

## Potensi Biomassa dan Karbon Tersimpan Mangrove di Kee Muara Kali Ijo, Kebumen

Anggi Settiana Aenun<sup>1</sup>, Hendrayana<sup>1\*</sup>, Purwo Raharjo<sup>1</sup>, Sesilia Rani Samudra<sup>2</sup>, Aji Darmaji<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman

<sup>2</sup>Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal, Banyumas, Jawa Tengah 53122, Indonesia

<sup>3</sup>Cabang Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Tengah Wilayah VIII

Jl. Ampera No.11A, Keposan, Kebumen, Kec. Kebumen, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah 54311

Corresponding author, e-mail: [hendrayana@unsoed.ac.id](mailto:hendrayana@unsoed.ac.id)

**ABSTRAK:** Mangrove memiliki peran penting dalam menghadapi pemanasan global yaitu sebagai penyerap karbon. Peran mangrove sebagai *carbon trap* dan *carbon sink* ditentukan dari ukuran dan kerapatan mangrove. Tujuan penelitian ini adalah melakukan estimasi kandungan biomassa dan karbon yang tersimpan pada mangrove di Muara Kali Ijo. Penelitian dilakukan bulan Juni-Juli 2022 di wilayah KEE Muara Kali Ijo, Kebumen. Materi penelitian adalah biomassa dan karbon pada mangrove. Analisis data berupa analisis data vegetasi mangrove yang meliputi jenis, DBH, kerapatan. Perhitungan estimasi biomassa dan stok karbon mangrove menggunakan metode tanpa pemanenan (non-destructive) dengan mengukur diameter at breast height (DBH, 1.3 m), sedangkan simpanan karbon diestimasi dari 46% biomassa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan mangrove di KEE Muara Kali Ijo, Kebumen dalam kategori tinggi dengan nilai 4.300 ind/ha. Jenis mangrove yang paling banyak ditemukan adalah *Rhizophora mucronata*. Estimasi total biomassa sebesar 1.230,29 ton/ha. Estimasi stok kandungan karbon sebesar 576,4 ton/ha. Besaran biomassa dan karbon tersimpan pada mangrove dipengaruhi oleh umur tegakan, diameter dan jumlah tegakan. Dengan demikian untuk mengurangi efek pemanasan global perlu dilakukan rehabilitasi dan konservasi mangrove untuk pengelolaan karbon berkelanjutan.

**Kata kunci:** DBH; Karbon; Kerapatan; Mangrove; Muara Kali Ijo; *Rhizophora*

### ***Potential of Mangrove Biomass and Carbon at Essential Ecosystem Area Ijo Estuary, Kebumen***

**ABSTRACT:** Mangroves have an important role in dealing with global warming, namely as carbon sink. The role of mangroves as carbon traps and carbon sinks is determined by the size and density of the mangroves. The aim of this research is to estimate the biomass and carbon stored in mangroves in Ijo Estuary. The research was conducted in June-July 2022 in the Essential Ecosystem Area Ijo Estuary, Kebumen. The research material is biomass and carbon in mangroves. Data analyzed takes the form of mangrove vegetation data analysis which includes type, DBH, density. Calculation of mangrove biomass and carbon stock estimates uses a non-destructive method by measuring the diameter at breast height (DBH, 1.3 m), while carbon stocks are estimated at 46% of the biomass. The research results show that the mangrove density in Essential Ecosystem Area Ijo Estuary, Kebumen is in the high category with a value of 4,300 ind/ha. The most common type of mangrove found is *Rhizophora mucronata*. The estimated total biomass is 1,230.29 tonnes/ha. The estimated stock of carbon content is 576.4 tonnes/ha. The amount of biomass and carbon stored in mangroves is influenced by the age, diameter and number of mangrove stands. To reduce the effects of global warming, mangrove rehabilitation and conservation needs to be carried out for sustainable carbon management.

**Keywords:** Carbon; DBH; Density; Estuary; Mangrove; *Rhizophora*

## PENDAHULUAN

Gas rumah kaca, khususnya karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), yang terus meningkat di atmosfer

menjadi salah satu faktor utama penyebab pemanasan global. Peningkatan emisi ini dipicu oleh berbagai aktivitas manusia, seperti transportasi, industri, perubahan tata guna lahan pertanian, serta gangguan pada sistem hidrologi (Adame et al., 2013; Alongi, 2002; Wacano et al., 2013). Untuk mengurangi dampak pemanasan global, diperlukan berbagai langkah mitigasi, salah satunya melalui penyerapan karbon di atmosfer oleh ekosistem mangrove (Siddiq et al., 2020).

Menurut Duarte et al., lautan memiliki kemampuan menyerap sekitar 93% karbon dioksida di bumi. Selain itu, ekosistem pesisir seperti mangrove dan padang lamun juga memiliki kapasitas besar dalam menyimpan karbon, baik dalam sedimen maupun biomassa vegetasi (Balino et al., 2000; Overbeek W). Kemampuan ekosistem mangrove dalam menyerap karbon bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan hutan tropis, subtropis, boreal, maupun ekosistem vegetasi lainnya (McLeod et al., 2011). Karbon yang diserap kemudian tersimpan dalam bentuk biomassa pada bagian batang, akar, seresah, serta nekromassa (Muhsoni, 2021). Kondisi ini menunjukkan bahwa mangrove memiliki peran penting dalam mitigasi perubahan iklim global. Potensi penyimpanan karbon pada ekosistem mangrove dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis vegetasi, tingkat kerapatan, dan pasang surut perairan (Hairiah & Rahayu, 2007).

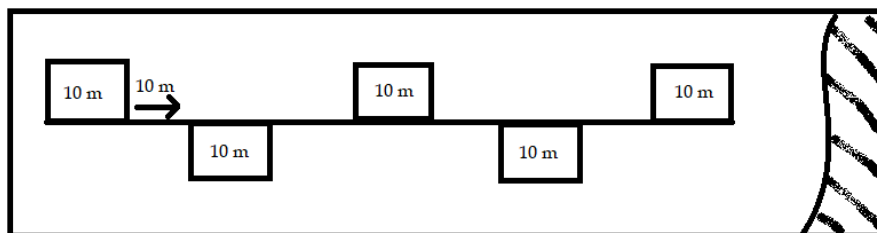
Secara ekologis, ekosistem mangrove mempunyai fungsi yang sangat penting, terutama dalam mengikat dan menyimpan karbon. Namun demikian, informasi dan data mengenai kapasitas penyimpanan karbon pada ekosistem ini masih relatif terbatas. Oleh karena itu, upaya pengelolaan seperti pencegahan deforestasi dan rehabilitasi kawasan mangrove yang rusak sangat diperlukan untuk mengurangi emisi karbon (Friess et al., 2020; Krauss & Osland, 2020; O'Connor et al., 2020), termasuk pada kawasan mangrove Muara Kali Ijo. Informasi mengenai potensi mangrove sebagai penyerap karbon menjadi dasar penting dalam mendukung konservasi berkelanjutan serta penyusunan rencana pengelolaan jangka panjang.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang estimasi kandungan biomassa mangrove dan potensi karbon mangrove di Muara Kali Ijo Kebumen. Dengan adanya penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengetahuan tentang fungsi mangrove sebagai penyimpan karbon dan dapat menjadi acuan dan kajian untuk pengelolaan ekosistem mangrove secara berkelanjutan di kawasan pesisir selatan Jawa Tengah.

## MATERI DAN METODE

Kegiatan penelitian dilaksanakan di Hutan mangrove Muara Kali Ijo, Kebumen pada bulan Juni-Juli 2022. Hutan mangrove di Pantai Ayah, Kebumen merupakan hutan mangrove yang masih dalam tahap perkembangan (konservasi) dan masih relative baru, yang ditanam sejak kerusakan tsunami tahun 2006 dan sampai saat ini luasnya mencapai  $\pm 50$  ha (Dinas Perhutanan dan Pengendalian Dampak Lingkungan Kabupaten Kebumen, 2006).

Materi pada penelitian ini adalah vegetasi mangrove, parameter lingkungan. Penentuan stasiun pengambilan sampel ditentukan berdasarkan metode purposive random sampling dengan mempertimbangkan kerapatan mangrove dan keterwakilan sampel pada lokasi penelitian (Adame et al., 2013). Terdapat tiga lokasi pengambilan sampel dengan lima plot ukuran 10x10m di setiap lokasinya yang sejajar garis pantai (Ihsan et al., 2017) dengan interval 10 meter.



**Gambar 2.** Plotting Pengambilan Sampel Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 Tahun (2004)

Pengambilan kerapatan dan komposisi ekosistem mangrove dilakukan pengukuran batang yang berdiameter 5 cm dengan tinggi 1,3 cm (DBH) (Donato *et al.*, 2012), kemudian dilakukan perhitungan dengan model allometric (Komiyama *et al.*, 2005) untuk menduga potensi biomassa dan estimasi karbon (Adame *et al.*, 2013).

Data yang diperoleh kemudian dianalisis. Data keliling batang ini kemudian akan di ubah menjadi diameter dengan persamaan menurut (Hairiah & Rahayu, 2007). Selanjutnya untuk menghitung kerapatan jenis menggunakan cara manual untuk memastikan keakuratan data. Pengambilan data kerapatan jenis mangrove dihitung berdasarkan plot penelitian yang telah dibuat. Pada tiap plot penelitian, dilakukan identifikasi jenis tegakan mangrove dan pencatatan jumlah individu tiap jenis pohon mangrove. Pengukuran biomassa dilakukan dengan cara “non-destructive”, yaitu menggunakan persamaan alometrik yang telah dikembangkan oleh peneliti lain sebelumnya dengan cara destruktif. Penelitian kali ini menggunakan persamaan allometrik secara umum yang telah di kembangkan oleh (Komiyama *et al.*, 2005).

Menurut ((SNI), 2011), analisa simpanan stok karbon dapat diperoleh dari estimasi biomasnya. Estimasi jumlah karbon yang tersimpan untuk biomassa yang berada diatas permukaan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$C_b = \text{Biomass} \times 0,47$$

Keterangan: C<sub>n</sub> = total stok karbon; B = biomassa (ton/ha); 0.47 = angka ketetapan persen karbon (%)

Selanjutnya untuk mengetahui estimasi serapan CO<sub>2</sub> konversi stok karbon ke total serapan CO<sub>2</sub> dapat menggunakan perbandingan massa atom relatif C dapat dirumuskan sebagai berikut:

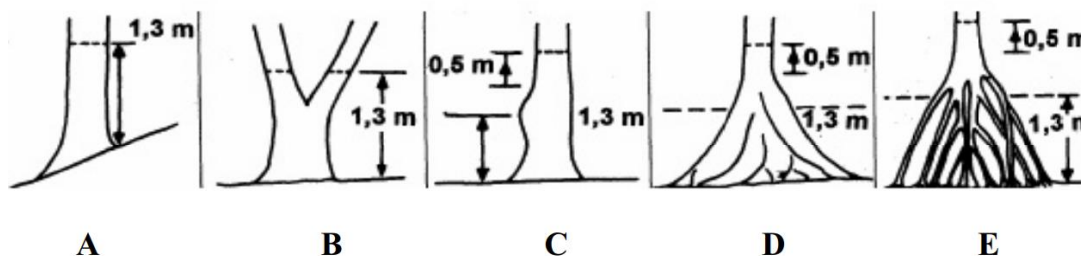
$$CO_2 = C_n \times 3,67$$

Keterangan : C<sub>n</sub> = total stok karbon (ton/ha); 3,67 = Angka ekuivalen atau konversi unsur C ke CO<sub>2</sub> (massa atom C=12 dan O=16, CO<sub>2</sub>= (1x12)+(2x16) = 44; konversinya (44:12) = 3,67)

**Tabel 2.** Allometrik Above Ground Biomass dari beberapa jenis mangrove

Jenis Spesies	Persamaan Allometrik	Referensi
<i>Avicennia alba</i>	$B = 0,079211 \times D^2,470895$	Tue <i>et al.</i> , 2014
<i>Rhizophora apiculata</i>	$B = 0,043 \times D^2,63$	Komiyama <i>et al.</i> , 2005
<i>Rhizophora mucronata</i>	$B = 0,1466 \times D^2,3136$	Analuddin <i>et al.</i> , 2018
<i>Sonneratia alba</i>	$B = 0,3841 \times D^2,101$	Kauffman & Cole, 2010
<i>Sonneratia sp</i>	$B = 0,184 \times D^2,3524$	Dharmawan & Siregar, 2008
Allometric secara umum	$B = 0,251 \times D^2,46$	Komiyama <i>et al.</i> , 2005

Keterangan= B : Biomassa (kg); D : Diameter At Breast Height (cm)



**Gambar 3.** Penentuan ketinggian pengukuran dbh batang pohon yang tidak beraturan bentuknya (Hairiah *et al.*, 2007)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis vegetasi mangrove di Hutan Mangrove Muara Kali Ijo, Kebumen, komposisi vegetasi pada kawasan tersebut secara umum didominasi oleh jenis *Rhizophora* sp. Dominasi jenis ini menunjukkan bahwa *Rhizophora* sp. memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik dibandingkan jenis mangrove lainnya pada kondisi lingkungan setempat. Terdapat tiga jenis *Rhizophora* sp. di semua stasiun yaitu *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata*, dan *Rhizophora stylosa*. Berdasarkan analisis vegetasi mangrove di Hutan Mangrove Muara Kali Ijo, Kebumen (Tabel 3) secara umum komposisi vegetasi di Mangrove Muara Kali Ijo, Kebumen didominasi oleh jenis *R. mucronata* dengan kerapatan individu 4.626 (ind/ha). *R. mucronata* merupakan mangrove yang memiliki kriteria habitat dengan substrat pasir berlumpur (Hapsari *et al.*, 2022). *R. mucronata* merupakan vegetasi yang cocok hidup pada substrat pasir berlumpur dan komposisi sedimen yang kaya akan lumpur (Mauludi *et al.*, 2018).

Selain *Rhizophora* sp., jenis mangrove mayor lain yang ditemukan adalah *Avicennia*. Mangrove jenis *Avicennia* sp. dan *Sonneratia* sp. ditemukan di stasiun 1. Hal ini disebabkan karena stasiun 1 merupakan daerah yang paling dekat laut sehingga interaksi pasang surut dan memiliki salinitas paling tinggi dibandingkan dengan lokasi lainnya. Jenis ini umumnya tumbuh pada area dengan tekstur sedimen yang lebih keras, seperti pasir. *Avicennia* sp. memiliki sistem akar napas yang mendukung kemampuan adaptasinya pada lingkungan dengan pengaruh pasang surut dan tingkat salinitas tinggi. Oleh karena itu, jenis ini banyak ditemukan pada zona yang paling dekat dengan laut, yang memiliki intensitas pasang surut dan kadar garam lebih tinggi dibandingkan area lainnya (Martuti, 2013). Secara keseluruhan, tingkat kerapatan vegetasi mangrove di kawasan KEE Muara Kali Ijo, Kebumen tergolong tinggi (Hilmi *et al.*, 2019).

Kerapatan mangrove yang berbeda di stasiun 1 dan 3 dibandingkan stasiun 2 disebabkan karena setiap mangrove memiliki tingkat ketahanan hidup yang berbeda (Susi *et al.*, 2018). Perbedaan kemampuan mangrove dalam melakukan adaptasi menyebabkan komposisi dan kerapatan mangrove pada sebuah daerah berbeda. Jenis *Rhizophora* sp. mendominasi dan tersebar hampir merata di seluruh kawasan KEE Muara Kali Ijo. Kondisi ini sejalan dengan praktik rehabilitasi mangrove di Indonesia yang umumnya memprioritaskan penanaman *Rhizophora* sp. karena bibitnya mudah diperoleh dan memiliki tingkat keberhasilan tumbuh yang tinggi. Spesies ini menjadi pilihan utama dalam program rehabilitasi, terutama karena didukung oleh hasil kajian mengenai media tanam yang sesuai untuk pertumbuhan semai *R. mucronata*.

Keunggulan *R. mucronata* sebagai spesies utama dalam restorasi mangrove dipengaruhi oleh karakter biologisnya, salah satunya adalah sistem reproduksi vivipar, yaitu propagul telah berkecambah dan siap tumbuh sebelum terlepas dari pohon induk (Duke, 2017). Selain itu, proses reproduksi yang berlangsung hampir sepanjang tahun menjamin ketersediaan propagul secara berkelanjutan. Karakteristik ini sangat mendukung kegiatan pembibitan dan rehabilitasi karena tidak tergantung pada musim tertentu, sehingga proses penanaman dapat dilakukan lebih fleksibel dan efisien.

Selain dominasi jenis, tingkat kerapatan mangrove di lokasi penelitian juga dipengaruhi oleh kondisi topografi dan karakteristik substrat yang mendukung pertumbuhan propagul. Propagul yang tumbuh pada perairan tenang memiliki peluang hidup lebih tinggi dibandingkan propagul yang berada di pantai terbuka atau kawasan dengan pengaruh pasang surut kuat. Penelitian Kibler *et al.* (2022) menunjukkan adanya hubungan negatif antara retensi semai mangrove dengan kecepatan arus dan energi gelombang. Meskipun demikian, diameter batang tetap menjadi faktor utama dalam menentukan biomassa dan cadangan karbon, sehingga kerapatan vegetasi yang tinggi tidak selalu berbanding lurus dengan besarnya stok karbon.

Tingginya kerapatan mangrove di kawasan KEE Muara Kali Ijo didukung oleh lokasinya yang berada di sekitar muara dengan substrat lumpur berpasir yang subur. Kondisi substrat sangat memengaruhi kemampuan akar mangrove dalam beradaptasi, menyerap unsur hara, dan bertahan terhadap dinamika pasang surut (Velati *et al.*, 2024). *R. mucronata* umumnya tumbuh baik pada substrat lumpur berpasir dengan kandungan bahan organik tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas substrat berperan penting dalam menentukan akumulasi biomassa serta kapasitas

ekosistem mangrove dalam menyimpan karbon. Substrat berlumpur dengan kandungan organik tinggi juga terbukti mampu mendukung kepadatan vegetasi mangrove yang lebih besar.

Berdasarkan tabel 4 nilai biomassa dan karbon dari *A. alba* lebih besar dibandingkan jenis lainnya, dengan rerata kandungan biomassa 282.6 kg per pohon. Disisi lain, nilai biomassa *R. apiculata* dan *R. mucronata* dengan rata-rata nilai 73,9 kg dan 56,6 kg per pohon sedangkan *S. alba* dan *S. caseolaris* 181,1 kg per pohon dan 91,6 kg per pohon. Nilai biomassa dipengaruhi oleh ukuran atau DBH dan jumlah individu. Jumlah individu *A. alba* memiliki jumlah yang lebih sedikit dibandingkan dengan *Sonneratia* sp. memiliki biomassa lebih tinggi dari *Sonneratia* sp. Nilai biomassa suatu individu dipengaruhi oleh diameter pohon dimana semakin besar pohon maka biomassa akan semakin tinggi (Apriliana *et al.*, 2021).

Secara rerata, biomassa per pohon yang paling besar dihasilkan oleh *A. alba* namun secara keseluruhan mangrove jenis *R. mucronata* memberikan sumbangan tertinggi pada kawasan mangrove yang diujikan, yaitu sebesar 532.6 ton/ha, besaran tersebut lebih tinggi dibandingkan yang dihasilkan oleh jenis *A. alba* yang memiliki nilai 14,87 ton/ha, *R. apiculata* dengan nilai 15,9 ton/ha, *S. alba* dengan nilai 11,2 ton/ha dan *S. caseolaris* 1,8 ton/ha. Hal ini disebabkan karena *R. mucronata* tumbuh dominan di KEE Muara Kali Ijo yang ditunjukkan dengan keberadaan kepadatan *R. mucronata* dalam kategori tinggi. Biomassa merupakan hasil fotosintesis berupa selulosa, lignin, gula bersama dengan lemak, pati, protein, resin, fenol, dan berbagai senyawa lainnya serta nutrisi, nitrogen, fosfor, kalium dan berbagai unsur lain yang dibutuhkan tanaman melalui perakaran (Basyuni & Simanjuntak, 2021; Menon & Rao, 2012; Xiong *et al.*, 2019). Proporsi penyimpanan karbon di alam yang paling signifikan umumnya ditemukan pada tegakan pohon atau komponen biomassa.

**Tabel 3.** Kepadatan Mangrove di Kawasan KEE Muara Kali Ijo Kebumen

No	Jenis mangrove	Kepadatan (ind/ha)			Rata-rata (ind/ha)
		Stasiun			
		1	2	3	
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	5.940	1.520	6.420	4.626
2	<i>Rhizophora apiculata</i>	60	120	-	90
3	<i>Rhizophora stylosa</i>	-	-	160	160
4	<i>Avicennia alba</i>	60	-	-	60
5	<i>Sonneratia alba</i>	80	-	-	80
6	<i>Sonneratia caseolaris</i>	40	-	-	40
Jumlah		6.180	1.640	6.580	4.300
Kriteria kepadatan		Tinggi	Sedang	Tinggi	Tinggi

**Tabel 4.** Potensi Biomassa dan Kandungan Karbon perspesies di KEE Muara Kali Ijo

Jenis Mangrove	Biomassa (ton/ha)	$\Sigma C_n$ (ton/ha)	WCO <sup>2</sup>
<i>Avicennia Alba</i>	31,6	14,9	54,69
<i>Rhizophora apiculata</i>	33,8	15,9	58,36
<i>Rhizophora mucronata</i>	1.145,5	532,6	1954,6
<i>Sonneratia alba</i>	15,4	11,2	41,1
<i>Sonneratia caseolaris</i>	3,8	1,8	6,6
Jumlah	1.230,2	576,4	2.115,4

**Tabel 5.** Potensi Biomassa dan Kandungan Karbon perstasiun di KEE Muara Kali Ijo

Kategori	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Jumlah Total Dalam kawasan (kg/1.500 m <sup>2</sup> )
	(kg/500 m <sup>2</sup> )			
Biomassa (ton/ha)	637,9	335,86	256,53	1.230,29
Karbon (ton/ha)	298,9	156,9	120,56	576,36
WCO <sup>2</sup>	1.096,9	575,8	442,6	2.115,4
Rata-rata DBH (cm)	8	9,2	7,2	8,1

Berdasarkan hasil penelitian dan Analisa, didapatkan hasil bahwa pada stasiun 1 estimasi kerapatannya sebanyak 6.180 tegakan/ha, memiliki perkiraan biomassa sebesar 637,9 ton/ha serta memiliki kandungan karbon sebesar 298,9 ton/ha. Stasiun 2 dengan estimasi kerapatan sebanyak 1640 tegakan/ha, memiliki perkiraan biomassa sebesar 335,86 ton/ha dengan potensi kandungan karbon sebanyak 156,9 ton/ha. Stasiun 3 dengan estimasi kerapatan sebanyak 6580 tegakan/ha, memiliki perkiraan biomassa sebesar 120,56 ton/ha serta memiliki potensi penyimpanan karbon sebesar 576,36 ton/ha. Secara umum kawasan hutan mampu mendapatkan jumlah biomassa dan cadangan karbonnya dari produksi diameter batang dan kerapatan mangrove, hal ini sesuai dengan pernyataan Hairiah & Rahayu (2007) menyatakan ukuran diameter batang berbanding lurus dengan nilai biomassa, semakin besar nilai DBH maka mengindikasikan semakin tua pohon tersebut akan mempunyai cadangan karbon yang lebih banyak. Hasil tersebut dapat diperkirakan bahwa potensi penyimpanan karbon pada seluruh stasiun adalah sebesar 576,36 ton/ha.

Perbedaan jumlah cadangan karbon di lokasi penelitian dengan beberapa lokasi lain disebabkan oleh perbedaan kerapatan pohon. Jenis vegetasi juga mempengaruhi jumlah cadangan karbon dalam ekosistem (Inafuku *et al.*, 2016). Sistem penggunaan lahan yang terdiri dari pohon-pohon dengan jenis yang memiliki nilai kerapatan kayu tinggi, biomasnya akan lebih tinggi jika dibandingkan dengan lahan yang memiliki jenis dengan nilai kerapatan kayu yang rendah (Basyuni *et al.*, 2019). Tinggi rendahnya jumlah spesies di hutan mangrove tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi habitat dan faktor lingkungan tetapi juga oleh tingkat kerusakan baik dari satwa maupun akibat aktivitas manusia (Erftemeijer *et al.*, 2012; Geish *et al.*, 2012). Mengingat jumlah karbon yang semakin meningkat saat ini harus diimbangi dengan jumlah penyerapan oleh tanaman untuk menghindari pemanasan global. Dengan demikian bisa diperkirakan berapa vegetasi harus ditanam di lapangan untuk mengkompensasi jumlah perdagangan karbon (Locatelli *et al.*, 2014). Yang disimpan nilai karbon menyatakan berapa banyak karbon yang dapat diserap oleh tumbuhan dalam bentuk biomassa. Jumlah karbon yang semakin meningkat saat ini harus diimbangi dengan jumlah yang diserap oleh tanaman menghindari pemanasan global. Dengan demikian dapat diperkirakan berapa banyak tanaman yang harus ditanam di lahan tersebut mengkompensasi jumlah perdagangan karbon (Basyuni & Simanjuntak, 2021).

## KESIMPULAN

Nilai kisaran kerapatan mangrove yang didapatkan pada stasiun 1 dan 3 termasuk kedalam kriteria kerapatan tinggi sedangkan pada stasiun 2 termasuk kedalam kriteria kerapatan yang sedang. Biomassa per pohon yang paling besar dihasilkan oleh *A. alba* sebesar 14,87 ton/ha, tetapi jika secara keseluruhan spesies *R. mucronata* yang paling besar memberikan sumbangan sebesar 532,6 ton/ha. Kemudian stasiun 1 memiliki estimasi biomassa dan stok karbon tertinggi dan terendah pada stasiun 3. Dengan total keseluruhan kandungan karbon sebesar 576.36 ton/ha, dan dapat menyerap karbon sebesar 2115.4 ton/ha dimana hal ini dapat disimpulkan bahwa estimasi cadangan karbon dan serapan karbon di hutan mangrove Muara Kali Ijo termasuk sangat tinggi.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Universitas Jenderal Soedirman yang telah membantu pendanaan penelitian dengan nomor kontrak 27.434/UN23.37/PT.01.03/II/2023. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Cabang Dinas Kehutanan provinsi Jawa Tengah Wilayah VIII dan KTH Pansela yang telah memberikan izin pelaksanaan penelitian di KEE Muara Kali Ijo, Kebumen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adame, M.F., Kauffman, J.B., Medina, I., Gamboa, J.N., Torres, O., Caamal, J.P., Reza, M., & Herrera-Silveira, J.A. 2013. Carbon stocks of tropical coastal wetlands within the karstic landscape of the Mexican Caribbean. *PLoS ONE*, 8(2): 1–13. DOI: 10.1371/journal.pone.0056569
- Alongi, D.M. 2002. Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental Conservation*, 29(3): 331–349. DOI: 10.1017/S0376892902000231
- Analuddin, K., Sharma, S., Jamili, J., Septiana, A., Sahidin, I., Rianse, U., Rahim, S., & Nadaoka, K. 2018. Trends in allometric models and aboveground biomass of family *Rhizophoraceae* mangroves in the coral triangle ecoregion, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Journal of Sustainable Forestry*, 37(7): 691–711.
- Apriliansa, W.I., Purwanti, F., & Latifah, N. 2021. Estimasi kandungan biomassa dan simpanan karbon hutan mangrove, Mangunharjo, Sematang. *Life Science*, 10(2): 162–172.
- Basyuni, M., & Simanjuntak, E.O. 2021. Species composition and carbon stock estimation in Pulau Sembilan secondary mangrove forests, North Sumatra, Indonesia. *Earth and Environmental Science*, 713: 1–7. DOI: 10.1088/1755-1315/713/1/012014
- Basyuni, M., Wasilah, M., Anjelisa, P., & Hasibuan, Z. 2019. Salinity and subsequent freshwater influences on the growth, biomass, and polyisoprenoids distribution of *Rhizophora apiculata* seedlings. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(1): 388–395. DOI: 10.13057/biodiv/d200146
- Dharmawan, I.W.S., & Siregar, C.A. 2008. Soil carbon and carbon estimation of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. stand at Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(4): 317–328.
- Dinas Perhutanan dan Pengendalian Dampak Lingkungan Kabupaten Kebumen. 2006. Status lingkungan hidup daerah Kabupaten Kebumen 2006. Seksi Pengembangan Informasi Lingkungan Bidang Peningkatan Kapasitas Dinas Perhutanan dan Pengendalian Dampak Lingkungan Pemerintah Daerah Kabupaten Kebumen.
- Donato, D.C., Kauffman, J.B., Mackenzie, R.A., Ainsworth, A., & Pfeeger, A.Z. 2012. Whole-island carbon stocks in the tropical Pacific: Implications for mangrove conservation and upland restoration. *Journal of Environmental Management*, 97: 89–96. DOI: 10.1016/j.jenvman.2011.12.004
- Duarte, C.M., Middelburg, J.J., & Caraco, N. 2005. Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences*, 2: 1–8. DOI: 10.5194/bg-2-1-2005
- Erfteemeijer, P.L.A., Riegl, B., Hoeksema, B.W., & Todd, P.A. 2012. Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 64(9): 1737–1765. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2012.05.008
- Friess, D.A., Yando, E.S., Abuchahla, G.M.O., Adams, J.B., Cannicci, S., Canty, S.W.J., Cavanaugh, K.C., Connolly, R.M., Cormier, N., Dahdouh-Guebas, F., Diele, K., Feller, I.C., Fratini, S., Jennerjahn, T.C., Lee, S.Y., Ogurcak, D.E., Ouyang, X., Rogers, K., Rowtree, J.K., & Wee, A.K.S. 2020. Mangroves give cause for conservation optimism, for now. *Current Biology*, 30(4): R153–R154. DOI: 10.1016/j.cub.2019.12.054
- Geish, S.J., Nordhaus, I., & Hinrichs, S. 2012. Occurrence of species-rich crab fauna in a human-impacted mangrove forest questions the application of community analysis as an

- environmental assessment tool. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 96: 69–80. DOI: 10.1016/j.ecss.2011.10.002
- Hairiah, K., & Rahayu, S. 2007. Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. World Agroforestry Centre.
- Hapsari, A.S., Ridwana, R., Sugandi, D., & Himayah, S. 2022. Analisis kepadatan vegetasi mangrove di kawasan hutan mangrove Karangsong, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat. *Perikanan dan Kelautan*, 12(1): 78–92.
- Hilmi, E., Sari, L.K., & Amron. 2019. Distribusi Sebaran Mangrove Dan Faktor Lingkungan Pada Ekosistem Mangrove Segara Anakan Cilacap. *Prosiding Seminar Nasional Dan Call for Papers Pengembangan Sumber Daya Perdesaan Dan Kearifan Lokal Berkelanjutan IX*, 2:23–33.
- Ihsan, I.M., Prayitno, J., & Santoso, A.D. 2017. Perhitungan stok karbon hutan mangrove Probolinggo. *Bunga Rampai Inovasi Teknologi Pengukuran dan Estimasi Emisi Karbon Indonesia*, 8–19.
- Inafuku, M., Basyuni, M., & Oku, H. 2016. Triterpenoid modulates the salt tolerance of lanosterol synthase deficient *Saccharomyces*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25: 1–9. DOI: 10.1016/j.sjbs.2016.10.009
- Kauffman, J.B., & Cole, T.G. 2010. Micronesian mangrove forest structure and tree responses to a severe typhoon. *Wetlands*, 30(6):1077-1084. DOI: 10.1007/s13157-010-0114-y.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. 1–10.
- Komiyama, A., Pongpan, S., & Kato, S. 2005. Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21(4): 471–477. DOI: 10.1017/S0266467405002476
- Krauss, K.W., & Osland, M.J. 2020. Tropical cyclones and the organisation of mangrove forests. *Annals of Botany*, 125: 213–234.
- Locatelli, T., Binet, T., Kairo, J., King, L., Maden, S., Patenaude, G., & Huxham, M. 2014. Turning the tide: how blue carbon and payments for ecosystem services (PES) might help save mangrove forests. *Ambio*, 43: 981–995. DOI: 10.1007/s13280-014-0530-y
- Martuti, N.K.T. 2013. Keanekaragaman mangrove di wilayah Tapak, Tugurejo, Semarang. *Jurnal MIPA*, 36(2): 123–130.
- Mauludi, F., Sulardiono, B., & Haeruddin. 2018. Hubungan jenis sedimen dengan kepadatan mangrove di Desa Timbulsloko, Demak. *Of Maquares*, 7(4): 323–332.
- McLeod, E., Chmura, G.L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., Duarte, C.M., Lovelock, C.E., Schlesinger, W.H., & Silliman, B.R. 2011. A blueprint for blue carbon: Toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO<sub>2</sub>. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(10): 552–560. DOI: 10.1890/110004
- Menon, V., & Rao, M. 2012. Trends in bioconversion of lignocellulose: Biofuels, platform chemicals & biorefinery concept. *Progress in Energy and Combustion Science*, 38(4): 522–550. DOI: 10.1016/j.pecs.2012.02.002
- Muhsoni, F.F. 2021. Karbon mangrove. Universitas Trunojoyo Madura Press.
- O'Connor, J.J., Fest, B.J., Sievers, M., & Swearer, S.E. 2020. Impacts of land management practices on blue carbon stocks and greenhouse gas fluxes in coastal ecosystems—A meta-analysis. *Global Change Biology*, 26(3): 1354–1366. DOI: 10.1111/gcb.14946
- Overbeek, W. 2014. "Blue carbon" and "blue REDD": Transforming coastal ecosystems into merchandise. *Misereor dan Swedish Society for Nature Conservation (SSNC)*, 4–17.
- Siddiq, A., Dimiyati, M., & Damayanti, A. 2020. Analysis of carbon stock distribution of mangrove forests in the coastal city of Benoa, Bali with combination vegetation index, and statistics approach. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 10(6): 2386–2393. DOI: 10.18517/ijaseit.10.6.12991

- SNI (Standar Nasional Indonesia). 2011. Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon – Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting) (No. 7724; SNI). BSN.
- Tue, N.T., Dung, L.V., Nhuan, M.T., & Omori, K. 2014. Carbon storage of a tropical mangrove forest in Mui Ca Mau National Park, Vietnam. *Catena*, 121: 119–126. DOI: 10.1016/j.catena.2014.05.008
- Wacano, D., Rif'an, A.A., Yuniastuti, E., Daulay, R.W., & Marfai, M.A. 2013. Adaptasi masyarakat pesisir Kabupaten Demak dalam menghadapi perubahan iklim dan bencana wilayah kepesisiran. Percetakan Kanisius Yogyakarta.
- Xiong, Y., Cakir, R., Minh, S., Ola, A., Krauss, K.W., & Lovelock, C.E. 2019. Global patterns of tree stem growth and stand aboveground wood production in mangrove forests. *Forest Ecology and Management*, 444: 382–392. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.04.045