AGROFORETECH

Volume 4, Nomor 3, September 2026

Simpanan Karbon Kawasan Mangrove Kelompok Tani Hutan Wana Tirta di Pasir Mendit Kabupaten Kulon Progo

Ahmad Maulana Andrean Sentosa*), Siti Maimunah, Tatik Suhartati
Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, INSTIPER Yogyakarta
*)Email Korespondensi: babangahmad42@gmail.com

ABSTRAK

Hutan Mangrove Wana Tirta merupakan kawasan mangrove yang memiliki fungsi ekologis penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan pesisir. Vegetasi mangrove mampu menyimpan karbon dalam biomassa, sehingga pengukuran simpanan karbon diperlukan untuk mengetahui potensi kawasan dalam mendukung mitigasi perubahan iklim. Penelitian ini dilaksanakan di Hutan Kelompok Tani Hutan Mangrove Wana Tirta, Pasir Mendit, Jangkaran, Kecamatan Temon, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta, pada 1–3 Agustus 2026. Metode yang digunakan adalah sensus dengan mengamati seluruh vegetasi mangrove pada lokasi penelitian. Metode sensus dipilih agar seluruh individu yang terdapat pada kawasan penelitian dapat terdata, sehingga estimasi biomassa dan simpanan karbon menggambarkan kondisi tegakan yang diamati. Metode pengumpulan data mengacu pada (Maimunah *et al*., 2021). Parameter yang diukur meliputi AGB (*Above Ground Biomass*), simpanan karbon, karbon dioksida ekuivalen (CO_2^e), dan volume. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 633 individu yang terdiri atas *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, dan *Rhizophora stylosa*. Total Biomassa di atas permukaan sebesar 68,21 ton dan 89,76 ton/ha. Pada hasil karbon species per hektar *Rhizophora mucronata* merupakan jenis dominan dengan AGB sebesar 82,99 ton/ha dan simpanan karbon sebesar yaitu 39,00 ton C/ha. Sedangkan pada hasil karbon tingkat pertumbuhan per hektar di dominasi oleh tiang dengan AGB sebesar 35,63 ton/ha dan simpanan karbon sebesar 16,75 ton C/ha.
Kata kunci: mangrove, biomassa, simpanan karbon, wana tirta, pasir mendit.

PENDAHULUAN

Simpanan karbon merupakan salah satu fungsi penting ekosistem mangrove karena vegetasi mangrove mampu menyerap karbon dioksida melalui fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa. Besarnya simpanan karbon dapat digunakan untuk menggambarkan kemampuan ekosistem mangrove dalam mendukung mitigasi perubahan iklim sekaligus mempertahankan fungsi ekologis kawasan pesisir. Struktur tegakan, ukuran diameter, kerapatan, dan komposisi jenis berkaitan dengan besarnya biomassa dan karbon yang tersimpan (Andiani *et al*., 2021; Mardliyah *et al*., 2019). Mangrove juga dikenal sebagai salah satu ekosistem hutan tropis dengan cadangan karbon yang tinggi, sehingga keberadaannya penting untuk dipertahankan dalam pengelolaan wilayah pesisir (Donato *et al*., 2011).

Hutan Mangrove Wana Tirta merupakan kawasan mangrove yang berada di Pasir Mendit, Jangkaran, Kecamatan Temon, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Kawasan ini memiliki fungsi ekologis sebagai pelindung pantai, habitat berbagai organisme, dan penyimpan karbon. Kondisi lingkungan pesisir yang dipengaruhi oleh pasang surut, salinitas, genangan, substrat, gelombang, serta aktivitas manusia dapat memengaruhi

komposisi dan pertumbuhan mangrove. Aljahdali *et al*. (2021) menunjukkan bahwa faktor lingkungan seperti salinitas, suhu, nutrien, dan oksigen terlarut dapat memberikan tekanan terhadap pertumbuhan *Avicennia marina*. Selain itu, perubahan fungsi kawasan dapat memengaruhi kondisi sedimen dan kemampuan penyimpanan karbon mangrove (Kepel *et al*., 2018).

Pendugaan biomassa dan karbon mangrove dapat dilakukan secara non-destruktif dengan menggunakan parameter diameter batang melalui persamaan alometrik. Diameter merupakan salah satu parameter penting karena peningkatan ukuran batang berkaitan dengan peningkatan biomassa secara non linier (Suryono *et al*., 2018; Kangkuso *et al*., 2020). Oleh karena itu, jumlah individu saja belum cukup untuk menjelaskan besarnya biomassa dan karbon, tetapi perlu dilihat bersama ukuran diameter dan struktur tegakan. Andiani *et al*. (2021) juga menunjukkan bahwa parameter struktur tegakan dapat digunakan dalam estimasi simpanan karbon *above ground*. Analisis berdasarkan jenis dan tingkat pertumbuhan diperlukan agar kondisi tegakan dapat dijelaskan secara lebih menyeluruh.

Kawasan Kulon Progo memiliki potensi mangrove yang penting dalam penyimpanan karbon. Pratiwi *et al*. (2023) melaporkan bahwa mangrove di Desa Jangkaran memiliki potensi serapan karbon dan menunjukkan kontribusi *Rhizophora mucronata* yang lebih besar dibandingkan *Avicennia marina*. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa komposisi jenis, struktur tegakan, dan kondisi lingkungan dapat menghasilkan perbedaan dalam biomassa serta stok karbon antar lokasi (Ainindya *et al*., 2024; Maimunah *et al*., 2021). Informasi tersebut menjadi dasar penting untuk mengetahui kondisi simpanan karbon pada kawasan Wana Tirta dan membandingkannya dengan hasil penelitian di lokasi lain.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Hutan Kelompok Tani Hutan Mangrove Wana Tirta, Pasir Mendit, Jangkaran, Kec. Temon, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Kecamatan Temon secara geografis terletak pada 7°53′36″ Lintang Selatan, 110°01′11″ Bujur Timur. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 1-3 Agustus 2026. Adapun alat dan bahan yang digunakan yaitu pita meter, busur, alat tulis, kamera atau *handphone*, label tanaman, laptop, *roll meter*, tingkat semai, tiang, pohon, dan *tally sheet.* Metode yang digunakan adalah metode sensus, yaitu dengan mendata seluruh vegetasi mangrove yang terdapat di lokasi penelitian. Metode ini dipilih karena penelitian bertujuan untuk mengetahui kondisi vegetasi mangrove secara langsung. Setiap individu mangrove pada masing-masing tingkat pertumbuhan didata dan diukur untuk memperoleh data yang menggambarkan kondisi vegetasi di lokasi penelitian. Parameter yang diukur meliputi diameter batang dan tinggi pohon yang digunakan dalam perhitungan estimasi simpanan karbon. Pengukuran diameter dilakukan berdasarkan DBH (*Diameter at Breast Height*), yaitu diameter batang pada ketinggian 1,3 m dari permukaan tanah atau di atas banir. Pada batang yang bentuknya tidak beraturan, posisi pengukuran disesuaikan dengan ketentuan pengukuran DBH seperti yang ditunjukkan pada gambar pengukuran keliling pohon. Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut:

1. AGB (ton)

   AGB (*Above Ground Biomass*) merupakan biomassa vegetasi mangrove di atas permukaan tanah yang digunakan sebagai dasar perhitungan simpanan karbon (Samek *et al*., 2022; Sari *et al*., 2024).

   a. *Rhizophora mucronata*

$$AGB=0{,}5\times D^{2{,}32}$$

Keterangan:
AGB = biomassa di atas permukaan (kg/pohon)
D = diameter batang/DBH (cm)

b. *Rhizophora stylosa*

$$AGB=0,1579\times D^{2,593}$$

Keterangan:
AGB = biomassa di atas permukaan (kg/pohon)
D = diameter batang/DBH (cm)

c. *Avicennia marina*

$$AGB=0,1848\times D^{2,3524}$$

Keterangan:
AGB = biomassa di atas permukaan (kg/pohon)
D = diameter batang/DBH (cm)

2. Simpanan Karbon (ton/ha)
Simpanan karbon menunjukkan jumlah karbon yang tersimpan dalam biomassa mangrove (Arlita *et al*., 2022).

$$C=AGB\times 0,47$$

Keterangan:
C = simpanan karbon (kg C)
AGB = biomassa di atas permukaan (kg/pohon)
0,47 = konstanta kandungan karbon biomassa

3. Karbon Dioksida Ekuivalen (ton)
Karbon Dioksida Ekuivalen ($CO_2{}^e$) merupakan hasil konversi simpanan karbon ke dalam bentuk karbon dioksida (Ikhsan *et al*., 2021).

$$tCO_2=\frac{C\times\left(\frac{44}{12}\right)}{1000}$$

Keterangan:
tCO_2 = karbon dioksida (ton CO_2)
C = simpanan karbon (kg C).

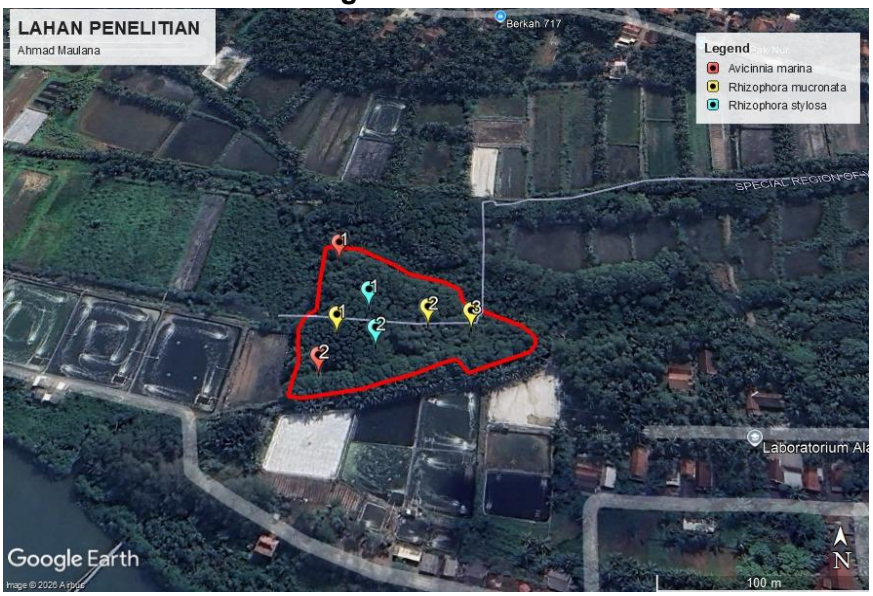
4. Volume (m^3)
Volume pohon menunjukkan besarnya volume batang berdasarkan diameter dan tinggi pohon mangrove (Krisnawati *et al*., 2012).

$$V=\frac{1}{4}\times\pi\times\left(\frac{D}{1000}\right)^2\times H\times 0,6$$

Keterangan:
V = volume pohon (m^3)
D = diameter batang/DBH (cm)
H = tinggi pohon (m)
π = 3,14 atau 22/7
0,6 = faktor bentuk

HASIL DAN PEMBAHASAN

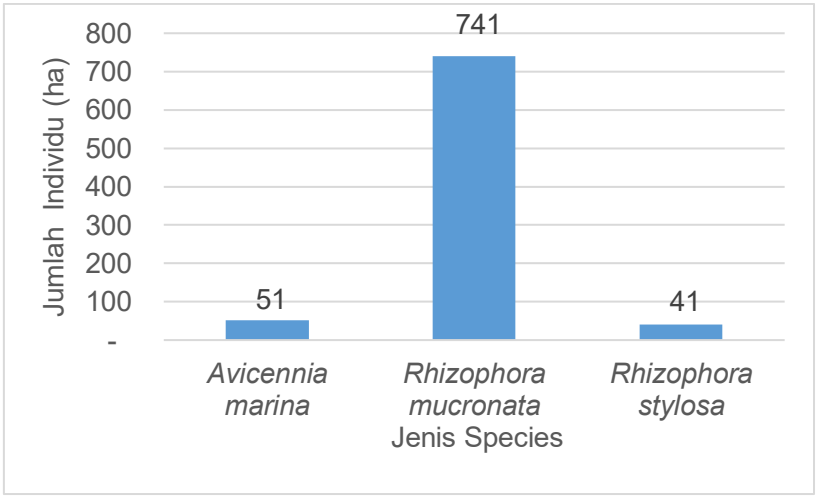
Peta Sebaran Pohon Kawasan Mangrove Pasir Mendit



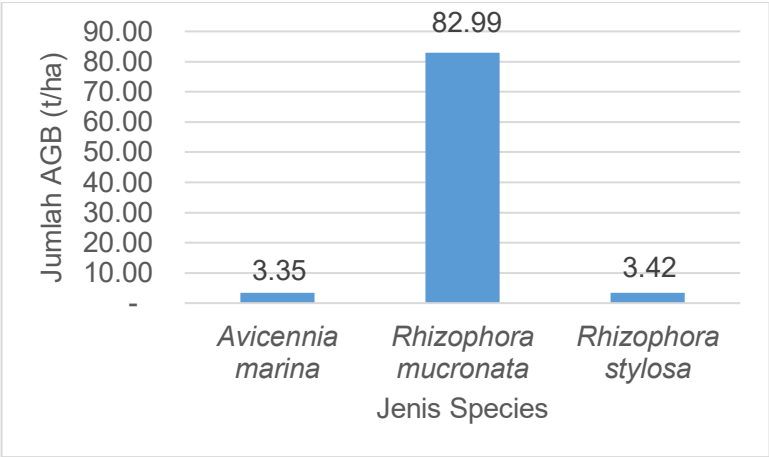
Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan peta sebaran pohon, vegetasi mangrove di kawasan Pasir Mendit menunjukkan pola persebaran yang cenderung berkelompok. Pola tersebut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama kedekatan dengan laut, salinitas, genangan, substrat, dan pasang surut. Pada zona terbuka yang berhadapan langsung dengan laut, genangan dan pengaruh pasang surut lebih tinggi sehingga umumnya sesuai bagi jenis *Avicennia*. Sementara itu, pada zona tengah dengan genangan yang lebih sedang, jenis *Rhizophora* lebih sering ditemukan. Perbedaan kondisi lingkungan antarzona tersebut dapat memengaruhi pola persebaran dan pengelompokan jenis mangrove di kawasan Pasir Mendit.

1. Simpanan Karbon per Species

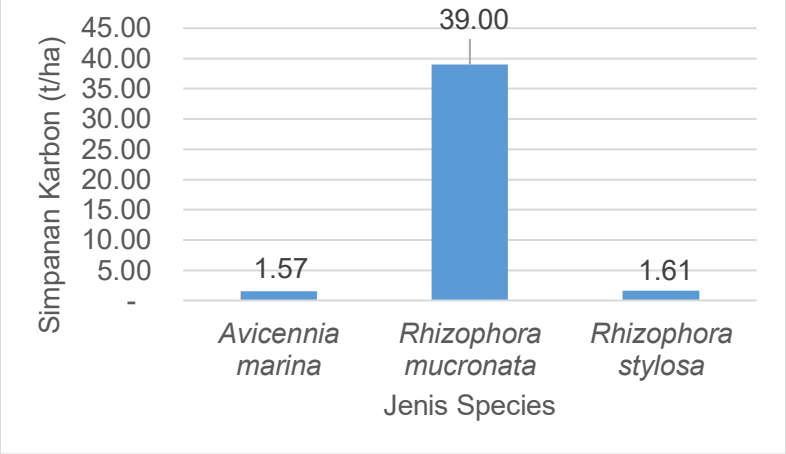
No	Species	Jumlah	AGB (t/ha)	Karbon (t/ha)	CO_2 (t/ha)	Volume (m^3)
1	*Avicennia marina*	51	3,35	1,57	5,77	3,66
2	*Rhizophora mucronata*	741	82,99	39,00	143,01	43,00
3	*Rhizophora stylosa*	41	3,42	1,61	5,90	2,60



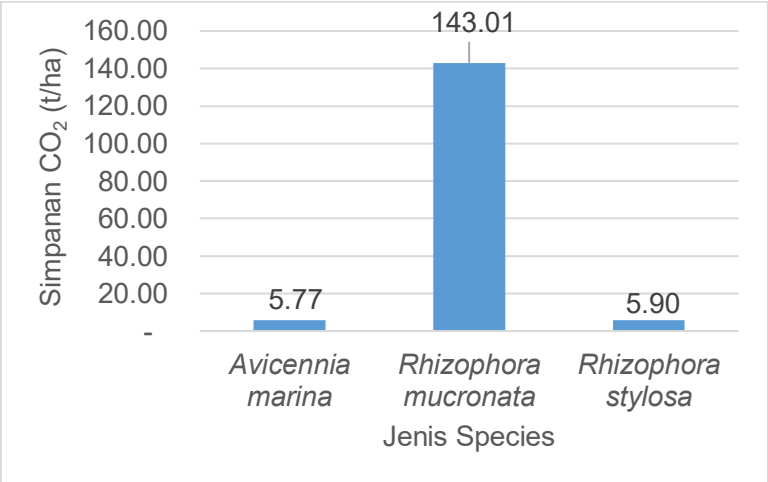
Gambar 1. Jumlah Individu per Species (ha)



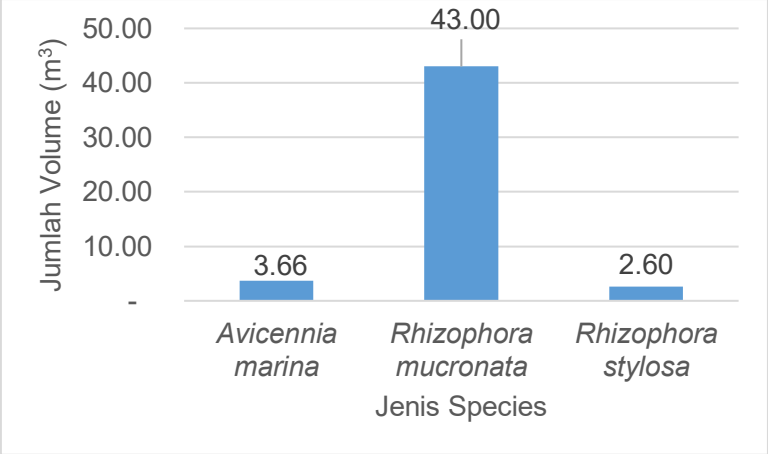
Gambar 2. Total AGB per Species (t/ha)



Gambar 3. Total Karbon per Species (t/ha)



Gambar 4. Total CO_2 per Species (t/ha)



Gambar 5. Total Volume per Species (t/ha)

Berdasarkan hasil di atas, ditemukan tiga jenis mangrove dengan jumlah total 633 individu/ha, yaitu *Avicennia marina* sebanyak 39 individu/ha, *Rhizophora mucronata* sebanyak 563 individu/ha, dan *Rhizophora stylosa* sebanyak 31 individu/ha. *R. mucronata* merupakan jenis yang paling dominan pada lokasi penelitian. Perbedaan jumlah individu antarjenis dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti salinitas, genangan, pasang surut, karakteristik substrat, serta kemampuan adaptasi masing-masing jenis terhadap kondisi tapak (Ainindya *et al*. 2024; Maimunah *et al*. 2021; Aljahdali *et al*. 2021). Dominasi *R. mucronata* juga menyebabkan jenis tersebut memberikan kontribusi terbesar terhadap parameter yang dianalisis.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa *R. mucronata* memiliki AGB tertinggi sebesar 82,99 t/ha, diikuti *R. stylosa* sebesar 3,42 t/ha dan *A. marina* sebesar 3,35 t/ha. Tingginya AGB *R. mucronata* terutama berkaitan dengan jumlah individunya yang jauh lebih banyak, meskipun besarnya biomassa juga dipengaruhi oleh ukuran diameter masing-masing individu. Pendugaan biomassa menggunakan diameter merupakan pendekatan yang umum digunakan pada ekosistem mangrove karena pertambahan diameter berkaitan dengan peningkatan akumulasi biomassa (Suryono *et al*. 2018; Kangkuso *et al*. 2020). Andiani *et al*. (2021) juga menunjukkan bahwa parameter struktur tegakan, terutama diameter dan kerapatan, berkaitan dengan besarnya simpanan karbon *aboveground*. Dengan demikian, dominasi jumlah individu *R. mucronata* yang didukung oleh struktur ukuran tegakannya menghasilkan AGB yang jauh lebih tinggi dibandingkan dua jenis lainnya.

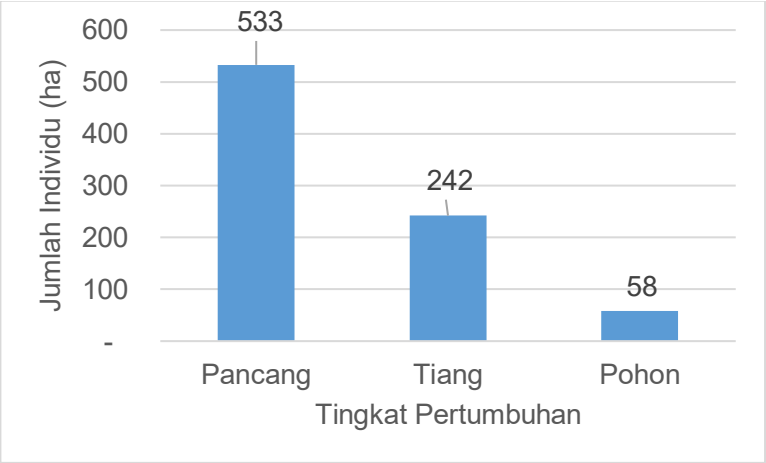
Pola yang sama terlihat pada simpanan karbon dan CO_2 ekuivalen. *R. mucronata* memiliki simpanan karbon sebesar 39,00 t C/ha dan CO_2 ekuivalen sebesar 143,01 t CO_2/ha, sedangkan *A. marina* masing-masing sebesar 1,57 t C/ha dan 5,77 t CO_2/ha, serta *R. stylosa* sebesar 1,61 t C/ha dan 5,90 t CO_2/ha. Tingginya simpanan karbon pada *R. mucronata* mengikuti besarnya AGB karena karbon dihitung berdasarkan biomassa yang tersimpan pada vegetasi (Mardliyah *et al*. 2019; Sari *et al*. 2024).Nilai CO_2 ekuivalen juga mengikuti pola karbon karena diperoleh melalui konversi simpanan karbon menjadi ekuivalen CO_2. Nilai tersebut menggambarkan stok karbon dalam bentuk CO_2 ekuivalen dan bukan laju penyerapan CO_2 tahunan. Penelitian Pratiwi *et al*. (2023) juga menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di Kulon Progo memiliki potensi penyimpanan karbon yang berkaitan dengan struktur vegetasinya.

Volume tegakan menunjukkan pola yang sejalan dengan dominasi *R. mucronata*, yaitu sebesar 43,00 m³, sedangkan *A. marina* sebesar 3,66 m³ dan *R. stylosa* sebesar 2,60 m³. Besarnya volume dipengaruhi oleh diameter dan tinggi vegetasi sehingga menggambarkan

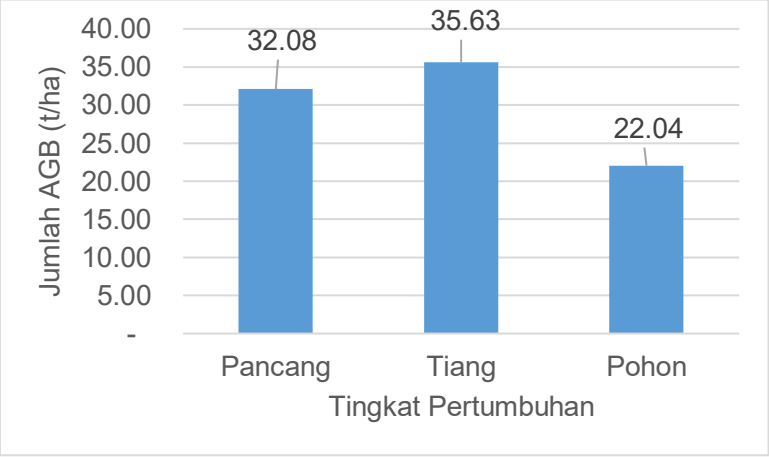
ukuran fisik tegakan, sedangkan AGB diperoleh berdasarkan persamaan alometrik (Krisnawati *et al*., 2012). Secara keseluruhan, hasil menunjukkan bahwa jenis, jumlah individu, dan struktur ukuran tegakan berperan dalam menentukan besarnya AGB, simpanan karbon, CO_2 ekuivalen, dan volume. Dominasi *R. mucronata* menjadikannya penyumbang terbesar pada seluruh parameter, meskipun keberadaan *A. marina* dan *R. stylosa* tetap menjadi bagian dari komposisi komunitas mangrove (Maimunah *et al*. 2021; Samek *et al*. 2022).

2. Simpanan Karbon Tingkat Pertumbuhan

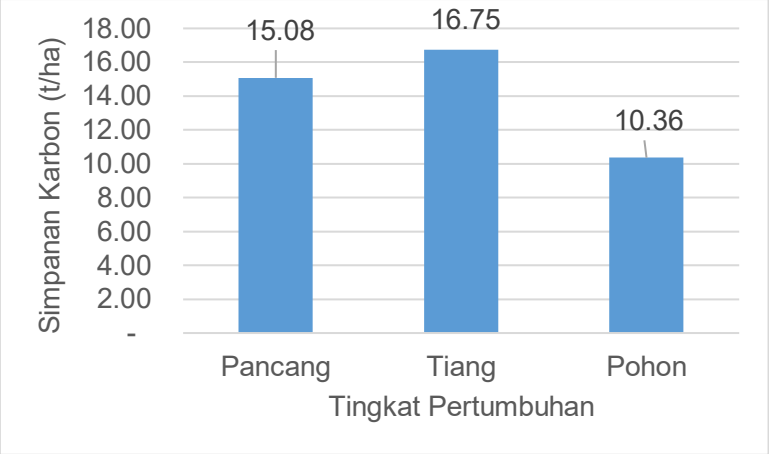
No	Tingkatan pohon	Jumlah	AGB (t/ha)	Karbon (t/ha)	CO_2 (t/ha)	Volume (m^3)
1	Pancang	533	32,08	15,08	55,29	19,47
2	Tiang	242	35,63	16,75	61,40	19,38
3	Pohon	58	22,04	10,36	37,99	10,42



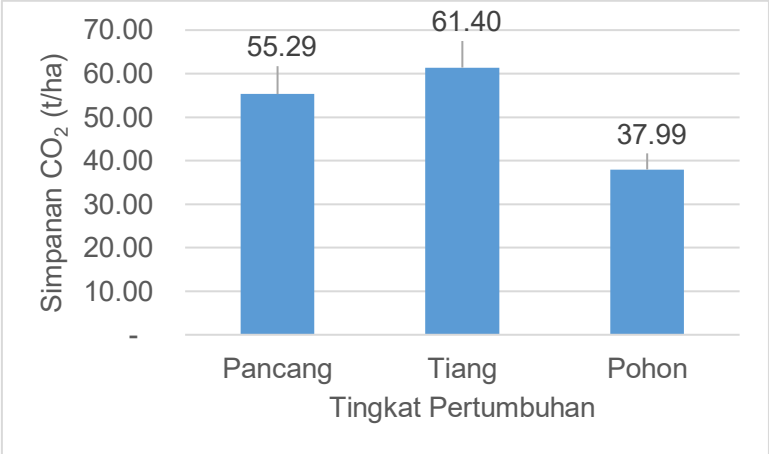
Gambar 6. Jumlah Tingkat Pertumbuhan (ha)



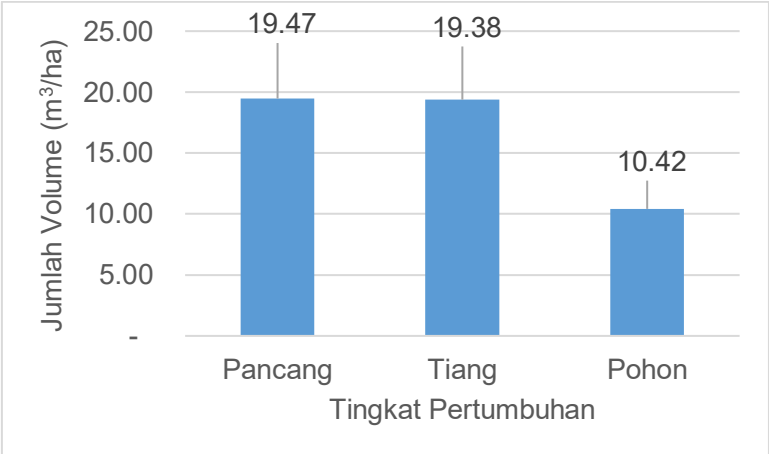
Gambar 7. Total AGB Tingkat Pertumbuhan (t/ha)



Gambar 8. Total Karbon Tingkat Pertumbuhan (t/ha)



Gambar 9. Total CO_2 Tingkat Pertumbuhan (t/ha)



Gambar 10. Total Volume Tingkat Pertumbuhan (t/ha)

Berdasarkan hasil di atas, jumlah individu terbanyak ditemukan pada tingkat pancang sebanyak 533 individu/ha, kemudian tingkat tiang sebanyak 242 individu/ha dan tingkat pohon sebanyak 58 individu/ha. Dominasi individu pada tingkat pancang menunjukkan bahwa sebagian besar vegetasi yang ditemukan berada pada kelompok ukuran yang lebih kecil. Namun, jumlah individu tidak secara langsung menentukan besarnya biomassa karena ukuran diameter dan struktur tegakan juga berpengaruh terhadap akumulasi biomassa dan karbon *(Andiani et al*., 2021).

Nilai AGB tertinggi justru terdapat pada tingkat tiang sebesar 35,63 t/ha, diikuti pancang sebesar 32,08 t/ha dan pohon sebesar 22,04 t/ha. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tingkat tiang memiliki kombinasi jumlah individu yang masih cukup banyak dengan ukuran vegetasi yang telah berkembang, sehingga menghasilkan akumulasi biomassa lebih tinggi. Sementara itu, tingkat pohon memiliki ukuran individu yang lebih besar tetapi jumlahnya hanya 58 individu, sehingga AGB per hektarnya lebih rendah. Hubungan antara diameter, struktur tegakan, dan biomassa juga menjadi dasar penting dalam pendugaan karbon mangrove (Kangkuso *et al*., 2020).

Perbedaan AGB tersebut kemudian tercermin pada simpanan karbon. Tingkat tiang memiliki karbon tertinggi sebesar 35,63 t C/ha, diikuti pancang sebesar 32,08 t C/ha dan pohon sebesar 22,04 t C/ha. Nilai CO_2 ekuivalen juga menunjukkan pola yang sama, yaitu 61,40 t CO_2/ha pada tiang, 55,29 t CO_2/ha pada pancang, dan 37,99 t CO_2/ha pada pohon. Pola tersebut terjadi karena besarnya simpanan karbon bergantung pada biomassa, sedangkan CO_2 ekuivalen merupakan hasil konversi dari karbon yang tersimpan (Mardliyah *et al*., 2019). Dengan demikian, tingkat pertumbuhan dengan AGB lebih tinggi juga menghasilkan simpanan karbon dan CO_2 ekuivalen yang lebih besar.

Berbeda dengan AGB dan karbon, volume tertinggi terdapat pada tingkat pancang sebesar 19,47 m³, kemudian tiang sebesar 19,38 m³ dan pohon sebesar 10,42 m³. Nilai pancang dan tiang yang hampir sama menunjukkan bahwa jumlah individu yang tinggi pada pancang dapat mengimbangi ukuran batang yang lebih kecil. Sementara itu, volume pohon lebih rendah karena jumlah individunya relatif sedikit. Volume yang dihitung berdasarkan diameter dan tinggi dapat digunakan sebagai informasi pendukung untuk menggambarkan struktur fisik tegakan. Secara keseluruhan, hasil menunjukkan bahwa tingkat pertumbuhan dan ukuran vegetasi memberikan perbedaan terhadap biomassa dan simpanan karbon. Hasil ini memperlihatkan bahwa penilaian karbon tidak cukup hanya berdasarkan jumlah individu, tetapi perlu mempertimbangkan struktur ukuran dan tingkat pertumbuhan tegakan (Andiani *et al*. 2021; Sari *et al*. 2024).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan data yang telah dianalisis, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat tiga spesies mangrove, yaitu *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, dan *Rhizophora stylosa*. *Rhizophora mucronata* merupakan jenis yang paling dominan dengan jumlah 563 individu atau 741 individu/ha. Dominasi tersebut juga terlihat pada nilai biomassa dan simpanan karbon, dengan AGB sebesar 82,99 ton/ha dan simpanan karbon sebesar 39,00 ton C/ha. Sementara itu, *Avicennia marina* memiliki AGB sebesar 3,35 ton/ha dengan simpanan karbon 1,57 ton C/ha, sedangkan *Rhizophora stylosa* memiliki AGB sebesar 3,42 ton/ha dengan simpanan karbon 1,61 ton C/ha. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa jenis mangrove yang berbeda memiliki kontribusi biomassa dan simpanan karbon yang berbeda pula.
2. Tingkat pancang memiliki jumlah individu paling banyak, yaitu 533 individu, diikuti tingkat tiang sebanyak 242 individu dan tingkat pohon sebanyak 58 individu. Namun, tingkat tiang memiliki nilai AGB dan simpanan karbon paling tinggi, yaitu AGB sebesar 35,63 ton/ha dan simpanan karbon sebesar 16,75 ton C/ha. Tingkat pancang memiliki AGB sebesar 32,08 ton/ha dan simpanan karbon sebesar 15,08 ton C/ha, sedangkan tingkat pohon memiliki AGB sebesar 22, 04 ton/ha dan simpanan karbon sebesar 10,36 ton C/ha. Hasil tersebut menunjukkan bahwa besarnya biomassa dan simpanan karbon tidak hanya dipengaruhi

oleh jumlah individu, tetapi juga oleh ukuran diameter dan struktur tegakan pada masing-masing tingkat pertumbuhan.

DAFTAR PUSTAKA

Ainindya, D. G., Rarasti, K. A., Farikha, K. N., Wiraatmaja, M. F., Yap, C. K., & Setyawan, A. D. (2024). *Characteristics of mangroves and carbon stocks estimation in Sampang and Pamekasan Districts , Madura Island* , Indonesia. *Bonorowo Wetlands*, *14*(1), 19–24. https://doi.org/10.13057/bonorowo/w140103

Aljahdali, M. O., Alhassan, A. B., & Zhang, Z. (2021). *Environmental Factors Causing Stress in Avicennia marina Mangrove in Rabigh Lagoon Along the Red Sea : Based on a Multi-Approach Study*. *Frontiers in Marine Sciense*, *8*(May), 1–12. https://doi.org/10.3389/fmars.2021.646993

Andiani, A. A. E., Karang, I. W. G. A., Putra, I. N. G., & Dharmawan, I. W. E. (2021). Hubungan antar Parameter Struktur Tegakan Mangrove dalam Estimasi Simpanan Karbon *Above Ground* pada Skala Komunitas. *Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, *13*(December), 483–496. https://doi.org/10.29244/jitkt.v13i3.36363

Arlita, T., Yanti, L. A., Farida, A., Umam, A. H., Anhar, A., Maimunah, S., Samek, J. H., & Muslih, A. M. (2022). *Total carbon stock in Langsa Urban Forest , Langsa City , Aceh Province*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *951*(1), 012092. https://doi.org/10.1088/1755-1315/951/1/012092

Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). *Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. Nature Geoscience*, *4*(5), 293–297. https://doi.org/10.1038/ngeo1123

Ikhsan, H. Z., Sakya, A. T., Nufus, M., & Pertiwi, Y. A. B. (2021). *Estimation of aboveground biomass and carbon stock in a pine-mahogany mixture stands at specific purpose forest area of* Gunung Bromo, Karanganyar. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science PAPER*, *637*(01), 1–10. https://doi.org/10.1088/1755-1315/637/1/012021

Kangkuso, A., La, K. O., La, H. Y. M. O., Septiana, A., Idin, S., Syahrir, L., Rahim, S., Fajar, L. O. A., & Nadaoka, K. (2020). *Aboveground biomass , productivity and carbon sequestration in Rhizophora stylosa mangrove forest of Southeast* Sulawesi , Indonesia. *Biodiversitas*, *21*(3), 1316–1325. https://doi.org/10.13057/biodiv/d210407

Kepel, T. L., Ati, R. N. A., Rahayu, Y. P., & Adi, N. S. (2018). Pengaruh Alih Fungsi Kawasan Mangrove pada Sifat Sedimen dan Kemampuan Penyimpanan Karbon. *Kelautan Nasional*, *13*(3), 145–153. https://doi.org/10.15578/jkn.v13i3.6620

Krisnawati, H., Adinugroho, W. C., & Imanuddin, R. (2012). *Monograph Allometric Models for Estimating Tree Biomass ad Various Forest Ecosystem Types in Indonesia* (Issue July). Research and Development Center for Conservation and Rehabilitation, Forestry Research and Development Agency – Ministry of Forestry.

Maimunah, S., Hanafi, I., Subhan, Anhar, A., & Samek, J. H. (2021). *An assessment of tree biodiversity and carbon stocks in mangrove forests, Langsa City*, Aceh, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 886 (2021) 012085*. https://doi.org/10.1088/1755-1315/886/1/012085

Mardliyah, R., Ario, R., & Pribadi, R. (2019). Estimasi Simpanan Karbon Pada Ekosistem Mangrove Di Desa Pasar Banggi Dan Tireman , Kecamatan Rembang Kabupaten Rembang. *Journal Of Marine Research*, *8*(1), 62–68. https://doi.org/10.18010/jmr.v14i2.45309

Pratiwi, D., Hartoko, A., & Febrianto, S. (2023). Potensi Serapan Karbon Hutan Mangrove, Kulon Progo, Yogyakarta. *Kelautan Nasional*, *18*(2), 99–112. https://doi.org/10.15294/lifesci.v10i2.54447

Samek, J. H., Anhar, A., Siti Maimunah, & Skole, D. (2022). *Measuring forest ecosystem services in Aceh Province for inclusion to local forest resource management plans. APN Science Bulletin*, *12*(1), 90–101. https://doi.org/10.30852/sb.2022.1910

Sari, D. P., Idris, M. H., Aji, I. M. L., Anwar, H., & Kornelia Webliana B. (2024). Potensi Serapan Karbon Ekosistem Mangrove di Desa Eyat Mayang Kabupaten Lombok Barat.

AGRIFOR, *23*(1), 109–118. https://doi.org/10.31293/agrifor.v23i1

Suryono, Soenardjo, N., Wibowo, E., Ario, R., & Rozy, E. F. (2018). Estimasi Kandungan Biomassa dan Karbon di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Buletin Oseanografi Marina*, *7*(1), 1–8. https://doi.org/0.20884/1.oa.2014. 10.2.22