



Estimasi stok karbon mangrove di desa Taddan Kecamatan Camplong Kabupaten Sampang

Carbon Stock Estimation of Mangrove Taddan Village Camplong Sub-District, Sampang District

Anindya Aulia Rizqy Tsani¹ dan Firman Farid Muhsoni^{2*}

¹Alumni Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Trunojoyo Madura

^{2*}Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Trunojoyo Madura

E-mail : firmanfaridmuhsoni@trunojoyo.ac.id

ABSTRAK

Ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam upaya mitigasi pemanasan global dengan mengurangi konsentrasi karbondioksida di udara. Kemampuan ekosistem mangrove dalam menyimpan karbon tertinggi dibandingkan jenis hutan lainnya. Stok karbon pada vegetasi mangrove disimpan dalam bentuk biomassa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui total biomassa dan stok karbon mangrove di Desa Taddan Kecamatan Camplong Kabupaten Sampang. Menggunakan metode transek tegak lurus non-destruktif sampling dengan persamaan allometrik. Hasil penelitian mendapatkan jenis mangrove yaitu *Aegiceras corniculatum*, *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Sonneratia alba*. Rata-rata kandungan biomassa vegetasi 162,5 ton/ha, terdiri dari biomassa atas permukaan 103,1 ton/ha, biomassa bawah permukaan 59,3 ton/ha, biomassa tumbuhan bawah 0,07 ton/ha dan biomassa organik mati 0,06 ton/ha. Total stok karbon rata-rata sebesar 179,07 ton/ha. Perbandingan stok karbon biomassa dengan karbon tanah mencapai 1: 1,3.

Kata kunci: Mangrove, Biomassa, Stok Karbon.

ABSTRACT

*Mangrove ecosystems have an important role in global mitigation efforts by reducing the concentration of carbon dioxide in the air. The ability of the mangrove ecosystem to store the highest carbon compared to other forest types. Carbon stocks in mangrove vegetation are stored in the form of biomass. This study aims to see the total biomass and carbon stock of mangroves in Taddan Village, Camplong District, Sampang Regency. Using non-destructive perpendicular transect sampling method with allometric equations. The results showed that the types of mangroves were *Aegiceras corniculatum*, *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Sonneratia alba*. The average vegetation biomass content is 162.5 ton/ ha, consisting of aboveground biomass 103.1 ton/ ha, subsurface biomass 59.3 ton/ ha, understory biomass 0.07 ton/ ha and dead organic biomass 0, 06 ton / ha. The total carbon stock averaged 179.07 ton/ ha. The ratio of biomass carbon stock to soil carbon reaches 1: 1.3.*

Keywords: Mangroves, Biomass, Carbon Stock

I. Pendahuluan

Ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam upaya mitigasi pemanasan global dengan mengurangi konsentrasi karbondioksida di udara. Sadelie *et al.* (2011) menjelaskan ekosistem mangrove di Indonesia mampu menyerap karbon di udara

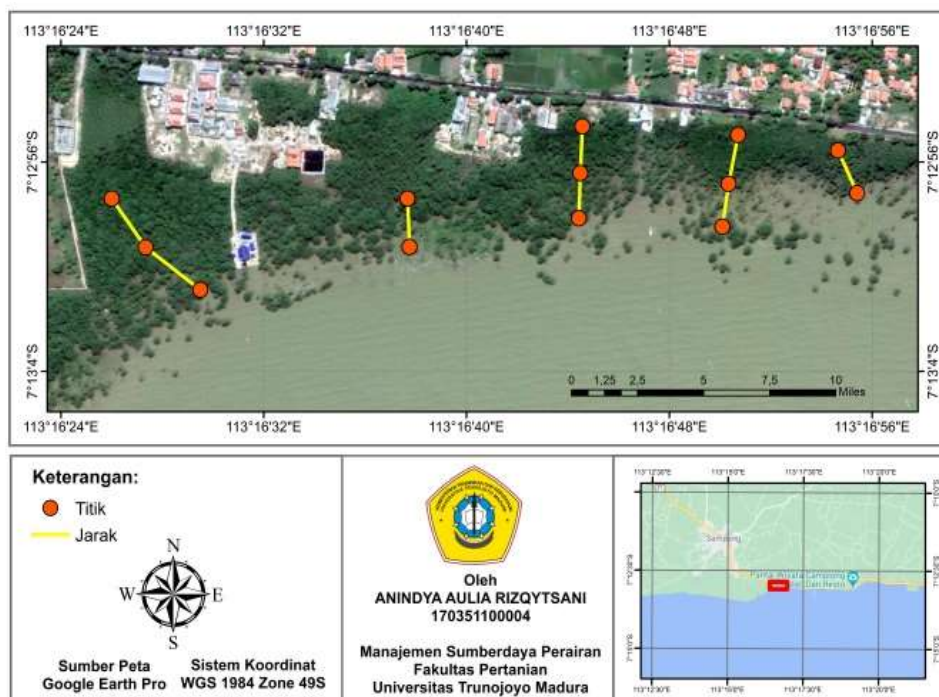
sebanyak 67,7 MtCO² per tahun. Karbon pada vegetasi mangrove disimpan dalam bentuk biomassa, di atas permukaan tanah (seperti : batang, ranting dan daun) atau di bawah permukaan tanah (pada akar). Selain itu dalam serasah yang terpendam dalam substrat yang ada di sedimen. Kemampuan pohon juga mempengaruhi besar kandungan karbon yang diserap dari lingkungan melalui proses fotosintesis (Syukri *et al.*, 2018). Karbon tersimpan sebagian besar tersimpan dalam sedimen yang kaya bahan organik (Hooijer *et al.*, 2010; Donato *et al.*, 2012; Kauffman & Donato, 2012; Muhsoni *et al.*, 2018a; Muhsoni *et al.*, 2018b; Muhsoni, 2016; Muhsoni *et al.*, 2020)

Luasan mangrove Kabupaten Sampang seluas 362,177 Ha yang tersebar di Kecamatan Sreseh, Kecamatan Pangarengan, Kecamatan Sampang dan Kecamatan Camplong. Namun, hasil digitasi tahun 2018 luasan mangrove tersebut menurun menjadi 295,801 Ha. Menurunnya luasan kawasan mangrove akibat perubahan pemanfaatan lahan, ancaman pencemaran dan kerusakan lingkungan. (Latifa *et al.*, 2019). Muhsoni, (2020) mendapatkan luas mangrove di Desa Taddan mencapai 48 ha. Sebagai informasi pentingnya ekosistem mangrove bagi lingkungan, untuk tempat penyerapan karbon di udara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui total biomassa dan stok karbon mangrove di Desa Taddan Kecamatan Camplong Kabupaten Sampang.

II. Metode penelitian

2.1 Waktu dan tempat penelitian

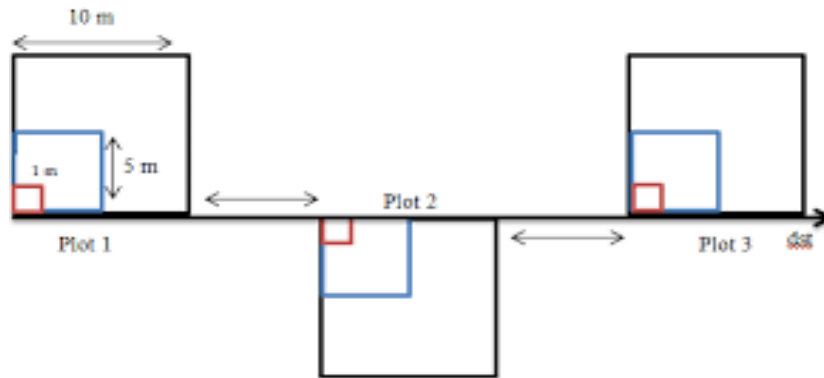
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus - September 2020. Lokasi penelitian di kawasan hutan mangrove Desa Taddan Kecamatan Camplong Kabupaten Sampang. Metode yang digunakan adalah survei *non destructive* (Siddique *et al.*, 2012; Hartoko *et al.*, 2015), yaitu teknik pengambilan sampel tanpa merusak atau menebang pohon.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.2. Pengambilan data

Menggunakan transek tegak lurus (Hairiah *et al.*, 2001; Metternicht, 2003; Kauffman & Donato, 2012; Hartoko *et al.*, 2015). Total 5 stasiun, setiap stasiun terdiri dari 2-3 plot dan satu jalur yang dibentangkan, dengan jarak antar plot kurang lebih 50 meter.



Gambar 2. Transek tegak lurus (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2011; Hartoko *et al.*, 2015)

DBH ((diameter at breast height/diameter diatas dada) untuk menduga kandungan stok karbon dalam biomassa mangrove. Pendugaan biomassa menggunakan model persamaan allometrik. Pengukuran DBH dilakukan setinggi dada orang dewasa, yaitu 1,3 m di atas permukaan tanah. Pengukuran DBH juga hanya dilakukan pada pohon yang memiliki diameter >5 cm. Pengukuran biomassa dan stok karbon pada penelitian ini mengacu pada SNI 7724 (Badan Standardisasi Nasional, 2011; Ati *et al.*, 2014).

2.3. Analisa Data

2.3.1. Pengukuran Biomassa

2.3.1.1. Biomassa Pohon

Perhitungan Biomassa pohon menggunakan model persamaan allometrik, persamaan seperti pada tabel 1, Nilai berat jenis masing-masing jenis mangrove pada tabel 2.

Tabel 1. Model persamaan allometrik biomassa pohon

Jenis mangrove	Model allometrik	Sumber
<i>Avicennia marina</i>	$W_r = 0,2901 * DBH^{2,2605}$	(Dharmawan, 2010)
<i>Rhizophora apiculata</i>	$W_r = 0,235 * DBH^{2,42}$	(Komiya <i>et al.</i> , 2008)
<i>Rhizophora mucronata</i>	$W_r = 0,1466 * DBH^{2,3136}$	(Dharmawan, 2010)
<i>Rhizophora stylosa</i>	$W_r = 0,9789 * DBH^{2,6848}$	(Mayuftia <i>et al.</i> , 2013)
<i>Sonneratia alba</i>	$W_r = 0,825 * DBH^{0,89}$	(Komiya <i>et al.</i> , 2005)
Persamaan umum	$W_r = 168 * \rho * DBH^{2,47}$	(Komiya <i>et al.</i> , 2008)

W_r = Biomassa, ρ = Berat jenis tumbuhan, DBH = Diameter pohon setinggi dada (1,3 meter)

Tabel 2. Berat jenis tumbuhan (ρ)

Jenis mangrove	Berat jenis	Sumber
<i>Avicennia marina</i>	0,522	(Dharmawan, 2010)
<i>Rhizophora apiculata</i>	0,77	(Komiyama <i>et al.</i> , 2008)
<i>Rhizophora mucronata</i>	0,701	(Dharmawan, 2010)
<i>Rhizophora stylosa</i>	0,83	(Mayuftia <i>et al.</i> , 2013)
<i>Sonneratia alba</i>	0,475	(Komiyama <i>et al.</i> , 2005)

2.3.1.2. Biomassa Akar,

Perhitungan biomassa akar menggunakan model persamaan allometrik, dengan persamaan sepertipada tabel 3 (Komiyama *et al.*, 2008).

Tabel 3. Model persamaan allometrik biomassa akar

Jenis mangrove	Model allometrik
<i>Avicennia marina</i>	$W_r = 1,28 * DBH^{1,17}$
<i>Rhizophora apiculata</i>	$W_r = 0,00698 * DBH^{2,61}$
<i>Rhizophora mucronata</i>	$W_r = 0,199 * \rho^{0,899} * DBH^{2,22}$
<i>Rhizophora stylosa</i>	$W_r = 0,261 * DBH^{1,86}$
<i>Sonneratia alba</i>	$W_r = 0,199 * \rho^{0,899} * DBH^{2,22}$
Persamaan umum	$W_r = 0,199 * \rho^{0,899} * DBH^{2,22}$

W_r = Biomassa, ρ = Berat jenis tumbuhan, DBH = Diameter pohon setinggi dada (1,3 meter)

2.3.1.3. Biomassa Semak,

Perhitungan semak dengan mengumpulkan mangrove tipe semai yang berdiameter < 2 cm, herba dan rumput-rumputan pada subplot berukuran 1×1 meter. Rumusnya sebagai berikut (Badan Standardisasi Nasional, 2011):

$$Bo = \frac{BksXBbt}{Bbs}$$

Keterangan :

Bo : berat bahan organik (kg)

Bks : berat kering contoh (kg)

Bbt : berat basah total (kg)

Bbs : berat basah contoh (kg)

2.3.1.4. Biomassa Organik Mati (Kayu Mati, Pohon Mati dan Serasah)

Perhitungan biomasa organik mati berdasarkan volume dengan tahapan (Badan Standardisasi Nasional, 2011):

- Ukur diameter (pangkal dan ujung)
- Ukur panjang total kayu mati
- Hitung volume kayu mati sebagai berikut:

$$V_{km} = 0,25\pi \left(\frac{d_p + d_u}{2 \times 100} \right)^2 xp$$

Keterangan :

V_{km} : volume kayu mati (m^3)

d_p : diameter pangkal kayu mati (cm)

d_u : diameter ujung kayu mati (cm)



p : panjang kayu mati (m)

π : 22/7 atau 3,14

d. Hitung berat jenis kayu mati, dapat ditentukan dengan metode pengamatan empiris tingkat pelapukan kayu mati

e. Kemudian hitung biomassa kayu mati sebagai berikut :

$$B_{km} = V_{km} + BJ_{km}$$

Keterangan :

B_{km} : Biomassa kayu mati (kg)

V_{km} : volume kayu mati (m^3)

BJ_{km} : berat jenis kayu mati (kg/m^3)

2.3.2. Pengukuran Stok Karbon

2.3.2.1. Karbon dari Biomassa,

Perhitungan karbon biomassa menggunakan rumus sebagai berikut (Badan Standardisasi Nasional, 2011):

$$C_b = B \times \% C \text{ organik}$$

Keterangan :

C_b : Kandungan karbon dari biomassa (kg)

B : Total biomassa (kg), penjumlahan biomassa pohon, biomassa akar, dan biomassa semak.

$\% C \text{ organik}$: Nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau menggunakan nilai persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium.

2.3.2.2. Karbon dari Organik Mati,

Perhitungan dari bahan organik mati menggunakan rumus sebagai berikut (Badan Standardisasi Nasional, 2011):

$$C_m = B_o \times \% C \text{ organik}$$

Keterangan :

C_m : karbon bahan organik mati (kg)

B_o : Total biomassa kayu mati (kg)

$\% C \text{ organik}$: Nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau menggunakan nilai persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium.

2.3.2.3. Karbon Tanah

Perhitungan karbon tanah menggunakan rumus sebagai berikut (Badan Standardisasi Nasional, 2011):

$$C_t = K_d \times \rho \times \% C \text{ organik}$$

Keterangan :

C_t : kandungan karbon tanah (g/cm^2)

K_d : kedalaman contoh tanah (cm)

ρ : kerapatan lindak (bulk density) (g/cm^3)

$\% C \text{ organik}$: nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau menggunakan nilai persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium.

2.3.2.4. Stok Karbon Total,

Perhitungan stok karbon total menggunakan rumus sebagai berikut (Badan Standardisasi Nasional, 2011):

$$C_{plot} = (C_b + C_{km} + C_m + C_t)$$

Keterangan:

C_{plot} : total stok karbon (ton ha^{-1});

C_b : stok karbon biomassa (biomassa pohon, biomassa akar, dan biomassa semak) (ton ha^{-1});

C_{km} : stok karbon kayu mati (ton ha^{-1});

C_m : stok karbon organik mati (ton ha^{-1});

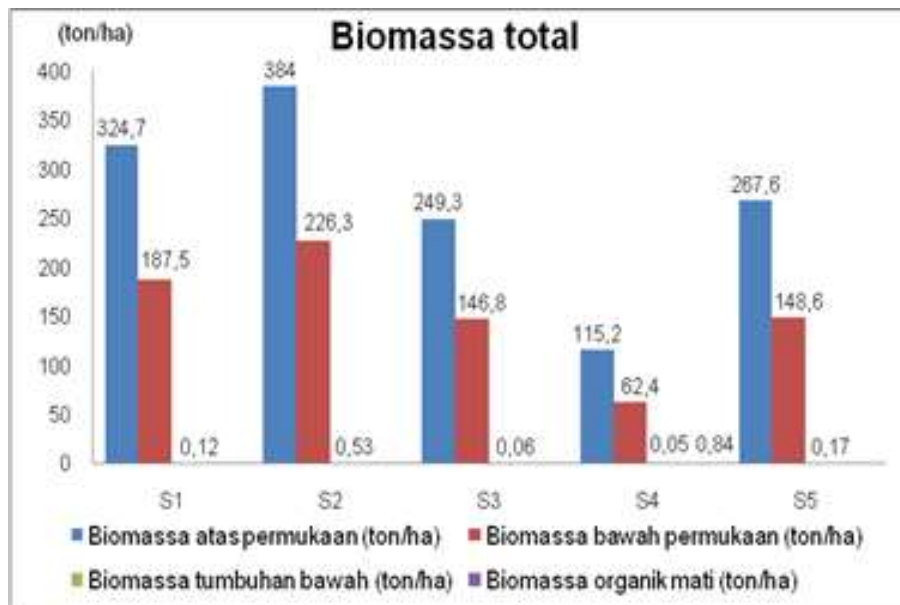
C_t : stok karbon tanah (ton ha^{-1}).

III. Hasil dan pembahasan

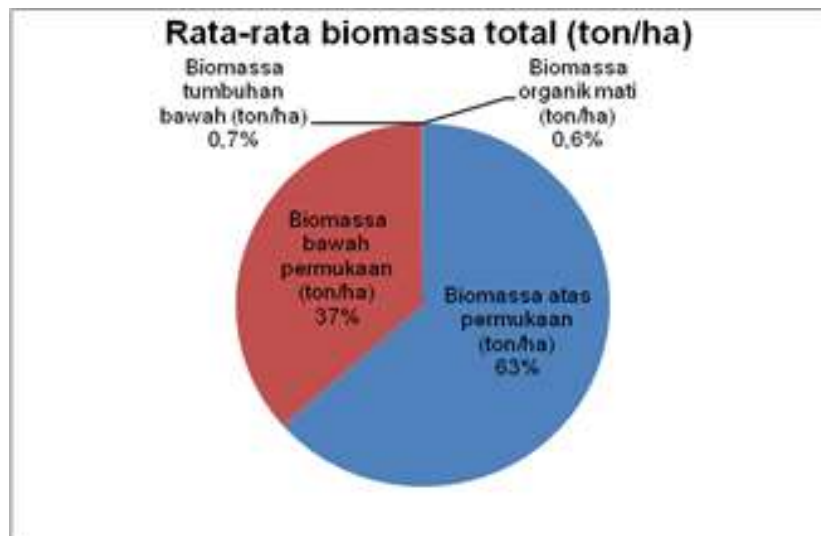
Jenis Mangrove yang ditemukan di lokasi penelitian ada 6 jenis, yaitu : *Aegiceras corniculatum*, *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Sonneratia alba*. Muhsoni, (2020) mendapatkan mangrove di Desa Taddan ada 7 jenis, dengan pola distribusi kelompok, keanekaragaman rendah dan keseragaman seimbang.

3.1. Biomassa Vegetasi Mangrove

Rata-rata biomassa mangrove 162,5 ton/ha, yang terdiri dari biomassa atas permukaan (103,1 ton/ha), biomassa bawah permukaan (59,3 ton/ha), biomassa tumbuhan bawah (0,07 ton/ha) dan biomassa organik mati (pohon mati atau kayu mati) sebesar 0,06 ton/ha (Gambar 3). Biomassa menurut *a glossary by the IPCC* (1995) dalam Sutaryo (2009) merupakan total berat atau volume materi hidup dalam suatu area tertentu.



Gambar 3. Grafik Biomassa Total Per Stasiun Vegetasi Mangrove Desa Taddan



Gambar 4. Diagram Pie Rata-Rata Biomassa Vegetasi Mangrove Desa Taddan

Nilai kandungan biomassa pada suatu tegakan pohon mengikuti seiring dengan pertumbuhan, hal tersebut dikarenakan biomassa merupakan hasil dari proses fotosintesis tumbuhan yang kemudian dialokasikan ke daun, ranting, batang dan akar yang mengakibatkan penambahan diameter batang serta tinggi pohon (Hanif, 2018). Berdasarkan hasil perhitungan nilai biomassa vegetasi mangrove menunjukkan bahwa biomassa atas permukaan tertinggi terdapat di stasiun 2 (sebesar 384 ton/ha) dan stasiun 4 memiliki kandungan biomassa atas permukaan terendah (sebesar 115,2 ton/ha). Nilai biomassa bawah permukaan tertinggi terdapat di stasiun 2 (sebesar 226,3 ton/ha) dan nilai biomassa bawah permukaan terendah terdapat di stasiun 4 (sebesar 62,4 ton/ha). Perbedaan nilai biomassa menurut Rahmattin & Hidayah (2020) dipengaruhi oleh diameter batang, hal ini dibuktikan dengan pada stasiun 2 plot 1 memiliki diameter batang mangrove yang ukuran besarnya merata dari stasiun lainnya. Perbedaan nilai biomassa juga dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi mangrove, umur, berat jenis vegetasi dan penggunaan nilai koefisien perhitungan yang berbeda pada tiap spesiesnya.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kandungan biomassa tumbuhan bawah pada stasiun 2 memiliki nilai tertinggi (sebesar 0,53 ton/ha), sedangkan terendah terdapat di stasiun 4 (sebesar 0,05 ton/ha). Organik mati tersebut berasal dari vegetasi mangrove, salah satunya kayu mati yang jatuh ke badan perairan. Hasilnya menunjukkan biomassa organik mati hanya ditemukan pada stasiun 4 (sebesar 0,84 ton/ha) berupa kayu mati. Tidak ditemukan organik mati pada stasiun lain. Manafe *et al.*, (2016) menjelaskan hal tersebut dikarenakan secara umum hutan mangrove dapat menghasilkan biomassa organik mati maupun tidak menghasilkan biomassa organik mati sama sekali dipengaruhi pasang surut air laut yang menyebabkan kayu mati yang berada pada badan perairan akan terbawa menuju tempat lain.

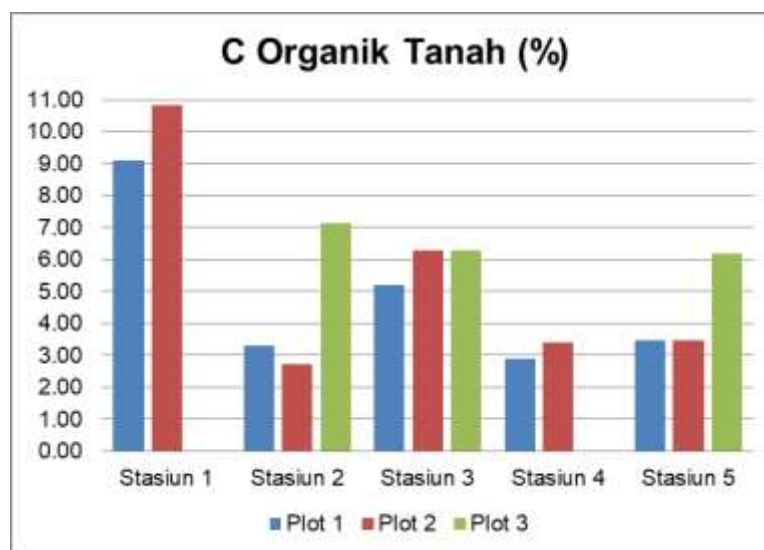
3.2. Nilai C Organik Tanah

Nilai % C organik diperoleh dari hasil analisa laboratorium. Rata-rata % C organik tanah mencapai 5,21 % dengan rata-rata kedalaman sedimen 20 cm. Kandungan C organik tertinggi di stasiun 1 terdapat pada plot 2 (mencapai 10,82 %) sedangkan plot 1 (sebesar 9,10 %). Pada stasiun 2 plot 3 mencapai 7,14 % dan plot 2 sebesar 2,73 %.

Pada stasiun 3 plot 3 mencapai 6,30 % dan plot 1 sebesar 5,19 %. Pada stasiun 4 plot 2 mencapai 3,40 % dan plot 1 sebesar 2,91 %. Sedangkan pada stasiun 5 plot 3 sebesar 3,48 % dan plot 1 sebesar 3,46 %. Lebih jelas lihat gambar 5

Bahan organik tanah berasal dari akar, batang, cabang, ranting dan daun vegetasi. Tingginya kandungan karbon organik tanah pada stasiun 1 plot 1 dan 2 mempunyai jarak antar vegetasi yang rapat, sehingga banyak menghasilkan bahan organik berupa serasah maupun sisa tumbuhan. Sedangkan rendahnya kandungan karbon tanah menunjukkan bahan organik dalam tanah rendah. Nursin *et al.* (2014) menjelaskan bahan organik tanah memiliki 2 fungsi, fungsi protektif untuk kesuburan tanah serta stabilitas biotik tanah dan fungsi produktif untuk produksi biomassa vegetasi.

Siringoringo (2014) menjelaskan karbon organik tanah banyak mempengaruhi karakteristik tanah seperti warna, kapasitas menahan, pergantian dan stabilitas hara. Karbon organik juga merupakan penyedia sumber makanan bagi mikroorganisme yang berfungsi untuk memperbaiki stabilitas tanah dengan cara mengikat partikel tanah. Nilai kandungan C organik pada tanah memiliki pengaruh terhadap nilai stok karbon tanah. Hal tersebut dibuktikan dengan tingginya kandungan C organik tanah pada stasiun 1 diikuti juga dengan tingginya nilai stok karbon tanah pada stasiun 1. Sedangkan Edwin (2016) menjelaskan bahwa stok karbon tanah juga dipengaruhi oleh kondisi tapak dan kondisi hidroorlogi.



Gambar 5. Nilai C organik tanah pada setiap plot stasiun

3.3. Stok Karbon Mangrove

Hasil estimasi stok karbon atas permukaan (pohon) rata-rata 48,48 ton/ha. Tertinggi terdapat pada stasiun 2 plot 1 dengan nilai sebesar 106,63 ton/ha dan nilai terendah terdapat pada stasiun 4 plot 2 dengan nilai sebesar 0,94 ton/ha. Nilai stok karbon bawah permukaan (akar) rata-rata 27,89 ton/ha. Tertinggi juga terdapat pada stasiun 2 plot 1 dengan nilai sebesar 62,36 ton/ha dan nilai terendah terdapat pada stasiun 4 plot 2 dengan nilai sebesar 0,66 ton/ha. Tingginya nilai stok karbon atas permukaan dan bawah permukaan pada stasiun 2 plot 1 berbanding lurus dengan nilai biomasnya di stasiun 2 plot 1. 27,07% karbon mangrove dari karbon pohon/tegakan



dan 15,57 % karbon akar, total karbon vegetasi mangrove 42,65% (Tabel 4). Hasil penelitian ini sesuai dengan pendapat Hairiah dan Rahayu (2007) menyatakan bahwa potensi cadangan karbon dapat dilihat dari biomassa tegakan yang ada, dimana besarnya cadangan karbon tiap bagian vegetasi dipengaruhi oleh biomassa.

Tabel 4. Rata-rata stok karbon mangrove di Desa Taddan

No	Jenis Karbon	Karbon(ton/ha)	%
1	Karbon pohon (ton/ha)	48.48	27.07
2	Karbon akar (ton/ha)	27.89	15.57
3	Karbon tumbuhan bawah (ton/ha)	0.09	0.05
4	Karbon organik mati (ton/ha)	0.003	0.002
5	Karbon tanah (ton/ha)	102.61	57.30
	Total Karbon Mangrove	179.073	100.00

Nilai stok karbon tumbuhan bawah rata-rata 0,09 ton/ha. Tertinggi terdapat pada stasiun 2 dengan nilai rata-rata 0,60 ton/ha dan nilai terendah terdapat pada stasiun 4 dengan nilai rata-rata 0,06 ton/ha. Stok karbon organik mati pada lokasi penelitian hanya terdapat pada stasiun 4 plot 1 yang berupa kayu mati dengan nilai sebesar 0,04 ton/ha. Tidak ditemukannya organik mati di stasiun lain.

Karbon organik tanah dipengaruhi oleh banyaknya bahan organik yang terakumulasi dalam tanah. Hasil karbon tanah rata-rata 102,61 ton/ha atau 57,30%. Tertinggi terdapat pada stasiun 1 plot 2 dengan nilai sebesar 188,45 ton/ha dan terendah terdapat pada stasiun 2 plot 2 dengan nilai sebesar 47,52 ton/ha. Total stok karbon mangrove di Desa Taddan rata-rata 179,1 ton/ha. Sedangkan Muhsoni *et al.*, (2020) mendapatkan rata-rata stok karbon mangrove laut sebesar 250,2 ton/ha.

Jika dibandingkan stok karbon biomassa (karbon pohon, karbon akar, karbon tumbuhan, dan organik mati) dengan karbon tanah mencapai perbandingan 76,46 ton/ha : 102,61 ton/ha atau 1 : 1,3. Nilai ini hampir sam dengan yang dihasilkan Muhsoni *et al.*, (2020) sebesar 1 : 1,8. Perbedaan ini sangat tergantung pada kedalaman sedimen pada mangrove tersebut, karena rata-rata karbon vegetasinya hampir sama.

IV. Kesimpulan

Rata-rata kandungan biomassa vegetasi mangrove Desa Taddan rata-rata sebesar 162,5 ton/ha, terdiri dari biomassa atas permukaan 103,1 ton/ha, biomassa bawah permukaan 59,3 ton/ha, biomassa tumbuhan bawah 0,07 ton/ha dan biomassa organik mati 0,06 ton/ha. Total stok karbon rata-rata sebesar 179,07 ton/ha, terdiri dari karbon atas permukaan 48,48 ton/ha (27,07%), karbon bawah permukaan 27,89 ton/ha (15,57%), karbon tumbuhan bawah 0,09 ton/ha (0,05%), karbon organik mati 0,003 ton/ha (0,002%) dan karbon tanah 102,61 ton/ha (57,3%). Perbandingan stok karbon biomassa dengan karbon tanah mencapai 1 : 1,3.

Daftar Pustaka

- Ati, R. N., Rustam, A., Kepel, T., Sudirman, N., Astrid, M., Mangindaan, P., Salim, H. L., & Hutahaean, A. A. (2014). Stok Karbon dan Struktur Komunitas Mangrove Sebagai Blue Carbon di Tanjung Lesung Banten. *Segara*, 10(2), 119–127.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011a). *Pengukuran dan Penghitungan Cadangan*



- Karbon – Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting)* (pp. 1–16).
- Badan Standardisasi Nasional. (2011b). *Survei dan Pemetaan Mangrove* (pp. 1–19).
- Dharmawan, I. W. S. (2010). Pendugaan Biomasa Karbon Di Atas Tanah Pada Tegakan *Rhizophora mucronata* Di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, XV(1), 50–56.
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Mackenzie, R. a., Ainsworth, a., & Pflieger, a. Z. (2012). Whole-island carbon stocks in the tropical Pacific: Implications for mangrove conservation and upland restoration. *Journal of Environmental Management*, 97, 89–96.
- Edwin, M. (2016). Penilaian Stok Karbon Tanah Organik Pada Beberapa Tipe Penggunaan Lahan Di Kutai Timur, Kalimantan Timur. *Jurnal Agrifor*, XV(2), 279–288.
- Hairiah, K., Dewi, S., Agus, F., Velarde, S., Andree, E., Rahayu, S., & van Noordwijk, M. (2001). Measuring Carbon Stocks. In *World Agroforestry Centre*. <http://www.worldagroforestry.org/sea/Publications/files/manual/MN0050-11/MN0050-11-1.pdf>
- Hairiah, K., & Rahayu, S. (2007). Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. In *World Agroforestry Centre*.
- Hanif, N. (2018). Estimasi Stok Karbon Tersimpan Pada Ekosistem Mangrove di Desa Anak Setatah Kecamatan Rangsang Barat Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau. In *Jurnal: Vol. VII*.
- Hartoko, A., Chayaningrum, S., Febrianti, D. A., & Ariyanto, D. (2015). Carbon Biomass Algorithms Development for Mangrove Vegetation in Kemujan, Parang Island Karimunjawa National Park and Demak Coastal Area – Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 23, 39–47.
- Hooijer, A., Page, S., Canadell, J. G., Silvius, M., Kwadijk, J., Wösten, H., & Jauhiainen, J. (2010). Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences*, 7(5), 1505–1514.
- Kauffman, J., & Donato, D. (2012). Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests. In *Center for International Forestry: Vol. Working pa*.
- Komiyama, A., Ong, J. E., & Pongpan, S. (2008). Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 128–137.
- Komiyama, A., Pongpan, S., & Kato, S. (2005). Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21(04), 471–477.
- Latifa, A. K., Budisusanto, Y., & Pribadi, C. B. (2019). Kajian Kesesuaian Pemanfaatan Ruang Laut dan Pesisir Berdasarkan RZWP-3-K dan. *Jurnal Teknik ITS*, VIII(2), 144–150.
- Manafe, G., Kaho, M. R., & Risamasu, F. (2016). Estimasi Biomassa Permukaan Dan Stok Karbon Pada Tegakan Pohon *Avicennia marina* Dan *Rhizophora mucronata* DI Perairan Pesisir Oebelo Kabupaten Kupang. *Jurnal Bumi Lestari*, XVI(2), 163–173.
- Mayuftia, R., Hartoko, A., & Hendrarto, B. (2013). Tingkat Kerusakan dan Karbon Mangrove Dengan Pendekatan Data Satelit NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) di Desa Sidodadi Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung.



- Diponegoro Journal of Maquares*, II(4), 146–154.
- Metternicht, G. (2003). Vegetation indices derived from high-resolution airborne videography for precision crop management. *International Journal of Remote Sensing*, 24(14), 2855–2877.
- Muhsoni, F.F., Sambah, A. B., Mahmudi, M., & Wiadnya, D. G. R. (2020). Comparative study of carbon stock in estuarine and oceanic mangroves. *Malayan Nature Journal*, 72(9), 189–199.
- Muhsoni, Firman Farid. (2016). Modelling of Utilization Carrying Capacity of Sapudi Island Using. *Jurnal Kelautan*, 9(1), 73–84.
- Muhsoni, Firman Farid. (2020). Karakteristik Kondisi Mangrove di Desa Taddan Kabupaten Sampang. *Rekayasa*, 13(3), 236–269. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v13i3.9146>
- Muhsoni, Firman Farid, Sambah, A. B., Mahmudi, M., & Wiadnya, D. G. R. (2018a). Comparison of different vegetation indices for assessing mangrove density using sentinel-2 imagery. *International Journal of GEOMATE*, 14(45), 42–51.
- Muhsoni, Firman Farid, Sambah, A. B., Mahmudi, M., & Wiadnya, D. G. R. (2018b). Comparison of Different Vegetation Indices for Assessing Mangrove Density Using Sentinel-2 Imagery. *International Journal of GEOMATE*, 14(45), 42–51.
- Nursin, A., Wardah, & Yusran. (2014). Sifat Kimia Tanah Pada Berbagai Zonasi Hutan Mangrove Di Desa Tumpapa Kecamatan Balinggi Kabupaten Parigi Moutong. *Jurnal Warta Rimba*, II(1), 17–23.
- Rahmattin, N. A. F. E., & Hidayah, Z. (2020). Analisis Ketersediaan Stok Karbon Pada Mangrove Di Pesisir Surabaya, Jawa Timur. *Juvenil*, I(1), 58–65.
- Sadelie, A., Kusumastanto, T., Kusmana, C., & Hardjomidjojo, H. (2011). Kebijakan Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Berbasis Perdagangan Karbon. *Jurnal Hutan Dan Masyarakat*, VI(1), 1–11.
- Siddique, M. R. H., Hossain, M., & Chowdhury, M. R. K. (2012). Allometric relationship for estimating above-ground biomass of *Aegialitis rotundifolia* Roxb. of Sundarbans mangrove forest, in Bangladesh. *Journal of Forestry Research*, 23(1), 23–28.
- Siringoringo, H. H. (2014). Peranan Penting Pengelolaan Penyerapan Karbon dalam Tanah. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, XI(2), 175–192.
- Sutaryo, D. (2009). *Penghitungan Biomassa: Sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon*. Wetlands International Indonesia Programme.
- Syukri, M., Mashoreng, S., Werorilangi, S., & Isyrini, R. (2018). Kajian stok karbon mangrove di Bebunga Kabupaten Mamuju Sulawesi Barat. *Prosiding Simposium Nasional Kelautan Dan Perikanan V*, 335–342.