

Kontribusi Cadangan Karbon Tanah dan Tumbuhan Bawah pada Ekosistem Gambut Bekas Tebakar sebagai Karbon Tersimpan di Lahan Tropika

(Contribution of Soil and Under Storey Carbon Stock in Post Burned Peat Ecosystem as Carbons Storage on Tropical Land)

Hamzah^{*1)}, Richard Robintang Parulian Napitupulu^{1)}, Rince Muryunika¹⁾**

¹⁾Fakultas Kehutanan, Universitas Jambi, Gedung Lab.Terpadu Lt. 3, Kampus Pinang Masak, Universitas Jambi, Jl. Raya Jambi–Muara Bulian KM 12, Mendalo Darat

^{*)} Corresponding author: [*hamzahtbr@yahoo.com](mailto:hamzahtbr@yahoo.com), **napitupulurich@gmail.com

ABSTRACT

Forest and peatland fires in the tropics occur on a large scale and cause environmental damage in the lungs of the world. The flames on the burning peat mix with water vapor inside the peat and produce a lot of smoke. The carbon which was previously buried in the soil and stored in stands above it became exposed and united in the life and human environment. It is very important to know the total carbon stocks in peat to see its contribution as carbon sequestration and carbon storage in stabilizing the ecosystem for rehabilitating peatlands in the tropics which are the lungs of the world. This research is limited to the estimation of carbon stocks stored in peat and understorey soil at the rehabilitation site of the Orang Kayo Hitam forest park. The estimation of soil carbon stocks is carried out by measuring the depth of peat at 48 drill points that are systematically placed. The estimation of understorey carbon stocks is carried out by destructive sampling method on a 0,5 x 0,5 meter plot which is repeated 3 times. The results showed that the peat depth varied from 7,2 - > 10 meters. The mean of understorey carbon stocks is 7.74 tons/ha while the mean of soil carbon stocks is 33.183,67 tons/ha.

Keywords: Carbon, Peat, Rehabilitation

PENDAHULUAN

Gambut merupakan ekosistem lahan basah yang dibentuk oleh adanya penimbunan atau akumulasi bahan organik di lantai hutan yang berasal dari reruntuhan vegetasi di atasnya dalam kurun waktu lama (ribuan tahun) (Kelompok Kerja Pengelolaan Lahan Gambut Nasional, 2006). Akumulasi ini terjadi karena lambatnya laju dekomposisi dibandingkan dengan laju penimbunan bahan organik di lantai hutan yang basah/tergenang tersebut.

Hutan gambut di Sumatera telah berkurang luasnya menjadi bagian–bagian kecil akibat pembalakan dan kebakaran. Hutan gambut yang masih tersisa juga berada dalam resiko kebakaran yang tinggi akibat pembuatan kanal yang menyebabkan kondisi kekeringan pada gambut. Kebakaran hutan gambut mengakibatkan degradasi gambut, peningkatan kemasaman air, emisi asap dan karbon yang tinggi, serta hilangnya produk

hutan dan keanekaragaman hayati (Suyanto *et al.* 2003). Prasetyo *et al.* (2016) menyampaikan bahwa kebakaran lahan gambut 99,9% disebabkan oleh manusia baik disengaja maupun akibat kelalaian, dan hanya 0,1% yang terjadi secara alamiah. Hal ini menunjukkan bahwa kepentingan manusia akan keberadaan lahan gambut sangat tinggi.

Luas gambut di Jambi sekitar 0,717 juta ha atau 9,95 % dari luas total gambut di Sumatera (Kelompok Kerja Pengelolaan Lahan Gambut Nasional, 2006) dan sebagian besar mengalami kebakaran selama 15 tahun terakhir (Prasetyo *et al.* 2016), termasuk di dalamnya Tahura Orang Kayo Hitam. Tahura Orang Kayo Hitam dulunya bernama Tahura Sekitar Tanjung ditetapkan seluas 18.140,32 ha berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor: SK.1973/MENLHK-PKTL/KUH/PLA.2/4/2017 tentang Penetapan Kawasan Hutan Taman Hutan Raya Orang Kayo Hitam (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2017). Tahura ini merupakan salah satu Kawasan Kunci Biodiversitas di Landscape Berbak, serta telah ditunjuk sebagai lokasi Demonstration Activities (DA) Reducing Emission Deforestation and Degradation (REDD Plus) Provinsi Jambi melalui SK Kepala Dinas Kehutanan Propinsi Jambi No.: 3111/BHKA-43/IV/2013. Deforestasi di Tahura Orang Kayo Hitam yang terletak di Provinsi Jambi terjadi melalui perambahan liar dan kebakaran hutan (Dishut Provinsi Jambi, 2014). Kondisi lahan kritis di Tahura seluas 18,600 ha dan 10,000 ha dari luas tersebut berada dalam kondisi sangat kritis setelah mengalami kebakaran (Nurjanah *et al.* 2013). Tercatat Tahura Orang Kayo Hitam telah mengalami 4 (empat) kali kebakaran besar, yaitu pada tahun 1997, 2007, 2011, dan 2015.

Pada tahun 2015 Tahura Orang Kayo Hitam mengalami kebakaran parah dan sebahagian besar menyisakan lahan gambut kosong dengan tingkat kerusakan parah. Kondisi lahan pasca kebakaran didominasi oleh vegetasi rumput-rumputan, lalang dan pakis-pakistan (Febriani *et al.* 2017). Oleh karena itu perlu dilakukan rehabilitasi di Tahura Orang Kayo Hitam secepatnya untuk memulihkan fungsi dan peran hutan gambutnya dalam ekosistem suatu DAS.

Saat ini sedang dilakukan kegiatan rehabilitasi di Tahura Orang Kayo Hitam seluas 300 ha. Kawasan lahan gambut akan sulit dipulihkan kondisinya apabila telah mengalami kerusakan (Agus dan Subiksa, 2008). Karakteristik lahan gambut yang rapuh (mudah terbakar dalam keadaan kering, mengalami subsidensi, dan bersifat *irreversible drying*) (Nurdiana *et al.* 2016), ketersediaan hara mineral yang sangat rendah, serta keasaman yang tinggi (pH rendah) menyebabkan proses rehabilitasinya sulit (Kirana *et al.* 2016). Dalam kegiatan rehabilitasi perlu dilakukan suatu perlakuan manipulasi pada tapak yang mendukung pertumbuhan tanaman; perlindungan tanaman dari gangguan lainnya seperti gulma, hama dan penyakit; serta dengan melakukan pemilihan jenis tanaman yang sesuai melalui suatu mekanisme evaluasi pertumbuhan tanaman dan kesesuaian tumbuhnya pada lahan gambut tersebut. Jenis pepohonan yang hidup di gambut sangat khas, misalnya jelutung rawa, ramin, kempas, perepat, pulai rawa,

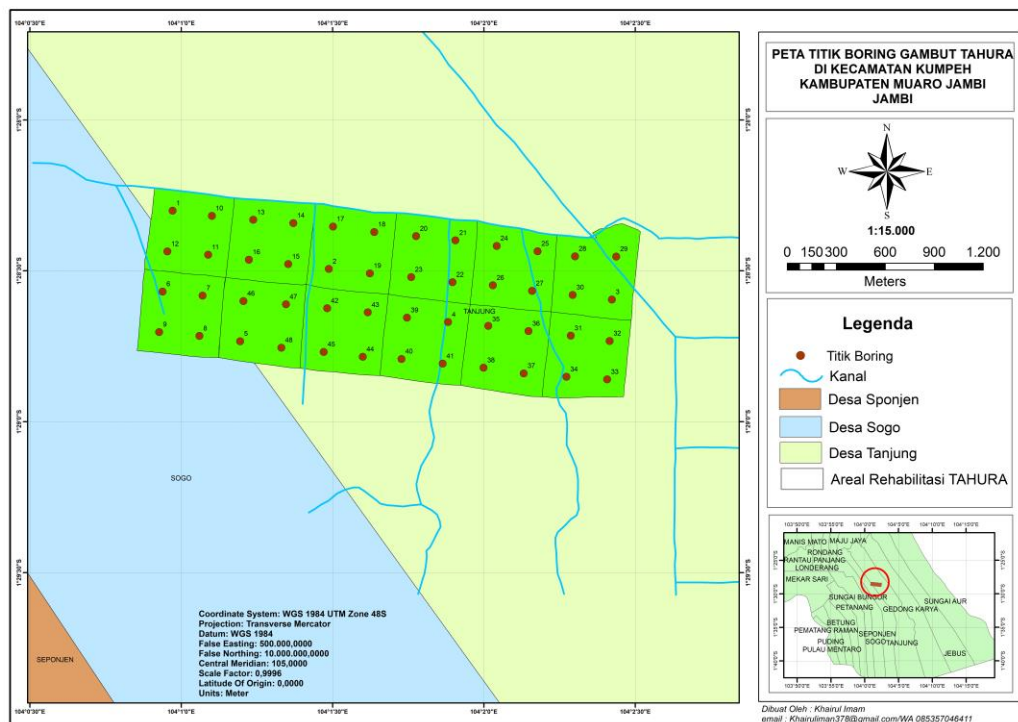
terentang, bungur, bintangur, dan meranti rawa (Giesen, 1991). Semua jenis ini mempunyai sifat yang khas yaitu hanya tumbuh baik pada habitat tanah gambut, yang dengan demikian kemungkinan hidupnya di tanah mineral sangatlah kecil. Pemilihan jenis tanaman dalam rehabilitasi lahan gambut di Tahura Orang Kayu Hitam juga didasarkan atas vegetasi yang hidup di gambut (Najiyati *et al.* 2005).

Penelitian ini masih dibatasi pada pendugaan jumlah karbon tersimpan di dalam tanah dan tumbuhan bawah. Pendugaan jumlah karbon total dari vegetasi atas berupa pohon akan dikaji lebih dalam pada penelitian lanjutan karena saat ini masih sedang berlangsung proses rehabilitasi. Simpanan karbon tanah melalui timbunan bahan organik maupun pertumbuhan tanaman merupakan manifestasi dari penyerapan karbon oleh tanaman sehingga menjadi kajian penting untuk mengetahui seberapa besar serapan karbon (CO₂) melalui kegiatan rehabilitasi.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Tahura Orang Kayo Hitam, Desa Seponjen, Kecamatan Kumpeh Ilir, Kabupaten Muaro Jambi (Gambar 1). Pada lokasi tersebut sedang dilaksanakan rehabilitasi gambut seluas 300 ha.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Tahura Orang Kayo Hitam

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2018–Januari 2019. Pengumpulan data di lapangan memerlukan alat dan bahan seperti peta lokasi, peta kerja dan atau

peta penutupan lahan, tali plastik untuk pembuatan plot ukur, meteran, patok, kompas, cangkul, *ring sample*, serta *tally sheet* dan alat tulis.

Pengukuran karbon tersimpan pada tumbuhan bawah (pakis dan ilalang)

Biomasa tumbuhan bawah diukur dengan cara destruktif melalui pemotongan semua bagian vegetasi di atas permukaan tanah dari plot berukuran 0,5 x 0,5 meter (Gambar 2). Tahapan pengukuran biomasa tumbuhan bawah dilakukan sebagai berikut (Wibowo et al, 2013): kuadran kayu ditempatkan sebagai plot; semua tumbuhan bawah (pakis dan ilalang) yang terdapat di dalam kuadran dipotong kemudian dimasukkan ke dalam kantong kertas dan diberi label sesuai dengan kode titik pengambilan; ditimbang berat basah dan dicatat beratnya dalam *tally sheet*; biomasa tanaman dikeringkan dan dioven pada suhu 80 °C selama 2 x 24 jam atau sampai berat konstan; berat keringnya ditimbang dan catat dalam *tally sheet*. Kandungan karbon kira-kira 47%-50% dari *biomassa* dan dihitung dengan rumus $C = \text{Biomasa} \times 0,47$



Gambar 2. Pengambilan sampel tumbuhan bawah pada plot persegi 0,5 x 0,5 m

Pengukuran cadangan karbon pada tanah

Parameter yang digunakan dalam perhitungan cadangan karbon pada tanah adalah luas lahan gambut, kedalaman tanah gambut, berat volume (BV) dan kandungan karbon (C-organik). Berdasarkan Petunjuk Lapangan Pendugaan Cadangan Karbon pada Lahan Gambut. (Murdiyarso *et al.* 2004), rumus yang digunakan dalam penghitungan simpanan karbon bawah permukaan (*below ground carbon stock*) adalah sebagai berikut:

$$\text{Kandungan karbon (KC)} = B \times A \times D \times C$$

dengan KC (Kandungan karbon dalam ton), B (Berat Volume (BV) tanah gambut dalam gr/cm^3 atau ton/m^3), A (Luas tanah gambut dalam m^2), D (Ketebalan gambut dalam meter), dan C (Kadar karbon (C-organik) dalam persen (%))

Luas gambut yang direhabilitasi dan akan diukur simpanan karbonnya adalah 300 ha. Selanjutnya pengukuran BV dilakukan di laboratorium dengan metode penimbangan berat keringnya (*gravimetris*). Sampel tanah yang digunakan adalah sampel tanah utuh yang diambil menggunakan *Ring Box* kemudian dipindahkan ke dalam p lastic secara menyeluruh beserta dengan airnya agar bahan tanah tidak ada yang hilang. Dalam metode ini, untuk menghilangkan kandungan air, maka sampel tanah gambut dikeringkan dalam oven dengan suhu 105° C hingga diperoleh berat kering mutlak.

$$\text{Berat Volume} = \frac{\text{Berat Tanah Kering (g)}}{\text{Volume Tanah (cm}^3\text{)}}$$

Pengukuran ketebalan gambut dilakukan dengan cara *boring* pada titik-titik yang telah ditetapkan (Gambar 1). Tahapan pengukuran ketebalan gambut menurut Wahyunto *et al* (2003) adalah dengan memasukan bor gambut secara bertahap; bor diangkat untuk dicatat kedalamannya dan diambil contoh tanahnya; apabila bor belum mencapai lapisan mineral maka sambungkan dengan batang bor berikutnya; pencatatan dilakukan pada setiap penyambungan bor sampai mencapai tanah mineral. Selanjutnya ketebalan gambut dapat diukur dengan menggunakan meteran.

Kandungan C-organik di dalam tanah dapat ditentukan dengan metode pengabuan kering (*loss on ignition*). Sampel tanah gambut dikering anginkan kemudian dimasukkan ke dalam oven hingga diperoleh berat kering mutlak. Kemudian dimasukan kedalam *furnace* pada suhu 700⁰ C. Pengabuan pada suhu tersebut dilakukan selama 7 jam hingga C-organik terbakar seluruhnya, dan abu telah berwarna putih. Kemudian didinginkan selama delapan jam. Rumus perhitungan C-organik tanah:

$$\text{Bahan Organik} = \left(\frac{\text{Berat kering tanah (gr)} - \text{berat abu(gr)}}{\text{berat kering tanah (gr)}} \right) \times 100\%$$

$$\text{C-organik} = \frac{\text{Bahan Organik}}{1,724}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Cadangan Karbon Tumbuhan Bawah

Rona awal pada lokasi penelitian sebelum dilakukan rehabilitasi didominasi oleh pakis dan ilalang. Cadangan karbon tumbuhan bawah yang didominasi oleh pakis dan ilalang disajikan dalam tabel 2.

Peta pada Gambar 3 di atas menunjukkan kedalaman atau ketebalan gambut yang bervariasi. Ketebalan gambut ditentukan berdasarkan panjang bor yang masuk ke tanah sampai mencapai tanah mineral.

Data-data yang sudah dikumpulkan kemudian disajikan dalam perhitungan cadangan karbon tanah gambut pada Tabel 3.

Tabel 3. Cadangan karbon tanah gambut

Kedalaman gambut (m)	Luas (ha)	Ketebalan Gambut (m)	Volume (m ³)	BV (ton/m ³)	C – organik (%)	Cadangan Karbon/ha (ton)
7,2 – 8	149,65	7,65	11.444.726,03	0,75	54,51	31.265,26
8,01 – 9	39,13	8,68	3.394.527,5	0,57	56,10	27.738,09
9,01 – 10	81,45	9,29	7.564.668,75	0,71	55,14	36.356,81
>10	29,77	10,00	2.977.000	0,68	55,25	37.374,53
Rerata						33.183,67

Tabel 3 menunjukkan bahwa jumlah cadangan karbon per hektar berkisar antara 27.738,09–37.374,53 ton. Cadangan karbon gambut tersebar mulai dari lapisan permukaan hingga batas tanah mineral. Semakin dalam gambut maka jumlah cadangan karbon akan semakin tinggi. Tanah gambut menyimpan cadangan karbon dalam jumlah sangat besar. Agus dan Subiksa (2008) menyampaikan bahwa cadangan karbon dalam setiap meter ketebalan gambut berkisar 300–700 ton/ha. Wahyunto *et al.* (2005) menambahkan bahwa pada daerah tropis jumlah cadangan karbon untuk gambut tipis (<0,5 m) sekitar 250 ton/ha, sedangkan untuk gambut sangat dalam (>10 m) jumlah cadangan karbonnya sekitar 5000 ton/ha. Cadangan karbon dalam penelitian ini jauh lebih besar dari dua hasil penelitian di atas. Gambut yang sangat dalam dan BV yang tinggi menghasilkan jumlah cadangan karbon yang besar.

Sejalan dengan terbakarnya biomassa di atas permukaan tanah, beberapa cm lapisan gambut juga akan ikut terbakar (Agus, 2009). Kemampuan penyimpanan karbon di kawasan gambut jauh lebih besar dibandingkan dengan tanah mineral, diperkirakan dalam 1 meter gambut memiliki simpanan 700 ton karbon (Noor, 2001). Kemampuan yang besar menjadikan gambut berkaitan langsung dengan masalah daur karbon, iklim global, hidrologi, perlindungan dan penyangga lingkungan. Di daerah tropis, karbon yang tersimpan pada tanah lahan gambut 10 kali lebih besar dari karbon yang tersimpan oleh tanah dan tanaman pada tanah mineral (Agus *et al.* 2008).

Besarnya jumlah cadangan karbon sangat ditentukan oleh luas, kedalaman/ketebalan gambut dan tingkat kematangan gambut. Tingkat kematangan gambut pada akhirnya berpengaruh terhadap nilai bobot isi (*bulk density*) dan kandungan C organik di dalamnya. Nilai C–organik berkaitan dengan banyaknya karbon yang

terkandung pada tanah gambut, sedangkan nilai *bulk density* memengaruhi volume C yang terdapat pada tanah gambut. Menurut Agus *et al.* (2010) rata-rata kerapatan karbon gambut dengan tingkat kematangan saprik lebih besar dibandingkan dengan rata-rata kerapatan karbon gambut dengan tingkat kematangan fibrik dan hemik. Gambut sangat dalam memiliki cadangan karbon paling besar (> 300 cm). Nilai cadangan karbon dalam lahan gambut yang sangat dalam ini mewakili 57% dari cadangan karbon pada lahan-lahan gambut sangat dangkal (<50 cm) hingga gambut dalam (200-300 cm). Cadangan karbon pada gambut yang sangat dalam ini telah mengalami tingkat kehilangan yang paling besar selama kurun waktu 12 tahun terakhir, yaitu sebesar 3.230 juta ton C atau sekitar 93% dari seluruh karbon (3.470) juta ton C yang hilang di lahan gambut Pulau Sumatera (Wahyunto *et al.*, 2005).

Upaya Pengelolaan Karbon pada Lahan Gambut

Upaya-upaya yang perlu dilakukan untuk menekan laju emisi karbon dan mempertahankan fungsi lahan gambut sebagai pengikat karbon dalam jumlah besar adalah dengan melakukan restorasi hidrologi dan revegetasi. Restorasi hidrologi dilaksanakan dengan kegiatan pembasahan gambut (*rewetting*) melalui pembuatan sekat kanal sedangkan revegetasi dilaksanakan melalui kegiatan penanaman kembali spesies asli tanaman gambut.

Pengeringan yang berlebihan melalui pembuatan sistem drainase gambut dapat menyebabkan teroksidasinya karbon tersimpan menjadi CO₂ yang dianggap sebagai salah satu gas rumah kaca (Hairiah dan Rahayu, 2010). Pembasahan kembali (*rewetting*) di lahan gambut memberikan keuntungan dalam kegiatan rehabilitasi. Gambut yang dibasahi kembali akan terjaga kelembabannya sehingga tidak mudah terbakar saat ada sumber api. Selain itu, menjaga ketinggian muka air 40 cm akan memberikan ruang pertumbuhan akar tanaman saat dilaksanakan revegetasi. Tanaman revegetasi diharapkan dapat menyerap CO₂ di atmosfer dan menyimpannya dalam bentuk *carbon sink* baik dalam bentuk pertumbuhan pohon maupun seresah yang dihasilkannya di lantai hutan gambut.

KESIMPULAN

Lokasi penelitian seluas 300 ha di Tahura Orang Kayo Hitam memiliki potensi cadangan karbon tanah sebesar 132.734,69 ton atau 33.183,67 ton/ha dan cadangan karbon tumbuhan bawah yang didominasi oleh pakis dan ilalang sekitar 23,22 ton/ha. Gambut di areal penelitian merupakan gambut sangat dalam dengan ketebalan bervariasi mulai dari 7,2 meter sampai lebih dari 10 meter sehingga merupakan cadangan karbon yang sangat besar dan akan menjadi masalah global jika tidak dikelola dengan baik saat karbon tersimpan teremisi menjadi CO₂ di atmosfer.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus F, Subiksa IGM. 2008. *Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan*. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor. Indonesia.
- Agus F. 2009. Cadangan Karbon Emisi Gas Rumah Kaca dan Konservasi Lahan Gambut. Prosiding Seminar Dies Natalis Universitas Brawijaya ke 46. 31 Januari 2009. Malang.
- Dinas Kehutanan Provinsi Jambi. 2014. Taman Hutan Raya (Tahura) Sekitar Tanjung menjadi urusan pemerintahan Provinsi Jambi.
- Febriani I, Prasetyo LB, Dharmawan AH. 2017. Analisis Deforestasi Menggunakan Regresi Logistik Model di Tahura Sekitar Tanjung Provinsi Jambi. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* Vol. 7 No. 3: 195-203.
- Giesen W. 1991. *Berbak Wildlife Reserve, Jambi*. Reconnaissance Survey Report. PHPA/AWB Sumatera Wetland Project Report No.13. Asean Wetland Bureau-Indonesia. Bogor.
- Hairiah K, Rahayu S. 2010. Mitigasi Perubahan Iklim Agroforestri Kopi untuk Mempertahankan Cadangan Karbon Lanskap. Seminar Kopi. Denpasar Bali, 4 – 5 Oktober 2010. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Kelompok Kerja Pengelolaan Lahan Gambut Nasional. 2006. *Strategi dan Rencana Tindak Nasional: Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan*. Departemen Dalam Negeri. Jakarta. Indonesia.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. 2017. Penetapan Kawasan Hutan Taman Hutan Raya Orang Kayo Hitam. Nomor: SK.1973/MENLHK-PKTL/KUH/PLA.2/4/2017. Jakarta. Indonesia.
- Kirana AP, Sitanggang IS, Syaufina L. 2016. *Hotspot pattern distribution in peat land area in Sumatera based on spatio temporal clustering*. International Symposium on LAPAN-IPB Satellite for Food Security and Environmental Monitoring 2015, LISAT-FSEM 2015. *Procedia Environmental Sciences* 33 (2016) 635–645.
- Murdiyarto D, Rosalina U, Hairiah K, Muslihat L, Suryadiputra INN, Jaya A. 2004. Petunjuk Lapangan: Pendugaan Cadangan Karbon pada Lahan Gambut. Proyek Climate Change Forest and Peatlands in Indonesia. Wetlands International Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada. Bogor. Indonesia
- Najiyati S, Muslihat L, Suryadiputra INN. 2005. *Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pertanian Berkelanjutan*. Wetlands International–Indonesia Programme. Bogor. Indonesia.
- Noor M. 2001. *Pertanian Lahan Gambut: Potensi dan Kendala*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

- Nurdiana A, Setiawan Y, Pawitan H, Prasetyo LB, Permatasari PA. 2016. *Land changes monitoring using MODIS time-series imagery in peat lands areas, Muaro Jambi, Jambi Province, Indonesia*. The 2nd International Symposium on LAPAN-IPB Satellite for Food Security and Environmental Monitoring 2015, LISAT-FSEM 2015. *Procedia Environmental Sciences* 33 (2016) 443–449.
- Nurjanah S, Octavia D, Kusumadewi F. 2013. Identifikasi Lokasi Penanaman Kembali Ramin (*Gonystylus bancanus Kurz*) di Hutan Rawa Gambut Sumate dan Kalimantan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Koservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Forda Press, Bogor.
- Prasetyo LB, Dharmawan AH, Nasdian FT, Ramdhoni S. 2016. *Historical forest fire occurrence analysis in Jambi Province during the period of 2000–2015: its distribution and land cover trajectories*. 2nd International Symposium on LAPAN-IPB Satellite for Food Security and Environmental Monitoring 2015, LISAT-FSEM 2015. *Procedia Environmental Sciences* 33 (2016) 450–459.
- Wahyunto, Ritung S, Subagjo H. 2003. Peta Luas Sebaran Lahan Gambut dan Kandungan Karbon di Pulau Sumatera / Maps of Area of Peatland Distribution and Carbon Content in Sumatera, 1990 – 2002. Wetlands International – Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada (WHC). Bogor.
- Wahyunto, Ritung S, Subagjo H. 2005. Sebaran Gambut dan Kandungan Karbon di Sumatera dan Kalimantan. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia. Wetlands International – Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada (WHC). Bogor.
- Wibowo A, Samsedin I, Nurtjahjwilasa, Subarudi, Muttaqin Z. 2013. Petunjuk praktis menghitung cadangan karbon hutan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Kementerian Kehutanan, Republik Indonesia. Kerjasama dengan United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). Bogor.