

Estimasi Karbon Organik Sedimen di Ekosistem Mangrove Gunung Anyar, Surabaya

Ramanda Reza Aldiano¹, Nirmalasari Idha Wijaya², Mahmiah³

^{1,2,3}Prodi Oseanografi, Universitas Hangtuah
Korespondensi: Ramandaaldiano99@gmail.com

Abstrak

Mangrove merupakan tanaman yang bisa hidup pada perairan asin serta wilayah pasang surut. Sedimen menyimpan lebih dari 50% karbon yang terdapat di dalam ekosistem pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung nilai kandungan karbon dan nilai densitas tanah. Penelitian ini menggunakan *purposive sampling* untuk menentukan lokasi dan metode *LOI (loss on ignition)* untuk mengetahui kandungan karbon. Stasiun 1 terletak pada Ekowista mangrove, Stasiun 2 di tambak, dan Stasiun 3 di bantaran pantai. Nilai persentase karbon organik sedimen tanah diperoleh dari proses pengabuan bahan organik tanah. Nilai rata-rata persentase kandungan karbon organik tanah tertinggi pada seluruh stasiun terletak di kedalaman 60-100 cm, yaitu sebesar stasiun 1 (14,38%) dan Estimasi karbon organik tertinggi terletak pada stasiun 1 di kedalaman 60-100 cm (95.151 Mg/ha), untuk Estimasi karbon organik keseluruhan tertinggi terletak di stasiun 3 (252.900 Mg/ha). Dari hasil yang diperoleh untuk nilai kerapatan mangrove dan produksi serasah mangrove dapat dikatakan saling memiliki pengaruh terhadap nilai karbon organik sedimen di kedalaman 0-30 cm.

Kata kunci: Densitas tanah, Mangrove, Karbon, Sedimen.

Abstract

Mangroves are plants that can live in salty waters and areas tidal. Sediments store more than 50% of the carbon contained in the coastal ecosystem. This study aims to calculate the value of the content of carbon and soil density values. This research uses purposive sampling to determine the location and the LOI (loss on ignition) method to find out carbon content. Station 1 is located at Ecowista Mangrove, Station 2 is at ponds, and Station 3 on the coast. Sediment organic carbon percentage value Soil is obtained from the process of ashing soil organic matter. Average value the highest percentage of soil organic carbon content at all stations is located at a depth of 60-100 cm, which is equal to station 1 (14.38%) and the estimated carbon The highest organic matter is located at station 1 at a depth of 60-100 cm (95,151 Mg/ha), for the highest overall organic carbon estimation is located at station 3 (252,900 Mg/ha). From the results obtained for the value of mangrove density and production Mangrove litter can be said to have a mutual influence on the carbon value organic sediment at a depth of 0-30 cm.

Key words: Soil Density, Mangrove, carbon, sediment

PENDAHULUAN

Pemanasan global merupakan salah satu isu dunia di saat ini. Pemicu utama terbentuknya pemanasan global merupakan gas rumah kaca, paling utama sisa pembakaran yang mengudara ialah CO₂. Kenaikan CO₂ di Alam, antara lain diakibatkan oleh berkurangnya hutan sebagai penyerap karbon dioksida. Meningkatnya jumlah CO₂ di alam menimbulkan terbentuknya dampak rumah kaca (Manuri, dkk., 2011 dalam

Cahyaning dan Agus, 2018). Peranan hutan selaku penyerap serta penyimpan karbon sangat berarti dalam rangka menanggulangi permasalahan dampak gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global (Yuniawati, dkk., 2011 dalam Cahyaning dan Agus, 2018).

Menurut Kauffman, dkk., (2012) dalam Suryono dkk., (2018) simpanan karbon di hutan mangrove lebih besar dibanding simpanan karbon pada jenis hutan yang lain, dimana simpanan karbon terbanyak ada pada sedimen mangrove. Menurut Donato, dkk., (2011) dalam Tery, dkk., (2018) Sedimen memainkan peranan yang berarti di ekosistem pesisir. Tidak hanya sebagai media berkembang, sedimen juga jadi tempat penumpukan serta penyimpanan karbon. Menurut Murray, dkk., (2011) sedimen mangrove mempunyai Ekosistem mangrove sangat penting dalam upaya mitigasi pemanasan global, yakni sebagai penyimpan karbon terbaik dibanding semua tipe hutan lainnya di bumi.

Perbedaan keragaman kandungan karbon organik tanah (soil organic carbon/SOC) pada kedalaman tanah terjadi karena setiap jenis vegetasi berbeda dalam distribusi akar vertikalnya dan meninggalkan jejak yang berbeda pada distribusi kedalaman SOC (Mahassani, 2016). Semakin banyak karbon disimpan dalam tanah sebagai karbon organik tanah dapat mengurangi jumlah karbon yang ada di atmosfer sehingga dapat mengurangi pemanasan global dan perubahan iklim (Chan, 2008 dalam Mahassani, 2016). Penelitian sebelumnya Dinas Lingkungan hidup (2017) didapatkan hasil total karbon pada sedimen (7694,40) tetapi data tersebut adalah keseluruhan dari ekosistem mangrove di pamurbaya untuk data sedimen di Gunung anyar sendiri tidak spesifik sehingga perlu dilakukan penelitian tentang karbon sedimen di Gunung anyar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kandungan karbon dan estimasi kandungan karbon pada sedimen mangrove di Gunung Anyar.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan oktober 2021 hingga november 2021. Lokasi pengambilan sampel sedimen berada di Ekosistem Mangrove Gunung Anyar, Surabaya. Terdapat tiga stasiun pengambilan sampel sedimen yang terletak di Tambak, ekowisata, dan bantaran pantai. Prosedur yang digunakan dalam pengambilan sampel adalah metode survei seperti metode yang dilakukan oleh Rio, dkk., (2018), yaitu pengamatan dan pengambilan sampel langsung di lapangan. Pengambilan sampel untuk mengetahui cadangan karbon pada ekosistem mangrove difokuskan pada sedimen pada ekosistem mangrove yang dilakukan dengan metode *Purpose Sampling* atau menentukan langsung titik lokasi pengambilan sampel. Setelah pengambilan

sampel di lokasi selesai, kemudian sampel yang diperoleh dianalisis di laboratorium dengan metode *loss on ignition (LOI)*. Metode *LOI* adalah ukuran massa sampel yang hilang (misalnya, teroksidasi dan hilang sebagai gas, atau menguap) 9 sampel dipanaskan hingga suhu tinggi (Howard J, dkk., 2014).

Penanganan sampel dilokasi

Data yang digunakan untuk mengestimasi dan persentase karbon organik dalam tanah adalah kedalaman sampel sedimen, interval sampel yang diambil dan densitas tanah (kerapatan massa jenis). Untuk mengetahui hal tersebut, tahapan kerja yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut (Rio, dkk., 2018):

1. Sebelum melakukan pengambilan sampel, sampah organik dan daun hidup (jika ada) dibersihkan dari permukaan tanah;
2. Kemudian melakukan coring dengan memasukkan corer ke dalam tanah secara vertikal di titik yang telah ditentukan sampai kedalaman mencapai pangkal corer. Corer diputar untuk memotong akar halus yang terdapat dalam tanah. Lalu corer ditarik perlahan dari dalam tanah sambil terus diputar untuk mempertahankan agar sampel sedimen yang diambil tetap penuh dan lengkap.
3. Sampel yang telah diperoleh dibelah secara horizontal, dan dibagi berdasarkan 3 kedalaman (3 sampel), yaitu 0-30 cm, 30-60 cm dan 60-100 cm. Tidak seluruhnya sampel sedimen diambil, tetapi dengan cara menentukan interval dari kedalaman masing-masing sampel tersebut dan sisanya dibuang. Sampel pada kedalaman 0-30 cm hanya diambil pada kedalaman 10-20 cm, sampel pada kedalaman 30- 60 cm hanya diambil pada kedalaman 40-50 cm dan kedalaman 60-100 cm hanya diambil pada kedalaman 75-85 cm;
4. Sampel yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik sampel dan diberi label pada setiap kantong untuk memudahkan identifikasi dan analisis di laboratorium;
5. Sampel tersebut disimpan didalam kulkas agar dapat bertahan sampai pada saatnya dianalisis di laboratorium.

Analisis Sampel di Laboratorium

Setelah pengambilan sampel di lokasi selesai, kemudian sampel yang diperoleh dianalisis di laboratorium dengan metode *loss on ignition (LOI)*. Metode *LOI* adalah ukuran massa sampel yang hilang (misalnya, teroksidasi dan hilang sebagai gas, atau menguap) 9 sampel dipanaskan hingga suhu tinggi (Howard J, dkk., 2014). Tahapan analisis tersebut adalah:

1. Sampel sedimen yang diperoleh ditempatkan dalam cawan *porcelain*. Kemudian dikeringkan di dalam oven dengan suhu 60°C selama 48 jam;
2. Setelah sampel kering kemudian digerus atau dihaluskan dengan menggunakan mortar agar kondisi setiap sampel menjadi homogen. Kemudian setiap sampel yang sudah dihaluskan tersebut ditempatkan kembali kedalam kantong sampel;
3. Sampel tersebut kemudian diambil dengan sendok kecil dan ditimbang sebanyak 3gram dan ditempatkan pada *crucible porcelain*. Sampel tersebut dimasukkan ke dalam *muffle furnace* dan dibakar dengan suhu 450°C selama 4 jam. Kemudian sampel tersebut ditimbang kembali dan hasilnya di catat.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Gunung anyar, surabaya

Pengolahan Data

1. Densitas tanah merupakan berat partikel per satuan volume tanah beserta porinya. Rumus yang digunakan untuk menghitung densitas tanah (BD) disajikan pada persamaan 1:

$$\text{Densitas Tanah} = \frac{\text{oven-dry mas}}{\text{Sample volume}} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan:

Oven-dry mass = Massa sampel yang dikeringkan (gr)

Sample volume = Volume sampel (cm³)

2. Pengabuan Kering (*loss on ignition*) dihitung menggunakan persamaan 2:

$$\% \text{ BO} = \left(\frac{W_o - W_t}{W_o} \right) \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Dengan:

%BO = Persentase bahan organik sedimen yang hilang pada proses pembakaran.

W_o = Berat awal (gr)

W_t = Berat akhir setelah pembakaran (gr)

3. Konversi persentase bahan organik menjadi persentase karbon dihitung menggunakan persamaan 3:

$$\% \text{ C} = (0,580) \times \% \text{ BO} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan:

% C = Kandungan Karbon organik

0,580 = Konstanta untuk mengkonversi % bahan organik menjadi % C organik.

% BO = Persentase bahan organik sedimen (pengabuan)

4. Kandungan karbon pada tanah diestimasi dengan persamaan 4:

$$\text{Soil C} = \text{BD} \times \text{SDI} \times \% \text{ C} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan:

Soil C = Estimasi Simpanan Karbon (Mg/ha-1)

Bulk Density = Densitas tanah (g/cm³)

SDI (*Soil Depth Interval*) = Interval Kedalaman Sampel (cm)

5. Kerapatan jenis adalah jumlah total suatu jenis yang ditemukan dalam suatu unit area menggunakan persamaan 5:

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{jumlah individu suatu jenis}}{\text{Luas plot sampling}} \dots\dots\dots (5)$$

6. Persentase penguraian serasah mangrove diperoleh dengan menggunakan Persamaan 6:

$$Y = \frac{(BA - BK)}{BA} \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

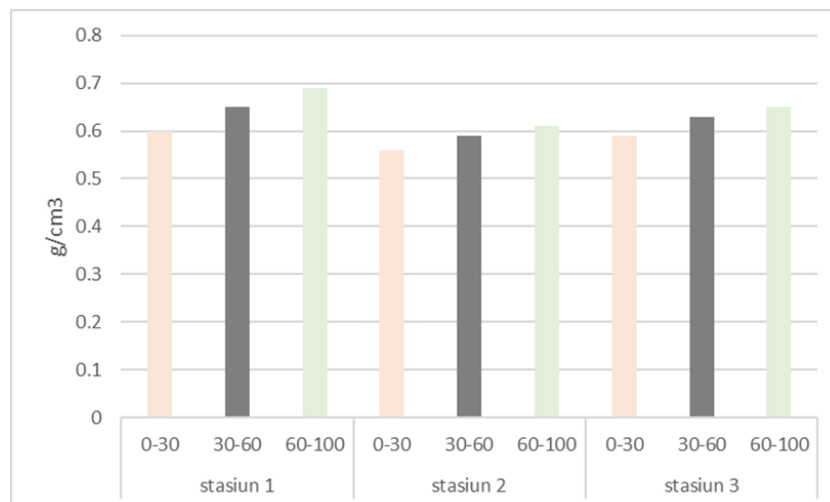
Dengan:

- Y = Persentase serasah mangrove yang mengalami dekomposisi
 BA = Berat kering serasah awal (g)
 BK = Berat kering serasah setelah waktu pengamatan ke-t (g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bulk density

Densitas tanah merupakan bobot massa tanah pada kondisi yang telah dikering-ovenkan per satuan volume. Dari hasil analisis, diketahui bahwa tanah pada masing-masing kedalaman memiliki nilai densitas tanah yang berbeda. Volume sampel diperoleh dari hasil pengukuran tinggi interval sampel dan diameter corer. Nilai Grafik Densitas tanah dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 2. Grafik *Bulk density*

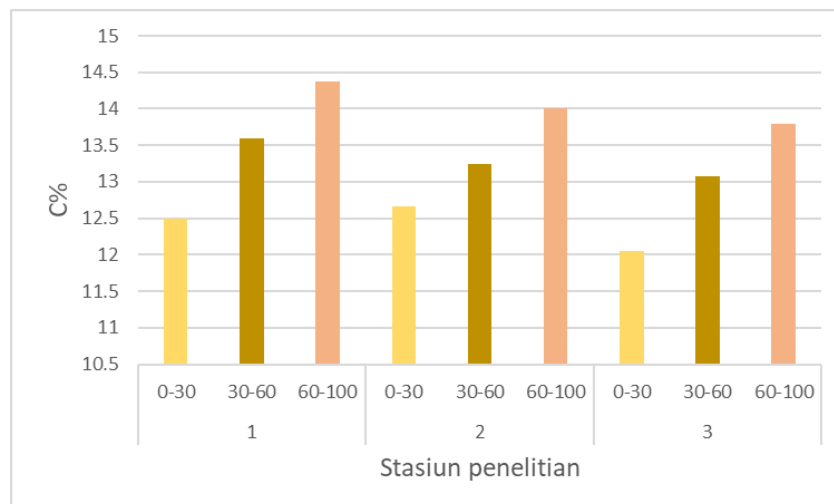
Nilai rata-rata densitas tanah tertinggi terdapat pada lapisan kedalaman 60-100 cm yaitu pada stasiun 1 dan 3, sebesar 0,69 g/cm³ dan 0,65 g/cm³. Sedangkan pada lokasi stasiun 2 nilai rata-rata densitas tanah tertinggi terletak pada lapisan kedalaman 60-100 cm yaitu sebesar 0,61 g/cm³. Densitas tanah tertinggi terletak pada kedalaman 60-100 cm dikarenakan pada kedalaman ini sampel yang diambil lebih banyak dari pada sampel kedalaman lainnya. selain factor pengambilan sampel dikedalaman 60-100 cm lebih banyak factor lainnya. Untuk di lokasi penelitian sendiri stasiun 2 merupakan daerah bekas tambak atau juga dekat tambak sehingga mungkin factor tanah tersebut yang mempengaruhi nilai densitas tanah daerah tersebut.

Menurut Eid dkk., (2015) dalam Tery dkk., (2018), Hal ini kemungkinan terjadi karena efek kompaksi (pemadatan) yang semakin besar di sedimen bagian dalam.

Penyebab lain yang mungkin terjadi adalah akumulasi serasah yang tinggi di permukaan atas sedimen. Nilai *bulk density* yang lebih rendah ($0,5 \text{ g/cm}^3$) biasanya pada sedimen yang mengandung bahan organik yang tinggi. Berbagai kegiatan di sedimen seperti pengolahan tanah dan budidaya ikan juga dapat mengubah densitas tanah secara cepat Tery dkk., (2018).

Kandungan Karbon organik sedimen

Kandungan karbon dapat diartikan yaitu banyaknya karbon yang mampu diserap dan disimpan oleh tanah dalam bentuk bahan organik dalam tanah. Karbon tersebut akan menjadi energi bagi organisme tanah dan sebagai sumber masukan kedalam struktur tanah (Mahassani dkk., 2016). Nilai persentase karbon organik pada sedimen untuk penelitian ini didapat dari pengolahan data, berbeda disetiap masingmasing stasiun. Perolehan nilai persentase karbon organik didapatkan dari hasil metode pengabuan LOI (*Loss on Ignation*) untuk mengetahui bahan organik dan dikonversi menjadi karbon organik. Nilai dari presentase karbon organik sedimen dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Grafik kandungan karbon organik sedimen

dari gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai rata-rata persentase karbon organik tertinggi terletak pada lapisan kedalaman 60-100 cm disetiap titik pengambilan sampel. pada stasiun 1 tertinggi yaitu sebesar 14,38 %, pada stasiun 2 yaitu 14,00 % dan pada stasiun 3 yaitu 13,79%. karbon organik pada setiap lokasi termasuk dalam kategori karbon sedang. Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa hasil yang diperoleh menunjukan disetiap lokasi penelitian semakin kedalam maka semakin meningkat nilai karbon. Untuk nilai karbon organik sedimen tertinggi rata rata dikedalaman 60-100 cm. hal ini di

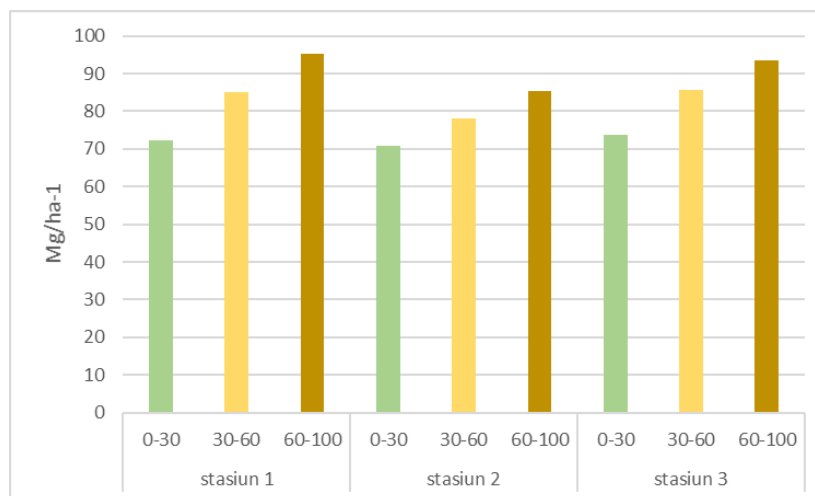
sebabkan pada setiap lokasi penelitian pada kedalaman 60-100 cm masih ditemukan akar.

Menurut Mahasani dkk., (2016) Akar merupakan salah satu bahan organik yang ada di dalam tanah, akar diduga berperan dalam menyumbangkan kandungan karbon organik di dalam tanah Carvalho dkk., (2009) menyatakan bahwa kerapatan tanah yang rendah pada lapisan atas berkaitan erat dengan meningkatnya jumlah akar sedangkan kerapatan tanah yang tinggi disebabkan oleh rendahnya volume akar.

Karbon organik pada sedimen merupakan salah satu penyusun senyawa organik diperairan. Menurut (Supriyadi, 2008), karbon organik merupakan prioritas untuk peningkatan kualitas tanah dan untuk penyimpanan karbon. Kandungan bahan organik sedimen di dalam area mangrove sebesar 12,51 % sedangkan kandungan bahan organik pada sedimen di luar area mangrove sebesar 10,83 % (Wulan, 2019). Menurut Heriyanto dan Subiandono (2016), buangan dari daratan berupa sampah organik maupun anorganik yang terendapkan di dalam sedimen dapat mempengaruhi tingkat kesuburan sedimen. Sedimen yang subur kaya akan kandungan organik dapat meningkatkan kandungan karbon organik pada sedimen

Estimasi Karbon organik pada sedimen

Hasil Untuk nilai Estimasi karbon organik disetiap lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Grafik estimasi karbon organik sedimen

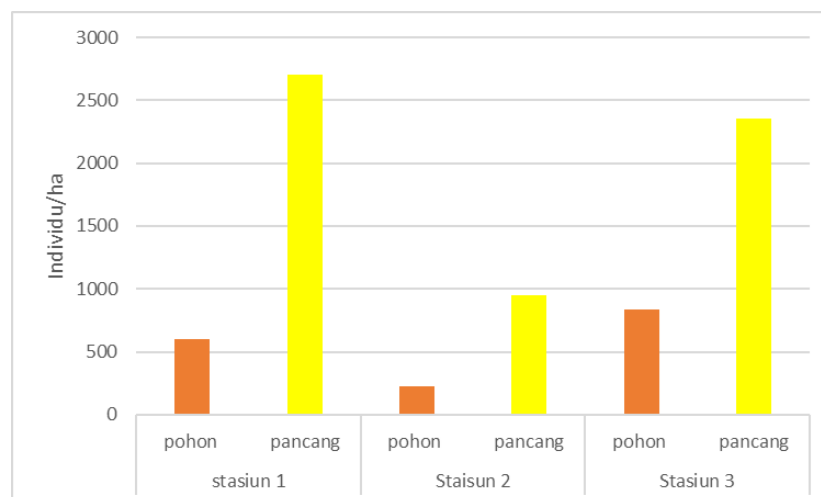
Pada Gambar dapat dilihat, setiap stasiun memiliki nilai rata-rata kandungan karbon terbanyak terdapat pada lapisan kedalaman 60- 100 cm, yaitu Stasiun 1 (95,151 Mg/ha-1), Stasiun 2 (85,400 Mg/ha-1), dan stasiun 3 (93,470 Mg/ha-1). Nilai rata rata

karbon organik perkedalaman menunjukan semakin kedalam maka semakin tinggi nilai rata rata karbon organik. Nilai kandungan karbon organik sedimen total pada masing-masing lokasi berbeda. Nilai kandungan karbon organik yang di dapatkan menunjukan hasil yang lebih kecil dibandingkan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Rio dkk., (2015) yaitu sebesar 154,0 Mg/ha.

Hal ini dipengaruhi oleh kondisi densitas tanah dimasing-masing lokasi dan kondisi lokasi di stasiun. Tinggi rendahnya kandungan karbon dalam tanah ditentukan dari nilai kepadatan sedimen tanah dan kedalaman tanah pada masing-masing sampel. semakin tebal kepadatan tanah akan semakin tinggi pula cadangan karbon pada lahan tersebut (Hooijer dkk., 2006 dalam Prayitno dkk., 2013).

Hubungan kerapatan mangrove dan laju dekomposisi terhadap karbon organik

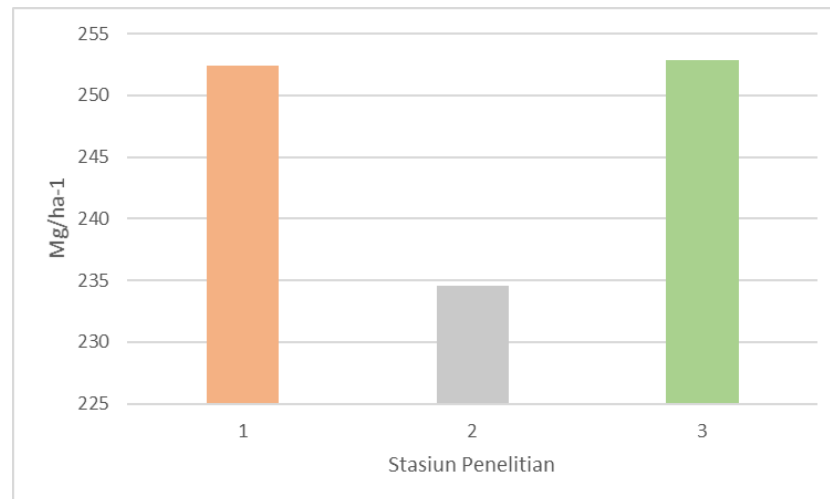
Kerapatan adalah jumlah ditemukanya individu tegakan mangrove dalam suatu luasan tertentu. Kerapatan mangrove menggambarkan banyaknya tegakan mangrove pada relative tersebut (Baderan, 2017). Tingginya kerapatan menunjukan banyaknya tegakan yang berada di wilayah tersebut (Baderan, 2017). Hasil penelitian dapat di lihat pada Gambar 4.



Gambar 5. Grafik Kerapatan mangrove

Dari gambar grafik diatas melihatkan untuk kerapatan pancang terletak pada stasiun 1 di daerah ekowisata Gunung anyar Surabaya. Pada lokasi stasiun 1 merupakan daerah ekowisata sehingga daerah tersebut sering di lakukan penanaman mangrove dan juga masih sering untuk dipantau. Untuk setiap lokasi stasiun di daerah Gunung anyar lebih di dominasi oleh pancang dan untuk pohon sendiri dikatakan sedikit sehingga terjadi perbedaan yang jauh antara pancang dan pohon. Maka dari itu untuk

pertumbuhan vegetasi disetiap lokasi stasiun di daerah Gunung anyar bisa dikatakan buruk. Menurut Wijaya dan Huda, (2018) pertumbuhan vegetasi yang baik pada suatu kawasan ekosistem mangrove bisa dilihat dari merata atau tidak jauh berbedanya kerapatan jenis pada tegakan pohon dan pancang.



Gambar 6. Grafik estimasi karbon per stasiun

Tabel 1. Nilai laju dekomposisi

stasiun	bobot awal (g)	penyusutan Bobot kering				Laju dekomposisi pada hari			
		produksi serasah (g/minggu)				ke			
		7	14	21	28	7	14	21	28
1	20	14.05	7.82	315	0.405	29.75	60.9	84.25	97.95
2	20	14.95	11.12	9.67	7.93	25.22	44.4	52.65	60.35
3	20	13.71	10.5	7.375	2.15	31.45	47.45	63.125	89.25

Dari gambar diatas dapat dilihat untuk nilai estimasi karbon organik tertinggi terletak pada stasiun 3 dan 1 dengan nilai sebesar 252.900 Mg/ha dan 252.406 Mg/ha. Dan untuk nilai estimasi karbon terendah terdapat di stasiun 2 dengan nilai sebesar 234.527 Mg/ha. Di stasiun 3 dan 1 untuk tingkat kerapatannya sendiri bisa dikategorikan baik sehingga hal tersebut juga yang dapat mempengaruhi hasil produksi serasah dan estimasi karbon pada sedimen. Sedangkan di stasiun 2 untuk tingkat kerapatannya bisa dikatakan buruk karena di stasiun 2 bekas lahan dan daerah yang sering di lalui manusia, meskipun stasiun 1 juga sering di lalui manusia tapi di stasiun 1 merupakan Kawasan yang sering dipantau sehingga untuk tingkat kerapatannya baik.

Menurut Tery dkk., (2018) Salah satu cara untuk meningkatkan kembali

simpanan karbon di sedimen adalah melalui upaya rehabilitasi atau penanaman mangrove. Menurut Syukri (2017), tingginya nilai tutupan kanopi mangrove berbanding lurus dengan kandungan biomassa sedimen.

Dari tabel menunjukkan bahwa karbon organik sedimen tertinggi terletak pada kedalaman 60-100 cm. Hal ini di duga untuk kedalaman 0-30 cm sendiri mengalami dekomposisi secara cepat sehingga untuk lapisan atas kandungan karbon cenderung sedikit dibandingkan lapisan bawah. Cadangan karbon organik tanah pada lapisan bawah terlindung dalam agregat tanah dan mempunyai laju dekomposisi yang rendah. Cadangan karbon organik tanah pada lapisan 0-5 cm rendah juga dapat disebabkan oleh aktivitas antropogenik pada lokasi penelitian seperti penebangan pohon dan pengolahan lahan untuk area penanaman cenderung terjadi di lapisan tanah atas, sehingga menyebabkan bahan organik tanah pada lapisan tanah atas terdekomposisi akibatnya cadangan karbon organik tanah menjadi rendah pada lapisan tanah atas.

Besarnya karbon substrat mangrove dipengaruhi oleh kedalaman tanah. Konsentrasi karbon biasanya terdapat di lapisan atas permukaan tanah, namun tidak berbeda signifikan pada kedalaman dibawah 100 cm. kedalaman diatas 150 cm seiring perubahan massa jenis tanah dapat menurunkan kadar karbon tanah (Baderan, 2017).

KESIMPULAN

Nilai persentase karbon organik sedimen tanah diperoleh dari proses pengabuan bahan organik tanah. Nilai rata-rata persentase kandungan karbon organik tanah tertinggi pada seluruh stasiun terletak di kedalaman 60-100 cm, yaitu sebesar stasiun 1 (14,38%) dan Estimasi karbon organik tertinggi terletak pada stasiun 1 di kedalaman 60-100 cm (95.151 Mg/ha), untuk Estimasi karbon organik keseluruhan tertinggi terletak di stasiun 3 (252.900 Mg/ha).

Dari hasil yang diperoleh untuk nilai kerapatan mangrove dan produksi serasah mangrove dapat dikatakan saling memiliki pengaruh terhadap nilai karbon organik sedimen di kedalaman 0-30 cm.

REFERENSI

- Agil, I.A, M.L.IIhamdi, G. Hadiprayitno, dan G, Mertha. 2018. Sosialisasi Peran dan Fungsi Mangrove Pada Masyarakat di Kawasan Gili Sulat Lombok Timur *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*. 1(1). 52-59.
- Ahmad, B., dan C. M.A. Dungga. 2015. Distribusi butiran sedimen di pantai Dalegan, Gresik, Jawa Timur. *Jurnal ilmu ilmu perairan, pesisir dan perikanan*. 4(3).
- Alvanolis, P.I, G. Mardiatmoko, dan F. Lathumahina. 2019. Estimasi kandungan karbon tersimpan skala plot pada agroforestry pola dusung di negeri

- Hutumuri, Kecamatan Leitimur selatan, Kota Ambon. *jurnal hutan tropis*. 7(2).
- Amelia, E, S. 2014. Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Panasen. *Jurnal Sipil Statik*. 2(3).
- Bismark, M., E. Subiandono, dan N.M. Heriyanto. 2008. Keragaman dan potensi jenis serta kandungan karbon hutan mangrove Di sungai Subelen Siberut, Sumatera Barat. *Jurnal penelitian hutan dan konservasi alam*. 5(3). 297-306.
- Cahyaning, W., A. Setiawan, dan Ruswati. 2018. Estimasi karbon tersimpan pada hutan mangrove di desa margasari kecamatan labuhan maringgai kabupaten lampung timur. *jurnal sylvia lesterai*. 6(1). 66-74.
- Fella, S., A. Suryanti, dan S., Febrianto. 2020. Estimasi Serapan Karbon Pada Hutan Mangrove Desa Bedono, Demak, Jawa Tengah. *Journal of Fisheries and Marine Research*. 4(02).
- Halidah. 2014. *Avicennia marina* (Forssk.) *Vierh* Jenis mangrove yang kaya manfaat. *Info teknis*. 11(1).
- Heriyanto, N.M. dan Subiandono, E. 2016. Peran Biomassa Mangrove Dalam Menyimpan Karbon di Kubu Raya, Kalimantan Barat. *Jurnal Analisis Kebijakan*. 13 (1):1-12.
- Hidayanti, N., Mansur, M dan Titi, J. Variasi serapan kaarbondioksida (CO₂) jenis jenis pohon di "ecopark", cibinong dan kaitannya dengan potensi mitigasi gas rumah kaca. *Buletin Kebun Raya*. 16(1).
- Hery, P. 2012. Pemanfaatan Hutan Mangrove Sebagai Penyimpan Karbon. *Buletin psl*. 3-5.
- Irawan, U. S. dan Purwanto, E. 2020. Pengukuran dan Pendugaan Cadangan Karbon pada Ekosistem Hutan Gambut dan Mineral. Kalimantan.
- Krisna, A, Y. Arsepta, I. Dewiyanti, dan S. Bahari. 2019. Dugaan Serapan Karbon Pada Vegetasi Mangrove, di Kawasan Mangrove Desa Beureunut, Kecamatan Seulimum, Kabupaten Aceh Besar. 1(2).
- Kusminingrum, N. 2008. Potensi tanaman dalam menyerap CO₂ dan CO untuk mengurangi dampak pemanasan global. *Jurnal pemukiman*. 3(2).
- Manuri S, Putra C, Saputra A. 2011. Teknik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan. Merang REDD Pilot Project (MRPP). Palembang.
- Martika, D.S., dan N. Suryawati. 2021. Pemenuhan luasan hutan kota sebagai pencegah masalah lingkungan di Surabaya. *Jurnal Ilmu Hukum*. 17(1).
- Ofik, P.T, D. Indriana, dan A.M. Lubis. 2016. Analisis Sedimentasi di Sungai Way Besai. *Jurnal rekayasa*. 20(3).
- Pertamawati. 2010. Pengaruh fotosintesis terhadap pertumbuhan tanaman kentan (*solanum tuberosum*) dalam lingkungan fotoautotrof secara invitro. *Jurnal sains dan teknologi indonesia*. 12(1). 31-37.
- Prayitno, M.B., Sabaruddin, Setyawan, D., Yakup. 2013. Pendugaan Cadangan Karbon

Gambut Pada Agroekosistem Kelapa Sawit. *Jurnal Agrista*. 17 (3).

Rifardi. 2012. *Ekologi Sedimen Laut Modern Edisi Revisi*. Pekanbaru. UNRIPress

Rio, V.J, J.N.W. Schadu, dan C.F. A. Sondak. 2018. Estimasi potensi karbon pada sedimen ekosistem mangrove Di pesisir Taman Nasional Bunaken bagian utara. *Jurnal pesisir dan laut tropis*. 1(1).

Riwayati.2014. Manfaat dan fungsi hutan mangrove bagi kehidupan. *Jurnal keluarga sehat sejahtera*. 12(24). 1693 – 1157.

Roby, H, dan Y. Apriyanti. 2016. Studi karakteristik sedimen dan laju sedimentasi sungai Daeng Kabupaten Bangka Barat. *Jurnal fropil*. 4(2).

Ronald, L.K, S. Huliselan, dan F. Adji.2019. Pendugaan biomassa dan karbon tersimpan mangrove *Rhizophora apiculata* dan *Sonneratia alba* Di desa simau. *Jurnal hutan pulau pulau kecil*. 3(1).

Herman, S.H. 2014. Peranan penting pengelolaan penyerapan karbon dalam tanah. *Jurnal analisis kebijakan kehutanan*. 11(2).

Shahibah, Y., dan N.S. Herminasari. 2017. Partisipasi masyarakat dalam pengelolaan hutan mangrove Di desa Segarajaya Kecamatan Tarumajaya Kabupaten Bekasi. *Jurnal green growth dan manajemen lingkungan*.6(2).

Supriyadi, S. (2008). Kandungan Bahan Organik Sebagai Dasar Pengelolaan Tanah Di Lahan Kering Madura. 5(2), 176–183.

Suryono, N. Soenardjo, E. Wibowo, R. Ario, dan E.F. Rozy. 2018. Estimasi Kandungan Biomassa dan Karbon di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Buletin Oseanografi marina*. 7(1) 1-8.

Sutaryo, D. 2009. Penghitungan biomassa: Sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon. Wetlands internasional Indonesia progame.

Tery, K.L, R.N.A. Ati, Y.P. Rahayu, dan N.S, Adi. 2018. Pengaruh ahli fungsi kawasan mangrove pada sifat sedimen dan kemampuan penyimpanan karbon. *Jurnal kelautan nasional*. 13(3).145-153.

Tjutju, S., 1998. Karbon dioksida. *Oseana*. 13(1). 1-18.

Triana, V., 2008. Pemanasan global. *Jurnal kesehatan masyarakat*. 2(2).

Windusari,Y., N.A..P. Sari, I. Yustian, dan H. Zulkifli.2012. Dugaan Cadangan Karbon Biomassa Tumbuhan Bawah dan Serasah di Kawasan Sukresi Alami Pada Area Pengendapan Tailing Pt Freeport Indonesia. *Biospecies*.5(1).

Wijaya, N, I., dan Huda, M. 2020. Monitoring Sebaran Vegetasi Mangrove yang Direhabilitasi di Kawasan Ekowisata Mangrove Gunung Anyar Surabaya. *Jurnal ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 10(3): 747-755