

ESTIMASI PERBANDINGAN KARBONDIOKSIDA
DALAM BATANG DAUN DAN AKAR *Rhizophora mucronata*
DI DESA SEDAYU LAWAS KECAMATAN BRONDONG
KABUPATEN LAMONGAN

Mohammad Ghufron

Alumni Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo Madura

ABSTRACT

The increasing of CO₂ on the atmosphere is one of the causes of global warming. The other factor of global warming is the unbalance between the emission of glass house gas on the atmosphere and the absorption of the flora. Mangrove forest are the place where a group of trees which have biologic activities such as photosynthesis and respiration. The purpose of this research is to know the biomass of *Rhizophora mucronata* on the root, stem, and leaf, and to know the number of CO₂ which is absorbed by the root, stem, and the leaf of *Rhizophora mucronata* in Sedayu Lawas village Brondong, Lamongan. The result of the calculation of the biomass and the carbon by using allometric equivalence for the *Rhizophora mucronata* of the mangrove in the class of the diameter about 0.44-3.5 cm, it is gotten the biomass of stem $Y=1.070 (DBH)^{2.26} R^2=0.811$, for the leaf biomass $Y=0.873 (DBH)^{2.73} R^2=0.853$, and for the root's biomass $Y=1.177 (DBH)^{2.47} R^2=0.846$. The total of the CO₂ on the stem is 14.82 kg/ha, on the leaf is 22.96 kg/ha, and on the root is 129.03 kg/ha. Based on the analysis, the content of the carbon which is absorbed by the root is larger than the carbon which is absorbed by the leaf and the stem. The lowest value is owned by the leaf and the root it is supported by the content of the N which is large (1.26%) with the average of pH content 9.223, C-organic content 3.7%, and C/N ratio content 2.94.

Keywords: *Rhizophora mucronata*, Sedayu Lawas, CO₂

PENDAHULUAN

Peristiwa kenaikan kandungan karbon dioksida (CO₂) pada atmosfer, menjadi penyebab *Global Warming*. Ketidakseimbangan antara emisi gas rumah kaca ke atmosfer dengan penyerapan oleh tumbuhan menjadi penyebab global warming. Hutan mangrove merupakan hutan ekosistem pesisir yang memiliki fungsi sebagai penyerap CO₂ yang cukup baik melalui proses fotosintesis. Data Ditjen Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial (2008). Proses fotosintesis pada hutan mangrove sendiri mempunyai kelebihan yang tidak dimiliki oleh hutan-hutan lain, hal ini dikarenakan mempunyai daun yang lebar

dan banyak mengandung bahan organik yang tidak bisa membusuk kelebihan lainnya menurut Darusman (2006), biomassa dan penyerapan karbon pada hutan tropis adalah potensi biomassa yang besar untuk menyerap dan menyimpan (CO₂) yang ada di udara, jumlah biomassa dari suatu kawasan dapat di estimasi dari produksi dan kerapatan biomassa yang bisa dihitung dari pengukuran diameter, tinggi, berat jenis, dan kepadatan tiap jenis pohon. Desa Sedayu Lawas merupakan kawasan central pelestarian mangrove (Mangrove Center Sedayu Lawas), akan tetapi belum memiliki tingkat pelestarian yang cukup baik di kawasan ini. Hal ini dikarenakan belum adanya kesadaran masyarakat sekitar

tentang pentingnya melestarikan hutan mangrove yang nantinya akan sangat bermanfaat bagi lingkungannya. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian pendugaan penyerapan CO_2 dikawasan ini serta ukuran pohon mangrove yang mampu menyerap CO_2 .

Dari latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut: Berapa biomassa vegetasi *Rhizophora mucronata* pada akar, batang dan daun di Desa Sedayu Lawas Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan. Berapa besar jumlah CO_2 yang diserap oleh akar, batang dan daun *Rhizophora mucronata* di Desa Sedayu Lawas Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan. Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui biomassa vegetasi *Rhizophora mucronata* pada akar, batang dan daun di Desa Sedayu Lawas Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan.
2. Untuk mengetahui jumlah CO_2 yang diserap oleh akar, batang dan daun *Rhizophora mucronata* di Desa Sedayu Lawas Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan.

METODE PENELITIAN

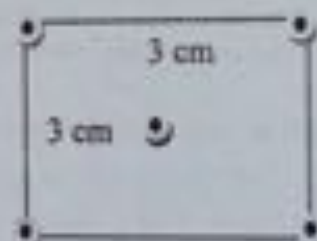
Pada kegiatan penelitian ini dibuat petak pengambilan sampel dengan bentuk ukuran plot persegi 3 m x 3 m yang mewakili vegetasi mangrove dengan *Purposive Sampling*.

Analisis Kandungan Karbon dan Hara Pada Tanah

Pada penelitian ini diteliti kandungan karbon dan kandungan hara pada tanah mangrove pada kedalaman 0-20 cm. prosedur

yang dilakukan untuk pengukuran kandungan karbon dan kandungan hara pada tanah adalah sebagai berikut (Brown 1997) :

- a. Contoh tanah diambil pada kedalaman 0-20 cm. pengambilan contoh tanah ini tergantung pada genangan air yang ada pada tempat penelitian. Kalau selalu tergenag air maka diambil pada bagian atas saja dan apabila pada tanah mangrove sedikit kering maka pengambilanya pada kedalaman 0-20 cm
- b. Contoh tanah diambil secara komposit pada lima titik sampling tanah. Lima titik tersebut terletak pada titik sampling merusak (*Destructive sampling*). Posisi lima titik sampling tersebut adalah satu ditengah dan empat lainnya berada pada masing-masing ujung plot merusak.



Gambar 1. Desain titik pengambilan sampel tanah

- c. Contoh tanah kemudian di analisa di laboratorium untuk mengetahui kandungan karbon dan hara lainnya
- d. Lebih kurang contoh 10g tanah digerus hingga halus dengan menggunakan *mortal* untuk kemudian dianalisis kandungan karbonnya dengan menggunakan *Spektrofotometer*.

Pengukuran Jumlah Biomassa Pada Vegetasi Mangrove

Pada pengambilan ini dibuat petak pengambilan contoh berbentuk persegi dengan ukuran diameter 3 m x 3 m yang

mewakili vegetasi mangrove dengan pengulangan tiga kali. Petak pengambilan secara *purposive sampling* untuk mengetahui sebaran kelas diameter vegetasi mangrove. Prosedur yang dipakai dalam pengukuran biomassa adalah (MacDicken 1999) :

- Mengukur diameter dan tinggi pohon pada semua plot dengan sebaran kelas DBH 6,4-35,2 cm
- Mengukur diameter dan panjang nekromas (tegakan, tunggal yang mati) yang terdapat dalam plot
- Mengambil sampling merusak dilakukan pada satu plot berukuran 3 m x 3 m semua bagian pohon ditimbang dan diukur diameter serta tingginya
- Menimbang bagian pohon yang telah ditebang yakni akar, batang, cabang, ranting dan daunnya dipisahkan dan ditimbang guna mengetahui biomassa segarnya (kg)
- Mengambil 200 gr pada setiap bagian pohon (akar, batang, cabang, ranting dan daunnya) guna pengukuran dilaboratorium
- Persamaan formula allometrik (koefisien a-b) dihitung dengan formulasi sebagai berikut:

$$W_{total} (Kg) : a(DBH)^b$$

Dimana

DBH: Diameter setinggi dada batang (cm)

W total: Berat biomassa total (kg)

g. Biomassa karbon = Berat biomassa total X 0.5 (Brown 1997)

- Mengeringkan masing-masing bagian batang dan daun dengan memakai oven pada suhu 85° C selama 48 jam kemudian menimbang guna mendapatkan berat kering.

Nilai biomassa didapat dari perhitungan nilai berat kering total untuk bagian-bagian tegakan dengan memakai persamaan (JIFPRO 2000):

$$TDW = \frac{SDW}{SFW} \times TFW$$

Keterangan :

TDW : Berat kering total (Kg)

TFW : Berat basah sampel (gr)

SDW : Berat basah total (Kg)

SFW : Berat basah sampel (gr)

- Menjumlahkan biomassa masing-masing tegakan untuk mendapat biomassa total
- Kerapatan tegakan *Rhizophora mucronata* perlu diketahui terlebih dahulu sehingga dapat dilakukan perhitungan nilai biomassa dalam satuan ton per area (ton/hektar)
- Berdasarkan nilai biomassa total dan DBH suatu tegakan, maka dilakukan pendugaan biomassa dengan persamaan Allometrik (JIFPRO 2000) :

$$Y = aX^b \quad (1)$$

Dimana:

Y = Biomassa total (Kg)

X = DBH (cm)

a dan b = koefisien

Penentuan Biomassa Tanaman

- Menghitung setiap bagian biomassa batang dan daun dengan memakai timbangan

Penentuan Kadar Karbon

- melakukan konversi dari biomassa kedalam bentuk karbon, biomassa

tersebut dikali dengan faktor konversi 0,5 (JIFPRO 2000) :

$$C = B \times 0.5$$

dimana :

C = jumlah stok karbon (ton/ha)

B = biomassa total tegakan (ton/ha)

- b. Untuk mengetahui kandungan karbondioksida, maka perhitungan karbon diatas dikonversi kedalam bentuk CO₂ dengan memakai persamaan (JIFPRO 2000):

$$CO_2 = \frac{Mr.CO_2}{Ar.C} \times K \text{Kandungan } C$$

Dimana :

Ar.C : Berat relatif molekul Atom C

Ar O : 16 → O²

Mr.CO₂ : Berat relatif senyawa CO₂

Persamaan formula allometrik (koefisien a-b) dihitung dengan formulasi sebagai berikut (Brown 1997) :

$$W \text{ Total (kg)} = a(DBH)^b$$

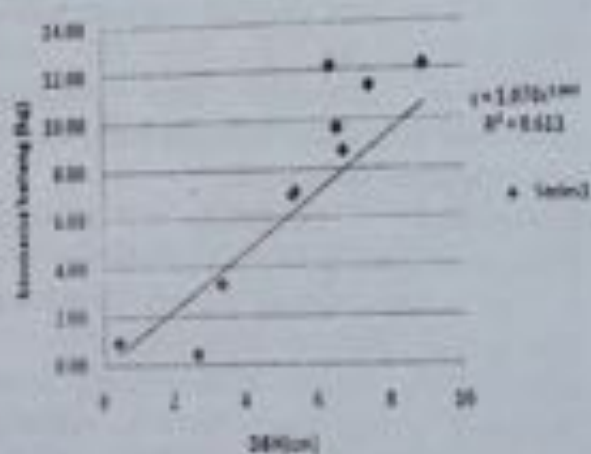
(Brown 1997)

HASIL DAN PEMBAHASAN

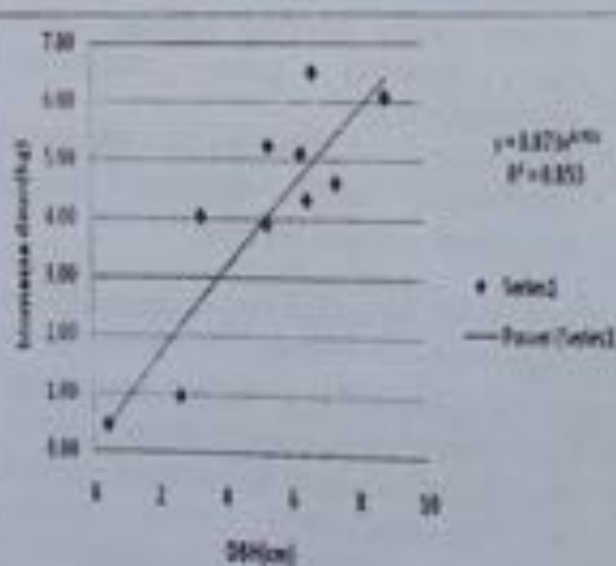
Biomassa diperoleh berdasarkan pengukuran DBH dan berat kering setiap sampel pohon yang diambil, sehingga dengan biomassa yang diperoleh secara langsung dapat diketahui persamaan allometrik. Selanjutnya persamaan tersebut akan diketahui biomassa pohon mangrove jenis *Rhizophora mucronata* di daerah Sedayu Kabupaten Lamongan tanpa menebang pohon mangrove yang lain. Dari hasil pengamatan dan dari persamaan allometrik.

Persamaan Alometrik Biomassa dan DBH (Diameter Setinggi Dada)

Grafik hubungan alometrik DBH dan biomassa batang (Gambar 2) menunjukkan koefisien determinasi R² sebesar 0.611 yang menunjukkan bahwa 61.1% biomassa batang dipengaruhi oleh DBH.

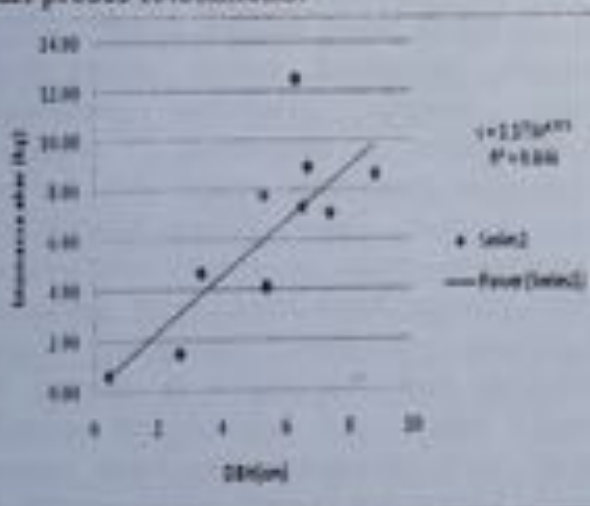


Gambar 3. Grafik Hubungan Allometrik DBH dan Biomassa Batang.



Gambar 4. Grafik Hubungan Allometrik DBH Dan Biomassa Daun
Sehingga persamaan alometrik dari biomassa batang dan DBH dapat digunakan dengan keterhandalan persamaan sebesar

61.1%. Menurut Wayan and Chairil (2008), persamaan alometrik dengan DBH dapat digunakan untuk menentukan biomassa batang tanpa melakukan penebangan di lokasi penelitian. Hubungan DBH dan biomassa daun cukup erat sebesar 85.3% dan ini lebih besar dari pada hubungan DBH dengan biomassa batang. Dengan koefisien determinasi R^2 pada (Gambar 3.2) sebesar 0.853, hal ini menunjukkan bahwa nilai dari koefisien determinasi selain dipengaruhi oleh DBH biomassa juga diduga dipengaruhi oleh faktor yang lain seperti kandungan Nitrogen yang tinggi, maka tanaman dapat tumbuh dengan subur, serta umur pohon yang tergolong masih muda maka daun dari tegakan *Rhizophora mucronata* lebih banyak menyerap karbon dari proses fotosintesis.



Gambar 5. Grafik Hubungan Allometrik DBH dan Biomassa Akar

Nilai koefisien determinasi R^2 akar (Gambar 5) sebesar 0.846, hal ini menunjukkan bahwa hubungan DBH dan biomassa akar cukup erat sebesar 84.6% dan ini lebih besar dari pada hubungan DBH dengan biomassa batang akan tetapi lebih kecil dari hubungan DBH dengan biomassa daun, dari nilai koefisien

determinasi yang ada pada akar menunjukkan bahwa pertumbuhan adalah hal yang paling mempengaruhi (Sarwono 1987), dimana proses fotosintesis yang dilakukan oleh daun akan disebarkan keseluruh bagian pohon terutama pada akar sehingga nilai koefisien determinasi pada akar akan semakin tinggi daripada batang.

Kandungan karbon pada daun, batang dan akar sangat dipengaruhi oleh kandungan hara yang ada pada tanah, hal ini ditunjukkan dengan lebih besarnya R^2 pada daun daripada R^2 pada batang dan akar (Gambar 1, 2 dan 3) karena pada dasarnya daun melakukan proses produksi dengan cara fotosintesis dibantu oleh sinar matahari. Besarnya R^2 pada daun dimungkinkan dengan besarnya kandungan N pada tanah (Sarwono 1987), karena dengan kandungan N yang besar pada tanah akan menambah kesuburan pada tanaman terutama pada daun yang melakukan proses produksi melalui fotosintesis.

Analisa Karbon Tegakan magrove (*Rhizophora Mucronata*)

Tabel 1, menunjukkan massa karbon tegakan *Rhizophora mucronata* pada batang sekitar 0.21-6.10 kg pada setiap pohon, sedangkan pada daun sekitar 0.23-3.25 kg dan pada akar 0.31-6.27 kg. Massa total karbon pada batang sebesar 4.04 kg/ha, jika dikonversi pada CO_2 sebesar 14.82 kg/ha, karbon total pada daun sebesar 22.96 kg/ha, jika dikonversi pada CO_2 menjadi 84.2 kg/ha dan karbon total pada akar sebesar 35.19 kg/ha, jika dikonversi pada CO_2 menjadi 129.03 kg/ha. Nilai karbon tegakan *Rhizophora mucronata* pada batang, daun dan akar mengikuti alur DBH, semakin tinggi DBH massa karbon juga semakin besar. Hal ini dikarenakan, semakin besar diameter pohon biomassa semakin

meningkat, sehingga karbon yang diserap juga akan meningkat (Wayan dan Chairil 2008).

Tabel 1 Massa Karbon Pada Batang, Daun dan Akar Pada Setiap Contoh Dengan Tebang Habis

K. plot	Jenis	Batang		Daun		Akar	
		C/kg	CP/kg	C/kg	CP/kg	C/kg	CP/kg
1	28	12	15	16	18	15	19
2	19	10	10	20	14	18	08
3	09	10	23	25	19	17	20
4	18	10	22	38	11	13	18
5	10	18	24	23	17	15	10
6	07	12	24	27	24	16	14
7	17	13	17	22	14	17	13
8	14	13	20	22	10	17	19
9	19	17	23	17	12	18	12
0	14	14	17	12	18	13	18

Jenis Tinggi 10Tinggi 20Tinggi 30Tinggi 40Tinggi

Analisa Karbon Tanah

Untuk mengetahui kandungan karbon organik tanah pada tegakan *Rhizophora mucronata* telah dilakukan pengambilan sampel tanah yang ada dalam plot sampling. Pengambilan sampel dengan menebang pohon mangrove (*Destructive plot sampling*). Kriteria penilaian status kandungan karbon hara berdasarkan kesuburan tanah yang ada di dalam plot (Pusat Penelitian Tanah 1993).

Kandungan organik dalam tanah seperti C organik sangat dipengaruhi oleh tingkat C/N rasio serta pH tanah, hal ini diperkuat dengan pernyataan Notohadiprawiro (1986) dimana tanda-tanda kuat pH tanah berkorelasi negatif dengan kadar C organik (bahan organik) yang mana bahan organik dalam tanah mangrove berperan sebagai sumber kemasaman tanah. Hubungan pH dan bahan organik tersebut dapat diterangkan dari sudut lain, pH yang terlalu rendah akan menghambat perombakan organik, sehingga terjadi pelonggokan bahan organik, sebaliknya perombakan

bahan organik menjadi lancar jika pH tinggi, hal ini bisa jadi berhubungan dengan pengaruh pH dengan kegiatan jasad renik mempunyai bahan organik.

Tabel 2. Hasil kandungan hara tanah pada lokasi penelitian

Parameter	Konsentrasi
C-Organik(%)	3.7
pH	9.225
N-Total (%)	1.26
C/N ratio	2.94

Pada lokasi penelitian didapatkan kadar pH yang cukup tinggi dengan rata-rata kadar pH 9,225 pada perbandingan (H₂O 1:5) dengan kadar pH yang tinggi ini perombakan bahan organik yang ada di lokasi penelitian rendah. Seperti disebutkan di atas bahwa dalam suasana anaerob bahan organik mengalami proses perombakan yang kurang sempurna sehingga menghasilkan asam-asam organik, khususnya asam-asam asetat dan butirat yang beracun. Dapat diduga kerendahan kemampuan tanah mangrove disebabkan oleh adanya asam-asam yang beracun. Kesuburan tegakan mangrove juga didukung oleh kandungan N, karena N sendiri berasal dari bahan-bahan organik tanah yang merupakan penyusun utama tanah. Kandungan N pada lokasi penelitian tinggi mencapai 1.26% yang menyebabkan tegakan mangrove yang ada di lokasi penelitian tumbuh dengan subur dan hijau. hal ini dikarenakan keberadaan N yang tinggi dapat memperbaiki pertumbuhan vegetatif tanaman yang tumbuh pada lokasi tersebut. Keberadaan N tidak hanya berfungsi memperbaiki pertumbuhan vegetatif tanaman saja akan tetapi juga berfungsi menghijaukan tanaman serta membantu pembentukan protein (Sarwono 1987).

Penelitian sebelumnya yang dikemukakan oleh Notohadiprawiro (1986) pada penelitian pematangan tanah Tabukan suatu pengamatan di staslun utama "Test farm" Barambai mendapatkan hasil C-organik 8.21%, N-total 0.17% dan C/N ratio 49.2 yaitu agregasi zarah-zarah tanah disebagian lahan mangrove tidak baik, yang berarti mudah terurai atau terdispensasi oleh air, atau bisa dikatakan struktur tanah mudah rusak atau mudah menjadi lumpur. Dari angka-angka yang telah ditemukan dapat menunjukkan hubungan antara kemantapan agregasi dengan kadar C-organik, makin tinggi kadar C-organik maka agregasinya akan semakin baik. Perbandingan C/N ratio tinggi berarti penyusun belum terurai secara sempurna dan akan membusuk lebih lama dibandingkan dengan C/N yang lebih rendah, dengan C/N ratio tinggi diurai menjadi senyawa sederhana seperti NH_3 , CO_2 , H_2 , dan H_2O mikroorganisme pengurai menyerap unsur hara dari lingkungan sekitarnya untuk pertumbuhannya, kemudian mikroorganisme mati. Unsur hara penyusun tubuh mikroorganisme akan dilepaskan sehingga C/N ratio menjadi rendah karena banyak CO_2 yang menguap ke udara dan menyebabkan karbon menjadi lebih melimpah. C/N rasio pada lokasi penelitian tergolong rendah yaitu mencapai 2.94 hal ini sesuai dengan ungkapan Sarwono (1987) dimana Nitrogen dalam tanah berasal dari bahan organik tanah. Bahan organik halus, N tinggi, C/N rasio rendah sedangkan Bahan organik kasar N rendah C/N rasio tinggi. Kandungan C/N rasio yang rendah ini bisa diperbaiki dengan cara pemupukan pada tanah dengan menggunakan ZA, Urea dan lain-lain.

Pada lokasi penelitian ini menghasilkan nilai C organik sebesar 3.7%. Nilai ini menurut Sukardjo (1987) tergolong dalam

hasil tinggi maka tanah ini tergolong tanah yang subur. Potensi kandungan karbon tanah ini akan terus meningkat dan semakin tinggi dengan bertambahnya biomassa tanaman *Rhizophora mucronata*. Menurut Sukardjo (1987), dengan semakin bertambah padat vegetasi hutan mangrove, bisa diduga akan menghasilkan serasah organik yang besar pula, dimana serasah organik dari tegakan mangrove merupakan penyusun utama dari bahan organik yang ada dalam tanah. Bahan organik dalam tanah akan tersiklus dan terbentuk menjadi karbon serta nitrogen, dimana karbon dan nitrogen sendiri merupakan penyusun utama dari kandungan substrat yang ada pada vegetasi mangrove (Sarwono 1987).

Kapasitas Tukar Kation merupakan sifat kimia yang sangat erat hubungannya dengan kesuburan tanah. Tanah dengan KTK tinggi mampu menyediakan unsur hara lebih baik daripada tanah dengan KTK yang rendah. Tanah dengan kandungan bahan organik atau dengan kadar liat tinggi mempunyai KTK lebih tinggi daripada tanah dengan kandungan bahan organik rendah atau tanah berpasir. Dengan pengamatan visualisasi pada lokasi penelitian merupakan jenis dari tanah lumpur atau tanah yang memiliki tingkat KTK yang cukup tinggi. Hal ini menurut Sarwono (1987), mampu menyediakan unsur hara yang tinggi.

KESIMPULAN

Hasil perhitungan biomassa dan karbon dengan menggunakan persamaan allometrik untuk tegakan mangrove *Rhizophora mucronata* pada kelas diameter 0.44-8.8 cm didapatkan biomassa batang $Y=1.070 (\text{DBH})^{1.049}$ $R^2=0.611$ sedangkan untuk biomassa daun $Y=0.873 (\text{DBH})^{0.913}$ $R^2=0.853$ dan $Y=1.173 (\text{DBH})^{0.973}$ $R^2=0.846$

untuk bagian akar. Tegakan *Rhizophora mucronata* di Desa Sedayu Lawas memiliki kandungan CO₂ total pada batang 14.82 kg/ha, sedangkan pada daun 22.96 kg/ha dan 129.03 kg/ha pada akar. Analisa kandungan karbon yang diserap oleh akar lebih besar daripada kandungan karbon yang diserap oleh daun dan batang. Nilai yang paling erat dimiliki oleh daun dan akar hal ini didukung kandungan N pada tanah yang tinggi 1.26% dengan rata-rata kadar pH 9.225 C-organik 3.7% dan C/N rasio 2.94.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, A. 2003. Hutan Mangrove: Fungsi dan Manfaat. Kanisus. Yogyakarta
- 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.
- Black, C.A. 1965. Method Of Soil Analysis. Part 2. Agronomy 9. American Society Of Agronomy. Madison. Wisconsin
- Bengen, D.G. 200. Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Laut-Institut Pertanian Bogor. Bogor Indonesia.
- _____. 2001. Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Laut-institut Pertanian Bogor. Bogor Indonesia.
- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. Forestry Paper No. 134. FAO. USA.
- Bismark, M., N.M. Heriyanto dan S. Iskandar. 2008. Biomassa dan kandungan karbon pada hutan produksi di cagar biosfer Pulau Siberut. Sumatra Barat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. V(5): 397-407.
- Campbell, N.A, J.B, Reece and L.G, Mitchell. 2002. Biologi. Erlangga. Jakarta
- Departemen Kehutanan. 2002. Undang Dibalik Mangrove. Edisi VI. Pusat Standarisasi dan Lingkungan. Departemen Kehutanan. Jakarta. <http://www.dephut.go.id> (26 juli 2011).
- Direktorat Jenderal Rehabilitasi lahan dan Perhutanan Sosial (Ditjen RLPS), 2008. Inventarisasi dan Identifikasi Pemanfaatan Sumberdaya Hutan Mangrove. Laporan Akhir. Direktorat Bina Rehabilitasi Hutan dan Lahan. Direktorat Jenderal Rehabilitasi lahan dan Perhutanan Sosial. Jakarta.
- Darusman, D. 2006. Pengembangan Potensi Nilai Ekonomi Hutan di Dalam Restorasi Ekosistem. Jakarta (*Unpublished*).

- Dadun Sutaryo. 2009. Perhitungan Biomassa Pengantar Studi Karbon dan Perdagangan Karbon. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor.
- . 2009. Model pendugaan biomassa pohon mahoni (*Swietenia macrophylla king*) diatas permukaan tanah. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 3(1): 103-117.
- Gultom, IM. 2009. Laju Dekomposisi Serasah Daun *Rhizophora mucronata* Pada Berbagai Tingkat Salinitas. Skripsi. Universitas Sumatra Utara.
- Hidayanto, W., A. Heru dan Yossita. 2004. Analisis tanah tambak sebagai indicator tingkat kesuburan tambak. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 7(2).
- JIFPRO. 2000. Manual of biomass measurement in plantation and in regenerated vegetation. Japan.
- Kostermans, A.Y. 1982. Different kind of mangrove with differet economic application possibilities: Mangrove Forest Ecosystem Productivity in South East Asia. Proceeding of symposium on mangrove. Biotrop. Bogor.
- MacDicken, K.G. 1999. Implication of the kyoto Protocol on Forest Management in Developing Countries: Paying for Non-commercial Forest Values. *Impact* 3 (2).
- Midawati, N., A.S. Kosasih dan E. Subiandono. 2004. Pengaruh konversi hutan mangrove terhadap kondisi hara tanah. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. V(3): 321-325.
- Noor Y.R., M. Khazali, dan L.N.N Suryadiputra. 1999. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PKA/WI-IP. Bogor.
- Notohadiprawiro, T. 1986. Tanah Estuarin, Watak, Sifat, Kelakuan, dan Kesuburannya. Ghalia Indonesia. Jakarta Timur.
- Page AL, Miller R.H and Keeney D.R. 1982. Method Of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiologi Properties, 2nd Edition America Society Of Agronomy. Madison. Wisconsin.
- Pusat Penelitian Tanah. 1993. Kriteria Penilaian Kesuburan Tanah. Departemen Pertanian.
- 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.
- Suriani Melinda. 2011. Hutan Mangrove Sebagai Penyerap Karbon dalam Penanganan Penurunan

- Pemanasan Global. <http://melindasuriani.wordpress.com>. the IPCC. Cambridge, UK. Cambridge University Press. 377 PP.
- Sukardjo, S. 1987. Tanah dan unsur hara di hutan mangrove Tritis, Indramayu Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan*. XXI(2):12-13.
- Sarwono, H. 1987. Ilmu Tanah. PT Mediyatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Tisdale, S.L., W.L., Nelson and J.D. Beaton. 1985. Soil Fertility and Fertilizers: Fourt Edition. Macmillan Publishing Company. New York.
- Wayan, SD I and Siregar, C.A. 2009. Karbon tanah dan pendugaan karbon tegakan *Avicennia marina* (Forks) vierh. Di Ciasem Purwakarta. *Jurnal Penelitian Hutan*. 5(4): 317-328.
- _____. 2008. Teknik evaluasi kandungan karbon hutan mangrove *Rhizophora mucronata*. Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. Bogor. Manuskrip.
- Watson, R.T, Noble I.R, Bolin B, Ravindranath NH, Verardo DJ and Dokken D.J (eds.). 2000. Land Use and Land-Use Change and Forestry: A special report of Wawan dan Junaidi. 2011. Pengertian dan definisi karbon. <http://wawan-junaidi.blogspot.com/pengertian-dan-definisi-karbon-dioksida.html> (19 Desember 2011).
- Wardhana, Arya Wisnu. 2001. Dampak Pencemaran Lingkungan. Edisi Revisi. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Whitmore, T.C. 1984. Tropical Rain Forest of The Far East Second Edition. Oxford: University Press.