

## Konsentrasi Karbon Sedimen Mangrove di Muara Kali Ijo, Kebumen

Hendrayana\*, Pandu Marazhargi Setiawan, Sesilia Rani Samudra, Purwo Raharjo

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman  
Jl. Profesor DR. HR Boenyamin No.708, Purwokerto, Jawa Tengah 53122 Indonesia  
\*Corresponding author, e-mail: [hendrayana@unsoed.ac.id](mailto:hendrayana@unsoed.ac.id)

**ABSTRAK:** Mangrove memiliki peran sebagai pendaur unsur hara dan penyerap karbon. Karbon tersimpan pada sedimen mangrove diduga memiliki konsentrasi berbeda pada setiap jenis mangrove dan zonasi mangrove. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karbon organik pada sedimen mangrove berdasarkan tingkat kerapatan dan jenis mangrove yang berbeda. Penelitian dilakukan di Kawasan Ekosistem Esensial (KEE) Mangrove, Muara kali Ijo, Kebumen. Kegiatan penelitian dilakukan pada Bulan Juni-Juli Tahun 2022. Penelitian dilakukan pada 3 stasiun dengan masing-masing stasiun terdapat 3 plot. Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel karbon organik pada sedimen mangrove serta data kerapatan mangrove yang berada di Muara kali Ijo, Kebumen. Analisis data menggunakan metode kerapatan dan analisis karbon menggunakan metode LOI (loss on ignition). Mangrove di Muara Kali Ijo, Kebumen memiliki kerapatan jarang hingga sangat padat dengan rentang nilai 1,64%-100% dari jenis kerapatan jarang hingga sangat padat 97,92 % dengan kerapatan sebesar 20 ind/ha-1.880 ind/ha. Nilai karbon organik pada sedimen berdasarkan stasiun menunjukkan bahwa karbon organik tertinggi pada stasiun 1 dengan nilai sebesar 1,68 mg/l dan terendah pada stasiun 3 dengan nilai 1,63 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kerapatan mangrove maka karbon tersimpan akan semakin tinggi, sehingga mangrove perlu dikelola dengan baik sebagai salah satu sumber karbon organik di perairan.

**Kata kunci:** Kali Ijo; Karbon; LOI (loss on ignition); Mangrove; Sedimen

### Carbon Concentration in Mangrove Sediment at Kali Ijo Estuary, Kebumen

**ABSTRACT:** Mangroves have a role as a nutrient recycler and carbon sink. Carbon stored in mangrove sediments is suspected to have a different concentration in each type of mangrove and mangrove zonation. This study aims to determine the carbon stored in mangrove sediments based on the density level and different types of mangroves. The research was conducted in the Mangrove Essential Ecosystem Area (KEE), Muara Kali Ijo, Kebumen. This study aims to determine the organic carbon in mangrove sediments based on the density level and different types of mangroves. The research was conducted in the Mangrove Essential Ecosystem Area (KEE), Kali Ijo Estuary, Kebumen. The research was conducted in June-July 2022. The research have 3 and every station have 3 stasiun plots. The material used organic carbon samples from mangrove sediments and mangrove density from Kali Ijo Estuary, Kebumen. Data analysis used the density method and carbon analysis used the LOI (loss on ignition). The mangrove estuary of Kali Ijo, Kebumen has a density of rare to very dense with a value range of 1.64%-100% from rare to very dense density of 97.92% with a density of 20 ind/ha-1,880 ind/ha. The results showed that the density was rare to very dense with a value of 1.64%-100% of the rare to very dense density of 97.92% with a density of 20 ind/ha-1,880 ind/ha. Organic carbon values in sediment based on stations showed that the highest organic carbon was at station 1 with a value of 1.68 mg/l and the lowest was at station 3 with a value of 1.63 mg/l. The value of organic carbon is higher at high mangrove density, so mangroves need to be managed properly as a source of organic carbon in the waters.

**Keywords:** Carbon; Kali Ijo; LOI (loss on ignition); Mangrove; Sediments

## PENDAHULUAN

Mangrove merupakan vegetasi yang hidup di wilayah pesisir dan dipengaruhi oleh pasang surut air laut dimana pada umumnya hidup pada daerah yang terlindung dari hembusan angin secara langsung (Nybakken, 1998). Mangrove memiliki peran ekologis penting dipesisir yaitu sebagai perangkap sedimen serta nutrisi (Marchio *et al.*, 2016) serta memiliki potensi sebagai penyerap karbon yang baik (Hilmi *et al.*, 2019). Karbon mangrove dapat ditemukan pada batang dan sedimen mangrove (Marbun *et al.*, 2020). Karbon organik yang ditemukan pada sedimen mangrove sebanding besar berasal dari proses dekomposisi yang menghasilkan senyawa organik dan anorganik dalam jumlah tinggi (Hutasito *et al.*, 2014). Seresah mangrove yang memiliki nutrisi tinggi lebih mudah terurai dibandingkan dengan seresah mangrove yang memiliki kandungan nutrisi rendah pada habitat yang sama (Sari *et al.*, 2017). Unsur organik dan anorganik yang terdapat pada seresah mangrove terdiri atas karbon, nitrogen, fosfat, kalium, kalsium dan magnesium (Thaher, 2013).

Mangrove memiliki kemampuan menyimpan karbon 46,02-55,54% lebih tinggi dibandingkan dengan vegetasi lainnya. Mangrove memproduksi karbon sebesar 4,72g/C/15hr -70,82 g/C/15hr (Nursofiati *et al.*, 2020). Karbon pada mangrove dapat ditemukan di tubuh mangrove seperti batang dan dilingkungan dapat ditemukan pada sedimen mangrove. Bahan organik yang ditemukan di mangrove dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu kerapatan dan sedimen (Mardiyah *et al.*, 2019). Kandungan karbon organik pada sedimen dengan struktur lempung memiliki kandungan karbon organik lebih tinggi dibandingkan dengan sedimen dengan struktur jenis pasir (Hakim *et al.*, 2016).

Kali Ijo memiliki kawasan mangrove yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Provinsi Jawa Tengah sebagai Kawasan Ekosistem Esensial (KEE). Mangrove pada KEE Kali Ijo merupakan hasil dari rehabilitasi kawasan oleh kelompok tani hutan masyarakat Desa Ayah. Perkembangan kawasan ini menjadi zona konservasi memunculkan potensi mangrove sebagai penyerap karbon. Keberadaan mangrove di daerah estuari ini diduga memiliki konsentrasi nilai karbon organik yang berbeda pada mangrove dengan kerapatan berbeda serta jenis sedimen berbeda. Hal ini disebabkan karena kawasan estuari merupakan kawasan pertemuan air laut dan air tawar yang mengakibatkan perairan ini sangat dinamis (Yulius, 2018 ; Lapoo, 2021). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karbon tersimpan pada sedimen mangrove berdasarkan tingkat kerapatan dan jenis mangrove yang berbeda. Melalui penelitian ini diharapkan memberikan informasi tentang potensi mangrove sebagai habitat penyimpanan karbon organik di Wilayah Pesisir.

## MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan di Kawasan Ekosistem Esensial (KEE) Mangrove, Muara kali Ijo, Kebumen. Kegiatan penelitian dilakukan pada Bulan Juni Tahun 2022. Materi yang digunakan dalam penelitian adalah kerapatan mangrove dan sampel sedimen dari ekosistem mangrove KEE Kali Ijo, Kebumen. Metode penelitian menggunakan metode survei, sedangkan penentuan lokasi menggunakan metode *purposive*. Lokasi penelitian dilakukan pada 3 stasiun yaitu stasiun 1 pada mangrove dengan kerapatan tinggi, stasiun 2 kerapatan sedang dan stasiun 3 dengan kerapatan rendah. Kerapatan mangrove dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Di = \frac{Ni}{A}$$

Keterangan: Di = Kerapatan Mangrove (Pohon/m<sup>2</sup>); Ni = Jumlah tegakan dari setiap jenis mangrove; A = Luas area total pengambilan data (m<sup>2</sup>)

Pengambilan data karbon dilakukan dengan menggunakan metode LOI (loss on ignition) (Howard *et al.*, 2014). Tahapan analisis dilakukan sebagai berikut : (1) sampel sedimen dimasukkan pada cawan aluminium lalu dipanaskan dengan oven pada suhu 60°C selama 48 jam;

(2) sampel sedimen yang sudah kering, dihaluskan hingga homogen sebelum dibakar; (3) sampel seberat 2 gr diletakkan pada *crucible porcelain*, lalu dimasukkan ke dalam furnace dan dibakar dengan suhu 450°C selama 3 jam; (4) sedimen ditimbang kembali untuk dihitung berat akhir sedimen ( $w_2$ ) tersebut. Berat akhir sedimen dibandingkan dengan berat awal ( $w_1$ ) untuk mengetahui stok karbon dari biomassa.

$$\%C = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

Keterangan: %C= Kandungan karbon;  $W_1$ = Massa sebelum pembakaran;  $W_2$  = Massa setelah pembakaran

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kerapatan Mangrove Muara Kali Ijo

Hasil pengamatan kerapatan mangrove di KEE Kali Ijo menunjukkan bahwa terdapat 3 jenis mangrove yaitu *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata* dan *Avicennia alba*. Kerapatan individu memiliki rentang nilai 20-1880 ind/ha dengan kerapatan relatif sebesar 1,64-93,44%. Mangrove dengan kerapatan tertinggi adalah mangrove jenis *Rhizophora mucronata* (Tabel 1). *Rhizophora mucronata* merupakan mangrove yang banyak ditanam oleh masyarakat sebagai sabuk pantai karena spesies ini merupakan spesies paling mudah ditanam dan memiliki manfaat sebagai bahan baku kopi mangrove yang diolah oleh masyarakat di kawasan ini. *Sonneratia alba* dan *Rhizophora mucronata* memiliki indeks nilai penting sebesar 99,84% dan 80,74% (Mughofar *et al.*, 2018). *Rhizophora mucronata* banyak ditemukan pada habitat lumpur dan saat penanaman spesies ini memiliki kelulus hidupan tinggi hingga mencapai 72,80% (Rusdiana *et al.*, 2015 ; Jalaludin *et al.*, 2020).

Komposisi jenis vegetasi mangrove di ekosistem berpengaruh pada serapan karbon. Kelompok mangrove dengan dominansi mangrove jenis pohon memiliki kemampuan menyerap karbon lebih tinggi dibandingkan mangrove jenis semai ( Farista dan Virgota, 2021). Pohon mangrove yang memiliki umur lebih tua dan memiliki ukuran lebih besar mampu menyimpan karbon lebih tinggi dibandingkan mangrove yang lebih muda dan memiliki ukuran lebih kecil. Mangrove dengan kerapatan yang lebih tinggi tidak selalu memiliki karbon lebih tinggi dibandingkan dengan mangrove kerapatan rendah. Karbon memiliki hubungan tidak nyata dengan kerapatan mangrove namun lebih ditentukan pada ukuran batang mangrove (Sofyan *et al.*, 2016). Meskipun kerapatan memiliki tingkat korelasi tidak terlalu tinggi, hubungan kerapatan dengan karbon memiliki nilai positif (Hakim *et al.*, 2016 ; Amanda *et al.*, 2021 ; Yaqin *et al.*, 2022). Kerapatan memiliki hubungan positif dengan sedimen dimana semakin tinggi kerapatan mangrove maka sedimen yang terperangkap akan semakin besar.

Kerapatan mangrove memiliki pengaruh besar pada proses keluar masuknya sedimen di suatu perairan (Siregar *et al.*, 2016). Hubungan kerapatan mangrove dan laju sedimentasi sebesar -0,842 (memiliki hubungan kuat) dimana semakin tinggi nilai kerapatan mangrove akan semakin

**Tabel 1.** Kerapatan Mangrove di Pantai Ayah Kabupaten Kebumen

Stasiun	Spesies	Kerapatan (ind/ha)	Kerapatan Relatif (%)	Kriteria
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	1.140	93,44	Sedang
	<i>Rhizophora apiculata</i>	20	1,64	Jarang
	<i>Avicennia alba</i>	60	4,92	Jarang
2	<i>Rhizophora mucronata</i>	580	100	Jarang
3	<i>Rhizophora mucronata</i>	1.880	97,92	Sangat Padat
	<i>Avicennia alba</i>	40	2,08	Jarang

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

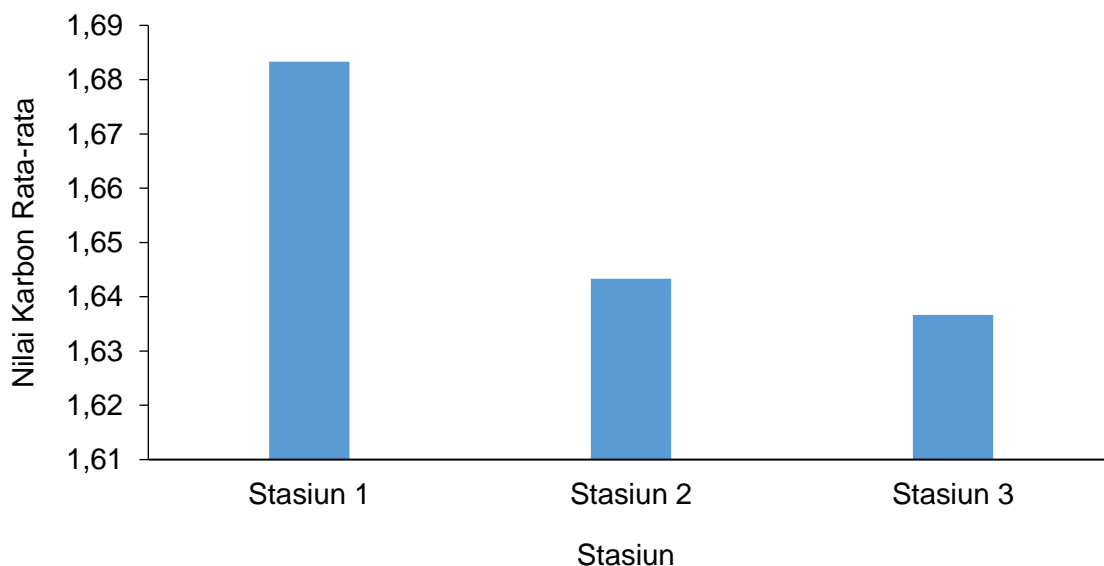
kecil laju sedimentasi (Sihombing *et al.*, 2017). Proses sedimentasi berpengaruh pada ukuran butir sedimen dari laut ke darat. Akibat adanya proses fisik di estuari sedimen dengan ukuran butir besar akan tenggelam sedangkan sedimen dengan ukuran halus mengalami kenaikan ke daerah daratan (Azhar, 2022). Sedimen jenis lumpur memiliki korelasi lumpur terhadap kerapatan *Avicennia marina* (Masruroh dan Insafitri, 2020). Komposisi mangrove di KEE Kali Ijo merupakan habitat yang cocok bagi kelangsungan hidup *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* yang masuk dalam zona mangrove primer kedua spesies tersebut.

Zonasi mangrove dapat dipengaruhi oleh tingginya sedimentasi dan perubahan habitat (Susanto *et al.*, 2013). Sedimentasi berkaitan dengan proses reproduksi mangrove yang memerlukan kondisi lingkungan yang cocok untuk penyebaran propagul. Perubahan habitat dapat disebabkan oleh adanya aktifitas manusia yang dapat mengganggu pertumbuhan mangrove. Jumlah kerapatan mangrove pada suatu kawasan dipengaruhi oleh kegiatan antropogenik yang mengubah habitat mangrove untuk kepentingan lain seperti pembukaan lahan untuk pemukiman dan pertambakan, dan penebangan pohon untuk bahan bangunan. Hal tersebut membuat ekosistem mangrove mengalami tekanan dan kondisinya mengalami penurunan (Amanda *et al.*, 2021).

### Karbon Organik Pada Sedimen Mangrove

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan nilai karbon organik rata-rata tertinggi terdapat di stasiun 1 dengan nilai 1.68 mg/l dan yang terendah di stasiun 3 dengan nilai 1.63 mg/l (Gambar 1). Stasiun 1 merupakan mangrove dengan kerapatan paling tinggi dibandingkan dua stasiun lainnya. Cadangan karbon diduga dipengaruhi oleh tingginya kerapatan suatu kawasan mangrove (Mulyadi, 2017). Kerapatan, biomassa dan cadangan karbon memiliki hubungan yang kuat (Oktaviona *et al.* 2017).

Karbon organik erat kaitannya dengan proses dekomposisi yang ada di mangrove. Proses dekomposisi dipengaruhi beberapa faktor salah satunya adalah jumlah bahan organik. Bahan organik di mangrove terdapat dari beberapa sumber, terutama dari serasah mangrove serta sisa hasil fotosintesis oleh fitoplankton maupun dekomposisi oleh organisme yang ada di mangrove. Kerapatan mangrove berhubungan erat dengan biomassa dan bahan organik yang terkandung di sedimen. Semakin rapat mangrove maka sedimen akan lebih banyak terperangkap, semakin jarang mangrove maka sedimen yang terperangkap semakin kecil. Proses terperangkapnya sedimen akan mempengaruhi laju peningkatan biomassa di mangrove, serasah mangrove yang jatuh di sedimen akan terperangkap dan terdekomposisi menjadi bahan organik seperti karbon organik.



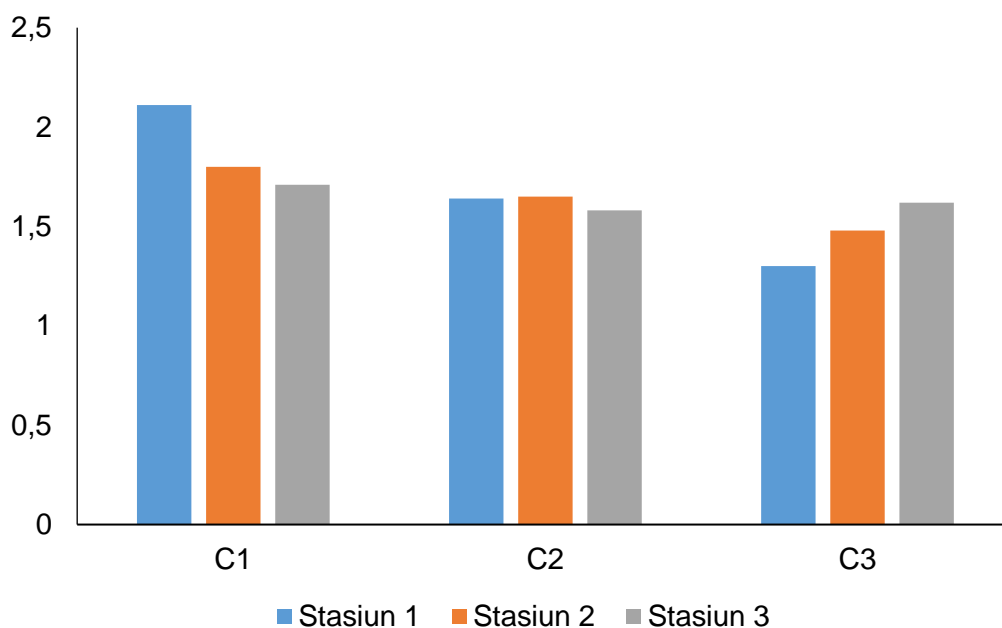
**Gambar 1.** Nilai karbon rata-rata

Karbon organik merupakan salah satu komponen penting bagi kehidupan biota laut. Kandungan karbon organik mudah urai di perairan dapat menyumbang kesuburan dan kualitas perairan. Karbon organik berasal dari 2 (dua) sumber yaitu alamiah dan aktivitas antropogenik. Beberapa bahan organik dapat terdekomposisi dan diubah menjadi komponen anorganik, namun sebagian tidak dapat berubah dan menjadi komponen penting sebagai penyusun unsur kimiawi di sedimen dan dapat menyerap senyawa kimiawi lain yang terlarut dalam air (Barus *et al.*,2020). Karbon organik pada sedimen akan lebih mudah tersimpan di sedimen jenis lumpur karena akan lebih mudah menyerap serasah di mangrove, dibandingkan dengan sedimen jenis lumpur berpasir.

Sedimen jenis lumpur pada mangrove biasanya terdapat pada barisan depan mangrove, hal ini disebabkan karena pada bagian depan mangrove banyak menerima sedimen masukan dari daratan sedangkan di bagian belakang mangrove pada umumnya merupakan daerah dengan substrat lebih padat.

Hal ini dapat dilihat dari konsentrasi karbon tersimpan di sedimen mangrove pada C1 lebih tinggi dibandingkan C2 dan C3 (Gambar 2). Pada stasiun 1 memiliki karbon organik pada sedimen lebih tinggi karena stasiun 1 berlokasi dekat dengan pantai yang dimana memiliki sedimen berlumpur. Sumber primer bahan organik tanah berasal dari jaringan organik tanaman yang dapat berupa daun, ranting dan cabang, batang, buah dan akar (Dewanti *et al.*, 2016). Hasil pelapukan dari daun-daun yang berjatuhan dari tumbuhan serta organisme yang berasosiasi dengan tumbuhan yang kemudian mati dan terdegradasi dalam endapan sedimen.

Pada stasiun 1 juga mempunyai kadar salinitas dan pasang surut lebih tinggi yang membuat mangrove pada stasiun 1 lebih banyak dari pada stasiun 2 dan 3. Partikel di perairan dipengaruhi oleh pasang surut dan arus laut, keberadaan stasiun C1 di ujung habitat mangrove ini menyebabkan habitat ini memiliki interaksi paling tinggi dengan pasang surut dan arus dibandingkan lainnya. Arus dan pasang surut membawa hanyutan sedimen serta karbon organik di perairan. Hal ini menyebabkan pada stasiun 1 mendapat suplai sedimen karbon paling tinggi dibandingkan bagian tengah dan bagian paling dalam mangrove. Pada stasiun C3 relatif memiliki karbon organik paling kecil dibandingkan stasiun lainnya. Pada daerah ini pengaruh pasang surut sangat kecil, serta pada stasiun ini berada dekat dengan sungai sehingga memiliki salinitas yang rendah. Jenis sedimen stasiun ini yaitu lumpur berpasir dimana jenis sedimen ini lebih lambat mengikat karbon dibandingkan sedimen jenis lumpur.



**Gambar 2.** Karbon Organik pada Sedimen Mangrove

Intrusi air laut akan membawa partikel sedimen ke belakang mangrove dan ketika surut partikel sedimen tersebut akan tertarik kembali bersama air laut yang tertarik ke laut kecuali yang terperangkap dalam akar mangrove dan sedimen yang dapat mengendap lebih cepat. Sedimen jenis lumpur atau lanau memiliki kemampuan menyerap karbon lebih tinggi dibanding jenis lumpur berpasir, partikel jenis lumpur memiliki karakter liat dan lengket. Sehingga hal ini menyebabkan partikel-partikel di perairan akan menempel lebih cepat dibandingkan substrat jenis lumpur berpasir. Sedimen dengan struktur lumpur memiliki kandungan karbon organik lebih banyak dibandingkan dengan sedimen pasir (Hakim *et al.*, 2016).

Ukuran partikel sedimen berbanding terbalik dengan proses pengikatan karbon organik semakin besar ukuran sedimen maka proses pengikatan karbon organik akan semakin lambat dibandingkan sedimen ukuran butir yang lebih kecil. Dengan demikian komposisi karbon organik di perairan akan ditentukan dari jenis sedimen yang ada di habitat tersebut. Menurut Maslukah (2013) kandungan bahan organik erat kaitannya dengan ukuran butir sedimen. Sedimen perairan yang mempunyai persentase ukuran butir yang berbeda akan mempunyai kandungan bahan organik yang berbeda pula. Pada umumnya sedimen yang mempunyai ukuran partikel yang lebih halus akan diikuti dengan kenaikan jumlah bahan organik. Semakin halus sedimen, kemampuan dalam mengakumulasi bahan organik semakin besar. Kandungan bahan organik pada umumnya akan tinggi pada sedimen Lumpur (campuran silt dan clay).

## KESIMPULAN

Mangrove di Muara Kali Ijo, Kebumen memiliki kerapatan jarang hingga sangat padat dengan rentang nilai 1,64%-100% dari jenis kerapatan jarang hingga sangat padat 97,92 % dengan kerapatan sebesar 20 ind/ha-1.880 ind/ha. Nilai karbon organik pada sedimen berdasarkan stasiun menunjukkan bahwa karbon organik tertinggi pada stasiun 1 dengan nilai sebesar 1,68 mg/l dan terendah pada stasiun 3 dengan nilai 1,63 mg/l.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Jenderal Soedirman atas pembiayaan pada penelitian ini melalui skema Riset Peningkatan Kompetensi dengan Nomor Kontrak T/775/UN23.18/PT.01.03/2022. Terima kasih kepada Dinas Kehutanan Wilayah 7 Provinsi Jawa tengah dan KTH Pansela yang telah memberikan izin untuk peneliti melaksanakan kegiatan penelitian di KEE Muara Kali Ijo, Kebumen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amanda, Y., Mulyadi, A., Siregar, Y.I., & Ikhwan, Y. 2021. Estimasi Stok Karbon Tersimpan pada Hutan Mangrove di Muara Sungai Batang Apar Kecamatan Pariaman Utara Kota Pariaman Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Ilmu Perairan*, 9(1):38–48. <https://doi.org/10.31258/jipas.9.1.p.38-48>
- Azhar, R. 2022. Analisis distribusi ukuran butiran sedimen pada beberapa lahan mangrove di Aceh Besar. *Arwana*, 4(2):113-117. <https://doi.org/10.51179/jipsbp.v4i2.1636>
- Barus, B., Munthe, R., & Bernando, M. 2020. Kandungan Karbon Organik Total Dan Fosfat Pada Sedimen Di Perairan Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol 12 No 2, 397-408. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i2.28211>
- Dewanti, N.P., Muslim, & Prihatiningsih, W.R. 2016. Analisis Kandungan Karbon Organik Total (KOT) Dalam Sedimen Di Perairan Sluke Kabupaten Rembang. *Jurnal Oseanografi*, 5 (2): 202–210.
- Farista, B., & Virgota, A. 2021. Serapan Karbon Hutan Mangrove di Bagek Kembar Kecamatan Sekotong Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Ilmiah Biologi*, 9(1): 170–178. <https://doi.org/10.33394/bjib.v9i1.3777>

- Hakim, M.A., Nana, K.T.M., & Andin, I. 2016. Estimasi Stok Karbon Mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Life Science*, 5(2):87-94.
- Hilmi, E., Sari, L.K., Cahyo, T.N., Kusmana, C., & Suhendang, E. 2019. Carbon Sequestration of Mangrove Ecosystem in Segara Anakan Lagoon, Indonesia. *Biotropia*, 3(3):181-190
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Pidgeon, E., & Telszewski, M. 2014. Coastal Blue Carbon: Methods For Assessing Carbon Stocks And Emissions Factors In Mangroves, Tidal Salt Marshes, and Seagrass. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. Arlington, USA. Pp 180
- Jalaludin, M., Lestari, D., Andriani., Ulum, M., & Mellenia, S.N. 2020. Korelasi Antara Ekosistem Mangrove *Rhizophora stylosa* Terhadap Biota Aquatik di Pulau Pramuka Kepulauan Seribu. *Jurnal Geografi*, 9(1): 38-49. <https://doi.org/10.24036/geografi/vol9-iss1/944>
- Laapo, A., 2021. Karakteristik Biofisik Perairan Laut, Sosial Dan Ekonomi Pendukung Pengembangan Ekowisata Bahari Di Taman Nasional Kepulauan Togean. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(2): 285-296. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2021.005.02.14>
- Mardiyah, 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. <https://doi.org/10.14710/jmr.v8i1.24330>
- Maslukah, L. 2013. Hubungan antara Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butir dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 2(3):55 – 62
- Masruroh, L. & Insafitri. 2020. Pengaruh Jenis Substrat Terhadap Kerapatan Vegetasi *Avicennia marina* Di Kabupaten Gresik. *Juvenil*, 1(2): 151-159. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i2.7569>
- Mughofar, A., Masykuri, M., & Setyono, P. 2018. Zonasi dan Komposisi Vegetasi Hutan Mangrove Pantai Cengkong Desa Karanggandu Kabupaten Trenggalek Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 8(1): 77-85. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.1.77-85>
- Mulyadi., Astiani, D. & Manurung, T.F. 2017. Potensi Karbon pada Tegakan Hutan Mangrove di Desa Sebatuan Kabupaten Sambas. *Jurnal Hutan Lestari*, 5(3): 592-598.
- Nursofiati, N., Kushadiwijayanto, A. and Safitri, I., 2020. Struktur Komunitas dan Laju Produksi Karbon Serasah Daun Mangrove di Kuala Singkawang. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 3(3):105-112. <https://doi.org/10.26418/lkuntan.v3i3.42915>
- Nybakken, J.W. 1998. Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis. Jakarta. PT. Gramedia.
- Oktaviona, S., Bintal, A., & Musrifin G. 2017. Estimasi Stock Tersimpan pada Ekosistem Hutan Mangrove di Jorong Ujuang Labuang Kabupaten Agam Provinsi Sumatera Barat. Universitas Riau. Repository.
- Rusdiana, O., Sukendro, A., & Baiquni, A.R. 2015. Pertumbuhan Bakau Merah (*Rhizophora mucronata*) Di Persemaian Mangrove Desa Muara, Kecamatan Teluk Naga, Kabupaten Tangerang. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 6(3): 172-178
- Sari, K.W., Yunasfi, & Suryanti, A. 2017. Dekomposisi serasah daun mangrove *Rhizophora apiculata* di Desa Bagan Asahan, Kecamatan Tanjungbalai, Kabupaten Asahan, Provinsi Sumatera Utara. *Acta Aquatica*, 4(2):89-94. <https://doi.org/10.29103/aa.v4i2.308>
- Sihombing, Y.H., Muskananfolo, M.R., & A'in, C. 2017. Pengaruh Kerapatan Mangrove Terhadap Laju Sedimentasi Di Desa Bedono Demak. *Journal of Maquares*, 6(4): 536-545. <https://doi.org/10.14710/marj.v6i4.21346>
- Siregar, R.H., Yunasfi, & Muhtadi, A, 2016, Hubungan Kerapatan Mangrove Terhadap Laju Sedimen Transpor Di Wilayah Pesisir Desa Pulau Sembilan Kabupaten Langkat Sumatera Utara. *Jurnal Aquacoastmarine*, 14(1): 1- 10
- Sofyan, M., Mulyadi, A., & Elizal. 2016. Analysis of Biomass and Carbon Stock on Mangrove Forest Ecosystem In North Coastal Area of Rupat Island Riau Province. *Jurnal Perikanan Universitas Riau*, 1(1): 1–11.
- Thaher, E. 2013. Laju dekomposisi serasah *Rhizophora mucronata* dengan aplikasi fungsi *Aspergillus* sp pada berbagai salinitas. Medan: Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian.

- Yaqin, N., Rizkiyah, M., Putra, E. A., Suryanti, S., & Febrianto, S. 2022. Estimasi Serapan Karbon pada Kawasan Mangrove Tapak di Desa Tugurejo Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 11 (1):19–29. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i1.38256>
- Yulius, A.R., Ramdhan, M., Salim, H.L., & Heriati, A., 2018. Distribusi Spasial Kualitas Air di Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) Lombok Tengah. *Majalah Ilmiah Globe*, 2(1): 35-46. <https://doi.org/10.24895/MIG.2018.20-1.598>