

**KARBON TANAH DAN PENDUGAAN KARBON TEGAKAN**  
*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. DI CIASEM, PURWAKARTA (Soil Carbon and  
Carbon Estimation of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. Stand at Ciasem, Purwakarta)\*)

Oleh/By :

I Wayan Susi Dharmawan dan/and Chairil Anwar Siregar

Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam  
Jl. Gunung Batu No. 5 Po Box 165; Telp. 0251-8633234, 7520067; Fax 0251-8638111 Bogor

\*) Diterima : 19 Maret 2008; Disetujui : 05 Nopember 2008

**ABSTRACT**

*Increasing CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere is one of the factors which causes global climate change in the world. Development and conservation of forest vegetation such as mangrove forest is one of the ways for decreasing CO<sub>2</sub> concentration in atmosphere. Avicennia marina (Forsk.) Vierh. belongs to mangrove forest species that has high ability for carbon sequestration. In this research, carbon estimation in A. marina stand and analysis of soil organic carbon were conducted. The research was conducted at BKPH Ciasem, KPH Purwakarta, Perum Perhutani Unit III West Java and Banten. Average of soil organic carbon was 2.9% from five soil sampling points. The content of soil organic carbon was categorized as moderate. From the destructive sampling activity in the field, the following allometric models were obtained: above ground biomass  $Y = 0.1848(DBH)^{2.3524}$   $R^2 = 0.9839$ , below ground biomass  $Y = 0.1682(DBH)^{1.7939}$   $R^2 = 0.8581$ , and total biomass  $Y = 0.2905(DBH)^{2.2598}$   $R^2 = 0.9815$ . A. marina stand at BKPH Ciasem had potency of total biomass content and total carbon content of 364.9 and 182.5 ton/ha, respectively. The uptake of total CO<sub>2</sub> and average CO<sub>2</sub> at BKPH Ciasem were 669.0 ton/ha and 14.2 ton/tree, respectively.*

*Keywords: Mangrove forest, biomass, carbon sequestration*

**ABSTRAK**

Meningkatnya kandungan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) di atmosfer merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya perubahan iklim dunia (*global climate change*). Penambatan karbondioksida melalui berbagai vegetasi hutan, misalnya di hutan mangrove diyakini sebagai salah satu upaya penurunan kandungan gas karbondioksida dari atmosfer. *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. sebagai salah satu jenis pohon pada tegakan mangrove memiliki potensi penambatan karbondioksida yang cukup besar. Selain melakukan pendugaan kandungan karbon pada tegakan *Avicennia marina*, juga dilakukan analisis karbon organik tanah. Kegiatan penelitian ini dilakukan di BKPH Ciasem, KPH Purwakarta, Perum Perhutani Unit III – Jawa Barat dan Banten. Dari lima plot pengambilan contoh tanah, diperoleh hasil rata-rata kandungan karbon organik tanah sebesar 2,9%. Kandungan karbon organik tanah ini tergolong sedang. Berdasarkan hasil dari *sampling* dengan merusak pohon di lapangan, diperoleh persamaan allometrik kandungan biomasa (Y) sebagai berikut: untuk biomasa atas  $Y = 0,1848(DBH)^{2,3524}$   $R^2 = 0,9839$ , untuk biomasa bawah  $Y = 0,1682(DBH)^{1,7939}$   $R^2 = 0,8581$ , dan untuk biomasa total  $Y = 0,2905(DBH)^{2,2598}$   $R^2 = 0,9815$ . Tegakan *A. marina* di BKPH Ciasem memiliki potensi kandungan biomasa total sebesar 364,9 ton/ha dan kandungan karbon sebesar 182,5 ton/ha. Nilai serapan CO<sub>2</sub> total tegakan *A. marina* (Forsk.) Vierh. di BKPH Ciasem adalah 669,0 ton/ha dengan nilai serapan CO<sub>2</sub> rata-rata 14,2 ton/ pohon.

Kata kunci : Hutan mangrove, biomasa, sekuestrasi karbon

## I. PENDAHULUAN

Kawasan hutan mangrove merupakan suatu kawasan yang berfungsi sebagai jembatan antara lautan dan daratan.

Saat ini, hutan mangrove di dunia hanya tersisa sekitar 17 juta hektar; 22 % dari luas tersebut terdapat di Indonesia yang sebagian besar telah mengalami kerusakan dan perubahan status peruntukannya.

Snedaker (1978) memberikan pengertian yang panjang mengenai hutan mangrove, yakni suatu kelompok jenis tumbuhan berkayu yang tumbuh di sepanjang garis pantai tropika dan subtropika yang terlindung dan merupakan lahan pantai dengan tipe tanah anaerob. Hutan mangrove adalah hutan dengan vegetasi yang hidup di muara sungai, daerah pasang surut, dan tepi laut (Baehaqie dan Indrawan, 1993).

Hutan mangrove disebut juga *coastal woodland* atau "*tidal vegetation*" atau "hutan bakau" atau "rawa garam" atau "*intertidal zone*" (Allen, 1973). Mangrove merupakan suatu tempat yang bergerak akibat adanya pembentukan tanah lumpur dan daratan secara terus-menerus oleh tumbuhan sehingga secara perlahan-lahan berubah menjadi semi daratan. Kostermans (1982) menyebut mangrove sebagai vegetasi berjalan yang cenderung mendorong terbentuknya tanah timbul melalui suksesi alami atau buatan dengan terbentuknya vegetasi baru pada tanah timbul tersebut.

Berbagai pengertian mangrove tersebut sebenarnya mempunyai arti yang sama, yaitu formasi hutan khas daerah tropika dan sedikit subtropika, terdapat di pantai rendah dan tenang, berlumpur, sedikit berpasir, serta mendapat pengaruh pasang surut air laut. Mangrove juga merupakan mata rantai penting dalam pemeliharaan keseimbangan siklus biologi di suatu perairan.

Luas ekosistem mangrove di Indonesia mencapai 75% dari total mangrove di Asia Tenggara. Ekosistem mangrove Indonesia memiliki keragaman jenis tertinggi di dunia. Pada tahun 1982, luas hutan mangrove di Indonesia diperkirakan sekitar 4,25 juta hektar, terutama terdapat di sepanjang pesisir pulau-pulau besar Indonesia seperti Sumatera, Kalimantan, dan Papua (FAO, 1982). Pada tahun 1987, dari hasil survei diperoleh informasi bahwa luas hutan mangrove tersebut berkurang dan hanya tersisa seluas 3,24 juta hektar. Bahkan hasil survei terakhir

pada tahun 1995 menyatakan bahwa hutan mangrove di Indonesia hanya tersisa 2,06 juta hektar, yang berarti berkurang seluas 1,18 juta hektar (Susilo, 1995). Kecenderungan tersebut mengindikasikan bahwa terjadi degradasi hutan mangrove yang cukup nyata, yaitu sekitar 200 ribu hektar/tahun. Hal tersebut disebabkan oleh kegiatan konversi menjadi lahan tambak, penebangan liar, dan sebagainya (Dahuri, 2002). Pada tahun 1999/2000, Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial – Departemen Kehutanan melaporkan bahwa Indonesia memiliki potensi mangrove seluas 9,2 juta ha. Sebanyak 5,3 juta ha hutan mangrove di Indonesia dalam kondisi rusak. Kerusakan mangrove sebagian besar terjadi di luar kawasan hutan yaitu sebanyak 69,8% atau 3,7 juta ha dan sisanya sekitar 30,2% atau 1,6 juta ha terjadi di dalam kawasan hutan. Untuk mengurangi laju degradasi hutan mangrove tersebut dapat dirancang mekanisme hutan mangrove sebagai kawasan hutan yang memberikan jasa lingkungan. Jasa lingkungan tersebut berupa potensi hutan mangrove sebagai penyerap karbon yang dapat dijual kepada pihak-pihak investor.

Potensi hutan mangrove sebagai penyerap karbon merupakan salah satu fungsi hutan mangrove yang sampai saat ini informasi dan datanya relatif masih belum tersedia (Brown, 1997; Ketterings *et al.*, 2001; Niklas, 1994; Reiss, 1991). Padahal, informasi dan data tentang potensi hutan mangrove sebagai penyerap karbon tersebut merupakan informasi penting yang dapat digunakan oleh pemerintah Indonesia sebagai bahan penawaran untuk mendapatkan kompensasi dana dari pihak-pihak investor.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang potensi karbon tanah dan formulasi pendugaan karbon pada tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. di Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Ciasem, Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Purwakarta. Dengan adanya penelitian ini

diharapkan bahwa potensi hutan mangrove khususnya tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. sebagai penyerap karbon dapat dihitung secara tepat dan akurat.

## II. METODOLOGI

### A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian dilaksanakan di BKPH Ciasem, KPH Purwakarta, Perum Perhutani Unit III Jawa Barat dan Banten pada bulan Mei-Oktober 2007. Secara administratif pemerintahan, lokasi ini terletak di Desa Blanakan, Kecamatan Ciasem, Kabupaten Purwakarta.

### B. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi meteran, *phiband*, golok, *chainsaw*, gergaji kayu, cangkul, timbangan, karung, tali pengikat, plastik, spidol, pensil, kamera, kalkulator, buku catatan, dan komputer.

### C. Metode Penelitian

Kegiatan dalam penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

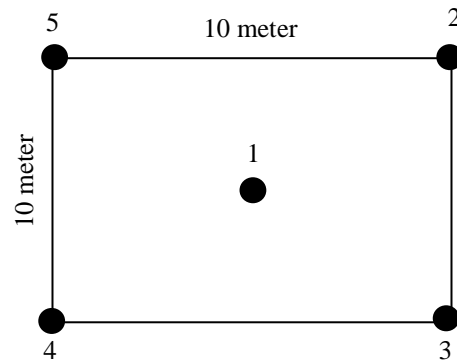
#### 1. Analisis Kandungan Karbon dan Kandungan Hara Lainnya pada Tanah

Pada kegiatan ini diteliti kandungan karbon dan kandungan hara lainnya (N, P, K, Ca, Mg, Na, Al, H) yang ada pada tanah mangrove pada kedalaman 0-20 cm. Prosedur yang dilakukan untuk pengukuran kandungan karbon dan kandungan hara lainnya pada tanah adalah sebagai berikut:

a. Contoh tanah diambil pada kedalaman 0-20 cm. Pengambilan contoh tanah ini tergantung pada tingkat genangan air di hutan mangrove. Karena lokasi penelitian selalu tergenang oleh air laut setinggi 20-30 cm, maka pengam-

bilan contoh tanah hanya di lapisan atas tanah saja.

b. Contoh tanah diambil secara komposit pada lima titik *sampling* tanah. Lima titik tersebut terletak pada masing-masing plot *sampling* merusak (*destructive sampling*). Posisi lima titik *sampling* tanah tersebut adalah satu titik di tengah dan empat titik lainnya masing-masing di ujung plot (Gambar 1). Bentuk plot *sampling* merusak adalah persegi panjang.



**Gambar (Figure) 1.** Disain titik-titik (1, 2, 3, 4, dan 5) pengambilan sampel tanah (*Design of sampling soil at point 1, 2, 3, 4 and 5*)

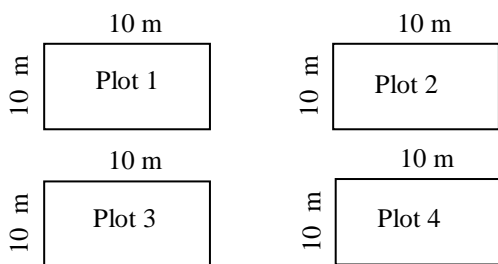
c. Contoh tanah tersebut kemudian dianalisa di laboratorium untuk penghitungan kandungan karbon dan kandungan hara lainnya.  
 d. Lebih kurang 10 g contoh tanah digerus hingga menjadi bubuk halus dengan menggunakan *willey mill* dan *vibration mill* untuk kemudian dianalisis kandungan karbonnya dengan menggunakan *NC Analyzer*.

#### 2. Pengukuran Jumlah Biomasa pada Vegetasi Mangrove

Pada kegiatan ini dibuat petak pengambilan contoh berbentuk lingkaran dengan ukuran diameter plot 40 m yang mewakili vegetasi mangrove dengan ulangan sebanyak tiga kali. Petak pengambilan contoh tersebut diletakkan secara *purposive sampling* untuk mengetahui sebaran kelas diameter vegetasi mangrove. Prosedur yang dilakukan dalam pengukuran biomasa ini adalah sebagai berikut (MacDicken, 1999) :

- Diameter dan tinggi pohon yang ada di semua plot sebanyak 47 pohon diukur, mulai dari yang berdiameter kecil sampai dengan besar (dalam penelitian ini diperoleh sebanyak 47 pohon contoh dengan sebaran kelas DBH 6,4-35,2 cm).
- Kemudian diameter dan panjang nekromas (tegakan, tunggul yang mati) yang terdapat dalam plot, diukur.
- Pengambilan *sampling* merusak untuk pohon dilakukan pada empat plot penelitian berukuran 10 m x 10 m (Gambar 2). Semua bagian pohon ditimbang dan diukur diameter serta tingginya.
- Setiap bagian pohon yang telah ditebang yakni akar, batang, cabang, ranting, dan daunnya dipisahkan dan ditimbang untuk mengetahui berat biomasa segarnya (kg).
- Contoh sebanyak 200 gram pada setiap bagian pohon (akar, batang, cabang, ranting, dan daun) diambil untuk diukur berat keringnya di laboratorium.
- Persamaan allometrik (koefisien a ~ b) dihitung dengan formulasi sebagai berikut:  

$$\begin{matrix} W \text{ total} \\ \text{(berat biomasa} \\ \text{total, kg)} \end{matrix} = a(\text{DBH})^b \dots\dots\dots(1)$$
 di mana DBH : diameter setinggi dada batang
- Biomasa karbon = berat biomasa total x 0,5 (Brown, 1997).



**Gambar (Figure) 2.** Plot pengambilan contoh merusak untuk biomasa (*Destructive sampling plot for biomass*)

**3. Penentuan Biomasa Tanaman**

- Untuk batang pohon, biomasa setiap bagian dihitung dengan menggunakan timbangan.

- Untuk bagian selain batang, masing-masing contoh dikeringkan di dalam oven pada suhu 85°C selama 48 jam kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering contoh. Nilai biomasa diperoleh dari penghitungan nilai berat kering total untuk bagian-bagian tegakan dengan menggunakan persamaan (JIFPRO, 2000):

$$TDW = \frac{SDW}{SFW} \times TFW \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:  
 TDW : Berat Kering Total (kg)  
 TFW : Berat Basah Total (kg)  
 SDW : Berat Kering Contoh (g)  
 SFW : Berat Basah Contoh (g)

- Biomasa total untuk setiap tegakan dapat diperoleh dengan menjumlahkan biomasa masing-masing bagian dari tegakan tersebut.
- Kerapatan tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. perlu diketahui terlebih dahulu sehingga dapat dilakukan penghitungan nilai biomasa dalam satuan ton unit per area (ton/hektar).
- Berdasarkan nilai biomasa total dan DBH suatu tegakan, maka dapat dilakukan pendugaan biomasa dengan menggunakan persamaan allometrik :

$$Y = a X^b \dots\dots\dots(3)$$

dimana :  
 Y = biomasa total (kg), X = DBH (cm), a dan b = koefisien

**4. Penentuan Kadar Karbon**

- Untuk menghitung kadar karbon, maka dilakukan konversi dari biomasa ke dalam bentuk karbon. Biomasa tersebut dikali dengan faktor konversi sebesar 0,5.

$$C = B \times 0.5 \dots\dots\dots(4)$$

di mana  
 C : Jumlah stok karbon (ton/ha)  
 B : Biomasa total tegakan (ton/ha)

- Untuk mengetahui kandungan karbondioksida, maka hasil perhitungan karbon (C) di atas dikonversikan ke

dalam bentuk CO<sub>2</sub> dengan menggunakan persamaan:

$$CO_2 = \frac{Mr.CO_2}{Ar.C} \times \text{kandungan C} \dots\dots\dots(5)$$

di mana

Mr.CO<sub>2</sub>: Berat molekul relatif senyawa CO<sub>2</sub>  
(44)

Ar. C : Berat molekul relatif atom C (12)

### 5. Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian ditabulasi, dan persamaan allometrik dan nilai keterhandalan model (R<sup>2</sup>) dianalisis dengan menggunakan *software Microsoft Excel* (2003) dan *software SAS* (1995).

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Analisis Kandungan Karbon Organik Tanah dan Status Hara Lainnya

Untuk melihat status kandungan karbon dan kandungan hara lainnya di tegakan mangrove *A. marina* telah dilakukan pengambilan contoh tanah pada lima titik *sampling* tanah yang berada pada plot *sampling* merusak (*destructive sampling plot*). Kriteria penilaian status kandungan hara didasarkan pada kriteria penilaian kesuburan tanah (Pusat Penelitian Tanah, 1993). Hasil analisis tanah dapat dilihat pada Lampiran 1.

Lampiran 1 menunjukkan bahwa nilai rata-rata kandungan karbon organik tanah di lokasi penelitian tergolong sedang yaitu sebesar 2,9%. Potensi kandungan karbon organik tanah ini akan semakin meningkat atau semakin tinggi seiring dengan penambahan biomasa tanaman *A. marina* (Hidayanto *et al.*, 2004). Sebagaimana diungkapkan oleh Hidayanto *et al.* (2004), semakin besar vegetasi pada hutan mangrove akan memiliki kemampuan besar untuk menghasilkan serasah organik yang merupakan penyusun utama bahan organik dalam tanah. Kandungan bahan organik tanah khususnya C organik secara nyata berkaitan erat dengan tingkat

rasio C/N. Rasio C/N di lokasi penelitian tergolong rendah. Hal ini disebabkan oleh : 1) Tingkat perombakan bahan organik relatif tinggi dan 2) Tanah di lokasi penelitian tergolong tanah berusia agak tua. Dengan tingkat perombakan bahan organik yang relatif tinggi menyebabkan selama proses perombakan berlangsung terjadi pelepasan karbon ke udara menjadi CO<sub>2</sub>. Sebaliknya, semua unsur nitrogen yang dilepaskan segera diubah menjadi senyawa penyusun sel-sel mikroorganisme tanah. Sebagai akibatnya, kandungan unsur karbon akan menurun dan unsur nitrogen hampir tetap, sehingga nilai C/N menurun dan berhenti di sekitar nilai 10. Di lokasi penelitian terlihat bahwa nilai rata-rata rasio C/N sebesar 9,8. Hal ini menunjukkan bahwa biomasa daun tanaman *A. marina* mendominasi jumlah bahan organik yang terdekomposisi di tanah. Hal ini sesuai dengan laporan dari Hidayanto *et al.* (2004) yang menyatakan bahwa daun segar tanaman akan menghasilkan rasio C/N sebesar 10-20.

Apabila dibandingkan dengan jumlah C organik tanah pada hutan mangrove di wilayah Kabupaten Kutai, Kalimantan Timur, maka kandungan C organik tanah di lokasi penelitian masih lebih rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh lebih lebarnya vegetasi mangrove di Kabupaten Kutai daripada vegetasi mangrove di BKPH Ciasem, KPH Purwakarta. Kandungan C organik di wilayah Kabupaten Kutai jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan C organik pada lokasi yang tergerus tsunami di Aceh. Pada lokasi yang tergerus tsunami di Aceh, kandungan C organik tanah hanya sebesar 0,23-2,25% saja (Anwar, 2007). Perbandingan jumlah C organik tanah di lokasi penelitian dengan jumlah C organik tanah di beberapa hutan mangrove di Kabupaten Kutai disajikan pada Tabel 1.

Tanah di lokasi penelitian memiliki dua karakteristik kation-kation basa yang saling berbeda. Karakteristik pertama adalah kation Na dan K yang jumlahnya

Tabel (Table) 1. Perbandingan jumlah C organik tanah di lokasi penelitian dengan jumlah C organik tanah di beberapa hutan mangrove di Kabupaten Kutai (*Comparison on the content of soil organic carbon at research location and several mangrove forests at Kabupaten Kutai*)

No.	Lokasi (Location)	Kandungan C organik tanah (Content of soil organic carbon) (%)	Kategori (Category)	Sumber (Source)
1.	BKPH Ciasem, KPH Purwakarta, Jawa Barat ( <i>BKPH Ciasem, KPH Purwakarta, West Java</i> )	2,28-3,87	Sedang-Tinggi ( <i>Moderate-High</i> )	Penelitian ini ( <i>This research</i> )
2.	Muara Badak, Kabupaten Kutai, Kalimantan Timur ( <i>Muara Badak, Kabupaten Kutai, East Kalimantan</i> )	3,52-8,48	Tinggi-Sangat tinggi ( <i>High-Very high</i> )	
3.	Muara Jawa, Kabupaten Kutai, Kalimantan Timur ( <i>Muara Jawa, Kabupaten Kutai, East Kalimantan</i> )	4,08-4,85	Tinggi-Tinggi ( <i>High-High</i> )	
4.	Muara Pantuan, Kabupaten Kutai, Kalimantan Timur ( <i>Muara Pantuan, Kabupaten Kutai, East Kalimantan</i> )	5,34-6,27	Sangat tinggi-Sangat tinggi ( <i>Very high-Very high</i> )	Hidayanto <i>et al.</i> (2004)
5.	Samboja, Kabupaten Kutai, Kalimantan Timur ( <i>Samboja, Kabupaten Kutai, East Kalimantan</i> )	4,70-6,60	Tinggi-Sangat tinggi ( <i>High-Very high</i> )	
6.	Secara umum hutan mangrove di Indonesia ( <i>Generally the mangrove forest in Indonesia</i> )	1,32-8,95	Rendah-Sangat tinggi ( <i>Low-Very high</i> )	Hanafi dan ( <i>and</i> ) Badayos (1989); Murtidjo (1996)

sangat tinggi, serta karakteristik kedua adalah kation Ca dan Mg yang jumlahnya jauh lebih sedikit (Lampiran 1). Hal ini dapat dipahami karena lokasi penelitian merupakan daerah pasang surut air laut, di mana air laut yang masuk ke dalam tanah kaya akan unsur Na dan K. Dengan demikian, air laut yang secara kontinu masuk ke dalam tanah akan mempengaruhi jumlah kation tertukar dalam tanah.

Kation-kation masam Al dan H di lokasi penelitian tergolong sangat rendah (Lampiran 1). Hal ini disebabkan oleh tanah di lokasi penelitian yang sangat didominasi oleh kation Na dan K. Selain itu, disebabkan juga karena pengaruh garam sehingga menyebabkan pH tanah menjadi agak tinggi. Sebagai akibatnya, kation-kation basa Na dan K akan mendesak kation-kation masam Al dan H keluar dari kompleks pertukaran dan tercuci, sehingga jumlah kation Al dan H akan menjadi sangat kecil dalam tanah.

Kapasitas Tukar Kation (KTK) di lokasi penelitian tergolong tinggi dan fraksi

tanahnya didominasi oleh fraksi liat (Lampiran 1). Pada umumnya, fraksi tanah liat akan memiliki nilai KTK yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh fraksi liat yang memiliki muatan negatif yang banyak sehingga kemampuan untuk mempertukarkan kation akan lebih tinggi pula. Tingginya KTK di tanah lokasi penelitian mengindikasikan bahwa tanah ini memiliki kemampuan memegang hara yang tinggi. Oleh karena itu, unsur-unsur hara di lokasi penelitian tidak akan mudah tercuci.

Komplek pertukaran kation yang didominasi oleh kation-kation basa menyebabkan nilai kejenuhan basa sangat tinggi yaitu mencapai > 100% (Lampiran 1). Tingginya kation-kation basa ini berpengaruh terhadap pH. Nilai rata-rata pH yang diperoleh dari hasil penelitian adalah 6,0. Pada umumnya, kejenuhan basa yang sangat tinggi ini menyebabkan nilai pH tanah juga semakin tinggi dan mendekati netral.

Dari Lampiran 1 terlihat bahwa unsur K-tersedia tergolong sangat tinggi. Hal ini disebabkan oleh pH tanah yang mendekati netral. pH tanah yang mendekati netral menyebabkan tingkat kelarutan atau ketersediaan unsur hara menjadi tinggi. Pada umumnya, pH tanah yang semakin netral akan menyebabkan kelarutan unsur hara makro K dan P semakin tinggi, dan sebaliknya kelarutan unsur hara mikro seperti Fe dan Al menjadi semakin rendah (Tisdale *et al.*, 1985).

## B. Biomasa Contoh Tegakan Mangrove *A. marina*

Berdasarkan pengukuran DBH (distribusi DBH 6,4-35,2 cm) dan berat kering tiap contoh diperoleh kandungan biomasa hasil pengukuran secara langsung untuk setiap contoh pohon *A. marina* di BKPH Ciasem, KPH Purwakarta. Produksi biomasa di atas tanah (*above ground biomass*), biomasa di bawah permukaan tanah (*below ground biomass*), dan biomasa total (*total biomass*) pada tegakan *A. marina* disajikan pada Lampiran 2.

Dari Lampiran 2 terlihat bahwa tegakan *A. marina* di BKPH Ciasem memiliki potensi kandungan biomasa total sebesar 364,9 ton/ha dan kandungan karbon total sebesar 182,5 ton/ha. Apabila nilai karbon tersebut dikonversi ke karbon-dioksida (CO<sub>2</sub>), maka nilai serapan CO<sub>2</sub> total tegakan *A. marina* di BKPH Ciasem adalah 669,0 ton/ha dengan nilai serapan CO<sub>2</sub> rata-rata 14,2 ton/ pohon. Nilai serapan CO<sub>2</sub> pada tegakan *A. marina* turut meningkat sesuai dengan penambahan diameternya. Semakin besar diameter suatu pohon, biomasa yang terkandung pada pohon tersebut semakin besar, maka CO<sub>2</sub> yang diserapnya pun semakin besar. Kondisi ini dapat terjadi karena adanya proses fotosintesis pada setiap tumbuhan. Tumbuhan menyerap CO<sub>2</sub> dari udara dan mengkonversinya menjadi senyawa organik melalui proses fotosintesis (Campbell *et al.*, 2002). Proses fotosintesis dapat terjadi karena adanya spek-

trum cahaya matahari yang diserap oleh tumbuhan melalui persamaan berikut:  $6\text{CO}_2 + 12 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$  (Campbell *et al.*, 2002).

Hasil fotosintesis ini kemudian digunakan oleh tumbuhan untuk melakukan pertumbuhan ke arah horisontal dan vertikal. Oleh karena itu, semakin besarnya diameter disebabkan oleh penyimpanan biomasa hasil konversi CO<sub>2</sub> yang semakin bertambah besar seiring dengan semakin banyaknya CO<sub>2</sub> yang diserap pohon tersebut. Secara umum hutan dengan *net growth* (terutama pohon-pohon yang sedang berada dalam fase pertumbuhan) mampu menyerap lebih banyak CO<sub>2</sub>, sedangkan hutan dewasa dengan pertumbuhan yang kecil menahan dan menyimpan persediaan karbon tetapi tidak dapat menyerap CO<sub>2</sub> ekstra (Retnowati, 1998).

Hutan mangrove memiliki potensi besar dalam menyerap karbon. Hal ini didasarkan pada nilai produksi bersih yang dapat dihasilkan oleh hutan mangrove sebagai berikut: biomasa total (62,9-398,8 ton/ha), guguran serasah (5,8-25,8 ton/ha/tahun), dan riap volume (9 m<sup>3</sup>/ha/tahun) pada tegakan hutan mangrove umur 20 tahun (Kusmana, 2002). Apabila dibandingkan dengan data dari Kusmana (2002) tersebut, maka potensi biomasa hasil penelitian ini termasuk tinggi karena mendekati nilai potensi 398,8 ton/ha. Tingginya potensi biomasa ini disebabkan oleh tingkat kesuburan tanah yang tinggi dan tingginya kerapatan pohon yang ada di lokasi penelitian. Hutan mangrove merupakan bentuk ekosistem pesisir yang mempunyai produktivitas tinggi. Produktivitas primer hutan mangrove dapat mencapai 5.000 g karbon/m<sup>2</sup>/tahun (Supriharyono, 2000).

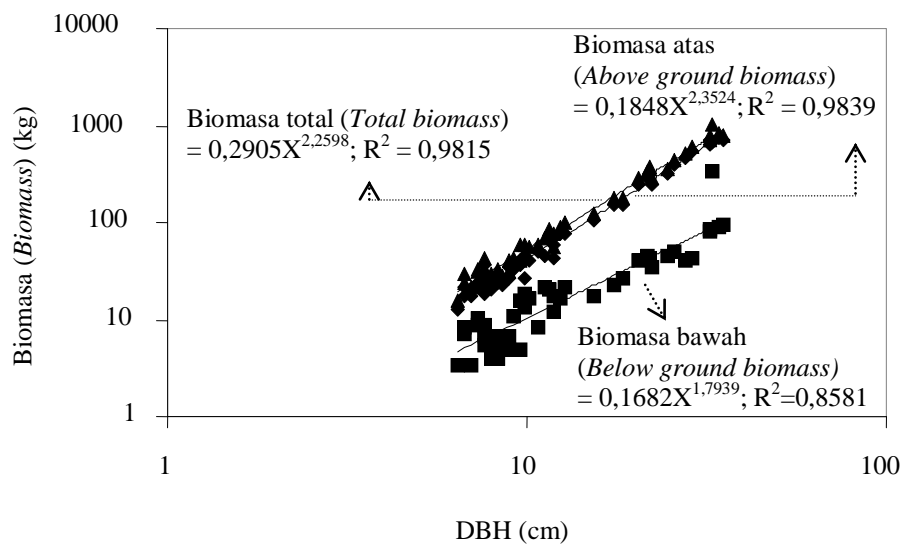
## C. Persaman Alometrik Biomasa *A. marina*

Berdasarkan hasil pengukuran biomasa secara langsung, diperoleh persamaan alometrik untuk pendugaan biomasa di atas tanah (*above ground biomass*), biomasa di bawah permukaan ta-

nah (*below ground biomass*), dan bioma-  
sa total (*total biomass*) pada tegakan *A.*  
*marina* di BKPH Ciasem. Pada penelitian  
ini telah diperoleh persamaan allometrik  
untuk kelas DBH 6,4-35,2 cm di BKPH  
Ciasem sebagaimana ditunjukkan pada  
Gambar 2. Persamaan allometrik tersebut  
diperoleh dari hubungan DBH dengan  
biomasa tanaman (Gambar 3).

Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) me-  
rupakan nilai yang menunjukkan tingkat  
keterhandalan model persamaan yang di-

peroleh. Semakin besar nilai  $R^2$ , maka  
model persamaan alometrik yang diben-  
tuk semakin bagus. Untuk mengetahui  
apakah persamaan alometrik berdasarkan  
DBH ini merupakan pendekatan yang pa-  
ling baik dalam menduga biomasa *A.*  
*marina*, maka dilakukan pula pembuatan  
persamaan dengan menggunakan DBH  
yang dikuadratkan ( $DBH^2$ ) dan  $DBH^2$   
yang dikalikan dengan tinggi dari contoh  
pohon ( $DBH^2 \cdot T$ ). Hasil perbandingan ini  
disajikan pada Tabel 2.



Gambar (Figure) 3. Persamaan allometrik hubungan antara DBH dengan biomasa tanaman *A. marina* di BKPH Ciasem, KPH Purwakarta pada kelas DBH 6,4-35,2 cm (*Allometric equation between DBH and biomass of A. marina at BKPH Ciasem, KPH Purwakarta with DBH class 6,4-35,2 cm*)

Tabel (Table) 2. Perbandingan nilai  $R^2$  pada persamaan allometrik yang menggunakan peubah bebas DBH,  $DBH^2$ , dan  $DBH^2 \cdot$  Tinggi untuk biomasa atas, biomasa bawah, dan biomasa total pada *A. marina* di BKPH Ciasem, KPH Purwakarta pada kelas DBH 6,4-35,2 cm (*Comparison of  $R^2$  from the allometric equation using independent variables DBH,  $DBH^2$ , and  $DBH^2 \cdot$  Height for above ground biomass, below ground biomass, and total biomass at A. marina at BKPH Ciasem, KPH Purwakarta with DBH class 6,4-35,2 cm*)

No.	Persamaan allometrik ( <i>Allometric equation</i> ) ( $Y=ax^b$ ) dan ( <i>and</i> ) $R^2$	Peubah bebas ( <i>Independent variables</i> )		
		DBH	$DBH^2$	$DBH^2 \cdot$ Tinggi ( $DBH^2 \cdot$ Height)
1.	Biomasa atas ( <i>Above ground biomass</i> ): $Y=ax^b$	a = 0,1848 b = 2,3524	a = 0,1843 b = 1,1768	a = 0,0539 b = 1,0394
	$R^2$	0,9839	0,9839	0,9673
2.	Biomasa bawah ( <i>Below ground biomass</i> ): $Y=ax^b$	a = 0,1682 b = 1,7939	a = 0,1681 b = 0,8971	a = 0,0613 b = 0,8027
	$R^2$	0,8581	0,8581	0,8657
3.	Biomasa total ( <i>Total biomass</i> ): $Y=ax^b$	a = 0,2905 b = 2,2598	a = 0,2901 b = 1,1302	a = 0,0880 b = 1,0002
	$R^2$	0,9815	0,9815	0,9686



Dari Tabel 2 terlihat bahwa persamaan allometrik dengan menggunakan peubah bebas DBH memberikan nilai keterhandalan model ( $R^2$ ) yang lebih baik daripada peubah bebas lainnya ( $DBH^2$  dan  $DBH^2 \cdot \text{Tinggi}$ ). Hal ini mencerminkan bahwa hanya dengan menggunakan peubah bebas DBH maka akan diperoleh persamaan allometrik yang handal, tanpa harus melakukan pengukuran tinggi pohon di lapangan.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Hasil rata-rata kandungan karbon organik tanah dari lima plot pengambilan contoh tanah adalah sebesar 2,9%. Kandungan karbon organik tanah ini tergolong sedang. Penelitian ini telah menghasilkan pendugaan biomasa dan karbon dengan menggunakan persamaan allometrik untuk tanaman mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. pada kelas diameter 6,4-35,2 cm sebagai berikut : untuk biomasa atas  $Y = 0,1848(DBH)^{2,3524}$   $R^2 = 0,9839$ , untuk biomasa bawah  $Y = 0,1682(DBH)^{1,7939}$   $R^2 = 0,8581$ , dan untuk biomasa total  $Y = 0,2905(DBH)^{2,2598}$   $R^2 = 0,9815$ . Tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. di BKPH Ciasem memiliki potensi kandungan biomasa total sebesar 364,9 ton/ha dan kandungan karbon sebesar 182,5 ton/ha. Nilai serapan  $CO_2$  total tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. di BKPH Ciasem adalah 669,0 ton/ha dengan nilai serapan  $CO_2$  rata-rata 14,2 ton/ pohon.

##### B. Saran

Untuk kegiatan penelitian selanjutnya perlu dilakukan kegiatan pendugaan biomasa dan karbon pada jenis-jenis tanaman mangrove lainnya, sehingga akan diperoleh *database* model-model pendugaannya secara valid dan akurat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Allen, J.R.L. 1973. Physical Process of Sedimentation. Earth Science Series 1. George Allen and Unwin Ltd. London.
- Anwar, C. 2007. Pertumbuhan Anakan Mangrove pada Berbagai Kondisi Tapak Berpasir Pasca Tsunami di Aceh. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam IV (2) : 139-149. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Baehaqie, A. dan Indrawan. 1993. Hutan Mangrove, Lahan Basah yang Kaya Raya. Warta Konservasi Lahan Basah 2 (1).
- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. Forestry Paper No. 134. FAO, USA.
- Campbell, N.A., J. B. Reece and L. G. Mitchell. 2002. Biologi. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Dahuri, R. 2002. Integrasi Kebijakan Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Pulau-pulau Kecil. Makalah disampaikan pada Lokakarya Nasional Pengelolaan Ekosistem Mangrove di Jakarta, 6-7 Agustus 2002. [www.dephut.go.id/INFORMASI/SETJEN/PUSSTAN/INFO\\_VI02/VII\\_VI02.htm](http://www.dephut.go.id/INFORMASI/SETJEN/PUSSTAN/INFO_VI02/VII_VI02.htm). Diakses tanggal 03 Agustus 2005 pk 11.39.
- FAO. 1982. Management and Utilization of Mangroves in Asia and the Pacific. FAO Environmental Paper 3. FAO. Rome.
- Hanafi, A. and R.B. Badayos. 1989. Evaluation of Brackishwater Fish Pond Productivity in Bulacan Province, Philipines. J. PBP 5(1).
- Hidayanto, W., A. Heru dan Yossita. 2004. Analisis Tanah Tambak sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Tambak. Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian 7 (2). Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Kalimantan Timur.

- JIFPRO. 2000. Manual of Biomass Measurements in Plantation and in Regenerated Vegetation. Japan.
- Ketterings, Q.M., R. Coe, M. van Noordwijk, Y. Ambagau, and C.A. Palm. 2001. Reducing Uncertainty in the Use of Allometric Biomass Equations for Predicting Above-ground Tree Biomass in Mixed Secondary Forests. *Forest Ecology and Management* 146.
- Kostermans, A.Y. 1982. Different Kind of Mangrove with Different Economic Application Possibilities: Mangrove Forest Ecosystem Productivity in South East Asia. *Proceeding of Symposium on Mangrove*. BIOTROP. Bogor.
- Kusmana, C. 2002. Pengelolaan Ekosistem Mangrove Secara Berkelanjutan dan Berbasis Masyarakat. Makalah disampaikan pada Lokakarya Nasional Pengelolaan Ekosistem Mangrove di Jakarta, 6-7 Agustus 2002. [www.dephut.go.id/INFORMASI/SETJEN/PUSSTAN/INFO\\_VI02/VII\\_VI02.htm](http://www.dephut.go.id/INFORMASI/SETJEN/PUSSTAN/INFO_VI02/VII_VI02.htm). Diakses tanggal 03 Agustus 2005 pk 11.42.
- MacDicken, K.G. 1999. Implications of the Kyoto Protocol on Forest Management in Developing Countries: Paying for Non-commercial Forest Values. *Impact* 3 (2).
- Microsoft Office Excel. 2003. Microsoft Inc. United States of America.
- Murtidjo, B.A. 1996. *Tambak Air Payau*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Niklas, K. J. 1994. *Plant Allometry: The Scaling of Form and Process*. The University of Chicago Press Ltd. London.
- Pusat Penelitian Tanah. 1993. *Kriteria Penilaian Kesuburan Tanah*. Departemen Pertanian.
- Reiss, M.J. 1991. *The Allometry of Growth and Reproduction*. Cambridge University Press. New York.
- Retnowati, E. 1998. Kontribusi Hutan Tanaman *Eucalyptus grandis* Maiden sebagai Rosot Karbon di Tapanuli Utara. *Buletin Penelitian Hutan* 611. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- SAS Institute. 1995. *SAS User's Guide : Statistics version h<sup>th</sup> ed*. SAS Inst. Cary, NC.
- Supriharyono. 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumberdaya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Susilo, E. 1995. Manusia dan Hutan Mangrove. *Dalam Pelestarian dan Pengembangan Ekosistem Hutan Bakau Secara Terpadu dan Berkelanjutan*.
- Snedaker, S. C. 1978. Mangrove their Values and Perpetuation. *Nat. Res.* 14.
- Tisdale, S. L., W. L. Nelson and J. D. Beaton. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers: Fourth Edition*. Macmillan Publishing Company. New York.

Lampiran (Appendix) 1. Analisis kandungan karbon dan kandungan hara lainnya pada tegakan *A. marina* di BKPH Ciasem, KPH Purwakarta (Analysis of carbon content and other nutrient contents at *A. marina* stand at BKPH Ciasem, KPH Purwakarta)

Atribut tanah (Soil properties)	Nilai (Value)					Rata-rata; Kriteria (Average; Criteria)
	Plot 1 (Plot 1)	Plot 2 (Plot 2)	Plot 3 (Plot 3)	Plot 4 (Plot 4)	Plot 5 (Plot 5)	
pH (H <sub>2</sub> O)	6,0	6,2	6,4	5,6	6,0	6,0; agak masam (slightly acid)
pH (KCl)	5,7	5,7	6,0	5,4	5,8	5,7; agak masam (slightly acid)
C – Organik (C-organic), %	2,28	2,35	3,87	3,24	2,94	2,9; sedang (moderate)
N – Kjeldahl, %	0,31	0,22	0,27	0,38	0,38	0,3; sedang (moderate)
Rasio C/N (C/N Ratio)	7	11	14	9	8	9,8; rendah (low)
P Potensial (P Potential) (HCl 25%, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), ppm	59	39	76	39	65	55,6; tinggi (high)
K Potensial (K Potential) (HCl 25%, K <sub>2</sub> O), mg/100 g	708	700	600	750	756	702,8; sangat tinggi (very high)
P – tersedia (P available) (Bray, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), ppm	15,6	10,6	16,1	11,7	22,1	15,2; rendah (low)
K – tersedia (K available) (Morgan, K <sub>2</sub> O), ppm	4069	3934	3454	4413	4543	4082,6; sangat tinggi (very high)
Ca (1 N NH <sub>4</sub> Oac, pH 7.0 extraction), me/100 g	10,68	8,36	8,47	10,08	11,14	9,7; sedang (moderate)
Mg (1 N NH <sub>4</sub> Oac, pH 7.0 extraction), me/100 g	8,13	7,86	6,90	8,82	9,08	8,2; sangat tinggi (very high)
K (1 N NH <sub>4</sub> Oac, pH 7.0 extraction), me/100 g	32,39	29,03	27,70	36,45	34,44	32,0; sangat tinggi (very high)
Na (1 N NH <sub>4</sub> Oac, pH 7.0 extraction), me/100 g	60,63	54,85	67,60	70,04	64,61	63,5; sangat tinggi (very high)
Total (1 N NH <sub>4</sub> Oac, pH 7.0 extraction), me/100 g	111,83	100,10	110,67	125,39	119,27	113,5
Kapasitas Tukar Kation (Cation Exchange Capacity) (1 N NH <sub>4</sub> Oac, pH 7.0 extraction), me/100 g	29,38	23,67	24,54	28,23	31,80	27,5; tinggi (high)
Kejenuhan Basa (Base Saturation), %	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100; sangat tinggi (very high)
KCl 1 N, Al <sup>3+</sup> , me/100 g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0; sangat rendah (very low)
KCl 1 N, H <sup>+</sup> , me/100 g	0,09	0,02	0,05	0,05	0,05	0,1; sangat rendah (very low)
Tekstur (Texture) (%) :						
Pasir (Sand)	0	4	1	0	0	1,0
Debu (Silt)	30	36	30	28	27	30,2
Liat (Clay)	70	60	69	72	73	68,8

Lampiran (*Appendix*) 2. Produksi biomasa untuk setiap contoh pohon pada tegakan *A. marina* di BKPH Ciasem, KPH Purwakarta (*Biomass production for each samples of A. marina stand at BKPH Ciasem, KPH Purwakarta*)

No. pohon ( <i>Tree number</i> )	DBH (cm)	Tinggi ( <i>Height</i> ) (m)	Biomasa kering ( <i>Dry biomass</i> ) (kg)		
			Biomasa atas ( <i>Above ground biomass</i> ) (kg)	Biomasa bawah ( <i>Below ground biomass</i> ) (kg)	Biomasa total ( <i>Total biomass</i> ) (kg)
1	6,4	4,5	12,5	3,3	15,8
2	6,7	7,5	21,7	8,3	30,0
3	6,7	5,5	17,1	7,2	24,3
4	7,0	5,0	17,8	3,3	21,1
5	7,3	7,0	21,1	10,5	31,6
6	7,3	7,5	24,3	8,9	33,1
7	7,6	7,5	37,3	6,6	43,9
8	7,6	5,5	25,2	7,2	32,4
9	7,6	5,5	24,3	8,9	33,1
10	7,6	4,5	18,6	5,5	24,1
11	8,0	4,5	20,2	3,9	24,1
12	8,0	5,5	24,7	5,5	30,2
13	8,3	5,5	27,0	6,6	33,6
14	8,3	3,5	23,6	3,9	27,4
15	8,6	5,0	23,2	5,5	28,8
16	8,9	7,5	34,4	6,6	41,0
17	8,9	5,5	26,1	5,0	31,1
18	9,2	5,5	32,9	11,1	44,0
19	9,6	5,5	41,7	16,0	57,7
20	9,6	7,0	36,1	5,0	41,1
21	9,9	5,5	27,3	18,3	45,5
22	9,9	7,5	44,7	13,3	58,0
23	10,2	5,5	39,8	16,6	56,4
24	10,8	7,5	50,3	8,3	58,6
25	11,2	5,0	45,4	22,1	67,5
26	11,5	7,5	65,4	19,9	85,3
27	11,8	5,5	42,3	12,2	54,5
28	11,8	5,5	57,8	17,1	74,9
29	12,4	7,5	75,0	16,6	91,5
30	12,7	9,5	78,7	21,0	99,7
31	15,3	10,0	106,0	17,4	123,4
32	17,5	9,5	153,0	22,8	175,7
33	18,5	7,5	152,6	27,1	179,7
34	22,3	10,5	249,1	33,8	282,8
35	32,8	11,3	672,1	334,8	1.006,9
36	20,5	6,0	251,2	40,7	291,9
37	21,5	7,0	292,6	45,7	338,3
38	22,0	5,0	315,4	42,7	358,1
39	22,0	6,0	322,9	43,6	366,5
40	24,6	6,0	318,0	45,7	363,7
41	25,7	6,0	402,0	49,3	451,3
42	27,5	7,0	470,6	41,4	512,0
43	29,0	8,0	551,9	43,8	595,7
44	32,2	6,0	725,9	82,3	808,2
45	32,5	7,0	626,9	84,5	711,4
46	34,0	8,0	733,3	89,3	822,6
47	35,2	8,0	706,1	93,6	799,7
Rata-rata Biomasa Total ( <i>Average of Total biomass</i> ) (kg/pohon) ( <i>kg/tree</i> )					202,7
Rata-rata Biomasa Total ( <i>Average of Total biomass</i> ) (ton/pohon) ( <i>ton/tree</i> )					0,2
Kandungan Biomasa Total ( <i>Content of Total Biomass</i> ) (ton/ha)					364,9
Kandungan Karbon Total ( <i>Content of Total Carbon</i> ) (ton/ha)					182,5
Kerapatan tegakan ( <i>Stand density</i> ) : 1800 pohon/ha ( <i>trees/ha</i> )					