



**Kehilangan Karbon Akibat Drainase Lahan Gambut pada Pengelolaan Hutan
Tanaman *Acacia crassicaarpa***
*(The Carbon Loss Due to Peatland Drainage in The Management of *Acacia crassicaarpa*
Plantations)*

Ambar Tri Ratnaningsih¹, Emy Sadjati², Azwin³, Enny Insusanty⁴

^{1,2,3,4}*Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan dan Sains, Universitas Lancang Kuning, Pelanbaru
28265, Indonesia*

Diterima: 27 November 2023, Direvisi: 02 Januari 2024, Disetujui: 15 Juli 2024

DOI: 10.31849/forestra.v19i2.17276

Abstrak

*The development of drainage in *Acacia crassicaarpa* plantations in order to control groundwater levels has an impact on CO₂ emissions in the atmosphere. The research aims to predict and analyze the amount of CO₂ emissions from drainage development activities in the management of *Acacia crassicaarpa* plantations. The study was conducted in *Acacia crassicaarpa* plantations located in Siak Regency, Riau Province. In this research, peat soil samples were purposively taken from three locations near the drainage points. Measurements were taken for bulk density, water content, ash content, organic carbon content, and emissions from the decomposition process due to drainage channel construction. Peat water content ranged from 542.56 to 1021.62%, bulk density ranged from 0.13 to 0.07 grams/cm³, ash content ranged from 0.66 to 2.48%, and carbon content ranged from 56.55 to 57.62%. The construction of a 3-meter deep canal is projected to result in emissions of 273 tons/ha/year.*

*Keywords: Peat land, carbon, forest plantations, drainage, *Acacia crassicaarpa**

Abstract

Pembangunan drainase di hutan tanaman *Acacia crassicaarpa* dalam rangka mengatur tinggi muka air tanah memberikan pengaruh terhadap emisi CO₂ di atmosfer. Penelitian bertujuan untuk memprediksi dan menganalisis jumlah emisi CO₂ dari kegiatan pembangunan drainase dalam pengelolaan hutan tanaman *Acacia crassicaarpa*. Penelitian dilakukan di hutan tanaman *Acacia crassicaarpa* yang berada di Kabupaten Siak Provinsi Riau. Dalam penelitian ini dilakukan pengambilan contoh tanah gambut secara *purposive* pada 3 (tiga) titik lokasi dekat dengan drainase. Dilakukan pengukuran *bulk density*, kadar air, kadar abu, C-organik, dan emisi dari proses dekomposisi akibat pembuatan saluran drainase. Kadar air gambut berkisar 542,56-1021,62%, *bulk density* berkisar 0,13-0,07 (gram/cm³), kadar abu berkisar 0,66-2,48%, kadar karbon berkisar 56,55-57,62%. Pembangunan kanal dengan kedalaman 3 meter akan menghasilkan emisi sebesar 273 ton/ha/tahun.

Kata kunci: Lahan gambut, karbon, hutan tanaman, drainase, *Acacia crassicaarpa*

I. PENDAHULUAN

Provinsi Riau memiliki kawasan hutan dan penggunaan lahan yang cukup luas, sehingga berpotensi memberikan kontribusi dalam mitigasi perubahan iklim dari sektor FoLU. Untuk

mengetahui potensi yang dimiliki Provinsi Riau dalam upaya mencapai FuLO net sink 2030 maka perlu mengidentifikasi potensi atau aktivitas yang dapat menurunkan emisi GRK pada sektor kehutanan terutama hutan produksi. Salah satu



hutan produksi yang berpotensi menurunkan emisi GRK adalah Hutan Tanaman Industri (HTI), yang memiliki rotasi tananam yang singkat dengan jenis tanaman cepat tumbuh sehingga mampu menyerap CO₂ lebih tinggi dibandingkan dengan jenis tanaman yang lambat tumbuh. Menurut Suharto *et al.*, (2017) HTI dibangun dalam rangka mengurangi tingkat kemiskinan bagi masyarakat sekitar hutan, meningkatkan pendapatan negara dari sektor kehutanan dan memperbaiki ekosistem hutan alam yang terdegradasi akibat pengelolaan hutan yang mengabaikan konsep kelestarian. Kemampuan hutan tanaman dalam menyerap karbon akan mengalami fluktuasi karena kegiatan pemanenan dan pertumbuhan tanaman dalam waktu yang singkat (Yusman, *et al.*, (2013) dalam Suharto *et al.*, (2017).

Dalam pemanfaatan gambut sebagai lahan produksi menurut Marolop *et al.*, (2007) ada beberapa karakteristik lahan gambut yaitu memiliki air tanah yang dangkal sehingga akan menggenangi tanaman, memiliki kadar asam yang tinggi sehingga mengganggu pertumbuhan tanaman, kerapatannya rendah dan permeabilitasnya cepat. Kendala utama yang dialami dalam pemanfaatan lahan gambut adalah tingginya jumlah air di gambut sehingga perlu diatur tinggi rendahnya muka air melalui pembangunan kanal. Menurut Bader *et al.*, (2018) pembangunan drainase dapat meningkatkan emisi CO₂. Pembangunan drainase yang berlebihan akan meningkatkan proses oksidasi dan emisi CO₂. Selain itu pembangunan kanal juga dapat menurunkan permukaan tanah (Evans *et al.*, 2019). Laju dekomposisi gambut jauh lebih rendah pada kondisi *anaerobik* (oksigen tidak tersedia) dibandingkan dengan kondisi *aerobik*. Oleh karena itu, pembasahan lahan gambut yang telah terdrainase akan mengurangi emisi CO₂ dan menurunkan potensi pemanasan global (Couwenberg, 2011). Kanal bermanfaat untuk memberikan lingkungan aerobik bagi perakaran

sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Pembangunan drainase yang sistematis dapat mengatur ketersediaan oksigen di dalam tanah sehingga akar tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Dalam proses kanalisasi dilakukan pengaturan tinggi rendahnya air tanah, sehingga terjadi penurunan muka air tanah yang mengakibatkan permukaan gambut akan mengalami perubahan dari lingkungan anerob menjadi aerob yang berdampak mempercepat terjadinya peristiwa dekomposisi gambut yang melepaskan emisi CO₂ di atmosfer (Chimner & Cooper, 2003).

Penelitian ini bertujuan memprediksi dan menganalisis jumlah emisi CO₂ dari kegiatan pembangunan drainase dalam pengelolaan hutan tanaman *Acacia crassicarpa*. Nilai emisi CO₂ dari kegiatan pembangunan kanal dalam rangka mengatur tinggi muka air tanah dan transportasi air pada kegiatan pengelolaan hutan tanaman industri akan menjadi pertimbangan bagi pengelola hutan tanaman untuk mengatur ukuran kanal sesuai peruntukannya.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di salah satu perusahaan yang mengelola hutan tanaman industri *Acacia crassicarpa* yang terletak di Kabupaten Siak Provinsi Riau. Lokasi penelitian termasuk kedalam rawa gambut dengan kelas lereng 0-8%, jenis tanah orgasol hemik dan orgasol saprik.

Dalam penelitian ini dilakukan pengambilan contoh tanah gambut secara *purposive* pada 3 (tiga) titik lokasi yang berjarak 2 meter dari drainase. Contoh tanah yang diambil dengan bor gambut pada kedalaman 0 – 300 cm dibawa ke laboratorium untuk dianalisis sifat fisik dan kimianya. Data – data analisis berupa *bulk density*, kadar air, kadar abu, C-organik. Metode pengukuran karakteristik gambut menggunakan SNI 7724:2019.

Emisi dari proses dekomposisi akibat pembuatan saluran drainase menggunakan



persamaan Hooijer *et al.*, (2006) yaitu $E = 0,91D$ (D adalah kedalaman saluran drainase dalam cm, dan E adalah jumlah emisi CO_2 dalam ton/ha/tahun).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air Gambut

Tanah gambut mempunyai kemampuan menyerap dan menyimpan air dalam jumlah yang jauh lebih besar dibandingkan tanah mineral. Komposisi bahan organik yang dominan memungkinkan gambut menyerap air dalam jumlah besar. Verry *et al.*, (2011) membandingkan kemampuan tanah mineral dan tanah gambut dalam menyerap air, dimana tanah gambut memiliki kandungan air sebesar memiliki 300-3000% dari bobot keringnya,

sedangkan tanah mineral hanya menyerap airnya berkisar 20-35% bobot keringnya. Mutalib *et al.*, (1991) menyatakan kadar air gambut sebesar 100-1300% menyatakan gambut mampu menyerap air 1 sampai 13 kali bobotnya, sehingga gambut dikatakan hidrofilik. Kemampuan tanah gambut menampung air dalam jumlah besar dikarenakan bahwa jenis tanah ini memiliki serat yang membagi ruang pori menjadi makropori dan mikropori yaitu bagian terkecil yang terdapat di antara pori gambut itu sendiri, jadi dengan kata lain gambut memiliki dua kali kemampuan untuk menampung air, (Yuliani, 2014).

Kadar air gambut pada beberapa titik di lokasi penelitian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kadar Air Gambut pada Beberapa Titik Pengamatan

Kedalaman Gambut	Kadar Air (%)			Rata Rata (%)
	Plot 1	Plot2	Plot 3	
1 meter	632,99	474,54	520,14	542,56
2 meter	983,51	788,86	709,19	827,19
3 meter	954,62	1239,71	879,52	1024,62

Pada kedalaman 0 - 100 cm memiliki kadar air berkisar 474,54% - 632,99 %. Pada kedalaman 100-200 cm memiliki kadar air berkisar antara 709,19% - 983,51% dan pada kedalaman 200-300 cm memiliki kadarair berkisar antara 879,525% - 1239,71%. Kedalaman lapisan gambut menentukan cadangan air tanah, semakin dalam lapisan gambut, semakin tinggi kandungan air tanah. Hal ini dikarenakan semakin dalam lapisan gambut maka tingkat kematangan gambut akan semakin rendah sehingga gambut mampu menampung air lebih banyak. Menurut Susandi *et al.*, (2015) menyatakan tingkat kematangan gambut akan mempengaruhi kemampuan gambut untuk menyerap air, dimana semakin dalam gambut maka tingkat kematangan rendah dimana

kemampuan untuk memegang air akan lebih banyak. Noor (2001) menyatakan bahwa kemampuan gambut dalam menyerap dan menahan air bergantung pada tingkat kematangannya. Daya serap dan daya ikat air tanah gambut pada gambut fibrik lebih tinggi dibandingkan gambut hemik dan saprik, sedangkan gambut hemik lebih tinggi dibandingkan gambut saprik (Suwondo *et al.*, 2012).

Bobot Isi/ Bulk Density

Bulk Density atau berat isi merupakan sifat fisik tanah yang paling sering dianalisis karena dapat digunakan sebagai pendeskripsi pertama sifat fisik tanah lainnya seperti porositas, *bearing capacity*, dan potensi



kemampuan menahan air tanah. Nilai *bulk density* pada beberapa titik di lokasi penelitian dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. *Bulk density* pada Beberapa Titik Pengamatan

Kedalaman Gambut	<i>Bulk density</i> (gram/cm ³)			Rata Rata (gram/cm ³)
	Plot1	Plot2	Plot 3	
1 meter	0,11	0,13	0,14	0,13
2 meter	0,08	0,11	0,12	0,10
3 meter	0,06	0,06	0,08	0,07

Berdasarkan tabel 2 diketahui pada umumnya nilai *bulk density* pada bagian permukaan relatif tinggi kemudian makin kedalam semakin menurun kemudian meningkat lagi sampai pada bagian paling bawah. Rata-rata *bulk density* pada kedalaman 0-100 cm sebesar 0,13 gram/cm³ dengan kisaran nilai 0,11-0,14 gram/cm³. Kedalaman 100-200 cm rata-rata *bulk density* sebesar 0,10 gram/cm³ dengan kisaran nilai 0,068-0,12 gram/cm³. Kedalaman 200-300 cm rata-rata *bulk density* sebesar 0,07 gram/cm³ dengan kisaran nilai 0,06 -0,08 gram/cm³. Nilai *bulk density* cenderung menurun dengan semakin dalamnya gambut, kondisi ini sesuai dengan pendapat Noor (2001).

Perbedaan nilai *bulk density* disebabkan oleh adanya perbedaan kematangan gambut pada masing-masing lapisan gambut. Kematangan gambut terjadi pada lapisan permukaan gambut, karena lapisan permukaan gambut, baik secara alami maupun melalui aktivitas manusia, dapat mempercepat kematangan gambut. Sebaliknya, pada lapisan gambut yang lebih dalam, terdapat gambut yang tingkat kematangannya lebih rendah. Semakin dalam kedalaman gambut, semakin besar pula perubahan nilai *bulk density*. Hasil penelitian Yulianti (2009) menyatakan *bulk density* gambut berkisar antara 0,07 hingga 1,73 gram/cm³, Subagyo et al., (1997) berkisar 0,05-0,25 gr/cm, nilai tersebut dipengaruhi oleh tingkat dekomposisi dan kematangan

gambutnya semakin rendah. Penurunan *bulk density* dengan semakin dalamnya gambut disebabkan tingkat dekomposisi yang berbeda-beda untuk setiap kedalaman gambut karena adanya rongga pada gambut yang dipengaruhi oleh akar-akar tumbuhan dan pepohonan (Batubara, 2009).

Kadar Abu

Kadar abu tanah gambut menunjukkan banyaknya mineral yang terkandung di dalam gambut. Semakin tinggi kandungan abu pada gambut maka semakin rendah kandungan karbonnya. Beberapa hasil penelitian menunjukkan kandungan abu tanah gambut seringkali meningkat seiring dengan semakin dekatnya lapisan gambut dengan substratum (Dariah et al., 2012). Secara alami, tanah gambut memiliki unsur hara mikro dan makro yang rendah. Kandungan unsur hara ditentukan oleh lingkungan di mana gambut tersebut terbentuk. Kadar abu pada beberapa titik di lokasi penelitian dapat dilihat pada tabel 3.



Tabel 3. Kadar Abu pada Beberapa Titik Pengamatan

Kedalaman Gambut	Kadar Abu (%)			Rata Rata (%)
	Plot 1	Plot2	Plot 3	
1 meter	0,57	0,59	0,81	0,66
2 meter	2,07	4,98	0,39	2,48
3 meter	4,92	0,26	0,45	1,88

Berdasarkan tabel 3 rata-rata kadar abu pada lapisan 0-100 cm sebesar 0,66%, lapisan 100-200 cm sebesar 2,48% dan lapisan 200-300 cm sebesar 1,88%. Tingkat kesuburan tanah gambut tergantung pada beberapa faktor: a) ketebalan lapisan gambut dan tingkat dekomposisi, b) komposisi tanaman penyusun gambut dan c) tanah mineral yang berada dibawah lapisan tanah gambut (Andriesse, 1974). Berdasarkan kriteria penggolongan kesuburan gambut menurut Polak (1949) lokasi penelitian memiliki tingkat kesuburan yang tinggi karena kadar abu pada kedalaman gambut 0-300 cm berkisar 0,57% – 4,98%.

Kadar Karbon

Tanah gambut memiliki kemampuan menyimpan karbon yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tanah mineral. Kemampuan tanah gambut yang sangat besar dalam menyerap karbon tersebut diketahui pada setiap satu gram gambut kering menyimpan sekitar 180-600 mg karbon, sedangkan jika dibandingkan dengan setiap satu gram mineral hanya mengandung 5-80 mg karbon (Agus & Subiksa, 2008). Dalam penelitian ini kandungan karbon yang tersimpan pada beberapa titik pengamatan disajikan pada tabel 4.

Tabel4. Kadar karbon pada beberapa titik pengamatan

Kedalaman Gambut	Kadar Karbon (%)			Rata Rata (%)
	Plot 1	Plot2	Plot 3	
1 meter	57,68	57,66	57,53	57,62
2 meter	56,81	55,11	57,78	56,57
3 meter	55,15	57,85	57,74	56,91

Berdasarkan Tabel 4 diketahui nilai karbon pada kedalaman gambut 0-300 meter berkisar 55,11% - 57,78%. Nilai kandungan karbon yang diperoleh dalam penelitian ini relatif sama dengan hasil penelitian Prayitno *et al.*, (2013) sebesar 56,30-58,31%, dan Melling *et al.*, (2005) sebesar 44,7%. Besarnya karbon yang tersimpan dalam tanah gambut sangat dipengaruhi oleh ketebalan gambut. Distribusi kandungan karbon setiap hektarnya dalam

ketebalan/kedalaman gambut pada lokasi penelitian disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Kandungan Karbon Setiap Hektarnya dalam Beberapa Kedalaman Gambut

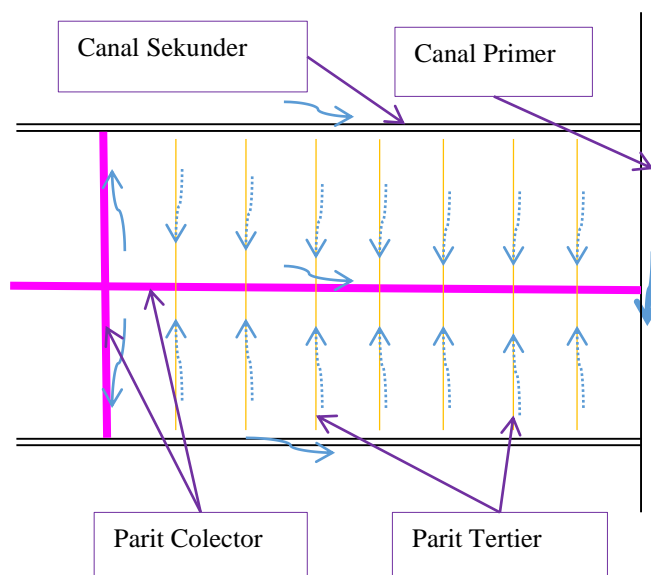
Kedalaman Gambut (cm)	Simpanan Karbon (ton/ha)			Rata Rata (%)	
	Plot 1	Plot2	Plot 3		
0-100	634,48	749,58	805,42		729,83
100-200			454,48	606,21	693,36
200-300			330,9	347,1	461,92
					584,68
					379,97

Berdasarkan tabel 5 diketahui pendugaan cadangan karbon gambut pada lokasi ketebalan gambut 3 meter sebesar 1694,48 ton/ha. Tingginya nilai cadangan karbon gambut sangat ditentukan dari nilai *bulk density* dan kedalaman gambut pada masing-masing profil gambut. Semakin dalam gambut maka semakin tinggi cadangan karbon pada lahan tersebut (Hooijer *et al.*, 2006). Gambut dengan kedalaman 1 meter pada lokasi penelitian memiliki kandungan karbon rata-rata 564,83 ton/ha. Menurut Page *et al.*, (2002) gambut dengan kedalaman 1 meter mempunyai kandungan karbon sekitar 600 ton/ha, sedangkan biomassa hutan gambut hanya mengandung sekitar 200 t/ha. Sebagai pembanding, tanah mineral hanya terkandung 20 sampai 80 ton

karbon dan hutan primer di atasnya mengandung sekitar 300 tC/ha.

Emisi Karbon dari pembangunan Kanal

Pemanfaatan lahan gambut untuk Hutan Tanaman Industri diawali dengan pembuatan saluran drainase dan pembukaan lahan yang kemudian dilanjutkan dengan penyiapan lahan untuk penanaman. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan diketahui bahwa kanal di terbagi atas 4 macam yaitu kanal primer, kanal sekunder, parit conector dan parit tersier. Istilah parit digunakan sebagai pembatas antar petak utama dan anak petak. Pembagian kanal tersebut ditentukan oleh ukuran kanal dan fungsinya. Posisi keempat kanal tersebut dapat di lihat pada gambar 1.



Gambar 1. Desain Kanal di Hutan Tanaman



Pada umumnya kanal primer berukuran 12 meter digunakan untuk transportasi dan menghubungkan antara kanal/parit. Kanal sekunder berukuran lebar 8 meter yang berfungsi untuk menghubungkan kanal/parit tersier dan kanal primer. Sedangkan kanal/parit tersier berukuran lebar 2 meter, saluran ini berfungsi

untuk mengalirkan air dari lokasi blok/petak menuju kanal sekunder. Dimensi dan volume dari gambut yang dibuat dalam proses pembangunan kanal berpotensi menghasilkan emisi CO₂. Ukuran dari kanal di lokasi penelitian disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Ukuran Beberapa Kanal di Hutan Tanaman Industri

Tipe kanal	Volume (M3)
Kanal primer	221.466
Kanal sekunder	618.035
Kenal Tersier	138,77
Jumlah	978,271

Pembuatan kanal di perusahaan hutan tanaman membutuhkan volume sebesar 978,271 m³ gambut yang dikeruk sehingga menghasilkan emisi CO₂ di atmosfer. Untuk mengetahui besarnya emisi tersebut maka dilakukan pengukuran kandungan karbon untuk setiap m³ volume dari gambut. Pengambilan sampel dilakukan setiap kedalaman 1,2 dan 3 meter sesuai dengan kedalaman kanal. Berdasarkan hasil pengukuran dilapangan diketahui bahwa pengerukan sedalam 3 meter yang dilakukan dalam pembuatan kanal dengan volume 978,271 m³ akan menghilangkan kandungan karbon sebesar 55,172 ton. Nilai tersebut apabila dikonversi pada emisi CO₂ yang dilepas maka nilai emisi yang dihasilkan sebesar 202,309 ton. Hooijer *et al.*, (2006) berdasarkan hasil penelitiannya menyatakan persamaan empiris besarnya emisi dari proses dekomposisi akibat pembuatan saluran drainase yaitu $E = 0,91D$ (D adalah kedalaman saluran drainase dalam cm, dan E adalah jumlah emisi dalam t CO₂ha⁻¹ tahun⁻¹). Berdasarkan hasil persamaann yang diperoleh oleh Hooijer *et al.*, (2006) tersebut maka diprediksi pembangunan kanal dengan kedalaman 3 meter akan menghasilkan emisi sebesar 273 ton/ha/tahun. Berdasarkan hasil perhitungan luas kanal yang dibangun sebesar

326,09 ha sehingga besarnya emisi CO₂ diprediksi sebesar 0,89 Mt/tahun.

IV. KESIMPULAN

Hutan tanaman *Acacia crassicaarpa* memiliki karakteristik gambut berupa kadar air berkisar 542,56-1021,62%, *bulk density* berkisar 0,13-0,07 (gram/cm³), kadar abu berkisar 0,66-2,48%, kadar karbon berkisar 56,55-57,62%. Pembangunan kanal dengan kedalaman 3 meter akan menghasilkan emisi sebesar 273 ton/ha/tahun.

UCAPAN TERIMA KASIH (ACKNOWLEDGEMENT)

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Lancang Kuning yang telah membantu dalam pendanaan penelitian. Ucapan terima kasih diucapkan kepada Fakultas Kehutanan dan Sains Universitas Lancang Kuning yang telah memfasilitasi penelitian dapat dilaksanakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, F., & Subiksa, I. G. M. (2008). Lahan Gambut : Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan. In *Balai Penelitian Tanah dan*



- World Agroforestry Centre (ICRAF). Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF). <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.08.031>
- Andriessse, J. . (1974). Tropical Peats in South East Asia. In *Dept. of Agric. Res. Of the Royal Trop. Inst. Comm. Amsterdam* 63 p.
- Bader, C., Müller, M., Szidat, S., Schulin, R., & Leifeld, J. (2018). Response of Peat Decomposition to Corn Straw Addition in Managed Organic Soils. *Geoderma*, 309, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.09.001>
- Batubara, S. F. (2009). *Pendugaan Cadangan Karbon dan Emisi Gas Rumah Kaca pada Tanah Gambut di Hutan dan Semak Belukar yang telah di Drainase*. Institut Pertanian Bogor.
- Chimner, R. A., & Cooper, D. J. (2003). Influence of water table levels on CO₂ emissions in a Colorado subalpine fen: An in situ microcosm study. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(3), 345–351. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00284-5](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00284-5)
- Couwenberg, J. (2011). Greenhouse gas emissions from managed peat soils: is the IPCC reporting guidance realistic? *Mires and Peat*, 8(02), 1–10. http://pixelrauschen.de/wbmp/media/map08/map_08_02.pdf
- Dariah, A., Susanti, E., Mulyani, A., & Agus, F. (2012). Faktor Penduga Karbon Tersimpan di Lahan Gambut. *Jurnal Pertanian Bogor*, 213–223.
- Evans, C. D., Williamson, J. M., Kacaribu, F., Irawan, D., Suardiwierianto, Y., Hidayat, M. F., Laurén, A., & Page, S. E. (2019). Rates and spatial variability of peat subsidence in Acacia plantation and forest landscapes in Sumatra, Indonesia. *Geoderma*, 338, 410–421. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.12.028>
- Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H., Page, S., Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H., & Page, S. (2006). PEAT-CO₂, Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. In *Delft Hydraulics report Q3943 (2006)* (p. 36). <http://www.wetlands.org/Portals/0/publications/General/Peat CO2 report.pdf>
- Marolop, R., Widodo, A., Ismail, & Setyawan, A. (2007). Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pengembangan Hutan Tanaman Industri PT. *Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat*.
- Melling, L., Hatano, R., & Goh, K. J. (2005). Soil CO₂ flux from three ecosystems in tropical peatland of Sarawak, Malaysia. *Tellus, Series B: Chemical and Physical Meteorology*, 57(1), 1–11. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0889.2005.00129.x>
- Mutalib, A. A., Lim, J. S., Wong, M. H., & Koonvai, L. (1991). *Characteristic, distribution and utilization of peat in Malaysia.pdf* (pp. 6–10). International Symposium on Tropical Peatland.
- Noor, M. (2001). Pertanian Lahan Gambut Potensi dan Kendala. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Vol. 19, Issue 1). Kanisius.
- Polak, B. (1949). *The Rawa lakbok (South Priangan, Java)*.
- Prayitno, M. B., Sabaruddin, Setyawan, D., & Yakup. (2013). The Prediction of Peatland Carbon Stocks in Oil Palm Agroecosystems. *Agrista*, 3, 86–92.
- Subagyono, K., Vadari, T., & Widjaja-Adhi, I. P. G. (1997). Strategi Pengelolaan Air dan Tanah pada Lahan Rawa pasang Surut: Prospek dan Kendala. *Makalah Disampaikan Pada Pertemuan Pembahasan Dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah Dan Agroklimat Tanggal, 4*.
- Suharto, A., Nurrochmat, D. R., & June, T. (2017). Carbon Balance on Pre and Post of Industrial Forest Plantation in Specific Block of Forest Management Unit of Tasik Besar Serkap Riau. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 7(1), 19–28. <https://doi.org/10.19081/jpsl.2017.7.1.19>
- Susandi, S., Oktasana, O., & Arminudin, A. T. (2015). Analisis Sifat Fisika Tanah Gambut Pada Hutan Gambut Di Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar Provinsi Riau. *Jurnal Agroteknologi*, 5(2), 23. <https://doi.org/10.24014/ja.v5i2.1351>
- Suwondo, S., Sabiham, S., Sumardjo, S., & Paramudya, B. (2012). Efek Pembukaan Lahan terhadap Karakteristik Biofisik Gambut pada Perkebunan Kelapa Sawit di Kabupaten Bengkalis. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(1), 143. <https://doi.org/10.31258/jnat.14.1.143-149>



- Verry, E., Boelter, D., Päivänen, J., Nichols, D., Malterer, T., & Gafni, A. (2011). Physical Properties of Organic Soils. In *Peatland Biogeochemistry and Watershed Hydrology at the Marcell Experimental Forest*. <https://doi.org/10.1201/b10708-6>
- Yuliani, N. (2014). Teknologi Pemanfaatan Lahan Gambut Untuk Pertanian. In *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi* (Issue 4, pp. 361–373). Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Kalimantan Selatan.
- Yulianti, N. (2009). Cadangan karbon lahan gambut dari agroekosistem kelapa sawit PTPN IV. In *Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor*. IPB.