

## **Pendugaan Simpanan Karbon pada Tegakan dan Substrat Mangrove Dengan Metode *Non Destruktif* di Desa Betahwalang, Kabupaten Demak**

**Hasna Moraina Rizkiyani<sup>1</sup>, Rudhi Pribadi<sup>1\*</sup>, Raden Ario<sup>1</sup>, Janson Hans Pietersz<sup>2</sup>, Reinhardus Pentury<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia  
Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura  
Jl. Ir. M. Putuhena, Poka, Kec. Teluk Ambon, Kota Ambon, Maluku 50275 Indonesia  
Corresponding author, e-mail: rudhipribadi@gmail.com

**ABSTRAK:** Mangrove merupakan tumbuhan yang memiliki peranan yang penting baik secara fisik, ekonomi, dan ekologi. Salah satu fungsi ekologinya adalah penyimpanan karbon. Mangrove yang dikategorikan sebagai ekosistem lahan basah yang dapat menyimpan karbon 800 – 1.200 ton/ha. Penelitian tentang estimasi simpanan karbon ini sangat diperlukan untuk menunjang perbaikan iklim dunia yang saat ini dilanda pemanasan global. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui estimasi simpanan karbon pada tegakan dan substrat vegetasi mangrove yang berada di Desa Betahwalang Kecamatan Bonang, Kabupaten Demak. Metode yang digunakan adalah *purposive sampling* dan *eksploratif* yang dilakukan pada empat stasiun dengan kondisi mangrove yang berbeda-beda. Setiap stasiun penelitian dibagi menjadi tiga plot untuk menghitung nilai biomassa tegakan menggunakan rumus allometrik dalam mengestimasi simpanan karbon pada tegakan. Kemudian data karbon substrat didapat dari masing-masing plot kemudian dilakukan analisis kandungan bahan organik pada substrat dengan metode LOI (*Loss on Ignition*). Berdasarkan hasil penelitian di Desa Betahwalang didapatkan nilai simpanan karbon pada tegakan vegetasi mangrove sebesar 1.684,24 ton/ha dan nilai simpanan karbon substrat mangrove sebesar 96,26 ton/ha. Hasil penelitian ini memberikan wawasan bagi masyarakat sekitar tentang pentingnya keberadaan hutan mangrove sebagai penyerap gas CO<sub>2</sub> di atmosfer dan memberikan motivasi bagi masyarakat sekitar untuk terus melestarikan hutan mangrove.

**Kata Kunci:** Allometrik; Karbon; LOI; Vegetasi

### ***Estimation of Carbon Stocks on Mangrove Stands and Substrates with Non-Destructive Methods in Betahwalang Village, Demak District.***

**ABSTRACT:** A mangrove is a plant that has an important role in both physical, economic, and ecology. One of its ecological functions is carbon stocks. Mangroves are categorized as wetland ecosystems that can store carbon 800 – 1.200 tons/ha. The research on the estimation of carbon stocks is indispensable to support the world's climate improvement while being hit by global warming. The study aimed to determine the estimated carbon stores on mangrove vegetation stands and substrates in Betahwalang Village Bonang, Demak Regency. The data retrieval method is *purposive sampling* at four stations with different mangrove conditions. Each research station is divided into three plots to calculate stand biomass values using an allometric formula to estimate carbon stocks in stands. Then, carbon substrate data was obtained from the sediment of each plot, and then organic matter content was analyzed on the substrates using the LOI (*Loss in Ignition*) method. Based on the study's results, the value of carbon stocks in the mangrove vegetation stands at 1.684,26 ton/ha, and the value of mangrove substrate carbon stocks at 96,26 ton/ha. The results of this study provide insight for the surrounding community about the importance of the Mangrove Forest as an absorber of CO<sub>2</sub> gas in the atmosphere, and it motivates the surrounding community to continue preserving mangrove forests.

**Keywords:** Allometric; Carbon; LOI; Vegetation

## PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove adalah ekosistem yang berada di daerah tepi pantai yang dipengaruhi oleh pasang dan surut air laut sehingga lantainya selalu tergenang air. (Supriharyono, 2009). Mangrove merupakan tumbuhan yang memiliki berbagai fungsi baik secara fisik, ekonomi, dan ekologi. Menurut Suhardjono dan Adi (1998), fungsi fisik mangrove sebagai pelindung garis pantai atau mengurangi pengikisan tanah (abrasi) akibat terjangan ombak. Manfaat ekonomi yang diperoleh dari mangrove adalah pemanfaatan kayu untuk bahan bangunan, bahan tekstil dan makanan (Gunawan dan Anwar, 2006). Fungsi ekologi mangrove selain tempat pemijahan (*spawning ground*), pengasuhan (*nursery ground*) dan daerah mencari makan (*feeding ground*) oleh berbagai biota, ada pula salah satu fungsi ekologi mangrove sebagai area penyimpanan karbon (Hogarth, 2007).

Pemanasan global merupakan salah satu isu lingkungan yang utama di dunia saat ini. Penyebab terjadinya pemanasan global adalah gas rumah kaca, terutama sisa pembakaran yang mengudara yaitu karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Peningkatan CO<sub>2</sub> di atmosfer, antara lain disebabkan oleh berkurangnya hutan sebagai penyerap CO<sub>2</sub>. Peningkatan jumlah CO<sub>2</sub> di atmosfer disebabkan karena terjadinya efek rumah kaca (Windarni *et al.*, 2018). Selain itu juga, dapat berimbas pada kehidupan makhluk hidup, yakni perubahan iklim dan kenaikan permukaan laut (Sanu, 2001).

Salah satu solusi untuk menurunkan kandungan CO<sub>2</sub> di atmosfer adalah dengan melakukan rehabilitasi atau perbaikan vegetasi hutan. Hutan mangrove merupakan hutan yang dianggap dapat menyerap karbon cukup baik melalui fotosintesis (Windarni *et al.*, 2018). Hutan mangrove mempunyai peranan kunci dalam strategi mitigasi perubahan iklim. Hasil penelitian para ahli CIFOR (*Center for International Forestry Research*) pada tahun 2003 menunjukkan bahwa hutan mangrove yang dikategorikan sebagai ekosistem lahan basah, penyimpanan karbon 800 - 1.200 ton per hektar. Pelepasan emisi ke udara pada hutan mangrove lebih kecil dari pada hutan di daratan (Rahmah *et al.*, 2014).

Desa Betahwalang merupakan salah satu daerah pesisir yang ada di Kabupaten Demak Jawa Tengah. Berdasarkan kondisi luasan hutan mangrove yang mengalami penurunan seluas 12,01 ha dari 37,41 ha pada Desa Betahwalang (Faturrohman dan Marjuki, 2017), yang disebabkan karena alih fungsi lahan menjadi tambak, dermaga, dan pemukiman. Hal tersebut diduga berdampak buruk terhadap fungsi ekologis dari vegetasi mangrove. Salah satu yang terganggu adalah penyerapan dan penyimpanan kandungan karbon pada mangrove. Hal ini akan mengakibatkan penurunan nilai simpanan karbon dan mempengaruhi keseimbangan lingkungan sehingga akan berdampak pada pemanasan global. Tujuan penelitian adalah mengetahui simpanan karbon pada tegakan dan substrat mangrove di Desa Betahwalang Kabupaten Demak.

## MATERI DAN METODE

Materi penelitian ini menggunakan data vegetasi mangrove dalam bentuk biomasa pohon dan simpanan karbon berupa data DBH (*Diameter at Breast High*) atau panjang diameter batang pada vegetasi mangrove kategori pohon, jenis-jenis mangrove yang ada di Desa Betahwalang Kabupaten Demak dan data sedimen pada substrat mangrove. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif eksploratif yakni penelitian yang bertujuan untuk menggambarkan situasi atau kejadian yang diteliti dan dikaji pada waktu terbatas dan tempat tertentu (Hadi, 1979). Sedangkan metode eksploratif adalah metode yang bertujuan untuk menggali secara luas tentang sebab atau hal yang mempengaruhi terjadinya sesuatu (Arikunto, 2010). Metode deskriptif dilakukan dengan mengumpulkan seluruh data-data yang mendukung seperti data tegakan mangrove kategori pohon, koordinat lokasi dan kondisi parameter lingkungan di lokasi penelitian.

Metode penentuan lokasi penelitian yang digunakan adalah metode *purposive sampling*. Metode *purposive sampling* didasarkan pada pengambilan sampling berdasarkan pada tujuan tertentu (Arikunto, 2010). Metode ini merupakan salah satu cara dalam menentukan lokasi pengambilan sampel yang dimana pemilihan sekelompok subyek didasarkan atas ciri-ciri tertentu yang dipandang mempunyai kaitan erat dengan ciri-ciri yang sudah diketahui sebelumnya (Hadi,

1978). Penentuan titik dilakukan sebelum melakukan pengambilan data lapangan. Penentuan dan pertimbangan dilakukan dengan pengamatan melalui citra satelit, dan setelah dilakukan dengan pengamatan melalui citra satelit, dan setelah ditentukan titiknya dilakukan survei lapangan pendahuluan.

Penentuan stasiun berdasarkan kondisi dominansi spesies tertentu dan kerapatan sehingga stasiun yang ditetapkan sebagai sampel mewakili ekosistem mangrove yang ada di Desa Betahwalang. Lokasi penelitian dibagi menjadi 4 stasiun dengan masing-masing 3 plot. Setiap Stasiun diberi nama Betahwalang (BW). Stasiun BW 1 didominasi oleh genus *Rhizophora* dengan kerapatan tinggi, Stasiun BW 2 dan BW 3 didominasi oleh genus *Rhizophora* dan *Avicennia* dengan kerapatan sedang, dan BW 4 didominasi oleh genus *Avicennia* dengan kerapatan jarang. Jarak antara stasiun lebih dari 300 m.

### Analisis Biomassa Mangrove

Perhitungan biomassa menggunakan persamaan allometrik yang sesuai dengan karakteristik lokasi pengukuran yang meliputi zona iklim, tipe hutan, dan jika memungkinkan nama jenis atau kelompok jenis (SNI, 2011). Biomassa terbagi menjadi dua bagian, yaitu *above ground biomass* dan *below ground biomass* (Rusolono *et al.*, 2015). Namun, pada penelitian ini hanya menghitung karbon di atas permukaan saja atau *above ground biomass*. Untuk menghitung nilai biomassa pada pohon mangrove menurut Komiyama *et al.* (2005) dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$W_{top} = 0,251 \times \rho \times D^{2,46}$$

Keterangan :  $W_{top}$  = Biomassa tegakan mangrove (kg);  $\rho$  = Kerapatan kayu ( $\text{g/cm}^3$ );  $D$  = Diameter batang pohon (cm)

Untuk mengetahui nilai kerapatan kayu pada masing-masing spesies mangrove dapat dilihat pada Tabel 1

### Analisis Karbon Mangrove

SNI (2011) menyatakan bahwa stok karbon diestimasi dari biomasanya. Sehingga jumlah karbon yang tersimpan 0,47 dari nilai biomasanya. Setelah perhitungan stok karbon dalam satuan kilogram per meter kuadrat, stok karbon harus dikonversi menjadi satuan ton per hektar.

### Analisis Karbon Sedimen

Analisis karbon sedimen menurut Manengkey (2010), dilakukan dengan mencari tahu nilai bahan organik dari sedimen tersebut dengan metode LOI (*Loss on Ignition*). Menurut Howard *et al.* (2014) perlakuan untuk metode LOI adalah sampel sedimen ditempatkan dalam cawan aluminium, kemudian dimasukan ke dalam oven yang sudah diatur suhu ( $60^\circ\text{C}$ ) dan waktunya 48 jam. Setelah kering, sampel kemudian dihaluskan dengan menggunakan mortar agar kondisi setiap sub-sampel menjadi homogen sebelum dilakukan pembakaran. Tempatkan setiap sub-sampel yang sudah dihaluskan tersebut kedalam kantong plastik (*zipper bag*), dan di timbang sebanyak  $\pm 2$  gram sampel yang sudah dihaluskan kemudian tempatkan pada *crucible porcelain*. Masukan sampel tersebut ke dalam *muffle furnace* dan bakar dengan suhu  $450^\circ\text{C}$  selama 4 jam, kemudian kembali ditimbang. Maka didapatkan hasil untuk bahan organik dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Bahan Organik} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\%$$

Menurut Agus *et al.* (2011) kandungan karbon organik sedimen (*soil organic carbon content*, Corg) merupakan masa karbon pada setiap satuan berat tanah. Kemudian untuk mengetahui kandungan karbon pada setiap sampel dapat diperoleh dengan mengkonversikan nilai 1/1,724. Menurut Agus *et al.* (2011) nilai 1/1,724 merupakan angka konversi bahan organik dengan karbon.

**Tabel 1.** Nilai Kerapatan Kayu Mangrove

No	Nama	Nilai Kerapatan Kayu (g/cm <sup>3</sup> )
1	<i>Avicennia alba</i>	0,5600
2	<i>Rhizophora mucronata</i>	0,8483
3	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,8814
4	<i>Avicennia marina</i>	0,7316
5	<i>Sonneratia caseolaris</i>	0,3400

Sumber: Hariah dan Rahayu (2007).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan nilai dari pengukuran diameter pada setiap stasiun akan menghasilkan nilai dari biomassa atau energi yang tersimpan pada tegakan mangrove itu sendiri. Data yang digunakan adalah data diameter pohon yang ada di masing-masing stasiun penelitian yang memiliki kategori pohon atau diameter  $\geq 5$  cm. Nilai dari biomassa pada tegakan vegetasi mangrove di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil dari perhitungan biomassa tegakan mangrove merupakan perhitungan awal yang digunakan untuk menentukan simpanan karbon tegakan pada vegetasi mangrove. Sesuai dengan hasil Tabel 2 bahwa biomassa tegakan pada vegetasi mangrove terdapat tiga kategori yang membedakannya. Kategori tinggi, sedang, dan rendah. Stasiun BW 3 merupakan kategori tinggi karena nilai biomasanya sebesar 1.722,88 ton/ha, untuk kategori sedang ada Stasiun BW 1 dan Stasiun BW 2 dengan nilai berturut-turut sebesar 934,77 ton/ha dan 875,59 ton/ha. Sedangkan kategori terendah adalah Stasiun BW 4 dengan nilai 50,58 ton/ha. Apabila diurutkan berdasarkan biomassa paling banyak yaitu Stasiun BW 3, Stasiun BW 1, Stasiun BW 2, dan Stasiun BW 4.

Hasil dari perhitungan biomassa tegakan mangrove yang telah dihitung kemudian akan dilanjutkan dengan menghitung total karbon tegakan yang ada di vegetasi mangrove. Simpanan karbon pada tegakan mangrove mempunyai nilai yang berbeda-beda di setiap stasiun penelitian. Stasiun BW 3 merupakan stasiun yang memiliki simpanan karbon tertinggi yaitu 809,77 ton/ha, stasiun BW 1 merupakan stasiun yang memiliki simpanan karbon tertinggi nomer dua yaitu 439,19 ton/ha, sedangkan stasiun BW 2 merupakan stasiun yang memiliki simpanan karbon tertinggi nomer tiga yaitu 411,53 ton/ha, dan stasiun BW 4 merupakan stasiun yang memiliki simpanan karbon paling rendah yaitu 23,77 ton/ha.

Penentuan total karbon yang terdapat pada substrat mangrove dilakukan dengan mencari nilai bahan organik yang telah diketahui dari analisis di laboratorium. Sehingga hasil perhitungan karbon pada substrat dengan rumus  $1/1,724$  atau  $0.58$  dari berat bahan organik. Hasil dari perhitungan nilai karbon pada substrat dapat dibedakan menjadi tiga kategori yaitu tertinggi terdapat pada stasiun BW 4 sebesar 31.05 ton/ha, kategori sedang terdapat pada stasiun BW 1 sebesar 26.79 ton/ha, dan kategori rendah terdapat pada stasiun BW 2 sebesar 20.32 ton/ha dan stasiun BW 3 sebesar 18.10 ton/ha. Nilai dari masing-masing karbon tegakan dan substrat di setiap Stasiun dapat dilihat pada Tabel 3.

Pada penelitian ini nilai biomassa dan simpanan karbon tegakan mangrove di Stasiun BW 3 merupakan nilai tertinggi dari semua Stasiun. Faktor yang mempengaruhi biomassa dan simpanan karbon pada tegakan mangrove selain kerapatan pohon adalah spesies pada suatu vegetasi mangrove dan diameter batangnya. Pada Stasiun BW 3 spesies *A. marina* dan *A. alba* memiliki diameter batang cukup besar yaitu, antara 5 - 50 cm sehingga diduga mendapatkan nilai biomassa dan simpanan karbon pada tegakan paling tinggi di antara empat stasiun lainnya di Desa Betahwalang. Hal ini didukung oleh pernyataan Hariah dan Rahayu (2007), bahwa ukuran diameter batang berbanding lurus dengan nilai biomasa, semakin tinggi diameter batang maka mengindikasikan semakin tua pohon tersebut dan mempunyai cadangan karbon yang lebih banyak. Menurut Sjostrom (1998), semakin besar potensi biomassa tegakan diakibatkan oleh semakin tua umur tegakan tersebut dikarenakan diameter pohon mengalami pertumbuhan melalui

pembelahan sel yang berlangsung secara terus menerus dan akan terbentuk sel-sel baru yang akan menambah diameter batang. Pengaruh dari tingginya nilai diameter batang berbanding lurus dengan nilai biomassa pohon. Hal ini sependapat dengan Adinugroho (2001) menyatakan bahwa erat antara dimensi (diameter dan tinggi) dengan biomasnya terutama dengan diameter pohon. Seiring pertumbuhan suatu tegakan pohon maka akan menghasilkan nilai biomassa dan karbon tersimpan yang besar pula karena terjadi penyerapan CO<sub>2</sub> dari atmosfer melalui proses fotosintesis menghasilkan biomassa yang dialokasikan ke daun, ranting, batang, dan akar yang mengakibatkan penambahan diameter dan tinggi pohon.

Stasiun BW 1 mendapatkan nilai biomassa dan karbon tertinggi kedua setelah Stasiun BW 3. Stasiun BW 1 adalah titik yang paling dekat dengan pemukiman dan dekat dengan muara pantai. Tiga spesies mangrove yang ditemukan pada stasiun ini yaitu *R. apiculata*, *R. mucronata*, *Sonneratia caseolaris*. Pada Stasiun BW 1 didapatkan nilai biomassa pohon 934,77 ton/ha dan simpanan karbon pada tegakan sebesar 439,19 ton/ha. Jika dibandingkan dengan stasiun BW 2 nilai tersebut tidak memiliki jarak nilai terlalu jauh karena stasiun BW 1 dan BW 2 hampir berdekatan. Selain itu juga spesies yang didapatkan pada Stasiun BW 1 dan BW 2 hanya

**Tabel 2.** Biomasa Tegakan Mangrove Di Lokasi Penelitian

Stasiun	Spesies	Ni	Biomassa (ton/ha)
BW 1	<i>Rhizophora apiculata</i>	65	697,58
	<i>Rhizophora mucronata</i>	33	233,38
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	1	3,81
	Total	99	934,77
BW 2	<i>Rhizophora apiculata</i>	77	344,92
	<i>Rhizophora mucronata</i>	12	52,07
	<i>Avicennia marina</i>	14	390,73
	<i>Avicennia alba</i>	6	87,87
	Total	109	875,59
BW 3	<i>Rhizophora mucronata</i>	38	356,71
	<i>Avicennia alba</i>	13	906,13
	<i>Avicennia marina</i>	8	460,04
	Total	59	1.722,88
BW 4	<i>Avicennia alba</i>	8	8,20
	<i>Avicennia marina</i>	29	41,94
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	1	0,45
	Total	38	50,59

Keterangan : BW = Betahwalang; Ni = Jumlah Spesies

**Tabel 3.** Total Karbon Mangrove Di Lokasi Penelitian

Lokasi	Simpanan Karbon Tegakan (ton/ha)	Simpanan Karbon pada Substrat (ton/ha)
Stasiun BW 1	439,19	26,79
Stasiun BW 2	411,53	20,32
Stasiun BW 3	809,77	18,10
Stasiun BW 4	23,77	31,05
TOTAL	1.684,26	96,26

Keterangan : BW = Betahwalang

dibedakan adanya genus *Avicennia* di Stasiun BW 2. Hal ini diduga membuat total nilai biomassa dan simpanan karbon pada tegakan di stasiun BW 2 berbeda karena kerapatan jenis kayu antara spesies berbeda-beda. Hal ini didukung oleh Hariah dan Rahayu (2007), yang menyatakan bahwa kerapatan kayu *Rhizophora* sp. lebih tinggi dibandingkan dengan kerapatan kayu genus *Avicennia* sp. dimana nilai kerapatan kayu genus *Rhizophora* sp. sebesar 0,8 - 0,9 g/cm<sup>3</sup> dan genus *Avicennia* sp. sebesar 0,6 – 0,7 g/cm<sup>3</sup>.

Stasiun BW 4 merupakan titik yang memiliki biomassa dan simpanan karbon pada tegakan paling rendah dibandingkan dengan ketiga stasiun lainnya. Stasiun BW 4 memiliki 3 spesies yaitu *A. alba*, *A. marina*, dan *S. caseolaris*. Stasiun ini terletak di delta sungai dimana merupakan lahan yang terbentuk dari endapan sehingga vegetasi mangrove yang ada dititik tersebut masih berumur muda dan kecil sehingga hanya mendapatkan nilai biomassa tegakan sebesar 50,59 ton/ha dan simpanan karbon tegakan sebesar 23,77 ton/ha. Hal inilah yang diduga membuat nilai biomassa dan simpanan karbon pada tegakan di Stasiun BW 4 paling rendah. Selain itu diameter pohon yang didapatkan pada Stasiun BW 4 hanya berkisar 5 - 7 cm saja dan tidak ditemukan genus *Rhizophora* yang memiliki kerapatan tinggi. Hal ini didukung oleh pernyataan Hariah dan Rahayu (2007), ukuran diameter batang berbanding lurus dengan nilai biomassa.

Selain perbedaan ukuran diameter batang, jenis, dan kerapatan mangrove faktor lain yang mempengaruhi adalah lingkungannya. Perbedaan setiap stasiun terlihat nyata dimana stasiun BW 4 merupakan tanah delta, hasil terbentuknya endapan sedimen yang menjadi gundukan. Sedangkan untuk stasiun lainnya relatif berdasarkan jenis dan diameter pohon mangrovenya sehingga tidak terlalu memiliki jarak yang jauh simpanan karbon pada tegakan mangrove. Parameter lain yang secara tidak langsung mempengaruhi simpanan karbon pada tegakan mangrove adalah pH, salinitas, dan suhu yang ditunjukkan pada Lampiran 4. Nilai pH pada Stasiun BW 1 dan BW 4 adalah 7 serta pada Stasiun BW 2 dan BW 3 adalah 6, artinya nilai pH 6 adalah asam dan pH 7 adalah netral hal ini diduga tidak mempengaruhi simpanan karbon pada tegakan mangrove. Menurut pendapat Winarso (2005), nilai pH untuk kawasan mangrove yang sangat produktif untuk pertumbuhan mangrove berkisar 8 - 9. Namun pada lokasi penelitian mendapatkan nilai pH 6 – 7 dimana merupakan pH yang cukup produktif untuk mendukung pertumbuhan. Walaupun nilai pH hanya berpengaruh kecil terhadap pertumbuhan tetapi berpengaruh besar terhadap bahan organik yang dihasilkan karena pH yang tinggi lebih mendukung organisme pengurai untuk menguraikan bahan organik yang jatuh di daerah mangrove. Hal ini didukung oleh pernyataan Utami dan Handayani (2003), bahwa pH dapat meningkatkan bahan organik karena didalam bahan organik terdapat C-organik tanah dan juga C-organik tanah dapat mempengaruhi sifat tanah menjadi lebih baik secara fisika, kimia, dan biologi. Karbon merupakan sumber makanan mikroorganisme tanah, sehingga keberadaan C-organik dalam tanah memacu kegiatan mikroorganisme sehingga meningkatkan proses dekomposisi tanah dan juga reaksi-reaksi memerlukan bantuan mikroorganisme untuk mendapatkan unsur hara.

Nilai salinitas pada penelitian ini berkisar 3 – 20 ppt dimana hal ini tidak sesuai dengan pernyataan Aksornkoe (1993), salinitas optimum untuk pertumbuhan mangrove adalah sekitar 28 ppt - 34 ppt. Namun pernyataan ini sesuai dengan Keliat *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa mangrove dapat tumbuh dan mampu bertahan hidup di daerah salinitas yang tinggi dan rendah. Perbedaan salinitas pada setiap Stasiun diduga tidak mempengaruhi kandungan biomasa dan karbon pada tegakan. Perbedaan yang cukup signifikan terjadi karena satu hari sebelum pengambilan data terjadi hujan yang cukup lebat sehingga untuk Stasiun BW 1 dan BW 2 mendapatkan nilai salinitas kecil dibandingkan dengan Stasiun BW 3 dan BW 4 yang tidak terkena hujan. Hal ini sesuai dengan Praveena *et al.* (2011), yang menyebutkan bahwa curah hujan mempengaruhi nilai salinitas pada suatu perairan, semakin tinggi tingkat curah hujan di daerah tersebut, maka salinitasnya akan berkurang dan sebaliknya, dikarenakan terjadinya pengenceran oleh air hujan.

Menurut Tomlinson (1994), mangrove bisa tumbuh pada perairan dengan suhu batas rata-rata 26-28 °C. Nilai suhu perairan di setiap stasiun berkisar 28-30 °C. Artinya nilai suhu di setiap stasiun penelitian masih mendekati normal untuk mangrove dapat tumbuh. Suhu perairan yang

berbeda pada setiap stasiun diduga terjadi karena waktu pengambilan data yang berbeda-beda disetiap stasiunnya.

Hasil simpanan karbon pada tegakan mangrove di penelitian ini diduga dipengaruhi oleh faktor tidak langsung yaitu pasang surut air laut. Pasang surut mempengaruhi secara tidak langsung simpanan karbon pada tegakan mangrove hal ini terjadi karena semakin tinggi nilai biomassa pohon maka sebanding lurus dengan nilai karbon tegakan yang secara langsung dipengaruhi oleh diameter, umur, dan kerapatan. Hal ini didukung oleh pernyataan Hariah dan Rahayu (2007), bahwa ukuran diameter batang berbanding lurus dengan nilai biomassa, semakin tinggi diameter batang maka mengindikasikan semakin tua pohon tersebut dan mempunyai cadangan karbon yang lebih banyak. Akan tetapi untuk tumbuh dengan baik mangrove memerlukan pasang surut secara berkala. Tidak dapat diduga secara pasti apakah pasang surut dapat mempengaruhi tingginya nilai biomassa dan karbon tegakan mangrove. Namun, pasang surut dan faktor lingkungan yang baik akan mempengaruhi siklus ekosistem mangrove hal inilah diduga dapat mempengaruhi biomassa tumbuhan sehingga akan didapatkan nilai karbon tegakan yang baik pula. Hal ini didukung oleh pernyataan Christon *et al.* (2012), bahwa pertumbuhan mangrove sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor fisika termasuk suhu, jenis substrat, salinitas, dan pasang surut. Pasang surut disini akan mempengaruhi larutannya nutrient didalam air sehingga bermanfaat untuk pertumbuhan mangrove.

Pada penelitian ini didapatkan nilai estimasi simpanan karbon pada substrat mangrove Stasiun BW 1 sebesar 26,79 ton/ha, Stasiun BW 2 sebesar 20,32 ton/ha, Stasiun BW 3 sebesar 18,10 ton/ha, dan Stasiun BW 4 sebesar 31,05 ton/ha. Total karbon pada substrat yang didapatkan dari penelitian ini sebesar 96,26 ton/ha. Perbedaan hasil pada setiap stasiun dikarenakan pemilihan stasiun penelitian, curah hujan, dan alih fungsi lahan. Rendahnya nilai karbon pada substrat di penelitian ini karena saat pengambilan data terjadi hujan hal ini duga menghilangkan lapisan permukaan tanah yang subur, kemudian alih fungsi lahan yang telah dilakukan oleh masyarakat sekitar membuat berubahnya kandungan bahan organik, dan pemilihan letak stasiun penelitian.

Sedangkan nilai estimasi simpanan karbon substrat pada Stasiun BW 3 merupakan yang terendah yaitu 18,10 ton/ha hal ini diduga terjadi karena keadaan Stasiun BW 3 banyak terdapat sampah di atas permukaannya sehingga mempengaruhi proses dekomposisi dari serasah yang jatuh pada tanah, dimana serasah yang jatuh seharusnya dapat terurai ditanah akan tetapi serasah yang jatuh terhalang oleh adanya sampah yang menutupinya. Sabarnurddin (2002), mengatakan bahwa sumber bahan organik yang utama pada tumbuhan berasal dari daun, kayu, semak, dan rumput. Jadi dapat dinyatakan bahwa bahan organik pada sedimen mangrove berasal dari serasah pohon mangrove itu sendiri yang mengalami dekomposisi. Hal ini tidak terjadi di Stasiun BW 3.

Stasiun BW 1 mendapatkan karbon substrat sebesar 26,79 ton/ha merupakan nilai tertinggi kedua dari semua stasiun yang ada. Stasiun BW 1 merupakan wilayah yang selalu tergenang air dan sedikit adanya sampah sehingga proses dekomposisi dilakukan dengan baik, selain itu Stasiun BW 1 merupakan stasiun yang paling dekat dengan muara sungai sehingga diduga muara sungai menjadi salah satu sumber bahan organik yang didapat dari daratan. Bahan organik dari daratan pertama kali akan sampai ke Stasiun BW 1 karena lokasinya paling dekat dengan muara sungai dibandingkan dengan stasiun lainnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Arisandy *et al.* (2012), yang menyatakan bahwa daerah yang berdekatan dengan muara sungai memiliki kandungan bahan organik paling tinggi. Tingginya bahan organik sejalan dengan tingginya kandungan karbon pada substrat.

Stasiun BW 4 memiliki nilai karbon substrat mangrove tertinggi dari semua stasiun yaitu 31,05 ton/ha. Stasiun BW 4 terletak paling dekat dengan laut lepas dan memiliki paling sedikit sampah plastik, hal ini diduga mempengaruhi tingginya nilai karbon substrat mangrove, selain itu Stasiun BW 4 merupakan tempat hasil sedimentasi dari laut ke darat sehingga membentuk wilayah delta. Proses sedimentasi yang besar diduga dipengaruhi oleh adanya pasang surut yang mengakibatkan bahan organik dari wilayah lain dapat tersimpan di Stasiun BW 4.

Perbedaan hasil simpanan karbon pada masing-masing stasiun diduga dipengaruhi kondisi lahan, kesuburan, umur tanaman dan faktor lingkungan lainnya. Hariah dan Rahayu (2007), menyatakan penyimpanan karbon substrat menjadi lebih besar apabila kondisi kesuburan substrat baik. Hubungan simpanan karbon pada tegakan dan substrat menunjukkan adanya hubungan dengan biomasa. Hal tersebut ditunjukkan dengan meningkatnya nilai simpanan karbon pada tegakan sebanding pula dengan naiknya nilai biomasa. Hal ini diduga simpanan karbon dipengaruhi oleh biomasa.

## KESIMPULAN

Estimasi karbon yang tersimpan pada tegakan vegetasi mangrove di Desa Betahwalang Kecamatan Bonang Kabupaten Demak adalah 1.684,26 ton/ha dan pada substrat 96,26 ton/ha, sehingga total karbon yang tersimpan dalam hutan mangrove tersebut adalah 1.780,52 ton/ha. Hasil penelitian ini memberikan wawasan bagi masyarakat sekitar tentang pentingnya keberadaan hutan mangrove sebagai penyerap gas CO<sub>2</sub> di atmosfer dan memberikan motivasi bagi masyarakat sekitar untuk terus melestarikan hutan mangrove.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, W.C., & Sidiyasa, K., 2006. Model Pendugaan Biomassa Pohon Mahoni (*Swietenia macrophylla* King) di atas Permukaan Tanah. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 3(1):103-117. DOI:10.20886/jphka.2006.3.1.103-117
- Agus, F., Hariah, K., & Mulyani, A., 2011. Measuring Carbon Stock in Peat Soil: Practical Guidelines. World Agroforestry Center (ICRAF) and Indonesian Soil Research Institute., Bogor. 154 hlm.
- Aksornkoae, S., 1993. Ecology and Management of Mangrove. IUCN, Bangkok.
- Arikunto., 2010. Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktek (Edisi Revisi). PT Pemuda Cipta, Jakarta. 172 hlm.
- Arisandy, K.R., Herawati, E.Y., & Suprayitno, E., 2012. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*, 1(1):15-25.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia., 2011. Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon -Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (*ground based forest carbon accounting*). BSN. Jakarta.
- Christon., Djunaedi, O.S., & Purba, N.P., 2012. Pengaruh Tinggi Pasang Surut Terhadap Pertumbuhan dan Biomassa Daun Lamun *Enhalus acoroides* di Pulau Pari Kepulauan Seribu Jakarta. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(3):287-294.
- Faturrohmah, S., & Marjuki, B., 2017. Identifikasi Dinamika Spasial Sumberdaya Mangrove di Wilayah Pesisir Kabupaten Demak Jawa Tengah. *Majalah Geografi Indonesia*, 31(1):56-61. DOI:10.22146/mgi.24234
- Gunawan, H., & Anwar., 2005. Analisa Keberhasilan Rehabilitasi Mangrove di Pantai Utara Jawa Tengah. Info Hutan II.
- Hadi, S., 1979. Methodology Research II. Yayasan Penerbit Fakultas Psikologi. UGM. Yogyakarta.
- Hariah, K., & Rahayu, S., 2007. Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan., *World Agroforestry Centre ICRAF.*, Bogor, 21 hlm.
- Hogarth, P.J., 2007. The Biology of Mangrove and Seagress. Oxford University Press. New York.
- Keliat, D.A., Basyuni, N., & Utomo, B., 2016. Pengaruh Salinitas Terhadap dan Perkembangan Akar Semai Mangrove *Rhizophora apiculata* blume. *Journal Pernon Forest Science.*, 5(4): 49-60.
- Komiyama, A., Pounpam, S., & Karto, S., 2005. Common Allometric Equations for Estimating The Tree Weight of Mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21(4):471-477. DOI: 10.1017/S0266467405002476



- 
- Manengkey, H.W.K., 2010. Kandungan Bahan Organik Sedimen Di Perairan Teluk Buyut dan Sekitarnya. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*, 6(3):114-119. DOI:10.35800/jpkt.6.3.2010.154
- Praveena, S.M., Abdullah, M.H., Bidin, K., & Aris, A.Z., 2011. Understanding of Groundwater Salinity using Statistical Modeling in a Small Tropical Island, East Malaysia. *Environmentalist*, 31(3):279-287. DOI:10.1007/s10669-011-9332-y
- Rahmah, F., Hariul, B., & Sufardi., 2014. Potensi Karbon Tersimpan Pada Lahan Mangrove dan Tambak Di Kawasan Pesisir Kota Banda Aceh. *Aceh: Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 4(1):527-534.
- Rusolono, T., Tatang, T., & Judin, P., 2015. Analisis Survey Cadangan Karbon dan Keanekaragaman Hayati di Sumatera Selatan (Panduan Survei Cadangan Karbon dan Keanekaragaman Hayati di Sumatera Selatan). Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Dinas Kehutanan Provinsi Sumatera Selatan. German International Cooperation (GIZ).
- Sanu, P., 2001. Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 1400. PT Gramedia Widia Sarana Indonesia, Jakarta.
- Sjostrom, E., 1998. Kimia Kayu: Dasar-Dasar Penggunaan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Suhardjono, Y.R., & Adi, S., 1998. Pengembangan Rancangan Pendayagunaan Fauna Mangrove Indonesia : Kendala dan Peluang yang Tersedia. Prosiding Seminar IV Ekosistem Mangrove.,144-126.
- Supriharyono., 2000. Pelestarian dan Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir Tropis. PT Gramedia Widia Sarana Indonesia, Jakarta.
- Tomlinson, P.B., 1994. The Botany of Mangroves. Cambridge University Press. New York.
- Utami, S.N., & Handayani, S., 2013. Sifat Kimia Entisol pada Sistem Pertanian Organik. *Ilmu Pertanian*, 10(2):63-69.
- Windarni, C., Agus, S., & Rusita., 2018. Estimasi Karbon Tersimpan Pada Hutan Mangrove Di Desa Margasari Kecamatan Labuhan Meringgai Kabupaten Lampung Timur. *Lampung: Jurnal Sylva Lestari*, 6(1):66-74. DOI:10.23960/jsl1667-75
- Winarso., 2005. Kesuburan Tanah. Gava Media. Yogyakarta.