

KANDUNGAN KARBON DI HUTAN RAWA GAMBUT KAWASAN KONSERVASI PT NATIONAL SAGO PRIMA, KEPULAUAN MERANTI, RIAU

Carbon Stock in the Peat Swamp Forest Conservation Area of PT National Sago Prima, Kepulauan Meranti, Riau

Yusi Rosalina^{1,2}, Kuswata Kartawinata^{1,3,4} Nisyawati¹,
Erwin Nurdin¹ dan Jatna Supriatna¹

¹Program Studi Biologi Program Pascasarjana, FMIPA UI, Depok 16424, Indonesia

² PT Sampoerna Agr Tbk., Jl. Basuki Rahmat 788, Palembang, 30127, Indonesia

³ Botany Department, Field Museum, 1400 S. Lake Shore Drive, Chicago, Illinois, 60605-2496, Amerika Serikat

⁴ Herbarium Bogoreiense, Pusat Penelitian Biologi, LIPI, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km 46,
Cibinong 16911, Indonesia

Email: yusi.rosalina@sampoernaagro.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi tentang kandungan karbon di kawasan konservasi PT National Sago Prima (grup Perusahaan PT Sampoerna Agro Tbk), yaitu stok karbon di atas permukaan tanah dan karbon dalam tanah gambut. Penelitian dilakukan pada bulan Januari – Februari 2012. Kandungan biomassa sebesar 149,18 ton/ha dan total karbon 70,12 ton C/ha di atas permukaan tanah hutan rawa gambut mengindikasikan bahwa area konservasi di lokasi penelitian merupakan hutan gambut sekunder. Karbon di atas permukaan tanah tersebut terdiri atas biomassa dan karbon tingkat pohon sebesar 83,97 ton/ha dengan 39,47 ton C/ha, tingkat belta 20,69 ton/ha dengan 9,72 ton C/ha, tingkat semai dan tumbuhan bawah sebesar 0,03 ton/ha dengan 0,01 ton C/ha, nekromassa berkayu sebesar 24,06 ton/ha dengan 11,31 ton C/ha, serta serasah sebesar 20,44 ton/ha dengan 9,61 ton C/ha. Persamaan alometri yang dibuat khusus untuk *Pandanus atrocarpus* Griff. memberi estimasi nilai biomassa dan kandungan karbon di lokasi penelitian sebesar 5,16 ton/ha dengan 2,42 ton C/ha. Di bawah permukaan tanah, dengan rerata kedalaman gambut 5,5 m, rerata bobot isi tanah 0,18 g/cm³, serta rerata kandungan C organik 46,6 %, terdapat karbon sebesar 464.895,94 ton C/ha. Untuk seluruh area konservasi luas 541 ha, ditaksir sebanyak 80.708,64 ton and 37.934,00 ton C, sedangkan estimasi total kandungan karbon di bawah permukaan adalah 238,96 juta MT C.

Kata Kunci : persamaan alometri, biomassa, kandungan karbon, *Pandanus atrocarpus*, rawa gambut

Abstract

This study was conducted to collect information regarding carbon storage, particularly the carbon stored in the aboveground biomass as well as in the peat soil. The study site was in a conservation area of the PT National Sago Prima belonging to the PT Sampoerna Agro Tbk. Group. The work was undertaken in January-February 2012. The total aboveground biomass and carbon storage in the research site indicates that the conservation area is a secondary peat swamp forest, with the biomass of 149.18 ton/ha and carbon stock of 70.12 ton C/ha. The aboveground biomass and carbon consisted of biomass and carbon of tree (83.97 ton/ha containing 39.47 ton C/ha, respectively), saplings (20.69 ton/ha containing 9.72 ton C/ha) and seedlings and undergrowth plants (0.03 ton/ha containing 0.01 ton C/ha), wood necromass (24.06 ton/ha containing 11.31 ton C/ha), and litter (20.44 ton/ha containing 9.61 ton C/ha). An allometric equation was developed for *Pandanus atrocarpus* Griff. providing an estimated total biomass and carbon of 5.16 ton/ha containing 2.42 ton C/ha. The underground C

with the mean peat depth of 5.5 m, mean bulk density of 0.18 g/cm³, and the mean organic C of 46.6 % was 464.895,94 ton C/ha. In the entire conservation forest area of 541 ha the total aboveground biomass and carbon storage was estimated to be 80,708.64 ton and 37,934.00 ton C, while the total underground carbon was 238,96 million MT C.

Keywords: allometric equation, biomass, carbon stock, *Pandanus atrocarpus*, peat swamp

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki lahan gambut seluas 20,6 juta hektar (ha) atau 10.8% dari luas daratan Indonesia (Wahyunto *et al.*, 2005). Dari luasan tersebut, sekitar 35 % terdapat di pulau Sumatera, yaitu seluas 7,2 juta ha. Provinsi Riau memiliki lahan gambut terluas di Sumatera, yaitu sebesar 4.044 juta ha atau sekitar 56,1% dari luas gambut di Sumatera. Jika dibandingkan dengan luas total provinsi Riau, maka lahan gambut di Riau mencakup sekitar 45% dari luas total provinsi.

Hutan rawa gambut merupakan salah satu ekosistem alami yang penting. Muslihat *et al.* (2009) menyatakan bahwa hutan rawa gambut memiliki fungsi sebagai pengendali iklim melalui kemampuannya untuk menyerap dan menyimpan karbon. Hutan rawa gambut memiliki kandungan karbon yang tinggi baik di atas maupun di bawah permukaan tanah. Di hutan rawa gambut Asia Tenggara setidaknya terdapat 42.000 juta metrik ton (MT) karbon (Hooijer *et al.*, 2010) sedangkan di lahan gambut Indonesia tersimpan sebesar 55-61 giga ton (GT) karbon (Siegert & Jaenicke, 2008). Deforestasi dan drainasi lahan gambut di Asia Tenggara telah menjadi sumber emisi CO₂ yang sangat signifikan (Hooijer *et al.*, 2006).

Melalui proses fotosintesis, CO₂ di udara diserap dan diubah oleh tumbuhan menjadi karbohidrat, kemudian disebarkan dan ditimbun di seluruh bagian tumbuhan, termasuk daun, batang, ranting, bunga dan buah. Proses penimbunan C dalam tubuh tumbuhan hidup tersebut disebut sequestrasi C (*C-sequestration*). Pengukuran jumlah C yang disimpan dalam tubuh tumbuhan hidup (biomassa) pada suatu lahan dapat menggambarkan banyaknya CO₂ di atmosfer yang diserap oleh tumbuhan. Sementara itu pengukuran C yang masih tersimpan dalam bagian tumbuhan yang telah mati (nekromassa) secara tidak langsung menggambarkan CO₂ yang tidak dilepaskan ke udara lewat pembakaran. Oleh karena itu, kehadiran tumbuhan terutama pohon di hutan memiliki peran penting dalam pengurangan dampak perubahan iklim melalui

penyerapan CO₂ di udara dan penyimpanannya dalam biomassa hutan. Dengan demikian keanekaragaman spesies tumbuhan dan kandungan biomassa di hutan rawa gambut harus dipertahankan agar keseimbangan karbon dan fungsi jasa lingkungan lainnya dari tanah gambut dapat berlanjut (Istomo *et al.*, 2009). Sumber karbon utama dalam hutan adalah biomassa pohon + massa gambut, tumbuhan bawah, serasah, kayu mati dan bahan organik tanah (Gibbs *et al.*, 2007).

Penaksiran biomassa hutan untuk mengetahui besarnya kandungan karbon yang terdapat di dalamnya sangat penting. Brown (1997) menyatakan bahwa sekitar 50% dari biomassa hutan tersusun atas karbon. Oleh karena itu, pengukuran biomassa hutan dapat digunakan untuk menduga potensi cadangan karbon (Gibbs *et al.* 2007). Selanjutnya, *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (2006) menggunakan *carbon fraction* 0,47 untuk menghitung kandungan karbon biomassa hutan (47 % dari biomassa adalah karbon).

Brown (2002) menjelaskan bahwa untuk memperkirakan biomassa dan stok karbon hutan tropik lebih efektif menggunakan persamaan alometri umum (satu persamaan untuk semua spesies) lebih efektif dibandingkan dengan menggunakan persamaan alometri khusus spesies. Hal tersebut disebabkan oleh kenyataan bahwa diameter setinggi dada (DSD) pohon merupakan faktor yang paling banyak mempengaruhi terjadinya variasi biomassa dan stok karbon hutan tropik (95%), bukan karena perbedaan spesies (Brown 2002). Chave *et al.* (2004) menyatakan bahwa penyebab kesalahan data paling besar dalam mengestimasi biomassa hutan adalah kesalahan dalam pemilihan persamaan alometri. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini, penghitungan biomassa pohon menggunakan persamaan alometri yang telah dibuat di hutan rawa gambut bekas tebang di Riau, agar lebih mendekati kondisi di area penelitian (Ketterings *et al.*, 2001;

Istomo 2002; Murdiyarso *et al.*, 2004; Hairiah *et al.*, 2011). Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi tentang kandungan karbon di kawasan konservasi PT National Sago Prima

(grup Perusahaan PT Sampoerna Agro Tbk), yang berupa karbon di atas permukaan tanah dan karbon dalam tanah gambut.

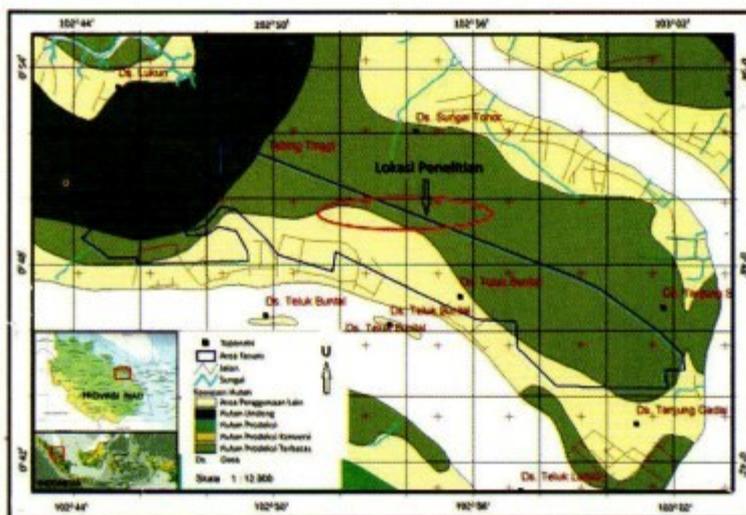
BAHAN DAN CARA KERJA

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kawasan konservasi hutan rawa gambut PT. National Sago Prima (PT NSP, grup perusahaan PT Sampoerna Agro Tbk.), yang terletak di Desa Kepau Baru, Kecamatan Tebing Tinggi, Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau (Gambar 1). Perkebunan sagu PT NSP secara geografis terletak pada 0°31' - 1°08' LU dan 101°43' - 103°08' BT dengan ketinggian 0-50 m di atas permukaan laut. Kelas kemiringan lahan di lokasi PT NSP tersebut termasuk dalam kelas lereng LI (0-8%) dengan topografi datar. Menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson (1951), tipe hujan di kawasan PT NSP termasuk dalam tipe iklim B dengan nilai $Q = 33,3\%$ (PT NSP 2010). Curah hujan rata-rata tahunan adalah 1966 mm. Berdasarkan klasifikasi USDA (1975), jenis tanah yang terdapat di PT NSP termasuk Tropohemists dan Troposaprists (Gambut), dan Tropaquents (PT NSP 2010).

Kawasan konservasi yang dijadikan lokasi penelitian ini adalah hutan bekas pembalakan pada kurun waktu tahun 1974-1994 oleh PT National

Timber and Forest Product dengan status Hak Pengelolaan Hutan (HPH). Pembalakan dilanjutkan pada tahun 1995–2003 oleh perusahaan yang sama dengan status Hutan Tanaman Industri (HTI) sagu. Hutan tersebut pernah juga dibalok oleh masyarakat secara ilegal pada tahun 2000-2005. Lokasi pencuplikan penelitian berada di kawasan penyangga yang berupa hutan konservasi kubah gambut seluas 514 ha, yang terletak di sebelah utara areal PT NSP dan berbatasan langsung dengan HTI PT Lestari Unggul Makmur (LUM). Dengan demikian kawasan konservasi tersebut merupakan hutan gambut sisa pembalakan yang sedang mengalami proses regenerasi. Hutan tersebut berbentuk koridor yang membentang dari arah tenggara ke barat laut, dengan lebar ± 300 m dan panjang ± 41 km sepanjang tapal batas utara PT NSP (Gambar 1.). Titik awal pembuatan kuadrat pengamatan bermula pada koordinat 00°48'53.5" LU 102°53'44.3" BT dengan ketinggian rata-rata 16 m di atas permukaan laut.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di kawasan PT National Sago Prima di Riau (Sumber: Peta PT National Sago Prima, dengan sedikit modifikasi).

Metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari - Februari 2012. Pencuplikan dibuat dengan menggunakan metode kuadrat, yang diletakkan di sepanjang sebuah transek sepanjang 1,22 km, yang membentang dari arah tenggara ke arah barat laut pada koridor hutan konservasi. Pada transek tersebut dibuat 25 buah kuadrat yang masing-masing berukuran 20 m x 20 m dengan jarak antar kuadrat adalah 30 m, sehingga luas total hutan yang diteliti adalah 1 ha, seperti metode yang digunakan oleh berbagai peneliti (Simbolon & Mirmanto, 1999; Kartawinata *et al.*, 2004; Helmi *et al.*, 2009). Kemudian di dalam setiap kuadrat 20 m x 20 m tersebut dibuat lagi sebuah petak kecil yang menyarang (*nested plot*) dengan ukuran 5 m x 5 m dan dalam petak kecil ini dibuat anak-petak menyarang berukuran 1 m x 1 m. Kuadrat 20 m x 20 m digunakan untuk pengamatan pohon hidup dan pohon tumbang (nekromassa berkayu) dengan diameter setinggi dada (DSD) ≥ 10 cm. Petak 5 m x 5 m digunakan untuk perekaman belta (pancang) dengan DSD < 10 cm dan tinggi $> 1,5$ m. Anak petak 1 m x 1 m dibuat untuk perekaman dan pengambilan tumbuhan hidup tingkat semai (anakan pohon dengan jumlah daun lebih dari dua helai dan tinggi $< 1,5$ m), tumbuhan bawah, serta serasah (daun dan ranting yang sudah mati).

Diameter setinggi dada dari setiap individu pohon dan belta dicatat. Biomassa tingkat pohon (DSD ≥ 10 cm) ditaksir dengan menggunakan persamaan alometri $W = 0,1886 \rho D^{2,3702}$ dengan $R^2 = 95\%$, yang dibuat Istomo (2002) di hutan rawa gambut perusahaan HPH PT Diamond Raya Timber, Kabupaten Rokan Hilir, Bengkalis Provinsi Riau (Ketterings *et al.*, 2001; Istomo, 2002; Murdiyarto *et al.*, 2004; Hairiah *et al.*, 2011). Biomassa belta dihitung dengan rumus persamaan alometri $W = \exp(-3.068 + 0.957 \ln(D2 \times H))$ (Honzak *et al.*, 1996 dalam Sutaryo 2009). Biomassa palem merah (*Cryptostachys renda*) pada tingkat pohon dihitung dengan menggunakan rumus $W = \exp\{-2.134 + 2.530 \times \ln(D)\}$ (Brown 1997). Data berat jenis kayu setiap spesies pohon diambil dari *wood density database* (<http://www.worldagroforestry.org/Sea/Products/AFDbases/wd/>).

Dalam penelitian ini, biomassa *Pandanus atrocarpus* dihitung dengan menggunakan persamaan alometri $W = 7.1944 H^{0.817}$, yang dibuat dengan metode destruktif. Cuplikan *P. atrocarpus* sebanyak 45 individu dengan tinggi 3 cm sampai

12.9 m diambil dengan cara menebang dan memotong pohon, menimbang semua bagian pohon, mengambil cuplikan daun, batang dan cabang masing-masing sebanyak ± 200 g, yang kemudian berat keringnya ditimbang setelah cuplikan tersebut dikeringkan dalam oven dengan suhu 80°C selama 48 jam. Berat jenis kayu (*wood density*) *P. atrocarpus* diperoleh dengan mengambil 3 buah cuplikan batang pandan ini, diukur volume (V) dan berat basahnya, lalu cuplikan dikeringkan dalam oven dengan suhu 80°C selama 48 jam, dan ditimbang berat keringnya (BK). Kemudian, berat jenis kayu (ρ) dihitung dengan rumus $\rho = BK/V$. Berdasarkan data total biomassa (bobot kering) dan tinggi pohon dibuat model persamaan alometri dengan menggunakan analisis regresi (Chave *et al.*, 2005).

Biomassa pohon tumbang (nekromassa berkayu) dihitung dengan mencatat keliling, panjang, persen pelapukan, dan diambil cuplikannya. Persen pelapukan dihitung dengan cara memperkirakan berapa persen tingkat pelapukan dengan kisaran dari 0 % (belum melapuk) hingga 100% (melapuk sempurna). Selanjutnya berat kering cuplikan setelah dikeringkan dalam oven dengan suhu 80°C selama 48 jam) dan berat jenis kayu ditentukan dan biomasanya dihitung dengan rumus: $W = \pi \rho H D^2/40 \times \%$ pelapukan (Hairiah *et al.*, 2011). Perhitungan biomassa tingkat semai dan tumbuhan bawah, serta serasah dilakukan dengan memotong dan menimbang semua berat totalnya, mengambil subcuplikan ± 200 g dan menimbang berat basahnya. Selanjutnya cuplikan dikeringkan dalam oven dengan suhu 80°C selama 48 jam dan ditimbang berat keringnya. Kandungan karbon dari masing-masing biomassa tersebut dihitung dengan rumus $C = 0,47 W$ (IPCC 2006). Kemudian, total karbon di permukaan tanah dihitung dengan menjumlahkan semua kandungan karbon di tingkat pohon, tingkat belta, tingkat semai dan tumbuhan bawah, nekromassa berkayu dan serasah.

Kandungan karbon di bawah permukaan tanah diperoleh dari kandungan C organik yang terkandung di dalam tanah gambut (Agus, 2009). Sebanyak 25 cuplikan tanah gambut diambil dengan menggunakan bor gambut (bor Eijkekamp) secara bertahap pada setiap meter, sehingga masing-masing cuplikan merupakan campuran dari tanah gambut dari kedalaman 1 m sampai 6 m (sampai kedalaman gambut terdalam, yaitu sampai mencapai tanah mineral). Cuplikan tanah tak terganggu untuk pengukuran bobot isi (*Bulk*

Density) tanah gambut diambil dengan menggunakan cincin (*ring*) cuplikan. Kandungan karbon tanah dihitung dengan rumus Kandungan Karbon (KC) = $B \times A \times D \times C$. KC adalah kandungan karbon (ton), B berat jenis tanah gambut (ton/m^3), A luas tanah gambut (m^2), D ketebalan gambut (m), dan C adalah kadar karbon (C-organik) dalam %).

HASIL DAN PEMBAHASAN

I. Kandungan Karbon di Atas Permukaan Tanah

Kandungan karbon di atas permukaan tanah diperoleh dari total kandungan karbon yang ada di atas permukaan tanah pada tingkat pohon, tingkat belta, tingkat semai dan tumbuhan bawah, nekromassa berkayu (pohon tumbang), dan serasah. Tabel 1 menunjukkan total biomassa dan total kandungan karbon di atas permukaan tanah di hutan rawa gambut lokasi penelitian sebanyak

149,18 ton/ha dan 70,12 ton C/ha. Pohon (DSD \geq 10 cm) memberikan persentase biomassa dan kandungan karbon terbesar, yaitu 83,97 ton/ha dan 39,47 ton C/ha atau 56,29% dari semua total biomassa dan kandungan karbon di atas permukaan tanah (Gambar 3). Selanjutnya biomassa semai dan tumbuhan bawah memiliki biomassa terkecil, yaitu 0,03 ton/ha dan 0,01 ton C/ha, atau 0,02%. Total luasan kawasan penyangga hutan konservasi kubah gambut adalah 541 ha, sehingga total biomassa dan kandungan karbon di atas permukaan tanah kawasan konservasi tersebut adalah 80.708,64 ton dan 37.934,00 ton C. Menurut IPCC (2006), kandungan biomassa rata-rata di atas permukaan tanah di hutan tropik Asia Tenggara adalah 350 ton dengan kisaran (280 ton/ha – 520 ton/ha). Mengacu pada data IPCC 2006 tersebut, kandungan biomassa di areal penelitian ini masih berada jauh di bawah nilai tersebut.

Tabel 1. Biomassa dan kandungan karbon di atas permukaan tanah hutan rawa gambut bekas pembalakan di PT National Sago Prima, Kepulauan Meranti, Riau.

No	Sumber	Biomassa (ton/ha)	C (ton C/ha)	%
1	Pohon (DSD \geq 10 cm)	83,97	39,47	56,29
2	Belta (H > 1,5 m, DSD < 10 cm)	20,69	9,72	13,87
3	Semai dan Tumbuhan Bawah	0,03	0,01	0,02
4	Nekromassa Berkayu	2,06	11,31	16,13
5	Serasah	20,44	9,61	13,70
	Total	149,18	70,12	100

Sebagai pembandingan, khusus data biomassa pohon (DSD \geq 10 cm) dihitung juga dengan menggunakan persamaan alometri pohon hutan tropik yang telah dikenal, yaitu persamaan yang dibuat Brown (1997) $W = 42,69 - 12,800(D) + 1,242(D^2)$ untuk hutan tropik yang beriklim lembap. Perhitungan biomassa pohon dengan rumus Brown (1997) tersebut menghasilkan biomassa dan kandungan karbon pohon sebesar 139,64 ton/ha dengan 65,63 ton C/ha. Jika data dihitung menggunakan persamaan alometri umum lainnya, yaitu persamaan Ketterings *et al.* (2001) $W = 0,11 \rho D^{2+0,62}$ diperoleh data biomassa dan kandungan karbon pohon sebesar 115,34 ton/ha dengan 54,21 ton C/ha. Perhitungan yang menggunakan persamaan alometri umum (generik) tersebut memberi nilai

lebih besar dibandingkan dengan menggunakan persamaan yang digunakan dalam penelitian ini, yang menghasilkan biomassa pohon 83,97 ton/ha dan 39,47 ton C/ha. Ketterings *et al.* (2001) menyarankan bahwa untuk memperoleh hasil perhitungan biomassa yang lebih akurat, hendaknya digunakan persamaan alometri yang spesifik lokasi. Penggunaan persamaan alometri umum (generik) memiliki kekurangan karena kemungkinan tidak dapat merefleksikan secara akurat biomassa hutan yang sebenarnya (Brown, 2002).

Beberapa penelitian penghitungan biomassa dan kandungan karbon di hutan rawa gambut dapat dilihat pada Tabel 2. Lokasi penelitian termasuk kategori hutan sekunder, dengan biomassa di atas permukaan tanah sebesar

149,18 ton/ha. Nilai tersebut berada di bawah nilai biomassa hutan primer sebesar 252 ton/ha di Riau (Istomo *et al.*, 2009) dan 400 – 900 ton/ha di Kalimantan Tengah (Jaya *et al.*, 2007). Namun, biomassa hutan di area penelitian masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan biomassa hutan bekas tebangan dan hutan sekunder yang direkam oleh Istomo *et al.* (2009) yaitu sebesar 111 ton/ha atau 65 ton C/ha. Biomassa hutan area penelitian masih berada dalam kisaran biomassa hutan sekunder seperti yang dikemukakan Hughes *et al.* (1999). Hughes *et al.* (1999) mencatat kisaran biomassa di atas permukaan tanah di hutan sekunder sebesar 4,8 ton/ha untuk lokasi yang baru ditinggalkan, sampai 287 ton/ha di lokasi hutan sekunder yang berumur 50 tahun. Lokasi

penelitian sekarang merupakan hutan bekas pembalakan yang berumur 39 tahun sejak awal pembalakan. Namun di antara kurun waktu tersebut juga terjadi pembalakan sebanyak dua kali pada tahun 1994 dan pembalakan liar pada tahun 2003-2005. Kondisi tersebut menyebabkan kerusakan hutan cukup besar yang mengakibatkan penurunan biomassa hutan.

Beberapa hasil penelitian pada Tabel 2 juga menunjukkan bahwa perhitungan kandungan karbon antara satu hutan dan hutan lainnya cenderung berbeda-beda. Hal tersebut dipengaruhi oleh besarnya biomassa hutan tersebut. Hutan yang terdegradasi memiliki biomassa yang lebih rendah dibandingkan hutan yang kondisinya masih baik (Tabel 2).

Tabel 2. Perbandingan perhitungan biomassa dan kandungan karbon di atas permukaan tanah di beberapa hutan gambut dengan status berbeda. BDAPT (Biomassa di Atas Permukaan Tanah).

Lokasi dan Status Hutan	Metode	BDAPT (ton/ha)	C (ton C/ha)	Sumber
RIAU				
Hutan sekunder	Non Destruktif	149,18	70,12	Penelitian ini
Hutan bekas tebangan	Non Destruktif		126,01	Rochmayanto <i>et al.</i> (2010)
Hutan sekunder			83,49	Rochmayanto <i>et al.</i> (2010)
Hutan primer	Destruktif	252		Istomo <i>et al.</i> (2009)
KALIMANTAN TENGAH				
Hutan bekas tebangan 2 kali	Destruktif	111,4		Istomo <i>et al.</i> (2009)
Hutan sekunder		65		
Semak belukar		8,9		
Lahan pakisan bekas terbakar		5		
Hutan primer	Destruktif	400 - 900		Jaya <i>et al.</i> (2007)
Hutan bekas tebangan 1 kali		240 - 400		
Hutan bekas terbakar		210 - 460		
Hutan bekas terbakar 2 kali		15-21		
Hutan campuran bekas tebangan	Non Destruktif	178-475		Waldes & Page (2002)

Metode perhitungan karbon secara destruktif dan non destruktif akan memberikan hasil yang berbeda. Metode non destruktif menggunakan model pendugaan berupa persamaan alometri umum yang telah ada untuk menghitung kandungan karbon, sedangkan metode destruktif menggunakan data langsung yang diambil dari lapangan untuk mendapatkan persamaan alometri spesifik lokasi. Chave *et al.* (2004) menyatakan bahwa penyebab utama eror data hasil perhitungan biomassa disebabkan oleh persamaan alometri yang digunakan. Perbedaan penggunaan persamaan alometri akan menimbulkan bias pada hasil kalkulasi yang besarnya bergantung kepada nilai koefisien determinasi (R^2), dan faktor kesesuaian model dengan lokasi penelitian. Khusus di hutan rawa gambut, perbedaan hasil perhitungan biomassa hutan gambut dipengaruhi juga oleh perbedaan jenis tumbuhan serta ketebalan gambut (Waldes & Page, 2002).

Selain hutan primer, hutan sekunder di daerah tropik memiliki potensi penting sebagai penyerap CO_2 dari atmosfer. Kondisi tersebut berkaitan dengan keberadaan spesies hutan sekunder, terutama spesies pionir yang memiliki kemampuan tumbuh cepat, sehingga penambahan biomassa di atas permukaan tanah berlangsung

cepat. Hiratsuka *et al.* (2006) menyatakan bahwa pola penambahan biomassa di atas permukaan tanah di hutan sekunder Kalimantan sangat bergantung kepada spesies pionir dominan di hutan, seperti *Macaranga gigantea* dan *M. hypoleuca*. Spesies pionir di hutan sekunder tersebut memiliki berat jenis batang yang rendah ($< 0,5 \text{ g/cm}^3$), sehingga cenderung memiliki laju pertumbuhan yang cepat (Whitmore, 1984). Pertumbuhan pohon yang cepat mengindikasikan cepatnya sekuestrasi karbon ke seluruh bagian pohon.

Berat jenis kayu yang digunakan dalam penghitungan biomassa pohon adalah berat jenis kayu kategori sedang. Kisaran berat jenis kayu kategori sedang pada pohon di area penelitian adalah $0,41 - 1,06 \text{ g/cm}^3$. Di lokasi penelitian terdapat sembilan spesies pohon dengan berat jenis kayu berkategori sedang ($< 0,5 \text{ g/cm}^3$) (Tabel 3). Terkait upaya meningkatkan penyerapan karbon di hutan, penanaman kembali hutan melalui rehabilitasi atau restorasi akan lebih efektif bila menggunakan spesies penyerap karbon cepat tersebut. Spesies tersebut di antaranya adalah: *Macaranga triloba* (mahang daun ubi), *Euodia aromatica* (medang lundu) dan *Sterculia gilva* (randu).

Tabel 3. Spesies pohon di lokasi penelitian yang memiliki berat jenis kayu dengan kategori sedang ($< 0.5 \text{ g/cm}^3$).

No	Nama Spesies	Berat Jenis kayu (g/m ³)		
		rendah	sedang	tinggi
1	<i>Macaranga triloba</i> (Blume) Müll.Arg.	-	0,42	-
2	<i>Euodia aromatica</i> Blume	0,23	0,42*	0,61
3	<i>Sterculia gilva</i> Miq.	0,12	0,43	0,76
4	<i>Pandanus atropurpureus</i> Griff.	-	0,43**	-
5	<i>Tetractomia holtumii</i> Ridl.	-	0,46	-
6	<i>Ficus sondaica</i> Blume	0,19	0,46*	0,74
7	<i>Sandoricum emarginatum</i> Hiern.	0,41	0,47	0,58
8	<i>Camposperma coriaceum</i> (Jack) Hallier f.	0,40	0,48	0,61
9	<i>Daphniphyllum griffithianum</i> (Wight) Noltie	-	0,49	-

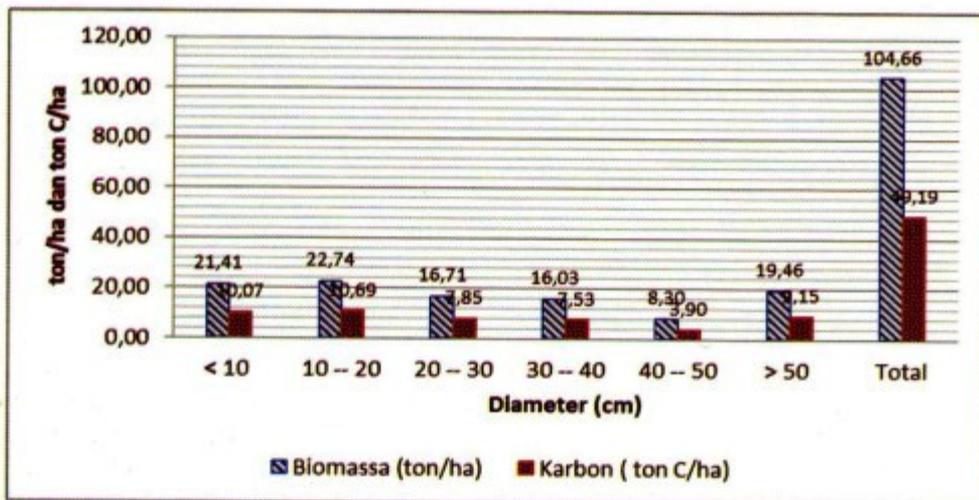
Ket: * angka rata-rata berat jenis yang dihitung dari nilai rendah dan tinggi

karena tidak ada informasinya dalam <http://www.worldagroforestry.org/Sea/Products/AFDbases/wd/>.

** angka diperoleh dari hasil penelitian ini

Pohon yang memberikan biomassa dan kandungan karbon terbesar di hutan sekunder adalah pohon dengan diameter batang kecil, termasuk juga pohon di tingkat belta, yang jumlah individunya paling banyak. Hasil analisis menunjukkan bahwa biomassa dan kandungan karbon pohon dan belta terbesar terdapat pada diameter <20 cm, yaitu sebesar 44,16 ton/ha dengan 20,27 ton C/ha atau 42,19 % dari total biomassa dan kandungan karbon pohon dan belta. Sementara itu pohon dengan diameter 20 - 50 cm memiliki biomassa dan

kandungan karbon 41,04 ton/ha dengan 19,29 ton C/ha atau 39,21 %. Selanjutnya pohon dengan diameter >50 cm memiliki biomassa dan kandungan karbon 19,55 ton/ha dengan 9,15 ton C/ha atau sebesar 18,59 %. Hasil yang sama diperoleh Rochmayanto *et al.* (2010) yang mencatat kandungan karbon terbanyak terdapat pada pohon dengan diameter 15 - 25 cm. Biomassa dan kandungan karbon pohon dan belta berdasarkan diameter dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Biomassa dan kandungan karbon pohon dan pancang berdasarkan diameter batang di hutan gambut bekas pembalakan di Riau.

Biomassa pohon di atas permukaan tanah terkait erat dengan diameter batang (Brown & Lugo, 1992). Gejala tersebut ditunjukkan oleh Elias *et al.* (2010) yang merekam biomassa batang utama *Acacia mangium* sebesar 51,84% yang lebih besar dibandingkan dengan biomassa daun (17,79%), akar (13,36%), ranting (10,22 %), dan cabang (6,74%). Ukuran diameter pohon di hutan rawa gambut bergantung kepada umur hutan tersebut dan juga dipengaruhi oleh ketebalan gambut, seperti dikemukakan oleh Anderson (1964) bahwa rerata ukuran pohon di hutan rawa gambut bertambah sejalan dengan peningkatan kedalaman gambut. Waldes & Page (2002) menguatkan argumentasi di atas, bahwa diameter pohon dan biomassa di hutan rawa gambut meningkat sesuai dengan meningkatnya kedalaman gambut (2 - 6 m, 7 -10 m, dan 8 - 12 m) dan biomassa terbesar terdapat di hutan dengan kedalaman gambut 8 -12 m. Kedalaman rerata gambut di lokasi penelitian adalah 5,5 m, sehingga

mampu menopang tumbuhnya pohon-pohon dengan ukuran diameter besar.

Dua spesies yang memberikan biomassa dan cadangan karbon terbesar di lokasi penelitian berasal dari Famili Dipterocarpaceae, yaitu *Shorea teysmanniana* sebesar 19,60 ton/ha dengan 9,21 ton C/ha, dan *Shorea rugosa* sebesar 10,58 ton/ha dengan 4,97 ton C/ha (Tabel 4). Kedua spesies tersebut ditemukan di hutan primer maupun di hutan bekas tebangan, sebagai spesies bernilai komersial (Wibowo, 1995) dan dikenal dengan nama *Light Red Meranti* dan *Dark Red Meranti*. Kedua spesies tersebut juga merupakan spesies bernilai konservasi tinggi karena terdaftar dalam Appendix 1 *Red List IUCN (International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources)* tahun 2012. Status konservasi *S. teysmanniana* adalah *Endangered* (genting) sedangkan *S. rugosa* adalah *Critically Endangered* (kritis), sehingga spesies tersebut beserta habitatnya harus dilindungi. Di lokasi penelitian, spesies tersebut

hadir dengan variasi diameter 1,7 - 94 cm dengan kerapatan masing-masing 30 individu/ha dan 18 individu/ha. Spesies yang memiliki biomassa tinggi lainnya adalah: *Syzygium lineatum* dengan

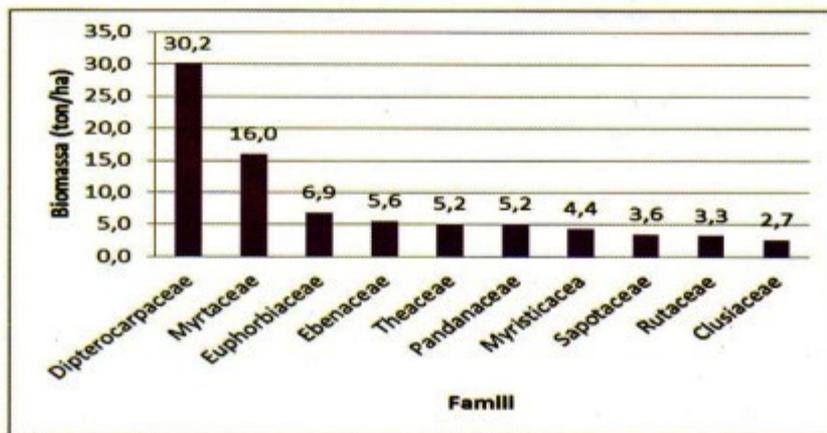
diameter pohon 0,4 – 32 cm dan kerapatan 1033 individu/ha, dan *Tetramerista glabra* dengan diameter 10 – 37 cm dan kerapatan 12 individu/ha.

Tabel 4. Sepuluh spesies dengan biomassa dan kandungan karbon terbesar di hutan gambut bekas pembalakan di PT National Sago Prima, Kepulauan Meranti, Riau.

No	Nama Spesies	Famili	Biomassa (ton/ha)	Karbon (ton C/ha)
1	<i>Shorea teysmanniana</i> Dyer ex Brandis	Dipterocarpaceae	19,60	9,21
2	<i>Shorea rugosa</i> F. Heim	Dipterocarpaceae	10,58	4,97
3	<i>Syzygium lineatum</i> (DC.) Merr. & Perry	Myrtaceae	7,03	3,30
4	<i>Tetramerista glabra</i> Miq.	Theaceae	5,19	2,44
5	<i>Pandanus atroparpus</i> Griff.	Pandanaceae	5,16	2,42
6	<i>Syzygium densiflorum</i> Wall. ex Wight & Arn.	Myrtaceae	4,92	2,31
7	<i>Diospyros javanica</i> Bakh.	Ebenaceae	4,63	2,18
8	<i>Blumeodendron subrotundifolium</i> Merr.	Euphorbiaceae	4,19	1,97
9	<i>Knema latifolia</i> Warb.	Myristicaceae	3,33	1,57
10	<i>Euodia aromatica</i> Blume	Rutaceae	2,93	1,38

Tiga famili yang memiliki biomassa terbesar adalah Dipterocarpaceae (3 spesies), Myrtaceae (10 spesies), dan Euphorbiaceae (5 spesies) (Gambar 3). Anggota-anggota famili Dipterocarpaceae yang terdapat di hutan penelitian memiliki kisaran diameter batang 0,8 - 94,5 cm dengan kerapatan 80 individu/ha, sedangkan anggota-anggota Myrtaceae memiliki

kisaran diameter batang 0,4 - 32,8 cm dengan kerapatan 2325 individu/ha. Famili Euphorbiaceae memiliki diameter batang 0,6 cm - 38,2 cm dengan kerapatan 302 individu/ha. Diameter pohon terbesar dari famili Dipterocarpaceae disumbangkan oleh 32 individu (40%) dari total 80 individu yang berdiameter 10 cm - 94,5 cm.



Gambar 3. Sepuluh famili dengan biomassa terbesar di hutan gambut bekas pembalakan di PT National Sago Prima, Kepulauan Meranti, Riau.

Di area penelitian, biomassa dan kandungan karbon nekromassa berkayu nilainya cukup tinggi, yaitu sebesar 24,06 ton/ha atau 11,31 ton C/ha (16,13 %). Ini disebabkan oleh banyaknya pohon

tumbang yang ditemukan di setiap kuadrat pengamatan. Pohon tumbang di dalam hutan dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain pohon bekas pembalakan yang ditinggalkan,

pohon yang ikut tumbang akibat pohon besar di dekatnya dibalak, maupun pohon tumbang akibat tiupan angin. Total jumlah nekromassa berkayu yang ditemukan adalah 251 pohon tumbang/ha. Dalam setiap kuadrat pengamatan (0,04 ha) rata-rata ditemukan 10 nekromassa berkayu dengan rerata diameter 24,8 cm dan rerata persen pelapukan 73,91%. Hasil serupa juga ditunjukkan oleh Waldes & Page (2002) yang mencatat nekromassa berkayu di hutan rawa gambut campuran di Kalimantan Barat, yaitu sebanyak 98 - 144 pohon tumbang di plot seluas 0,25 ha. Penelitian lain (Jaya *et al.*, 2007) mencatat biomassa nekromassa berkayu di hutan rawa gambut mencapai 21,88 ton/ha, di hutan bekas tebangan yang relatif baik 14,89 ton/ha, dan di hutan rawa gambut bekas terbakar 31,96 ton/ha. Dalam hutan rawa gambut yang terbuka, gangguan angin dapat merobohkan berbagai pohon. Karena struktur tanah gambut tidak padat maka akar pohon mudah tercabut dari tanah, terutama jika pohon tersebut tertimpa pohon lain yang tumbang. Pembalakan selektif dan pembalakan liar yang dilakukan masyarakat juga menjadi penyebab banyaknya nekromassa berkayu di hutan. Kehadiran pohon tumbang dengan rerata diameter 24,8 cm kemungkinan karena tertimpa pohon berdiameter besar di dekatnya yang ditebang dan diambil kayunya.

Biomassa dan kandungan karbon tumbuhan bawah dan serasah mencapai 0,03 ton/ha dengan 20,44 ton/ha serta 0,01 ton C/ha dengan 9,61 ton C/ha. Siregar (2009) juga mencatat kandungan karbon tumbuhan bawah di hutan rawa gambut bekas tebangan di Riau sebesar 3,2 - 5,5 ton C/ha dan serasah 6 - 10,7 ton C/ha, sedangkan di hutan primer kandungan karbon semai dan tumbuhan bawah sebesar 3,9 - 5,1 ton C/ha dan serasah 8,3 - 12,8 ton C/ha. Jaya *et al.* (2007) juga menghitung kandungan biomassa tumbuhan bawah dan serasah di hutan rawa gambut primer dan memperoleh nilai rerata tumbuhan bawah sebesar 7,88 ton/ha dan serasah 8,62 ton/ha, di hutan bekas tebangan masing-masing sebesar 8,89 ton/ha dan 21,44 ton/ha, sedangkan di hutan rawa gambut bekas terbakar masing-masing 6,06 ton/ha dan 24,22 ton/ha.

Sebagian besar biomassa tumbuhan bawah yang ditemukan di lokasi penelitian merupakan

biomassa *Nephrolepis hirsutula* (paku-pakuan) dan *Nepenthes ampullaria* (kantong semar). Kondisiutupan hutan yang terbuka menyebabkan tumbuhan pionir seperti *N. hirsutula* berkembang dengan cepat dan menutupi semua permukaan tanah yang terbuka. Setelah lokasi tempat tumbuhnya mulai ternaungi oleh pohon, maka lambat laun spesies tersebut akan mati dan diganti oleh semai tumbuhan hutan yang membutuhkan naungan. Biomassa serasah didominasi oleh daun dan ranting tumbuhan yang telah jatuh. Lambatnya proses dekomposisi serasah di hutan rawa gambut menyebabkan tingginya biomassa serasah di lantai hutan. Proses dekomposisi serasah di hutan rawa gambut terhambat karena aktivitas mikroorganisme perombak juga terhambat oleh kehadiran senyawa fenol dalam air dan tanah gambut, serta pH air dan tanah gambut yang rendah yang umumnya kurang dari 4,0 (Anwar *et al.*, 1984; Whitmore, 1984). Agus & Subiksa (2008) menyatakan bahwa penumpukan bahan organik di tanah gambut terjadi karena proses dekomposisinya terhambat oleh kondisi anaerob dan menyebabkan rendahnya tingkat perkembangan biota pengurai.

Persamaan Alometri *Pandanus atrocarpus*

Spesies tingkat pohon yang memiliki biomassa terbesar kelima di area penelitian adalah *Pandanus atrocarpus*. Spesies ini merupakan tumbuhan monokotil herba dan di area penelitian ini memiliki kerapatan tinggi (101 individu/ha dengan DSD 15-44 cm), sehingga dapat dikategorikan sebagai pohon (Gambar 4). Diperkirakan biomassa *P. atrocarpus* ini cukup berpengaruh terhadap total biomassa di atas permukaan tanah. Persamaan alometri yang digunakan dalam penelitian ini khusus diterapkan untuk menduga biomassa tumbuhan berkayu. Oleh karena itu, biomassa *P. atrocarpus* tidak dapat diduga dengan persamaan alometri yang ada. Sampai saat ini belum ditemukan acuan khusus persamaan alometri untuk berbagai spesies *Pandanus*, sehingga perlu dibuat persamaan alometri khusus untuk menilai dengan tepat biomassa *P. atrocarpus*.



Gambar 4 Populasi *Pandanus atrocarpus* di hutan rawa gambut di PT National Sago Prima, Kepulauan Meranti, Riau.

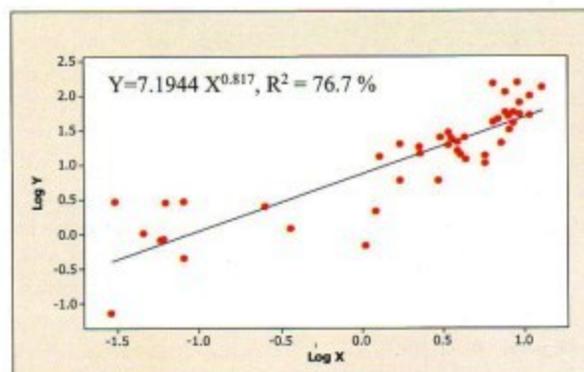
P. atrocarpus merupakan jenis tumbuhan yang tidak bercabang dengan diameter batang dari pangkal hingga ke pucuk batang relatif sama, sehingga pembuatan persamaan alometri berdasarkan tinggi pohon menjadi lebih sesuai, seperti halnya persamaan alometri untuk jenis-jenis palem (Brown, 2002; Hairiah *et al.*, 2011). Model persamaan alometri diperoleh dari analisis persamaan regresi sederhana yang menunjukkan hubungan erat antara biomassa *P. atrocarpus* sebagai peubah tak bebas dan tinggi pohon sebagai peubah bebasnya. Persamaan alometri yang dihasilkan memiliki koefisien determinasi $R^2 = 76,7\%$ dan koefisien determinasi tersebut cukup tinggi sehingga dapat digunakan untuk menghitung biomassa *P. atrocarpus*. Berdasarkan rumus

tersebut diperoleh biomassa dan kandungan karbon *P. atrocarpus* sebesar 5,16 ton/ha dan 2,42 ton C/ha (Lampiran 1). Grafik persamaan regresi untuk *P. atrocarpus* tersebut disajikan dalam Gambar 5. Selain menghitung persamaan alometri, dihitung pula berat jenis pohon *P. atrocarpus*, yaitu sebesar 0.43 g/cm³ (Tabel 3.). Hasil analisis regresi yang diperoleh dari persamaan alometri khusus untuk *Pandanus atrocarpus* adalah:

$$Y=7.1944 X^{0.817} \text{ atau } W = 7.1944 H^{0.817}$$

Keterangan:

Y atau W = Biomassa (kg) *Pandanus atrocarpus*
X atau H = Tinggi (m) *Pandanus atrocarpus*



Gambar 5. Grafik persamaan alometri *P. atrocarpus*.

II. Kandungan Karbon di Bawah Permukaan Tanah

Komponen utama yang diperlukan untuk menghitung kandungan karbon di tanah gambut adalah ketebalan, bobot isi (*bulk density*), persentase kandungan C organik tanah, dan luas tanah gambut. Hasil perhitungan kandungan karbon pada satu hektar tanah gambut di lokasi penelitian adalah 464.895,94 MT C/ha. Total luas koridor hutan rawa gambut area konservasi lokasi penelitian adalah 514 ha, sehingga total kandungan karbon di bawah permukaan tanah hutan tersebut ditaksir sebesar 238.96 juta MT C. Hasil penelitian Batubara (2009) menyatakan bahwa kisaran cadangan karbon pada tanah gambut di hutan dengan ketebalan gambut > 9 m adalah 386 - 3.240 MT C/ha.

Mengingat bahwa gambut dengan ketebalan sampai sekitar 4 m dianggap gambut dangkal (Anwar *et al.*, 1984), maka berdasarkan ketebalannya, tanah gambut di area penelitian termasuk dalam kategori gambut dalam. Dari 25 titik pengambilan cuplikan, rata-rata kedalaman gambut adalah 5,5 m dan bobot isi gambut sebesar 0,18 g/cm³. Nilai kepadatan tersebut mengindikasikan bahwa tanah gambut di lokasi penelitian merupakan tanah gambut hemik. Gambut hemik adalah gambut yang bahan organiknya separuh terdekomposisi. Menurut Wahyunto *et al.* (2005) berdasarkan tingkat kematangan atau dekomposisinya, gambut dapat dibedakan menjadi 3 macam yaitu: gambut fibrik (dekomposisi awal), hemik (setengah terdekomposisi), dan saprik (sebagian besar terdekomposisi). Gambut fibrik di hutan tropik memiliki bobot isi kurang dari 0,1 g/cm³ sedangkan tanah gambut saprik yang sebagian besar telah terdekomposisi memiliki bobot isi lebih dari 0,2 g/cm³ (Driessen & Rochimah, 1976).

Kandungan C organik rerata dari 25 cuplikan tanah adalah 46,6 %. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Siregar (2009) di hutan rawa gambut bekas tebangan di Riau di HPH PT Dexter Kencana yang memperoleh nilai rerata bobot isi 0,11 g/cm³ dan kandungan C organik 44,9%, serta di tanah gambut di HPH PT Yos Raya Timber diperoleh nilai rerata bobot isi tanah 0,16 g/cm³ dan kandungan C organik 41,7%. Pengamatan terdahulu (Suhardjo & Widjaja-Adhi 1976) mencatat bahwa rerata kandungan C organik di tanah gambut di Riau adalah 53,88%. Wahyunto *et al.* (2010) menjelaskan bahwa tanah gambut Indonesia memiliki variasi tinggi dalam cadangan

karbon karena adanya variasi bobot isi, kedalaman gambut, kematangan gambut dan kandungan C organik. Nilai rerata bobot isi tanah gambut di Kalimantan dan Sumatra adalah 0,12 - 1,17 gr/cm³ dan gambut yang lebih matang memiliki bobot isi yang lebih tinggi (Wahyunto *et al.*, 2010). Sementara itu nilai rata-rata C organik di Sumatera (Aceh dan Sumatera Barat) untuk tingkat kematangan gambut fibrik, hemik dan saprik masing-masing adalah 38%, 45% dan 52% (Wahyunto *et al.*, 2010).

KESIMPULAN

Hutan rawa gambut di kawasan konservasi PT National Sago Prima merupakan hutan bekas pembalakan dengan komposisi floranya sebagian besar terdiri atas jenis-jenis pohon hutan primer yang sedang mengalami proses suksesi menuju ke hutan yang serupa dengan hutan aslinya. Hutan ini memiliki kandungan karbon di atas dan di bawah permukaan tanah yang cukup tinggi, sehingga area tersebut memiliki nilai penting dalam konservasi. Biomassa dan kandungan karbon di atas permukaan tanah di lokasi penelitian sebesar 149,18 ton/ha dengan 70,12 ton C/ha berada dalam kisaran biomassa dan kandungan karbon hutan rawa gambut sekunder dan berada di bawah kisaran biomassa dan kandungan karbon hutan rawa gambut primer. Pembalakan selektif dan pembalakan liar yang dilakukan di lokasi penelitian sebelumnya, telah menurunkan biomassa hutan saat ini. Pohon memberikan nilai terbesar bagi total biomassa di atas permukaan tanah. Dua spesies Dipterocarpaceae yaitu *Shorea teysmanniana* dan *S. rugosa* merupakan penyumbang terbesar biomassa dan karbon terbesar di hutan gambut yang diteliti. Persamaan alometri untuk *Pandanus atrocarpus* yang dibuat pada penelitian ini menghasilkan biomassa dan kandungan karbon *P. atrocarpus* sebesar 5,16 ton/ha dengan 2,42 ton C/ha. Kandungan karbon di bawah permukaan tanah diperkirakan sebesar 464.895,94 MT C/ha. Besarnya kandungan karbon di bawah permukaan tanah gambut dipengaruhi oleh ketebalan tanah gambut, kandungan C organik dan bobot isi tanah. Tanah gambut di lokasi penelitian merupakan gambut dalam (kedalaman > 3 m) dengan tingkat kematangan gambut hemik (setengah terdekomposisi).

SARAN

Salah satu cara untuk meningkatkan nilai konservasi kawasan hutan gambut PT NSP adalah melalui program restorasi atau pemulihan hutan bekas pembalakan menjadi hutan yang mirip hutan aslinya. Restorasi pada dasarnya menerapkan proses suksesi alami yang dipercepat. Dalam proses restorasi ini hendaknya digunakan aneka spesies hutan asli gambut yang mempunyai laju pertumbuhan cepat yang diekspresikan oleh berat jenis kayu $< 0,5 \text{ g/cm}^3$ serta spesies asli gambut yang terancam punah, seperti *Shorea rugosa* dan *S. teysmanniana* sehingga meningkatkan nilai konservasi kawasan. Spesies dengan berat jenis kayu $< 0,5 \text{ g/cm}^3$ tersebut antara lain: *Macaranga triloba* (Mahang), *Camposperma coriaceum* (geronggang), *Euodia aromatica* (Lunu), *Sterculia gilva* (Randu), *Sandoricum emarginatum* (Sentul Kera), *Tetractomia holtumii*, *Ficus sundaica*

(Kiara), dan *Daphniphyllum griffithianum* (Seketem). Dengan demikian, nilai konservasi dan keanekaragaman spesies tumbuhan, kandungan biomassa dan simpanan karbon dalam rangka menunjang pengelolaan hutan rawa gambut secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilakukan di kawasan konservasi PT National Sago Prima, yang merupakan salah satu anak perusahaan PT Sampoerna Agro Tbk. Kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada PT Sampoerna Agro Tbk yang telah mendanai penelitian ini. Tanpa dukungan pimpinan dan karyawan PT National Sago Prima penelitian ini tidak akan dapat terlaksana dan untuk itu kami mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Biomassa dan kandungan karbon pohon dan belta di lokasi penelitian.

No	Nama Spesies	Famili	Kerapatan (Individu/ha)	Biomassa (ton/ha)	Karbon (ton C/ha)
1	<i>Acronychia porteri</i> Hook.f.	Rutaceae	4	0,32	0,15
2	<i>Aglaiia macrocarpa</i> (Miq.) Pannell	Meliaceae	2	0,93	0,44
3	<i>Archidendron borneense</i> (Benth.) I.C.Nielsen	Fabaceae	35	0,56	0,26
4	<i>Beilschmiedia maingayi</i> Hook.f.	Lauraceae	1	0,19	0,09
5	<i>Blumeodendron subrotundifolium</i> (Elmer) Merr.	Euphorbiaceae	203	4,19	1,97
6	<i>Brackenridgea palustris</i> Bartell.	Ochnaceae	81	0,18	0,08
7	<i>Calophyllum canum</i> Hook.f. ex T. Anderson	Clusiaceae	21	2,71	1,28
8	<i>Camposperma coriaceum</i> (Jack) Hallier f.	Anacardiaceae	51	0,90	0,42
9	<i>Chaetocarpus cestanocarpus</i> (Roxb.) Thwaites	Euphorbiaceae	48	0,74	0,35
10	<i>Cratogeomys glaucum</i> Korth.	Hypericaceae	32	1,83	0,86
11	<i>Cryptocarya crassinervia</i> Miq.	Lauraceae	9	1,37	0,65
12	<i>Cyrtostachys renda</i> Blume	Arecaceae	2	0,06	0,03
13	<i>Dacryodes macrocarpa</i> (King) H.J.Lam	Burceraceae	66	0,79	0,37
14	<i>Daphniphyllum griffithianum</i> (Wight) Noltie	Daphniphyllaceae	47	1,18	0,56
15	<i>Dialium indum</i> L.	Fabaceae	33	1,49	0,70
16	<i>Dillenia excelsa</i> (Jack) Martelli ex Gilge	Dilleniaceae	39	0,54	0,25
17	<i>Diospyros javanica</i> Bakh.	Ebenaceae	599	4,63	2,18
18	<i>Diospyros maritima</i> Blume	Ebenaceae	32	0,36	0,17
19	<i>Diospyros siamang</i> Bakh.	Ebenaceae	228	0,61	0,29
20	<i>Elaeocarpus ovalis</i> Miq.	Elaeocarpaceae	579	0,55	0,26
21	<i>Eugenia clariflora</i> Roxb.	Myrtaceae	267	1,63	0,77
22	<i>Euodia aromatica</i> Blume	Rutaceae	121	2,93	1,38

23	<i>Ficus sundaica</i> Blume	Moraceae	5	0,65	0,31
24	<i>Gonystylus bancanus</i> (Miq.) Kurz.	Tyhmelaeeaceae	6	2,69	1,27
25	<i>Horsfieldia crassifolia</i> (Hook.f. & Thomson) Warb.	Myristicaceae	8	1,10	0,52
26	<i>Horsfieldia glabra</i> (Reinw ex Blume) Warb.	Myrtaceae	16	0,001	0,0003
27	<i>Ilex pleiobrachiata</i> Loes.	Aquifoliaceae	576	1,99	0,94
28	<i>Ilex wallichii</i> Hook.f.	Aquifoliaceae	2	0,19	0,09
29	<i>Ixonanthes petiolaris</i> Blume	Ixonanthaceae	33	0,19	0,09
30	<i>Knema laterifolia</i> Warb.	Myristicaceae	274	3,33	1,57
31	<i>Macaranga caladiifolia</i> Becc.	Euphorbiaceae	35	0,69	0,33
32	<i>Macaranga triloba</i> (Thunb.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	1	0,45	0,21
33	<i>Maranthes corymbosa</i> Blume	Chrysobalanaceae	24	1,77	0,83
34	<i>Palaquium gutta</i> (Hook.f) Burck	Sapotaceae	70	0,86	0,40
35	<i>Palaquium ridleyi</i> King & Gamble	Sapotaceae	60	1,96	0,92
36	<i>Palaquium walsurifolium</i> Pierre ex Dubard	Sapotaceae	1	0,57	0,27
37	<i>Pandanus atroparpus</i> Griff.	Pandanaceae	101	5,16	2,42
38	<i>Parastemon urophyllus</i> (Wall. Ex A.DC.) A.DC.	Chrysobalanaceae	32	0,02	0,01
39	<i>Payena leerii</i> (Teijsm. & Binn.) Kurz	Sapotaceae	19	0,20	0,09
40	<i>Pimelodendron griffithianum</i> (Mull.Arg.) Hook.f.	Euphorbiaceae	15	0,81	0,38
41	<i>Polyalthia glauca</i> (Korth.) Boerl.	Annonaceae	1	0,03	0,02
42	<i>Sandoricum emarginatum</i> Hiern.	Meliaceae	18	0,14	0,06
43	<i>Shorea rugosa</i> F. Heim	Dipterocarpaceae	18	10,58	4,97
44	<i>Shorea teysmanniana</i> Dyer ex Brandis	Dipterocarpaceae	30	19,60	9,21
45	<i>Stemonurus scorpioides</i> Becc.	Icacinaceae	85	0,86	0,40
46	<i>Sterculia gilva</i> Miq.	Sterculiaceae	20	0,76	0,36
47	<i>Syzygium acuminatissimum</i> (Blume) DC.	Myrtaceae	258	1,33	0,63
48	<i>Syzygium attenuatum</i> (Miq.) Merr. & L.M. Perry	Myrtaceae	3	0,62	0,29
49	<i>Syzygium densiflorum</i> Wall. ex Wight & Arn.	Myrtaceae	361	4,29	2,02
50	<i>Syzygium fastigatum</i> (Blume) Merr. & Perry	Myrtaceae	16	0,002	0,001
51	<i>Syzygium inopillum</i> DC.	Myrtaceae	17	0,03	0,02
52	<i>Syzygium lineatum</i> (DC.) Merr. & L.M. Perry	Myrtaceae	1033	7,03	3,30
53	<i>Tetractomia holttumii</i> Ridl.	Rutaceae	1	0,08	0,04
54	<i>Tetramersta glabra</i> Miq.	Theaceae	12	5,19	2,44
55	<i>Timonius flavescens</i> (Jacq.) Baker	Rubiaceae	609	1,48	0,69
56	<i>Tristaniopsis obovata</i> (Benn.) Peter G. Wilson & J.T. Waterh	Myrtaceae	338	0,98	0,46
57	<i>Tristaniopsis whiteana</i> (griff.) Peter G. Wilson & Waterh	Myrtaceae	16	0,08	0,04
58	<i>Uncaria glabrata</i> (Blume) DC.	Rubiaceae	16	0,002	0,001
59	<i>Vatica rassak</i> (Korth.) Blume	Dipterocarpaceae	32	0,01	0,01
60	<i>Xanthophyllum ellipicum</i> Korth. Ex.Miq.	Polygalaceae	16	0,23	0,11
Total			6678	104,66	49,19

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. 2009. *Panduan metode pengukuran karbon tersimpan di lahan gambut (guidelines for measuring carbon stock in peatland)*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian Bogor dan World Agroforestry Centre, SEA, Bogor.
- Agus, F. & I.G. M. Subiksa. 2008. *Lahan gambut: potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan*. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor.
- Anderson, J.A.R. 1964. The structure and development of the peat swamps of Sarawak and Brunei. *Journal of Tropical Geography* 18: 7-16.

- Anwar, J., S.J. Damanik, N. Hisyam & A.J. Whitten. 1984. *Ekologi ekosistem Sumatra*. Terj. dari Ecology of Sumatra. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Batubara, S.F. 2009. Pendugaan cadangan karbon dan emisi gas rumah kaca pada tanah gambut di hutan dan semak belukar yang telah didrainase. Tesis, Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Brown, S. 1997. *Estimating biomass and biomass change of tropical forest, a primer*. FAO Forestry Paper 134, Rome.
- Brown, S. 2002. Measuring, monitoring, and verification of carbon benefits for forest-based project. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (360): 1669-1683.
- Brown, S. & A.E. Lugo. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17 (1): 8-18.
- Chave J., R. Condit, S. Aguilar, A. Hernandez, S. Lao, and R. Perez. 2004. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Ser. B: Biol. Sci.*(359): 409-420.
- Chave J., C. Andalo, S. Brown, M.A. Cairns, J.Q. Chambers, D. Eamus, H. Folster, F. Fromard, N. Higuchi, T. Kira, J.P. Lescure, B.W. Nelson, H. Ogawa, H. Puig, B. Riera, T. Yamakura. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* (145): 87-99.
- Drissen, P. M. & L. Rochimah. 1976. The physical properties of low land peats from Kalimantan. In: *Proc. of a Seminar on Peat and Podsolc Soils and Their Potential for Agriculture in Indonesia, Tugu, October 1976*. Soil Res. Inst., Bogor: 56-73.
- Elias, N.J. Wistara, M. Dewi, & H. Purwitasari. 2010. Model persamaan massa karbon akar pohon dan root-shoot massa karbon. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* XVI(3): 113-117.
- Gibbs, H.K., S. Brown, J.O. Niles, & J.A. Foley. 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stock: making REDD a reality. *Environmental Research Letters* 2:1-13.
- Hairiah, K., A. Ekadinata, R.R. Sari & S. Rahayu. 2011. *Pengukuran cadangan karbon dari tingkat lahan ke bentang lahan, petunjuk praktis, edisi kedua*. World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional office, University of Brawijaya, Malang.
- Helmi, N., K. Kartawinata & I. Samsudin. 2009. An undiscribed lowland natural forest at Bodogol, The Gunung Pangrango National Park, Cibodas Biosphere Reserve, West Java, Indonesia. *Reinwardtia* 13 (1): 33-44.
- Hiratsuka, M. T. Toma, R. Diana, D. Hardiyanto, & Y. Morikawa. 2006. Biomass recovery of naturally regenerated vegetation after 1998 forest fire in East Kalimantan. *JARQ* 40 (3): 277-282.
- Hooijer, A., M. Silvius, H. Worsten & S. Page. 2006. Peat CO₂, assessment of CO₂ emission from drained peatlands in South East Asia. Delft Hydraulics Report Q3943.
- Hooijer, A., S. Page, J.G. Canadell, M. Silvius, J. Kwadijk, H. Wosten & J. Jauhainen. 2010. Current and future CO₂ emission from drained peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences* 7: 1505-1514.
- Hughes, R.F., J.B. Kauffman, and V.J. Jaramillo. 1999. Biomass, Carbon, and Nutrient Dynamics of Secondary Forest in a Humid Tropical Region of Mexico. *Ecology* 80 (6): 1892-1907.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 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. & Tanabe K. (eds.) Published: IGES, Japan.
- Istomo. 2002. *Kandungan fosfor dan kalium serta penyebarannya pada tanah dan tumbuhan hutan rawa gambut (studi kasus di Wilayah Bagian Kesatuan Pemangku Hutan Bagan, Kabupaten Rokan Hilir, Riau)*. Disertasi Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Istomo, C. Wibowo & I.T.C. Wibisono. 2009. Plant diversity and biomass content in relation to wise use of tropical peat land. *Proc. of Bogor Symposium and Workshop on Tropical Peatland Management, Wise Use of Tropical Peatland, 14-15 July 2009*, Bogor: 57-66.
- Jaya, A., U.J. Siregar, H. Daryono & S. Suhartana. 2007. Biomassa hutan rawa gambut tropika pada berbagai kondisi penutupan lahan. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 4 (4): 341-352.
- Kartawinata, K., I. Samsudin, M. Heriyanto, J.J. Afriastini. 2004. A tree species inventory in a one-hectare plot at The Batang Gadis National Park, North Sumatra, Indonesia. *Reinwardtia* 12 (2): 145-157.

- Ketterings, Q.M., R. Coe, M. van Noordwijk, Y. Ambagau & A.A. Palm. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equation for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forest. *Forest Ecology and Management* 146: 199-209.
- Murdiyoso, D., U. Rosalina, K. Hairiah, L. Muslihat, IN.N. Suryadiputra & A. Jaya. 2004. *Petunjuk lapangan, pendugaan cadangan karbon pada lahan gambut*. Wetlands International, Bogor.
- Muslihat, L., D.S. Rais, F. Hasudungan & I.T.C. Wibisono. 2009. *Kajian biofisika lahan gambut (luas, ketebalan, topografi, biodiversitas, vegetasi, dan stok karbon) di lokasi kerja PT. Persada Dinamika Lestari (anak perusahaan PT Astra Agro Lestari) di Kabupaten Hulu Sungai Utara-Kalimantan Selatan*. Laporan Teknis. Wetlands International Indonesia Programme, Bogor.
- PT National Sago Prima. 2010. *Rencana Kerja Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Bukan Kayu Hutan Tanaman Industri (Sagu) Jangka Waktu 10 (sepuluh) Tahun Periode Tahun 2010 s/d 2019*. Keputusan Menteri Kehutanan No. SK.353/Menhut-II/2008 Tanggal 24 September 2008 jo No. SK.380/Menhut-II/2009 Tanggal 25 Juni 2009. Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau.
- Rochmayanto, Y., D. Darusman, & T. Rusolono. 2010. Perubahan kandungan karbon dan nilai ekonominya pada konversi hutan rawa gambut menjadi hutan tanaman industri pulp. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 7(2): 93-106.
- Schmidt, F.H. & J.H.A. Ferguson. 1951. Rainfall types based on wet and dry period ratios for Indonesia. *Verhandelingen No. 42*. Djawatan Meteorologi dan Geofisika, Djakarta.
- Siegert, F. & J. Jaenicke. 2008. Estimation of carbon storage in Indonesian peatlands. *Dalam Rieley, J.O., C.J. Banks & S.E. (eds). 2008. Future of Tropical Peatlands in Southeast as Carbon Pool and Sink: Paper Presented at the Special Session on Tropical Peatlands at the 13th International Peat Congress, Tullamore, June 2008*, Ireland:15-19.
- Simbolon, H. & E. Mirmanto. 1999. Checklist of plant species in the peat swamp forest of Central Kalimantan, Indonesia.. *Dalam Iwakuma T, T. Inoue, T. Kohyama, M. Osaki, H. Simbolon, H. Tachibana, H. Takahashi, N. Tanaka & K. Yabe (eds). 2000. Proc. of the International Symposium Tropical Peat land, 22-23 November 1999*. Bogor: 179-190.
- Siregar U. J. 2009. Estimation of carbon stock in Riau peat-swampy production forest, Indonesia. *Proc. of Bogor Symposium and Workshop on Tropical Peatland Management, Wise Use of Tropical Peatland, 14-15 July 2009*, Bogor: 46-51.
- Suhardjo, H. & IPG Widjaja-Adhi. 1976. Chemical characteristics of the upper 30 cms of peat soil from Riau. *In Proc. of a Seminar on Peat and Podsollic Soils and Their Potential for Agriculture in Indonesia, Tugu, October 1976*. Soils Res. Inst., Bogor:74-92.
- Sutaryo, D. 2009. *Penghitungan biomassa: sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon*. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor.
- Wahyunto, A. Dariah & A. Agus. 2010. Distribution, properties, and carbon stock of Indonesian peat land. *Proc. of Int. Workshop on Evaluation and Sustainable Management of Soil Carbon Sequestration in Asian Countries 28-29 September 2010*, Bogor: 187-204.
- Wahyunto, S. Ritung, Suparto & H. Subagjo. 2005. *Sebaran gambut dan kandungan karbon di Sumatera dan Kalimantan (buku 3)*. Wetlands International-Indonesia Programme. Bogor.
- Waldes, N.J.L. and S.E. Page. 2002. Forest structure and tree diversity of a peat swamp forest in Central Kalimantan, Indonesia. *Dalam: Rieley, J.O. & S.E. Pages (eds). 2002. Peatlands for people: natural resource functions and sustainable management. Proceeding of the International Jakarta Symposium on Peatland, Jakarta, 22-23 Agustus 2001*. BBPT & Indonesian Peat Association, Jakarta: 16-22.
- Whitmore, T. C. .1984. *Tropical rain forest of the Far East*. Second Edition. Oxford University Press, Oxford.
- Wibowo, H. 1995. *Studi struktur tegakan dan komposisi jenis pohon pada hutan rawa gambut PT. National Timber and Forest Product I, Riau*. Skripsi Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor: vii+70 hlm.
- <http://www.worldagroforestry.org/Sea/Products/AFDbases/wd/>. Wood density database. Diunduh bulan Agustus tahun 2012.