

Pendugaan Stok Karbon Pada Kawasan Rehabilitasi Mangrove, Karangsong Indramayu

Azma'ul Fathan Al Haq Gunawan¹, Rita Rostika², Iskandar², Mochamad Candra Wirawan Arief^{2*}

¹Program Studi Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran

²Departemen Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung-Sumedang KM. 21 Jatinangor, Jawa Barat, 45360, Indonesia

Corresponding author, e-mail: mochamad.candra@unpad.ac.id

ABSTRAK: Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kontribusi rehabilitasi mangrove terhadap peningkatan stok karbon di Kawasan Ekowisata Mangrove Karangsong, Kabupaten Indramayu. Rehabilitasi mangrove dianggap penting dalam usaha mitigasi perubahan iklim karena kemampuannya dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer. Tujuan penelitian ini mengetahui potensi stok karbon yang dihasilkan dari proses rehabilitasi mangrove di kawasan ini. Penelitian menggunakan metode survey dengan plot penelitian berukuran 10x10 m secara *stratified random sampling*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rehabilitasi mangrove secara signifikan meningkatkan stok karbon di area tersebut. Stasiun 1 mencatat stok karbon tertinggi dengan total 303,53 ton/ha, sementara Stasiun 3 memiliki stok karbon terendah dengan 138,96 ton/ha. Hasil ini menegaskan bahwa rehabilitasi mangrove tidak hanya berperan dalam konservasi ekosistem, tetapi juga sebagai strategi mitigasi perubahan iklim yang efektif melalui peningkatan penyerapan karbon.

Kata kunci: Konservasi; Pesisir; Ekonomi Biru; Biomasa

The Contribution of Mangrove Rehabilitation to Carbon Stock in the Karangsong Mangrove Ecotourism Area, Indramayu Regency

ABSTRACT: This study was conducted to analyze the contribution of mangrove rehabilitation to the increase in carbon stock in the Karangsong Mangrove Ecotourism Area, Indramayu Regency. Mangrove rehabilitation is considered important in climate change mitigation efforts due to its ability to absorb carbon dioxide from the atmosphere. The purpose of the study was to estimate the potential carbon stock as the result of rehabilitation process in this area. The research utilized a survey method with 10x10 m research plots using stratified random sampling. The results showed that mangrove rehabilitation significantly increased carbon stocks in the area. Station 1 recorded the highest carbon stock, totaling 303.53 tons/ha, while Station 3 had the lowest carbon stock at 138.96 tons/ha. These findings confirm that mangrove rehabilitation not only plays a role in ecosystem conservation but also serves as an effective climate change mitigation strategy through enhanced carbon sequestration.

Keywords: Conservation; Coastal; Blue Economy; Biomass

PENDAHULUAN

Isu pemanasan global telah menjadi topik perbincangan penting dan menarik perhatian banyak pihak di seluruh dunia. Meningkatnya suhu di permukaan bumi akibat emisi karbon ke atmosfer lebih banyak daripada pengikatan karbon oleh tumbuhan sehingga konsentrasi karbon di atmosfer meningkat dan menyebabkan efek rumah kaca. Selama ini, mangrove atau hutan bakau dikenal sebagai penahan abrasi terhadap tsunami dan sebagai ekosistem penting yang mendukung berkembangbiaknya ikan dan kepiting, namun bakau juga diketahui memiliki fungsi penting sebagai penyerap emisi karbondioksida yang lebih efektif jika dibandingkan hutan hujan atau lahan gambut (Wihel *et al.*, 2014).

Pengetahuan dan kesadaran pentingnya karbon dalam menyerap karbon masih relatif terbatas. Luas hutan mangrove hanya mencakup 0,4% dari luas hutan dunia, tetapi hutan mangrove memiliki peran besar sebagai penyerap dan penyimpan karbon yakni sekitar lebih dari 4 gigaton C/tahun sampai 112 gigaton C/tahun. Indonesia yang memiliki 75% dari total hutan mangrove di Asia Tenggara masih belum bisa mengoptimalkan fungsi hutan mangrove. Sebaliknya, hutan mangrove mengalami degradasi secara sistematis akibat kepentingan manusia. Banyak terjadi alih fungsi hutan mangrove menjadi lahan tambak (Prakoso *et al.*, 2023), ekowisata, dan aktivitas kapal nelayan yang melewati hutan mangrove akan meninggalkan jejak karbon yang diserap oleh pohon (Pelawi *et al.*, 2024)

Indramayu memiliki hutan mangrove karangsong. Menurut Heriyanto dan Gunawan (2018) bahwa panjang garis pantai Kabupaten Indramayu mencapai 114,1 km, lebih dari 2.153 Ha wilayah pesisir hilang terkena abrasi. Hutan mangrove eksisting di Kabupaten Indramayu seluas 165 Ha. Hutan mangrove di Karangsong pernah hilang akibat abrasi sebagai dampak dari konversi lahan mangrove menjadi tambak budidaya perikanan (Fahreza *et al.*, 2022; Pranajaya *et al.*, 2023). Jika terjadi kerusakan habitat atau ekosistem mangrove maka harus segera dilakukan upaya pemulihan dengan cara rehabilitasi. Rehabilitasi mangrove mempunyai dampak besar yang mampu mengurangi perubahan iklim (Agaton dan Collera 2022). Sebagai tempat penyimpanan karbon dalam tanah yang sangat produktif, mangrove memiliki laju yang setara bahkan lebih tinggi jika dibandingkan dengan hutan tropis (Dinilhuda *et al.*, 2020). Upaya masyarakat dalam merehabilitasi mangrove merupakan tindakan nyata dalam menciptakan kesadaran masyarakat terhadap perubahan iklim, juga sebagai bentuk partisipasi untuk mewujudkan masyarakat rendah karbon serta perikanan berkelanjutan (Fathurrahman *et al.*, 2021). Mangrove mempunyai kemampuan menyimpan karbon di bawah permukaan tanah, dan memiliki rasio massa karbon yang lebih tinggi dibandingkan pohon di darat. Hal tersebut menjadikan mangrove mempunyai nilai yang besar sebagai penyimpan karbon untuk mengurangi dampak pemanasan global (Alongi, 2012; Lukman *et al.*, 2022). Untuk itu diperlukan penelitian yang dimaksud sebagai salah satu upaya yang dapat memperkaya informasi mengenai pengaruh aktivitas manusia terhadap peningkatan stok karbon.

MATERI DAN METODE

Penelitian dan pengambilan data dilakukan di kawasan hutan mangrove Karangsong, Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat pada bulan Mei hingga Juni 2024. Metode penelitian yang digunakan adalah metode survey. Metode survey berdasarkan pada pengamatan lapangan secara langsung berupa pengambilan data DBH pohon mangrove dan sedimen. Penelitian akan dilakukan pada 3 stasiun. Stasiun 1 berdekatan dengan muara Sungai Song. Stasiun 2 adalah stasiun yang berada di wilayah Ekowisata Mangrove Karangsong dan stasiun 3 adalah stasiun yang berada di wilayah tambak *silvofishery* Mangrove Karangsong. Jenis data yang digunakan pada penelitian ini terdapat dua jenis, yaitu jenis data primer dan sekunder. Data primer didapatkan melalui observasi langsung di lapangan (*in situ*) dan analisis sampel di Laboratorium (*ex situ*).

Pengambilan sampel mangrove dilakukan dengan menggunakan metode *random sampling* berdasarkan *fishnet grid*. Pada setiap stasiun dilakukan pembuatan transek menggunakan transek kuadran dengan 3 ukuran plot berbeda, yaitu 10 x 10 m (pohon), 5 x 5 m (pancang), dan 1 x 1 m (semai). Pada setiap plot dilakukan pengukuran diameter dan perhitungan jumlah tegakan dan pengamatan jenis mangrove yang ada. Identifikasi jenis mangrove menggunakan buku Wetland dengan judul Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia.

Untuk mendapatkan nilai biomassa pada tegakan mangrove, perlu dilakukan pengukuran diameter pohon terlebih dahulu pada plot 10x10 m² yang disebut diameter breast high (DBH) dan tinggi pohon, sedangkan untuk mendapatkan nilai biomassa nipah hanya dilakukan pengukuran tinggi pada pelepah. Data yang telah didapat dicatat berdasarkan jenis pohon ke dalam tally sheet. Untuk mendapatkan nilai karbon organik sedimen mangrove, perlu dilakukan pengambilan sampel sedimen terlebih dahulu dengan menggunakan piston core. Pengambilan sedimen tanah dilakukan dengan alat bantu berupa corer. Data tegakan mangrove berupa diameter setinggi dada (DBH) dan tinggi pohon digunakan untuk mengukur nilai biomassa yang terkandung dalam setiap pohon. Untuk

mendapatkan nilai karbon pada tegakan perlu diketahui terlebih dahulu nilai biomassa pohon yang selanjutnya dikalikan dengan konversi 0,47 (SNI 7717: 2011). Penentuan biomassa mangrove menggunakan model allometrik untuk setiap jenisnya. persamaan alometrik tersebut dapat digunakan untuk menduga biomassa pohon pada daerah yang akan diamati (Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi 2013). Perhitungan karbon pada tegakan menggunakan persamaan sebagai berikut (SNI 7724:2011):

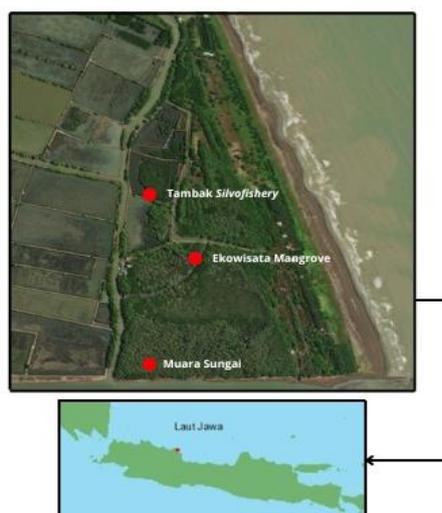
$$C_b = B \times \%C_{organik}$$

Keterangan: C_b = Kandungan karbon dari biomassa tegakan mangrove (kg); B = Total biomassa (kg); $\%C_{organik}$ = Nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau menggunakan nilai $\%C$ yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium

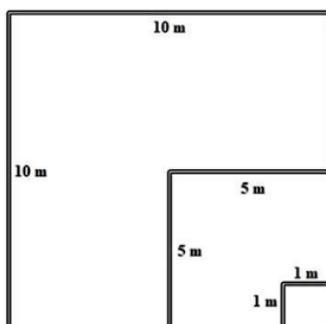
Perhitungan cadangan karbon per hektar untuk tegakan mangrove dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (SNI 7724:2011):

$$C_{tegakan} = \frac{C_{btotall}}{1000} \times \frac{10.000}{l_{plot}}$$

Keterangan: $C_{tegakan}$ = Kandungan karbon per hektar pada masing-masing carbon pool pada tiap plot (ton/ha); $C_{btotall}$ = Kandungan karbon pada masing-masing carbon pool pada tiap plot (kg); l_{plot} = Luas plot pada masing-masing carbon pool (m^2)



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian, Mangrove Karangsong, Kabupaten Indramayu



Gambar 2. Sketsa Transek Mangrove

Tahap selanjutnya, untuk sampel substrat yang telah diambil di lapangan selanjutnya dilakukan pengujian substrat di Laboratorium Ilmu Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran untuk menguji berat butir substrat menggunakan alat *sieve shaker*. Dalam penentuan jenis substrat dapat digolongkan berdasarkan ukuran substrat menggunakan skala wentworth (Hafitri *et al.*, 2022) Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, didapatkan data berupa berat basah dan berat kering yang selanjutnya akan dihitung untuk mencari nilai densitas tanah, persentase karbon organik pada sedimen, dan estimasi karbon. Kandungan karbon pada sedimen dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Mahasani *et al.*, 2015):

$$C_{\text{sedimen}} = BD \times Kd \times \%C_{\text{organik}} \times 100$$

Keterangan: C_{sedimen} = Kandungan karbon organik sedimen per hektar (ton/ha); BD = Densitas tanah (g/cm^3); Kd = Kedalaman contoh sedimen (cm); $\%C_{\text{organik}}$ = Kandungan karbon pada sedimen yang mengandung bahan organik; 100 = Konversi dari g/cm^2 ke ton/ha

Nilai stok karbon yang terdapat pada hutan mangrove terdiri dari nilai stok karbon yang diperoleh dari mangrove itu sendiri baik yang berada pada atas permukaan maupun yang ada pada bawah permukaan dan juga nilai stok karbon dari sedimen mangrove. Total stok karbon merupakan penjumlahan stok karbon yang dimiliki oleh vegetasi mangrove dan stok karbon yang terdapat pada tanah. Perhitungan cadangan karbon total dapat menggunakan rumus yang mengacu pada Handoyo *et al.*, (2020) yaitu:

$$C_{\text{total}} = C_n + C_{\text{tanah}}$$

Keterangan: C_{total} = Cadangan Karbon total (ton/ha); C_n = Cadangan karbon per hektar pada masing-masing carbon pool pada tiap plot (ton/ ha); C_{tanah} = Cadangan karbon organik tanah per hektar (ton/ha)

Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis deskriptif kuantitatif dan analisis uji komparatif. Analisis komparatif terdiri dari uji parametrik dan uji non parametrik. Pengujian dilakukan menggunakan One Way ANOVA jika data yang berdistribusi normal dan homogen, namun jika data yang diperoleh tidak berdistribusi normal dan tidak homogen dilakukan pengujian menggunakan uji Kruskal-Walis. Jika data yang diperoleh terdapat perbedaan maka dilakukan uji lanjut Tukey untuk melihat perbedaan antar pengamatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat dua jenis mangrove yang tumbuh di Hutan Mangrove Karangsong, yaitu *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina*. Hal tersebut berkaitan dengan rehabilitasi yang telah dilakukan di hutan mangrove tersebut (Anjani *et al.*, 2023). Menurut Jusoff (2013), distribusi mangrove dipengaruhi oleh rehabilitasi mangrove. Peran kawasan mangrove sebagai vegetasi penyerap karbondioksida, 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. Rehabilitasi mangrove berkontribusi pada penyerapan dan simpanan karbon di Indonesia, seperti di Kabupaten Brebes, kontribusi paska rehabilitasi di Desa Kaliwlingi (Albasit *et al.*, 2022), dan kawasan ekowisata Pandansari (Ahmed *et al.*, 2023), serta kawasan Ekowisata Lubuk Kertang Sumatera Utara (Amelia *et al.*, 2023).

Avicennia marina merupakan jenis mangrove pionir yang digunakan untuk rehabilitasi dan biasanya terdapat pada bagian terdepan atau terdekat dengan laut pada ekosistem mangrove (Natividad *et al.*, 2015). Kerapatan tahap pohon jenis vegetasi mangrove *Avicennia marina* tertinggi berada pada stasiun muara Sungai sebesar 900 pohon/ha. Sedangkan untuk kerapatan jenis

terendah berada pada stasiun tambak silvofishery sebesar 333,3 pohon/ha. Untuk tingkat kerapatan tahap pohon jenis vegetasi mangrove *Rhizophora mucronata* kerapatan jenis tertinggi berada pada stasiun ekowisata sebesar 433,3 pohon/ha. Sedangkan untuk kerapatan jenis terendah berada pada stasiun tambak silvofishery dengan hasil 0 untuk jenis *Rhizophora mucronata* (Tabel 1). Hal tersebut menunjukkan hanya dominasi *Avicennia marina* yang ditanam pada stasiun ini. Stasiun 3 termasuk dalam kategori rusak atau rendah menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 201 Tahun 2004 tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Berdasarkan hal tersebut *Avicennia marina* merupakan jenis mangrove yang paling berperan di Kawasan Ekowisata mangrove Karangsong

Indeks Nilai Penting atau INP merupakan indikator yang digunakan untuk mengetahui peran spesies dalam suatu komunitas. Nilai INP juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi spesies yang mendominasi dalam suatu zona (Malahayati *et al.*, 2023). Berdasarkan hasil (INP) bahwa jenis vegetasi yang berdistribusi pada stasiun muara dan tambak adalah jenis *Avicennia marina* dan stasiun ekowisata di dominasi oleh jenis *Rhizophora mucronata*. Hal ini menunjukkan bahwa jenis *Avicennia marina* dalam perebutan unsur hara, cahaya dan ruang lebih dominan dibandingkan dengan jenis lainnya pada stasiun muara dan tambak. Nilai INP terbesar jenis *Avicennia marina* ukuran pohon terdapat pada stasiun tambak dengan nilai INP = 300% dan nilai INP terbesar jenis *Rhizophora mucronata* ukuran pohon terdapat pada stasiun ekowisata dengan nilai INP = 194,27% (Tabel 2). Menurut Ghufrona *et al.*, (2015) tingginya INP menunjukkan nilai penguasaan spesies dalam suatu komunitas. Nilai ini dapat dijadikan indikasi bahwa spesies tersebut dianggap dominan dan juga bisa menunjukkan keadaan ekosistem dalam kondisi yang baik dan belum mengalami banyak perubahan, sedangkan nilai kecil menunjukkan bahwa perlu adanya rehabilitasi supaya keadaan ekosistem kembali seperti semula.

Tabel 1. Kerapatan Mangrove

Stasiun	Kerapatan Jenis Mangrove		Total Kerapatan (Pohon/ha)	Kategori	
	<i>Avicennia marina</i>	<i>Rhizophora mucronata</i>			
1	900	368	1.267	Baik	Sedang
2	767	433	1.200	Baik	Sedang
3	333,3	0	333	Rusak	Rendah

Keterangan: Kategori kerapatan mangrove berdasarkan Kepmen LH Nomor 201 Tahun 2004

Tabel 2. INP Mangrove Karangsong

Stasiun	Ukuran	Jenis (%)	
		<i>Avicennia marina</i>	<i>Rhizophora mucronata</i>
1	Pohon	219,91	80,09
	Pancang	189,63	110,37
	Semai	130,95	69,05
2	Pohon	106,73	194,27
	Pancang	120,00	180
	Semai	131,82	68,18
3	Pohon	300,00	-
	Pancang	262,32	37,68
	Semai	200,00	-

Sedimentasi pada ekosistem mangrove adalah hasil dari padatan tersuspensi yang masuk ke area pesisir melalui muara sungai, pengerukan material, dan resuspensi sedimen oleh gelombang (Lestari *et al.*, 2016). Stasiun ekowisata memiliki kadar Corganik yang terbesar dengan angka berkisar 1,3 % sampai 4,6% dibanding stasiun lainnya dikarenakan jenis sedimen area tersebut yang berupa lumpur berpasir (Tabel 3). Lumpur merupakan hasil dari proses pencampuran pertikel debu, liat, dan pasir pada proses sedimentasi. Keberadaan jenis mangrove pada tiap stasiun ini berkaitan erat dengan jenis substrat. Mangrove *Avicennia* sp. berada pada zona terdepan (dekat dengan laut) sehingga substratnya cenderung pasir berlumpur. Jenis *Avicennia* sp. sendiri memiliki korelasi erat dengan substrat pasir berlumpur. Jenis *Rhizophora* sp. juga dapat tumbuh dengan baik di substrat yang berlumpur (Masruroh dan Insafitri 2020), juga pada kawasan pasir berlumpur (Surahmat *et al.*, 2023).

Sumber karbon bisa dihasilkan dari karbon pohon. 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. Stasiun muara memiliki stok karbon pohon tertinggi dengan jumlah 263,02 ton/ha, stasiun muara merupakan wilayah yang menjadi akses utama ekowisata mangrove sekaligus berdekatan dengan muara song yang menjadi akses keluar masuk kapal nelayan Karangsong, hal ini disebabkan jumlah mangrove dengan jenis pohon lebih banyak dibandingkan pancang dan semai, pohon mangrove memiliki kemampuan menyerap karbon lebih tinggi dibandingkan mangrove jenis semai (Farista dan Virgota 2021). Stasiun 2 yang berlokasi di ekowisata memiliki lingkungan yang relatif terjaga mendukung pertumbuhan optimal mangrove, terutama jenis *Avicennia marina* yang menyumbang jumlah karbon terbesar memiliki stok karbon sebesar 92,87 ton/ha, dan stasiun 3 yang merupakan area sekitar tambak dengan jumlah pohon sedikit, dan tidak di temukannya jenis *Rhizophora mucronata* memiliki stok karbon sebesar 91,79 ton/ha (Tabel 4). hal ini memiliki kemiripan dengan total cadangan karbon pada tegakan mangrove di sekitar tambak silvofishery yang ada di Desa Sawah Luhur dengan nilai sebesar 98,45 ton/ha (Adni *et al.*, 2024), hal ini sejalan dengan kontribusinya terhadap stok karbon di Siak, Propinsi Riau 45-116 ton/ha yang disebabkan perbedaan tingkat kerapatan dan kondisi lingkungan (Dewi *et al.*, 2021). *Avicennia marina* menjadi jenis mangrove dengan jumlah biomassa terbesar di kawasan ini, dan menyumbangkan stok karbon terbesar dibandingkan jenis *Rhizophora Mucronata* hal ini sejalan dengan penelitian di kawasan rehabilitasi di Desa Kaliwlingi, Brebes (Albasiet *et al.*, 2022), serta kawasan ekowisata Lubuk Kertang Sumatera Utara disebabkan dominasi dari spesies *Avicennia* dikawasan ini (Amelia *et al.*, 2023)

Karbon memiliki hubungan tidak nyata dengan kerapatan mangrove namun lebih ditentukan pada ukuran batang mangrove (Sofyan *et al.*, 2016). Hal ini membuktikan bahwa diameter batang pohon berpengaruh besar terhadap kandungan biomassa mangrove. Kusmana *et al.*, (1992) menyatakan bahwa, besarnya biomasa ditentukan oleh diameter, tinggi tanaman, kerapatan kayu dan kesuburan tanah. Penelitian yang dilakukan oleh Adinugroho dan Sidiyasa (2001) juga sejalan dengan ini, dimana biomassa pada setiap bagian pohon meningkat secara proporsional dengan semakin besarnya diameter pohon sehingga biomassa pada setiap bagian pohon mempunyai hubungan dengan diameter pohon, sehingga mempengaruhi nilai karbon yang di simpan. Berdasarkan hasil pengujian, menunjukkan nilai signifikansi di atas 0,05, menunjukkan bahwa data stok karbon pohon berdistribusi normal di ketiga stasiun. Sedangkan uji homogenitas nilai signifikansi 0,016 (di bawah 0,05), yang menunjukkan bahwa data tidak homogen, ini mengindikasikan

Tabel 3. Hasil Analisis Sedimen

Stasiun	C-Organik%	Tekstur (%)			Kriteria
		Pasir	Lantau	Lempung	
1	1,6 – 2,4	53,3	39	7,7	Pasir berlumpur
2	1,3 – 4,6	48,3	43	8,7	Lumpur berpasir
3	1,2 – 1,9	61,6	32	6,4	Pasir berlumpur

perlu dilakukan uji non-parametrik seperti Kruskal-Wallis. Uji Kruskal-Wallis menghasilkan nilai signifikansi sebesar 0.329, yang lebih besar dari 0.05. Ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dalam stok karbon pohon di antara ketiga stasiun.

Karbon sedimen juga merupakan sumber karbon di hutan Mangrove. Stasiun ekowisata menjadi lokasi dengan jumlah karbon sedimen terbesar dibanding stasiun muara sungai dan tambak silvofishery dengan angka 82,41 ton/ha (Tabel 5). Stasiun ekowisata merupakan pusat dari ekowisata yang dimana banyak di temukan sampah hasil dari kegiatan manusia juga di lokasi ini terjadi pasang surut air laut yang membawa hanyutan sedimen serta karbon organik di perairan. Sedangkan stasiun muara sungai yang merupakan lokasi dekat dengan muara song yang memiliki jumlah karbon sedimen sebesar 40,51 ton/ha, dan stasiun tambak silvofishery yang merupakan lokasi di sekitar tambak memiliki jumlah karbon sedimen sebesar 47,17 ton/ha (Tabel 5). Rendahnya kandungan bahan organik pada lahan tambak karena adanya pengelolaan yang dilakukan manusia, sementara stok karbon yang berada di atas permukaan tanah pada lahan mangrove lebih banyak karena terdapat vegetasi di atasnya. Terjadinya akumulasi karbon/bahan organik dalam kurun waktu lama dan tingginya kerapatan vegetasi memungkinkan lahan mangrove memiliki kandungan karbon lebih tinggi dibanding dengan lahan tambak yang tidak terdapat vegetasi di atasnya (Rahmah, 2015). Berdasarkan hasil uji, menunjukkan nilai signifikansi di atas 0.05, artinya, data stok karbon sedimen adalah homogen di ketiga stasiun. Sedangkan uji normalitas menunjukkan nilai signifikansi untuk Stasiun 2 di bawah 0.05 (0.010), menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal di stasiun ini. Jika diperoleh sigma dibawah 0,05 dilanjutkan dengan uji non parametrik kruskal walis. Nilai signifikansi Kruskal-Wallis adalah 0.430, juga lebih besar dari 0.05. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dalam stok karbon sedimen di antara ketiga stasiun.

Tabel 1. Karbon Pohon

Stasiun	Jenis Mangrove	Rerata Diameter Batang Pohon (cm)	Jumlah Tegakan (pohon)	Total Biomassa (kg)	Total Karbon Stasiun (ton/ha)
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	11,15	11	369,73	263,02
	<i>Avicennia marina</i>	18,87	27	5226,35	
2	<i>Rhizophora mucronata</i>	8,34	13	331,05	92,87
	<i>Avicennia marina</i>	12,07	23	1644,82	
3	<i>Rhizophora mucronata</i>	-	-	-	91,79
	<i>Avicennia marina</i>	18,83	10	1952,96	

Tabel 5. Stok Karbon Sedimen

Stasiun	Karbon Sedimen (ton/ha)
1	40,51
2	82,41
3	47,17
Total	170,09

Tabel 6. Stok Karbon Total

Stasiun	Karbon Pohon (ton/ha)	Karbon Sedimen (ton/ha)	Stok Karbon Total (ton/ha)
1	263,02	40,51	303,53
2	92,87	82,41	175,28
3	91,79	47,17	138,96

Hasil karbon pohon dan karbon sedimen menunjukkan estimasi total stok karbon di hutan mangrove Karangsong. Stasiun 1 memiliki stok karbon total tertinggi, yaitu 303,53 ton/ha, sedangkan stok karbon total terendah terdapat pada stasiun 3, yaitu 138,96 ton/ha (Tabel 6). Total dari stok karbon ekowisata mangrove karangsong sebesar 205,92 ton /ha, hal ini menandakan terjadinya peningkatan total serapan karbon dari mangrove karangsong pada tahun 2008 yang hanya sebesar 1,40 ton/ha (Rahmatika 2022). Perhitungan stok karbon mangrove mampu memberikan informasi mengenai kemampuan ekosistem mangrove rehabilitasi dalam menyerap karbon sehingga upaya rehabilitasi mangrove di Karangsong dapat berkontribusi dalam upaya penurunan gas rumah kaca (GRK) secara nasional, dan menyusun rencana rehabilitasi yang tepat dan terukur sehingga dapat menciptakan pengelolaan rehabilitasi ekosistem mangrove yang berkelanjutan (Easteria *et al.*, 2022). Luas Ekowisata Mangrove Karangsong Indramayu, Jawa Barat, mencapai 40 hektar. Total stok karbon yang dihasilkan kawasan ini sebesar 24.711 ton/ha. Hasil perhitungan karbon di kawasan ekowisata dan kawasan tambak menunjukkan adanya kontribusi dari rehabilitasi mangrove terhadap penyerapan karbon dan peningkatan stok karbon serta potensi insentif ekonomi (Choudhary *et al.*, 2024)

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Kawasan Ekowisata Mangrove Karangsong, bahwa Kerapatan mangrove pada stasiun 1 sebesar 1.266,7 pohon/ha (kategori baik/ sedang), stasiun 2 sebesar 1.200,3 pohon/ha (kategori baik/ sedang), dan stasiun 3 sebesar 333,3 pohon/ha (kategori rusak/ rendah). Dari data yang diperoleh, Stasiun 1 yang berlokasi di sekitar akses utama ekowisata mangrove dan Muara Song menunjukkan stok karbon tertinggi dengan total 303,53 ton/ha, stasiun 2 yang berlokasi di ekowisata memiliki stok karbon sebesar 175,28 ton/ha, sedangkan stasiun 3 yang berlokasi sekitar tambak memiliki stok karbon terendah dengan 138,96 ton/ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, W.C., & Sidiasa, K., 2001. Model Pendugaan Biomassa Pohon Mahoni (*Swietenia macrophylla* King) di atas Permukaan Tanah. *Jurnal penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 3(1): 103-117. DOI: 10.20886/jphka.2006.3.1.103-117.
- Adni, S.F., Fatimah, G., Saputri, H.R., Rahmadhani, K., & Hartoyo, A.P.P., 2024. Potensi Silvofishery Sebagai Blue Carbon Reservoir dan Sumber Pendapatan Masyarakat di Desa Sawah Luhur, Banten dalam Mitigasi Perubahan Iklim. *Jurnal Silva Tropikae*, 8(1): 1-13. DOI: 10.22437/jurnalsilvatropika.v8i1.33017
- Agaton, C.B., & Collera, A.A. 2022. Now or later? Optimal timing of mangrove rehabilitation under climate change uncertainty. *Forest Ecology and Management*, 503: p.119739. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119739
- Ahmed, Y., Kurniawan, C.A., Efendi, G.R., Pribadi, R., Nainggolan, F.A., & Samudra, M.B.G.S. 2023. Estimasi Cadangan Karbon Mangrove Berdasarkan Perbedaan Tahun Tanam Rehabilitasi Mangrove (2005, 2008, 2011, 2014 dan 2017) di Kawasan Ekowisata Mangrove Pandansari, Kabupaten Brebes. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(1): 9-19. DOI: 10.14710/buloma.v12i1.40871
- Albasit, L. Z., Pribadi, R., dan Pramesti, R. 2022. Estimasi Stok Karbon Mangrove Pasca Rehabilitasi di Desa Kaliwlingi, Brebes Menggunakan Citra Sentinel-2. *Journal of Marine Research*, 11(4): 620-640. DOI: 10.14710/jmr.v11i4.31734
- Alongi, D.M. 2012. Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Management*, 3 (3): 313–322. DOI: 10.4155/cmt.12.20
- Amelia, R. Basyuni, M., Alfinsyahri, A., Sulistiyono, N., Slamet, B., Bimantara, Y., Harahap, S.S.H., Harahap, M., Harahap, I.M., & Al Mustaniroh, S.S. 2023. Evaluation of Plant Growth and Potential of Carbon Storage in the Restored Mangrove of an Abandoned Pond in Lubuk Kertang, North Sumatra, Indonesia. *Forests*, 14(158): 1-18

- Anjani, R., Ihsan, I.M., Amru, K., Aryantie, M.H., Oktivia, R., Saraswati, A.A., Ikhwanuddin, M., Winanti, W.S., Sudinda, T.W., Kujaeri, S., & Listiani, T., 2023. Analisis potensi, penentuan strategi, dan penyusunan green map untuk pengembangan eco-village berbasis mangrove di Kabupaten Indramayu. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(2): 207-219
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. *SNI 7717: Survei dan Pemetaan Mangrove*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. *SNI 7724: Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon – Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting)*. Jakarta: BSN.
- Choudhary, B., Dhar, V., & Pawase, A.S., 2024. Blue carbon and the role of mangroves in carbon sequestration: Its mechanisms, estimation, human impacts and conservation strategies for economic incentives. *Journal of Sea Research*. 199: p.102504 DOI: 10.1016/j.seares.2024.102504
- Dewi, D., Efriyeldi, & Bintal, A., 2021. Estimation of Carbon Reserved in Mangrove Forest of Sungai Apit District, Siak Regency, Riau Province. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 4(3): 197–207. DOI: 10.31258/ajoas.4.3.197-207
- Dinilhuda, A., Akbar, A. A., Jumiaty, & Herawati, H. 2020. Potentials of mangrove ecosystem as storage of carbon for global warming mitigation. *Biodiversitas Journal*, 21(11): 5353-5362. DOI: 10.13057/biodiv/d211141
- Easteria, G., Imran, Z., & Yulianto, G. 2022. Estimasi Stok Karbon Mangrove Rehabilitasi Di Pulau Harapan Dan Kelapa, Taman Nasional Kepulauan Seribu, Jakarta. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 14(2): 191-204. DOI: 10.29244/jitkt.v14i2.39861
- Farista, B., & Virgota, A. 2021. The Assessment of Mangrove Community Based on Vegetation Structure at Cendi Manik, Sekotong District, West Lombok, West Nusa Tenggara. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(3): 1022–1029. DOI: 10.29303/jbt.v21i3.3047
- Fathurrahman, A.F., Malik, I., & Amriana. 2021. Perbaikan Lingkungan Dengan Penanaman Mangrove Berbasis Komunitas Sebagai Dukungan Terhadap Perikanan Berkelanjutan: Studi Kasus Di Dusun Binanga Sangkara, Maros, Sulawesi Selatan. *Journal of Aquaculture Science*. 6: 134-147. DOI: 10.31093/joas.v6i11S.166
- Ghufrona, R.R., Kusmana, C., & Rusdiana, O.J.J.S.T. 2015. Komposisi jenis dan struktur hutan mangrove di Pulau Sebuku, Kalimantan Selatan. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 6(1): 15-26. DOI: 10.29244/j-siltrop.6.1.15-26
- Hafitri, M., Kurnia, A.M., Permata, L., & MS, Y. 2022. Analisis Jenis Mikroplastik pada Sedimen Dasar Perairan Pulau Untung Jawa, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*. 3(3): 443–454. DOI: 10.59141/jiss.v3i03.551
- Handoyo, E., Amin, B. & Elizal, 2020. Estimation of Carbon Reserved in Mangrove Forest of Sungai Sembilan Sub-District, Dumai City, Riau Province. *Asian Journal of Aquatic Science*, 3(2): 123-134. DOI: 10.31258/ajoas.3.2.123-134
- Heriyanto, N.M., & Gunawan, H. 2018. Potensi Dan Kandungan Karbon Hutan Mangrove Di Karangsong, Indramayu, Jawa Barat. *Buletin Kebun Raya*, 21(1): 21-30.
- Irsadi, A., Martuti, N.K.R. & Nugraha, S.B. (2017). Estimasi Stok Karbon Mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 15(2): 122. DOI: 10.15294/saintekno.v15i2.12402
- Jusoff, K. 2013. Malaysian mangrove and their Significance to the coastal marine environment. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(4): 979-1005.
- Kusmana, C., Sabiham., S., Abe., K., & Watanabe, H. 1992. An Estimation of Above Ground Tree Biomass of a Mangrove Forest in East Sumatera. *Tropics* 1(4): 143-257. DOI: 10.3759/tropics.1.243
- Lestari, A.I., Supardjo, M.N., & Hendrarto, B. 2016. Hubungan Antara Sedimen Dengan Logam Berat Dan Makrozobentos Di Sungai Siangker, Semarang. *Management of Aquatic Resources*. 5(4): 337-344. DOI: 10.14710/marj.v5i4.14439
- Lukman A.H., Hidayat M.F., Sugara A., & Arief M.C.A. 2022. Mangroves composition, biomass, carbon stock and their role in the climate change mitigation in Bengkulu City, Indonesia. *AACL Bioflux*, 15(4):1975-1988

- Mahasani, I.G.A.I., Widagti, N., & Karang, I.W.G.A. 2015. Estimasi Presentase Karbon Organik di Hutan Mangrove Bekas Tambak, Perancak, Jembrana Bali. *Journal of Marine and Aquatic Science*, 1(1): 14-18. DOI: 10.24843/jmas.2015.v1.i01.14-18
- Malahayati., Arlita, T., & Dewiyanti, I. 2023. Indeks Nilai Penting dan Keanekaragaman Jenis Vegetasi Mangrove di Pesisir Utara Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(1): 522-531. DOI: 10.17969/jimfp.v8i1.23218
- Masruroh, L. & Insafitri. 2020. Pengaruh Jenis Substrat Terhadap Kerapatan Vegetasi *Avicennia marina* Di Kabupaten Gresik. *Juvenil*, 1(2): 151-159. DOI: 10.21107/juvenil.v1i2.7569
- Natividad, E.M.C., Hingabay, V.S., Lipae, H.B., Requieron, E.A., Abalunan, A.J., Tagaloguin, P.M., Flamiano, R.S., Jumawan, J.H. & Jumawan, J.C., 2015. Analisis vegetasi dan struktur komunitas mangrove di Alabel dan Maasim, Provinsi Sarangani, Filipina. *ARPJN Journal of Agricultural and Biological Science*, 10(3): 97-102.
- Prakoso, D.A.R., Hakim, L., Pratama, D.R., Prananda, A.R.A., Bayyan, M. M., Hidayat, T., & Fajariyanto, Y. 2023. The dynamic of mangroves and ponds changes in East Kalimantan, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. DOI: 10.1088/1755-1315/1220/1/012020
- 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.
- Rahmatika, V.A., Wijayanti, W.P., & Usman, F. 2022. Penilaian Aspek Lingkungan Pada Kawasan Ekowisata Karangsong, Kabupaten Indramayu. *Planning for Urban Region and Environment*. 11(2): 102-110.
- Surahmat, R.J., Chuzaimah, Y., Jelita, R., Nugraha, R.R.Y., Putra, D.M., dan Arief, M.C.W., & Hartatik, S.E. 2023. Inventarisasi Dan Kondisi Vegetasi Mangrove Di Muara Sungai Cipalawah Cagar Alam Leuweung Sancang, Kabupaten Garut. *Jurnal Akuatika Indonesia* 8(2):105-115. DOI: 10.24198/jaki.v8i2.45059
- Wihel, A.M., Notosudarmo, S., & Martosupono, M. 2014. Peranan ekosisten mangrove dalam mengurangi dampak pemanasan global. *Prosiding Seminar Nasional Raja Ampat, Universitas Kristen Satyawacana*. Hal. 32–36.