



Restorasi Mangrove sebagai Upaya Mitigasi Perubahan Iklim di Desa Pantai Bahagia, Kabupaten Bekasi

Mangrove Restoration as a Climate Change Mitigation Effort in Pantai Bahagia Village, Bekasi Regency

Rahman^{1*}, Luisa Febrina Amalo², Marfian Dwidima Putra², Luluk Dwi Wulan Handayani², Muhammad Isnan Zuhri², Hadi Supardi³, L. M. Alfin Agushara Bena³, Arif Rahman³

¹ Prodi/Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pattimura, Ambon, 97233, Indonesia

² Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, IPB University, Bogor, 16680, Indonesia

³ Departemen Lingkungan, Divisi HSSE, PT. Pertamina Hulu Energy Offshore North West Java, Jakarta, 12520, Indonesia

*E-mail Penulis Korespondensi: rahmanrajaali@gmail.com

Abstrak

Kata Kunci:

Mangrove
Perubahan iklim
Restorasi
Stok karbon

Program restorasi mangrove di Desa Pantai Bahagia, Kabupaten Bekasi, bertujuan untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan karbon dan melibatkan komunitas lokal dalam konservasi ekosistem pesisir sebagai bagian dari mitigasi perubahan iklim. Melalui program ini, 8.000 bibit *Rhizophora mucronata* ditanam, dengan pemantauan tahunan terhadap pertumbuhan diameter dan biomassa. Stok karbon dianalisis menggunakan persamaan alometrik untuk menghitung penyimpanan karbon di atas (AGC) dan di bawah permukaan tanah (BGC). Hasil menunjukkan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi, yaitu 98,67%-100% selama periode 2020-2023, dengan pertumbuhan diameter dan biomassa yang signifikan setiap tahunnya. Pada tahun 2023, total stok karbon yang tersimpan mencapai 15,59 ton C, yang sebagian besar disumbangkan oleh AGC seiring dengan kematangan vegetasi. Kontribusi penyerapan CO₂ setara (CO₂e) yang dicapai adalah 4,62 ton CO₂e untuk 2020-2021, 31,58 ton CO₂e untuk 2021-2022, dan 18,83 ton CO₂e untuk 2022-2023. Program ini tidak hanya mendukung mitigasi perubahan iklim melalui penyimpanan karbon tetapi juga memperkuat ketahanan ekosistem pesisir dan mendorong keterlibatan komunitas lokal dalam upaya konservasi.

Abstract

Keywords:

Mangrove
Climate change
Restoration
Carbon stocks

The mangrove restoration program in Pantai Bahagia Village, Bekasi Regency, aims to enhance carbon storage capacity and engage local communities in coastal ecosystem conservation as part of climate change mitigation. Through this program, 8,000 *Rhizophora mucronata* seedlings were planted, with annual monitoring of diameter growth and biomass. Carbon stock was analyzed using allometric equations to calculate above-ground (AGC) and below-ground (BGC) carbon storage. The results show a high survival rate of 98.67%-100% over the 2020-2023 period, with significant annual growth in diameter and biomass. By 2023, the total stored carbon stock reached 15.59 tons C, largely contributed by AGC as vegetation matured. The equivalent CO₂ sequestration achieved was 4.62 tons CO₂e for 2020-2021, 31.58 tons CO₂e for 2021-2022-, and 18.83-tons CO₂e for 2022-2023. This program not only mitigates climate change through carbon storage but also strengthens coastal ecosystem resilience and fosters local community involvement in conservation efforts.

1. Pendahuluan

Perubahan iklim adalah masalah lingkungan global yang semakin mendesak dan mempengaruhi berbagai aspek kehidupan, terutama di wilayah pesisir (Shawket et al., 2019). Pemanasan global, peningkatan emisi gas rumah kaca, dan kenaikan permukaan air laut merupakan beberapa dampak nyata yang dapat mengancam ekosistem alami serta kehidupan masyarakat di sekitarnya (Wang et al., 2016). Di Indonesia, wilayah pesisir menghadapi risiko tinggi terhadap dampak perubahan iklim, khususnya terkait abrasi dan banjir rob yang berdampak langsung pada masyarakat pesisir (Rahman et al., 2020).

Salah satu solusi berbasis alam yang sangat efektif untuk mitigasi perubahan iklim di kawasan pesisir adalah restorasi mangrove. Mangrove memiliki kemampuan luar biasa dalam menyerap dan menyimpan karbon, menjadikannya sebagai salah satu penyerap karbon alami (*carbon sink*) yang penting (Adame et al., 2015). Selain itu, ekosistem ini juga membantu melindungi garis pantai dari abrasi, mengurangi dampak gelombang besar, serta memberikan habitat yang kaya bagi berbagai biota laut dan darat. Dengan demikian, mangrove tidak hanya berperan sebagai pelindung alami tetapi juga sebagai ekosistem yang menopang keanekaragaman hayati (Rahman et al., 2024a).

Desa Pantai Bahagia, Kabupaten Bekasi, memiliki luas mangrove sebesar 464,418 ha yang terdiri dari 97% mangrove padat, 1% mangrove kerapatan sedang, dan 2% mangrove jarang (Pratama et al., 2022). Luas tersebut merupakan hasil degradasi yang terjadi sejak tahun 2017 hingga 2023 (Amalo, 2024). Ekosistem mangrove Desa Pantai Bahagia memiliki potensi sebagai kawasan ekowisata yang dapat mendorong ekonomi lokal (Devi dan Samadi, 2024). Menurut Ramadhan (2010), pada tahun 2009, ekosistem mangrove Desa Pantai Bahagia memiliki nilai manfaat langsung sebesar Rp. 3.15 miliar yang diperoleh dari pemanfaatan sebagai lokasi penangkapan ikan dan ekowisata mangrove. Sebagai kawasan pesisir, desa ini menghadapi ancaman abrasi dan banjir akibat kenaikan permukaan air laut, yang semakin memperburuk kondisi ekosistem lokal (Elmanda et al., 2024). Hilangnya vegetasi mangrove akibat penebangan, konversi lahan, dan polusi telah mengurangi fungsi ekologis yang seharusnya melindungi desa dari dampak lingkungan yang buruk.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, aksi restorasi mangrove di Desa Pantai Bahagia menjadi sangat relevan dan mendesak. Restorasi ini tidak hanya bertujuan untuk mengembalikan fungsi ekologis mangrove sebagai pelindung pantai, tetapi juga untuk mendukung upaya mitigasi perubahan iklim melalui penyerapan karbon (Rahman et al., 2024b). Upaya ini melibatkan partisipasi aktif masyarakat setempat, pemerintah, dan berbagai pemangku kepentingan lainnya guna mencapai hasil yang berkelanjutan.

Artikel ini akan memaparkan aksi restorasi mangrove di Desa Pantai Bahagia sebagai bentuk solusi berbasis alam yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan kawasan pesisir terhadap perubahan iklim. Dalam artikel ini, juga akan dibahas pendekatan restorasi, keterlibatan komunitas lokal, serta dampak ekologis dan sosial yang diharapkan. Studi ini memberikan kontribusi dalam pengembangan strategi mitigasi yang holistik di wilayah pesisir yang rentan terhadap perubahan iklim.

Melalui pendekatan ini, diharapkan restorasi mangrove tidak hanya memberikan manfaat ekologis, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan kesejahteraan masyarakat setempat. Hal ini sejalan dengan konsep pembangunan berkelanjutan yang mengutamakan harmoni antara manusia dan alam, serta mengoptimalkan manfaat ekosistem untuk jangka panjang.

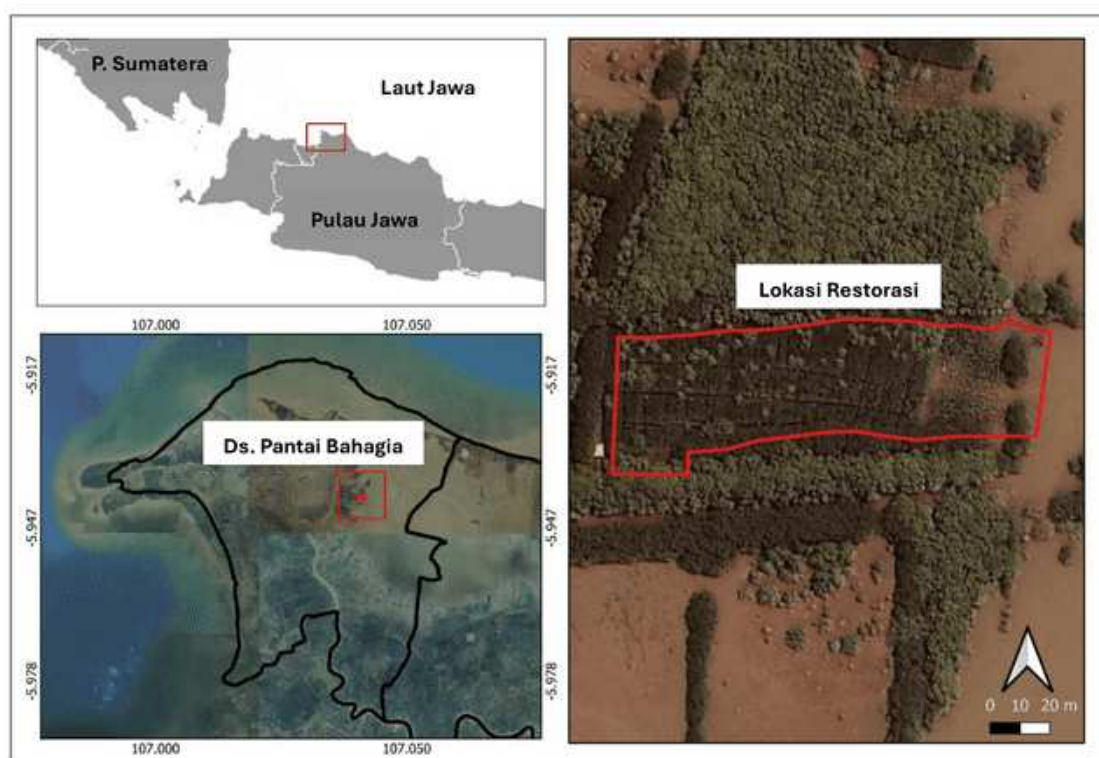
2. Pelaksanaan dan Metode

2.1. Waktu dan Tempat

Ekosistem mangrove di Desa Pantai Bahagia, Bekasi, tumbuh pada substrat lumpur dan lempung aluvial dengan pasang surut semi-diurnal, menciptakan zona intertidal yang ideal bagi spesies seperti *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, dan *Sonneratia alba*. Habitat utama

mencakup zona muara sungai, tepi tambak, pantai terluar, dan zona belakang mangrove. Namun, kawasan ini terancam oleh abrasi pantai yang signifikan—mencapai lebih dari 1.200 meter dalam dekade terakhir—serta alih fungsi lahan, banjir rob, dan intrusi air laut (Amalo, 2024; Elmanda et al., 2024).

Aksi penanaman mangrove dilakukan pada tahun 2020 oleh PT. Pertamina Hulu Energi *Offshore North West Java* (PT. PHE ONWJ) di pesisir Desa Pantai Bahagia, Kabupaten Bekasi (Gambar 1). Penanaman dilakukan dengan mekanisme kolaborasi antara stakeholder dengan fungsi dan peran masing – masing. PT. PHE ONWJ berperan sebagai penyandang dana aksi penanaman mangrove, Pusat Penelitian Lingkungan Hidup IPB University (PPLH IPB) berperan sebagai penyedia tenaga ahli atau peneliti ekologi dan *blue carbon* mangrove, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) berperan sebagai jalur koordinasi penentuan kawasan aksi penanaman mangrove, dan masyarakat Desa Pantai Bahagia berperan sebagai penyedia bibit dan penanam bibit di lapangan.



Gambar 1. Lokasi aksi penanaman mangrove di Desa Pantai Bahagia, Kabupaten Bekasi

2.2. Prosedur Pelaksanaan

Sebanyak 8000 bibit *R. mucronata* ditanam di sepanjang wilayah potensial rehabilitasi dengan kondisi lingkungan substrat lumpur berpasir. *R. mucronata* merupakan spesies yang secara eksisting ditemukan di wilayah pesisir Desa Pantai Bahagia. Bibit tersebut telah banyak dikembangkan oleh pengelola di Desa Pantai Bahagia yang propagulnya diperoleh secara langsung dari pohon *R. mucronata*. Spesies *R. mucronata* banyak ditemukan kawasan mangrove Desa Pantai Bahagia dengan kerapatan jenis (Ki) mencapai 225 tegakan/ha (Marsudi et al., 2018). Dengan demikian, pemilihan bibit tersebut telah mempertimbangkan aspek kesesuaian ekologi secara mendalam dan kompherensif. Bibit *R. mucronata* yang dipilih untuk ditanam memiliki diameter yaitu $0,68 \pm 0,0087$ cm, tinggi 30-50 cm, dan berumur 6-12 bulan.

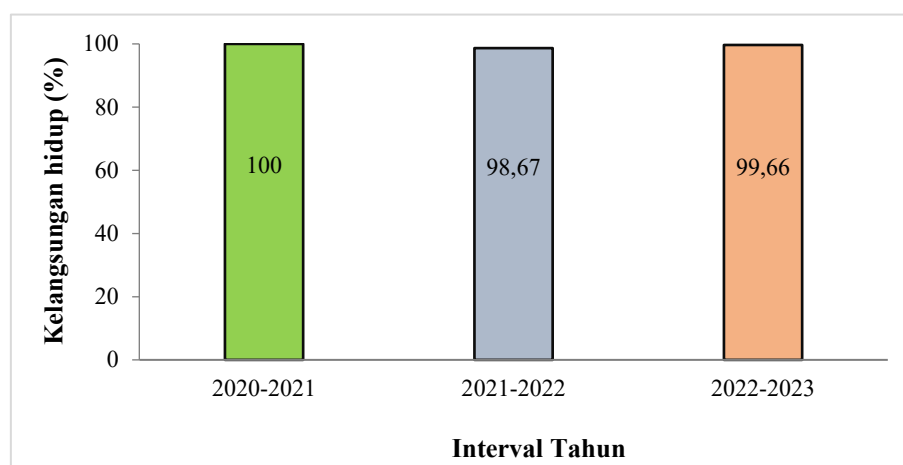
Bibit yang ditanam selanjutnya dimonitoring pertumbuhannya terutama diameter dan tinggi semai. Pengukuran diameter mangrove dilakukan setiap tahun sejak 2020 – 2023. Pengukuran dilakukan terhadap 300 semai mangrove yang ditandai dari 8000 bibit dengan metode stratifikasi random sampling. Pemilihan 300 bibit memperhatikan keterwakilan setiap karakter ekologi dari area penanaman mangrove. Data yang diperoleh dari pengukuran diameter ini adalah rata – rata diameter dan laju pertumbuhannya pada tiap tahun. Pengukuran diameter semai dilakukan pada pangkal kemunculan batang diujung propagul (Rahman, 2020), diameter saplings 50 cm dari permukaan tanah (trunk diameter), dan pohon 130 cm dari permukaan tanah (*Diameter at Breast Height – DBH*) (Komiyama et al., 2005). Metode allometrik Komiyama et al. (2005) merupakan pendekatan yang banyak digunakan dalam estimasi biomassa dan karbon stok hutan mangrove. Model ini dikembangkan berdasarkan hubungan antara diameter batang (*diameter at breast height—DBH*), tinggi pohon, dan densitas kayu untuk menghitung biomassa total. Validasi metode ini dilakukan dengan membandingkan hasil estimasi dengan data empiris dari pengukuran langsung dan metode destruktif. Beberapa studi menunjukkan bahwa persamaan allometrik Komiyama lebih akurat untuk spesies *Rhizophora*, *Avicennia*, dan *Sonneratia* dibanding model umum lain (Kauffman & Donato, 2012). Namun, faktor lingkungan seperti salinitas, substrat, dan stres pasang surut dapat mempengaruhi akurasi estimasi, sehingga kalibrasi lokal sering diperlukan (Alongi, 2014). Dengan validasi menggunakan data lapangan, metode ini tetap menjadi standar dalam penelitian ekologi mangrove dan perhitungan karbon biru global.

Monitoring pertumbuhan semai mangrove dimaksudkan untuk menganalisis tingkat kelangsungan hidup, biomassa, stok karbon, dan potensi penyerapan karbon (CO₂e) sebagai indikator utama penilaian peran aksi penanaman terhadap mitigasi perubahan iklim. Biomassa mangrove dianalisis dengan persamaan allometrik menurut Komiyama et al. (2005), stok karbon dianalisis melalui perkalian biomassa dengan nilai fraksi karbon yaitu 0,4682 (Rahman et al., 2023), sementara potensi penyerapan karbon diekuivalenkan dari stok karbon yang dikalikan dengan faktor konversi sebesar 3,67.

3. Hasil dan Pembahasan

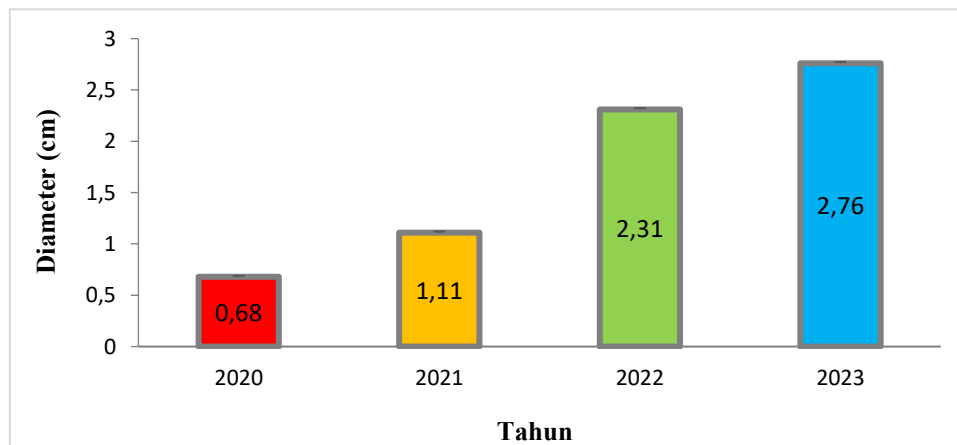
3.1. Tingkat Kelangsungan Hidup

Penanaman mangrove *R. mucronata* oleh PHE ONWJ di pesisir Desa Pantai Bahagia menunjukkan performa pertumbuhan yang sangat baik. Hal ini diindikasikan oleh survival rate (R) yang berkisar antara 98,67-100%. Pada rentang tahun 2020-2021, 300 semai yang diamati seluruhnya hidup (R = 100%), pada rentang tahun 2021-2022 terdapat 296 dari 300 semai yang diamati hidup dengan optimal (R = 98,67%), sementara pada rentang 2022-2023 terdapat 295 dari 296 (R = 99,66%) semai hidup dan tumbuh dengan baik (Gambar 2).



Gambar 2. Tingkat kelangsungan hidup semai mangrove di Desa Pantai Bahagia, Bekasi – Indonesia.

Indikasi keberhasilan penanaman mangrove *R. mucronata* tersebut juga terlihat pada pertumbuhan diameter yang signifikan selama rentang evaluasi (2020-2023). Pada penanaman awal di tahun 2020, rata-rata diameter semai *R. mucronata* adalah $0,68 \pm 0,0087$ cm. Diameter tersebut mengalami kenaikan sebesar 0,43 cm di tahun 2021 ($D_{2021} = 1,11$ cm), 1,2 cm di tahun 2022 ($D_{2022} = 2,31$ cm), dan 0,45 cm di tahun 2023 ($D_{2023} = 2,76$ cm) (Gambar 3).



Gambar 3. Pertumbuhan diameter semai *R. mucronata* dari aksi penanaman mangrove di pesisir Desa Pantai Bahagia, Bekasi – Indonesia

Tingginya tingkat kelangsungan hidup dan pertumbuhan mangrove *Rhizophora mucronata* di pesisir Desa Pantai Bahagia disebabkan oleh kombinasi adaptasi biologis dan kondisi ekologi yang mendukung. *R. mucronata* memiliki kemampuan alami untuk beradaptasi dengan lingkungan pesisir yang ekstrem, seperti salinitas tinggi dan sedimen anaerobik, yang memungkinkan mereka tumbuh optimal (Bengen et al., 2022). Kualitas sedimen yang baik dan minim gangguan biotik serta abiotik juga berperan penting terhadap kesuksesan penanaman tersebut.

3.2. Biomassa Tegakan

Rata-rata nilai biomassa pada tahun 2020 (B_{2020}) adalah 0,1554 kg/tegakan yang. Nilai tersebut terus mengalami peningkatan seiring pertumbuhan diameter pada tiap tahunnya. Potensi biomassa *R. mucronata* berdasarkan pertumbuhannya yaitu 0,4916 kg/tegakan di tahun 2021, 2,8282 kg/tegakan di tahun 2022, dan 4,2321 kg/tegakan di tahun 2023 (Tabel 1).

Berdasarkan biomassa tegakan tersebut, maka total potensi biomassa yang dikontribusikan dari penanaman 8000 semai adalah 1,24 ton di tahun 2020 ($N = 8000$), 3,93 ton di tahun 2021 ($N = 8000$), 22,33 ton di tahun 2022 ($N = 7894$), dan 33,29 ton di tahun 2023 ($N = 7867$) (Tabel 1).

Table 1. Biomassa tegakan dan biomassa total *R. mucronata* dari aksi penanaman mangrove di pesisir Desa Pantai Bahagia, Bekasi – Indonesia.

Tahun	Biomassa (kg)	N (Jumlah Semai)	Biomassa Total (ton)
2020	0,1554	8000	1,24
2021	0,4916	8000	3,93
2022	2,8282	7984	22,33
2023	4,2321	7867	33,29

3.3. Stok dan Serapan Karbon

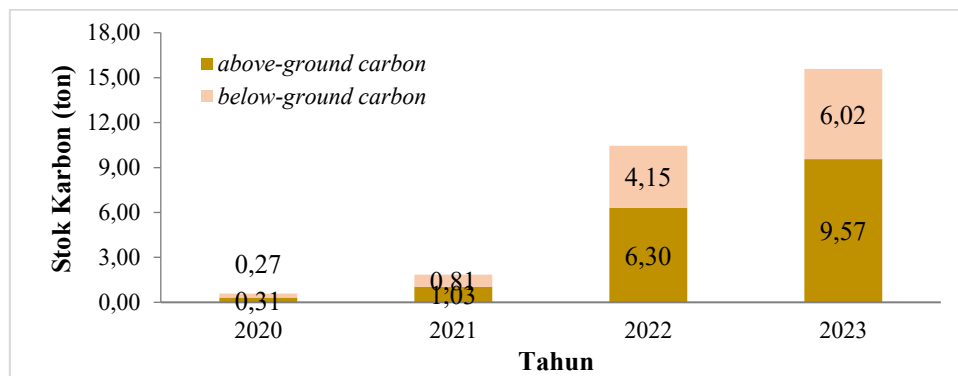
Berdasarkan total potensi biomassa, penanaman mangrove memberikan kontribusi signifikan terhadap penyimpanan karbon. Analisis menunjukkan bahwa pada tahun 2023, total stok karbon yang tersimpan mencapai 15,59 ton C, yang terdiri dari 9,57 ton C pada komponen above-ground (AGC) dan 6,02 ton C pada komponen below-ground (BGC). Stok ini mengalami

peningkatan sebesar 5,14 ton C dibandingkan tahun 2022, 13,75 ton C dibandingkan tahun 2021, dan 15,01 ton C dibandingkan tahun 2020 (Gambar 4).

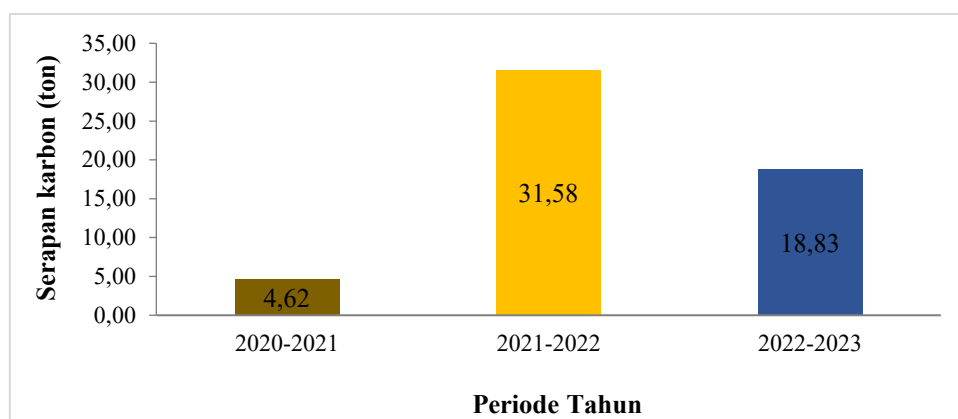
Peningkatan signifikan dalam stok karbon ini mencerminkan keberhasilan program penanaman mangrove *Rhizophora mucronata* sebagai bagian dari strategi mitigasi perubahan iklim. Mangrove memiliki kemampuan yang luar biasa dalam menyerap dan menyimpan karbon, baik pada bagian atas permukaan tanah (AGC) melalui batang, daun, dan cabang, maupun di bawah permukaan tanah (BGC) melalui akar (Murdiyarso et al., 2015; Rahman et al., 2024c). Pada tahun 2023, AGC memberikan kontribusi terbesar terhadap total karbon, seiring dengan pertumbuhan vegetasi mangrove yang lebih matang dan besar.

Peran mangrove dalam penyerapan karbon tidak hanya memberikan manfaat jangka pendek, tetapi juga berkontribusi terhadap stabilitas jangka panjang ekosistem pesisir. Stok karbon yang tersimpan di bawah tanah, seperti yang dicatat pada BGC, berpotensi terperangkap selama berabad-abad jika ekosistem mangrove terlindungi dari kerusakan. Dengan tren peningkatan tahunan dalam penyimpanan karbon, program penanaman mangrove mendukung konservasi lingkungan sekaligus membantu mengurangi emisi gas rumah kaca, menjadikan area penanaman mangrove sebagai solusi berbasis alam untuk perubahan iklim (Huxham et al., 2023).

Kontribusi terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca, khususnya CO₂, dapat diekuivalenkan dengan potensi stok karbon (Rahman et al., 2024c). Berdasarkan hal ini, potensi penyerapan CO₂ oleh *R. mucronata* untuk periode 2020-2021, 2021-2022, dan 2022-2023 berturut-turut adalah sebesar 4,62 ton CO₂e, 31,58 ton CO₂e, dan 18,83 ton CO₂e (Gambar 5).



Gambar 4. Potensi stok karbon *R. mucronata* dari aksi penanaman di pesisir Desa Pantai Bahagia, Bekasi – Indonesia



Gambar 5. Penyerapan karbon *R. mucronata* dari aksi penanaman di pesisir Desa Pantai Bahagia, Bekasi – Indonesia

3.4. Peran Komunitas Lokal dalam Kegiatan Penanaman Mangrove

Kegiatan penanaman mangrove di Desa Pantai Bahagia merupakan bagian dari upaya rehabilitasi kawasan pesisir yang mengalami degradasi akibat abrasi, perubahan penggunaan lahan, dan tekanan antropogenik lainnya. Dalam konteks ini, keterlibatan komunitas lokal memegang peranan penting dalam mendukung keberhasilan program. Masyarakat setempat memiliki pengetahuan lokal (*local wisdom*) mengenai dinamika lingkungan pesisir, seperti pola pasang surut, jenis tanah, dan spesies mangrove yang sesuai untuk ditanam. Pengetahuan ini menjadi sumber informasi yang relevan dalam proses perencanaan dan pelaksanaan kegiatan penanaman, serta turut menentukan keberhasilan adaptasi bibit mangrove di lokasi penanaman.

Lebih lanjut, komunitas lokal juga memiliki peran strategis dalam aspek edukasi dan penyadaran lingkungan. Masyarakat yang tergabung dalam kelompok sadar lingkungan atau karang taruna, misalnya, aktif terlibat dalam kegiatan sosialisasi pentingnya ekosistem mangrove kepada warga lainnya, termasuk generasi muda dan kelompok nelayan. Melalui kegiatan diskusi kelompok, pelatihan teknis, dan kerja bakti penanaman, nilai-nilai konservasi lingkungan ditanamkan secara partisipatif. Dengan pendekatan ini, program tidak hanya menitikberatkan pada aspek ekologis, tetapi juga memperkuat kapasitas sosial masyarakat dalam mengelola sumber daya pesisir secara berkelanjutan.

Partisipasi aktif komunitas lokal juga berkontribusi pada keberlanjutan program penanaman mangrove. Masyarakat tidak hanya dilibatkan dalam tahap awal penanaman, tetapi juga dalam kegiatan pascapenanaman seperti penyulaman bibit, pemantauan pertumbuhan, dan perlindungan kawasan dari gangguan manusia maupun hewan. Beberapa inisiatif masyarakat bahkan berkembang menjadi kelompok pengelola ekowisata mangrove yang berbasis komunitas, yang turut memberikan nilai tambah ekonomi bagi desa. Dengan demikian, keterlibatan komunitas lokal tidak hanya memperkuat aspek teknis kegiatan rehabilitasi mangrove, tetapi juga membentuk fondasi sosial-ekologis yang mendukung pengelolaan pesisir secara kolaboratif dan berkelanjutan.

3.5. Dampak Sosial Kegiatan Penanaman Mangrove

Kegiatan penanaman mangrove di Desa Pantai Bahagia memberikan dampak sosial yang signifikan terhadap kehidupan masyarakat setempat. Salah satu dampak utama adalah peningkatan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam menjaga kelestarian lingkungan pesisir. Melalui berbagai kegiatan penyuluhan dan pelatihan yang melibatkan berbagai kelompok masyarakat, warga Desa Pantai Bahagia kini lebih memahami peran penting mangrove dalam melindungi pesisir dari abrasi, sebagai habitat biodiversitas, sebagai sumber pendapatan alternatif melalui ekowisata, serta sebagai penyerap karbon untuk mitigasi perubahan iklim. Dampak sosial lainnya adalah terjalinnya hubungan yang lebih erat antara masyarakat, akademisi, dan pihak PT. PHE ONWJ yang terlibat dalam proyek ini. Kerja sama yang terbangun ini memperkuat jaringan sosial dan meningkatkan kapasitas masyarakat dalam mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan.

Selain itu, kegiatan penanaman mangrove di desa ini juga berdampak pada peningkatan kesejahteraan ekonomi masyarakat. Kegiatan penanaman menggunakan bibit yang dibeli dari pengelola yang ada di Desa Pantai Bahagia. Kegiatan penanaman memberikan peluang usaha baru bagi warga, terutama bagi mereka yang bergantung pada sektor perikanan. Pendirian wisata edukasi mangrove, jalur observasi, dan pusat informasi mangrove, yang melibatkan masyarakat sebagai pemandu wisata, meningkatkan pendapatan lokal. Hal ini membantu diversifikasi sumber pendapatan di luar sektor perikanan, yang sebelumnya sangat rentan terhadap perubahan ekosistem pesisir. Dengan demikian, program ini memberikan kontribusi terhadap ketahanan ekonomi masyarakat desa, sekaligus memperkenalkan nilai konservasi alam sebagai daya tarik wisata.

Jika dibandingkan dengan lokasi lain yang juga melaksanakan program penanaman mangrove, seperti di Desa Sungai Cukuang di Sumatera Barat, dampak sosial yang ditimbulkan di Desa Pantai Bahagia menunjukkan hasil yang serupa namun lebih terintegrasi dengan pendekatan ekonomi berbasis ekowisata. Di Desa Sungai Cukuang, penanaman mangrove juga

meningkatkan kesadaran lingkungan, tetapi dampak ekonomi lebih terbatas pada peningkatan hasil perikanan lokal, tanpa adanya pengembangan sektor pariwisata berbasis alam. Hal ini menunjukkan bahwa Desa Pantai Bahagia memiliki keunggulan dalam hal pemanfaatan potensi mangrove untuk memperluas sumber daya ekonomi, berkat dukungan masyarakat yang lebih proaktif dalam mengembangkan sektor pariwisata. Sebaliknya, di beberapa daerah yang lebih terpencil atau dengan infrastruktur yang kurang berkembang, seperti di Desa Tanjung Luar di Lombok, keberhasilan program penanaman mangrove lebih terbatas pada perlindungan pesisir dan peningkatan hasil tangkapan ikan, dengan sedikit dampak langsung terhadap ekonomi masyarakat setempat.

Meskipun demikian, semua lokasi yang melaksanakan program penanaman mangrove memiliki kesamaan dalam hal peningkatan kesadaran ekologis dan peran aktif masyarakat dalam pemeliharaan ekosistem pesisir. Namun, faktor pendukung seperti akses ke pasar wisata, kapasitas pemerintah daerah, dan infrastruktur yang ada sangat mempengaruhi skala dan dampak sosial ekonomi yang tercipta. Di Desa Pantai Bahagia, model kolaboratif antara masyarakat, pemerintah, dan lembaga swadaya masyarakat memberikan contoh yang lebih holistik dan berkelanjutan dalam mengelola potensi alam untuk kesejahteraan sosial dan ekonomi.

3.6. Keterbatasan Kegiatan Penanaman Mangrove di Desa Pantai Bahagia

Meskipun kegiatan penanaman mangrove di Desa Pantai Bahagia telah menunjukkan hasil yang positif, terdapat sejumlah keterbatasan yang mempengaruhi keberlanjutan dan efektivitas program. Salah satu kendala utama adalah terbatasnya sumber daya manusia yang terlatih dalam pengelolaan mangrove secara teknis. Meskipun masyarakat setempat memiliki pengetahuan lokal mengenai lingkungan pesisir, kurangnya pelatihan teknis yang mendalam tentang metode penanaman mangrove yang efektif, pemeliharaan jangka panjang, dan pemantauan pertumbuhan bibit dapat mempengaruhi keberhasilan jangka panjang program ini. Tanpa pengetahuan dan keterampilan yang cukup, terdapat risiko rendahnya tingkat kelangsungan hidup mangrove yang ditanam, serta penurunan kualitas ekosistem yang dapat terjadi akibat pengelolaan yang kurang tepat.

Keterbatasan lainnya adalah tekanan eksternal terhadap ekosistem pesisir yang berada di luar kendali langsung komunitas lokal. Aktivitas manusia di sekitar wilayah pesisir, seperti pembangunan infrastruktur, konversi lahan untuk pertanian, dan polusi perairan, tetap menjadi ancaman serius bagi keberlangsungan mangrove. Meskipun penanaman mangrove dapat mengurangi dampak negatif dari abrasi dan intrusi air laut, tekanan eksternal yang tidak terkontrol dapat memperburuk kondisi lingkungan, menghambat pertumbuhan mangrove, dan mempengaruhi efektivitas program rehabilitasi. Upaya konservasi ini memerlukan dukungan kebijakan yang lebih kuat dan keterlibatan berbagai pihak untuk mengurangi tekanan tersebut dan menciptakan kondisi yang lebih kondusif bagi keberlangsungan mangrove hingga mencapai stadia pohon di kawasan tersebut.

4. Kesimpulan

Aksi penanaman mangrove di pesisir Kabupaten Karawang menunjukkan kontribusi signifikan terhadap peningkatan stok dan serapan karbon, yang mencerminkan keberhasilan program dalam mendukung mitigasi perubahan iklim. Seiring pertumbuhan vegetasi yang matang, peningkatan biomassa mangrove berkontribusi pada akumulasi karbon jangka panjang, sekaligus memperkuat fungsi ekologis pesisir. Keberhasilan teknis juga tercermin dari tingginya tingkat kelangsungan hidup semai.

Secara sosial, program ini mendorong kesadaran lingkungan dan partisipasi aktif masyarakat, termasuk melalui pembentukan kelompok pengelola mangrove dan pengembangan ekowisata. Manfaat ekonomi pun mulai dirasakan melalui peluang usaha baru berbasis jasa lingkungan. Keterlibatan masyarakat memperkuat rasa memiliki serta membuka jalan menuju pengelolaan pesisir yang inklusif dan berkelanjutan.

Namun demikian, program masih menghadapi tantangan seperti keterbatasan kapasitas teknis dan tekanan eksternal berupa abrasi dan alih fungsi lahan. Oleh karena itu, perlu penguatan pelatihan masyarakat, dukungan anggaran yang berkelanjutan, serta regulasi tata ruang yang berpihak pada konservasi. Kolaborasi lintas sektor sangat diperlukan untuk menjamin keberlanjutan manfaat ekologis dan sosial dari restorasi mangrove ini.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. PHE ONWJ yang telah mendanai kegiatan pengabdian ini sehingga dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

- Adame, M.F., Santini, N.S., Tovilla, C., Lule, A.V., Castro, L., & Guevara, M. (2015). Carbon stock and soil sequestration rates of tropical riverine wetlands. *Biogeoscience*, 12, 3805-3818. <https://doi.org/10.5194/bg-12-3805-2015>
- Alongi, D. M. (2014). Carbon cycling and storage in mangrove forests. *Annual Review of Marine Science*, 6, 195-219. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135020>
- Amalo, L.F. (2024). Penilaian Kerusakan Hutan Mangrove di Desa Pantai Bahagia, Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi Berbasis Remote Sensing dan GIS. Bogor. Unpublished Thesis. IPB University.
- Bengen, D.G., Yonvitner, & Rahman. (2022). Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove. Bogor: IPB Press. 88p.
- Devi, D.S.R., & Samadi. (2024). Analisis Potensi Ekowisata Mangrove di Desa Pantai Bahagia, Muara Gembong. E-journal Universitas Negeri Jakarta. 1 – 9.
- Elmanda, N.N., Aji, A., Tjahjono, A., & Hanafi, F. (2024). Dinamika abrasi terkait perubahan garis Pantai di Desa Pantai Bahagia Kabupaten Bekasi. *Indonesian Journal of Conservation*, 13(2): 66 – 76. <https://doi.org/10.15294/ijc.v13i2.18645>
- Huxham, M., Kairu, A., Lang'at, J.A., Kivugo, R., Mwafrica, M., Huff, A., & Shilland, R. (2023). Rawls in the mangrove: Perceptions of justice in nature-based solutions projects. *People and Nature*, 1-16. <https://doi.org/10.1002/pan3.10498>
- Kauffman, J. B., & Donato, D. C. (2012). Protocol for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests. CIFOR. <https://doi.org/10.17528/cifor/003749>
- Komiyama, A., Pongparn, S., & Kato, S. (2005). Common allometric equation for estimating the tree weight of mangroves. *J. Trop. Ecol.* 21, 471-477. <https://doi.org/10.1017/S0266467405002476>
- Murdiyarto, D., Purbopuspito, J., & Kauffman, J. (2015). The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 5, 1089-1092. <https://doi.org/10.1038/nclimate2734>
- Pratama, B.A., Pratikto, I., Santoso, A., & Suryono. (2022). Sebaran spasial mangrove di Desa Pantai Bahagia, Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi. *Journal of Marine Research*, 11(2): 167 – 175. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.33765>
- Rahman. (2020). Model Pengelolaan Ekosistem Mangrove Berbasis Dinamika Stok Karbon dan Fluks Gas Rumah Kaca. Bogor. Unpublished Thesis. Bogor: IPB University.
- Rahman., Wardiatno, Y., Yulianda, F., Rusmana, I., & Bengen, D.G. (2020). Metode dan Analisis Studi Ekosistem Mangrove. Bogor: IPB Press.
- Rahman., Maryono., & Sigiro, O.N. (2023). What is the true carbon fraction of mangrove biomass? *Malaysian Journal of Science*, 42(2): 1 – 6. <https://doi.org/10.22452/mjs.vol42no2.10>
- Rahman., Lokollo, F.F., Manuputty, G.D., Hukubun, R.D., Krisye., Maryono., Wawo, M., & Wardiatno, Y. (2024a). A review on the biodiversity and conservation of mangrove ecosystems in Indonesia. *Biodiversity and Conservation*, 33(3): 875-903. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02767-9>
- Rahman., Amalo, L.F., Putra, M.D., Handayani, L.D.W., Zuhri, M.I., Supardi, H., Bena, L.M.A.A., & Rahman, A. (2024b). Existing and future carbon stock of mangrove restoration of the REMAJA PHE ONWJ Program in Mekarphaci Village, Karawang Regency, Indonesia. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 28(6): 29-42. DOI: 10.21608/EJABF.2024.391031
- Rahman., Ceantury, A., Tuahatu, J.W., Lokollo, F.F., Supusepa, J., Hulopi, M., Permatahati, Y.I., Lewerissa, A., & Wardiatno Y. (2024c). Mangrove ecosystem in Southeast Asia region: mangrove

- extent, blue carbon potential and CO₂ emission in 1996-2020. *Science of the Total Environment*. 915 (3): 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170052>
- Ramadhan, A. (2010). *Penilaian Ekonomi Hutan Mangrove: Studi Kasus Desa Pantai Bahagia, Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat*. Bogor. Unpublished Thesis. IPB University.
- Shawket, N., Elmadhi, Y., Kharrim, K.E., & Belghyti, D. (2019). Impacts of climate change on fish performance. *Journal of Entomology Zoo Studies*. 7: 343 – 49.
- Wang, H., Zhou, S., Li, X., Liu, H., Chi, D., & Xu, K. (2016). The influence of climate change and human activities on ecosystem service value. *Ecological Engineering*. 87: 224 – 39.