

# KANDUNGAN BIOMASSA ATAS PERMUKAAN PADA HUTAN RAWA GAMBUT DI KABUPATEN ROKAN HILIR, PROVINSI RIAU (*The Above-Ground Biomass Content in Peat Swamp Forest at Rokan Hilir District, Riau Province*)\*

Nunung Puji Nugroho

Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai  
Jl. Ahmad Yani Pabelan, Po. Box. 295, Surakarta 57102; Telp. 0271-716709; Fax. 0271-715969  
e-mail: np\_nugroho04@yahoo.com

Diterima: 1 April 2013; Disetujui: 24 Maret 2014

## ABSTRACT

*Peat swamp forest ecosystem plays an important role in the context of global warming and climate change due to its ability in absorbing and storing carbon as well as in emitting carbon into the atmosphere. In this regard, peat swamp forest ecosystem has a greater capacity compared to other tropical forest ecosystems. The role of peat swamp forest is determined by its biomass stored in both above and below-ground, including in peat soil. This study aims to estimate the above-ground biomass (AGB) of peat swamp forest within the concession area of PT. Diamond Raya Timber (PT. DRT) based on the site-specific allometric equations. The results indicated that the average AGB in the study area was 210.81 ton ha<sup>-1</sup> (range: 66.37-529.11 ton ha<sup>-1</sup>). The AGB content in the study area was lower compared to those both in other peat swamp forests and tropical rainforests. The biomass estimation should be conducted using a site-specific allometric equation with large diameter at breast height (DBH) range.*

*Keywords: Allometric equation, above-ground biomass, peat swamp forest, Riau*

## ABSTRAK

Hutan rawa gambut mempunyai peranan yang penting dalam konteks pemanasan dan perubahan iklim global karena kemampuannya dalam menyerap dan menyimpan karbon serta dalam mengemisi karbon ke atmosfer. Dalam hal ini, ekosistem hutan rawa gambut mempunyai kapasitas yang lebih besar bila dibandingkan dengan ekosistem hutan tropis lainnya. Peranan hutan rawa gambut tersebut ditentukan oleh kandungan biomassa yang tersimpan, baik pada atas maupun bawah permukaan, termasuk pada lapisan tanah gambutnya. Kajian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang kandungan biomassa atas permukaan (BAP) pada hutan rawa gambut di kawasan hutan konsesi PT. Diamond Raya Timber (PT. DRT) dengan menggunakan persamaan alometrik spesifik tapak. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rerata BAP pada hutan rawa gambut di PT. DRT adalah 210,81 ton ha<sup>-1</sup> (rentang: 66,37-529,11 ton ha<sup>-1</sup>). Kandungan BAP pada lokasi kajian cenderung lebih rendah dibandingkan dengan kandungan BAP pada hutan rawa gambut lain maupun pada hutan hujan tropis. Pendugaan BAP sebaiknya dilakukan dengan menggunakan persamaan alometrik spesifik tapak dengan rentang DBH yang lebar.

Kata kunci: Persamaan alometrik, biomassa atas permukaan, hutan rawa gambut, Riau

## I. PENDAHULUAN

Ekosistem hutan rawa gambut tropis mempunyai kemampuan dalam menyimpan karbon yang jauh lebih besar bila dibandingkan dengan ekosistem hutan tropis lainnya karena adanya kandungan bahan organik tanah (BOT) yang tinggi pada lapisan tanah gambut (Jauhiainen *et al.*, 2005; Hirano *et al.*, 2007; Hoekman & Vissers, 2007; Jaenicke *et al.*, 2008;

Verwer & Meer, 2010; Page *et al.*, 2011). Kandungan karbon pada ekosistem hutan rawa gambut diperkirakan dapat mencapai 20 kali kandungan karbon pada ekosistem hutan tropis non gambut (Jaenicke *et al.*, 2011), namun demikian, ekosistem ini cenderung bersifat rapuh (Page *et al.*, 1999; Rieley, 2007). Hal tersebut disebabkan oleh sifat saling ketergantungan yang tinggi antara komponen tanah gambut, tumbuhan, dan air (Page *et al.*, 1999;

Joosten, 2008), di mana perubahan pada salah satu komponen tersebut akan merubah dan mempengaruhi keseimbangan ekosistem rawa gambut secara keseluruhan (Joosten, 2008; Hooijer *et al.*, 2010).

Indonesia mempunyai kawasan gambut tropis terluas di dunia dengan total luasan sekitar 21 juta hektar (Wibowo, 2009; Wahyunto *et al.*, 2010; Page *et al.*, 2011). Kawasan gambut tersebut awalnya didominasi oleh tutupan hutan rawa gambut (Paoli *et al.*, 2010). Namun demikian, kegiatan manusia terutama pembalakan dan konversi hutan telah menyebabkan sembilan juta hektar lahan gambut di Indonesia terdegradasi (Silvius *et al.*, 2006), yang berdampak negatif secara signifikan pada perubahan iklim global dan keanekaragaman hayati (Silvius *et al.*, 2006; Posa *et al.*, 2011). Selain itu, tutupan hutan rawa gambut di Indonesia diperkirakan tinggal 10,54 juta hektar di tahun 2010 (Miettinen *et al.*, 2011), berkurang sekitar 0,23 juta hektar dari tahun sebelumnya, 10,77 juta hektar (Sumargo *et al.*, 2011).

Pada tahun 2005, sekitar 85% dari total emisi di Indonesia dihasilkan dari proses deforestasi, degradasi, serta kebakaran hutan dan lahan, terutama yang terjadi pada lahan gambut (PEACE, 2007; Olsen & Bishop, 2009; Paoli *et al.*, 2010). Dengan demikian, ekosistem hutan rawa gambut mempunyai peran yang sangat penting terkait dengan target Pemerintah Indonesia untuk mengurangi emisi karbon sebesar 26% (tanpa bantuan pihak internasional) atau 41% (dengan bantuan pihak internasional) pada akhir tahun 2020 (Verchot *et al.*, 2010; Murdiyarso *et al.*, 2011; Austin *et al.*, 2012). Dalam hal ini, pengelolaan ekosistem hutan rawa gambut secara baik diharapkan dapat mendukung pencapaian target pengurangan emisi karbon oleh pemerintah Indonesia.

Terkait dengan kontribusi hutan rawa gambut, baik dalam peningkatan kandungan CO<sub>2</sub> di atmosfer maupun penyerapan dan penyimpanan CO<sub>2</sub>, informasi

mengenai kandungan biomassa/karbon sangat dibutuhkan. Namun demikian, untuk hutan rawa gambut informasi tersebut masih lebih jarang tersedia dibandingkan dengan tipe hutan tropis lainnya (Masripatin *et al.*, 2010; Verwer & Meer, 2010). Berpijak pada pentingnya peranan hutan rawa gambut dalam konteks pemanasan dan perubahan iklim global serta kurangnya informasi tentang kandungan biomassa pada hutan rawa gambut, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang kandungan biomassa atas permukaan (BAP<sup>1</sup>) pada hutan rawa gambut.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di kawasan hutan konsesi PT. Diamond Raya Timber (PT. DRT), Kabupaten Rokan Hilir, Provinsi Riau (Gambar 1) pada bulan Oktober sampai dengan Desember 2008. Secara geografis, kawasan hutan konsesi PT. DRT tersebut terletak antara 100°48'-101°13' BT dan 1°49'-2°18' LU (Istomo, 2002). Penutupan lahan utama pada wilayah tersebut adalah hutan rawa gambut dataran rendah dengan jenis komersial dominan, antara lain balam (*Palaquium obovatum* (Griffith) Enql.), meranti batu (*Shorea uliginosa* Foxw.), ramin (*Gonystylus bancanus* (Miq.) Kurz.), dan terentang (*Camnosperma coriaceum* (Jack.) Hallier f. ex v. Steenis). Hutan ini merupakan habitat penting harimau sumatera (*Panthera tigris sumatrae*) yang terancam punah. Lokasi ini dipilih karena pentingnya ekosistem hutan rawa gambut pada lokasi yang bersangkutan, baik dari segi kandungan biomasnya (atas dan bawah permukaan tanah) maupun dari se-

<sup>1</sup> Biomassa atas permukaan (BAP) adalah total berat kering tanur vegetasi di atas permukaan tanah yang meliputi seluruh bagian pohon dan tumbuhan bawah (BSN, 2011). Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon – Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (*ground based forest carbon accounting*), SNI 7724:2011, Jakarta, Badan Standardisasi Nasional (BSN). Dalam penelitian ini, BAP dibatasi hanya untuk pohon dengan DBH ≥ 10 cm.

gi habitat harimau sumatera. Selain itu, juga karena tersedianya dukungan data, staf, dan logistik dari PT. DRT.

Topografi pada wilayah ini adalah datar dengan ketinggian tempat berkisar antara 0-8 meter di atas permukaan laut (m dpl). Selain itu, secara geologis wilayah ini didominasi oleh kubah gambut serta alluvial dan *grup marine* (Istomo, 2002). Jenis tanah yang dominan adalah tanah gambut tebal (hemik/saprik) dengan kedalaman lebih dari tiga meter (Istomo, 2002; Wahyunto *et al.*, 2005), sedangkan jenis tanah lain yang dijumpai adalah glei, alluvial, dan podzolik. Rata-rata curah hujan bulanan berkisar antara 51,3-301,6 mm, di mana curah hujan tertinggi terjadi pada bulan November (301,6 mm), sedangkan curah hujan terendah terjadi pada bulan Maret (51,3 mm) (Istomo, 2002). Rata-rata suhu udara tahunan berkisar antara 25-27°C dan kelembaban relatif berkisar antara 79-90%.

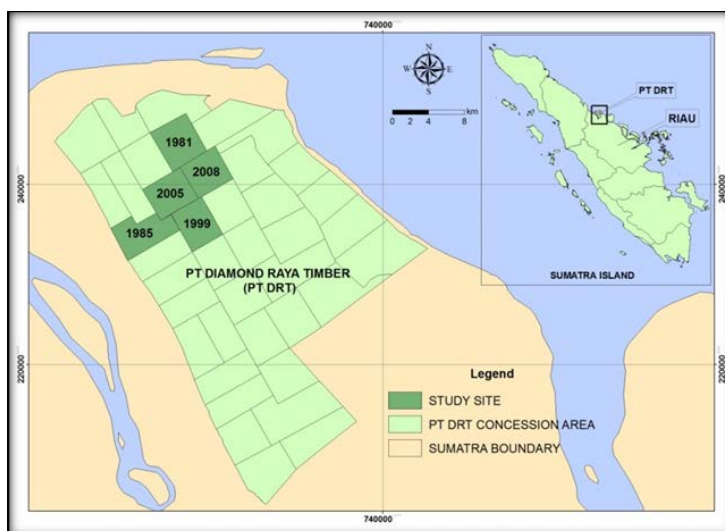
## B. Bahan dan Alat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan obyek kajian berupa hutan rawa gambut tropis. Alat penelitian yang digunakan adalah alat tulis, pita diameter, *Global Positioning System* (GPS) genggam, dan *Suunto clinometer*.

## C. Metode Penelitian

### 1. Pengumpulan Data

Pengukuran plot dilakukan untuk mendapatkan data parameter pohon (jenis dan diameter setinggi dada/DBH) dan fisik lapangan (ketinggian dan kelerengan). Selama periode pengumpulan data lapangan, 150 plot ukur lingkaran dengan luasan masing-masing plot 900 m<sup>2</sup> ditempatkan secara acak pada hutan rawa gambut di lima blok tebangan terpilih, baik di kawasan hutan bekas tebangan maupun yang belum ditebang, yaitu di blok tebangan Rencana Karya Tahunan (RKT) tahun 1981, 1985, 1999, 2005, dan 2008, sebagaimana pada Gambar 1. Plot ukur untuk hutan yang belum ditebang ditempatkan pada *biodiversity strip* yang terdapat pada masing-masing blok tebangan atau pada kebun benih. Masing-masing plot ukur ditempatkan pada kawasan hutan yang mempunyai kondisi homogen/seragam dengan luasan minimal satu hektar (ha). Jumlah plot ukur pada masing-masing blok tebangan disajikan pada Tabel 1. Pada saat kegiatan pengukuran plot, akses hutan dengan menggunakan rel terutama tersedia pada blok tebangan tahun 2008 yang merupakan blok tebangan aktif pada waktu itu. Dengan demikian, plot ukur sebagian besar terdapat pada blok tebangan tahun 2008.



Gambar (Figure) 1. Lokasi kajian terpilih di dalam kawasan hutan konsesi PT. DRT (*The selected study site within the forest concession area of PT. DRT*)

Tabel (Table) 1. Sebaran plot ukur berdasarkan blok tebangan (*The distribution of the measurement plots based on logging blocks*)

Blok tebangan ( <i>Logging block</i> )	Umur setelah tebang, tahun ( <i>Age after logging, year</i> )	Jumlah plot, buah ( <i>Number of plot, piece</i> )
RKT ( <i>Annual Working Plan</i> ) 1981	27	8
RKT ( <i>Annual Working Plan</i> ) 1985	23	29
RKT ( <i>Annual Working Plan</i> ) 1999	9	3
RKT ( <i>Annual Working Plan</i> ) 2005	3	28
RKT ( <i>Annual Working Plan</i> ) 2008	0*	82
Jumlah ( <i>Total</i> )		150

Keterangan (*Remark*): \* Sedang ditebang ketika penelitian dilakukan (*Being harvested when the research was conducted*)

Pada masing-masing plot ukur, koordinat tengah plot dicatat dengan menggunakan bantuan GPS genggam dan kesalahan lokasi (*location error*) diusahakan <10 m. Jarak antar plot ukur dibuat minimal 150 m. Tiap plot dibagi ke dalam empat kuadran dengan sumbu mengarah utara-selatan dan timur-barat. Pengukuran pohon dengan DBH minimal 10 cm pada masing-masing plot dilakukan mulai dari pusat plot ke arah luar dan dimulai dari kuadran bagian utara searah jarum jam. Jenis pohon diidentifikasi berdasarkan nama lokalnya dan dirujuk ke nama ilmiahnya berdasarkan penelitian sebelumnya atau basis data kerapatan kayu pohon-pohon tropis yang tersedia secara *online* (CGIAR, 2008). Ketinggian tempat pada masing-masing plot diperoleh dari pembacaan GPS, sedangkan kelebaran diperoleh dengan menggunakan *Suunto clinometer*.

## 2. Pengolahan dan Analisis Data

Biomassa atas permukaan (BAP) untuk masing-masing pohon dengan DBH  $\geq 10$  cm dihitung dengan persamaan alometrik spesifik tapak (*site-specific*) yang dikembangkan oleh Istomo (2006) sebagai berikut:

$$BAP_{phn} = -263,32 + 30,64 \times (D) - 0,4659 \times (D)^2 + 0,0145 \times (D)^3$$

Keterangan (*Remark*):

$BAP_{phn}$ : biomassa atas permukaan per pohon dalam kg pohon<sup>-1</sup> (*above-ground biomass per tree in kg tree<sup>-1</sup>*);  $D$ : diameter setinggi dada dalam cm (*diameter at breast height/DBH in cm*)

Kemudian, BAP untuk tiap plot diperoleh dengan menjumlahkan semua BAP

pohon yang terdapat pada masing-masing plot. Selanjutnya, BAP plot dalam satuan kg per 900-m<sup>2</sup> dikonversi ke dalam satuan ton per hektar (ton ha<sup>-1</sup>).

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Kandungan BAP Berdasarkan Hasil Pengukuran Plot dengan Menggunakan Persamaan Alometrik Spesifik Tapak

Berdasarkan hasil pendugaan BAP dengan persamaan alometrik spesifik tapak (*site-specific*) yang dikembangkan oleh Istomo (2006) diketahui bahwa lokasi kajian secara keseluruhan mempunyai nilai BAP antara 66,37-529,11 ton ha<sup>-1</sup> dengan rerata 210,81 ton ha<sup>-1</sup>. Nilai simpangan baku untuk keseluruhan plot yang diperoleh adalah sebesar 83,86 ton ha<sup>-1</sup>. Statistik deskripsi kandungan BAP pada lokasi kajian berdasarkan 150 plot pengukuran disajikan pada Tabel 2.

Plot-plot pengukuran yang belum mengalami penebangan mempunyai nilai kandungan BAP yang lebih tinggi dibandingkan dengan plot-plot bekas tebangan. Plot-plot yang tidak ditebang mempunyai rata-rata BAP 248,59 ton ha<sup>-1</sup>, yaitu sekitar 24% lebih tinggi dari rerata kandungan BAP pada plot-plot yang ditebang. Nilai terendah BAP pada plot yang tidak ditebang adalah 93,02 ton ha<sup>-1</sup>, yaitu 40% lebih tinggi dari yang di plot bekas ditebang (66,37 ton ha<sup>-1</sup>). Namun demikian, nilai tertinggi BAP pada plot tidak ditebang (420,67 ton ha<sup>-1</sup>) adalah sekitar 20%

Tabel (Table) 2. Statistik deskripsi kandungan BAP untuk 150 plot pengukuran (*The descriptive statistics of AGB content for 150 measurement plots*)

Statistik deskripsi ( <i>Descriptive statistics</i> )	Kondisi hutan ( <i>Forest condition</i> )	Nilai BAP, ton ha <sup>-1</sup> ( <i>AGB values, ton ha<sup>-1</sup></i> )
Rata-rata ( <i>Mean</i> )	Tidak ditebang ( <i>Unlogged</i> )	248,59
	Bekas ditebang ( <i>Logged</i> )	200,15
	Keseluruhan ( <i>Overall</i> )	210,81
Simpangan baku ( <i>Standard deviation</i> )	Tidak ditebang ( <i>Unlogged</i> )	90,37
	Bekas ditebang ( <i>Logged</i> )	79,12
	Keseluruhan ( <i>Overall</i> )	83,86
Terendah ( <i>Minimum</i> )	Tidak ditebang ( <i>Unlogged</i> )	93,02
	Bekas ditebang ( <i>Logged</i> )	66,37
	Keseluruhan ( <i>Overall</i> )	66,37
Tertinggi ( <i>Maximum</i> )	Tidak ditebang ( <i>Unlogged</i> )	420,67
	Bekas ditebang ( <i>Logged</i> )	529,11
	Keseluruhan ( <i>Overall</i> )	529,11

lebih rendah dibandingkan pada hutan bekas tebangan (529,11 ton ha<sup>-1</sup>).

### B. Perbandingan Nilai BAP antara Lokasi Kajian dengan Hutan Rawa Gambut Lain dan Hutan Hujan Tropis

Rata-rata kandungan BAP untuk seluruh plot pada hutan rawa gambut di PT. DRT lebih rendah dibandingkan dengan kandungan BAP pada hutan rawa gambut di Batanghari, Jambi yang mempunyai rerata 230,2 ton ha<sup>-1</sup> (Krisnawati & Imanuddin, 2011) maupun di Kalimantan Tengah yang mempunyai rerata 277,8 ton ha<sup>-1</sup> (Jaya *et al.*, 2009). Rerata BAP untuk plot-plot bekas ditebang pada lokasi kajian juga lebih rendah dibandingkan dengan rerata BAP pada hutan rawa gambut bekas tebangan di Merang, Sumatera Selatan, baik yang rapat (254 ton ha<sup>-1</sup>) maupun yang agak rapat (223 ton ha<sup>-1</sup>) (Solichin *et al.*, 2011). Kandungan BAP pada plot-plot yang belum ditebang juga lebih rendah bila dibandingkan dengan kandungan BAP pada hutan rawa gambut di Brunei dan Sarawak hasil inventarisasi Anderson (1961) yang dianalisis oleh Verwer & Meer (2010) dengan kisaran nilai 263,96-397,42 ton ha<sup>-1</sup>.

Hutan rawa gambut di PT. DRT mempunyai kandungan BAP yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan kandungan BAP pada hutan hujan tropis, baik di kawasan Asia, Amerika Latin maupun Afri-

ka. Kandungan BAP hutan hujan tropis di Pasoh dan Sabah, Malaysia serta Kalimantan Timur dan Kalimantan Tengah, Indonesia berkisar antara 274-376 ton ha<sup>-1</sup> (Pinard & Putz, 1996; Brearley *et al.*, 2004; Okuda *et al.*, 2004; Nugroho, 2006; Samalca, 2007; Wijaya & Gloaguen, 2009; Berry *et al.*, 2010). Di kawasan hutan hujan tropis Amazonia di Brasil, kandungan BAP berkisar antara 239-410 ton ha<sup>-1</sup> (Cummings *et al.*, 2002; Gerwing, 2002; Nascimento & Laurance, 2002; Mazzei *et al.*, 2010). Sementara itu, hasil penelitian di Kamerun dan Gabon menghasilkan rerata kandungan BAP hutan hujan tropis yang paling tinggi, yaitu masing-masing 540,1 ton ha<sup>-1</sup> (Ibrahima *et al.*, 2010) dan 420 ton ha<sup>-1</sup> (Medjibe *et al.*, 2011). Kandungan BAP pada hutan rawa gambut di lokasi kajian juga lebih rendah dibandingkan dengan kandungan BAP pada hutan dipterokarpa perbukitan (*hill forest*) di Sumatera (271-478 ton ha<sup>-1</sup>) (Laumonier *et al.*, 2010) maupun hutan *pre-montane* di Sulawesi (286 ton ha<sup>-1</sup>) (Hertel *et al.*, 2009).

Perbedaan dugaan kandungan BAP tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan antar kawasan (*regional difference*) dalam hal sebaran ukuran batang pohon, kesuburan tanah, dan topografi (Clark & Clark, 2000; Malhi *et al.*, 2006; Urquiza-Haas *et al.*, 2007; Alves *et al.*, 2010; Verwer & Meer, 2010) maupun variasi setempat (*local variation*) dalam hal



ketinggian kanopi pohon, rata-rata kerapatan kayu, dan komposisi tegakan hutan (Baker *et al.*, 2004; Chave *et al.*, 2005; Nogueira *et al.*, 2008; Verwer & Meer, 2010). Rendahnya kandungan BAP pada hutan rawa gambut dibandingkan pada hutan hujan tropis dataran rendah disebabkan oleh karakteristik lahan gambut ombrogen yang miskin hara serta tergenang air (Goltenboth *et al.*, 2006). Hutan rawa gambut ombrogen mempunyai zona konsentrik/terpusat seperti bentuk kubah yang berhubungan dengan menurunnya kualitas kesuburan tanah dan drainase pada pusat kubah (Whitten *et al.*, 1987; Whitmore, 1990; Goltenboth *et al.*, 2006; Nurida *et al.*, 2011). Pada areal pinggir kubah, dengan kedalaman gambut dangkal, dijumpai hutan rawa gambut campuran dengan jumlah spesies pohon mencapai 240 jenis per hektar dan habitus yang besar (Whitmore, 1990; Rieley & Page, 2005). Jumlah spesies dan ukuran pohon semakin menurun ke arah pusat kubah gambut, di mana jumlah spesies per hektar hanya mencapai 30-55 jenis. Meskipun jenis pohon di hutan rawa gambut mampu beradaptasi dengan mengembangkan organ khusus, seperti akar tunjang ataupun akar papan (Phillips, 1998; Goltenboth *et al.*, 2006), namun pohon-pohon pada hutan rawa gambut secara umum cenderung mempunyai habitus atau ukuran yang lebih kecil bila dibandingkan dengan pohon-pohon di hutan hujan tropis dataran rendah.

Perbedaan kandungan BAP dapat pula disebabkan oleh adanya variasi tingkat gangguan/kerusakan hutan (Urquiza-Haas *et al.*, 2007), khususnya akibat pembalakan kayu yang ditentukan oleh intensitas dan teknik penebangan yang digunakan. Hasil-hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa BAP mengalami penurunan mulai dari 8% hingga 59% setelah pembalakan dengan sistem tebang pilih (Pinard & Putz, 1996; Pinard & Cropper, 2000; Gerwing, 2002; Brearley *et al.*, 2004; Berry *et al.*, 2010; Medjibe *et al.*, 2011). Dalam hal ini, penurunan kan-

dungan BAP terendah diperoleh pada saat pembalakan dilakukan dengan intensitas rendah dan dengan menggunakan teknik pembalakan berdampak rendah (*Reduced Impact Logging*: RIL).

Perbedaan rerata hasil dugaan BAP antara lokasi kajian dengan hutan rawa gambut di lokasi lain atau hutan hujan tropis lainnya juga ditentukan oleh perbedaan prosedur pengukuran lapangan dan persamaan alometrik yang digunakan dalam proses pendugaan (Cummings *et al.*, 2002), terutama pohon sampel (rentang DBH dan jenis) yang digunakan untuk membangun persamaan alometrik tersebut. Hal ini menjadi semakin nyata bila persamaan tersebut hanya menggunakan satu prediktor (misal DBH) untuk menduga BAP. Pohon dengan DBH yang sama akan mempunyai kandungan BAP yang berbeda tergantung pada jenis maupun tempat tumbuhnya. Perbedaan tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan arsitektur pada masing-masing jenis pohon yang terbentuk melalui kompetisi hara, air, dan cahaya matahari. Mengingat bahwa informasi nilai biomassa hutan yang akurat sangat dibutuhkan untuk menilai peranan dari ekosistem hutan yang bersangkutan terkait dengan isu pemanasan dan perubahan iklim global, baik dalam penyerapan dan penyimpanan maupun pengemisiaan karbon, di mana sekitar 50% dari biomassa (*dry matter*) adalah karbon (Brown, 1997; Nascimento & Laurance, 2002; Basuki *et al.*, 2009; Jaya *et al.*, 2009; Berry *et al.*, 2010), maka pemilihan atau pengembangan persamaan alometrik yang akurat/terpercaya merupakan langkah penting dalam pendugaan biomassa hutan (Chave *et al.*, 2004; Chave *et al.*, 2005).

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan

alometrik spesifik tapak yang dikembangkan oleh Istomo (2006), rerata biomassa atas permukaan hutan rawa gambut secara keseluruhan di PT. Diamond Raya Timber adalah sebesar 210,81 ton ha<sup>-1</sup> (rentang: 66,37-529,11 ton ha<sup>-1</sup>). Rerata biomassa atas permukaan hutan rawa gambut untuk plot-plot yang belum ditebang adalah sebesar 248,59 ton ha<sup>-1</sup> dan untuk plot-plot bekas tebangan adalah sebesar 200,15 ton ha<sup>-1</sup>.

2. Rerata kandungan biomassa atas permukaan hutan rawa gambut pada lokasi kajian cenderung lebih rendah dibandingkan dengan rerata kandungan biomassa atas permukaan, baik pada hutan rawa gambut lain maupun pada hutan hujan tropis di kawasan Asia, Amerika Latin ataupun Afrika.
3. Perbedaan dugaan kandungan biomassa atas permukaan hutan rawa gambut terutama disebabkan oleh adanya perbedaan karakteristik hutan, tingkat gangguan (intensitas dan teknik penebangan) serta persamaan alometrik yang digunakan.

## B. Saran

Pendugaan kandungan biomassa terkait mekanisme *Reducing Emission from Deforestation and forest Degradation* (REDD+) perlu dilakukan dengan menggunakan persamaan alometrik spesifik tapak yang dikembangkan dengan menggunakan pohon contoh di daerah yang bersangkutan atau setidaknya dari hutan sejenis di daerah lain dengan rentang diameter setinggi dada yang cukup lebar.

## DAFTAR PUSTAKA

Alves, L.F., Vieira, S.A., Scaranello, M.A., Camargo, P.B., Santos, F.A.M., Joly, C.A., & Martinelli, L.A. (2010). Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical

Atlantic moist forest (Brazil). *Forest Ecol. & Manag.* 260(5), 679-691.

- Anderson, J.A.R. (1961). *The ecology and forest types of the peat swamp forests of Sarawak and Brunei in relation to their silviculture*. (Thesis). University of Edinburgh, Scotland.
- Austin, K., Sheppard, S., & Stolle, F. (2012). *Indonesia's moratorium on new forest concessions: key findings and next steps*. (WRI Working Paper). Washington DC: World Resources Institute.
- Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Fiore, A.D., ..., & Martínez, R.V. (2004). Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biol.* 10(5), 545-562.
- Basuki, T.M., van Laake, P.E., Skidmore, A.K., & Hussin, Y.A. (2009). Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland dipterocarp forests. *Forest Ecol. & Manag.* 257(8), 1684-1694.
- Berry, N., Phillips, O., Lewis, S., Hill, J., Edwards, D., Tawatao, N., ..., & Hamer, K. (2010). The high value of logged tropical forests: lessons from northern Borneo. *Biodiversity & Conservation* 19(4), 985-997.
- Brearley, F.Q., Prajadinata, S., Kidd, P.S., Proctor, J., & Suriantata. (2004). Structure and floristics of an old secondary rain forest in Central Kalimantan, Indonesia, and a comparison with adjacent primary forest. *Forest Ecol. & Manag.* 195(3), 385-397.
- Brown, S. (1997). *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- BSN. (2011). *Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon – Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting)*, SNI

- 7724:2011. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- CGIAR. (2008). *Wood density database*. World Agroforestry Centre - Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR). Diakses 15 Januari 2011 dari <http://www.worldagroforestry.org/sea/Products/AFDbases/WD/Index.htm> (accessed).
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M., Chambers, J., Eamus, D., ..., & Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145(1), 87-99.
- Chave, J., Condit, R., Aguilar, S., Hernandez, A., Lao, S., & Perez, R. (2004). Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 03TB055D*(on-line), 1-12.
- Clark, D.B. & Clark, D.A. (2000). Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. *Forest Ecol. & Manag.* 137(1-3), 185-198.
- Cummings, D.L., Kauffman, J.B., Perry, D.A., & Hughes, R.F. (2002). Aboveground biomass and structure of rainforests in the southwestern Brazilian Amazon. *Forest Ecol. & Manag.* 163(1-3), 293-307.
- Gerwing, J.J. (2002). Degradation of forests through logging and fire in the eastern Brazilian Amazon. *Forest Ecol. & Manag.* 157(1-3), 131-141.
- Goltenboth, F., Timotius, K., Milan, P., & Margraf, J. (Eds.). (2006). *Ecology of insular Southeast Asia: the Indonesian archipelago*. London: Elsevier Science.
- Hertel, D., Moser, G., Culmsee, H., Erasm, S., Horna, V., Schuldt, B., & Leuschner, C. (2009). Below- and above-ground biomass and net primary production in a paleotropical natural forest (Sulawesi, Indonesia) as compared to neotropical forests. *Forest Ecol. & Manag.* 258(9), 1904-1912.
- Hirano, T., Segah, H., Harada, T., Limin, S., June, T., Hirata, R., & Osaki, M. (2007). Carbon dioxide balance of a tropical peat swamp forest in Kalimantan, Indonesia. *Global Change Biol.* 13(2), 412-425.
- Hoekman, D. & Vissers, M. (2007). ALOS PALSAR radar observation of tropical peat swamp forest as a monitoring tool for environmental protection and restoration. *2007 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2007)*, 1: 3710-3714.
- Hooijer, A., Page, S., Canadell, J.G., Silvius, M., Kwadijk, J., Wösten, H., & Jauhiainen, J. (2010). Current and future CO<sub>2</sub> emissions from drained peatlands in Southeast Asia. *Biogeosci.* 7(5), 1505-1514.
- Ibrahima, A., Ze, A.M., & Ntonga, J.C. (2010). Above-ground biomass and nutrient accumulation in the tropical rainforests of southern Cameroon: effects of logging. *Cameroon J. of Experimental Biol.* 06(01), 49-62.
- Istomo. (2002). *Kandungan fosfor dan kalsium serta penyebarannya pada tanah dan tumbuhan hutan rawa gambut: studi kasus di Wilayah Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan Bagan, Kabupaten Rokan Hilir, Riau*. (Tesis). Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Istomo. (2006). Kandungan fosfor dan kalsium pada tanah dan biomassa hutan rawa gambut - studi kasus di wilayah HPH PT. Diamond Raya Timber, Bagan Siapi-api, Provinsi Riau. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* XII(3), 38-55.
- Jaenicke, J., Enghart, S., & Siebert, F. (2011). Monitoring the effect of restoration measures in Indonesian peatlands by radar satellite imagery. *J. of Environmental Manag.* 92(3), 630-638.



- Jaenicke, J., Rieley, J.O., Mott, C., Kimman, P., & Siegert, F. (2008). Determination of the amount of carbon stored in Indonesian peatlands. *Geoderma* 147(3-4), 151-158.
- Jauhainen, J., Takahashi, H., Heikkinen, J.E.P., Martikainen, P.J., & Vasander, H. (2005). Carbon fluxes from a tropical peat swamp forest floor. *Global Change Biol.* 11(10), 1788-1797.
- Jaya, A., Siregar, U.J., & Massijaya, M.Y. (2009). Biomass content and biodiversity of tropical peat swamp forest under various land cover conditions (pp. 84-97). *Proceedings of Bogor Symposium and Workshop on Tropical Peatland Management "Wise Use of Tropical Peatland", Bogor, Indonesia, 14-15 July 2009*. In Sudarsono, R. Hatano, T. Noue, S. Limin, G. Djajakirana, & Suwardi (Eds.) Bogor: Agricultural University, Integrated Field Environmental Science-Global Center of Excellent (IFES-GCOE) Indonesian Liaison Office and Hokkaido University.
- Joosten, H. (2008). What are peatlands? In Parish, F., A. Sirin, D. Charman, H. Joosten, T. Minayeva, M. Silvius, & L. Stringer (Eds.), *Assessment on peatlands, biodiversity and climate change: main report*. Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen: Global Environment Centre.
- Krisnawati, H. & Imanuddin, R. (2011). Carbon stock estimation of above-ground pool based on forest inventory (permanent sample plot) data: a case study in peat swamp forest in Jambi. *Workshop on Tropical Wetland Ecosystems of Indonesia: Science Needs to Address Climate Change Adaptation and Mitigation, 11-14 April 2011, Sanur Beach Hotel, Bali, Indonesia*. US Forest Service, FORDA Ministry of Forestry of Indonesia, CIFOR and USAID.
- Laumonier, Y., Edin, A., Kanninen, M., & Munandar, A.W. (2010). Landscape-scale variation in the structure and biomass of the hill dipterocarp forest of Sumatra: Implications for carbon stock assessments. *Forest Ecol. & Manag.* 259(3), 505-513.
- Malhi, Y., Wood, D., Baker, T.R., Wright, J., Phillips, O.L., Cochrane, T., ..., & Vinceti, B. (2006). The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. *Global Change Biol.* 12(7), 1107-1138.
- Masripatin, N., Ginoga, K., Pari, G., Dharmawan, W.S., Siregar, C.A., Wibowo, A., ..., & Subekti, B. (2010). *Cadangan karbon pada berbagai tipe hutan dan jenis tanaman di Indonesia (Carbon stocks on various types of forest and vegetation in Indonesia)*. Jakarta: Tim Perubahan Iklim Badan Litbang Kehutanan.
- Mazzei, L., Sist, P., Ruschel, A., Putz, F.E., Marco, P., Pena, W., & Ferreira, J.E.R. (2010). Above-ground biomass dynamics after reduced-impact logging in the Eastern Amazon. *Forest Ecol. & Manag.* 259(3), 367-373.
- Medjibe, V.P., Putz, F.E., Starkey, M.P., Ndouna, A.A., & Memiaghe, H.R. (2011). Impacts of selective logging on above-ground forest biomass in the Monts de Cristal in Gabon. *Forest Ecol. & Manag.* 262(9), 1799-1806.
- Miettinen, J., Shi, C., & Liew, S.C. (2011). Deforestation rates in insular Southeast Asia between 2000 and 2010. *Global Change Biol.* 17(7), 2261-2270.
- Murdiyarso, D., Dewi, S., Lawrence, D., & Seymour, F. (2011). *Indonesia's forest moratorium: a stepping stone to better forest governance?* (Working Paper 76). Bogor: CIFOR.
- Nascimento, H.E.M. & Laurance, W.F. (2002). Total aboveground biomass in central Amazonian rainforests: a

- landscape-scale study. *Forest Ecol. & Manag.* 168, 311-321.
- Nogueira, E.M., Fearnside, P.M., Nelson, B.W., Barbosa, R.I., & Keizer, E.W.H. (2008). Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecol. & Manag.* 256(11), 1853-1867.
- Nugroho, N.P. (2006). *Estimating carbon sequestration in tropical rainforest using integrated remote sensing and ecosystem productivity modelling: A case study in Labanan Concession Area, East Kalimantan, Indonesia.* (Thesis). NRS Department, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands.
- Nurida, N.L., Mulyani, A., & Agus, F. (Eds.). (2011). *Pengelolaan lahan gambut berkelanjutan.* Bogor: Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Okuda, T., Suzuki, M., Numata, S., Yoshida, K., Nishimura, S., Adachi, N., ..., & Hashim, M. (2004). Estimation of aboveground biomass in logged and primary lowland rainforests using 3-D photogrammetric analysis. *Forest Ecol. & Manag.* 203(1-3), 63-75.
- Olsen, N. & Bishop, J. (2009). *The financial costs of REDD: Evidence from Brazil and Indonesia.* Gland: IUCN.
- Page, S.E., Rieley, J.O., & Banks, C.J. (2011). Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biol.* 17(2), 798-818.
- Page, S.E., Rieley, J.O., Shoty, W., & Weiss, D. (1999). Interdependence of peat and vegetation in a tropical peat swamp forest. *Philosophical transactions of the royal society of London. Series B. Biol. Sci.* 354(1391), 1885-1897.
- Paoli, G., Wells, P., Meijaard, E., Struwig, M., Marshall, A., Obidzinski, K., ..., & D'Arcy, L. (2010). Biodiversity conservation in the REDD. *Carbon Balance & Manag.* 5(1), 7(1-9).
- PEACE. (2007). *Indonesia and climate change: current status and policies.* World Bank, Department of International Development (DFID) and PT Pelangi Energi Abadi Citra Enviro (PEACE).
- Phillips, V.D. (1998). Peat swamp ecology and sustainable development in Borneo. *Biodiversity & Conservation* 7(5), 651-671.
- Pinard, M.A. & Cropper, W.P. (2000). Simulated effects of logging on carbon storage in dipterocarp forest. *J. of Applied Ecol.* 37(2), 267-283.
- Pinard, M.A. & Putz, F.E. (1996). Retaining forest biomass by reducing logging damage. *Biotropica* 28(3), 278-295.
- Posa, M.R.C., Wijedasa, L.S., & Corlett, R.T. (2011). Biodiversity and conservation of tropical peat swamp forests. *BioSci.* 61(1), 49-57.
- Rieley, J.O. (2007). Tropical peatland-The amazing dual ecosystem: Co-existence and mutual benefit. *Proceedings of The International Symposium and Workshop on Tropical Peatland: Carbon-climate-human interaction on tropical peatland, Yogyakarta, 27-29 August 2007* (pp. 339). Rieley, J.O., C.J. Banks, & B. Radjagukguk (Eds.). EU CARBOPEAT and RESTORPEAT Partnership, Gajah Mada University, Indonesia and University of Leicester, United Kingdom.
- Rieley, J.O. & Page, S.E. (Eds.). (2005). *Wise use of tropical peatlands: focus on Southeast Asia.* ALTErrA-Wageningen University and Research Centre, the EU INCO-STRAPEAT, RESTORPEAT Partnerships.

- Samalca, I.K. (2007). *Estimation of forest biomass and its error: a case in Kalimantan, Indonesia: Environmental modelling and management*. Enschede, The Netherlands: International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC).
- Silvius, M., Kaat, A., v.d. Bund, H., & Hooijer, A. (2006). *Peatland degradation fuels climate change*. Wageningen: Wetlands International.
- Solichin, Lingenfelder, M., & Steinmann, K.H. (2011). Tier 3 biomass assessment for baseline emission in Merang peat swamp forest. *Workshop on Tropical Wetland Ecosystems of Indonesia: Science Needs to Address Climate Change Adaptation and Mitigation, Sanur Beach Hotel, Bali, Indonesia, 11-14 April 2011*. US Forest Service, FORDA Ministry of Forestry of Indonesia, CIFOR and USAID.
- Sumargo, W., Nanggara, S.G., Nainggolan, F.A., & Apriani, I. (2011). *Potret keadaan hutan Indonesia periode tahun 2000-2009*. Bogor: Forest Watch Indonesia (FWI).
- Urquiza-Haas, T., Dolman, P.M., & Peres, C.A. (2007). Regional scale variation in forest structure and biomass in the Yucatan Peninsula, Mexico: Effects of forest disturbance. *Forest Ecol. & Manag.* 247(1-3), 80-90.
- Verchot, L.V., Petkova, E., Obidzinski, K., Atmadja, S., Yuliani, E.L., Dermawan, A., ..., & Amira, S. (2010). *Mengurangi emisi kehutanan di Indonesia*. Bogor: CIFOR.
- Verwer, C.C. & v.d. Meer, P.J. (2010). *Carbon pools in tropical peat forest - Toward a reference value for forest biomass carbon in relatively un-*  
*disturbed peat swamp forests in Southeast Asia*. (Alterra-report 2108). Wageningen, The Netherlands: Alterra.
- Wahyunto, Dariah, A., & Agus, F. (2010). Distribution, properties, and carbon stock of Indonesian peatland. *Proceeding of International Workshop on Evaluation and Sustainable Management of Soil Carbon Sequestration in Asian Countries, Bogor, Indonesia, September 28-29, 2010* (pp. 187-204). Chen, Z.-S. & F. Agus (Eds.). Indonesian Soil Research Institute, Indonesia, Food & Fertilizer Technology Center, Taiwan and National Institute for Agro-Environmental Sciences, Japan.
- Wahyunto, Ritung, S., Suparto, & Subagio, H. (2005). *Sebaran gambut dan kandungan karbon di Sumatera dan Kalimantan*. Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia Project. Bogor: Wetlands International-Indonesia Programme and Wildlife Habitat.
- Whitmore, T.C. (1990). *An introduction to tropical rain forests*. New York: Oxford University Press.
- Whitten, A.J., Damanik, S.J., Anwar, J., & Hisyam, N. (1987). *The ecology of Sumatra*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Wibowo, A. (2009). Peran lahan gambut dalam perubahan iklim global. *Tekno Hutan Tanaman* 2(1), 19-28.
- Wijaya, A. & Gloaguen, R. (2009). Fusion of ALOS palsar and landsat ETM data for land cover classification and biomass modeling using non-linear methods. *2009 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2009)* 3, III-581-III-584.