

**STUDI POTENSI BIOMASSA DAN KARBON
PADA HUTAN TANAMAN INDUSTRI *Eucalyptus pellita*
PT. FINNANTARA INTIGA KALIMANTAN BARAT**

*The Potential Study of Biomass and Carbon of Eucalyptus pellita from Industrial
Forest Plantation of PT. Finnantara Intiga in West Kalimantan*

Gusti Hardiansyah

Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura Pontianak

ABSTRACT

The purpose of this research is to estimate biomass and stored carbon in the forest of Eucalyptus pellita and its potency to absorb atmospheric CO₂. The allometric equation was then developed based on growth dimension and tree volume. Method that utilized is survey's method asosiatif's descriptive by gathers height data and diameter of Eucalyptus pellita one that available at HTI PT. Finnantara Intiga Kabupaten Sintang in West Kalimantan, 1, 2, 4, and 5 years old. Develop allometric's equation utilizes to methodic regression. The result shows that the potential average biomass in stands of Eucalyptus pellita are 69,392 tons C/ha. While the potential of Eucalyptus pellita stands to absorb atmospheric CO₂ ranges from 3,783 – 135,128 tons/ha/years. To estimate relationship between diameter and biomass of tree of Eucalyptus pellita, the developed allometric equations is $Y=6.622D^{5.306}$, relationship between diameter and tree carbon is $Y=2.980D^{5.306}$, relationship between diameter and absorb CO₂ (g) is $Y=10.940D^{5.306}$ with $R^2=95,2\%$. While relationship between volume and biomass is $Y=1,235V^{0.997}$, relationship between volume and tree carbon is $Y=0,556V^{0.997}$, and relationship between volume and absorb CO₂ (g) is $Y=2,040V^{0.997}$ with $R^2=99,9\%$.

Keywords : *Eucalyptus pellita*, biomass, carbon, allometric

PENDAHULUAN

Pemanasan global mengakibatkan terjadinya perubahan iklim. Menurut Sedjo dan Salomon (1988) dalam Rahayu et al. (2006), untuk mengurangi dampak perubahan iklim, upaya yang dapat dilakukan saat ini adalah menurunkan emisi karbon meningkatkan penyerapan karbon (Lasco, 2004 dalam Rahayu et al., 2006). Penurunan emisi karbon dapat dilakukan dengan : (a) Mempertahankan cadangan karbon yang telah ada dengan mengelola hutan lindung, mengendalikan deforestasi, menerapkan praktek silvikultur yang baik, mencegah degradasi lahan gambut dan memperbaiki pengelolaan cadangan bahan organik tanah, (b) Meningkatkan cadangan karbon melalui penanaman tanaman berkayu dan (c) Mengganti bahan bakar fosil dengan bahan bakar yang dapat diperbarui secara langsung maupun tidak langsung (angin, biomasa, aliran air), radiasi matahari, atau aktivitas panas bumi (Lasco et al., 2004 dalam Rahayu et al 2006).

Eucalyptus pellita merupakan salah satu jenis tumbuhan yang cepat tumbuh dan sangat menjanjikan untuk program industri salah satunya adalah industri kertas serta sangat potensial sebagai jenis alternatif pengganti *Acacia mangium*. Meskipun kecepatan tumbuh jenis ini belum seperti jenis - jenis *Acacia*. Oleh karena itu *Eucalyptus pellita* dikembangkan di Indonesia dalam pembangunan HTI untuk mensuplai bahan baku pulp dan kertas di Indonesia.

Hutan tanaman industri mampu menyerap CO₂ dari udara dan menyimpannya dalam biomassa hutan, sehingga hutan mempunyai peran dalam upaya menstabilkan konsentrasi CO₂ di atmosfer, hal ini sering disebut dengan program karbon sink.

Berkaitan dengan masalah penyerapan karbon dalam mengatasi pemanasan global, penelitian ini bertujuan untuk melihat besarnya kandungan biomassa dan karbon yang tersimpan pada tegakan hutan tanaman jenis Ekaliptus (*Eucalyptus pellita*) diareal HTI, menduga potensi tegakan Hutan Tanaman jenis Ekaliptus (*Eucalyptus pellita*) dalam menyerap karbondioksida (CO₂), serta menyusun persamaan allometrik dari potensi biomassa, potensi karbon, dan potensi penyerapan gas CO₂ berdasarkan dimensi pertumbuhannya (diameter) dan volume.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Finnantara Intiga Kabupaten Sintang Kalimantan Barat, dengan waktu penelitian selama 2 minggu di lapangan dan 1 minggu di laboratorium *Wood Work Shop* Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura Pontianak untuk mengetahui berat jenis kayu *Eucalyptus pellita*. Teknik pengambilan data dilakukan dengan membuat plot sampel yang berukuran 20 m x 20 m. Plot dibuat pada tegakan *Eucalyptus pellita* yang berumur 1, 2, 4, dan 5 tahun. Ulangan dilakukan sebanyak 3 kali, sehingga jumlah petak seluruhnya sebanyak 12 petak percobaan.

Perhitungan volume kayu yang digunakan yaitu volume kayu termanfaatkan (*merchantable volume*) tiap pohon dihitung berdasarkan diameter dan tinggi pohon yang bersangkutan (Mindawati, 2009) dalam kondisi tegakan berdiri per hektar dengan rumus :

$$V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \cdot f$$

dimana diketahui f adalah faktor bentuk, faktor bentuk yang digunakan yaitu 0,7, V adalah volume pohon dalam kondisi tegakan berdiri per hektar yang merupakan hasil dari perkalian volume silinder pohon, dimana d (diameter) dan t (tinggi), dengan faktor koreksi (f) (Hardjana, 2009).

Untuk pengukuran berat jenis menggunakan teknik *destructive* yang dilakukan dengan menebang pohon, kemudian mengambil sampel kayu bagian pangkal, tengah, dan ujung. Prinsip penentuan berat jenis dilakukan berdasarkan volume berat yang dipindahkan berdasarkan prosedur TAPPI (T-2580m-89). Contoh uji kayu *Eucalyptus pellita* dibuat dengan ukuran 2 cm x 2 cm x 2 cm kemudian diampelas permukaannya. Selanjutnya contoh uji ditimbang (A) kemudian dicelupkan ke dalam paraffin cair. Setelah paraffin mengering contoh uji tersebut ditimbang lagi untuk mengetahui berat jenis paraffinnya (B). Tahan dengan statif dengan tujuan agar contoh uji terbenam seluruhnya ke dalam air. Ukur pertambahan volume airnya (C). Berat jenis dihitung dengan rumus (Wiyono, *et al.*, 2001 dalam Sisadora, 2011) :

$$\text{Berat Jenis contoh uji} = \frac{A}{(C) - \left(\frac{B-A}{B_j \text{ Paraffin}}\right)}$$

Keterangan :

- A = Berat contoh uji kayu *Eucalyptus pellita* (2 cm x 2 cm x 2 cm)
- B = Berat contoh uji setelah dicelupkan ke dalam paraffin cair
- V = Volume air yang didapat
- B_j Paraffin = 0,98

Dengan mengetahui berat jenis per segmen batang yang ada, maka didapatkan rata-rata berat jenis per volumenya dengan satuan gram/cm³ (1 gram/cm³ = ton/m³). *Biomass Expansion Factor* (BEF) atau faktor ekspansi biomassa merupakan nilai perbandingan antara biomassa total pohon dengan biomassa batang. Hasil penelitian Widhanarto (2008), untuk jenis *Acacia mangium* di PT. Finnantara Intiga Kalimantan Barat diperoleh BEF sebesar 1,52. Sedangkan hasil penelitian Marimpan (2010) nilai BEF untuk jenis *Eucalyptus urophylla* adalah 1,49. Karena persamaan genus dan kondisi tempat tumbuh dari hasil penelitian tersebut, maka BEF yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai diantaranya yaitu 1,51. Nilai BEF ini digunakan sebagai faktor pengali dari biomassa batang untuk memperoleh biomassa pohon (ton/ha). Biomassa batang dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Biomassa batang (ton/ha)} = \text{BJ} \times \text{V}$$

Keterangan :

- BJ = Berat jenis pohon sampel (km/m³)
 - V = Volume batang (m³/ha)
- (Vademecum Kehutanan, 1976 dalam Sisadora, 2011)

Untuk estimasi karbon tersimpan pada tegakan pohon dihitung dengan memperkirakan bahwa konsentrasi karbon dalam bahan organik biasanya sekitar 45% (Hairiah dan Rahayu, 2007 dalam Hutabarat, 2011), oleh karena itu estimasi karbon tersimpan per-hektar dapat dihitung dengan formulasi sebagai berikut:

$$\text{Karbon tersimpan (ton C/ha)} = 0,45 \times \text{Biomassa pohon per hektar}$$

Potensi penyerapan gas CO₂ diperoleh melalui perhitungan perkalian kandungan karbon terhadap besarnya serapan CO₂, maka perhitungan dilakukan berdasarkan 1 juta metrik ton karbon ekuivalen dengan 3,67 juta metrik ton CO₂ (Makundi, *et al.*, 1997 dalam Hardjana, 2009), sehingga besarnya serapan CO₂ pada kelas diameter tiap umur per hektarnya dapat diketahui melalui konversi luas arealnya. Rumus yang digunakan yaitu:

$$W_{CO_2} = W_{tc} \times 3,67$$

Keterangan :

W_{CO_2} = banyaknya CO₂ yang diserap (ton);

W_{tc} = berat total unsur karbon jenis dan umur tertentu (ton/ha); dan 3,67 merupakan angka ekuivalen/konversi unsur karbon (C) ke CO₂ [massa atom C = 12 dan O = 16, CO₂ => (1 x 12) + (2 x 16) = 44; konversinya (44:12) = 3,67].

Model hubungan antara dimensi pertumbuhan pohon dengan potensi biomassa, kandungan karbon, dan potensi penyerapan gas CO₂ dapat dilakukan dengan membuat model terpilih berdasarkan kriteria seperti : kesesuaian terhadap fenomena dan sifat keterandalan model (data reability/R²). Jika R² 100% maka model makin terandalan, dan apabila R² 0% maka model makin tidak terandalan (Hardiansyah, 2011).

Kittredge (1944) dalam Hardjana (2009) menyebutkan bahwa model allometrik antara dua dimensi tanaman (diameter dan tinggi) secara sederhana dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$Y = aX^b \text{ atau } Y = aX^b$$

dimana variabel bergantung (Y) berupa potensi biomassa, kandungan karbon dan potensi penyerapan gas CO₂ dapat diketahui melalui perkalian nilai konstanta (a) dengan variabel bebas (X) berupa diameter atau tinggi yang dipangkatkan dengan nilai konstanta (b).

Persamaan allometrik biomassa diperoleh dengan menghubungkan antara DBH pohon (X) sebagai penduga dengan total biomassa pohon contoh (Y), dengan menggunakan MS Excel atau SPSS. Persamaan allometrik yang dibuat yaitu :

Biomassa Pohon = f (DBH)

Biomassa Pohon = f (Volume)

Karbon Pohon = f (DBH)

Karbon Pohon = f (Volume)

Penyerapan CO₂ = f (DBH)

Penyerapan CO₂ = f (Volume)

SNI Pengukuran Cadangan Karbon menetapkan penggunaan DBH sebagai penduga dan memberikan ruang untuk memilih model matematika terbaik yang akan digunakan (Manuri, 2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Potensi Biomassa dan Kandungan Karbon Tanaman *Eucalyptus pellita* pada Berbagai Umur di PT. Finnantara Intiga Kabupaten Sintang

Hasil pengolahan data dan pengukuran yang didapatkan dari hasil inventarisasi tegakan dalam plot sampel ukuran 20 m x 20 m dapat diketahui potensi tegakan *Eucalyptus pellita* umur 1, 2, 4, dan 5 tahun di areal HTI Finnantara Intiga Kabupaten Sintang berkisar antara 1,800 – 313,941 m³/ha dengan rata-rata potensi volume tegakan *Eucalyptus pellita* adalah sebesar 122,688 m³/ha.

Untuk mengetahui potensi karbon tanaman *Eucalyptus pellita* dalam kelas umur, maka dilakukan pengukuran berat jenis pada *Eucalyptus pellita*. Berat jenis kayu juga merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menentukan besarnya biomassa. Berat jenis kayu *Eucalyptus pellita* disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Berat Jenis Kayu *Eucalyptus pellita* pada Berbagai Umur

No.	Umur	Sampel	Berat Jenis per Disk Batang (gr/cm ³)			Total (gr/cm ³)	Rerata (gr/cm ³)	Potensi Berat Jenis (gr/cm ³)
			Pangkal	Tengah	Ujung			
1	1	1	0,8018	0,8197	0,7532	2,3747	0,7916	0,8425
		2	0,9386	0,9621	0,7793	2,6800	0,8933	
2	2	1	0,7843	0,8407	0,7894	2,4144	0,8048	0,8450
		2	0,7968	0,8959	0,9628	2,6555	0,8852	
3	4	1	0,7325	0,6904	0,7072	2,1301	0,7100	0,7610
		2	0,7105	0,8933	0,8318	2,4356	0,8119	
4	5	1	0,9013	0,8912	0,8597	2,6522	0,8841	0,8630
		2	0,9378	0,7471	0,8406	2,5255	0,8418	
Rerata							0,83	

Berat jenis *Eucalyptus pellita* yang diperoleh sebesar 0,83 gr/cm³. Hal ini sesuai dengan pendapat Alrasyid (1984) dalam Herawatiningsih (2001) yang menyatakan bahwa tanaman *Eucalyptus pellita* cocok digunakan sebagai bahan baku pulp dan rayon dengan

karakteristik berat jenis 0,44 – 0,99. Hasil penelitian Hutagalung (2010) menyatakan kayu ekaliptus termasuk kayu dengan kelas kuat II-III.

Potensi biomassa tanaman *Eucalyptus pellita* dapat diketahui melalui perkalian antara berat jenis dan volume batang, sedangkan karbon pohon tanaman *Eucalyptus pellita* dalam kelas umur diketahui melalui perkalian antara biomassa pohon dengan nilai bentukan karbon 0,45.

Tabel 2. Potensi Biomassa dan Kandungan Karbon Tanaman *Eucalyptus pellita* pada Berbagai Umur

Umur	Luas (ha)	BJ (kg/m ³)	Volume Batang total (m ³ /ha)	Biomassa Batang (kg/ha)	Biomassa Batang (ton/ha)	BEF	Biomassa Pohon (ton/ha)	Karbon Pohon (ton C/ha)
1	13,054	842,5	1,800	1.516,891	1,517	1,51	2,291	1,031
2	33,545	845,0	34,020	28.746,524	28,747	1,51	43,407	19,533
4	825,009	761,0	140,991	107.294,135	107,294	1,51	162,014	72,906
5	1.180,374	863,0	313,941	270.931,493	270,931	1,51	409,107	184,098
Total	2.051,982	3.311,5	490,752	408.489,043	408,489		616,818	277,568
Rerata	512,996	827,875	122,688	102.122,261	102,122		154,205	69,392

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa potensi biomassa pohon pada tegakan *Eucalyptus pellita* berkisar antara 2,291 – 409,107 ton/ha, dengan rata-rata 154,205 ton/ha. Sedangkan karbon pohon tegakan *Eucalyptus pellita* berkisar antara 1,031 – 184,098 ton C/ha, dengan rata-rata 69,392 ton C/ha.

2. Potensi Tegakan Hutan Tanaman Jenis Ekaliptus (*Eucalyptus pellita*) dalam Menyerap Karbondioksida (CO₂)

Potensi penyerapan gas CO₂ diperoleh melalui perhitungan perkalian kandungan karbon terhadap besarnya serapan CO₂, maka perhitungan dilakukan berdasarkan 1 juta metrik ton karbon ekuivalen dengan 3,67 juta metrik ton CO₂. Sehingga besarnya serapan CO₂ pada umur pohon tiap hektarnya dapat diketahui melalui konversi luas arealnya. Adapun potensi penyerapan gas CO₂ dari atmosfer pada tegakan *Eucalyptus pellita* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Potensi Tegakan *Eucalyptus pellita* dalam Menyerap Gas CO₂ dari Atmosfer di Areal HTI Finnantara Intiga Kabupaten Sintang

Umur	Berat Total Unsur C (ton C/ha)	Angka Ekuivalen	Penyerapan Gas CO ₂ (ton/ha)	Penyerapan Gas CO ₂ per Tahun (ton/ha/tahun)
1	1,031	3,67	3,783	3,783
2	19,533	3,67	71,687	35,844
4	72,906	3,67	267,566	66,892
5	184,098	3,67	675,639	135,128
Total	277,568		1018,676	241,646
Rerata	69,392		254,669	60,411

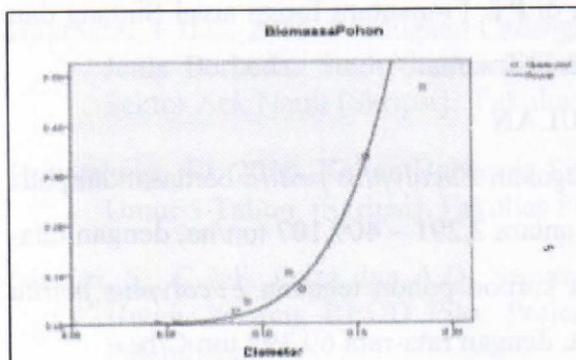
Berdasarkan data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa potensi tegakan *Eucalyptus pellita* umur 1, 2, 4, dan 5 tahun dalam menyerap gas CO₂ dari atmosfer berkisar 3,783 – 675,639 ton/ha dengan rata-rata 254,669 ton/ha CO₂. Selanjutnya potensi *Eucalyptus pellita* dalam menyerap gas CO₂ dari atmosfer rata-rata per tahunnya berkisar 3,783 – 135,128 ton/ha/tahun. Potensi penyerapan CO₂ rata-rata per tahunnya ini menunjukkan laju rata-rata tahunan kemampuan tegakan *Eucalyptus pellita* dalam menyerap CO₂ untuk kemudian didistribusikan kepada organ tanaman yang disimpan sebagai biomassa.

Program HTI diharapkan dapat menunjang pembangunan industri hasil hutan, meningkatkan nilai tambah dan devisa, meningkatkan produktivitas lahan dan lingkungan hidup serta memperluas lapangan kerja (Hardjowigeno, 1993). HTI berperan dalam upaya peningkatan penyerapan CO₂ dari atmosfer melalui proses fotosintesis.

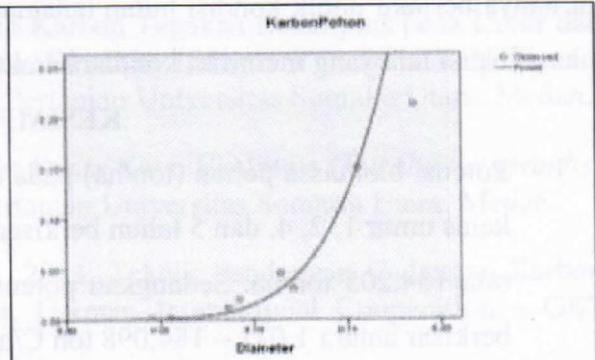
3. Persamaan Allometrik dari Potensi Biomassa Pohon, Potensi Karbon, dan Potensi Penyerapan Gas CO₂ Berdasarkan Dimensi Pertumbuhan (Diameter) dan Volume

Model hubungan antara dimensi pertumbuhan pohon *Eucalyptus pellita* dengan potensi biomassa pohon, kandungan karbon pohon dan potensi penyerapan gas CO₂ dapat dilakukan dengan kriteria model persamaan allometrik berdasarkan kriteria seperti: kesesuaian terhadap fenomena dan sifat keterandalan model (data reability/R²). Pengujian keakuratan model (koefisien *determinasi*/R²) digunakan untuk melihat besaran efek atau pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Semakin kecil R², semakin lemah hubungan kedua variabel.

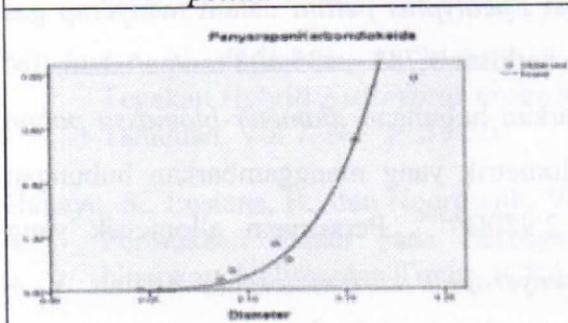
Persamaan allometrik yang menggambarkan hubungan antara diameter dengan biomassa pohon adalah : $Y = 6.622D^{5.306}$, hubungan *diameter-karbon pohon* adalah : $Y = 2.980D^{5.306}$, dan hubungan *diameter-penyerapan karbondioksida* adalah : $Y = 10.940D^{5.306}$, dengan nilai koefisien determinasi (R²) 0,952. Sedangkan persamaan allometrik yang menggambarkan hubungan *volume-biomassa pohon* adalah : $Y = 1,235V^{0.997}$, hubungan *volume-karbon pohon* adalah : $Y = 0,556V^{0.997}$, hubungan *volume-penyerapan karbondioksida* adalah : $Y = 2,040 V^{0.997}$, dengan nilai koefisien determinasi (R²) = 0,999, seperti disajikan pada grafik berikut:



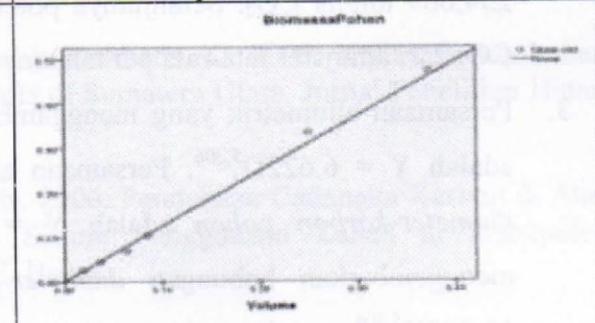
Gambar 1. Hubungan diameter dan biomassa tegakan *Eucalyptus pellita*



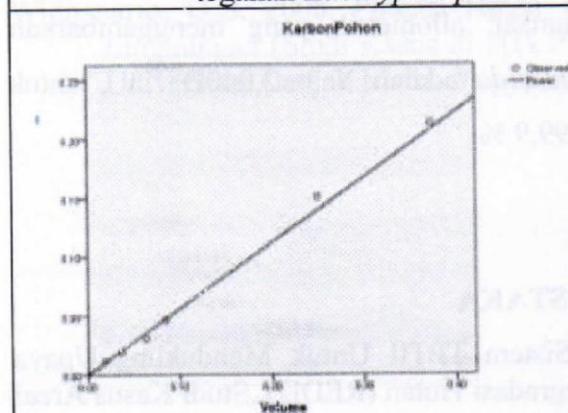
Gambar 2. Hubungan diameter dan karbon pohon tegakan *Eucalyptus pellita*



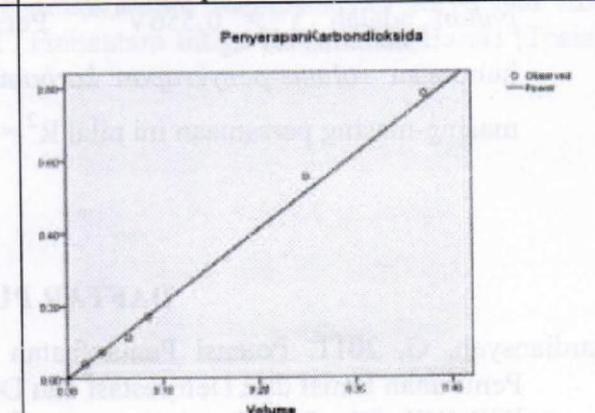
Gambar 3. Hubungan diameter dan penyerapan karbondioksida tegakan *Eucalyptus pellita*



Gambar 4. Hubungan volume dan biomassa tegakan *Eucalyptus pellita*



Gambar 5. Hubungan volume dan karbon pohon tegakan *Eucalyptus pellita*



Gambar 6. Hubungan volume dan karbon pohon tegakan *Eucalyptus pellita*

Persamaan allometrik yang dibangun merupakan suatu metode pendekatan perhitungan dalam menduga (mengestimasi) dari potensi suatu tegakan hutan tanaman, dengan dimensi diameter yang mampu menghasilkan koefisien korelasi untuk mengestimasi biomassa, stok karbon, dan penyerapan gas CO₂ dari atmosfer. Persamaan

ini hanya berlaku untuk kondisi hutan tanaman di PT. Finnantara Intiga areal Sintang dan lokasi-lokasi lain yang memiliki kondisi karakteristik sama.

KESIMPULAN

1. Potensi biomassa pohon (ton/ha) pada tegakan *Eucalyptus pellita* berdasarkan pada kelas umur 1, 2, 4, dan 5 tahun berkisar antara 2,291 – 409,107 ton/ha, dengan rata-rata 154,205 ton/ha. Sedangkan potensi karbon pohon tegakan *Eucalyptus pellita* berkisar antara 1,031 – 184,098 ton C/ha, dengan rata-rata 69,392 ton C/ha.
2. Potensi tegakan *Eucalyptus pellita* umur 1, 2, 4, dan 5 tahun dalam menyerap gas CO₂ (ton/ha) dari atmosfer berkisar 3,783 – 675,639 ton/ha dengan rata-rata 254,669 ton/ha CO₂. Selanjutnya potensi *Eucalyptus pellita* dalam menyerap gas CO₂ dari atmosfer rata-rata per tahunnya berkisar 3,783 – 135,128 ton/ha/tahun.
3. Persamaan allometrik yang menggambarkan hubungan *diameter-biomassa pohon* adalah $Y = 6.622D^{5.306}$. Persamaan allometrik yang menggambarkan hubungan *diameter-karbon pohon* adalah $Y = 2.980D^{5.306}$. Persamaan allometrik yang menggambarkan hubungan *diameter-penyerapan karbondioksida* adalah $Y = 10.940D^{5.306}$, untuk masing-masing persamaan ini nilai $R^2 = 92,5 \%$. Persamaan allometrik yang menggambarkan hubungan *volume-biomassa pohon* adalah $Y = 1,235V^{0.997}$. Persamaan allometrik yang menggambarkan hubungan *volume-karbon pohon* adalah $Y = 0,556V^{0.997}$. Persamaan allometrik yang menggambarkan hubungan *volume-penyerapan karbondioksida* adalah $Y = 2,040D^{0.997}$, untuk masing-masing persamaan ini nilai $R^2 = 99,9 \%$.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiansyah, G. 2011. Potensi Pemanfaatan Sistem TPTII Untuk Mendukung Upaya Penurunan Emisi dari Deforestasi dan Degradasi Hutan (REDD). Studi Kasus Areal IUPHHK PT. Sari Bumi Kusuma di Kalimantan Tengah. [Disertasi]. Institut Pertanian Bogor.
- Hardjana KA. 2009. Potensi Biomassa dan Karbon Pada Hutan Tanaman *Acacia mangium* di HTI PT. Surya Hutani Jaya, Kalimantan Timur. Jurnal Penelitian Sosial Ekonomi Kehutanan. Vol 7. No. 4 : 237-249.
- Hardjowigeno, S. 1993. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Herawatiningsih, R. 2001. Pengaruh Tegakan *Acacia mangium* dan *Eucalyptus pellita* Terhadap Beberapa Sifat Hidrologi Areal Hutan Tanaman Industri di Kecamatan Mukok Kabupaten Sanggau Kalimantan Barat. [Tesis]. Pogram Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.

- Hutabarat, F.B.C. 2011. Pendugaan Cadangan Karbon Tegakan Eukaliptus pada Umur dan Jenis Berbeda. Studi di Areal Hutan Tanaman Industri PT. Toba Pulp Lestari Sektor Aek Nauli [Skripsi]. Fakultas Pertanian Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Hutagalung, .FJ. 2010. Kajian Beberapa Sifat Dasar Kayu Ekaliptus (*Eucalyptus grandis*) Umur 5 Tahun. [Skripsi]. Fakultas Pertanian Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Manuri, S., C.A.S. Putra dan A.D. Saputra. 2011. Teknik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan. Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation – GIZ. Palembang.
- Marimpan, L.S. 2010. Inventore Hutan Alam Jenis Ampupu (*Eucalyptus urophylla*) dalam Menghasilkan Volume Kayu Batang, Biomassa dan Karbon Hutan. [Tesis]. Program Pasca Sarjana Ilmu Kehutanan. Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
- Mindawati, N. Indrawan, A., Mansur, I., dan Rusdiana, O. 2009. Kajian Pertumbuhan Tegakan Hybrid *Eucalyptus urograndis* di Sumatera Utara. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman. Vol 7. No. 1 : 39-50.
- Rahayu, S., Lusiana, B., dan Noordwijk, V.N. 2006. Pendugaan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur. ICRAF. Bogor.
- Sisadora, C. 2011. Analisis Finansial Penyerapan Karbon di Hutan Tanaman *Acacia mangium* Willd. PT. Finnantara Intiga Kabupaten Sintang [Skripsi]. Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Widhanarto, O.G. 2008. Potensi Hutan Tanaman dalam Menghasilkan Kayu dan Jasa Lingkungan (Studi Kasus di HTI PT. Finnantara Intiga Kalimantan Barat) [Tesis]. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.