

Mangroves as Carbon Sequesterers: Diversity and Carbon Estimation Study in Pantai Mekar Village, Muara Gembong District, Bekasi Regency

Septian Faris Al Amin¹, Agung Yoga Pangestu¹, Yossi Dharma¹, Nurika Arum Sari¹, Oktarina Maulidia¹, Eti Artiningsih Octaviani¹, Vilda Puji Dini Anita¹, Mhd Muhajir Hasibuan^{1,4*}, Ahmad Iqbal Wahid Dimiyati^{2,4}, Shinta Nur Rahmasari^{3,4}, Ferri Agus⁴, Wardah Salimah⁴

¹Program Studi Rekayasa Kehutanan, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia;

²Program Studi Lingkungan, Universitas Terbuka, Indonesia;

³Sekolah Pascasarjana Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, IPB University, Bogor, Indonesia;

⁴Program Studi Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Bogor, Indonesia;

Article History

Received : February 04th, 2025

Revised : February 23th, 2025

Accepted : March 04th, 2025

*Corresponding Author: **Mhd Muhajir Hasibuan**, Program Studi Rekayasa Kehutanan, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia; Email:

mhd.muhajir@rh.itera.ac.id

Abstract: Mangrove forests are important for storing carbon dioxide (CO₂) and reducing the effects of climate change. Indonesia possesses 20% of the global mangrove cover, which substantially impacts global climate mitigation efforts. However, understanding of the diversity of plant species in mangrove forests remains limited, as evidenced by the high rate of conversion of mangrove areas into aquaculture ponds, resulting in mangrove degradation. Our research in Pantai Mekar Village was conducted to augment information on mangrove plant species diversity in Indonesia, specifically in Bekasi Regency. Mangrove vegetation data were collected in Pantai Mekar Village, Muara Gembong, Bekasi from 8 to 12 July 2019. Data were collected using 2x2 m (seedlings and understory), 5x5 m (saplings), and 10x10 m (trees) plots. Importance value index (INP), Shannon-Wiener species diversity, evenness, richness, and carbon stock estimation were utilized to analyze the data. The study documented 21 species from 15 families. Species from the Acanthaceae family were predominant in the study site. *Avicennia alba* was the species with the largest biomass and carbon content. The estimated biomass contained in Mekar Beach is 380.42 tonnes/Ha with carbon sequestration of 190.21/Ha.

Keywords: Biodiversity, diameter, environment.

Pendahuluan

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem pesisir penting yang menyediakan berbagai jasa ekosistem dan fungsi ekologis (Kauffman *et al.*, 2017). Jasa ekosistem tersebut meliputi penghalang alami yang melindungi wilayah pesisir dari abrasi, badai, dan tsunami (Asari *et al.*, 2021; Nur & Hilmi, 2021), habitat untuk berkembang biak, mencari makan, serta mengasuh (*nursery*) berbagai spesies ikan (Vincentius *et al.*, 2018), habitat berbagai jenis satwa liar, serta lokasi singgah

bagi burung migran, termasuk spesies burung yang dilindungi secara Nasional maupun Internasional (Azimah & Tarmiji, 2018; Hasibuan *et al.*, 2023; Hasibuan *et al.*, 2024). Dalam skala global, ekosistem mangrove dikenal karena kemampuannya untuk menyimpan dan menyerap karbon dalam jumlah besar dan secara signifikan berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim (Sidik *et al.* 2018).

Serapan karbondioksida berhubungan erat dengan biomassa pohon yang dimiliki oleh hutan mangrove. Peningkatan nilai simpanan

karbon akan berbanding lurus dengan peningkatan biomassa (Apriliana *et al.*, 2021). Konservasi hutan mangrove merupakan upaya penting untuk mempertahankan simpanan karbon.

Meskipun menyediakan berbagai jasa ekosistem yang bermanfaat bagi lingkungan dan mata pencaharian masyarakat pesisir, sebagian besar ekosistem mangrove terancam oleh faktor antropogenik dan faktor alam (Sutran *et al.*, 2023). Tingkat penyusutan mangrove mencapai 0,7%/tahun, lebih tinggi dari hutan tropis (0,5%/tahun) (Friess *et al.*, 2019; Hamilton & Casey, 2016; IPCC, 2019). Pendapat lain menambahkan hutan mangrove di Indonesia turun 10-31% (Hamilton & Friess, 2018), dengan tingkat deforestasi tahunan sebesar 0,26-0,66% (Hamilton & Casey, 2016). Penyebab utama penurunan luasan mangrove adalah alih fungsi menjadi tambak yang menyebabkan hilangnya keragaman hayati, peningkatan emisi karbon, dan berbagai masalah sosial ekonomi (Eddy *et al.*, 2021).

Jawa Barat, sebagai provinsi yang memiliki populasi manusia tertinggi di Indonesia mungkin menghadapi tekanan yang lebih besar pada kelestarian mangrove (BPS, 2020). Berdasarkan KepMenLHK No. 6636 Tahun 2024 tentang Peta Mangrove Nasional Tahun 2023 Luas Mangrove Eksisting di Jawa Barat seluas 12.205 Ha; Pantai Mekar-Bekasi menyumbang 380 Ha (3,1%) di antaranya. Luas areal mangrove yang masuk wilayah administrasi desa Pantai Mekar cukup tinggi dan berpotensi besar dalam mendukung mitigasi perubahan iklim (Maulani *et al.*, 2021). Adanya fakta bahwa terjadi penurunan beberapa luasan mangrove di Jawa Barat menjadikan kelestarian kawasan ini perlu menjadi perhatian berbagai pihak (Indrayanti *et al.*, 2015; Yuliani & Herminasari, 2017). Berlandaskan urgensi tersebut, penelitian mengenai keragaman jenis serta estimasi cadangan karbon hutan mangrove pada wilayah administratif Desa Pantai Mekar perlu untuk dilakukan guna memberikan gambaran dan pemahaman kepada berbagai pihak tentang pentingnya kelestarian kawasan mangrove.

Bahan dan Metode

Analisis vegetasi

Pengambilan data dilakukan di Desa Pantai Mekar, Muara Gembong, Bekasi (Gambar 1). Pengamatan dilakukan tanggal 8 sampai 12 Juli 2019. Pengukuran individu tumbuhan dilakukan pada tiga tingkat pertumbuhan atau stadium yaitu pohon, pancang dan semai.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Stadium pertumbuhan dikelompokkan berdasarkan ukuran sesuai kriteria Kusmana *et al.* (2008) (Tabel 1). Data vegetasi stadium pertumbuhan semai dan tumbuhan bawah diambil pada petak ukur yang berukuran 2m x 2m, stadium pancang pada petak ukur 5m x 5m, serta 10m x 10m untuk stadium pohon.

Tabel 1. Kriteria klasifikasi stadium pertumbuhan mangrove

Stadium Pertumbuhan	Kriteria
Semai dan tumbuhan bawah	Semua permudaan (dimulai dari propagul) hingga anakan yang tingginya <1,5 meter
Pancang	Permudaan yang memiliki tinggi $\geq 1,5$ meter dan diameter < 10 cm
Pohon	Semua individu yang memiliki diameter batang ≥ 10 cm

Metode analisis vegetasi yang digunakan pada penelitian merujuk pada Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) yang menggunakan metode sampel plot. Penentuan sampel dilakukan secara acak terstratifikasi (*stratified random sampling*) dengan pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling*. Data yang diambil mencakup jenis spesies, jumlah individu spesies, tinggi, dan diameter pohon. Komposisi spesies mangrove dideskripsikan dengan menghitung Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi Relatif (FR),

Dominansi Relatif (DR), Indeks Nilai Penting (INP), Indeks Keragaman Shannon – Wiener (H'), Indeks Kemerataan (E) dan Indeks Kekayaan Jenis (Dmg) dengan persamaan:

$$KR (\%) = \frac{\text{Kerapatan suatu spesies}}{\text{Kerapatan seluruh spesies}} \times 100$$

$$FR (\%) = \frac{\text{Frekuensi suatu spesies}}{\text{Frekuensi seluruh spesies}} \times 100\%$$

$$DR (\%) = \frac{\text{Dominansi suatu spesies}}{\text{Dominansi seluruh spesies}} \times 100\%$$

$$INP = KR + FR + DR$$

Keterangan :

KR = Keraparan Relatif

FR = Frekuensi Relatif

DR = Dominansi Relatif

INP = Indeks Nilai Penting

Indeks Keragaman Jenis

$$H' = -\sum Pi \cdot \ln \ln (Pi) = -\sum \left(\frac{ni}{N}\right) \ln \ln \left(\frac{ni}{N}\right)$$

Keterangan :

H' = Indeks keragaman jenis Shannon- Wiener

ni = Jumlah individu ke-i

N = Jumlah total individu

Indeks Kemerataan

$$E = \frac{H'}{\ln s}$$

Keterangan :

E = Indeks kemerataan jenis

H' = Indeks keragaman jenis Shannon- Wiener

s = Jumlah jenis

Indeks Kekayaan Jenis

$$Dmg = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Keterangan :

Dmg : Indeks Kekayaan Jenis Margalef

S = Jumlah Jenis

N = Jumlah total individu

Sedangkan pengambilan data salinitas, pH, dan suhu perairan dilakukan secara insitu.

Biomassa dan Cadangan Karbon

Biomassa dihitung menggunakan metode tanpa pemanenan (*non destructive*) melalui persamaan alometrik. Berikut adalah persamaan

alometrik yang digunakan untuk menghitung biomassa:

Tabel 2. Persamaan Alometrik

No	Spesies	Persamaan Alometrik
1	<i>Avicennia</i> sp.	B = 0.251 ρ (D) 2.46 ^{*1}
2	<i>A. marina</i>	B = 0.1848 D 2.3624 ^{*2}
3	<i>R. apiculata</i>	B = 0.043 D 2.63 ^{*3}
4	<i>R. mucronata</i>	B = 0.128 (D) 2.60 ^{*4}
5	<i>Sonneratia</i> sp.	B = 0.184 DBH 2.3524 ρ ^{*2}

Keterangan : ^{*1}Komiyama *et al.*, (2005); ^{*2}

Dharmawan & Siregar, (2008); ^{*3}Amira,

(2008); ^{*4}Fromard *et al.*, (1998).

Cadangan karbon (*carbon stock*) dapat diperkirakan dengan menghitung biomassa dengan perkiraan bahwa 50% dari total biomassa mengandung karbon (Brown, 1997). Berikut adalah rumus perhitungan cadangan karbon:

$$\text{Kandungan C (ton ha}^{-1}\text{)} = \text{Biomassa (ton ha}^{-1}\text{)} \times 0,5$$

Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung serapan gas CO₂ melalui nilai cadangan karbon (Banuwa *et al.*, 2019):

$$\text{Serapan Gas CO}_2 \text{ (ton ha}^{-1}\text{)} = \text{Kandungan C} \times \frac{\text{Mr CO}_2}{\text{Ar C}}$$

Keterangan :

Mr CO₂ = Berat Molekul CO₂ (44gr mol⁻¹)

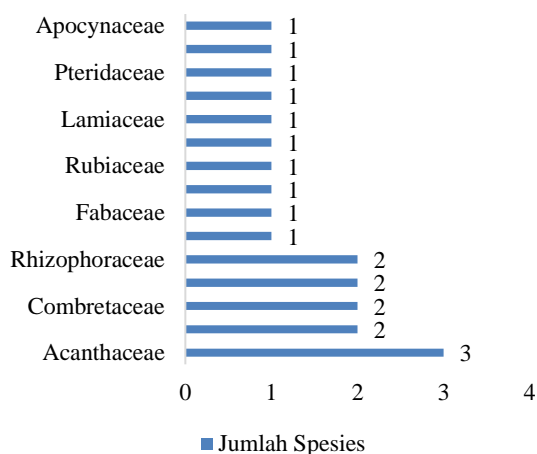
Ar C = Berat Molekul Relatif Atom (12gr mol⁻¹)

Hasil dan Pembahasan

Komposisi Jenis

Hasil analisis vegetasi menunjukkan komposisi tumbuhan yang mengisi hutan mangrove Desa Pantai Mekar diisi oleh berbagai jenis tumbuhan yang termasuk ke dalam 15 famili (Gambar 1). Jumlah spesies tumbuhan yang ditemukan tumbuh di lokasi penelitian paling banyak berasal dari famili *Acanthaceae* dengan jumlah total 3 spesies. *Acanthaceae* adalah famili yang berasal dari daerah tropis dan subtropis dengan anggota sekitar 30 spesies (Pandisamy *et al.*, 2015). Spesies dari famili *Acanthaceae* yang ditemukan di lokasi penelitian adalah *Acanthus ilicifolius*, *Avicennia alba* dan *Avicennia marina*. Ketiga spesies yang ditemukan merupakan mangrove sejati. Jenis – jenis tumbuhan mangrove sejati memiliki

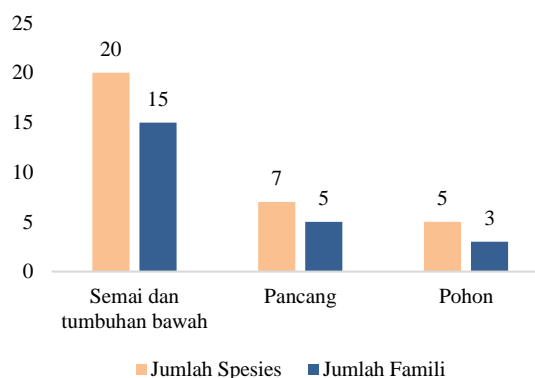
penyesuaian morfologis berupa akar napas dan mekanisme fisiologis khusus untuk mensekresikan kelebihan garam sebagai upaya adaptasi dengan lingkungan dengan kadar garam tinggi. Famili *Acanthaceae*, *Lhytraceae*, dan *Rhizophoraceae* merupakan mangrove sejati yang ditemukan tumbuh mengisi lokasi penelitian dengan total 5 spesies tumbuhan yaitu *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Sonneratia caseolaris*, *Rhizophora apiculata*, dan *Rhizophora mucronata*. Mangrove minor yang ditemukan pada penelitian ini berasal dari famili *Combretaceae*, *Euphorbiaceae* dan *Pteridaceae* dengan total 3 spesies yaitu *Lumnitzera racemose*, *Excoecaria agallocha* dan *Acrostichum aureum*.



Gambar 2. Komposisi famili tumbuhan di hutan mangrove Desa Pantai Mekar

Mangrove asosiasi yang ditemukan di lokasi penelitian di antaranya merupakan anggota famili *Asteraceae* yaitu *Wollastonia biflora* dan *Centipeda borealis*. Famili *Asteraceae* terdiri atas 217 genus dan 2.500 spesies, 46 genus dan 576 jenis dapat ditemukan di Indonesia tumbuhan palem (Wayudi *et al.*, 2014). Anggota dari famili *Asteraceae* sering dijumpai hidup dekat dengan ekosistem mangrove dan dianggap sebagai jenis tumbuhan asosiasi mangrove, yaitu jenis tumbuhan yang bukan anggota mangrove sejati dan ditemukan tumbuh di tepi habitat mangrove menuju daratan. Selain itu terdapat beberapa spesies mangrove asosiasi dengan habitus (*life form*) pohon yang ditemukan yaitu *Terminalia catappa*, *Morinda citrifolia*, dan *Cerbera manghas*. *T. catappa* umum dijumpai di hutan dataran rendah hingga daerah pesisir dengan

kondisi tanah berpasir (Amin *et al.*, 2022). *C. manghas* merupakan spesies tumbuhan yang sering dijumpai tumbuh di pesisir dekat dengan ekosistem mangrove (Putri *et al.*, 2022). *M. citrifolia* merupakan tumbuhan yang toleran terhadap kondisi kekeringan, tanah salin, dan tanah sekunder (Pandiselvi *et al.*, 2019). Oleh karena itu, tumbuhan ini ditemukan di berbagai habitat, mulai dari pantai, pegunungan hingga daerah terbuka berkapur. Gambar 2 menunjukkan jumlah jenis dan famili tumbuhan setiap stadium pertumbuhan yang ada di hutan mangrove Desa Pantai Mekar.



Gambar 3. Komposisi jenis tumbuhan pada setiap stadium pertumbuhan

Indeks Nilai Penting

Semai dan tumbuhan bawah merupakan stadium pertumbuhan dengan jumlah spesies dan famili yang paling banyak ditemukan, sedangkan pohon adalah stadium pertumbuhan dengan jumlah jenis paling sedikit ditemukan. Indeks Nilai Penting (INP) digunakan untuk mendeskripsikan komposisi jenis yang ditemukan pada setiap stadium pertumbuhan. Nilai INP tersebut digolongkan menjadi tinggi, sedang dan rendah dengan rentang $INP > 42,66\%$ tergolong tinggi, $21,96 - 42,66\%$ tergolong sedang, dan $<21,96\%$ tergolong rendah (Fachrul, 2012). Adapun hasil analisis INP dengan stadium pertumbuhan pohon dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Indeks Nilai Penting (INP) pada stadium pertumbuhan pohon

Nama Spesies	KR	FR	DR	INP
<i>A. alba</i>	68.00	50.00	48.07	166.07
<i>A. marina</i>	18.00	27.78	17.72	63.50
<i>R. apiculata</i>	6.00	11.11	10.30	27.41
<i>S. caseolaris</i>	7.33	9.26	14.73	31.32
<i>R. mucronata</i>	0.67	1.85	9.18	11.70

Nilai INP jenis tumbuhan *A. alba* pada stadium pertumbuhan pohon memiliki nilai yang paling besar yaitu 166,07. Nilai INP yang tinggi menunjukkan menunjukkan bahwa jenis tersebut adalah jenis yang paling sering ditemukan dan mendominasi lokasi hutan mangrove Desa Pantai Mekar. Kualitas perairan berpengaruh terhadap kondisi kesehatan mangrove, termasuk didalamnya perubahan salinitas, suhu, pH, dan oksigen terlarut (Schaduw, 2018). Kondisi lingkungan tersebut hanya dapat dikolonisasi oleh tumbuhan mangrove yang secara alami memiliki penyesuaian morfologis, biologis, ekologis, dan fisiologis yang telah berkembang untuk mempertahankan hidup pada kondisi lingkungan yang ekstrem. Hal ini ditunjukkan dengan jenis mangrove saja yang mampu tumbuh dan berkembang hingga mencapai stadium pertumbuhan pohon. Pancang merupakan stadium pertumbuhan selain pohon yang mengisi lokasi penelitian. Tabel 4 menunjukkan nilai INP pada stadium pertumbuhan pancang.

Tabel 4. Indeks Nilai Penting (INP) pada stadium pertumbuhan pancang

Nama Spesies	KR	FR	INP
<i>A. alba</i>	45.00	37.08	82.08
<i>A. marina</i>	35.00	30.34	65.34
<i>R. apiculata</i>	13.54	11.24	24.78
<i>R. mucronata</i>	4.79	15.73	20.52
<i>Excoecaria agallocha</i>	0.83	2.25	3.08
<i>S. caseolaris</i>	0.63	2.25	2.87
<i>Lumnitzera racemosa</i>	0.21	1.12	1.33

Stadium pertumbuhan pancang diisi oleh jenis tumbuhan mangrove mayor sebanyak lima jenis dan mangrove minor sebanyak dua jenis. Tumbuhan pada stadium pertumbuhan pancang yang memiliki nilai INP terbesar adalah *A. Alba* dengan nilai 82.08%. *A. alba* adalah jenis mangrove mayor, yaitu tumbuhan mangrove sejati yang memiliki mekanisme adaptasi spesifik pada habitat mangrove dan mampu membentuk tegakan murni. Sedangkan nilai INP terendah adalah jenis *L. racemosa* sebesar 1.33%. Jenis ini termasuk kedalam kelompok mangrove minor, yaitu tumbuhan mangrove yang tidak dapat mendominasi dan membentuk tegakan murni.

Jenis tumbuhan pada stadium pertumbuhan semai dan tumbuhan bawah yang ditemukan di lokasi penelitian tercatat sebanyak 20 jenis tumbuhan, lima diantaranya adalah jenis

tumbuhan yang termasuk kedalam kelompok mangrove mayor. Sifat benih *A. alba*, penyebaran, dan regenerasi alami menjadi faktor penting dalam menentukan kelangsungan populasi di habitatnya.

Tabel 5. Indeks Nilai Penting (INP) pada stadium pertumbuhan semai dan tumbuhan bawah

Nama Spesies	KR	FR	INP
<i>A. alba</i>	57.98	24.04	82.01
<i>A. marina</i>	28.74	24.04	52.78
<i>R. mucronata</i>	3.65	13.46	17.12
<i>R. apiculata</i>	3.16	13.46	16.62
<i>Sesuvium portulacastrum</i>	2.67	2.88	5.56
<i>S. caseolaris</i>	0.77	2.88	3.66
<i>Acrostichum aureum</i>	0.21	2.88	3.10
<i>M. citrifolia</i>	0.84	1.92	2.77
<i>Acanthus ilicifolius</i>	0.35	1.92	2.27
<i>Cyperus javanicus</i>	0.28	1.92	2.20
<i>Volkameria inermis</i>	0.14	1.92	2.06
<i>Bulbostylus sp.</i>	0.28	0.96	1.24
<i>Wollastonia biflora</i>	0.21	0.96	1.17
<i>C. manghas</i>	0.21	0.96	1.17
<i>E. agallocha</i>	0.14	0.96	1.10
<i>T. catappa</i>	0.07	0.96	1.03
<i>Derris trifoliata</i>	0.07	0.96	1.03
<i>Passiflora foetida</i>	0.07	0.96	1.03
<i>Centipeda borealis</i>	0.07	0.96	1.03
<i>Alternanthera sessilis</i>	0.07	0.96	1.03

Tabel 6. Nilai INP tertinggi setiap stadium pertumbuhan

Stadium Pertumbuhan	Nama Spesies	INP
Pohon	<i>A. alba</i>	166.07
	<i>A. marina</i>	63.50
	<i>R.apiculata</i>	27.41
Pancang	<i>A. alba</i>	82.08
	<i>A. marina</i>	65.34
	<i>R.apiculata</i>	24.78
Semai	<i>A. alba</i>	82.01
	<i>A. marina</i>	52.78
	<i>R.mucronata</i>	17.12

Indeks Nilai Penting (INP) dapat memberikan gambaran bagaimana penguasaan dan peran jenis tumbuhan tertentu dalam sebuah masyarakat tumbuhan. Perhitungan Indeks Nilai Penting (INP) pada tiga stadium pertumbuhan menunjukkan bahwa spesies *A. alba* memiliki nilai INP yang paling besar pada seluruh stadium pertumbuhan. Hal ini menunjukkan bahwa jenis *A. alba* merupakan jenis penting yang ditemukan

mendominasi hutan mangrove di Desa Pantai Mekar.

Parameter Lingkungan

Jenis *A. alba* mampu mendominasi di lokasi penelitian disebabkan oleh kondisi lingkungan yang sesuai dengan karakteristik tempat tumbuhnya. Tabel 7 menunjukkan hasil pengukuran parameter lingkungan pada lokasi pengamatan.

Tabel 7. Hasil pengukuran parameter lingkungan

Parameter	Stasiun 1			Stasiun 2		
	A	B	C	D	E	F
Suhu(°C)	30	29	29	31	32	32
Salinitas(ppt)	34	34	34	31	32	32
pH	7	7	7	7	7	7

Mangrove dapat tumbuh dalam berbagai kondisi lingkungan yang dipengaruhi oleh sungai, pasang surut, gelombang, atau endapan karbonat. Namun meskipun memiliki kemampuan beradaptasi terhadap perubahan lingkungan, pertumbuhan mangrove tetap bergantung pada faktor fisik yang mendukungnya (Alongi, 2016). Parameter lingkungan sebagai faktor fisik yang diamati menunjukkan bahwa pada beberapa titik pengambilan sampel hutan mangrove di Desa Pantai Mekar memiliki suhu 29 °C – 32 °C, dengan nilai salinitas air 31 ppt – 34 ppt dan pH air 7 (netral).

Salah satu jenis mangrove yang mengisi zona depan dan mampu bertahan pada kondisi lingkungan dengan salinitas tinggi adalah *A. alba*. Genus *Avicennia* merupakan salah satu genus mangrove yang dapat mengatasi cekaman salinitas melalui mekanisme *salt excretion*. Mekanisme adaptasi *salt excretion* adalah kemampuan untuk mengeluarkan garam melalui kelenjar khusus yang terletak pada daun, meskipun demikian jenis ini tetap mencegah 90% garam terangkut dalam proses penyerapan air yang disebut dengan *ultra-filtration* (Rao *et al.*, 2022). Genus *Avicennia* sendiri dapat hidup pada kadar salinitas mencapai 30 ppt (Harnani & Titah, 2017).

Keragaman Jenis

Nilai keragaman jenis dianalisis dengan menghitung indeks keragaman jenis Shannon-Wiener (H'). Indeks Shannon-Wiener

merupakan indeks yang digunakan untuk menunjukkan keragaman dan kestabilan ekosistem (Rozak *et al.*, 2020). Secara berturut-turut indeks keragaman stadium pertumbuhan semai, pancang, dan pohon ialah 1.83, 1.38, dan 1.24 (Tabel 8). Indeks keragaman jenis yang dimiliki oleh stadium pertumbuhan semai memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan stadium pertumbuhan lainnya.

Tabel 8. Indeks keragaman, kekayaan dan pemerataan setiap stadium pertumbuhan

Stadium pertumbuhan	Indeks		
	H'	Dmg	E
Semai	1.83	2.62	0.61
Pancang	1.38	0.97	0.71
Pohon	1.24	0.70	0.77

Pancang dan pohon merupakan stadium pertumbuhan dengan nilai indeks kekayaan jenis yang tergolong rendah, yaitu berturut-turut sebesar 0.97 dan 0.70 ($D < 2.5$), sedangkan nilai indeks kekayaan jenis sedang pada stadium pertumbuhan semai dengan nilai Dmg sebesar 2.62 ($2.5 > D > 1$). Nilai indeks kekayaan jenis menunjukkan kuantitas jenis pada suatu komunitas. Nilai kekayaan jenis semai yang lebih tinggi dibandingkan dengan stadium pertumbuhan pancang dan pohon menunjukkan bahwa jumlah jenis pada stadium pertumbuhan semai lebih banyak dibandingkan stadium pertumbuhan pancang dan pohon. Jenis tumbuhan yang mengisi stadium pertumbuhan semai dan tumbuhan bawah sebagian besar adalah mangrove asosiasi.

Indeks pemerataan (E) menunjukkan tingkat pemerataan kelimpahan individu antar spesies. Nilai Indeks pemerataan tergolong tinggi pada setiap stadium pertumbuhan ($E > 0.6$). Hal tersebut menjadi gambaran distribusi jenis tumbuhan pada seluruh stadium pertumbuhan merata di seluruh lokasi penelitian. Indeks pemerataan akan memiliki nilai tinggi apabila tidak ada konsentrasi atau pengelompokan pada suatu jenis tertentu.

Estimasi Serapan Karbon

Mangrove sebagai tumbuhan hijau memiliki kemampuan menyimpan karbon dalam biomassa melalui proses fotosintesis. Menurut Lestari *et al.* (2023) kemampuan hutan mangrove dalam menyimpan karbon dari tiga kali lipat

lebih besar jika dibandingkan dengan hutan tropis *terrestrial*. Proses penyerapan karbon pada hutan mangrove berkaitan erat dengan proses sekuestrasi, yaitu karbon dari atmosfer diserap dan disimpan dalam struktur biomassa tumbuhan. Biomassa ini mencakup materi organik yang tersimpan dalam batang, daun, cabang, dan akar.

Tumbuhan mangrove menyerap karbondioksida (CO₂) dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan mengubahnya menjadi biomassa. Hutan mangrove memiliki kemampuan menyimpan cadangan karbon dalam kuantitas yang signifikan dengan estimasi mencapai 1.023 MgC per hektar yang tersebar di biomassa atas permukaan, akar dan sedimen (Donato *et al.*, 2011). Selain itu studi oleh (Hamilton & Friess, 2018) mengungkapkan bahwa luas hutan mangrove diperkirakan hanya sekitar 0,7 % dari total luas hutan tropis dunia, tetapi ekosistem mangrove menyimpan sekitar 2,5% dari total karbon hutan tropis. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemampuan hutan mangrove menyimpan karbon lebih tinggi dibanding dengan ekosistem hutan lainnya.

Biomassa hutan mangrove dihitung menggunakan pendekatan persamaan alometrik sesuai dengan spesies mangrove yang ditemukan. Persamaan dari (Komiyama *et al.*, 2005) digunakan untuk *A. alba*, sedangkan Dharmawan & Siregar (2008) untuk *A. marina* dan *S. caseolaris*. Amira (2008) menerapkan persamaan untuk *R. apiculata*, dan Fromard *et al.* (1998) untuk *R. mucronata*. Pendugaan biomassa dilakukan untuk menghitung estimasi cadangan karbon vegetasi mangrove di lokasi penelitian. Nilai diameter batang pohon pada ketinggian dada atau diameter *at breast height* (DBH) digunakan sebagai variabel bebas dalam persamaan alometrik untuk menduga biomassa pohon sebagai variabel terikat. Metode ini efektif karena hubungan linier yang kuat antara DBH dan biomassa, sehingga menghasilkan estimasi karbon dengan akurasi tinggi (Kauffman & Donato, 2012). Metode ini juga banyak diterapkan untuk menghitung stok karbon di ekosistem mangrove tropis seperti di Indonesia. Cadangan karbon yang disimpan oleh ekosistem mangrove memiliki fungsi strategis dalam mitigasi perubahan iklim (Hutchison *et al.*, 2014).

Tabel 9. Biomassa dan karbon pada stadium pohon

Nama	Rerata diameter (cm)	Biomassa (ton ha ⁻¹)	Karbon (ton ha ⁻¹)
<i>A. alba</i>	18,02	160,29	80,14
<i>A. marina</i>	13,30	83,49	41,74
<i>R. mucronata</i>	10,19	53,53	26,76
<i>S. caseolaris</i>	10,77	49,37	24,69
<i>R. apiculata</i>	12,61	33,75	16,87
Total		380,42	190,21

Hasil perhitungan menggunakan persamaan alometrik pada masing masing spesies pohon (Tabel 9), menunjukkan bahwa biomassa dan cadangan karbon terbesar dimiliki oleh jenis *A. alba*. Hal tersebut disebabkan oleh rata – rata diameter yang dimiliki oleh jenis *A. alba* lebih besar dibandingkan dengan jenis mangrove yang lain di lokasi penelitian. Spesies yang mempunyai nilai diameter terbesar ketiga yaitu *R. apiculata* menempati urutan terendah biomassa, hal tersebut dikarenakan nilai persamaan alometrik pada *R. apiculata* lebih kecil dibandingkan mangrove yang lain. Namun menurut (Kusmana *et al.*, 1992) beberapa faktor yang berpengaruh terhadap besarnya biomassa adalah karakter fisik tanaman (diameter, tinggi tanaman, dan kerapatan kayu) dan faktor lingkungan yaitu kesuburan tanah. Pendapat ini didukung oleh (Adinugroho & Sidiyasa, 2006) bahwa biomassa pada bagian tumbuhan akan bertambah secara proporsional seiring pertambahan nilai diameter tumbuhan, sehingga nilai biomassa mempunyai hubungan dengan diameter pohon.

Kesimpulan

Hutan mangrove Desa Pantai Mekar diisi oleh tumbuhan yang berasal dari lima belas (15) famili, tiga famili diantaranya merupakan kelompok mangrove mayor. *A. Alba* merupakan jenis mangrove yang mendominasi tiga stadium yaitu semai, pancang dan pohon dan memiliki biomassa serta karbon terbesar di hutan mangrove Desa Pantai Mekar.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada CARE LPPM IPB dan PT PERTAMINA

PERSERO yang telah memfasilitasi terjadinya penelitian ini. Selanjutnya penulis juga menyampaikan terima kasih dan apresiasi kepada masyarakat muara gembong dan seluruh pihak yang terlibat membantu pengambilan data di lapangan.

Referensi

- Adinugroho, W. C., & Sidiyasa, K. (2006). Model pendugaan biomassa pohon mahoni (*Swietenia macrophylla* King) diatas permukaan tanah. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam* 3(1): 103–117. <https://doi.org/10.20886/jphka.2006.3.1.103-117>.
- Alongi, D. M. (2016). Climate Regulation by Capturing Carbon in Mangroves. In Finlayson, C.M., Everard, M., Irvine, K., McInnes, R.J., Middleton, B.A., Van Dam, A.A., & Davidson, N.C. (Eds.), *The Wetland Book: I: Structure and Function, Management and Methods* (pp. 1–7). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6172-8_236-5.
- Amin, S. F. A., Mansur, I., Pamoengkas, P., & Yusmur, A. (2022). Germination Test of Two Different Types of Seed to Accelerate Reclamation and Rehabilitation of Ex-limestone Mining Land. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 959(1): 012050. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/959/1/012050>.
- Amira, S. (2008). Pendugaan biomassa jenis *Rhizophora apiculata* Bl. di hutan mangrove Batu Ampar kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat [Skripsi]. Bogor : IPB University. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/50332>.
- Apriliana, W. I., Purwanti F., & Latifah. (2021). Estimasi Kandungan Biomassa dan Simpanan Karbon Hutan Mangrove, Mangunharjo, Semarang. *Life Science* 10(2): 162–172. <https://doi.org/10.15294/lifesci.v10i2.54447>
- Asari, N., Suratma, M. N., Ayob, N. A. M., & Hamid, N. H. A. (2021). Mangrove as a natural barrier to environmental risks and coastal protection. *Mangroves: Ecology, Biodiversity and Management* 13: 305–322. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2494-0_13.
- Azimah, A. R., & Tarmiji, M. (2018). Habitat requirements of migratory birds in the Matang Mangrove Forest Reserve, Perak. *Journal of Tropical Forest Science* 30 (3): 304–311. <https://doi.org/10.26525/jtfs2018.30.3.304311>.
- Banuwa, I. S., Afriliyanti, R., Utomo, M., Yusnaini, S., Riniarti, M., Sanjaya, P., Suroso, E., & Hidayat, W. (2019). Short communication: Estimation of the above- and below-ground carbon stocks in university of lampung, Indonesia. *Biodiversitas* 20(3): 676–681. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200309>
- [BPS] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat. (2020). Penduduk Provinsi Jawa Barat: Hasil Long Form Sensus Penduduk 2020. <https://jabar.bps.go.id/id/publication/2023/07/14/ca1e6b5a199432efc8a1da2b/penduduk-provinsi-jawa-barat-hasil-long-form-sensus-penduduk-2020.html>.
- Brown, S. (1997). Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: A Primer. *FAO Forestry Paper* ed. 134. <https://www.fao.org/4/w4095e/w4095e00.htm>.
- Dharmawan, I., & Siregar, C. (2008). Karbon tanah dan pendugaan karbon tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. Di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam* 5: 317–328. <https://doi.org/10.20886/jphka.2008.5.4.317-328>.
- 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>.
- Eddy, S., Milantara, N., Sasmito, S. D., Kajita, T. (2021). Anthropogenic drivers of mangrove loss and associated carbon emissions in South Sumatra, Indonesia. *Forest* 12(187): 1–14. <https://doi.org/10.3390/f12020187>.
- Fachrul, M. F. (2012). *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta: Bumi Aksara. ISBN:

- 979-979-010-965-7.
<https://books.google.co.id/books?id=gVOAtQEACAAJ>.
- Friess, D. A., Rogers, K., Lovelock, C. E., Krauss, K. W., Hamilton, S. E., Lee, S. Y., Lucas, R., Primavera, J., Rajkaran, A., Shi, S. (2019). The state of the world's mangrove forests: Past, present, and future. *Annual Review of Environment and Resources* 44: 89–115. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101718-033302>.
- Fromard, F., Puig, H., Mougin, E., Marty, G., Betoulle, J. L., & Cadamuro, L. (1998). Structure, above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: New data from French Guiana. *Oecologia* 115: 39–53. <http://www.jstor.org/stable/4221977>
- Hamilton, S. E., & Casey, D. (2016). Creation of a high spatio-temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21st century (CGMFC-21). *Global Ecology and Biogeography* 25(6): 729–738. <https://doi.org/10.1111/geb.12449>.
- Hamilton, S. E., & Friess, D. A. (2018). Global carbon stocks and potential emissions due to mangrove deforestation from 2000 to 2012. *Nature Climate Change* 8(3): 240–244. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0090-4>.
- Harnani, B. R. D., & Titah, H. S. (2017). Kemampuan *Avicennia Alba* untuk Menurunkan Konsentrasi Tembaga (Cu) di Muara Sungai Wonorejo, Surabaya. *Jurnal Teknik ITS* 6(2): F218-F222. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.23855>.
- Hasibuan, M. M., Arum, N., Khoryfatul, S., Mohammad, M., Dwiputra, A., Dimas, R., Alfian, P., Adirama, Z., Oktaryan, A., Oka, Z., Witjaya, R., Rianingsih, F., Nainggolan, P. M., Saputra, A., Bambang, A. P., & Hamdani, S. (2024). *Kawasan Ekowisata Mangrove Cuku Nyinyi; Langkah Menuju Pemberdayaan Berkelanjutan*. Itera Press, Lampung Selatan. ISBN: 978-623-8472-85-7.
- Hasibuan, M. M., Sari, N. A., Dwiputra, M. A., Permana, R. D., Rianingsih, F., Adirama, A. Z., Witjaya, O. R., Zamili, A. O., Nainggolan, P. M., Aryawan, A., Purnomo, A., Sudarsono, B., Hamdani, & Alfajrin, A. C. A. (2023). Keragaman Jenis Mamalia di Kawasan Ekowisata Mangrove Cukunyinyi Kabupaten Pesawaran. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi* 3(4): 194-205. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v3i4.210>.
- Hutchison, J., Manica, A., Swetnam, R., Balmford, A., & Spalding, M. (2014). Predicting Global Patterns in Mangrove Forest Biomass. *Conservation Letters* 7(3): 233–240. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/conl.12060>.
- Indrayanti, M. D., Fahrudin, A., & Setiobudiandi, I. (2015). Penilaian jasa ekosistem mangrove di Teluk Blanakan Kabupaten Subang. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 20(2): 91-96. <https://doi.org/10.18343/jipi.20.2.91>.
- [IPCC] The Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). *The 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Bangkok: IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>.
- Kauffman, J. B., Arifanti, V. B., Hernández, T. H., delCarmen, J. G. M., Norfolk, J., Cifuentes, M., Hadriyanto, D., Murdiyarso, D. (2017). The jumbo carbon footprint of a shrimp: carbon losses from mangrove deforestation. *Frontiers in Ecology and the Environment* 15(4): 183–188. <https://doi.org/10.1002/fee.1482>.
- Kauffman, J. B., & Donato, D. C. (2012). *Protocols for the Measurement, Monitoring and Reporting of Structure, Biomass and Carbon Stocks in Mangrove Forests*. Center for International Forestry Research, Bogor. <https://doi.org/10.17528/cifor/003749>.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2024). *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6636 Tahun 2024 tentang Peta Mangroves Nasional Tahun 2023*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Komiyama, A., Pongparn, S., & Kato, S. (2005). Common Allometric Equations for

- Estimating the Tree Weight of Mangroves. *Journal of Tropical Ecology* 21(4): 471–477. <http://www.jstor.org/stable/4092025>.
- Kusmana, C., Sabiham, S., Abe, K., & Watanabe, H. (1992). An Estimation of Above Ground Tree Biomass of a Mangrove Forest in East Sumatra, Indonesia. *Tropics* 1: 243–257. <https://doi.org/10.3759/tropics.1.243>.
- Kusmana, C., Istomo, Wibowo, C., Budi, S. W., Siregar, I. Z., Tiryana, T., & Sukardjo, S. 2008. *Manual Silvikultur Mangrove di Indonesia*. Jakarta: Korea International Cooperation Agency (KOICA).
- Lestari, F., Azizah, D., Putra, R. L., Febriansyah, P., Zakia, R., Tobing, B. L., Noordianto, M. H., & Rahinanto, B. D. (2023). Estimated Carbon Stock In The Mangrove Sylvo-Ecotourism Area, Tanjung Piayu Village, Sei Beduk District, Batam Island, Indonesia. *BIO Web of Conferences* 70: 03015. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237003015>.
- Maulani, A., Taufiq-SPJ, N., & Pratikto, I. (2021). Perubahan Lahan Mangrove di Pesisir Muara Gembong, Bekasi, Jawa Barat. *Journal of Marine Research* 10(1): 55–63. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i1.28396>.
- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley and Sons, New Jersey. ISBN: 1-930665-73-3. <https://doi.org/10.2307/213332>.
- Nur, S. H., & Hilmi, E. (2021). The correlation between mangrove ecosystem with shoreline change in Indramayu coast. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 819: 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/819/1/012015>.
- Pandisamy, R., Saxena, A., Mohan, P. M., Jayaraj, R., & Ravichandran, K. (2015). Taxonomy and distribution of species of the genus *Acanthus* (Acanthaceae) in mangroves of the Andaman and Nicobar Islands, India. *Biodiversitas* 16: 225–237. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d160218>.
- Pandiselvi, P., Manohar, M., Thaila, M., & Sudha, A. (2019). Pharmacological Activity Of *Morinda citrifolia* L (Noni). In *Pharmacological Benefits of Natural Products 1st Ed.* pp. 213–237. India: JPS Scientific Publications. ISBN: 978-81-934054-2-0.
- Putri, S, E., Dharmono, & Irianti, R. (2022). Kajian etnobotani *cerbera manghas* (Bintaro) pada masyarakat Dayak Bakumpai Desa Bagus Kabupaten Barito Kuala sebagai buku ilmiah populer. *JUPEIS: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial* 1(4): 139-152. <https://doi.org/10.57218/jupeis.Vol1.Iss4.293>.
- Rao, K. J., Manjula, R. R., Suneetha, J., & Reddi, S. T. (2022). Mangroves: Biodiversity, Livelihoods and Conservation. In Das, S.S., Thammineni, P., & Ashton E.C. (Eds.), *Mangroves: Biodiversity, Livelihoods and Conservation* (pp. 1–609). Springer Nature, Singapura. ISBN: 978-981-19-0519-3. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-0519-3>.
- Rozak, A. H., Astutik, S., Mutaqien, Z., Sulistyawati, E., & Widyatmoko, D. (2020). Efektivitas Penggunaan Tiga Indeks Keanekaragaman Pohon dalam Analisis Komunitas Hutan: Studi Kasus di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Indonesia. *Jurnal Penelitian Sosial Dan Ekonomi Kehutanan* 17(1): 35–47. <https://doi.org/10.20886/jphka.2020.17.1.35-47>.
- Schaduw, J. N. (2018). Distribusi Dan Karakteristik Kualitas Perairan Ekosistem Mangrove Pulau Kecil Taman Nasional Bunaken. *Majalah Geografi Indonesia* 32(1): 40-49. <https://doi.org/10.22146/mgi.32204>.
- Sidik, F., Supriyanto, B., Krisnawati, H., Muttaqin, M.Z. (2018). Mangrove Conservation for Climate Change Mitigation in Indonesia. *WIREs Clim. Chang.* 9(5): E529. <https://doi.org/10.1002/wcc.529>.
- Sutran, S., Suryanti, A., & Zulfikar, A. (2023). Indeks Antropogenik Mangrove di Kota Tanjungpinang, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Akuatiklestari* 7(1): 44-51. <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v7i1.6236>.

- Vincentius, A., Nessa, M. N., Jompa, J., Saru, A., Nurdin, N., Rani, C. (2018). Influential factors analysis towards mangrove cover and production of demersal fish in Maumere Bay, Indonesia. *AACL Bioflux* 11(3): 810–822. <http://www.bioflux.com.ro/aac1>.
- Wayudi A, H., Ratnasari, D., Wati N, M., & Santoso M, A. (2014). Inventory of Arecaceae in Irenggolo Waterfall Kediri. In Karyanto, P., Ramli, M., Puspita, D.S., Widoretno, S., Maridi, Suciati, Sugiharto, & Fatmawati (Eds.), *Biologi, Sains, Lingkungan, Dan Pembelajarannya : Seminar Nasional XI Pendidikan Biologi FKIP UNS* (pp. 344–348). Universitas Sebelas Maret. <https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/view/7750>.
- Yuliani, S., & Herminasari, N. S. (2017). Partisipasi masyarakat dalam pengelolaan hutan mangrove di desa segarajaya, kecamatan tarumajaya kabupaten Bekasi. *JGG- Jurnal Green Growth dan Manajemen Lingkungan*, 6(2): 42-53. <https://doi.org/10.21009/jgg.062.04>.