

Estimasi Serapan Karbon pada Kawasan Mangrove Tapak di Desa Tugurejo Semarang

Nurul Yaqin*, Mayang Rizkiyah, Epafras Andrew Putra, Suryanti Suryanti, Sigit Febrianto

*Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Departemen Sumberdaya Akuatik
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto S.H, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia
Email : nurulyaqinyaqin755@gmail.com*

Abstrak

Pemanasan global ditandai dengan meningkatnya suhu permukaan bumi yang diakibatkan meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer seperti gas CO₂ dan CH₄ yang dihasilkan dari sektor industri, aktivitas transportasi, dan kegiatan pertanian maupun peternakan. Ekosistem mangrove memiliki fungsi ekologis yang penting bagi wilayah pesisir sebagai penyerap dan penyimpan karbon dalam upaya mitigasi pemanasan global. Kawasan pesisir pantai di Desa Tugurejo yang memiliki mangrove adalah wilayah Tapak. Luas mangrove di kawasan Tapak mencapai ±3,00 Ha. Maka perlu adanya penelitian tentang potensi mangrove tersebut sebagai penyerap dan penyimpan karbon. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah mengetahui estimasi simpanan dan serapan CO₂ di kawasan desa Tugurejo Semarang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode survey. Simpanan karbon pada batang mangrove menggunakan metode *non-destructive* sampling dengan persamaan alometrik untuk jenis dan penentuan karbon organik serasah dan sedimen menggunakan metode LOI (Loss On Ignition). Penentuan stasiun menggunakan metode purposive sampling. Hasil penelitian yang diperoleh ditemukan 2 jenis mangrove yaitu *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina*. Kandungan karbon pada tegakan mangrove sebesar 399,06 tonC/ha. Serapan CO₂ pada tegakan sebesar 1.463,22 ton/ha. Kandungan karbon pada sedimen 760,908 tonC/ha. Serapan CO₂ pada sedimen sebesar 2.789,996 ton/ha. Kandungan karbon pada serasah sebesar 8,19 ton/ha/hari dan serapan CO₂ sebesar 30,02 ton/ha/hari.

Kata kunci : serapan CO₂, stok CO₂, mangrove, Desa Tugurejo

Abstract

Estimation of Carbon Sequestration in the Mangrove Site Area in Tugurejo Village, Semarang

*Global warming is marked by an increase in the earth's surface temperature due to the increasing concentration of greenhouse gases in the atmosphere such as CO₂ and CH₄ gases produced from the industrial sector, transportation activities, and agricultural and livestock activities. Mangrove ecosystems have important ecological functions for coastal areas as carbon sinks and stores in efforts to mitigate global warming. The coastal area in Tugurejo Village which has a mangrove is the Tapak area. The mangrove area in the Tapak area reaches ± 3.00 Ha. So there is a need for research on the potential of mangroves as carbon sinks and stores. The purpose of this research is to determine the estimated CO₂ savings and absorption in the village area of Tugurejo, Semarang. The method used in this research is the survey method. The survey method is direct observation and sampling in the field. Determination of the station using purposive sampling method. The results obtained were found 2 types of mangroves, namely *Rhizophora mucronata* and *Avicennia marina*. The carbon content in the mangrove stands was 399.06 ton C / ha. CO₂ uptake in stands was 1463.22 ton/ha. The carbon content in the sediment was 760,908 tonC / ha. The absorption of CO₂ in the sediment is 2789,996 ton/ha. The carbon content in the litter is 8.19 ton/ha/ day and CO₂ absorption is 30.02 ton/ha/day.*

Keywords : CO₂ Uptake, CO₂ Stock, mangroves, Tugurejo Village

PENDAHULUAN

Permasalahan lingkungan pada ekosistem pesisir saat ini sudah menjadi perhatian yang cukup

serius. Mangrove sebagai salah satu ekosistem pesisir memiliki berbagai permasalahan lingkungan seperti konversi lahan (sepertri

dijadikan sebagai tambak, tempat wisata), penebangan pohon, kegiatan reklamasi dan abrasi, serta terjadinya pemanasan global. Timbulnya permasalahan tersebut diakibatkan oleh adanya aktivitas manusia yang terjadi secara terus menerus yang mengakibatkan ekosistem mangrove mengalami kerusakan.

Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang memiliki peranan penting bagi kehidupan makhluk hidup. Peranan penting mangrove terdiri dari segi ekologis dan ekonomis. Mangrove juga berfungsi sebagai penyerap karbon di atmosfer dan merupakan bagian dari konsep *blue carbon*, dimana memiliki peranan dalam menyimpan karbon baik pada jaringan maupun didalam sedimen (Sondak dan Chung, 2015; Nasprianto, *et al.* 2016).

Menurut Donato *et al.*, (2012) mangrove dapat menyimpan lebih dari tiga kali rata-rata penyimpanan karbon per hektar oleh hutan tropis daratan. Bachmid *et al.*, 2018 menyatakan bahwa fungsi optimal penyerapan karbon oleh mangrove mencapai hingga 77,9 %, dimana karbon yang diserap tersebut disimpan dalam biomassa mangrove yaitu pada beberapa bagian seperti pada batang, daun, dan sedimen. Menurut Kauffman *et al.* (2012) simpanan karbon pada mangrove lebih tinggi dimana simpanan karbon terbesar terdapat pada sedimen mangrove. Daun dan ranting pohon mangrove yang gugur didekomposisi oleh mikroorganisme, dan menjadi salah satu sumber bahan organik pada sedimen mangrove.

Desa Tugurejo terletak di Kecamatan Tugu Kota Semarang berada di wilayah pesisir utara Jawa Tengah. Spesies mangrove yang mendominasi adalah *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina*. Adanya mangrove di kawasan ini, memiliki beberapa potensi di antaranya untuk kegiatan eco-eduwisata mangrove dan beberapa kegiatan pelestarian lingkungan pesisir. Kawasan pesisir pantai di Desa Tugurejo adalah salah satu wilayah pesisir kota Semarang yang kondisi mangrovenya mengalami kerusakan akibat adanya abrasi sebesar 1.211,20 ha dan mengalami kemunduran garis pantai hingga 1,7 kilometer tepatnya di wilayah Tapak. Luas mangrove di kawasan Tapak mencapai $\pm 3,00$ Ha. Abrasi disebabkan oleh alih fungsi lahan mangrove menjadi lahan tambak. Berkurangnya luas wilayah pesisir berdampak pula pada peran kawasan mangrove sebagai vegetasi penyerap

karbondioksida (Hakim *et al.*, 2016; Irsadi *et al.*, 2017).

Mangrove di Dukuh Tapak memiliki kandungan biomassa sebesar sebesar 1.507,91 ton/ha, kandungan stok karbon sebesar 708,2 ton C/ha, dan mampu menyerap CO₂ sebesar 2.598,65 ton/ha. Pola hubungan antara kerapatan dengan biomassa, biomassa dengan stok karbon, dan stok karbon dengan serapan CO₂ menunjukkan adanya tiga macam persamaan yang memiliki nilai korelasi (*r*) yang positif masing-masing sebesar 0,67, 1,00, dan 1,00 (Irsadi *et al.*, 2017).

Penelitian terdahulu hanya mengetahui karbon pada biomasa namun pada penelitian ini ditambahkan dengan data simpanan karbon dengan interval kedalaman sedimen dari kedalaman 10-50 cm. Hal tersebut dilakukan dikarenakan sedimen merupakan penyerap karbon tertinggi. Menurut Meidiana *et al.* (2019), bahwa sedimen pada hutan mangrove merupakan penyimpan karbon tertinggi dikarenakan serasah yang jatuh ke sedimen akan didekomposisi oleh mikroorganisme yang akan menjadi salah satu sumber bahan organik pada sedimen hutan mangrove tersebut. Jika telah mengetahui besarnya cadangan karbon tersimpan pada hutan maka dapat diketahui besarnya fungsi kawasan tersebut dalam mitigasi perubahan iklim. Usaha untuk mengetahui potensi hutan mangrove sebagai pengikat karbon dan peranannya dalam mitigasi perubahan iklim dapat dilakukan melalui penelitian mengenai estimasi serapan karbon pada hutan mangrove yang terserap melalui *above ground*, dan *below ground*. Peran penting mangrove dalam menyerap karbon dan mitigasi serta adaptasi perubahan iklim perlu dipelajari lebih lanjut, penelitian ini akan mengkaji tentang estimasi serapan karbon pada hutan mangrove.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan September hingga Oktober 2020 di Kawasan konservasi mangrove Desa Tugurejo Kota Semarang. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

Metode yang digunakan yaitu metode *survey*, yaitu pengamatan dan pengambilan data langsung dilapangan. Penentuan titik stasiun dilakukan secara *purposive*, yaitu menentukan lokasi secara sengaja dengan memperhatikan dan mempertimbangkan kondisi dilokasi penelitian (Fachrul, 2007). Pertimbangan tersebut meliputi

stasiun I, lokasi yang berhadapan langsung dengan laut dan merupakan mangrove penanaman baru tahun 2010. Stasiun II, daerah dekat dengan tambak dan merupakan Kawasan rehabilitasi penanaman tahun 2010. Stasiun III, daerah mangrove yang berada di pertambakan. Stasiun IV, daerah mangrove yang berada dilokasi wisata dan terdapat aliran sungai.

Pengukuran Biomassa Tegakan

Pengukuran biomassa dilakukan dengan menggunakan data *diameter breast height* (DBH) diameter setinggi dada atau kurang lebih 1,3 m dari permukaan tanah yang diperoleh dari ukuran lingkaran tegakan (Penaranda *et al.*, 2019). Perhitungan biomassa menggunakan persamaan allometric biomassa batang mangrove (Tabel 1).

Menurut SNI 7724:2011 satuan untuk perhitungan simpanan karbon adalah ton per hektar (ton/ha). Maka dari itu konversi simpanan karbon batang adalah sebagai berikut:

$$\text{Simpanan Karbon (ton/ha)} = \text{Biomassa (kg/m}^2\text{)} \times 10$$

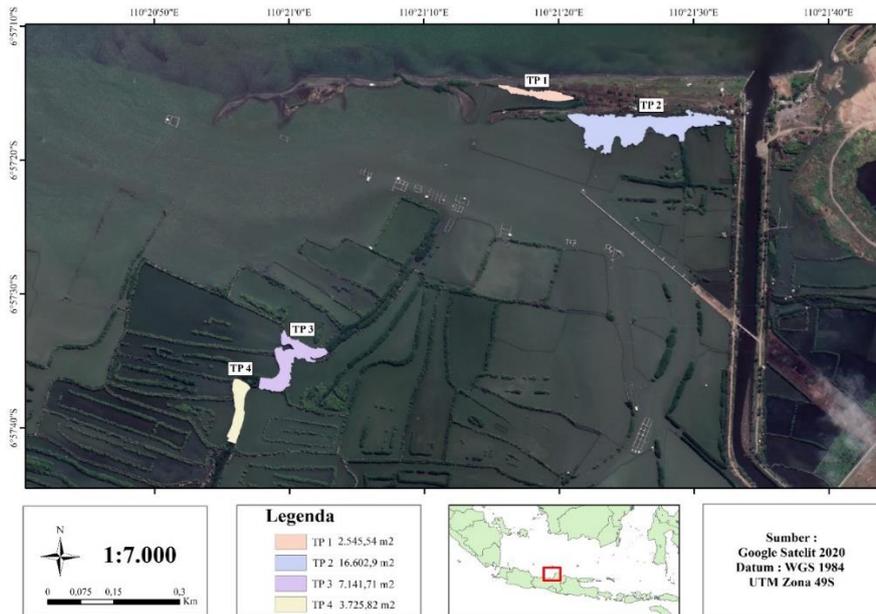
Karbon yang terkandung dalam bahan organik yaitu 46%, sehingga estimasi jumlah karbon tersimpan yaitu dengan mengalikan 46% atau 0,46 dengan biomassa seperti persamaan berikut:

$$\text{Simpanan Karbon (ton/ha)} = \text{Biomasa (ton/ha)} \times 0,46$$

Pengukuran karbon pada serasah

Sampel diambil menggunakan *litter trap* ukuran 1 m x 1 m (Farhaby dan Utama, 2019). *Litter trap* diletakkan selama 10 hari untuk mengetahui laju produksi serasah setiap harinya. Sampel kemudian dianalisis untuk menentukan nilai Karbon organik. Menurut Agus *et al.* (2011), kandungan karbon organik merupakan massa karbon untuk setiap satuan berat sampel. Apabila analisis hanya menghasilkan kandungan bahan organik (misalnya dengan metode LOI) maka kandungan karbon organik sampel diasumsikan 1/1,724 dari kandungan bahan organik, seperti rumus berikut:

$$\text{Karbon Organik (\%)} = \text{Bahan Organik (\%)} \times 0,58$$



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Tabel 1. Persamaan Allometrik Batang Mangrove

Jenis Mangrove	Persamaan Allometrik	Sumber Penelitian
<i>Rhizophora Mucronata</i>	$B = 0,1466 * \rho * D^{2,3136}$	Dharmawan, 2010
<i>Avicennia marina</i>	$B = 0,1848 * \rho * D^{2,3524D}$	harmawan dan Siregar, 2008

Ket : B = Biomassa (kg); D = Diameter setinggi dada (cm); ρ = Massa Jenis

Simpanan karbon pada bahan organik mati seperti serasah dapat diestimasi menggunakan formula nilai persentase karbon organik dikalikan dengan biomassa (SNI 7724:2011) :

$$\text{Simpanan Karbon (g/cm}^2\text{)} = \text{Biomassa (g/cm}^2\text{)} \times \% \text{ Karbon Organik}$$

Laju produksi karbon serasah setiap harinya dapat dihitung menggunakan rumus simpanan karbon dibagi lama pengambilan sampel.

Pengukuran karbon pada sedimen

Sampel sedimen diambil menggunakan sedimen *corer* kemudian sedimen dianalisis untuk menentukan C organik. Kadar Bahan Organik = Kadar Bahan Kering (%) - Kadar Abu (%) Selanjutnya karbon organik diperoleh dari asumsi 1/1,724 dari kandungan bahan organik, menurut Agus *et al.* (2011), dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Karbon Organik (\%)} = \text{Bahan Organik (\%)} \times 0,58$$

Simpanan karbon dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan menurut Ariani *et al.* (2016), sebagai berikut:

$$\text{Simpanan Karbon (g/cm}^2\text{)} = \text{Kd} \times \rho \times \% \text{C-Organik}$$

Keterangan: Kd = Kedalaman (cm); ρ = berat jenis tanah (bulk density) (g/cm³)

Menurut SNI 7724:2011 satuan untuk perhitungan simpanan karbon adalah ton per hektar (ton/ha). Maka dari itu konversi simpanan karbon sedimen adalah sebagai berikut:

$$\text{Karbon (ton/ha)} = \text{Karbon (g/cm}^2\text{)} \times 100$$

Konversi stok karbon ke total serapan CO₂ dapat menggunakan perbandingan massa atom relatif C. Menurut Kauffman dan Donato (2012) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{WCO}_2 = \text{Simpanan Karbon} \times 3,67$$

Keterangan; W = Serapan; 3,67 = Angka ekivalen atau konversi unsur C ke CO₂

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi ekosistem mangrove di wilayah Desa Tugurejo Semarang saat ini masih masuk

kedalam kategori cukup baik jika dibandingkan dengan mangrove daerah lain. Hal tersebut dikarenakan di Wilayah Tapak sering dilakukan kegiatan penyuluhan dan sosialisasi penanaman mangrove. Kegiatan ini biasanya dilakukan oleh masyarakat setempat maupun lembaga diluar masyarakat. Wilayah tapak sendiri memiliki komunitas masyarakat yang peduli lingkungan mangrove serta menjadi pengelola wisata mangrove disana. Kelompok masyarakat tersebut bernama PRENJAK (Perkumpulan Pemuda Pemuda Peduli Lingkungan Tapak). Adanya kelompok tersebut menjadikan wilayah mangrove Desa Tugurejo menjadi lebih maju dari sebelumnya. Namun kondisi tersebut tidak serta merta menjamin keamanan mangrove di desa tersebut dari berbagai tekanan kerusakan akibat aktivitas masyarakat, terutama masyarakat yang berada di sekitar mangrove untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Oleh karena itu perlu pengelolaan dan pengamanan lebih tegas.

Spesies yang diperoleh saat penelitian pada stasiun I dan II ditemukan dua jenis sedangkan untuk stasiun III dan IV hanya ditemukan satu jenis. Berdasarkan Tabel 2. hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa jenis yang paling mendominasi dan mempunyai peranan penting di ekosistem mangrove Desa Tugurejo adalah di stasiun III dan IV yaitu *R.mucronata* kemudian pada stasiun I dan II yaitu *R.mucronata* dan *A.marina* yang mempunyai INP lebih rendah dibandingkan dengan stasiun I dan II. Tingginya nilai INP pada stasiun III dan IV dikarenakan lokasi tersebut memiliki substrat berlumpur dimana sebagai habitat hidup dari *R.mucronata*. Menurut Rachmawati *et al.* (2014), spesies mangrove yang dominan hidup di daerah-daerah bersubstrat lumpur dalam adalah *R. mucronata*.

Berdasarkan Tabel 3. hasil yang diperoleh bahwa mangrove kategori pancang ditemukan pada stasiun I dan II yang didominasi spesies *R.mucronata* dengan nilai INP tertinggi. Menurut Renta *et al.* (2016), bahwa nilai penting yang tinggi menggambarkan jenis yang dominan dimana jenis tersebut dapat bersaing dengan lingkungannya.

Tabel 4 menunjukkan kerapatan jenis mangrove di keempat lokasi penelitian berdasarkan fase pertumbuhan atau kategori vegetasi yaitu pancang dan pohon. Kerapatan jenis yang masuk dalam kriteria sedang menurut Kep Men LH No. 201 tahun 2004 terdapat pada stasiun I dan II.

Tabel 2. Indeks Nilai Penting Kategori Pohon

Stasiun	Spesies	KR (%)	Rfi (%)	Rdi (%)	INP
I	<i>R. mucronata</i>	91,24	50	91,98	233,22
	<i>A.marina</i>	8,76	50	8,02	66,78
II	<i>R. mucronata</i>	90,60	50	90,63	231,23
	<i>A.marina</i>	9,40	50	9,37	68,77
III	<i>R mucronata</i>	100	100	100	300
IV	<i>R. mucronata</i>	100	100	100	300

Keterangan : INP = Indeks Nilai Penting ; Rdi = dominasi relative ; Rfi = Frekuensi Relative ; KR = Kerapatan Relatif

Tabel 3. Indeks Nilai Penting kategori pancang

Stasiun	Jenis	KR (%)	Rfi (%)	INP
I	<i>R. Mucranata</i>	93,10	75	168,10
	<i>A. Marina</i>	6,90	25	31,90
II	<i>R. Mucranata</i>	94,12	75	169,12
	<i>A. Marina</i>	5,88	25	30,88

Keterangan : INP = Indeks Nilai Penting ; Rfi = Frekuensi Relative ; KR = Kerapatan Relatif

Tabel 4. Hasil analisis kerapatan mangrove

Stasiun	Kategori	Spesies	Kerapatan(ind/h)	Kriteria Kerapatan
I	Pohon	<i>R. Mucronata</i>	4166,67	Sangat Padat
		<i>A. Marina</i>	400	Jarang
	Pancang	<i>R. Mucronata</i>	900	Jarang
		<i>A. Marina</i>	66,67	Jarang
	Rata-rata		1383,33	Sedang
II	Pohon	<i>R. Mucronata</i>	4500	Sangat Padat
		<i>A. Marina</i>	466,67	Jarang
	Pancang	<i>R. Mucronata</i>	533,33	Jarang
		<i>A. Marina</i>	33,33	Jarang
	Rata-rata		1383,33	Sedang
III	Pohon	<i>R. Mucronata</i>	3166,67	Sangat Padat
	Rata-rata		3166,6667	Sangat Padat
IV	Pohon	<i>R. Mucronata</i>	3000	Sangat Padat
	Rata-rata		3000	Sangat Padat

*)Kriteria Kerapatan Menurut Kep Men LH No. 201 Tahun 2004

Hasil penelitian cadangan karbon pada tegakan mangrove di Desa Tugurejo didapatkan dari diameter pohon setiap stasiun yang dilakukan 3 kali pengulangan sebanyak tiga plot per stasiun. Satu plot disebut satu petak ukur dengan ukuran 100 m², kandungan biomassa didapatkan dari pengukuran diameter pohon. Perhitungan didapatkan dari persamaan allometrik. Hasil biomassa dikalikan dengan 0,46 kemudian didapat

cadangan karbon pada tegakan mangrove (Windarni *et al.*, 2018) sehingga cadangan karbon selalu berbanding lurus dengan kenaikan biomassa.

Tabel 5 menunjukkan biomassa dan cadangan karbon pada tegakan mempunyai nilai yang berbeda disetiap plot penelitian. Nilai cadangan karbon selalu meningkat diikuti dengan peningkatan biomassa.

Stasiun IV merupakan stasiun yang memiliki biomassa dan karbon tertinggi sedangkan nilai

biomassa karbon terendah terdapat pada stasiun I. Semakin tinggi biomassa yang terkandung dalam pohon maka semakin tinggi juga karbon yang terkandung dalam pohon. Menurut Irsadi *et al.* (2017), bahwa peningkatan kandungan stok karbon yang terserap oleh mangrove dipengaruhi oleh peningkatan biomassa mangrovenya.

Kemampuan tegakan mangrove dalam menyerap CO₂ dari atmosfer juga dipengaruhi oleh estimasi cadangan karbon yang terkandung didalam tegakan. Hubungan antara estimasi karbon dalam tegakan dengan estimasi serapan karbon memiliki hubungan yang erat, dimana semakin tinggi kandungan karbonnya maka kemampuan vegetasi mangrove untuk menyerap CO₂ dari atmosfer juga akan semakin tinggi, perbandingan antara kandungan CO₂ pada tegakan mangrove dengan kemampuan menyerap CO₂. Menurut Irsadi *et al.*, (2017) bahwa jumlah biomassa yang terkandung berbanding lurus dengan kandungan stok karbon mangrove dimana semakin besar biomassa maka akan semakin besar pula cadangan karbon pada mangrove.

Tingginya biomassa, simpanan karbon dan serapan CO₂ pada stasiun IV dipengaruhi oleh diameter pohon, dimana pada stasiun tersebut didominasi oleh pohon dengan diameter yang lebih besar dibandingkan kategori pancang (Gambar 2). Diameter pohon mempengaruhi biomassa pada tegakan mangrove. Hal ini diperkuat oleh Mardiyah *et al.* (2019), bahwa diameter pohon memiliki hubungan erat dengan biomasnya, dimana pertumbuhan suatu tegakan pohon maka akan mempengaruhi besarnya nilai biomassa dan karbon yang tersimpan, diakibatkan terjadinya penyerapan CO₂ dari atmosfer melalui fotosintesis yang menghasilkan biomassa dan menyebabkan penambahan diameter dan tinggi suatu pohon. Besar kecilnya diameter pohon dipengaruhi faktor usia dari tegakan pohon tersebut. Semakin tua usia dari tegakan pohon maka akan mengandung lebih banyak biomasnya. Hal ini diperkuat oleh Yu *et al.* (2021), bahwa jumlah biomassa dan karbon pada tegakan akan meningkat seiring bertambahnya usia tegakan pohon tersebut.

Tabel 5. Estimasi Cadangan Karbon pada Tegakan Mangrove di Empat Stasiun di kawasan Desa Tugurejo, Semarang

Stasiun	Plot	Biomassa (ton/ha)	Simpanan Karbon (ton/ha)	WCO ₂ (ton/ha)
I	1	30,69	14,12	28,23
	2	26,03	11,97	23,94
	3	28,70	13,20	26,40
Rata-rata+SE		28,47±2,34	13,10±1,08	26,19±2,15
Total		85,41	39,29	78,57
II	1	31,91	14,68	29,36
	2	29,71	13,67	27,34
	3	29,12	13,40	26,79
Rata-rata+SE		30,25±1,47	13,91±0,68	27,83±1,35
Total		90,74	41,74	83,48
III	1	109,73	50,48	100,95
	2	127,39	58,60	117,19
	3	98,13	45,14	90,28
Rata-rata+SE		111,75±14,73	51,40±6,78	102,81±13,55
Total		335,24	154,21	308,42
IV	1	106,87	49,16	98,32
	2	128,57	59,14	118,28
	3	120,69	55,52	111,03
Rata-rata+SE		118,71±10,98	54,61±5,05	109,21±10,10
Total		356,13	163,82	327,64

Keterangan : SE = Standar Deviasi; WCO₂ = Serapan Karbondioksida

Hasil pengukuran simpanan karbon tertinggi terdapat pada stasiun III dan IV. Tingginya simpanan karbon pada stasiun tersebut selain dipengaruhi oleh diameter pohon, juga dipengaruhi oleh lokasi penelitian, dimana lokasi tersebut dekat muara yang memiliki tanah yang subur sehingga kandungan biomassa dan karbon tinggi. Hal ini diperkuat oleh Nedhisa dan Tjahjaningrum (2019), bahwa lokasi yang dekat dengan muara merupakan lokasi yang mendapat suplai partikel-partikel organik yang berasal dari daerah hulu sungai ataupun pengaruh dari pasang surut yang mengirimkan nutrient dimana dapat meningkatkan kesuburan tanah tersebut. Hasil pengukuran pada stasiun IV (dekat dengan muara) memiliki nilai simpanan karbon tertinggi namun cenderung lebih kecil jika dibandingkan penelitian sebelumnya oleh Irsadi *et al.* (2017), dimana pada stasiun I dekat dengan muara dihasilkan simpanan karbon tertinggi dengan jumlah pohon sebanyak 113 buah, dengan menyimpan karbon sebesar 211,03 ton C.

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan dapat diketahui nilai kandungan karbon pada masing-masing stasiun berbeda, hal tersebut dikarenakan laju produksi serasah pada setiap tahunnya juga berbeda-beda. Kandungan karbon tertinggi terdapat pada stasiun II sedangkan nilai karbon terendah terdapat pada stasiun IV (Tabel 6). Tinggi rendahnya kandungan karbon pada serasah daun mangrove dipengaruhi oleh kerapatan pohon mangrove. Hal ini diperkuat oleh Yuwono *et al.* (2015), bahwa produksi serasah salah satunya dipengaruhi oleh kerapatan pohon mangrove, dimana semakin tinggi kerapatan suatu pohon, maka semakin tinggi pula produksi serasah yang dihasilkan. sedangkan jika kerapatan pohon mangrove semakin rendah maka semakin rendah pula produksi serasahnya.

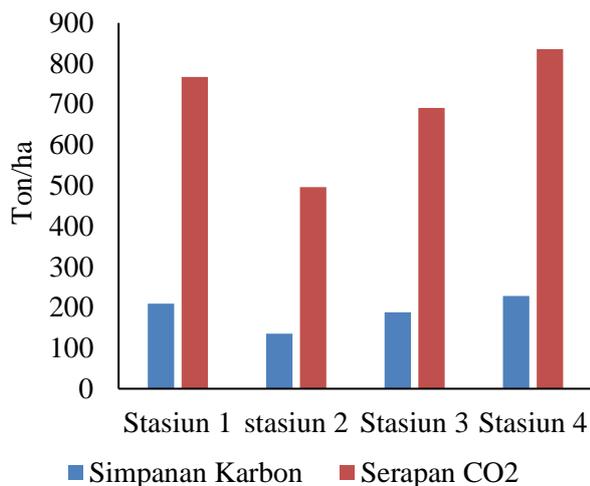
Selain kerapatan pohon, jenis mangrove juga mempengaruhi laju produksi serasah daun mangrove, dimana laju produksi tersebut yang

akan mempengaruhi tinggi rendahnya karbon yang tersimpan pada serasah daun mangrove. Menurut Zamrono dan Rochyani (2008) jenis mangrove yang sama dengan umur berbeda akan memiliki laju produksi serasah yang berbeda pula, mangrove dengan jenis *Rhizophora* memiliki serasah daun yang lebih banyak pada jenis mangrove yang lebih tua atau optimum. Apabila umur mangrove melebihi titik optimum, maka serasah yang jatuh akan berkurang, karena pada batang mangrove tua, bagian dalamnya mulai keropos sehingga tajuk pohon mulai menyempit, dan produksi serasah berkurang. Perbedaan kandungan karbon pada serasah di masing-masing stasiun diakibatkan oleh faktor kondisi lingkungan seperti salinitas. Menurut Suryani *et al.* (2018), bahwa meskipun mangrove toleran terhadap kadar salinitas yang tinggi, mangrove tetap melakukan adaptasi agar dapat bertahan hidup dengan cara menyimpan Na dan Cl pada bagian kulit kayu, akar dan daun yang lebih tua lalu menggugurkannya untuk mengeluarkan kelebihan garam yang dapat menghambat proses pertumbuhan dan pembentukan buah. Hal tersebut mempengaruhi produksi serasah yang diperoleh. Hal ini diperkuat oleh Farhaby dan Utama, (2019) bahwa perbedaan produksi serasah pada setiap lokasi dapat terjadi karena dipengaruhi beberapa faktor alam yang tidak dapat dikontrol yaitu seperti kondisi cuaca, pengaruh arah dan kecepatan angin, gerakan-gerakan pada tegakan mangrove oleh burung atau hewan primata dan pengaruh aktivitas manusia. Faktor lain yang menyebabkan perbedaan produksi serasah yaitu pengaruh pasang surut air laut yang mengakibatkan sebagian serasah terbawa oleh arus. Hal ini diperkuat oleh Kusmanto *et al.* (2016) bahwa pengalihan material berupa padatan mengalir melalui aliran sungai ke kawasan pesisir akhirnya terdistribusi mengikuti pola sirkulasi dan terendapkan di lokasi tertentu.

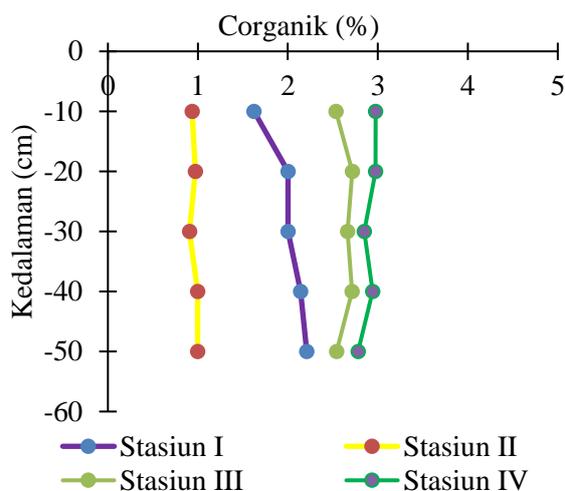
Tabel 6. Estimasi Cadangan Karbon pada Serasah Mangrove di Empat Stasiun di kawasan Desa Tugurejo, Semarang

Stasiun	%Corg	Simpanan Karbon (ton/ha/hari)	WCO ₂ (ton/ha/hari)
I	42,06	1,95	7,14
II	51,32	2,46	9,03
III	48,61	1,99	7,31
IV	42,93	1,78	6,54
Total	184,92	8,19	30,02

Keterangan : WCO₂ = Serapan Karbondioksida; Corg = Karbon Organ



Gambar 2. Grafik simpanan total karbon dan serapan CO₂ sedimen setiap stasiun



Gambar 3. Grafik perbandingan nilai %corganik sedimen berdasarkan tingkat kedalaman

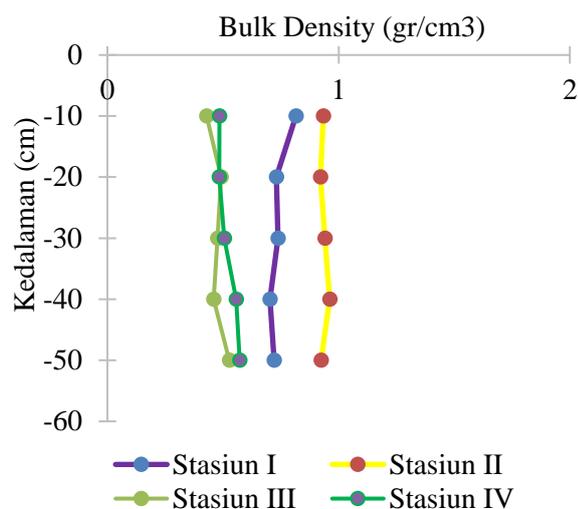
Perbedaan suhu disebabkan banyak sedikitnya tutupan dari pohon mangrove serta jarak ke pantai. Hal ini diperkuat oleh Aini *et al.* (2016), bahwa perbedaan suhu tersebut disebabkan oleh pengaruh usia dari tanaman mangrove yang sudah dewasa dan tinggi sehingga dapat menutupi hampir seluruh permukaan tanah.

Hasil pengukuran pH pada semua stasiun didapatkan rata-rata berkisar antara 6-6,6. Menurut Aini *et al.* (2016), bahwa pH tanah pada hutan mangrove pada umumnya berada pada kisaran 6 – 7, walaupun ada juga beberapa yang nilai pH tanahnya dibawah 5. Kisaran untuk salinitas berkisar antara 35-38 ppt. Menurut Citra *et al.*, (2020), bahwa kenaikan pada konsentrasi salinitas dipengaruhi oleh adanya air yang masuk ke dalam tanah dimana berasal dari intrusi air laut yang datang pada pasang surut di mana air laut tersebut meresap ke bawah dan sampai pada lapisan kedap air. Salinitas merupakan faktor oseanografi yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mangrove, daya tahan dan zonasi spesies mangrove.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai kandungan karbon total adalah dari keseluruhan stasiun adalah 760,908 ton/ha. Hasil tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan penelitian oleh Azzahra *et al.* (2020), di Desa Bedono Demak dengan kandungan karbon total pada sedimen yaitu sebesar 480,605 ton/ha dan lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Lestariningsih *et al.* (2018), di Desa Timbulsloko sebesar 1.307,77 ton/ha.

Perbedaan hasil kandungan karbon pada sedimen di beberapa tempat, salah satunya dipengaruhi oleh faktor fisika kimia. Hal ini diperkuat oleh Mahasani *et al.* (2016) terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi simpanan karbon dalam tanah, diantaranya faktor lingkungan seperti pemanfaatan lahan dan faktor fisika-kimia tanah seperti suhu, pH, salinitas air pori, tekstur, bulk density. Menurut Rahmah *et al.* (2015), semakin baik pertumbuhan mangrove maka semakin banyak pula stok karbon yang terdapat di dalam tanah, potensi kandungan karbon organik tanah ini akan semakin meningkat atau semakin tinggi seiring dengan penambahan biomassa tanaman (Gambar 3). Nilai C-org memiliki nilai rata-rata 2,13 % dimana nilai ini lebih kecil dari penelitian Hakim *et al.*, (2016) yang memiliki nilai carbon organik rata-rata mencapai 4,4 %. Perbedaan tersebut disebabkan adanya beberapa faktor antropogenik serta kondisi lingkungan sekitar. Menurut Widiatmaka (2013), Kadar karbon organik secara khusus bersifat sensitif terhadap sejumlah faktor seperti iklim, topografi, tanah dan pengelolaan tanaman, serta kondisi antropogenik lainnya.

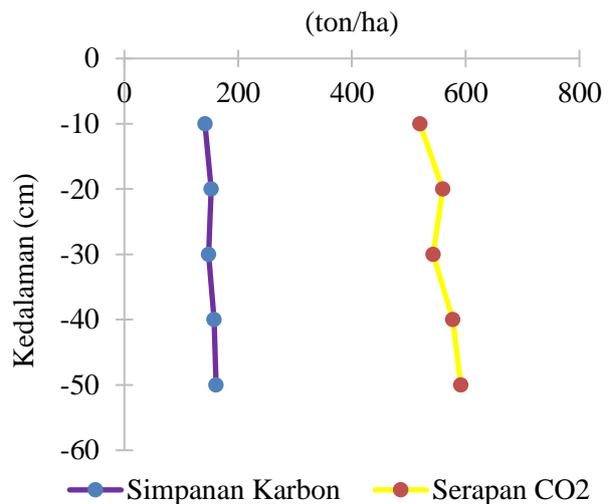
Kandungan karbon pada kedalaman 50 cm memiliki kandungan karbon tertinggi yaitu 591,253 ton C/ha sedangkan nilai terendah berada pada kedalaman 10 cm yaitu sebesar 519,354 ton C/ha (Gamabr 4). Simpanan karbon pada sedimen mengalami peningkatan seiring bertambahnya kedalaman hal ini disebabkan adanya pengendapan



Gambar 4. Grafik perbandingan nilai bulk density sedimen berdasarkan tingkat kedalaman

lapisan tanah yang lebih lama dan dipengaruhi dari proporsi ukuran partikel serta nutrisi yang mengandung bahan organik. Menurut Ati *et al.* (2014), proporsi dari ukuran partikel pasir, debu dan liat mempengaruhi permeabilitas, kesuburan dan salinitas tanah. Keberadaan nutrisi juga dipengaruhi oleh komposisi sedimen. Sedimen yang banyak mengandung lumpur umumnya kaya bahan organik dibandingkan sedimen berpasir. Sari *et al.*, (2017) dalam penelitiannya yang berada pada lokasi Kalimantan barat dimana penelitian sedimen dilakukan berdasarkan rentang kedalaman 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm. dimana pada kedalaman 0-5 cm memiliki nilai cadangan karbon 1.705,27 ton/ha dan mengalami peningkatan hingga 8.899,62 ton/ha pada kedalaman 20-30 cm (Gambar 5). cadangan karbon organik tanah semakin meningkat dengan bertambahnya kedalaman tanah. Hal tersebut disebabkan kandungan karbon organik tanah pada lapisan 0-5cm berada proses pelapukan aktif dan sering mengalami perubahan. Menurut (Lorenz dan Lal, 2005) cadangan karbon organik tanah pada lapisan atas sering mengalami dekomposisi secara cepat oleh meningkatnya aktivitas mikroba dekat permukaan tanah dan fluktuasi suhu tanah. Cadangan karbon organik tanah pada lapisan bawah terlindung dalam agregat tanah dan mempunyai laju dekomposisi yang rendah.

Kandungan karbon organik memiliki hubungan negatif dengan nilai kerapatan tanah, hal ini diperkuat oleh Sari *et al.* (2017), bahwa tinggi



Gambar 5. Grafik simpanan karbon dan serapan CO₂ pada sedimen setiap kedalaman

rendahnya nilai kerapatan tanah dipengaruhi oleh kandungan karbon organik tanah, dimana semakin tinggi kandungan karbon organik pada tanah maka kerapatannya semakin rendah. Kerapatan tanah yang meningkat dapat mengakibatkan ruang pori pada tanah mengecil oleh karena itu dapat menyebabkan kandungan karbon organik tanah menjadi lebih rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa simpanan karbon pada tegakan mangrove sebesar 399,06 ton C/ha dan simpanan karbon pada sedimen sebesar 760,908 ton C/ha serta pada serasah sebesar 7,54 tonC/ha/hari. Sementara untuk serapan CO₂ pada tegakan mangrove 1.463,22 ton/ha dan Serapan CO₂ pada sedimen 2.789,996 ton/ha serta pada serasah sebesar 27,64 ton/ha/hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., Hairiah, K. & Mulyani, A. 2010. Measuring carbon stock in peat soils: practical guidelines. World Agroforestry Centre.
- Aini, H.R., Suryanto, A. & Hendarto, B. 2016. Hubungan Tekstur Sedimen Dengan Mangrove Di Desa Mojo Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang. *Management of Aquatic Resources Journal*, 5(4):209-215.
- Ariani, E., Ruslan, M., Kurnain, A. & Kissinger, K. 2016. Analisis Potensi Simpanan Karbon

- Hutan Mangrove Di Area PT. Indocement Tungal Prakarsa, Tbk P 12 Tarjun. *EnviroScienteeae*, 12(3):312-329.
- Azzahra, F.S., Suryanti, S. & Febrianto, S. 2020. Estimasi Serapan Karbon Pada Hutan Mangrove Desa Bedono, Demak, Jawa Tengah.
- Bachmid, F., Sondak, C., dan Kusen, J. 2018. Estimasi penyerapan karbon hutan mangrove Bahowo Kelurahan Tongkaina Kecamatan Bunaken. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*. doi: 10.35800/jplt.6.1.2018.19463
- Citra, L.S., Supriharyono, S. & Suryanti, S. 2020. Analisis Kandungan Bahan Organik, Nitrat dan Fosfat pada Sedimen Mangrove Jenis *Avicennia* dan *Rhizophora* di Desa Tapak Tugurejo, Semarang The Analysis of Organic Content, Nitrate, Phosphate in the Sediment of Mangrove *Rhizophora* dan *Avicennia* at Tapak Village, Tugurejo Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal*, 9(2):107-114.
- Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. & Kanninen, M. 2012. Mangrove adalah salah satu hutan terkaya karbon di kawasan tropis. *Brief Cifor*, 12:1-10
- Fachrul, M.F. 2007. Metode Sampling Bioekologi. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Farhaby, A.M. & Utama, A.U. 2019. analisis produksi serasah mangrove di Pantai Mang Kalok Kabupaten Bangka. *Jurnal Enggano*, 4(1):1-11
- Hakim, M.A., Martuti, N.K.T. & Irsadi, A. 2016. Estimasi Stok Karbon Mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Life Science*, 5(2):87-94.
- Irsadi, A., Martuti, N.K.T. & Nugraha, S.B. 2017. Estimasi Stok Karbon Mangrove Di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Sainteknologi: Jurnal Sains dan Teknologi*, 15(2):119-128.
- Kauffman, J.B. & Donato, D.C. 2012. Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass, and carbon stocks in mangrove forests (pp. 50-p). Bogor, Indonesia: Cifor.
- Lestariningsih, W.A., Nirwani, S. & Rudhi, P. 2018. Estimasi Cadangan Karbon pada Kawasan Mangrove di Desa Timbulsloko, Demak, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(2):121-130.
- Lorenz, K & Lal, R. 2005. The Depth Distribution Of Soil Organic Carbon In Relation to Land Use And Management And The Potential Of Carbon Sequestration in Subsoil Horizons. *Advance in Agronomy*, 88:35-66
- Mardliyah, R., Ario, R. & Pribadi, R. 2019. Estimasi Simpanan Karbon Pada Ekosistem Mangrove Di Desa Pasar Banggi Dan Tireman, Kecamatan Rembang Kabupaten Rembang. *Journal of Marine Research*, 8(1): 62-68.
- Meidiana, V., Apriansyah, & Safitri, I. 2019. Struktur komunitas dan estimasi karbon sedimen mangrove di Desa Sebusus Kabupaten Sambas Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 2(3):107-117.
- Nasprianto, N., Mantiri, D. M. H., Kepel, T. L., Ati, R. N. A., & Hutahaeon, A. 2016. Distribusi Karbon Di Beberapa Perairan Sulawesi Utara (Carbon Distribution in North Sulawesi Waters). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 23(1):34-41.
- Nedhisa, P.I. & Tjahjaningrum, I.T. 2020. Estimasi Biomassa, Stok Karbon dan Sekuestrasi Karbon Mangrove pada *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya dengan Persamaan Allometrik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 8(2):61-65.
- Penaranda, M.L.P., Kintz, J.R.C. and Salamanca, E.J.P., 2019. Carbon stocks in mangrove forests of the Colombian Pacific. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 227:p.106299.
- Rachmawati, D., Setyobudiandi, I., & Hilmi, E. 2014. Potensi estimasi karbon tersimpan pada vegetasi mangrove di wilayah pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. *Omni-Akuatika*, 10(2):85-91.
- Rahmah, F., Basri, H., & Sufardi, S. 2015. Potensi Karbon Tersimpan Pada Lahan Mangrove dan Tambak di Kawasan Pesisir Kota Banda Aceh. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 4(1):527-534.
- Renta, P.P., Pribadi, R., Zainuri, M. & Utami, M. A.F. 2016. Struktur komunitas mangrove di Desa Mojo Kabupaten Pemalang Jawa Tengah. *Jurnal Enggano*, 1(2):1-10.
- Sari, T., & Rafdinal, R. L. 2017. Hubungan Kerapatan Tanah, Karbon Organik Tanah dan Cadangan Karbon Organik Tanah Di Kawasan Agroforestri Tembawang Nanga Pemubuh Sekadau Hulu Kalimantan Barat. *Protobiont*, 6(3):263-269

- Sondak, C.F.A. & Chung, I.K. 2015. Potential blue carbon from coastal ecosystems in the Republic of Korea. *Ocean Science Journal*, 50(1):1-8. doi: 10.1007/s12601-015-0001-9
- Suryani, N. A., E. D. Hastuti dan R. Budihastuti. 2018. Kualitas Air dan Pertumbuhan Semai *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh pada Lebar Saluran Tambak Wanamina yang Berbeda. *Jurnal Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 3(2):207-214
- Windarni, C., Setiawan, A. & Rusita, R. 2018. Carbon Stock Estimation of Mangrove Forest in Village Margasari Sub-District Labuhan Maringgai District East Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*, 6(1):66-74
- Yu, C., Guan, D., Gang, W., Lou, D., Wei, L., Zhou, Y. & Feng, J. 2021. Development of ecosystem carbon stock with the progression of a natural mangrove forest in Yingluo Bay, China. *Plant and Soil*, 460(1):391-401.
- Yuwono, S.B., Andrianto, F. & Bintoro, A. 2015. Produksi dan laju dekomposisi serasah mangrove (*Rhizophora* sp) di Desa Durian dan Desa Batu Menyan Kecamatan Padang Cermin. *Sylva Lestari*, 3(1):9-20
- Zamrono, Y., & Rohyani, I. S. 2008. Produksi serasah hutan mangrove di perairan pantai Teluk Sepi Lombok Barat. *Biodiversitas*, 9(4):284-287.