelitian yang dilakukan di Sarawak (Malaysia), Sumatera dan Kalimantan oleh Diemont *et al.* (1992) menyatakan bahwa awal mula pembentukan gambut di Asia Tenggara adalah ketika terjadi kenaikan permukaan laut sejak akhir zaman **Pleistosen**., **Selama** berabad-abad berikutnya, terjadi deposisi lateral yang cepat sebagai endapan pantai. Pelonggokan gambut di Indonesia paling cepat terjadi pada tahap awal pembentukannya, dengan rata-rata 2 – 5 m/1000 tahun. Penelitian pembentukan gambut di Sarawak menduga gambut terdalam yang terbentuk 4300 BP yang lalu terakumulasi pada laju 4,7 m/1000 tahun, sedangkan yang terbentuk 3900 BP terakumulasi dengan laju **3 m/1000** tahun, tetapi yang terbentuk 2300 tahun yang lalu terakumulasi dengan laju 2,2 m/1000 tahun (Andriess 1988). Laju pembentukan gambut di daerah tropis tersebut jauh melampaui kecepatan pembentukan gambut di daerah yang bersuhu dingin. Pembentukan gambut di daerah pantai Maine, USA hanya terakumulasi pada laju 0,66 m/1000 tahun. (Cameron *et al.* 1990). Tampak bahwa semakin lama laju pertumbuhan gambut tersebut semakin menurun, yang dalam lingkungan global pada saat ini diperkirakan laju pertumbuhan gambut hanya 2 m/1000 tahun (Notohadiprawiro 1997).

Tetapi karena perubahan yang kuat dari intensitas hujan dan periode hujan pada periode belakangan ini, maka laju akumulasi gambut menjadi semakin lambat dan kemungkinan saat ini pelonggokan gambut sangat kecil terjadi di Indonesia, terutama di daerah Kalimantan yang mempunyai bulan kering 3- 5 bulan. Kekurangan air pada periode tersebut dan kehilangan gambut akibat oksidasi selain karena usikan terhadap lahan gambut akan tetapi juga karena perubahan iklim, laju degradasinya diperkirakan 1 m/1000 tahun. Gambaran pelambatan pertumbuhan gambut tersebut harus diperhitungkan dalam pengelolaan lahan gambut, sehingga wajar bahwa dalam lingkungan yang tidak terusikpun pertumbuhan gambut dapat terlampaui oleh proses perombakannya. Apalagi dalam lingkungan yang terusik, laju pertumbuhan gambut akan mudah terlampaui oleh laju perombakan gambut. Kenyataan menunjukkan bahwa pertumbuhan gambut dipicu oleh kenaikan muka air laut, maka pertumbuhan gambut tropika terpengaruh oleh

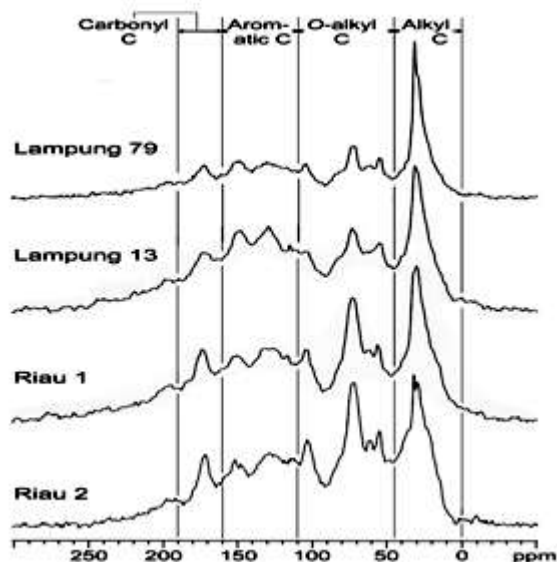
lingkungan iklim global dan dalam masa yang sangat lama. Oleh sebab itu bersifat tidak dapat diperbaharui, atau dalam waktu yang lama.

SIFAT DAN KUALITAS SUBSTRAT GAMBUT TROPIKA

Gambut yang terbentuk di daerah beriklim sedang dikenal sebagai gambut ombrogenous (Bog), yaitu terbentuk semata-mata sebagai akibat dari pasokan air atmosfer dan topogenous tanah gambut (Fen), yang berarti air yang statis dan sebagai akibat dari posisi topografi (Chapman 2002). Di Indonesia, kubah-kubah gambut ombrogenous terletak pada topografi di atas batas tertinggi pasang sungai pada musim hujan, sehingga gambut dapat menumpuk untuk kedalaman yang cukup besar (hingga 20 m) (Rieley *et al.* 1997). Deposit tanah organik yang menempati bagian tengah kubah umumnya dikenal sebagai gambut ombrogenous, sementara di sekitarnya dan di sepanjang pinggiran kubah gambut didominasi oleh gambut topogenous. Hampir semua gambut di Indonesia adalah gambut ombrogenous, gambut topogenous hanya dijumpai di beberapa lokasi terpencil dan relatif tidak signifikan. Karakteristik fisik dan kimia tanah gambut topogenous lebih menguntungkan untuk tanaman dibandingkan gambut ombrogenous. Gambut ombrogenous dari Indonesia dan Malaysia memiliki karakteristik fisik dan kimia umum, seperti kerapatan lindak (bulk density) rendah ($0,1 - 0,2 \text{ g cm}^{-3}$), kapasitas menahan air relatif tinggi (100% berdasarkan berat), tetapi berubah menjadi hidrofobik ketika lebih kering (Diemont dan Pons 1992). pH umumnya rendah, sekitar 3,1-4,6 pada lapisan atas dan 3,0-4,2 pada lapisan bawah (Yonebayashi *et al.* 1997). Kadar abu gambut berkisar 2,4 - 16,9% dan cenderung menurun dengan bertambahnya kedalaman (Mutalib *et al.*, 1992). Uji Kandungan N umumnya tinggi (Radjaguguk 1992), K, Ca, dan Mg biasanya kurang dari 1,0; 0,5-5,0 kg dan $1,0-10,0 \text{ cmol l}^{-1}$, Zn, Fe dan Mn jarang melebihi 5; 35 dan 50 pg ha^{-1} (Lim Tie, 1992).

Survei rawa pasang surut untuk pemukiman transmigrasi sampai dengan tahun 1983 menunjukkan bahwa tanah gambut di Indonesia memiliki ketebalan 0,4 hingga lebih dari 10 m. Dari daerah rawa pasang surut yang di survei tersebut, 36,2% diklasifikasikan sebagai gambut dangkal (0-100 cm), 14% sebagai gambut medium (100-200 cm) dan 49,8% diklasifikasikan sebagai gambut dalam (>200 cm) (Radjaguguk, 1992). Jelas sekali bahwa sekitar 50% dari lahan gambut tersebut memiliki ketebalan > 2 m. Gambut dalam diperkirakan mencapai luas 8,8 juta ha yang tersebar di Sumatera, Kalimantan dan Papua.

Perwakilan spektrum ^{13}C CPMAS NMR CPMAS tanah gambut ditunjukkan pada Gambar 1. Puncak sinyal utama yang diamati pada 32-33 ppm (CH_2 dalam rantai alkil lurus), 55-57 ppm (methoxyl), 61-64 ppm (alkohol primer), 72-85 ppm (alkohol sekunder), 103-105 ppm (asetal), 114-116 dan 128-133 ppm (aril), 148-152 ppm (O-aril), dan 171-175 ppm (karboksil / amida karbonil) atas sampel.



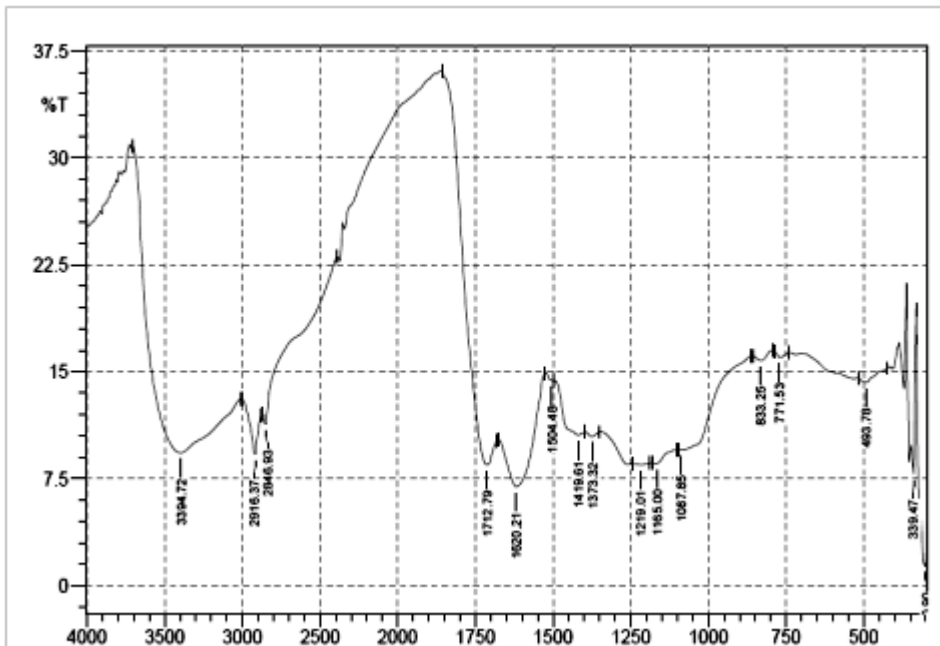
Gambar 1. ^{13}C CPMAS NMR spectra dari gambut dalam (Riau 1 dan 2), dan gambut dangkal (Lampung 13 dan Lampung 79)

Tabel 1 menunjukkan komposisi C yang diperkirakan dengan spektra ^{13}C NMR CPMAS. Proporsi alkil, O-alkil, aromatik, dan C karbonil di C total berkisar antara 14,5-27,8 %, 18,6-36,0%, 32,3-49,8%, 10,4-13,6% dan masing-masing. Komposisi C rata-rata untuk tanah gambut tropis diperoleh dengan mengeluarkan data untuk sampel Sakata (Jepang) adalah 22,7%, 28,2%, 36,9%, dan 12,1% untuk alkil, O-alkil, aromatik, dan C karbonil, masing-masing. Hasil ini menunjukkan C aromatik sebagai kelompok gugus fungsional C yang dominan dalam SOM gambut tropis.

Tabel 1. Komposisi C yang diperkirakan menggunakan spektra ^{13}C NMR CPMAS

Soil	Carbonyl C (160-190 ppm, %)	Aromatic C (110-160 ppm, %)	O-alkyl C (45-110 ppm, %)	Alkyl-C (0-45 ppm, %)
Lampihong	13.4	39.2	25.6	21.8
Lampung 13	13.6	41.6	22.8	21.9
Lampung 6	11.9	40.1	27.2	20.7
Lampung 79	12.9	36.6	21.7	27.8
Pulau Pinang	10.7	32.3	31.7	25.3
Rawa Pening	11.0	37.4	34.2	17.9
Riau 1	13.0	37.2	25.5	24.3
Riau 2	10.4	33.0	36.0	20.6
Sarawak	12.3	34.7	29.0	24.0
Sakata	17.0	49.8	18.6	14.5

Dilaporkan bahwa nilai rata-rata proporsi alkil, O-alkil, aromatik, dan C karbonil dalam dua belas gambut dari Norwegia masing-masing 36,7%, 48,8%, 8,5%, dan 5,9%. Gambut dari Kanada 19-30%, 36-60%, 15-28%, dan 5-9% dengan urutan yang sama. Dengan demikian, gambut tropis lebih banyak mengandung C aromatik dan karbonil daripada gambut subartik. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan perbedaan dalam kandungan lignin dari vegetasi utama pembentuk gambut. Kandungan lignin setara dengan 37% dari C aromatik adalah $> 600 \text{ g kg}^{-1}$ berdasarkan berat kering, dengan asumsi komposisi C rata-rata adalah C aromatik lignin: alkil C: C = 6 methoxyl: 3: 1. Nilai ini jauh lebih tinggi dari kandungan lignin tanaman, $< 400 \text{ g kg}^{-1}$ pada umumnya. Hal ini menunjukkan perkembangan dekomposisi dan oksidasi bahan alifatik di dalam gambut sehingga secara residual terjadi peningkatan kandungan aromatiknya. Fraksi O-alkyl, termasuk di dalam N-alkyl C berasal dari karbohidrat maupun protein atau peptide. Fraksi O-alkyl ini termasuk didalamnya bahan-bahan yang mudah didekomposisi dan bahan yang masih tersisa dari dekomposisi. Sedangkan sumber utama dari alkyl C adalah lipid terutama dalam kondisi anoksik yang didalamnya termasuk senyawa-senyawa yang tahan terhadap dekomposisi seperti kutin, suberin dan waxes.



Gambar 2. FTIR Spektrogram dari gambut dalam Top of Form Bottom of Form

FTIR spectroscopy menunjukkan bahwa gambut dangkal mempunyai absorpsi pada spektrum 3400 cm^{-1} , $2920 - 2860 \text{ cm}^{-1}$, 1720 cm^{-1} , $1600-1650 \text{ cm}^{-1}$, $1380 - 1440$

cm⁻¹, dan 1400 cm⁻¹ (Gambar 2). Absorpsi pada panjang gelombang 1510 cm⁻¹ hanya ditemukan pada gambut dalam, sedangkan absorpsi pada panjang gelombang 1170 – 950 cm⁻¹ ditemukan baik pada gambut dalam maupun gambut dangkal tetapi dengan intensitas yang lebih tinggi pada gambut dangkal daripada gambut dalam. Absorpsi pada panjang gelombang 1510 cm⁻¹ merupakan peregangan (stretching) dari rantai aromatik C=C, sedangkan peregangan pada rantai C-O pada panjang gelombang 1170 - 950 cm⁻¹ dapat berasal dari polisakarida. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa gambut dalam mempunyai tingkat aromatik yang lebih banyak daripada gambut dangkal dan gambut dangkal mengandung lebih banyak senyawa yang mudah terdekomposisi daripada gambut dalam sebagai akibat usikan yang telah diberikan pada gambut.

USIKAN DAN KEBERLANJUTAN MANFAAT LAHAN GAMBUT

Secara konvensional gambut ditakrifkan sebagai bahan organik yang seluruhnya vegetatif. Dalam ilmu tanah, gambut bukanlah entitas alam yang tersendiri atau terpisah, melainkan berasosiasi dengan tanah-tanah lainnya yang mempunyai kandungan bahan mineral yang sangat beragam. Sebagai konsekuensinya gambut juga mengandung bahan-bahan yang merupakan transisi antara tanah organik dan tanah mineral. Oleh karena itu, sudah seharusnya pengelolaan lahan gambut tidak hanya memperhitungkan substrat sebagai bahan pembentuk gambut tetapi juga memperhitungkan lingkungan pembentukannya .

Notohadiprawiro (1997) menyebutkan bahwa usikan pertanian dapat menyebabkan pengaruh yang besar terhadap gambut, sedangkan kehutanan dan perikanan lebih rendah tingkat usikannya terhadap gambut. Pengelolaan lahan gambut dapat dibincangkan sejauh mana pengelolaan tersebut dapat menjamin keberlanjutan manfaat dari gambut. Berkelanjutan berarti adanya suatu kepercayaan bahwa generasi sekarang dapat berbuat sesuatu, sehingga generasi mendatang dapat mengenyam taraf kehidupan yang lebih baik. Pengelolaan berkelanjutan berarti bagaimana pengelolaan gambut yang sekarang dapat mengambil manfaat tanpa membahayakan generasi mendatang untuk mengambil manfaat dari gambut tersebut (Notohadiprawiro, 1996). Berbagai manfaat dari lahan gambut disarikan oleh Maltby (1997); Rieley (2005) baik yang diperoleh secara langsung maupun tidak langsung. Manfaat langsung yang bisa diperoleh adalah perlindungan dari tekanan alam, rekreasi dan edukasi, produksi tanaman dan manfaat lainnya bagi komunitas lokal. Dalam hal ini manfaat gambut diperoleh atas fungsinya dalam hubungannya dengan komunitas manusia (fungsi sosial dan ekonomi). Disamping itu, gambut juga mempunyai manfaat yang secara tidak langsung yang terkait dengan fungsi ekologi, yaitu retensi sedimen, pemerangkapan hara (nutrient detention), dan penyeimbangan iklim mikro, fungsi keseimbangan hidrologi kawasan, wildlife resources, dll. Memperhatikan ragam manfaat gambut tersebut, maka pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan perlu memperhitungkan sejauh manakah manfaat tersebut dapat lestari.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriesse, J.P. 1988: Nature and management of tropical peat soils. FAO Soil Bulletin 59. Rome.
- Cameron, C.C., Palmer, C.A. and Esterle, J.S. 1990: The geology of selected peat-forming environment in temperate and tropical latitudes. *International of Journal of Coal Geology*. 16, 127-13
- Chapman, D. 2002: Peatland and environmental change. John Wiley & Sons Ltd. 301p
- Diemont, W.H. and Pons, L.J. 1992: A preliminary note on peat formation and gleying in the Mahakam inland floodplain, East Kalimantan, Indonesia. In *Tropical Peat, Proceedings of the International Symposium on Tropical Peatland*. Sarawak. Malaysia. Ed. S.L. Tan, B. Azis, J. Samy, Z. Salmah, H.S. Petimah, and S.T. Choo. pp. Muhammed, M. 2002: The peat soils of Sarawak. Status Report The Peat of Sarawak (STRAPEAT). 16p.74-80, MARDI, Sarawak Muhammed, M. 2002: The peat soils of Sarawak. Status Report The Peat of Sarawak (STRAPEAT). 16p.
- Notohadiprawiro, T. 1997: Twenty-five years experience in peatland development for agriculture in Indonesia. In *Biodiversity and Sustainability of Tropical Peatlands*, Ed. J.O. Rieley and S.E. Page, p 301-310, Samara Publishing Ltd., Cardigan
- Radjaguguk, B. 1992: Utilization and management of peatlands in Indonesia for agriculture and forestry. In *Tropical Peat, Proceedings of the International Symposium on Tropical Peatland*. Sarawak. Malaysia. Ed. S.L. Tan, B. Azis, J. Samy, Z. Salmah, H.S. Petimah, and S.T. Choo. pp. 21-27
- Rieley, J.O. 1992: The ecological of tropical peatswamp forest-A Southeast Asian perspective. In *Tropical Peat*, Ed. S.L. Tan, B. Azis, J. Samy, Z. Salmah, H.S. Petimah, and S.T. Choo., p. 244-254, MARDI, Sarawak.
- Rieley. J.O. 2005. Environmental and Economic Importance of Lowland Tropical Peatlands of Southeast Asia: Focus on Indonesia. In : *Role of Tropical Peatlands in Global Change Processes*.
- Yonebayashi, K., Okazaki., M., Kaneko, N and Funakawa, S. Tropical Peatland Soil Ecosystem in Southeast Asia: Their Characterization and Sustainable Utilization. *Proceedings of the International Symposium on Biodiversity, Environmental Importance and Sustainability of Tropical Peat and Peatlands*, Palangkaraya, Indonesia. pp 103-112
- Tie, Y.L. and Lim, J.S. 1992: Characteristics and classification of organic soils in Malaysia. In *Tropical Peat*, Ed. S.L. Tan, B. Azis, J. Samy, Z. Salmah, H.S. Petimah, and S.T. Choo., p. 107-113, MARDI, Sarawak.

Muhammad Saleh

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Jl. Kebon Karet
Loktabat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan

Abstrak. Keragaan dilaksanakan di lahan gambut, Dadahup, Kalimantan Tengah pada MK 2006. Sebagai bahan percobaan adalah dua varietas kacang tanah yaitu Kancil dan Jerapah. Satuan percobaan seluas 10 x 35 m per varietas. Pengapuran dilakukan 15 hari sebelum tanam dengan dosis 1,0 t/ha, pupuk kandang diberikan sehari sebelum tanam dengan dosis 2,0 t/ha. Pupuk dasar yang digunakan adalah 45 kg N, 75 kg P₂O₅, dan 50 kg K₂O per hektar yang diberikan pada saat tanam dalam larikan tanaman. Benih kedelai ditanam dengan jarak tanam 20 x 20 cm, 1 biji per lubang tanam. Pemeliharaan yang meliputi pengendalian gulma, pengendalian hama, dan penyakit tanaman dilakukan secara intensif. Pengamatan dilakukan terhadap karakter karakter skor pertumbuhan vegetatif dan generatif, tinggi tanaman, jumlah cabang, jumlah polong total, jumlah polong isi, jumlah polong hampa, persentasi polong isi, dan hasil pertanaman dan hasil per hektar. Hasil keragaan menunjukkan bahwa pertumbuhan kacang tanah varietas Kancil dan Jerapah di lahan gambut tergolong baik (skor 3), dengan hasil masing masing sebesar 3,450 dan 4,286 ton/ha.

Katakunci: Kacang tanah, lahan gambut.

PENDAHULUAN

Kacang tanah merupakan komoditas kacang-kacangan kedua yang ditanam secara luas di Indonesia setelah kedelai. Permintaan terhadap kacang tanah dari tahun ketahun terus meningkat, sedang peningkatan produksi tidak bisa mengimbangi, sehingga harus mengimpor.

Sentral produksi kacang tanah adalah di Pulau Jawa. Semakin menyusutnya lahan-lahan produktif di Pulau Jawa akibat pembangunan perumahan, industri, dan sarana lainnya, sehingga perluasan areal pertanian diarahkan ke lahan-lahan di luar Pulau Jawa. Lahan gambut sangat luas dan mempunyai prospek yang baik untuk pengelolaan tanaman pertanian. Untuk memenuhi kebutuhan pangan, telah di laksanakan pengembangan lahan gambut (PLG) di Kalimantan Tengah seluas 1.457.100 hektar, dimana 292.143 ha diperuntukkan untuk tanaman pangan (Suhartanto, 2007).

Pengembangan lahan gambut didapati kendala biofisik lahan baik secara kimia, fisik, dan biologis. Kendala secara kimia dapat pH tanah masam sampai sangat masam (pH 3,0–4,0) serta kandungan Fe dan Al tinggi, yang dapat bersifat toksit terhadap tanaman. Kendala secara fisik antara lain disebabkan gambut bersifat kering dan tidak

balik, gambut mengalami subsidence atau penurunan permukaan sehingga tanaman mudah rebah. Kendala secara biologi adalah rentan terhadap penyakit.

Teknologi yang diperlukan dalam pengembangan lahan gambut adalah pengelolaan lahan dan air serta menanam varietas yang adaptif (Suhartanto, 2007). Pada lahan bergambut maupun pada lahan gambut tipis (51-110 cm) selain tanaman padi bisa dikelola dengan tanaman palawija dan kacang kacangan seperti kacang tanah.

Usahatani kacang tanah di lahan rawa telah diusahakan petani secara turun temurun dengan menggunakan teknologi yang sangat sederhana dan varietas lokal. Kacang tanah ditanam pada bagian guludan atau sawah pada musim kemarau, Hasilnya sangat bervariasi, namun umumnya rendah, yaitu sekitar 0,97 ton polong kering per hektar (Maamun *et al.* 1996).

Telah banyak varietas unggul kacang tanah yang dihasilkan oleh Badan Litbang Pertanian dengan potensi hasil tinggi, di antaranya adalah Kancil dan Jerapah. Kedua varietas tersebut mempunyai potensi hasil yang tinggi, tetapi varietas Jerapah toleran masam.

Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi keragaan pertumbuhan dan hasil dua varietas kacang tanah yaitu Kancil dan Jerapah di lahan gambut Kalimantan Tengah.

BAHAN DAN METODE

Keragaan dilaksanakan di lahan PLG Dadahup, Kalimantan Tengah pada MK 2006. Sebagai bahan percobaan adalah dua varietas kacang tanah yaitu Kancil dan Jerapah. Deskripsi kedua varietas disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi kacang tanah varietas Kancil dan Jerapah.

Deskripsi	Kancil	Jerapah
Jumlah biji per polong	Dua biji	Dua biji
Potensi hasil (ton/ha)	3,5	4,0
Umur panen (hari)	90 -95	90 -95
Ukuran biji	Kecil	Sedang
Bobot 100 biji (g)	35 – 40	45 – 50
	Toleran klorosis daun	Toleran masam
	Tahan bakteri layu	Tahan bakteri layu
	Agak tahan bercak daun, karat, dan jamur <i>A. flavus</i>	Toleran bercak daun dan karat daun

Satuan percobaan seluas 10x35 m per varietas. Pengapuran dilakukan 15 hari sebelum tanam dengan dosis 1,0 t ha⁻¹, pupuk kandang diberikan sehari sebelum tanam dengan dosis 2,0 t/ha. Pupuk dasar yang digunakan adalah 45 kg N, 75 kg P₂O₅, dan 50 kg K₂O per hektar yang diberikan pada saat tanam dalam larikan tanaman. Benih kedelai ditanam dengan jarak tanam 20x20 cm, 1 biji per lubang tanam. Pemeliharaan yang meliputi pengendalian gulma, pengendalian hama dan penyakit tanaman dilakukan secara intensif. Pengamatan dilakukan terhadap karakter-karakter skor pertumbuhan vegetatif dan generatif, tinggi tanaman, jumlah cabang, jumlah polong total, jumlah polong isi, jumlah polong hampa, persentasi polong isi, hasil pertanaman, dan hasil per hektar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan terhadap skor pertumbuhan vegetatif dan generatif, tinggi tanaman, dan jumlah cabang di sajikan pada Tabel 2. Kedua varietas menunjukkan pertumbuhan yang baik (skor 3), tanaman tumbuh subur, dengan vigoritas yang tinggi, daun berwarna hijau, tanpa terdapat gejala keracunan.

Hasil pengamatan terhadap tinggi tanaman yang diperoleh untuk varietas Kancil dan Jerapah masing-masing mencapai 53,67 dan 49,33 cm. Tinggi yang dicapai varietas Kancil dan Jerapah pada keragaan ini tidak terlalu berbeda dengan pengujian di lahan kering masam yaitu sebesar 54,85 dan 43,8 cm (Saleh dan William, 2007). Sedang pengujian Pornomo dan Taufiq (2007), tinggi varietas Kancil hanya mencapai 23,7 cm.

Tabel 2. Skor pertumbuhan vegetatif dan generatif, tinggi tanaman, dan jumlah cabang kacang tanah varietas Kancil dan Jerapah di lahan PLG, Dadahup, Kalimantan Tengah MK 2006

Varietas	Skor pertumbuhan vegetatif	Skor pertumbuhan generatif	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah cabang
Kancil	3	3	53,67	7,83
Jerapah	3	3	49,33	8,33
Rata rata	3	3	51,50	8,08

Hasil pengamatan terhadap jumlah cabang untuk varietas Kancil dan Jerapah masing-masing sebesar 7,83 dan 8,33. Jumlah cabang yang di capai lebih tinggi dibanding pengujian Pornomo dan Paidi (2008), dimana varietas Kancil hanya mempunyai 4 cabang.

Hasil pengamatan terhadap karakter-karakter, jumlah polong total, jumlah polong isi, jumlah polong hampa, dan persentasi polong isi disajikan pada Tabel 3.

Varietas Kancil menghasilkan jumlah polong sebesar 21,16 polong, yang terdiri dari 18,33 polong yang berisi dan 2,67 polong yang hampa. Hasil yang dicapai dalam pengujian ini lebih tinggi dibanding pengujian di lahan kering masam di Banjarbaru, jumlah polong yang dihasilkan varietas Kancil sebesar 7,50 polong, yang terdiri dari 7,30 polong yang berisi dan 0,2 polong yang hampa (Saleh dan William, 2007). Hasil pengujian (Pornomo dan Taufiq, 2007) varietas Kancil menghasilkan jumlah polong sebesar 18,70 polong, yang terdiri dari 14,60 polong yang berisi dan 4,10 polong yang hampa.

Tabel 3. Jumlah polong total, jumlah polong isi, jumlah polong hampa, dan persentasi polong isi kacang tanah varietas Kancil dan Jerapah di Menyapa di lahan PLG, Kalimantan Tengah MK 2006.

Varietas	Jumlah polong total	Jumlah polong isi	Jumlah polong hampa	Persentasi polong isi (%)
Kancil	21,16	18,33	2,67	86,62
Jerapah	24,16	21,83	2,33	90,33
Rata rata	22,663	20,08	2,50	88,47

Varietas Jerapah menghasilkan jumlah polong sebesar 24,16 polong, yang terdiri dari 21,83 polong yang berisi dan 2,33 polong yang hampa. Hasil yang dicapai pada pengujian ini lebih tinggi dibanding pengujian di lahan kering masam di Banjarbaru, varietas Jerapah menghasilkan polong sebesar 11,80 polong, yang terdiri dari 11,00 polong yang berisi dan 0,8 polong yang hampa (Saleh dan William, 2007). Persentasi polong isi varietas Jerapah lebih tinggi di banding Kancil, dimana persentasi polong isi Jerapah sebesar 90,329 persen, sedangkan Kancil sebesar 86,620 persen.

Tabel 4. Hasil pertanaman (g) dan per hektar (t) kacang tanah varietas Kancil dan Jerapah di lahan PLG, Kalimantan Tengah MK 2006

Varietas	Hasil pertanaman gram (g)	Hasil per hektar ton (t)
Kancil	17,25	3,45
Jerapah	21,43	4,29
Rata rata	19,34	3,87

Hasil yang dicapai kedua varietas di sajikan pada Tabel 4.. Hasil pertanaman yang dicapai varietas Kancil dan Jerapah pada keragaan ini, masing masing sebesar 17,25 dan 21,43 g. Pengujian Pornomo dan Taufiq (2007), varietas Kancil memberikan hasil sebesar 15,5 g/tanaman.

Potensi hasil yang dikonversi dalam luasan hektar dari kedua varietas yang diuji yaitu Kancil dan Jerapah masing-masing sebesar 3,450 dan 4,29 t ha⁻¹. Hasil yang dicapai pada pengujian ini lebih tinggi dibanding pengujian di lahan kering di Kebun Percobaan Banjarbaru, yaitu untuk varietas Kancil dan Jerapah masing-masing sebesar 1,98 dan 2,55 t ha⁻¹ (Saleh dan William, 2007). Pengujian Pornomo dan Taufiq (2007), varietas Kancil memberikan hasil sebesar 3,10 t ha⁻¹.

Varietas Jerapah yang diuji di lahan masam memberikan hasil sebesar 1,52 t ha⁻¹ (Koesrini *et al.* 2005), sedangkan pengujian di lahan rawa lebak memberikan hasil sebesar 1,53 t ha⁻¹ (Ningsih *et al.* 2007).

Hasil yang dicapai oleh varietas Kancil dan Jerapah pada pengujian ini lebih tinggi dari hasil yang dicapai petani dengan menggunakan varietas lokal, yaitu sekitar 0,97 ton polong kering per hektar (Maamun *et al.* 1996).

KESIMPULAN

Hasil keragaan menunjukkan bahwa pertumbuhan kacang tanah varietas Kancil dan Jerapah di lahan gambut tergolong baik (skor 3), dengan hasil masing-masing sebesar 3,450 dan 4,286 ton ha⁻¹.

DAFTAR PUSTAKA

- Koesrini, Aidi Noor, Sumanto, dan Mukarji. 2005. Keragaan daya toleransi dan hasil kacang tanah di lahan masam alam Ar-Riza, I., U.Kurnia, I.Noor, dan A. Jumberi (eds) Proseding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Lahan Rawa dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan. Badan Litbang. Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Hal : 229 - 241
- Maamun, M.Y., M. Damanik, dan M. Wilis. 1996. Sistem produksi dan pengembangan kacang tanah di Kalimantan Selatan. Risalah Semina Nasional Prospek Pengembangan Kacang Tanah di Indonesia.
- Ningsih, RD., M. Sabran, dan Koesrini. 2007. Evaluasi galur-galur harapan kacang tanah di lahan rawa lebak Kalimantan Selatan. Dalam Mukhlis, M.Noor, A. Supriyo,I.Noor, dan R.S.Simatupang (eds). Proseding Seminar Nasional Pertanian Lahan Rawa. Revitalisasi Kawasan PLG dan Lahan Rawa lainnya untuk Membangun Lumbung Pangan Nasional. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pemerintah Kabupaten Kapuas Kalimantan Tengah. Hal 413 – 421.
- Purnomo, J. dan Taufiq. 2007. Keragaan genotipe kacang tanah pada ragam pH tanah. Dalam N.K. Wardhani, Rob.M., M.Fathurrochim, Masyhudi, E.Jamal, H.Wirianata, Suroso, R.M. Hartati, Hermantoro, dan A.S. Sayekti (eds). Proseding Seminar Nasional Inovasi Teknologi dan Kelembagaan Pertanian dalam Upaya Peningkatan Pemberdayaan Masyarakat. BPTP Yogyakarta dan Instiper Yogyakarta. Hal 105 – 111.

- Purnomo, J., dan Paidi. 2008. Keragaan genotipe kacang tanah Mc/7-04C-186 Hasil tinggi, tahan penyakit karat dan becak daun Dalam Arief Harsono et al., (eds). Inovasi Teknologi Kacang Kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan dan Kecukupan Energi. Badan Litbang. Puslitbangtan. Hal 145 – 151.
- Saleh, M. dan E.William. 2007. Daya hasil genotipe kacang tanah di lahan kering Kalimantan Selatan. Dalam N.K. Wardhani, Rob.M., M.Fathurrochim, Masyhudi, E.Jamal, H.Wirianata, Suroso, R.M. Hartati, Hermantoro, dan A.S. Sayekti (eds). Proseding Seminar Nasional Inovasi Teknologi dan Kelembagaan Pertanian dalam Upaya Peningkatan Pemberdayaan Masyarakat. BPTP Yogyakarta dan Instiper Yogyakarta. Hal 63 – 66.
- Suhartanto. 2007. Rencana implementasi tentang percepatan rehabilitasi dan revitalisasi kawasan PLG propinsi Kalimantan Tengah Dalam Mukhlis, M. Noor, Agus. S, Izzuddin.N., dan R.S. Simatupang (eds). Proseding Seminar Pertanian Lahan Rawa. Revitalisasi Kawasan PLG dan Lahan Rawa Lainnya untuk Membangun Lumbung Pangan Nasional. Buku I. Badan Litbang Pertanian dan Pemerintah Kabupaten Kapuas Kalimantan Tengah. Hal 17 – 27.

Khairil Anwar

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa, Jl. Kebun Karet
Loktabat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan

Abstrak. Dalam pembukaan lahan gambut, adanya subsidence merupakan kendala utama dalam pengembangan usahatani berkelanjutan, disamping itu juga akan mengganggu keseimbangan lingkungan yang telah ada. Pemanfaatan lahan gambut perlu beracu kepada kesesuaian lahan dan dalam penerapan teknologinya perlu beracu pada konsep konservasi yaitu upaya mengurangi/mencegah terjadinya subsidence. Diantara sistem pertanaman yang ada, bertanam padi merupakan cara untuk menekan kecepatan subsidence. Sistem pertanaman pada kondisi kering (aerob) akan mempercepat degradasi lahan. Lahan yang dipilih untuk tanaman padi adalah gambut yang mempunyai ketebalan kurang dari 1 meter, tingkat dekomposisi saprik/hemik, substratum liat, potensi hidrologi mendukung untuk pertanaman padi, dan diusahakan yang mendapat pengaruh pasang surut. Komponen teknologi yang diterapkan untuk mencegah atau mengurangi terjadinya degradasi lahan yang dipercepat tersebut, antara lain: penerapan pengelolaan air, tanah, dan tanaman yang tepat sesuai dengan karakteristik lahan gambut. Pengelolaan air perlu disesuaikan dengan potensi hidrologinya, diutamakan untuk pertanaman dalam kondisi reduksi seperti padi, sedangkan bila potensi hidrologi menghendaki pertanaman dalam kondisi oksidasi, maka diperlukan pengaturan permukaan air tanah sesuai kedalaman air tanah optimum tanaman yang diusahakan. Ameliorasi tanah diarahkan untuk memperbaiki atau mempertahankan kesuburan tanah melalui upaya ameliorasi dan pemupukan hara makro dan mikro, disamping itu dalam pengolahan tanah perlu diterapkan pengolahan tanah minimum atau tanpa olah tanah. Pengelolaan tanaman dititik beratkan pada penggunaan tanaman dan varietas toleran yang bernilai ekonomis serta penerapan pola tanam sesuai potensi hidrologinya. Dilakukannya upaya tersebut diatas, setidaknya memperlambat terjadinya degradasi lahan. Untuk keberhasilan upaya konservasi tersebut dibutuhkan dukungan berbagai instansi terkait secara terintegrasi, guna menanggulangi hambatan aspek teknis, sosial, ekonomi, budaya dan politik di lapangan.

Katakunci: pengelolaan, gambut, berkelanjutan

Abstract. In the reclamation of peatlands, the subsidence is a major problem in the development of sustainable farming, as it also would disrupt the balance of the existing environment. Exploitation of peat need to the suitability of land and the application of technology on the concept of conservation is to reduce/prevents the occurrence of subsidence. Among the existing cropping system, rice farming is a way to reduce the speed of subsidence. Cropping systems in dry conditions (aerobic) will accelerate land degradation. The selected land for rice plants is peat which has a thickness of less than 1 eter, the rate of decomposition sapric/hemic, subtratum clay, potential hydrologic support to the rice, and endeavored to get a tidal influence. Component technology is applied to prevent or reduce the occurrence of an accelerated land degradation, among others:

implementation of water management, soil, and plants appropriate to the characteristics of peat. Water management should be matched with potential hydrological, preferably to a reduction in conditions such as planting rice, while if the potential hydrology requires planting in oxidizing conditions, the necessary arrangements according to the depth of water table groundwater optimum crop. Soil amelioration are directed to improve or maintain soil fertility and fertilization amelioration through the efforts of macro and micro nutrients, in addition to the cultivation of land is necessary to apply minimum tillage or no tillage. Crop management emphasis on the use of tolerant varieties of crops and economic value and potential application of appropriate cropping patterns hirologinya. The conduct of the above efforts, at least slow down the degradation of land. To the success of conservation efforts are needed the support of various agencies in an integrated way, in order to overcome barriers to technical aspects, social, economic, cultural and political field.

Keywords: *management, peat, sustainable*

PENDAHULUAN

Lahan gambut di Indonesia terdapat sangat luas yang terdapat pada dataran pantai timur Sumatera, dataran pantai sampai tengah Kalimantan, dataran pantai Selatan Irian Jaya dan spot sporadis di Maluku dan Sulawesi. Dari hasil pemetaan Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, luas lahan gambut sebesar 15,49 juta hektar yang terdiri dari 10,50 juta di rawa pasang surut dan 4,99 juta di rawa lebak (non pasang surut) (Widjaja Adhi *et al.* 1992.). Luas gambut dapat bervariasi tergantung kriteria, peta, dan skala peta yang digunakan, peruntukan pemetaan dan tahun pemetaan.

Sebagian lahan tersebut telah dibuka dan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan usahatani tanaman pangan, sayuran dan hortikultura serta perkebunan sawit.. Lahan gambut sangat bervariasi, beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan tersebut antara lain: ketebalan, tingkat kematangan, tingkat kesuburan, asal botani, proses pembentukan, lingkungan pembentukan, bahan sidemen substratum, iklim pembentukan, lingkungan fisik, dan kandungan bahan organik (Andriesse, 1988). Perbedaan tersebut menyebabkan terjadinya variasi sifat kimia, fisik maupun biologinya dan membutuhkan **kehati hatian** dalam pengelolaannya. `Banyak lahan gambut yang telah dibuka dan bila tidak berhati hati berubah menjadi lahan sulfat masam atau hamparan pasir kuarsa yang tidak produktif. Kondisi ini menunjukkan bahwa dalam pengelolaan lahan gambut membutuhkan pemahaman tentang karakteristik lahan gambut agar usahatani yang dilakukan dapat berkelanjutan. Makalah ini mengulas tentang (1) karakteristik tanah gambut, (2) reklamasi dan degradasi lahan gambut, (3) pengelolaan lahan gambut, dan (4) faktor faktor pendukung dalam pengelolaan lahan gambut.

KARAKTERISTIK TANAH GAMBUT

Sifat dan ciri fisik tanah gambut saling berkaitan satu sama lain dan saling mempengaruhi. Sifat dan ciri fisik tanah gambut yang bersifat khas, antara lain: tingkat dekomposisi dan ketebalan serta lapisan bawah (substratum) yang bervariasi, Bulk Density (BD) yang rendah, adanya sifat *irreversible drying* (kering tak balik), terjadinya subsidence (penyusutan volume gambut), retensi air, kapasitas menahan air (water holding capacity), dan hidrolik konduktivitas serta porositas yang relatif besar, loss on ignition (hilang pada pemanasan), dan adanya sifat mengembang-mengkerut. Sebagai akibat dari karakteristik fisik tanah gambut tersebut berdampak kepada sifat kimia yang bersifat khas pula, yaitu: sangat masam, kejenuhan basa rendah, KTK tinggi, kadar abu bervariasi, P-tersedia rendah, C dan N tinggi, dan unsur mikro Cu, Fe, Mn dan Zn umumnya rendah. Umumnya tingkat kesuburan tanah gambut dipengaruhi oleh tingkat dekomposisi, ketebalan, bahan penyusun dan lingkungan pembentukannya.

Adapun ciri biologi tanah gambut mempunyai ciri biologi khas vegetasi rawa. Terdapat berbagai macam flora dan fauna. Ada ribuan spesies pohon dan bervariasi dengan jarak dari aliran sungai/pantai. Hasil penelitian terakhir menunjukkan adanya variasi dominasi vegetasi dari satu lokasi, ke lokasi tanah gambut lainnya

Mikrobiologi tanah yang banyak terdapat adalah bakteri dan fungi. Hasil penelitian tahun 2000, pada bahan gambut Kalimantan Selatan, terdapat macro fungi sebanyak 67 spesies terdiri 60 basidiomycota, 6 ascomycota, 1 myxomycota. Kondisi masam dan miskin hara pada lahan gambut akan menghambat aktivitas.

Lahan gambut menjadi sarang hama dan penyakit, terutama serangga dan tikus. Hal ini terjadi karena BD yang kecil dan poros sehingga menjadi sarang tikus dan banyak tanaman pengganggu merupakan tempat berkembangbiakan serangga.

REKLAMASI DAN DEGRADASI LAHAN GAMBUT

Masalah dalam reklamasi lahan, salah satunya adanya subsidence, sehingga lahan gambut dapat habis. Adanya pembukaan lahan (reklamasi) yang diiringi dengan pembuatan saluran-saluran drainase untuk transport mengakibatkan terjadinya penurunan muka air tanah sehingga kadar air tanah, diatas permukaan air tanah yang terbentuk menurun. Penurunan air tanah tersebut mengakibatkan pengkerutan. Pengeringan yang intensif dan berlangsung cukup lama dapat menyebabkan terjadinya berbagai proses (oksidasi, kering tak balik, erosi) yang menyebabkan terjadinya subsidence sehingga lahan terdegradasi, baik secara kimia maupun fisik. Secara fisik terjadi penurunan muka tanah, dan secara kimia, adanya kering tak balik menyebabkan daya jerap menurun sehingga hara mudah tercuci. Akibat subsidence, bahan gambut habis, bila substratumnya sedimen marin akan memunculkan tanah sulfat masam dan bila pasir akan memunculkan hamparan tanah

pasir. Kedua tanah ini sangat rendah potensinya, sehingga memunculkan lahan terlantar. Untuk itu perlu pengelolaan yang benar sesuai potensi lahan yaitu pengelolaan yang berwawasan konservasi, dengan beracu pada optimalisasi sesuai potensi lahan sesuai sifat tanah agar usahatani lestari. Untuk itu, selain faktor sosial, ekonomi, budaya, dan lainnya, reklamasi gambut harus mempertimbangkan aspek kesesuaian lahan untuk tanaman yang akan dikembangkan. Kesesuaian lahan berarti memilih areal pengembangan yang tepat.

Pemilihan Areal Pengembangan

Dalam pengembangan lahan gambut, perlu membagi areal gambut dalam satu DAS menjadi dua bagian, yaitu (1) kawasan non budidaya (jalur hijau : sepanjang pantai dan tanggul sungai, dan areal tampung hujan dan hutan lindung). Pada dome, luasnya kurang lebih 1/3 bagian DAS. Kawasan ini berperan dalam siklus karbon dunia (iklim global), pengendali hidrologi kawasan DAS bagian hilir, dan sumber plasma nuftah dari beragam spesies tanaman; (2) kawasan budidaya, harus di sesuai dengan potensi (klas kesesuaian lahan) (Tabel 1 dan 2).

Tabel 1. Klasifikasi Kesesuaian lahan gambut berdasarkan tebal dan lapisan sulfidik.

Sifat tanah	S1	S2	S3	N
<i>Untuk Padi:</i>				
- Tebal gambut (cm)	< 40	40-90 ^a	40-90 ^b	> 90
- Kedalamam lap sulfidik (cm)	> 100	50-100	< 50	
<i>Untuk Tan. Lahan Kering</i>				
- Tebal gambut (cm)	< 40	40-90 ^a	40-200 ^b	> 90
- Kedalamam lap sulfidik (cm)	> 100	50-100 ^c	50-100 ^d	

Keterangan:

a = BTO 18-28 % C ; b = BTO > 38 % C; c = kandungan pirit < 2%; d = kandungan pirit > 2%. Sumber: Hardjowigeno, 1995.

Tabel 2. Tipe penggunaan lahan gambut menurut kedalaman dan tipe substratum Gambut

Tipologi Lahan	Kedalaman	Tipe Substratum	
	cm	Liat marin	Pasir Kuarsa
Bergambut	< 0,5	Sawah	Perumahan
Gambut dangkal	0,5 – 1,0	Sawah/tegalan	Perumahan/tegalan
Gambut sedang	1,0 – 2,0	Tegalan/hortikultura	Tegalan/hortikultura
Gambut dalam	> 2,0	Perkebunan	Perkebunan
	Dome	Tampung hujan	Tampung hujan

Sumber: Widjaja Adhi, 1995.

PENGELOLAAN LAHAN GAMBUT

Pengelolaan Lahan Untuk Padi

Berdasarkan kesesuaian lahan gambut untuk tanaman padi dan sifat-sifat lainnya, dapat disimpulkan bahwa gambut yang dipilih adalah yang mempunyai ketebalan <1 m (kebutuhan air terjamin), kematangan: Saprik – hemik, substratum: liat, kedalaman lapisan sulfidik > 1,0 m. Penanaman padi mempunyai *subsidence* paling rendah dibanding tanaman lainnya yang pertumbuhannya pada kondisi oksidasi dan perakaran dalam. Teknologi yang diterapkan berpengaruh kepada kecepatan *subsidence*, karena itu perlu diperhatikan, beberapa hal berkaitan dengan komponen teknologi yang akan diterapkan, yaitu:

Pengelolaan Air

Pengelolaan air harus beracu pada hubungan air-tanah-tanaman. Pengelolaan air sesuai dengan kebutuhan air tanaman (jumlah dan kualitas), mencegah munculnya sifat kering tak balik dan mengurangi kecepatan *subsidence*.

Pengelolaan air yang tepat, dapat: mengurangi oksidasi bahan gambut, mencegah erosi angin dan air, mencegah pengkerutan akibat evapotranspirasi, mencegah dehidrasi, mencegah kebakaran gambut, dan meningkatkan hasil tanaman.

Pengelolaan air perlu memperhatikan potensi hidrologi, tanaman yang diusahakan, dan karakteristik lahan. Skala pengelolaan air bersifat skala mikro (tingkat usahatani) dan skala makro (kawasan unit hidrologi). Di lahan rawa, dibagi menjadi lahan pasang surut dan non pasang surut (lebak). Pada lahan pasang surut, berdasarkan tipe luapan, dibagi menjadi 4 tipe, yaitu:

- A : lahan terluapi pasang besar dan kecil
- B : lahan hanya terluapi oleh pasang besar
- C : tidak terluapi pasang, kedalaman air tanah < 50 cm
- D : tidak terluapi pasang, kedalaman air tanah > 50 cm

Sedangkan lahan lebak dibagi menjadi 3 tipe genangan, yaitu:

- Lebak Dangkal : kedalaman air < 50 cm
- Lebak Tengahan : kedalaman air 50-100 cm
- Lebak Dalam : kedalaman air > 100 cm.

Pengolahan Lahan (Soil Tillage)

Penggunaan alat berat dalam pengolahan tanah dapat menyebabkan terjadinya pemadatan tanah sehingga muka tanah gambut menjadi menurun. Alternatif pengolahan lahan adalah pengolahan tanah minimum (tradisional) dan tanpa olah tanah (herbisida). Kondisi tanah yang sarang mendukung dilakukannya dua alternatif pengolahan tanah tersebut.

Ameliorasi Lahan dan Pemupukan

Tujuan ameliorasi dan pemupukan pada lahan gambut adalah untuk mengurangi kecepatan degradasi sifat kimia tanah. Ameliorasi dilakukan dengan pemberian kapur (dolomit, sebagai sumber hara), abu hasil bakaran (abu kayu, sekam, serasah) dan bahan mineral (tanah kaya Fe, untuk ikat asam organik). Pemupukan diberikan baik berupa pupuk makro (N, P, K, S) maupun mikro (Fe, Cu, Zn, Mo). Ameliorasi dan pemupukan yang dilakukan beracu pada sifat tanah setempat.

Pola Tanam dan Pemilihan Varietas

Diperlukan pemilihan pola tanam yang sesuai dan penggunaan jenis tanaman dan varietas adaptif, agar produksi terjamin dan menguntungkan dan lestari. Penggunaan varietas adaptif akan mengurangi resiko kegagalan dan mengurangi input rendah mengingat permodalan ekonomi umumnya sangat rendah. Pemilihan pola tanam, harus memperhatikan: potensi hidrologi (tipe luapan atau genangan) dan upaya konservasi (tanam padi). Potensi pola tanam sesuai tipe luapan air di lahan rawa pasang disajikan pada Tabel 3. Selain itu perlu dipilih varietas tanaman pangan yang adaptif pada kondisi masam dan miskin hara di lahan pasang surut.

Tabel 3. Potensi pola tanam sesuai tipe luapan air di lahan rawa pasang

Tipe luapan	Pola tanam
A	Padi (MH) – padi (MK)
B	Padi (MH) – padi (MK)
C	Padi (MH) – palawija (MK)
D	Padi (MH) – palawija (MK) ; Padi (MH) – palawija (MK)

Sumber: Suprihatno dan Anwar (1999).

PENGELOLAAN UNTUK TANAMAN LAHAN KERING: PALAWIJA DAN SAYURAN

Pengelolaan untuk palawija dan sayuran pada prinsipnya sama dengan padi, tetapi pada kondisi oksidasi. Pertanaman ini, ditujukan bila potensi air tidak memungkinkan untuk digenangi (padi), misalnya pada musim kemarau atau pada tipe luapan C/D. Pada gambut dangkal (< 1 m), dan ketinggian air diatur (40-60 cm dibawah permukaan tanah). Pada sistem pertanaman ini, oksidasi dipercepat sehingga *subsidence* relatif cepat yang berarti degradasi dipercepat.

Tanaman perkebunan (kelapa, kelapa sawit, kopi, coklat), industri (akasia) dan buah-buahan (jeruk)

Semua kelompok tanaman tersebut mempunyai perakaran yang relatif dalam, dan biasanya disarankan pada gambut tebal (>2,0 m). Untuk menciptakan kondisi pertanaman yang baik dibutuhkan drainase dalam agar aerasi daerah perakaran cukup baik. Untuk mengurangi kecepatan *subsidence* di dibutuhkan pintu-pintu air di saluran tersier dan sekunder. Dalam kenyataannya, *subsidence* tak dapat dihindari, tanaman miring akhirnya tumbang, produksi menurun, gambut habis. Pada sistem pertanaman ini, *subsidence* sangat tinggi sehingga degradasi lahan dipercepat.

Pemanfaatan gambut alami (tanpa drainase)

Pemanfaatan lahan gambut secara alamiah (tanpa drainase) merupakan cara mencegah degradasi yang paling aman. Lahan dimanfaatkan sesuai kondisi alamiah, yaitu kondisi reduksi. Ada resiko keracunan asam organik (fenolik), karena itu perlu dicari tanaman yang adaptif. Beberapa tanaman yang biasa tumbuh alami adalah sagu, nipah, sayuran air (kangkung), atau budidaya hutan berpotensi ekonomi tinggi seperti ramin.

FAKTOR-FAKTOR PENDUKUNG

Selain aspek teknis, keberhasilan upaya konservasi dalam pemanfaatan gambut untuk tanaman pangan tidak terlepas dari aspek ekonomi-sosial-budaya dan politik. Menurut Manwan *et al.* (1992), dalam pengembangan lahan rawa, faktor yang menghambat antara lain adalah masalah sosial ekonomi, kelembagaan dan dukungan eksternal, serta prasarana penunjang. Untuk itu dibutuhkan langkah-langkah operasional berupa dukungan kebijaksanaan pemerintah, partisipasi masyarakat, sarana dan prasarana, serta tersedianya teknologi terandal. Agar terlaksana membutuhkan adanya koordinasi antar instansi terkait.

Dukungan kebijaksanaan pemerintah berupa: program pelatihan kepada petugas (PPL) yang bertugas di daerah gambut rawa, terutama dalam hal kondisi gambut rawa dan

teknik budidaya pertaniannya; pemberian insentif dan fasilitas pendukung kepada penyuluh yang berhasil membina petani; adanya pembekalan pengetahuan mengenai gambut rawa kepada calon transmigran yang akan ditempatkan; adanya peraturan daerah yang melarang pembakaran gambut dalam berusahatani; adanya kebijaksanaan harga yang layak sehingga petani mempunyai keuntungan yang memadai dan mempunyai kekuatan modal untuk melaksanakan teknologi usahatani sesuai anjuran.

Dukungan partisipasi masyarakat dilakukan melalui pembinaan organisasi dan kelompok tani sehingga tercipta rasa kebersamaan dalam kepentingan dan tujuan serta kesadaran akan pentingnya penerapan teknologi sesuai anjuran sehingga memudahkan melakukan upaya konservasi dalam pemanfaatan lahan gambut rawa untuk tanaman pangan.

Dukungan sarana dan prasarana penunjang seperti tersedianya saprodi yang cukup dan tepat waktu, alat panen dan pasca panen, KUD, penangkar benih, dan pasar sehingga membantu petani untuk mampu melaksanakan teknologi usahatani sesuai anjuran.

Dukungan teknologi berupa tersedianya teknologi yang terandal dari aspek teknis, ekonomi, sosial-budaya dan lingkungan, sehingga mudah dilaksanakan, mengutungkan, tidak bertentangan sosial-budaya masyarakat dan tidak berdampak negatif bila dilakukan secara terus menerus dalam jangka panjang.

KESIMPULAN

1. Lahan gambut mempunyai sifat dan ciri fisik, kimia dan biologi yang spesifik yang berbeda dengan tanah mineral. Umumnya mempunyai BD rendah, kapasitas menahan air tinggi, porositas dan hidrolik konduktivitas tinggi, mempunyai sifat mengembang-mengkerut, kering tak balik dan potensi *subsidence* yang tinggi. Secara kimia, umumnya sangat masam dan miskin hara sehingga aktivitas mikroorganisme tanah berjalan lambat.
2. Adanya sifat kering tak balik dan potensi *subsidence* yg tinggi menyebabkan lahan gambut sangat mudah terdegradasi baik secara fisik maupun kimia.
3. Pemilihan lahan pengembangan harus beracu kepada keseimbangan dalam satu kawasan hidrologi, antara aspek pemanfaatan (budidaya) dan lingkungan (non budidaya).
4. Pemilihan lahan untuk pemanfaatan budidaya harus beracu pada ketentuan kesesuaian lahan.
5. Pemilihan lahan dan penerapan teknologi yang keliru pada pemanfaatan lahan gambut rawa dapat menyebabkan degradasi lahan dan memunculkan lahan terlantar.

6. Untuk usahatani berkelanjutan, diperlukan upaya konservasi dalam penerapan teknologi usahatani di lahan gambut rawa sesuai karakteristik lahan dan tanaman yang diusahakan. Upaya konservasi meliputi pengelolaan air, pemilihan pengolahan lahan, ameliorasi dan pemupukan, pemilihan pola tanam dan penggunaan varietas adaptif.
7. Keberhasilan penerapan teknologi berwawasan konservasi membutuhkan dukungan kebijaksanaan pemerintah, partisipasi masyarakat, sarana prasarana penunjang dan ketersediaan teknologi terandal.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriesse J. P. 1988. Nature and management of tropical peat soils. FAO Soil Bulletin 59. Rome.
- Hardjowigeno S. 1995. Suitability of Indonesian peat soils for agriculture development. Di dalam: Rieley JO and Page SE. Biodiversity and Sustainability of Tropical Peatland. Proceedings of the International Symposium on Biodiversity, Environmental Importance and Sustainability of Tropical Peat and Peatlands: Palangka Raya, 4–8 Sep 1995. UK: Samara, 327-334.
- Manwan I, Ismail IG, Alihmasyah T, dan Partohardjono S. 1992. Teknologi untuk pengembangan pertanian lahan rawa pasang surut. Di Dalam: Partoharjono S dan Syam M. Risalah Pertemuan Nasional Pengembangan Pertanian Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak ; Cisarua, 3-4 Mar 1992. Bogor: Puslitbangtan. 149-156.
- Suprihatno B dan Anwar K. 1999. Kesesuaian faktor iklim dan lingkungan untuk tanaman pangan di lahan-lahan pasang surut dan lebak. Disampaikan pada Kongres IV PERHIMPI dan Simposium International I: Bogor, 18-20 Okt 1999.
- Widjaja Adhi IPG. 1986. Pengelolaan lahan rawa pasang surut dan lebak. Jurnal Litbang Pertanian. 5:1-9.
- Widjaja Adhi IPG., Nugroho K, Suriadikarta DA., dan Karama AS. 1992. Sumberdaya Lahan Rawa: Potensi, keterbatasan dan pemanfaatan. Di dalam: Partoharjono S dan Syam M. Risalah Pertemuan Nasional Pengembangan Pertanian Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak ; Cisarua, 3-4 Mar 1992. Bogor: Puslitbangtan. 19-38.

BASELINE SURVEY: CADANGAN KARBON PADA LAHAN GAMBUT DI LOKASI DEMPLOT PENELITIAN ICCTF (RIAU, JAMBI, KALIMANTAN TENGAH DAN KALIMANTAN SELATAN)

¹Ai Dariah, ²Erni Susanti, dan ¹Fahmuddin Agus

¹Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114

²Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Jl. Tentara Pelajar No. 1 Bogor 16111

Abstrak. Sehubungan dengan pentingnya peran lahan gambut sebagai penyimpan cadangan karbon dan sumber emisi CO₂, maka pengukuran dan monitoring cadangan karbon pada lahan gambut menjadi sangat penting. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk melakukan *baseline survey* cadangan karbon di atas dan bawah permukaan tanah (*below dan above ground C-stock*) pada lahan gambut di empat lokasi demplot penelitian ICCTF, hasil *base line survey* ini akan dijadikan sebagai tolok ukur penilaian dampak aplikasi teknologi pengelolaan lahan terhadap konservasi karbon dan peningkatan sekuestrasi karbon. Pengamatan dan pengambilan sample dilakukan bulan Januari 2011-Mei 2011, di 4 lokasi demplot ICCTF, yang terletak di: Desa Lebak Ogong, Kec. Sei Kipang, Kab. Palawan, Prov. Riau; Desa Arang-Arang, Kec. Kumpek Ulu, Kab. Muaro Jambi, Prov. Jambi; Desa Jabiren, Kec. Jabireun Raya, Kab. Pulang Pisau, Prov. Kalimantan Tengah; dan Desa Tegal Arum, Kec. Landasan Ulin Timur, Kodya Banjar Baru, Prov. Kalimantan Selatan. Bentuk penggunaan lahan yang diamati simpanan karbonnya adalah kebun sawit di Provinsi Jambi dan Riau, karet di Provinsi Kalimantan Tengah dan padi di Kalimantan Selatan. Pengukuran cadangan karbon dilakukan pada skala plot. Hasil monitoring menunjukan cadangan gambut di bawah permukaan pada demplot percobaan di Jambi berkisar antara 1.241-2.098 t ha⁻¹ di Riau 2.257-4.219 t ha⁻¹, di Kalimantan Tengah 3.335-4.407 t ha⁻¹ dan di Kalimantan Selatan 183-1.142 t ha⁻¹. Karakteristik gambut (Ketebalan, cadangan karbon, simpanan karbon dan kadar abu) baik dalam maupun antar plot sangat bervariasi, terutama pada gambut dangkal seperti di Kalsel. Cadangan C sebelum perlakuan pada tanaman kelapa sawit umur 3-5 tahun di plot ICCTF di Riau dan Jambi berkisar antara 4,5-5,6 ton C ha⁻¹, cadangan C untuk tanaman karet umur 3-5 tahun di plot ICCTF Kalimantan Tengah berkisar antara 4,1-4,9 ton C ha⁻¹. Cadangan C nekromas sebelum perlakuan di lokasi ICCTF di Jambi 0,8-12,6 ton C ha⁻¹, Riau 1,3-24,7 ton C ha⁻¹, Kalteng 0,3-3,5 ton C ha⁻¹ dan Kalsel 0,4-4,2 ton C ha⁻¹. Monitoring perubahan C stock sebagai dampak perbaikan pengelolaan lahan, sebaiknya dilakukan minimal dalam jangka waktu 3 tahun

Kata Kunci: Cadangan, karbon, gambut

PENDAHULUAN

Tanah gambut merupakan penyimpan karbon (C) yang sangat besar. Cadangan C dalam setiap meter ketebalan tanah gambut berkisar antara 300–700 t ha⁻¹. Jika ketebalan gambut 8 m, maka cadangan C di dalam tanahnya berkisar antara 2400-5600 t ha⁻¹, sebagai

pembandingan cadangan C dalam tanah mineral maksimal hanya 80 t ha⁻¹. Cadangan karbon pada tanah gambut tersebar mulai dari lapisan permukaan sampai lapisan dasar gambut (substratum) (Agus dan Subiksa, 2008).

Cadangan karbon dalam tanah gambut bersifat labil, yakni sangat mudah teremisi jika terjadi gangguan terhadap kondisi alamnya. Oleh karena itu lahan gambut diperkirakan merupakan salah satu sumber emisi terbesar di Indonesia (Hooijer *et al.* 2010 dan WWF, 2008), sehubungan dengan pesatnya perkembangan pemanfaatan gambut untuk pertanian khususnya perkebunan.

Cadangan karbon dalam tanah gambut (*below ground C-stock*) bervariasi tergantung proses pembentukan dan keadaan lingkungan. Page *et al.* (2002) menyatakan rata-rata kandungan C pada tanah gambut sekitar 60 kg C m⁻³ atau ekuivalen dengan 600 t C ha⁻¹ untuk setiap meter ketebalan gambut. Di daerah tropis cadangan C dalam tanah gambut bervariasi antara 250 t ha⁻¹ untuk gambut tipis (<0,5 m) sampai lebih dari 5000 ton ha⁻¹ untuk gambut sangat dalam (>10 m). Untuk setiap satu meter kedalaman gambut tersimpan sekitar 300-700 ton C ha⁻¹ (Agus *et al.* 2009; Wahyunto *et al.* 2003, 2004).

Selain ketebalan gambut, tingkat kematangan gambut juga berpengaruh terhadap cadangan karbon dalam suatu volume tertentu. Hasil penelitian Agus *et al.* (2010) di Kalimantan Barat menunjukkan rata-rata kerapatan karbon (*carbon density*) gambut dengan tingkat kematangan saprik >65 kg C m⁻³, sedangkan rata-rata kerapatan karbon gambut dengan tingkat kematangan fibrik rata-rata < 40 kg C m⁻³.

Cadangan Karbon di lahan gambut juga tersimpan dalam biomasa tanaman (*above ground C-stock*). Nilai cadangan karbon dalam biomasa tanaman sangat bervariasi, tergantung pada keragaman dan kerapatan tanaman, kesuburan tanah, kondisi iklim, ketinggian tempat dari permukaan laut, lamanya lahan dimanfaatkan untuk penggunaan tertentu, serta cara pengelolannya (Hairiah dan Rahayu, 2007). Umur tanaman juga sangat menentukan besarnya cadangan karbon dalam tanaman, oleh karena itu Tomich *et al.* (1998) menyarankan untuk menggunakan nilai rata-rata waktu (*time average*) untuk membandingkan cadangan karbon pada berbagai jenis penggunaan lahan. Pendekatan ini memungkinkan perbandingan simpanan karbon dalam suatu sistem, mulai dari saat pertumbuhan tanaman sampai panen. Metode ini sama dengan yang dianut dalam metode perhitungan rata-rata cadangan karbon yang dikembangkan oleh IPCC dalam *Special Report on Landuse, Land-Use Change and Forestry* (Watson *et al.* 2000).

Sehubungan dengan pentingnya peran lahan gambut sebagai penyimpan cadangan karbon dan sumber emisi CO₂, pengukuran dan monitoring cadangan karbon pada lahan gambut menjadi sangat penting. Data hasil monitoring dapat digunakan sebagai tolok ukur untuk mengetahui keberlanjutan suatu sistem pengelolaan lahan gambut. Selain itu data hasil monitoring dan perhitungan neraca karbon penting dalam menghadapi sistem baru perdagangan karbon pasca Kyoto Protocol (tahun 2012), yang disebut dengan mekanisme

REDD (*Reducing Emissions from Degradation and Deforestation*/Mengurangi Emisi dari Deforestasi dan Degradasi Hutan) (Agus, 2009).

Tujuan penelitian ini adalah melakukan *baseline survey* cadangan karbon (*below dan above ground C-stock*) di lahan gambut pada empat lokasi demplot penelitian ICCTF (*Indonesia Climate Change Truns Fund*) , sebagai tolok ukur penilaian dampak aplikasi teknologi pengelolaan lahan terhadap keberlanjutan konservasi karbon dan peningkatan sekuestrasi karbon.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Pengamatan dan pengambilan sample dilakukan bulan Januari 2011-Mei 2011, di lokasi demplot ICCTF (*Indonesia Climate Change Truns Fund*), yang terletak di:

- Desa Lebak Ogong, Kec. Sei Kipang, Kab. Palawan, Provinsi Riau
- Desa Arang-Arang, Kec. Kumpek Ulu, Kab. Muaro Jambi, Provinsi Jambi
- Desa Jabiren, Kec. Jabireun Raya, Kab. Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah
- Desa Tegal Arum, Kec. Landasan Ulin Timur, Kodya Banjar Baru, Provinsi Kalimantan Selatan

Bentuk penggunaan lahan yang diamati simpanan karbonnya adalah kebun sawit di Provinsi Jambi dan Riau, karet di Provinsi Kalimantan Tengah, dan padi di Kalimantan Selatan. Penamaan titik-titik pengamatan disesuaikan nama “calon plot perlakuan” (PA, PT, PK, PTK, PM, AS, K= Calon plot untuk perlakuan pugam A, pugam T, pupuk Kandang, tandan kolong tanah mineral, abu sekam dan kontrol).

Metode Penelitian

Pengukuran cadangan karbon dilakukan pada skala plot. Dua kegiatan utama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah (1) pengukuran cadangan karbon pada tanah gambut (*below ground organic pool*) dan (2) pengukuran cadangan karbon dalam tanaman (*above ground organic pool*).

Pengukuran karbon tersimpan pada tanah gambut

Pengukuran cadangan karbon pada tanah gambut mengacu pada metode yang dikemukakan Agus (2009). Pengamatan morfologi tanah gambut (kedalaman dan sifat-sifat tanah pada setiap kedalaman) dan pengambilan contoh tanah dilakukan dengan menggunakan bor gambut, pada setiap calon plot perlakuan. Sifat-sifat tanah gambut yang diamati di lapangan adalah kedalaman gambut sampai lapisan sub-stratum, tingkat

kematangan gambut, dan tipe substratum. Contoh tanah untuk analisis BD (*bulk density*)/berat isi dan kadar C diambil pada setiap kedalaman yang homogen. BD gambut ditentukan di laboratorium dengan menggunakan metode gravimetris. Sedangkan pengukuran kandungan C dilakukan dengan metode pengabuan kering.

Cadangan C pada lahan gambut (*below ground C stock*) dihitung berdasarkan persamaan:

$$C \text{ stock tanah gambut} = BD \times C \times L \times H,$$

dimana: BD= *Bulk density* (ton m⁻³)

C = % C-organik

L = luas lahan gambut (m²)

H = ketebalan gambut (m)

Pengukuran cadangan karbon dalam tanaman (*above ground C stock*)

Teknik pengamatan dan pengukuran cadangan karbon dalam tanaman mengacu pada Juknis yang dikemukakan oleh Haeriah dan Rahayu (2007) dengan beberapa modifikasi. Ukuran plot pengamatan mengikuti ukuran calon plot perlakuan pada masing-masing demplot. Pendugaan berat kering biomas pada tanaman kelapa sawit selain dilakukan dengan menggunakan persamaan allometri, sebagai pembanding dilakukan juga dengan cara semi destruktif, yakni dengan menghitung jumlah daun pada tanaman kelapa sawit yang ada dalam plot pengamatan, selanjutnya diambil sample daun kelapa sawit sebanyak 10 daun pada setiap plot pengamatan untuk ditimbang beratnya.

Berat kering biomas kelapa sawit diprediksi dengan menggunakan persamaan yang dipublikasikan oleh ICRAF (2010), yaitu :

$$BK = (0.0976 \times H) + 0,0706,$$

Dimana: BK=berat kering (kg/pohon)

H = Tinggi tanaman (m)

Sedangkan untuk tanaman karet diprediksi dengan menggunakan persamaan allometri, yaitu:

$$BK = 0,11\rho \text{ (g cm}^{-3}\text{)D (cm)}^{2.62}$$

Dimana: BK=berat kering (kg/pohon),

H= tinggi pohon (cm),

D=diameter pohon (cm), dan ρ =Berat jenis kayu (g cm⁻³)

Pengukuran diameter karet dilakukan pada setiap plot perlakuan, karena jarak tanam relatif teratur maka pengukuran dilakukan pada jarak 10, 25, 50 dan 100 m pada 6 baris tanaman atau sekitar 24 pohon pada setiap plot, selanjutnya dihitung jarak tanam untuk menghitung jumlah tanaman karet per plot pengamatan atau per ha lahan.

Pengukuran biomasa tumbuhan bawah (semua tumbuhan hidup berupa pohon berdiameter <5 cm, herba, rumput-rumputan) dilakukan dengan metode *destructive* (merusak bagian tanaman). Komponen lainnya yang diukur adalah nekromasa yang ada di permukaan tanah, nekromasa berkayu (pohon mati, tunggul tanaman, cabang dan ranting) dan nekromasa tidak berkayu (seresah daun yang masih utuh/serasah kasar atau terdekomposisi sebagian/serasah halus).

Penetapan cadangan karbon pada biomas dan nekromasa dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Simpanan C} = 0,46 * \text{BK},$$

dimana:

0,46 merupakan rata-rata kandungan C dalam tanaman (Haeriah dan Rahayu, 2007),
BK adalah berat kering biomas dan nekromas (kg)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Cadangan Karbon di Bawah Permukaan Tanah (*Below Ground C- Stock*)

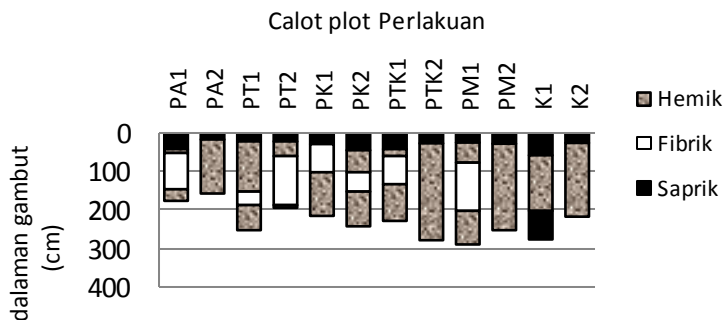
Tabel 1 menyajikan kisaran cadangan C di areal demplot penelitian. Kedalaman gambut pada empat lokasi penelitian sangat bervariasi, berkisar antara 36-647 cm, di beberapa lokasi kedalaman gambut dalam satu demplot variasinya juga sangat lebar, kondisi ini penting untuk diketahui karena akan sangat menentukan pengaruh dari perlakuan yang diberikan, baik terhadap emisi maupun parameter lainnya.

Tabel 1. Kedalaman, kematangan dominan, kematangan di permukaan dan cadangan C tanah gambut pada areal demplot empat lokasi demplot ICCTF

Areal demplot	Ketebalan (cm)	Kematangan dominant	Kematangan di permukaan	Simpanan C (t ha ⁻¹)
Jambi	155-316	Hemik	Saprik	1241-2098
Kalteng	500-698	Hemik	Saprik	3335-4407
Kalsel	36-338	Fibrik	Saprik	183-1142
Riau	550-647	Hemik	Saprik	2257-4219

Demplot Jambi

Gambar 1 menunjukkan morfologi tanah gambut pada lokasi demplot di Jambi. Tingkat kematangan gambut di permukaan adalah saprik. Ketebalan lapisan permukaan berkisar antara 10-50 cm. Lapisan bawah permukaan didominasi gambut dengan kematangan hemik.



Gambar 1. Morfologi tanah gambut pada masing-masing calon plot perlakuan di lokasi ICCTF Jambi. Variasi ketebalan dan kematangan merupakan sifat awal gambut setempat; bukan disebabkan pengaruh perlakuan

Data pada Tabel 2 menunjukkan variabilitas ketebalan, cadangan C dan kadar abu pada maupun antar calon plot perlakuan pada demplot di Jambi. Pada calon plot perlakuan PA dan PT terdapat gambut dengan ketebalan <2 m sedangkan pada calon plot perlakuan lainnya rata-rata ketebalan gambut >2 m namun demikian ketebalan tertinggi masih <3m (2,87 m), terdapat pada calon plot perlakuan TM.

Simpanan C tertinggi pada demplot di lokasi Jambi mencapai 2098 t ha⁻¹ yaitu pada titik dengan ketebalan gambut tertinggi pula. Namun simpanan karbon terendah tidak terdapat pada titik dengan ketebalan gambut terendah (calon plot PT), melainkan pada calon plot pupuk kandang yaitu sebesar 1241 t ha⁻¹.

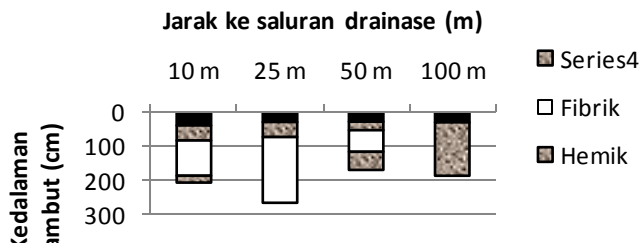
Kadar abu yang relatif tinggi umumnya terdapat pada lapisan yang berdekatan dengan substratum. Pada lapisan di atasnya rata-rata kadar abu <3%. Kadar abu merupakan prosentase bahan mineral yang terkandung dalam tanah gambut, faktor ini sangat menentukan tingkat kesuburan gambut. Oleh karena itu tanah mineral, terutama yang banyak mengandung kation polyvalen, merupakan bahan amelioran yang sangat baik digunakan di lahan gambut. Kation polyvalen dapat berfungsi sebagai jembatan pengikat senyawa organik monomer yang dapat meracuni tanaman menjadi bentuk polymer yang tidak dapat terserap tanaman. Senyawa organik dalam bentuk polymer juga menjadi sulit untuk terdekomposisi sehingga bisa berdampak terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca.

Tabel 2. Kondisi awal ketebalan, C-stock, dan kadar abu pada masing-masing calon plot perlakuan pada lokasi demplot di Jambi

Lokasi Pengamatan*)	Ketebalan (cm)		C stock (t ha ⁻¹)		Kadar abu (%)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Calon plot PK	210	213	1241	1885	1,8	14,6
Calon plot TM	250	287	1820	1896	2,9	19,8
Calon plot K	215	274	1375	2098	1,1	35,9
Calon plot PA	155	200	1258	1361	2,0	22,2
Calon plot PTK	245	246	1814	2089	1,8	15,1
Calon plot PT	150	192	1281	1668	1,9	12,2

*) Variasi ketebalan, C-stock dan kematangan merupakan sifat awal gambut setempat; bukan disebabkan pengaruh perlakuan

Dampak dari pembuatan saluran drainase terhadap simpanan karbon umumnya bisa dilihat dari perbedaan ketebalan dan kematangan gambut pada titik-titik dengan jarak yang berbeda dari saluran drainase (semakin dekat saluran drainase umumnya ketebalan gambut semakin tipis), seperti yang ditunjukkan hasil penelitian Agus *et al.* (2010) pada lahan gambut di Kalimantan Barat, terutama jika saluran drainase telah berumur relatif lama dan dibuat cukup dalam. Namun demikian hasil pengamatan di lokasi ICCTF Jambi menunjukkan jarak dari saluran belum/tidak berpengaruh nyata terhadap ketebalan gambut (Gambar 2).



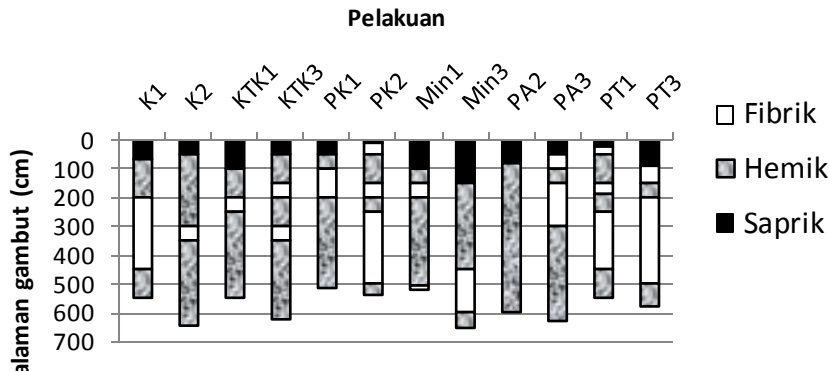
Gambar 2. Ketebalan gambut pada titik-titik pengamatan dengan berbagai jarak dari saluran drainase di lokasi penelitian ICCTF Jambi

Demplot Riau

Gambar 3 menunjukkan morfologi gambut pada lokasi demplot di Provinsi Riau. Kematangan gambut yang dominan adalah hemik, sedangkan tingkat kematangan gambut di permukaan adalah saprik. Ketebalan gambut saprik di permukaan sangat bervariasi, ada yang mencapai >100 cm, namun di beberapa titik lapisan ini hanya mencapai ketebalan

<20 cm. Bahan gambut dengan tingkat kematangan fibrik ditemui pada lapisan bawah pada beberapa titik pengeboran.

Gambut di lokasi ini tergolong gambut sangat dalam, dengan rata-rata kedalaman >5 m. Ketebalan gambut terendah ditemui pada calon plot PT yaitu 5,25 m, sedangkan ketebalan gambut tertinggi ditemui pada calon plot kontrol (K) yaitu 6,97 m. Cadangan karbon berkisar antara 2257-4219 t ha⁻¹ (Tabel 3). Kadar abu di lapisan atas relatif rendah (rata-rata <2%). Kadar abu meningkat sampai >30% pada lapisan gambut yang dekat dengan lapisan substratum.



Gambar 3. Morfologi gambut pada masing-masing calon plot perlakuan di lokasi ICCTF di Riau. Variasi ketebalan dan kematangan merupakan sifat awal gambut setempat; bukan disebabkan pengaruh perlakuan

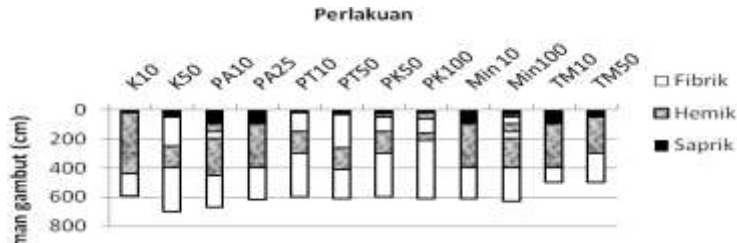
Tabel 3. Kondisi awal ketebalan, C-stock, dan kadar abu pada masing-masing plot sebelum perlakuan pada lokasi demplot di Riau

Lokasi Pengamatan*)	Ketebalan (cm)		C stock (t ha ⁻¹)		Kadar abu (%)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Calon plot PK	550	600	2946	3382	1,3	23,3
Calon plot PM	567	600	3334	3871	1,6	14,8
Calon plot K	550	697	3281	4219	1,5	9,2
Calon plot PA	600	600	3560	3800	1,9	12,7
Calon plot PTK	540	645	2932	3769	2,0	31,4
Calon plot PT	525	580	2257	3321	1,7	11,2

*) Variasi ketebalan, C-stock dan kematangan merupakan sifat awal gambut setempat; bukan disebabkan pengaruh perlakuan

Demplot Kalimantan Tengah

Gambut di lokasi demplot di Kalimantan Tengah juga tergolong gambut dalam (rata-rata kedalaman gambut 5-7 m). Kematangan dominan adalah hemik dan fibrik, sedangkan kematangan gambut di permukaan adalah saprik dengan ketebalan yang relatif tipis. Variabilitas ketebalan gambut antar calon plot perlakuan relatif rendah, hanya calon plot PM yang rata-rata kedalaman gambutnya sekitar 5 m, sedangkan rata-rata kedalaman gambut pada petak perlakuan lainnya rata-rata 6-7 m (Gambar 4).



Gambar 4. Ketebalan dan tingkat kematangan gambut pada beberapa titik pengamatan di lokasi demplot Kalimantan Tengah

Variabilitas ketebalan, simpanan C, dan kadar abu antar plot maupun di dalam plot ditunjukkan Tabel 4. Rata-rata simpanan C pada areal gambut di lokasi ini $>3500 \text{ t ha}^{-1}$ ($2722\text{--}4288 \text{ t ha}^{-1}$). Kadar abu di beberapa lapisan terutama yang mendekati lapisan substratum ada yang mencapai $>56,9\%$. Pada gambut yang sangat dalam, keberadaan bahan mineral di lapisan bawah kurang berkontribusi terhadap kesuburan tanah, karena keterbatasan jangkauan perakaran tanaman. Demikian pula halnya terhadap emisi, karena proses emisi terjadi pada lapisan permukaan.

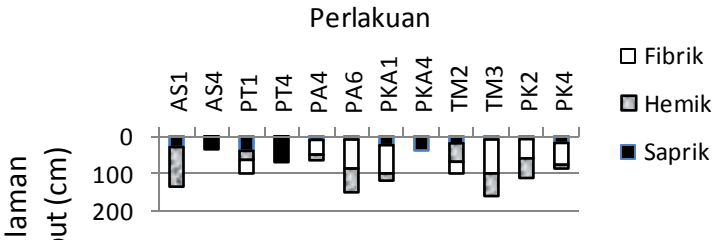
Tabel 4. Kondisi awal ketebalan, C-stock, dan kadar abu pada masing-masing plot pada lokasi demplot di Kalimantan Tengah.

Lokasi pengamatan*)	Ketebalan (cm)		C stock (t ha^{-1})		Kadar abu (%)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Calon plot PK	596	599	3749	4165	2,0	46,1
Calon plot PM	612	690	2722	4138	1,4	48,5
Calon plot K	649	698	3651	4288	1,1	40,3
Calon plot PA	570	613	3750	4165	2,1	56,9
Calon plot PM	500	500	3481	3824	2,4	47,2
Calon plot PT	570	600	3335	3956	1,7	50,6

*) Variasi ketebalan, C-stock dan kematangan merupakan sifat awal gambut setempat; bukan disebabkan pengaruh perlakuan

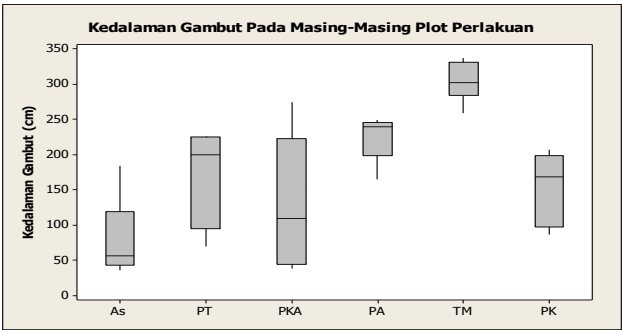
Demplot Kalimantan Selatan

Gambut di lokasi demplot ICCTF Kalimantan Selatan tergolong gambut sangat tipis sampai tipis, yang paling tipis ketebalannya hanya mencapai 38 cm, dan sudah dapat digolongkan sebagai *peaty mineral* (tanah mineral yang mengandung gambut). Karakteristik dari *peaty mineral* sangat berbeda dibanding gambut, bukan hanya dalam hal simpanan karbonnya, namun juga untuk sifat-sifat lainnya misalnya tingkat kesuburannya. Ketebalan gambut tertinggi yang ditemui di lokasi ini hanya mencapai 160 cm (Gambar 5).



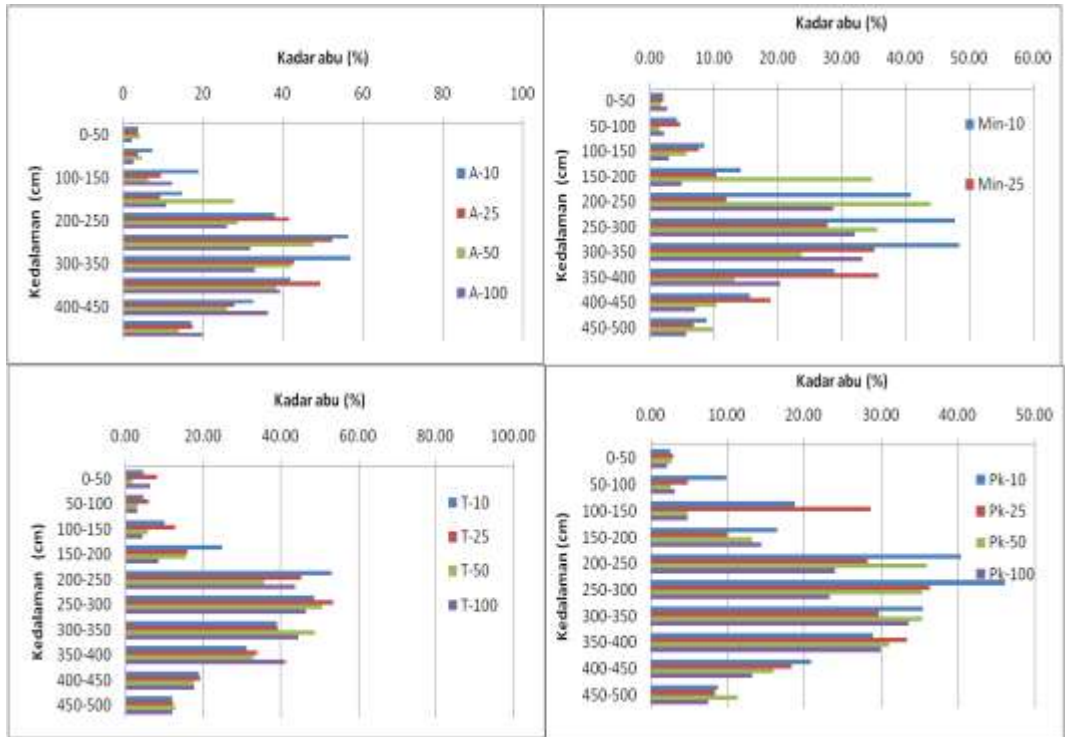
Gambar 5. Ketebalan dan tingkat kematangan gambut pada beberapa titik pengamatan di lokasi demplot penelitian di Kalimantan Selatan. Variasi ketebalan dan kematangan merupakan sifat awal gambut setempat; bukan disebabkan pengaruh perlakuan

Variabilitas ketebalan gambut yang relatif tinggi terjadi dalam plot yang sama. Misalnya untuk calon plot abu sekam (AS), dari 6 titik pengeboran yang dilakukan, ditemukan kedalaman terendah 38 cm sedangkan ketebalan tertinggi mencapai mencapai ketebalam hampir 140 cm. Variabilitas kedalaman gambut antar plot perlakuan dan dalam plot penelitian di sajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Variasi ketebalan gambut antar dan di dalam calon plot penelitian ICCTF Kalimantan Selatan. Variasi ini merupakan keadaan awal ketebalan gambut sebelum diberi perlakuan

Pada umumnya peningkatan kadar abu yang signifikan umumnya terjadi pada lapisan yang mendekati substratum, namun di lokasi ini peningkatan kadar abu terjadi pada lapisan tengah (Gambar 7). Faktor ini akan sangat berpengaruh, baik terhadap kesuburan gambut maupun tingkat emisi yang terjadi.



Gambar 7. Keadaan awal distribusi kadar abu pada masing-masing plot percobaan. Variasi distribusi kadar abu merupakan sifat awal gambut setempat; bukan disebabkan pengaruh perlakuan

Cadangan Karbon di atas Permukaan Tanah (*above ground C-stock*) Demplot Jambi

Komponen dari cadangan karbon di atas permukaan tanah di lokasi penelitian ini adalah: tanaman utama kelapa sawit umur 3-5 tahun dengan tumbuhan bawah yang relatif sudah bersih. Keadaan nekromas berkayu cukup banyak yaitu berupa sisa-sisa pohon (batang dan akar) yang terangkat ke atas permukaan. Tabel 5 menunjukkan hasil pengukuran cadangan karbon di atas permukaan pada demplot ICCTF di Jambi.

Tabel 5. Cadangan C (ton C ha⁻¹) dalam tanaman kelapa sawit umur 3-5 tahun berdasarkan persamaan allometri dan berat pelepah ditambah dengan nekromas pada pada Demplot ICCTF Jambi

Lokasi Pengamatan*	Biomass ¹⁾		Nekromas	Total	
	Allometri	Berat pelepah+daun		Biomass Allometri+Nekromas	Biomass berat pelepah+daun+ nekromas
Calon plot PA	4,75	1,68	3,65	8,40	5,33
Calon plot PT	4,58	1,21	5,33	9,91	6,54
Calon Plot PK	4,48	0,59	0,78	5,26	1,37
Calon Plot PTK	4,86	0,54	12,63	17,49	3,17
Calon Plot PM	5,14	0,51	3,90	9,04	9,55
Calon Plot K	5,60	1,05	-	5,60	6,65

*variasi cadangan karbon bukan pengaruh dari perlakuan

¹⁾Dengan menggunakan persamaan allometri BK = (0,0976 x H) + 0,0706 (ICRAF, 2010)

Riau

Komponen cadangan karbon di atas permukaan tanah pada demplot ICCTF di Riau adalah adalah: tanaman utama kelapa sawit umur 3-5 tahun dengan tumbuhan bawah yang relatif sudah bersih yang ditanami dengan tanaman sela jagung. Keadaan nekromas berkayu cukup banyak yaitu berupa sisa-sisa pohon (batang dan akar) yang terangkat ke atas permukaan. Tabel 6 menunjukkan hasil pengukuran simpanan karbon di atas permukaan tanah di lokasi ICCTF Riau. Karena tinggi tanaman sangat kecil dan tidak terukur, maka simpanan karbon tanaman diperkirakan sama dengan di Jambi karena umur tanamannya sama.

Tabel 6. Cadangan karbon di atas permukaan (ton C ha⁻¹) di Plot ICCTF Riau

Calon Plot*)	Kelapa sawit (3-5 tahun)	Nekromas	Total
Calon Plot PA	4,75	24,7	29,45
Calon Plot PT	4,58	2,8	7,38
Calon Plot PK	4,48	11,0	15,48
Calon Plot PTK	4,86	15,4	20,26
Calon Plot PM	5,14	1,3	6,44
Calon Plot K	5,60	10,4	16

*variasi cadangan karbon bukan pengaruh dari perlakuan

Kalimantan Tengah

Kondisi cadangan karbon di atas permukaan tanah adalah : tanaman utama karet umur 5-6 tahun, dengan tumbuhan bawah tanaman padi gogo berumur 1 bulan. Keadaan nekromas berkayu cukup banyak yaitu berupa sisa-sisa pohon .

Pengukuran cadangan karbon di atas permukaan tanah di Kalimantan Tengah dilakukan dengan mengukur biomas tanaman utama dan nekromas berkayu, tumbuhan bawah tidak diukur karena akan merusak tanaman dan sumbangan cadangan karbonnya sangat kecil. Tabel 7 menyajikan hasil pengukuran cadangan karbon di atas permukaan tanah pada demplot di lokasi ICCTF Kalimantan Tengah,

Tabel 7. Cadangan karbon di atas permukaan tanah (ton C ha^{-1}) di Plot ICCTF Kalimantan Tengah

Lokasi pengamatan)	Karet (3-5 tahun)	Nekromas	Total
Calon Plot PA	4,69	1,50	6,19
Calon Plot PT	4,10	0,95	5,05
Calon Plot PK	4,64	1,02	5,66
Calon Plot PM	4,87	0,33	5,20
Calon Plot K	4,36	3,50	7,86

*variasi cadangan karbon bukan pengaruh dari perlakuan

Kalimantan Selatan

Kondisi cadangan karbon di atas permukaan tanah adalah : tanaman utama padi berumur 1 bulan dengan keadaan nekromas berkayu cukup banyak yaitu berupa sisa-sisa pohon yang masih berserakan di atas permukaan tanah.

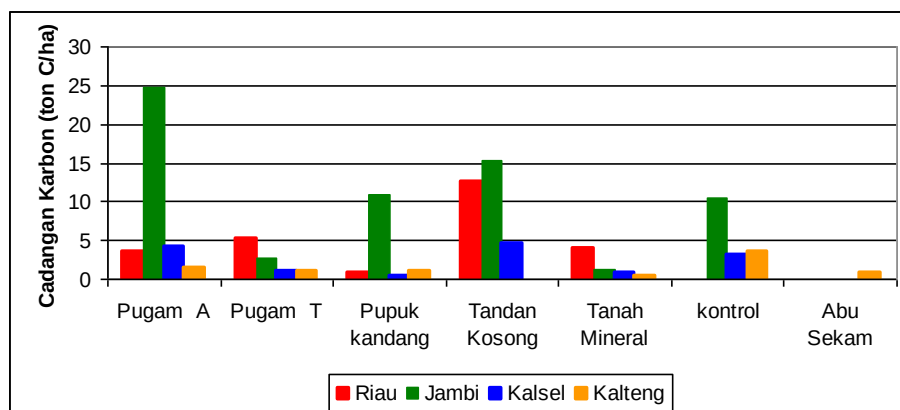
Pengukuran cadangan karbon di atas permukaan tanah di Kalimantan Selatan dilakukan dengan mengukur nekromasa berkayu. Tanaman utama yang sedang diusahakan tidak diukur karena akan merusak tanaman padi, disamping itu sumbangan cadangan karbonnya juga sangat kecil, yaitu setara dengan *Imperata cylindrica*, sekitar 5 ton C ha^{-1} . Tabel 7 menunjukkan hasil pengamatan dan perhitungan cadangan karbon di atas permukaan tanah di lokasi ICCTF Kalimantan Tengah,

Tabel 7. Cadangan karbon di atas permukaan tanah (ton C ha^{-1}) di Plot ICCTF Kalimantan Selatan

Lokasi pengamatan*	Cadangan karbon di atas permukaan tanah (ton C ha^{-1})
Calon Plot PA	4,2
Calon Plot PT	1,0
Calon Plot PK	0,4
Calon Plot PM	4,6
Calon Plot AS	0,9
Calon Plot K	3,1

*variasi cadangan karbon bukan pengaruh dari perlakuan

Keragaman nekromas di setiap plot perlakuan di empat lokasi sangat tinggi sehingga kandungan karbonnya juga menjadi sangat bervariasi (Gambar 8). Variabilitas nekromas tertinggi ditemui pada demplot di Jambi. Keberadaan nekromas tergantung pada kesempatan petani untuk membersihkan dan memanfaatkannya. Umumnya nekromas berkayu tersebut akan digunakan untuk dijadikan kayu bakar, sehingga tidak dapat dimonitor keberadaannya.



Gambar 8. Keadaan awal cadangan karbon dalam nekromas berkayu pada berbagai calon plot perlakuan Jambi (24-29 Januari 2011), Kalteng (1-4 Pebruari 2011), Kalsel (7-9 Maret 2011), dan Riau (21-24 Maret 2011).

KESIMPULAN

Cadangan karbon di dalam tanah gambut (*below ground C-stock*) pada demplot percobaan ICCTF di Jambi berkisar antara 1.241-2.098 t ha⁻¹, di Riau 2.257-4.219 t ha⁻¹, di Kalimantan Tengah 3.335-4.407 t ha⁻¹, dan di Kalimantan Selatan 183-1.142 t ha⁻¹. Karakteristik gambut (ketebalan, cadangan karbon, dan kadar abu) baik di dalam maupun antar plot sangat bervariasi, terutama pada gambut dangkal seperti di Kalsel. Oleh karena itu perlu dikaji kemungkinan pengaruh perbedaan kondisi awal tanah menjadi lebih dominan dibanding perlakuan. Maka dalam menganalisis respon tanaman dan fluks CO₂, sebaiknya digunakan analisis *covariate* atau *multiple linear regression*.

Cadangan C dalam tanaman (*above ground C-stock*) sebelum perlakuan pada tanaman kelapa sawit umur 3-5 tahun pada demplot ICCTF di Riau dan Jambi berkisar antara 4,5-5,6 ton C ha⁻¹. Cadangan C untuk tanaman karet umur 3-5 tahun pada demplot ICCTF Kalimantan Tengah berkisar antara 4,1-4,9 ton C ha⁻¹. Cadangan C dalam nekromas sebelum perlakuan di lokasi ICCTF di Jambi 0,8-12,6 ton C ha⁻¹, Riau 1,3-24,7 ton C ha⁻¹, Kalteng 0,3-3,5 ton C ha⁻¹, dan Kalsel 0,4-4,2 ton C ha⁻¹. Di beberapa lokasi kontribusi nekromas terhadap total *above ground C-stock* relatif nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., dan I G.M. Subiksa, 2008, Lahan Gambut: Potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan, Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAFT) Bogor, Indonesia.
- Agus, F. 2009, Panduan metode pengukuran karbon tersimpan di lahan gambut, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (un-publish).
- Agus, F., Wahyunto, A. Dariah, P. Setyanto, I G.M. Subiksa, E. Runtunuwu, E. Susanti, W. Supriatna, 2010, Carbon budget and management strategies for conserving carbon in peatland: Case study in Kubu Raya and Pontianak Districts, West Kalimantan, Indonesia, Pp, 217-233 *Dalam* Proceedings, International Workshop on Evaluation and Sustainable Management of Soil Carbon Sequestration in Asian Countries, Bogor.
- Hooijer, A., S. Page, J. G. Canadell, M. Silvius, J. Kwadijk, H. Wosten, and J. Jauhiainen, 2010, Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia, *Biogeosciences*, 7, 1505–1514, 2010, <http://www.biogeosciences.net/7/1505/2010/> doi:10.5194/bg-7-1505-2010.
- Hairiah, K., dan S. Rahayu, 2007, Pengukuran Karbon Tersimpan Di Berbagai Macam Penggunaan Lahan, Worl Agroforestry Centre-ICRAF, South East Asia, Bogor.
- ICRAF, 2010. Carbon Footprint of Indonesian Palm Oil Production: a Pilot Study (leaflet).
- Page, S.E., F. Siegert, J.O., Rieley, HDV. Boehm, A. Jaya and S.H. Limin, 2002, The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997, *Nature* 420: 61-65.
- Tomich TP, Fagi A.M., de Foresta H., *et al*, 1998, Indonesia's fire : smoke as a problem, smoke as a symptom, *Agroforestry Today* January - March: 4–7.
- WWF. 2008, Deforestation, forest degradation, biodiversity loss and CO₂ emission in Riau, Sumatera, Indonesia: one Indonesian propinve's forest and peat soil carbon loss over a quarter century and it's plans for the future, WWF Indonesia Tecnical Report, www.wwf.or.id.
- Wahyunto, Ritung, S., and Subagjo, H., 2003, Map of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Sumatera 1990–2002, Wetlands International - Indonesia Programme & Wildlife Habitat Canada.
- Wahyunto, Sofyan R., Suparto dan Subagyo H., 2004, Sebaran dan kandungan karbon lahan gambut di Sumatera dan Kalimantan, Wetland International Indonesia Program.
- Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J., and Doken, D.J. (eds.), 2000, Landuse, Land-Use Change and Forestry, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

DAFTAR PESERTA

No.	Nama	Instansi
1	Asmawati, Ir. MM.	Balai Penelitian Tanah
2	Abdul Hadi	Universitas Lambung Mangkurat
3	Agus Kristiyono	BPPT
4	Agus Supriyo	BPTP Kalsel
5	Agustin Sri Mulyatni	Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan
6	Ahmad Kurnain	Universitas Lambung Mangkurat
7	Ai Dariah, Dr.	Balai Penelitian Tanah
8	Ali Pramono	Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
9	Andik Pribadi	Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB
10	Arif Budiman	Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa
11	Aris Pramudia, Dr.	Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
12	Atep Yulianto	Majalah Info Sawit
13	Baba Barus	Institut Pertanian Bogor
14	Budi I Setiawan	Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB
15	Chendy Tafakresnanto, Ir. MP.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
16	Christieni	Direktorat Jenderal Perkebunan
17	D. Subardja, Dr. MSc.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
18	Dedy Nursyamsi, Dr.	Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa
19	Destialisma, Ir. M.Sc	Direktorat Pemasaran Internasional, Kementan
20	Diah Setyorini, Dr.	Balai Penelitian Tanah
21	Dian Afriyanti	Wetlands Internasional Indonesia
22	Edi Husen, Dr.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
23	Erna Suryani, Dr.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
24	Erni Susanti, Ir. MSc.IT	Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
25	Erwan Mardi, Sip	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
26	Fahmuddin Agus, Dr.	Balai Penelitian Tanah
27	Fathan	Majalah Info Sawit
28	Fitri W	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
29	Fitrie Atviana Nurritasari, S.Si	Geofisika Meteorologi, IPB
30	Fradhtullah Ramadhani, SKom, MSc	Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
31	Greis Moulida Fridani	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
32	Hana Sudiarta	BPPT
33	Hapid Hidayat, A.MA	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
34	Happy W.	BPBPI RPN
35	Haris Syahbuddin, Dr.	Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
36	Hendri Sosiawan, Ir. CESA	Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
37	Herlina Kurniawati, SP. M.Si.	Universitas Kapuas Sintang
38	Heru	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
39	Hikmatullah, Ir. MSc.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
40	Husein Suganda, Ssi. Msi.	Balai Penelitian Tanah
41	Husnain, Dr.	Balai Penelitian Tanah
42	I G. Made Subiksa, Dr.	Balai Penelitian Tanah
43	Ida Nur Istina	BPTP Riau
44	Iman K. Syafarman, SP	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian

Daftar peserta

No.	Nama	Instansi
45	Irsal Las, Prof. Dr.	Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
46	Ishak Juarsah, Ir. Msi.	Balai Penelitian Tanah
47	Istiqlal Amien, Prof. Dr.	Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
48	Iwaha Setyawan	Darmex Agro
49	Jati Purwani, Ir. M Si	Balai Penelitian Tanah
50	Jhon Bako Baon	Pusat Penelitian Kakao
51	Jon Hendri, S.P.	Pascasarjana Agroteknologi Tanah, IPB
52	Jubaedah, MSc	Balai Penelitian Tanah
53	Karmini Gandasasmita, Dra. MM.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
54	Khairil Anwar, Dr.	Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa
55	Kodrad Winarno, STP	Direktorat Pemasaran Internasional, Kementan
56	Kurmen Sudarman, Ir., MP.	Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
57	Kusumo Nugroho, Dr.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
58	Laksmita P. Santi	Biotek Perkebunan
59	Lina S	Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
60	M. Anang Firmansyah	BPTP Kalteng
61	M. Luthful Hakim, Dr.	Pusdatin Kementan
62	M. Saleh Mokhtar, Dr.	BPTP Kalteng
63	Mamat HS, Dr.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
64	Markus Anda, Dr.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
65	Mas Teddy S. Ir, Msi.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
66	Maswar, Dr.	Balai Penelitian Tanah
67	Mega Lugina, S. Hut, M.For.Sc.	Litbang Kehutanan
68	Meli Fitriani, SSi	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
69	Miranti Ariani, SP	Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
70	Miswarti	BPTP Bengkulu
71	Muhammad Alwi, Dr.	Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa
72	Muhammad Noor, Dr	Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa
73	Muhammad Saleh, Dr.	Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa
74	Muhrizal Sarwani, Dr.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
75	Mukhlis, Dr.	Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa
76	Nani Heryani, Dr.	Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
77	Naniek R	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
78	Neneng L. Nurida, Dr.	Balai Penelitian Tanah
79	Nurhadiah, SP. M.Si.	Universitas Kapuas Sintang
80	Nurya Utami	Geofisika Meteorologi, IPB
81	Nyi Rohmah	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
82	Nyoman Suryadiputra	Wetlands Internasional Indonesia
83	Paidi, Drs. MM.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
84	Ponidi, S.Si	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
85	Popi Rejekiningrum, Dr.	Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
86	R.S. Simatupang, Ir. MP	Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa
87	Rachmat Abdul Gani, SP	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
88	Rahmah Dewi Y.	Balai Penelitian Tanah
89	Rasid S	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
90	Ratna Dilla	Geofisika Meteorologi, IPB

No.	Nama	Instansi
91	Rina K	Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
92	Riswan	Yayasan Ekosistem Lestari
93	Rizatus Shofiyati, Ir. MSc.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
94	Rovanty Frizdew	Pascasarjana Agroteknologi Tanah, IPB
95	Rudi Eko Subandiono, Ir. MSc.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
96	Rumikas	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
97	Sarni, STP	Direktorat Budidaya dan Pascapanen Buah, Ditjen Hortikultura
98	Selly Salma, Dra. Msi	Balai Penelitian Tanah
99	Setiari, SP	Balai Penelitian Tanah
100	Setiyo Purwanto, SP	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
101	Siti Nurzakiah, Dr.	BPTP Riau
102	Slamet Widayadi	Majalah Sains Indonesia
103	Sofyan Ritung, Ir. MSc.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
104	Sri Ardiati	Direktorat Jenderal Perkebunan
105	Sri Erita Aprilla, Ir.	Balai Penelitian Tanah
106	Sri Retno Murdiyati, Dra. MSc.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
107	Sri Rochayati, Dr.	Balai Penelitian Tanah
108	Sukanto	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
109	Sukarman, Dr.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
110	Sulaeman, SP, Ssi.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
111	Suparto, Ir. MP.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
112	Supiandi Sabiham, Prof. Dr.	Institut Pertanian Bogor
113	Suria Tarigan	Institut Pertanian Bogor
114	Sutono, SP	Balai Penelitian Tanah
115	Syamsu Dwi Jadmiko, S.Si.	Geofisika Meteorologi, IPB
116	Syofia Asridawati	Pascasarjana Agroteknologi Tanah, IPB
117	Tagus Vadari, Ir. Msi	Balai Penelitian Tanah
118	Ulfah Zul Farisa	Kelompok kerja LULUCF-DNPI
119	Umi Haryati, Dr.	Balai Penelitian Tanah
120	Umi Hidayati, SP. MP	Balai Penelitian Sembawa Palembang
121	Usep Suryana, SP	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
122	Wahid Noegroho	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
123	Wahyunto, Drs. MSc.	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
124	Winarna, SP, MP	Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan
125	Wiwik Hartatik, Dr.	Balai Penelitian Tanah
126	Wiwik Rubita Riandarti	PT. Smart TBK
127	Yeli Sarvina, Ssi	Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
128	Yiyi Sulaeman, SP, MSc	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
129	Yopi Yogaswara	Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
130	Yuliana C. Wulan	GIZ Staff Bappenas
131	Zulkarnain Poeloengan	Darmex Agro

JADUAL ACARA

Jadwal	Acara	Moderator/Sekretaris/ Pemakalah
07:30 – 08:20	Registrasi, Penerimaan Poster dan Bahan Presentasi	Panitia
08:20 – 08:30	Laporan Panitia	Panitia
08:30 – 08:50	Pembukaan dan Sambutan Ka BBSDLP	Dr. Muhrizal Sarwani, MSc.
08:50 – 09:00	Pembacaan doa	Drs. Sulaeman
09:00 – 09:15	Coffee Break	
	Sidang PLENO	Moderator/Sekretaris: Dr. Muhrizal Sarwani, MSc. Dr. Husnain
09:15 – 09:40	Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pengembangan Kelapa Sawit di Indonesia	Prof. Dr. Supiandi Sabiham
09:40 – 10:05	Strategi Kebijakan dan Dilema Pemanfaatan dan Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pertanian	Prof. Dr. Irsal Las
10:05 – 10:30	Current estimates of the emission factors from agriculture	Dr. Fahmuddin Agus
10:30 – 11:30	Diskusi	
11:30 – 13:15	Ishoma	
13:15 – 13:45	Sesi POSTER-1	Moderator: Dr. Muhammad Noor
	Sebaran Kebun Kelapa Sawit Aktual dan Potensi Pengembangannya di Lahan Bergambut di Pulau Sumatera	Dr. B. Barus
	Klasifikasi dan Distribusi Tanah Gambut Indonesia serta Pemanfaatannya untuk Pertanian	Dr. D. Subardja, MSc
	Pemetaan Detail Tanah Gambut di Demplot Jabiren Kalimantan Tengah Mendukung Penelitian Emisi Karbon	Ir. Hikmatullah, MSc
	Emisi Metana dari Pertanaman Padi pada Beberapa Dosis Pemupukan NPK di Lahan Gambut	Siti Nurzakia
	Pemetaan Detail Tanah Gambut di Demplot Landasan Ulin Kalimantan Selatan Mendukung Penelitian Emisi Karbon	Ir. Hikmatullah, MSc
	Sidang KOMISI A	
	Sesi 1	Moderator/Sekretaris: Dr. Mamat HS Dr. Neneng L. Nurida
13:45 – 13:55	Inventarisasi dan Pemetaan Lahan Gambut di Indonesia	Drs. Wahyunto, MSc
13:55 – 14:05	Pemetaan Lahan Gambut menggunakan Teknologi Remote Sensing	Dr. Agus Kristiyono
14:05 – 14:15	Faktor Penduga Simpanan Karbon pada Tanah Gambut	Dr. Ai Dariah
14:15 – 14:30	Diskusi	
	Sesi 2	Moderator/Sekretaris: Dr. Mamat HS Dr. Neneng L. Nurida
14:30 – 14:40	Karakteristik dan Sebaran Lahan Gambut di Sumatera, Kalimantan dan Papua	Ir. Sofyan Ritung, MSc
14:40 – 14:50	Karakteristik Tanah Gambut dan Hubungannya dengan Emisi Gas Rumah Kaca pada Perkebunan Kelapa Sawit di Riau dan Jambi	Dr. Sukarman
14:50 – 15:00	Basisdata Karakteristik Lahan Gambut di Indonesia	Ir. Anny Mulyani, MS

15:00 – 15:15	Diskusi	
15:15 – 15:30	Coffee Break	
	Sesi 3	Moderator/Sekretaris: Dr. Sukarman Dr. Neneng L. Nurida
15:30 – 15:40	Tata Kelola Lahan Rawa Gambut	Dr. Haris Syahbuddin, CESA
15:40 – 15:50	Mikrobiologi Gas Rumah Kaca pada Lahan Gambut Tropika	Prof. Dr. Abdoel Hadi
15:50 – 16:00	Distribusi Bentuk-Bentuk Fe dan Kelarutan Amelioran Tanah Mineral dalam Gambut	Dr. Wiwik Hartatik
16:00 – 16:15	Diskusi	
	Sesi 4	Moderator/Sekretaris: Dr. Sukarman Dr. Neneng L. Nurida
16:15 – 16:25	Reduksi Emisi CO ₂ Melalui Ameliorasi pada Intercropping Karet dan Nanas di Lahan Gambut Jabiren, Kalteng	M. Ariani
16:25 – 16:35	Pemanfaatan Mikrob Endofitik Penghasil Eksopolisakarida sebagai Pembenah Hayati pada Lahan Gambut	Dr. Laksmi Prima Santi
16:35 – 16:50	Diskusi	
13:15 – 13:45	Sesi POSTER-2	Moderator: Dr. Edi Husen, MSc
	Peranan Amelioran dalam Mitigasi Emisi GRK (CH ₄ dan CO ₂) pada Land Use Sawah di Tanah Gambut Desa Landasan Ulin, Kecamatan Banjarbaru, Kalimantan Selatan	R. Kartikawati
	Pengaruh Pemberian Bahan Amelioran terhadap Penurunan Emisi Gas CO ₂ pada Tanaman Sela di Lahan Gambut	T. Sopiawati
	Pengaruh Pemberian Bahan Amelioran terhadap Fluks CO ₂ pada Pertanaman Kelapa Sawit Tanah Gambut di Perkebunan Rakyat Kabupaten Muara Jambi Propinsi Riau	H.L. Susilawati