

PERUBAHAN SIFAT FISIKA TANAH AKIBAT KONVERSI LAHAN DI EKOSISTEM HUTAN RAWA GAMBUT TRIPA PROVINSI ACEH (INDONESIA)

¹Sufardi, ²Hairul Basri, ³Syamaun A. Ali, dan ⁴Khairullah

^{1,2,3,4}) Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh. Corresponded person : sufardi.usk@gmail.com; HP +6281269594111

ABSTRAK

Konversi lahan rawa gambut menjadi lahan kering akan mengganggu fungsi ekosistem lahan dan fungsi hidrologis tanah sehingga akan berdampak terhadap fisika dan hidraulika tanah. Untuk mengkaji dampak konversi hutan rawa gambut terhadap karakteristik fisika tanah di Ekosistem Hutan Rawa Gambut Tripa Provinsi Aceh telah dilaksanakan dengan menggunakan metode deskriptif melalui pengamatan tanah di lapangan dan analisis laboratorium. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lapisan atas (0-20 cm) dan lapisan bawah (40-60 cm) pada beberapa tipe pemanfaatan lahan dan jenis tanah. Karakteristik tanah yang diamati meliputi *bulk density* (BV), tekstur tanah, permeabilitas, porositas, dan kemampuan menyimpan air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah lahan gambut dikeringkan, maka sifat-sifat fisika tanah mengalami perubahan. Nilai BV tanah mengalami peningkatan, permeabilitas dan porositas mengalami penurunan, sehingga kemampuan mengikat air menjadi berkurang. Untuk mencegah degradasi fisik lahan, maka perlu dilakukan pengaturan tata air yang baik di ekosistem hutan rawa gambut Tripa.

Kata kunci: Lahan Gambut, pengeringan, sifat fisika tanah, hidraulika tanah

ABSTRACT

Conversion of peat swamp land into dry land will disrupt the land ecosystem and soil hydrological functions so it will affect the soil physics and hydraulics. A descriptive method was used to study the impact of the conversion of peat swamp forest on soil physics characteristics in the Tripa Peat Swamp Forest ecosystem located in Aceh Province through the soil observation in the field and laboratory analysis. Some soil samplings are taken on the top layer (0-20 cm) and the lower layer (40-60 cm) for each land use and soil types. The observed soil characteristics include bulk density (BV), soil texture, porosity, permeability, and the water holding capacity. The results showed that after the peat has drained, the physical properties of the soil will change. The value of soil BV has increased, permeability and porosity have declined, so the water holding capacity being reduced. To prevent the soil physical degradation of land, it is necessary to regulate water system properly in the Tripa Peat Swamp Forest ecosystem.

Key words: Peat land, drying, physical properties of soil, soil hydraulics

PENDAHULUAN

Lahan gambut merupakan lahan yang memiliki lapisan tanah yang kaya dengan bahan organik. Berbeda dengan tanah mineral, tanah gambut mempunyai kandungan C-organik > 18% yang terdapat pada kedalaman 50 cm atau lebih. Bahan organik penyusun tanah gambut terbentuk dari sisa-sisa tanaman yang belum melapuk sempurna karena kondisi lingkungan jenuh air dan miskin hara. Oleh karena itu, lahan gambut banyak dijumpai di daerah rawa (*swamp*) atau daerah cekungan yang drainasenya buruk. Gambut

terbentuk dari timbunan sisa-sisa tanaman yang telah mati, baik yang sudah lapuk maupun belum. Timbunan terus bertambah karena proses dekomposisi terhambat oleh kondisi anaerob dan/atau kondisi lingkungan lainnya yang menyebabkan rendahnya tingkat perkembangan biota pengurai. 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. Gambut mempunyai daya menahan air yang tinggi sehingga berfungsi sebagai penyangga hidrologi areal sekelilingnya. Konversi lahan gambut akan mengganggu semua fungsi ekosistem lahan gambut tersebut. Gambut sangat penting dalam sistem hidrologi rawa karena mampu menyerap air sampai beberapa kali lipat dari bobotnya (Riwandi, 2003; Stevenson, 2004)

Apabila hutan gambut ditebang dan lahan dilakukan pengeringan yang berlebihan melalui pembuatan sistem drainase, maka karbon yang tersimpan pada gambut akan mudah teroksidasi menjadi gas CO₂ yang dianggap sebagai salah satu gas rumah kaca (GRK) dan mudah mengalami penurunan permukaan (subsiden) apabila hutan gambut dibuka (Wosten *et al.*, 1997; Hairiah *et al.*, 2011). Penurunan ini terjadi karena ruang pori yang biasanya diisi oleh air, menjadi hilang. Akibatnya volume gambut mengecil dan kemampuan menyerap air akan berkurang (Sabiham, 2007). Oleh karena itu diperlukan kehati-hatian dan perencanaan yang matang apabila akan mengkonversi hutan rawa bergambut menjadi areal pertanian lahan kering. Di Indonesia ternyata pemanfaatan lahan ini untuk areal pertanian khususnya untuk perkebunan kelapa sawit sudah sangat luas dilakukan dampak terhadap kerusakan lahanpun terus bertambah. Di Provinsi Aceh, salah satu wilayah ekosistem rawa bergambut yang telah dikonversi menjadi lahan perkebunan dan pertanian terdapat di areal Hutan Gambut Rawa Tripa (*Tripa peat swamp forest* = TPSF) yang berada Kabupaten Nagan Raya dan Kabupaten Aceh Barat Daya. Sebelum dikonversi menjadi lahan perkebunan dan penggunaan lainnya areal TPSF ini merupakan hutan rawa yang mempunyai keanekaragaman hayati yang tinggi dan mengandung karbon yang cukup tinggi karena sebagian dari rawa ini terdapat bahan gambut yang banyak mengandung unsur karbon.

Namun dalam satu dekade terakhir ini, ekosistem TPSF ini diperkirakan telah mengalami degradasi lahan/hutan seiring dengan meningkatnya aktifitas masyarakat/swasta untuk melakukan ekspansi lahan hutan menjadi areal pertanian. Konversi hutan ini akan terjadi perubahan pada pola penggunaan lahan yang memberikan implikasi luas pada perubahan tata lingkungan dan pola kehidupan sosial ekonomi masyarakat yang ada di sekitarnya Yayasan Ekosistem Lestari, 2008). Berdasarkan permasalahan ini maka perlu dilakukan studi terhadap dinamika perubahan ekologis khususnya perubahan terhadap karakteristik fisika dan hidraulika tanah pada ekosistem TPSF agar dapat diidentifikasi setiap permasalahan yang ditimbulkan sehingga akan memudahkan untuk rehabilitasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perubahan beberapa sifat fisika tanah di areal hutan rawa gambut Tripa (TPSF) akibat konversi lahan gambut menjadi lahan pertanian.

METODE

Penelitian ini dilakukan di areal ekosistem Hutan rawa gambut Tripa (TPSF) Provinsi Aceh yang luasnya 60.657,29 hektar yang mencakup wilayah Kecamatan Darul

Makmur Kabupaten Nagan Raya dan Kecamatan Babahrot Kabupaten Aceh Barat Daya Provinsi Aceh. Penelitian ini merupakan serangkaian kegiatan dalam rangka kajian ekosistem Rawa Tripa yang dilaksanakan oleh Tim Peneliti Universitas Syiah Kuala bekerja sama dengan UNDP dan UKP4 Jakarta yang telah dilaksanakan pada Maret - Agustus 2013. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif yaitu melalui kegiatan survai dan pengamatan lapangan serta analisis laboratorium. Pengamatan lapangan yang dilakukan bertujuan untuk mengamati kondisi biofisik lahan, karakterisasi dan identifikasi jenis tanah serta pengambilan sampel tanah untuk analisis. Untuk mengetahui ketebalan gambut dilakukan dengan pengeboran, sedangkan penentuan tingkat kematangan gambut pada setiap titik pengambilan sampel dilakukan dengan cara meremas gambut dengan menggunakan tangan. Satuan lahan dalam areal TPSF dibuat berdasarkan sifat lithologi/jenis tanah, kemiringan lahan, ketebalan gambut, tingkat kematangan gambut, dan pola penggunaan lahan/vegetasi. Penentuan dan pengambilan sampel tanah dengan pengeboran dilakukan dengan menggunakan sistem grid dengan intensitas sampling 1 titik untuk luas areal 500 ha.

Sebanyak 42 titik pengeboran telah ditetapkan sebagai lokasi pengamatan yang mewakili 16 satuan peta lahan. Untuk mengetahui perubahan karakteristik gambut akibat konversi lahan, maka dilakukan pengamatan dan pengambilan sampel tanah/gambut pada beberapa tipe penggunaan lahan dan jenis tanah yang ada di areal ekosistem TPSF. Sampel untuk analisis sifat fisika tanah diambil pada dua lapisan (ketebalan) tanah yaitu 0-20 cm dan 20-40 cm. Sifat-sifat fisika tanah yang dianalisis di laboratorium meliputi : tekstur tanah (3 fraksi) yang ditetapkan dengan metode penyaringan dan pemipetan, BV (*bulk density*) dengan metode volumetrik, porositas total dengan pengukuran kadar air pada pF 2,5, permeabilitas dengan menggunakan permeameter, dan kadar air tanah pada kondisi kering angin dengan menggunakan metode gravimetrik. Pemberian nama jenis tanah dilakukan sampai pada tingkat macam tanah menurut Sistem Klasifikasi Nasional (Indonesia) 2014 dan padanannya menurut Soil Taxonomy USDA (2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Satuan Lahan

Berdasarkan hasil pengamatan profil tanah/gambut dan karakteristik lahan seperti ketebalan gambut, tingkat kematangan gambut, drainase di lapangan serta analisis sifat-sifat fisika dan kimia tanah di laboratorium, wilayah studi dapat dibagi atas 16 satuan peta lahan (SPL). Tabel 1 memperlihatkan bahwa wilayah studi terbentuk atas dua formasi litologi yaitu bahan aluvial dan bahan organik sehingga membentuk dua jenis tanah utama yaitu tanah mineral dan tanah organik (gambut). Bahan aluvial yang membentuk tanah Aluvial berasal dari endapan tiga sungai utama yang terdapat di areal TPSF yaitu *Krueng Tripa*, *Krueng Seumayam*, dan *Krueng Batee* atau *Krueng Babahrot*. Tanah gambut yang terdapat di areal TPSF merupakan jenis tanah gambut tipe ombrogen. Distribusi gambut di areal TPSF ini diperkirakan membentuk tiga kubah dengan kedalaman yang bervariasi. Kedua asal bahan ini di dalam ekosistem rawa gambut ini ternyata bisa terjadi saling mempengaruhi sehingga menghasilkan jenis tanah yang bervariasi walaupun terdapat dalam suatu kawasan ekosistem rawa. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan ditemukan

bahwa tanah dari bahan Aluvial ini membentuk enam macam tanah menurut Sistem Klasifikasi Nasional, Indonesia (BPSDLP, 2014), sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Deskripsi SPL di Areal Hutan Rawa Gambut Tripa (TPSF)

Simbol SPL	No SPL	Macam Tanah SNI (2014)	Penggunaan Lahan	Lereng (%)	Luas Areal	
					(ha)	(%)
1AAAd1	1	Aluvial Distrik	Kb. Campuran	0-2	4.415,01	7,28
1AAAd2	2	Aluvial Distrik	Kelapa Sawit	0-2	2.204,67	3,63
1AAe1	3	Aluvial Eutrik	Kb.Campuran	0-2	15.637,28	25,78
1AAg1	4	Aluvial Gleik	Hutan Rawa	0-2	2.478,50	4,09
1AAg2	5	Aluvial Gleik	Kb. Campuran	0-2	1.368,24	2,26
2GHf1	6	Organosol Fibrik	Hutan Rawa	0-2	2.916,00	4,81
2GHf2	7	Organosol Fibrik	Hutan Rawa	0-2	1.925,28	3,17
2GHh1	8	Organosol Hemik	Hutan Rawa	0-2	2.566,59	4,23
2GHh2	9	Organosol Hemik	Kelapa Sawit	0-2	1.122,78	1,85
2GHs1	10	Organosol Saprik	Kb. Campuran	0-2	7.663,92	12,63
2GHs2	11	Organosol Saprik	Kelapa Sawit	0-2	6.034,74	9,95
2GHs3	12	Organosol Saprik	Kb. Campuran	0-2	3.488,20	5,75
2GHs4	13	Organosol Saprik	Kelapa Sawit	0-2	2.844,37	4,69
2GHs5	14	Organosol Saprik	Hutan rawa	0-2	779,18	1,28
2GHs6	15	Organosol Saprik	Kelapa Sawit	0-2	2.028,91	3,24
2GHs9	16	Organosol Saprik	Kelapa Sawit	0-2	1.183,61	5,25
Jumlah					60.657,29	100,00

Sumber : Hasil Pengamatan Lapangan dan Analisis Peta (2014)

Tabel 2. Sebaran Jenis Tanah di Areal Hutan Rawa Gambut Tripa (TPSF)

No	Siatem Klasifikasi Tanah			Luas	
	Soil Taxanomi USDA (2014)		SNI (2014)	(ha)	(%)
	Ordo	Great Group			
1.	Entisol	Typic Udifluvent	Alluvial Eutrik	15.697,58	25,88
		Typic Fluvaquent	Alluvial Gleik	3.759,97	6,20
		Typic Udifluvent	Alluvial Distrik	6.647,66	10,96
2.	Histosol	Typic Haplofibrist	Organosol Fibrik	4.930,97	8,13
		Typic Haplohemist	Organosol Hemik	3.679,24	6,07
		Typic Haplosaprist	Organosol Saprik	25.941,87	42,77
Jumlah				60.657,29	100,00

Sumber: Hasil identifikasi profil tanah (2013)

Dari aspek penggunaan lahan maka areal TPSF secara umum dapat dibagi atas tiga pola penggunaan, yaitu hutan rawa, kebun campuran, dan kebun kelapa sawit, sedangkan berdasarkan topografi, areal TPSF memiliki bentuk wilayah yang datar dengan kemiringan 0-2 %.

Peta Kedalaman Gambut

Berdasarkan hasil pengukuran ketebalan gambut yang dilakukan oleh Tim Peneliti Universitas Syiah Kuala dan Yayasan Ekosistem Lestari tahun 2013, peta sebaran dan kedalaman gambut di areal TPSF dapat dilihat pada Gambar 1.

	2									
3	1AAe1	Aluvial Eutrik	Sedang	0,92	0,95	43,8	46,2	14,3	7,85	
4	1AAg	Aluvial Gleik	Sedang	1,12	0,92	48,1	42,9	9,78	11,2	
	1									
5	1AAg	Aluvial Gleik	sedang	1,18	0,94	43,8	44,4	8,89	15,21	
	2									
6	2GHf1	Organosol Fibrik	-	0,42	0,36	64,4	63,8	295,7	289,6	
7	2GHf2	Organosol Fibrik	-	0,46	0,38	66,2	68,1	289,2	312,7	
8	2GHh	Organosol Hemik	-	0,58	0,59	52,9	54,4	261,7	250,6	
	1									
9	2GHh	Organosol Hemik	-	0,55	0,57	53,8	56,2	250,2	271,6	
	2									
10	2GHs1	Organosol Saprik	-	0,68	0,64	58,1	52,9	171,7	181,6	
11	2GHs2	Organosol Saprik	-	0,61	0,67	54,4	43,8	181,2	119,8	
12	2GHs3	Organosol Saprik	-	0,68	0,73	56,2	48,1	185,5	159,6	
13	2GHs4	Organosol Saprik	-	0,66	0,69	52,9	54,4	189,1	112,1	
14	2GHs5	Organosol Saprik	-	0,62	0,70	53,8	56,2	175,3	156,4	
15	2GHs6	Organosol Saprik	-	0,63	0,62	58,1	54,4	189,4	132,8	
16	2GHs9	Organosol Saprik	-	0,68	0,71	58,1	52,9	189,2	142,7	

Sumber : Hasil Analisis Tanah di Laboratorium (2013)

Bobot Volume Tanah (BV)

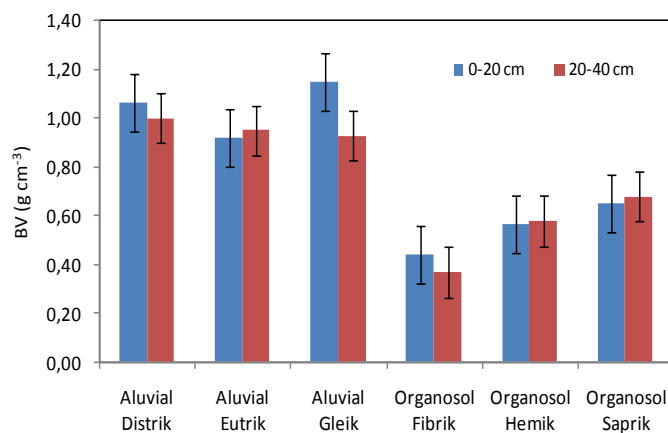
Nilai BV tanah mineral di areal TPSF secara umum lebih tinggi daripada nilai BV tanah gambut. Nilai BV tanah mineral berkisar dari 0,92 hingga 1,18 sedangkan pada tanah gambut bervariasi dari 0,42-0,68. Pada lahan dengan bahan tanah gambut, ternyata nilai BV paling rendah ditemukan pada jenis gambut muda yaitu Organosol fibrik/Typic Haplofibrist dengan $BV < 0,50$, sedangkan pada gambut yang telah berkembang nilai BV berada antara 0,55-0,68. Hal ini menunjukkan bahwa konversi lahan rawa gambut menjadi areal pertanian lahan kering akan memberikan perubahan pada sifat fisika tanah yang ditandai dengan meningkatnya nilai BV tanah. Dariah *et al.* (2012) menyatakan bahwa semakin matang suatu gambut, maka nilai BV-nya makin meningkat.

Dari aspek lahan pertanian, peningkatan BV dan kematangan gambut ini merupakan suatu indikasi perubahan kualitas lahan gambut yang makin membaik. Lahan gambut dengan $BV < 0,5$ atau lebih kecil kurang sesuai untuk lahan pertanian terutamanya untuk tanaman keras karena daya dukung tanah rendah. Dengan meningkatnya BV ini maka daya dukung terhadap tanaman budidaya seperti kelapa sawit menjadi lebih baik, namun di sisi yang lain, peningkatan nilai BV dari tanah gambut ini akan menyebabkan tanah gambut menyusut sehingga akan menimbulkan penurunan muka tanah (subsistensi) dan secara fisik

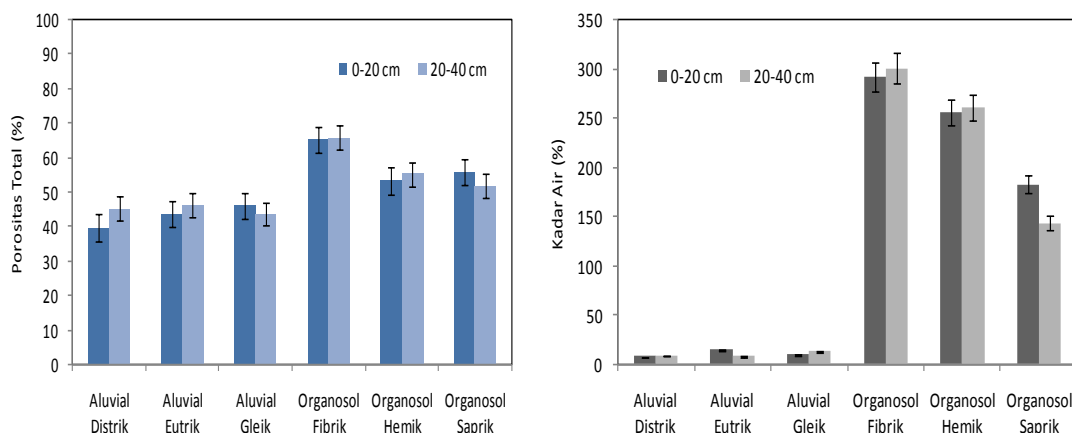
juga akan mengalami penurunan kapasitas penyerapan air (Tabel 3). Perbedaan BV tanah antara jenis tanah gambut dengan tanah mineral di areal TPSF lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.

Porositas dan Daya Pegang Air

Hasil survai lapangan menunjukkan bahwa sebagian besar areal TPSF telah dialih fungsikan menjadi lahan perkebunan kelapa sawit dan areal penggunaan lainnya dengan cara melakukan pengeringan yang berlebihan. Analisis tanah pada setiap satuan peta lahan (Tabel 3) memperlihatkan bahwa porositas total tanah bervariasi antara satuan peta tanah. Pada lapisan atas (0-20 cm), porositas total bervariasi dari 35,7 - 66,2 %, sedangkan pada lapisan bawah permukaan (20-40 cm) bervariasi dari 42,9 - 68,1 %. Porositas total yang rendah dijumpai pada tanah mineral yaitu Aluvial, sedangkan pada tanah Gambut (Organosol) porositas total relatif lebih tinggi (Gambar 3).



Gambar 2. Nilai berat volume (BV) tanah pada berbagai jenis tanah di areal TPSF



Gambar 3. Porositas Total dan kadar air tanah pada berbagai jenis tanah di areal TPSF

Selanjutnya Tabel 3 juga memperlihatkan bahwa kadar air tanah sangat bervariasi antara satuan lahan di areal TPSF. Variasi ini terjadi karena ada perbedaan yang sangat menyolok antara tanah Gambut dengan tanah Aluvial (tanah mineral). Pada tanah Aluvial kadar air berkisar antara 5,78-14,3 % pada lapisan atas (0-20 cm) sedangkan pada lapisan bawahnya

(20-40 cm) berkisar dari 7,85-15,21 %. Selanjutnya pada tanah gambut kadar air tanah bervariasi dari 171,7-295 % pada lapisan atas dan 112,1-312,7 % pada lapisan dibawahnya. Data ini menunjukkan bahwa daya pegang air tanah gambut lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanah mineral. Gambar 3 juga dapat dilihat bahwa perbedaan kadar air tanah antara tanah mineral ternyata sangat jauh jika dibandingkan dengan kadar air tanah gambut dan juga terlihat bahwa gambut fibrik yang belum matang, relatif memegang air lebih tinggi dengan gambut setengah matang (hemist) dan yang matang (fibrist) seperti dilaporkan Mutalib *et al.* (1991). Widjaya-Adhi (1998) juga menyatakan bahwa gambut dapat menyimpan air tinggi karena porositas yang tinggi.

Upaya Mitigasi Bencana

Terjadinya degradasi lahan di areal TPSF akibat konversi lahan telah menyebabkan terjadinya perubahan pada karakteristik fisika tanah. Sifat istimewa tanah gambut adalah dapat menyimpan air hingga 3-4 kali lebih besar dari bobot bahan keringnya. Dari aspek ekologis, sifat ini sangat penting untuk menjaga keseimbangan hidrologis. Kemampuan memegang air yang tinggi ini disebabkan karena sifat bahan gambut yang porous sehingga kemampuan memegang air menjadi tinggi (Widjaya-Adhi, 1988). Pengerinan lahan rawa gambut dengan membuat drainase berlebihan dapat menyebabkan kondisi tanah gambut mengering dan akan menyebabkan terjadinya proses pengerinan yang tidak dapat balik (*irreversible drying*) sehingga daya pegang air menjadi berkurang (Dariah *et al.*, 2014). Massa gambut akan terjadi kompak dan membentuk material yang padu (*consolidated*) dan kemampuan menyerap dan mengikat air pada gambut fibrik lebih besar dari gambut hemik dan saprik, sedangkan gambut hemik lebih besar dari saprik (Sabiham, 2007).

Berdasarkan hal ini, maka pengelolaan lahan rawa gambut untuk pertanian perlu dilakukan secara hati-hati agar tidak menimbulkan dampak negatif pada karakteristik fisik tanah gambut. Oleh karena itu, untuk rehabilitasi lahan di areal TPSF Provinsi Aceh perlu dilakukan upaya-upaya mitigasi bencana hidrologis dan lingkungan misalnya dengan melakukan rehabilitasi lahan dan hutan rawa, pembuatan *canal blocking* secara terbatas, dan revitalisasi kawasan ekosistem rawa gambut.

KESIMPULAN

- (1) Konversi hutan rawa di areal TPSF menjadi lahan perkebunan/pertanian telah menyebabkan terjadinya degradasi lahan yang ditandai dengan menurunnya ketebalan gambut dan daya pegang air (*water holding capacity*) serta perubahan pada karakteristik fisika tanah seperti BV, porositas, dan kadar air tanah. Perubahan tersebut bervariasi tergantung pada jenis tanah, lama konversi lahan, dan tingkat kematangan gambut.
- (2) Lahan rawa gambut di TPSF yang telah lama digunakan untuk pertanian/perkebunan karakteristiknya telah terjadi perubahan yang ekstrim dari sifat aslinya sehingga sulit untuk dikembalikan kepada kondisi semula.
- (3) Untuk mencegah meluasnya degradasi lahan akibat konversi lahan, maka di wilayah ekosistem TPSF perlu dilakukan upaya-upaya rehabilitasi dan konservasi ekosistem rawa pada tempat-tempat tertentu terutama pada areal yang masih memiliki vegetasi hutan rawa, dan lahan rawa gambut dengan ketebalan lebih dari 3 meter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis menyampaikan penghargaan yang setinggi-tinggi kepada Rektor Universitas Syiah Kuala yang telah memberikan kesempatan kepada tim penulis untuk melaksanakan penelitian yang didanai oleh pihak UNDP dan UKP4 tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- BBLSLP (Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian). 2011. Petunjuk Teknis Evaluasi Sumberdaya Lahan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Dariah, A., E. Maftuah, dan Maswar. 2014. Karakteristik Lahan Gambut. Hal 16-29. *Dalam* N.L. Nurida dan A. Wihardjaka (eds.) Panduan Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi. Balitbang Pertanian, Bogor 2014.
- Dariah, A., E. Susanti, A. Mulyani, dan F. Agus. 2012. Faktor penduga karbon tersimpan di lahan gambut. Hal. 213-223. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan. Balitbang Pertanian, Bogor, 4 Mai 2012.
- Hairiah K, Ekadinata A, Sari RR, Rahayu S. 2011. Pengukuran cadangan karbon dari tingkat lahan ke bentang lahan. Edisi 2. *World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia dan Universitas Brawijaya*. Bogor dan Malang. Indonesia.
- Mutalib, A.A., J.S. Lim, M.H. Wong, and L. Koonvai. 1991. Characterization and utilization of peat in Malaysia. In Proc. International Symposium Peatland. 6-10 May 1991, Kuching, Serawak, Malaysia.
- Riwandi. 2003. Indikator Stabilitas Gambut Berdasarkan Analisis Kehilangan Karbon Organik, Sifat Fisikokimia dan Komposisi Bahan Gambut. *Jurnal Penelitian UNIB*. Bengkulu.
- Sabiham. S. 2007. Pengembangan Lahan Secara Berkelanjutan Sebagai Dasar Dalam Pengelolaan Gambut di Indonesia. Makalah Utama Seminar Nasional Pertanian Lahan Rawa. Kapuas 3-4 Juli 2007.
- Stevenson. 2004. *Humus Chemistry. Genesis, composition and charactization*. Jophn Wiley and Sons., New York.
- Widjaja-Adhi, I.P.G. 1998. Masalah tanaman di lahan gambut. Maklah disampaikan dalam Pertemuan Teknis Penelitian Usahatani Menunjang Transmigrasi. Cisarua, Bogor 27-29 Februari 1988.
- Wosten, J.H.M., A.B. Ismail, and van Wijk ALM. 1997. Peat subsidence and its practical implications: a case study in Malaysia. *Geoderma* 78:25-36.
- Yayasan Ekosistem Lestari. 2008. Value of Tripa Peat Swamp Forest, Aceh. Sumatera Indonesia. www.yelweb.org.