



Kondisi dan cadangan karbon ekosistem mangrove di Distrik Sorong Timur Kota Sorong [Condition and carbon reserves of mangrove ecosystems in East Sorong Distrik, Sorong City]

Fataha Ilyas Hasan^{1*}, Ita Junita Puspa Dewi¹, I Nyoman Suyasa¹, Roger R. Tabalessy²

¹ Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Politeknik Ahli Usaha Perikanan. Jln. AUP Raya No. 1 Pasar Minggu, Jakarta Selatan, Indonesia

² Program Studi Perikanan, Universitas Kristen Papua Sorong. Jln. F. Kalasat, Malanu, Sorong Utara, Kota Sorong, Indonesia

ABSTRACT | Mangrove is an important coastal ecosystem whose presence influences the productivity of other ecosystems, such as seagrass beds and coral reefs. This study was conducted in the East Sorong District from October 2023 to January 2024, aiming to determine the species, abundance, density, dominance, frequency, importance value, biomass, and carbon storage of mangroves. Samples were taken from three locations using the Point Centered Quarter method. The geographic coordinates of Location I are 0°55'2.1" S and 131°17'35.94" E, Location II at 0°55'22.86" S and 131°17'38.16" E, and Location III at 0°54'57.96" S and 131°18'11.11" E. Materials used in the study included mangrove vegetation, aquades, and tissue. The results showed 104 individual trees from three mangrove species: *Rhizophora apiculata* (66 trees), *Rhizophora mocrunata* (17 trees), and *Bruguiera gymnorrhiza* (21 trees). The total density was 0.0693 ind/m², frequency was 1.433 ind/m², and dominance was 40.581 ind/m². The average importance value index for each species was: *Rhizophora apiculata* (190.184%), *Bruguiera gymnorrhiza* (60.607%), and *Rhizophora mocrunata* (49.209%). The total biomass was 463.11 tons/ha, with carbon content of 217.66 tonsC/ha and CO₂ sequestration of 798.82 tonsCO₂/ha. Water quality parameters were within the acceptable standards for seawater quality.

Key words | Biomass, carbon, East Sorong District, mangrove ecosystem, INP, *Rhizophora apiculata*

ABSTRAK | Mangrove adalah ekosistem pesisir yang penting, yang keberadaannya mempengaruhi produktivitas ekosistem lain seperti padang lamun dan terumbu karang. Penelitian ini dilakukan di Distrik Sorong Timur pada Oktober 2023 hingga Januari 2024, bertujuan untuk mengetahui jenis, jumlah, kepadatan, dominasi, frekuensi, nilai penting, biomassa, dan cadangan karbon mangrove. Pengambilan sampel dilakukan di tiga lokasi dengan metode Point Centered Quarter. Letak geografis lokasi I dengan 0°55'2,1" LS dan 131°17'35,94" BT, lokasi II 0°55'22,86" LS dan 131°17'38,16" BT dan lokasi III 0°54'57,96" LS dan 131°18'11,11" BT. Bahan yang digunakan yaitu vegetasi mangrove, aquades dan tisu. Hasilnya, ditemukan 104 individu pohon dari tiga jenis mangrove: *Rhizophora apiculata* (66 pohon), *Rhizophora mocrunata* (17 pohon), dan *Bruguiera gymnorrhiza* (21 pohon). Kepadatan total 0,0693 ind/m², frekuensi 1,433 ind/m², dan dominasi 40,581 ind/m². Indeks nilai penting rata-rata untuk masing-masing jenis adalah: *Rhizophora apiculata* (190,184%), *Bruguiera gymnorrhiza* (60,607%), dan *Rhizophora mocrunata* (49,209%). Biomassa total sebesar 463,11 ton/ha dengan kandungan karbon 217,66 tonC/ha, serta serapan CO₂ 798,82 tonCO₂/ha. Kualitas air menunjukkan parameter yang sesuai dengan baku mutu laut.

Kata kunci | Biomassa, Distrik Sorong Timur, ekosistem mangrove, INP, karbon, *Rhizophora apiculata*

Received | 24 Oktober 2024, **Accepted** | 20 November 2024, **Published** | 30 November 2024.

***Koresponden** | Fataha Ilyas Hasan, Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Politeknik Ahli Usaha Perikanan. Jln. AUP Raya No. 1 Pasar Minggu, Jakarta Selatan, Indonesia. **Email:** fataha123@polikpsorong.ac.id.

Kutipan | Hasan, F.I., Dewi, I.J.P., Suyasa, I.N., Tabalessy, R.R. (2024). Kondisi dan cadangan karbon ekosistem mangrove di Distrik Sorong Timur Kota Sorong. *Arwana: Jurnal Ilmiah Program Studi Perairan*, 6(2), 197-208.

p-ISSN (Media Cetak) | 2657-0254

e-ISSN (Media Online) | 2797-3530



© 2024 Oleh authors. [Arwana: Jurnal Ilmiah Program Studi Perairan](#). Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](#).

PENDAHULUAN

Mangrove merupakan suatu ekosistem yang sangat unik, hal ini disebabkan luasnya hanya 2% dari permukaan bumi. Menurut (KLHK, 2021) Indonesia mempunyai luas ekosistem mangrove sebesar

3.364.080 ha atau 20.37% dari luas ekosistem mangrove dunia. Indonesia mempunyai luas tutupan ekosistem mangrove sebesar 26 – 29% dari mangrove dunia, dengan tingkat kerusakan sebesar 0,26 – 0,66% per tahunnya (Hamilton & Casey, 2016).

Menurut Van Zanten *et al.*, (2021) sekitar 20% mangrove hidup di Indonesia, serta memiliki ekosistem mangrove terbesar di dunia. Berdasarkan Laporan Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Mamberamo tahun 2006, Papua Barat memiliki luas ekosistem mangrove sebesar 438.252,70 ha, sementara luas ekosistem mangrove Kota Sorong 2.431,05 ha dengan tingkat kekritisannya 73,48 ha (3,02 %) (Pemerintah Provinsi Papua Barat, 2009). Mangrove Kota Sorong merupakan kawasan yang mengalami kerusakan atau penurunan dari segi luas tutupannya, berdasarkan data Status Lingkungan Hidup Daerah (SLDH) Papua Barat pada tahun 2019 luas tutupan mangrove sebesar 2.245 ha (Langsa *et al.*, 2020). Distrik Sorong Timur memiliki luas wilayah 13.534 km², dengan luas ekosistem mangrove sebesar 542 km² (40.04%) dari total luasannya (Sutiono *et al.*, 2019).

Ekosistem mangrove merupakan sumber daya alam tropis yang memberikan banyak manfaat baik dari segi ekonomi, social dan lingkungan. Berbeda dengan ekosistem daratan, ekosistem mangrove memiliki habitat yang lebih terspesialisasi karena interaksi yang kompleks dan rumit antar komponen ekosistemnya. Ekosistem mangrove merupakan suatu ekosistem khas yang tumbuh terutama pada wilayah pesisir seperti daerah pasang surut, lumpur bergaram, serta termasuk muara sungai di sepanjang pantai daerah tropis dan subtropis (Nababan *et al.*, 2016; Halimatusa'diyah *et al.*, 2022). Dilihat dari letak habitatnya, mangrove memiliki ketersediaan sumber daya alam dan produktivitas tinggi serta keanekaragaman hayati yang dapat tumbuh pada daerah peralihan antara laut dan darat (Handayani & Hewindati, 2019; Hasan *et al.*, 2022).

Mangrove merupakan ekosistem kompleks yang terdiri dari tumbuhan dan hewan pesisir yang hidup secara bersamaan di habitat darat dan laut antara batas pasang dan surut. Selain berfungsi sebagai penyangga (perisai alami), ekosistem mangrove melindungi garis pantai dari erosi, gelombang laut dan angin topan, serta menghilangkan endapan material dari daratan yang terbawa oleh air sungai. Interaksi ekologi mengungkapkan adanya keterkaitan antara berbagai komponen ekosistem pesisir yang mempengaruhi ketersediaan dan kualitas jasa ekosistem bagi kesejahteraan manusia (Bimrah *et al.*, 2022).

Rusaknya ekosistem mangrove akibat alih fungsi lahan menjadi kawasan budidaya perikanan atau

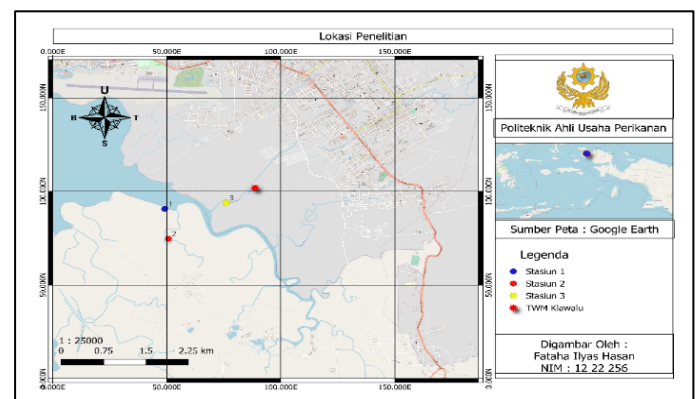
reklamasi lahan pantai untuk pemukiman yang menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan pesisir (Zurba, 2017). Menurut Tabalessy, (2023) sumber daya ekosistem mangrove Kota Sorong berisiko rusak jika disalah gunakan tanpa mempertimbangkan kelestarian ekosistem itu sendiri, sehingga diperlukan tata kelola ekosistem mangrove yang tepat agar dapat digunakan secara terus - menerus. Kondisi ekosistem mangrove Distrik Sorong Timur semakin memburuk akibat meningkatnya pembangunan perumahan di daerah pesisir (Handayani *et al.*, 2020).

Berdasarkan hasil wawancara dan survei, bahwa menurunnya tingkat ketebalan mangrove diakibatkan oleh tingginya pemanfaatan ekosistem mangrove (penebangan kayu dan penggalian batu karang). Menurut Rahadian *et al.*, (2019) penurunan fungsi ekologis mangrove terjadi karena kegiatan warga yang memanfaatkan sumber daya alam dan sekitarnya secara berlebihan. Sesuai dengan permasalahan di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk melihat tingkat kepadatan mangrove yang ada di Distrik Sorong Timur.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2023 sampai Januari 2024. Kegiatan penelitian pada ekosistem mangrove di Distrik Sorong Timur Kota Sorong Papua Barat Daya (Gambar 1). Letak geografis Distrik Sorong Timur yaitu 130^o 19' Bujur Timur dan 0^o 54' Lintang Selatan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

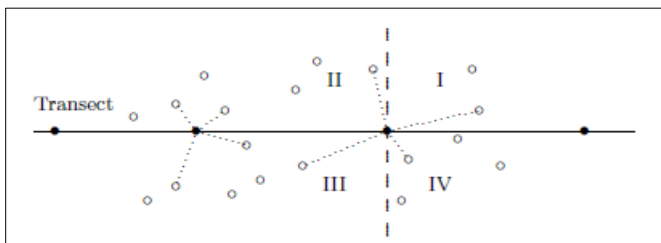
Pengamatan ekosistem mangrove di Distrik Sorong Timur terdiri dari tiga point observasi (lokasi). Tiap lokasi mempunyai lima point observasi dan cela antar point pengamatan adalah 20 m. Tiap lokasi yang

ditentukan mempunyai kualifikasi serta tujuan sendiri - sendiri yaitu:

1. Lokasi I dengan letak geografis 0°55'2,1" LS dan 131°17'35,94" BT merupakan ekosistem mangrove yang letaknya jauh dari pemukiman masyarakat serta berhadapan dengan laut;
2. Lokasi II dengan letak geografis 0°55'22,86" LS dan 131°17'38,16" BT merupakan ekosistem mangrove yang berada jauh dari pemukiman masyarakat serta dekat pada lokasi rehabilitasi mangrove;
3. Lokasi III dengan letak geografis 0°54'57,96" LS dan 131°18'11,11" BT merupakan ekosistem mangrove yang jauh dari laut berada di aliran sungai klawalu.

Studi tentang ekosistem mangrove pada Distrik Sorong Timur dilaksanakan dalam tiga langkah. Langkah pertama yang dilakukan yaitu pengamatan awal. Aktivitas yang dilaksanakan pada tahap ini yaitu mengumpulkan data sekunder tentang lokasi penelitian dari literatur yang ada. Tahap kedua, pengumpulan informasi awal dilakukan pada tempat penelitian. Informasi utama yang diambil adalah data vegetasi mangrove. Tahap tiga yang dilaksanakan adalah pengolahan informasi dan penyusunan dokumentasi penelitian.

Pengambilan data, seperti data luas ekosistem mangrove dan vegetasi mangrove (jumlah, jenis dan diameter pohon). Penghitungan jumlah pohon pada setiap sub lokasi, dilakukan pengumpulan data vegetasi dengan menghitung diameter mangrove menggunakan *Point Centered Quarter Method* (Gambar 2). Setiap lokasi penelitian, garis transek ditarik secara tegak lurus menyusuri area luas kawasan dan garis transek tersebut dibuat empat titik sebagai kuadran searah dengan empat penjuru mata angin.



Gambar 2. *Point Centered Quarter Method* (Mitchell, 2023)

Pengukuran dilakukan pada tumbuhan mangrove pada area *Point Centered Quarter* dan merujuk pada pohon terdekat pada setiap kuadran dari titik tersebut. Kemudian seluruh mangrove yang termasuk dalam kuadran dihitung berdasarkan luas

transek, yakni 100 meter (Mitchell, 2023). Pengukuran kerapatan mangrove hanya mencakup tanaman dalam kriteria pohon dengan tinggi >1.5 m dan diameter batang ≥10 cm (Fachrul, 2007). Penentuan tingkat kerusakan hutan mangrove mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004 (Tabel 1).

Tabel 1. Standar Baku Kerusakan Hutan Mangrove

Kriteria	Penutupan (%)	Kerapatan (pohon/ha)
Baik	Sangat Padat ≥ 75	≥ 1500
	Sedang ≥ 50 - < 75	≥ 1000 - < 1500
Rusak	Jarang < 50	< 1000

(Sumber: KLH, 2004)

Analisa Data

Kondisi Ekosistem Mangrove

Penilaian potensi ekosistem mangrove dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Data yang didapatkan dianalisis dengan cara menghitung kerapatan relatif, dominasi relatif dan frekuensi relatif serta indeks nilai penting (Setyobudiandi et al., 2009). Metode kualitatif digunakan untuk menilai besarnya penguasaan mangrove pada populasinya , sementara metode kuantitatif dilakukan untuk melihat kepadatan mangrove dengan menggunakan formula yaitu:

- a. Jarak rata – rata individu pohon ke titik pengukuran:

$$\bar{d} = \frac{d1+d2+.....+dn}{n}$$

Keterangan:

d = jarak individu pohon ke titik pengukuran di setiap kuadran

n = jumlah pohon

(\bar{d})²= adalah rata-rata area/individu, yaitu rata-rata luasan permukaan tanah yang ditumbuhi oleh satu individu tumbuhan (Setyobudiandi et al., 2009).

- b. Kerapatan Total Semua Jenis

$$K = \frac{\text{Jumlah Seluruh Individu}}{\text{Luas Areal Pengukuran}}$$

(Sumber: Renta et al., 2016)

- c. Kerapatan Relatif Suatu Jenis

$$Kr = \frac{\text{Jumlah Individu Suatu Jenis}}{\text{Jumlah Individu Semua Jenis}} \times 100 (\%)$$

(Sumber : Setyobudiandi et al., 2009)

- d. Kerapatan Suatu Jenis

$$Ki = \frac{\text{Kerapatan Relatif Suatu Jenis}}{100} \times \text{Kerapatan Total Semua Jenis}$$

(Sumber: Setyobudiandi et al., 2009)

e. Frekuensi Suatu Jenis

$$F_i = \frac{\text{Jumlah Petak yang Ditemukan Suatu Jenis}}{\text{Jumlah Semua Titik Pengukuran}}$$

(Sumber: Setyobudiandi *et al.*, 2009)

f. Frekuensi Relatif

$$F_r = \frac{\text{Frekuensi Suatu Jenis}}{\text{Frekuensi Seluruh Jenis}} \times 100 (\%)$$

(Sumber: Setyobudiandi *et al.*, 2009)

g. Dominasi Suatu Jenis

$$D_i = \frac{\text{Kerapatan Suatu Jenis}}{\text{Total Dominasi Rata-Rata Semua Jenis}}$$

(Sumber: Setyobudiandi *et al.*, 2009)

h. Dominasi Relatif Suatu Jenis

$$D_r = \frac{\text{Dominasi Suatu Jenis}}{\text{Dominasi Seluruh Jenis}} \times 100 (\%)$$

(Sumber: Setyobudiandi *et al.*, 2009)

i. Indeks Nilai Penting

$$INP = K_r + F_r + D_r$$

(Sumber: Setyobudiandi *et al.*, 2009)

Indeks Nilai Penting (INP) suatu spesies berkisar antara 0% sampai 300%, yang dapat menggambarkan dampak atau peranan suatu spesies mangrove terhadap komunitas mangrove. Rumus di atas digunakan untuk menghitung kondisi ekosistem mangrove berdasarkan waktu, metode dan hasil yang diperoleh di lokasi penelitian.

Estimasi Kandungan Biomassa dan Cadangan Karbon

Pengukuran biomassa di atas permukaan tanah (*above ground*) dengan cara tidak merusak sampel (*non-destructive sampling*) pada tingkat pohon. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan persamaan allometrik yang telah dikembangkan oleh peneliti lain sebelumnya (Tabel 3).

Tabel 3. Persamaan Allometrik Biomassa Pohon

Spesies	AGB (Ton/ha)	Wood density (ρ) ^a	Referensi
<i>Rhizophora apiculata</i>	$B = 0,043 \cdot DBH^{2.63}$	0.8814	Komiyama <i>et al.</i> , (2005)
<i>Rhizophora mucronata</i>	$B = 0,1466 \cdot DBH^{2.3136}$	0.8483	Dharmawan, (2010)
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	$B = 0,0754 \cdot \rho \cdot DBH^{2.505}$	0.8683	Kauffman <i>et al.</i> , (2010)

Keterangan: B = Biomassa (ton/ha), DBH = Diameter Pohon (cm), ρ = massa jenis (Sumber: Suardana *et al.*, 2023)

Menurut Badan Standarisasi Nasional, (2011) SNI 7724:2011 pada sub judul perhitungan karbon dari biomassa menyebutkan bahwa karbon terkandung dalam bahan organik (%C organik adalah 0,47), sehingga kita dapat menghitung jumlah karbon yang diperkirakan dengan mengalikan 0,47 dari nilai biomassa, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$C_b = \text{Biomassa} \times \%C \text{ organik}$$

Keterangan:

C_b : kandungan karbon dari biomassa (ton/ha)

%C organik: nilai persentase kandungan karbon (0,47)

Menurut Fourqurean *et al.*, (2017) dengan menggunakan perbandingan massa atom relatif C, estimasi simpanan CO₂ dapat diperoleh dengan mengonversi simpanan karbon ke total simpanan CO₂. Proses ini dapat dihitung dengan rumus sebagai

berikut:

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

Keterangan:

3,67: adalah konversi atom C ke CO₂

(massa atom C = 12 dan O = 16, CO₂ = (1 x 12) + (2 x 16) = 44; dikonversi menjadi 44: 12 = 3,67).

HASIL

Struktur Vegetasi Mangrove

Berdasarkan hasil pengamatan pada lapangan dengan memakai *point quarter method* ditemukan tiga jenis mangrove dengan jumlah 104 pohon (Tabel 4). Mangrove yang ditemukan yaitu jenis *Rhizophora apiculata* 66 pohon, *Rhizophora mucronata* sebanyak 17 pohon dan *Bruguiera gymnorrhiza* sebanyak 21 pohon.

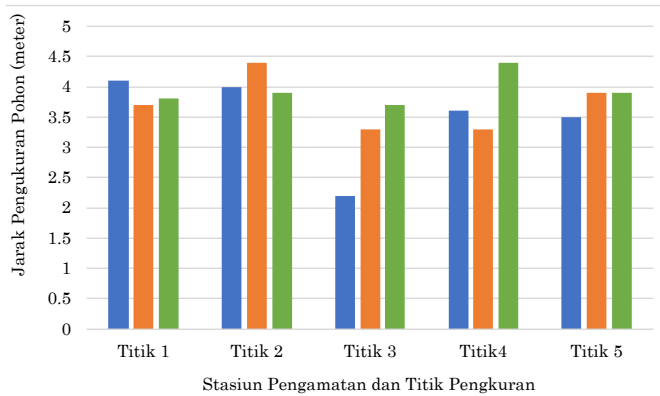
Tabel 4. Jumlah Jenis Mangrove Per Lokasi

Jenis Mangrove	Lokasi I (Pohon)	Lokasi II (Pohon)	Lokasi III (Pohon)	Jumlah (Pohon)
<i>Rhizophora apiculata</i>	27	17	22	66
<i>Rhizophora mucronata</i>	4	2	11	17
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	9	6	6	21
Total	40	25	39	104

Nilai Kondisi Mangrove

Rata – Rata Jarak Individu Pohon ke Titik Pengukuran

Berdasarkan data pengukuran (Gambar 3) rata – rata jarak individu pohon ke titik pengukuran di lokasi I berkisar antara 2,2 m sampai 4,1 m, dengan jarak masing–masing titik yaitu titik 1 berjarak 4,1 m, titik 2 berjarak 4 m, titik 3 berjarak 2,2 m dan titik 4 berjarak 3.6 m serta titik 5 berjarak 3,5 m.



Gambar 3. Rata – Rata Jarak Individu Pohon ke Titik Pengukuran per Lokasi

Lokasi II memiliki jarak rata – rata berkisar antara 3,3 m sampai 4,4 m, dengan jarak masing – masing titik yaitu titik 1 berjarak 3,7 m, titik 2 berjarak 4,4

m, titik 3 berjarak 3,3 m dan titik 4 berjarak 3,3 m serta titik 5 berjarak 3,9 m. Lokasi III jarak rata – rata berkisar antara 3,7 m sampai 4,4 m, dengan jarak masing – masing titik yaitu titik 1 berjarak 3,8 m, titik 2 berjarak 3,9 m, titik 3 berjarak 3,7 m dan titik 4 berjarak 4,4 m serta titik 5 berjarak 3,9 m.

Kerapatan

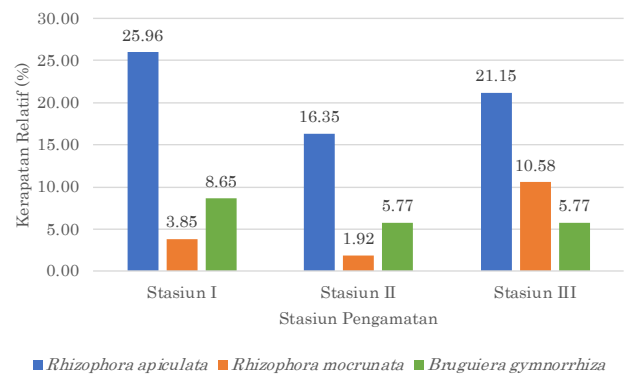
Spesies atau individu mempunyai pola adaptasi dan sebaran yang luas dalam suatu ekosistem, maka kerapatan spesies atau individu tersebut akan tinggi. Kerapatan ditentukan dari total jenis yang dijumpai pada area pengukuran. Kerapatan relatif berfungsi untuk menilai perbandingan kerapatan suatu jenis dengan kerapatan seluruh jenis yang di per oleh dari lokasi penelitian, nilai persentase merupakan hasil pembagian antara jumlah jenis per lokasi dengan jumlah seluruh jenis yang diperoleh di lokasi penelitian dikali 100. Semakin banyak jumlah jenis maka semakin tinggi kepadatan relatifnya. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kerapatan total semua jenis sebesar 0,0693 ind/m² dari luas areal pengamatan yaitu 1500 m² dengan jarak rata – rata pengukuran pohon yaitu 45,026 m. Nilai kerapatan jenis (Tabel 5) dan nilai kerapatan relatif (Gambar 4).

Tabel 5. Nilai Kerapatan Jenis per Lokasi

Jenis Mangrove	Lokasi I (ind/m ²)	Lokasi II (ind/m ²)	Lokasi III (ind/m ²)	Total Kerapatan Jenis (ind/m ²)	Total Kerapatan Relatif (%)
<i>Rhizophora apiculata</i>	0.0180	0.0113	0.0147	0.0440	63.462
<i>Rhizophora mucronata</i>	0.0027	0.0013	0.0073	0.0113	16.346
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	0.0060	0.0040	0.0040	0.0140	20.192
Jumlah	0.0267	0.0167	0.0260	0.0693	100

Nilai kerapatan jenis dan kerapatan relatif yang diperoleh berdasarkan lokasi pengamatan berkisar antara 0,0013 ind/m² (1,92%) sampai 0,0180 ind/m² (25,96%) untuk tingkat pohon. Kerapatan tertinggi pada jenis *Rhizophora apiculata* 0,0180 ind/m² (25,96%) yang terdapat pada lokasi I dan terendah pada jenis *Rhizophora mucronata* 0,0013 ind/m² (1,92%) yang terdapat pada lokasi II. Nilai kerapatan jenis pada stasin I yaitu *Rhizophora apiculata* 0,0180 ind/m² (25,96%), *Rhizophora mucronata* 0,0027 ind/m² (3,85%) dan *Bruguiera gymnorrhiza* 0,0060 ind/m² (8,65%). Stasin II yaitu *Rhizophora apiculata* 0,0113 ind/m² (16,35%), *Rhizophora mucronata* 0,0013 ind/m² (1,92%) dan *Bruguiera gymnorrhiza* 0,0040 ind/m² (5,77%). Stasin III yaitu *Rhizophora apiculata* 0,0147 ind/m² (21,15%), *Rhizophora mucronata* 0,0073 ind/m² (10,58%) dan *Bruguiera*

gymnorrhiza 0,0040 ind/m² (5,77%).



Gambar 4. Kerapatan Relatif per Lokasi

Frekuensi

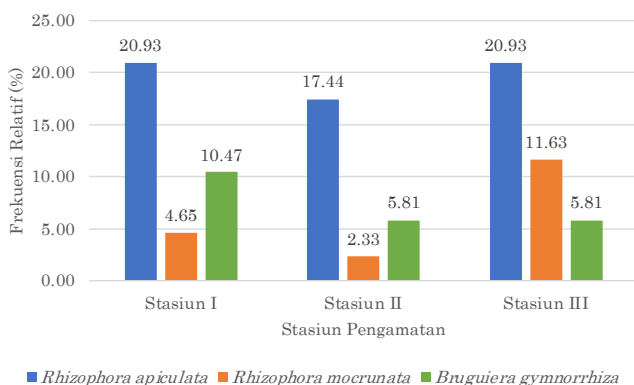
Hasil penelitian menunjukkan bahwa frekuensi janis (Tabel 6) dan frekuensi relatif (Gambar 5) pada lokasi

I adalah *Rhizophora apiculata* 0,3 ind/m² (20,93%), *Rhizophora mocrunata* 0,067 ind/m² (4,65%) dan *Bruguiera gymnorrhiza* 0,15 ind/m² (10,47%). Lokasi II adalah *Rhizophora apiculata* 0,25 ind/m² (17,44%), *Rhizophora mocrunata* 0,033 ind/m² (2,33%) dan *Bruguiera gymnorrhiza* 0,083 ind/m² (5,81%). Lokasi III adalah *Rhizophora apiculata* 0,3 ind/m² (20,93%),

Rhizophora mocrunata 0,167 ind/m² (11,63%) dan *Bruguiera gymnorrhiza* 0,083 ind/m² (5,81%). Nilai frekuensi jenis dan frekuensi relatif tertinggi ke tiga lokasi terdapat pada lokasi I dan III yaitu *Rhizophora apiculata* 0,3 ind/m² dan 20,93%, sedangkan yang terendah terdapat pada lokasi II yaitu *Rhizophora mocrunata* 0,033 ind/m² (2,33%).

Tabel 6. Frekuensi Jenis per Lokasi

Jenis Mangrove	Lokasi I (ind/m ²)	Lokasi II (ind/m ²)	Lokasi III (ind/m ²)	Frekuensi Jenis (ind/m ²)	Frekuensi Relatif (%)
<i>Rhizophora apiculata</i>	0,3	0,25	0,3	0,85	59,302
<i>Rhizophora mocrunata</i>	0,067	0,033	0,167	0,267	18,605
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	0,15	0,083	0,083	0,317	22,093
Jumlah	0,517	0,367	0,550	1,433	100



Gambar 5. Frekuensi Relatif per Lokasi

Tabel 7. Dominasi Jenis pe Lokasi

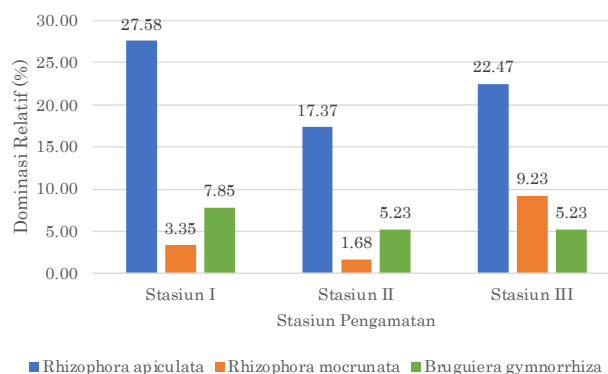
Jenis Mangrove	Lokasi I (ind/m ²)	Lokasi II (ind/m ²)	Lokasi III (ind/m ²)	Dominasi Jenis (ind/m ²)	Dominasi Relatif (%)
<i>Rhizophora apiculata</i>	11.193	7.048	9.120	27.360	67.420
<i>Rhizophora mocrunata</i>	1.361	0.681	3.744	5.786	14.259
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	3.186	2.124	2.124	7.435	18.321
Jumlah	15.740	9.853	14.988	40.582	100

Indeks Nilai Penting (INP)

Berdasarkan hasil penelitian dari ketiga lokasi maka, *Rhizophora apiculata* merupakan jumlah terbanyak dengan nilai 74,47% dari keseluruhan spesies yang terdapat pada lokasi I, jenis *Rhizophora mocrunata* nilai tertinggi terdapat pada lokasi III yaitu 31,34% dan jenis *Bruguiera gymnorrhiza* tertinggi terdapat pada lokasi I yaitu 26,97% (Tabel 8).

Dominasi

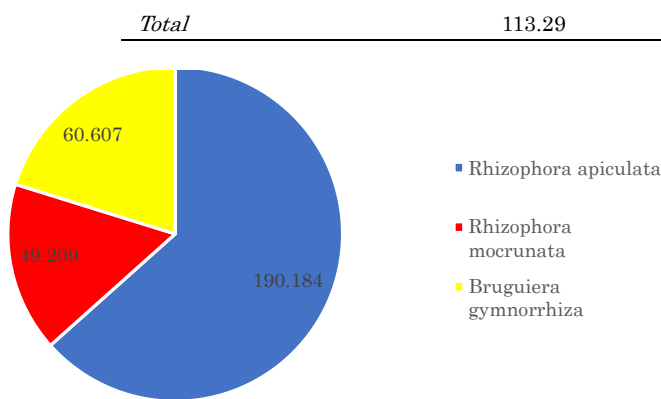
Hasil penelitian menunjukkan bahwa dominasi jenis (Tabel 7) dan dominasi relative (Gambar 6) pada lokasi I adalah *Rhizophora apiculata* 11,193 ind/m² (27,58%), *Rhizophora mocrunata* 1,361 ind/m² (3,35%) dan *Bruguiera gymnorrhiza* 3,186 ind/m² (7,85%). Lokasi II adalah *Rhizophora apiculata* 7,048 ind/m² (17,37%), *Rhizophora mocrunata* 0,681 ind/m² (1,68%) dan *Bruguiera gymnorrhiza* 2,124 ind/m² (5,23%). Lokasi III adalah *Rhizophora apiculata* 9,120 ind/m² (22,47%), *Rhizophora mocrunata* 3,744 ind/m² (9,23%) dan *Bruguiera gymnorrhiza* 2,124 ind/m² (5,23%).



Gambar 6. Dominasi Relatif per Lokasi

Tabel 8. Indeks Nilai Penting (INP) per Lokasi

Jenis Mangrove	Lokasi I (%)	Lokasi II (%)	Lokasi III (%)	Jumlah (%)
<i>Rhizophora apiculata</i>	74.47	51.15	64.56	190.184
<i>Rhizophora mocrunata</i>	11.85	5.927	31.43	49.209
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	26.97	16.82	16.82	60.607



Gambar 7. Total Indeks Nilai Penting Suatu Jenis

Total indeks nilai penting dari ketiga lokasi yaitu jenis *Rhizophora apiculata* 190.184%, jenis *Bruguiera gymnorhiza* 60.607% dan jenis *Rhizophora mucronata* 49.209% (Gambar 7).

Pendugaan Cadangan Karbon

Nilai biomassa digunakan untuk menghitung stok karbon tumbuhan (Tabel 9). Pengukuran karbon pada bagian pohon yang masih hidup (biomassa) di suatu lahan menggambarkan jumlah karbon dioksida (CO₂) yang diserap tumbuhan dari atmosfer.

Tabel 9. Nilai Biomassa, Kandungan Karbon dan Simpanan CO₂ per Jenis Mangrove

Spesies	Jumlah (ind/m ²)	Kerapatan (ind/ha)	Rata - Rata Diameter (cm)	Biomassa (ton/ha)	Kandungan Karbon (ton/ha)	Simpanan CO ₂ (ton CO ₂ /ha)
<i>Rhizophora apiculata</i>	66	440	22,06	146,94	69,06	253,46
<i>Rhizophora mucronata</i>	17	113	21,79	182,95	85,99	315,57
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	21	140	20,93	133,22	62,61	229,79
Total	104*	693*	21,59"	463,11*	217,66*	798,82*

Keterangan: (*dijumlahkan dan "dirata-ratakan)

Parameter Kualitas Air dan Tipe Substrat

Pengambilan data parameter kualitas air dilakukan pada tiga lokasi pengamatan. Hasil pengukuran parameter kualitas air suhu, salinitas, dissolved oxygen (DO) dan pH air serta pengamatan substrat

(Tabel 10). Mutu baku air laut khusus mangrove yaitu suhu 28 °C sampai 32 °C, salinitas ≤ 34 ‰, dissolved oxygen (DO) > 5 mg/l dan pH air 7 sampai 8.5 (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2004).

Tabel 10. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air dan Tipe Substrat

No	Parameter Air	Lokasi			Rata Rata	Baku Mutu
		I	II	III		
1	Suhu (°C)	30.2	28.8	28.5	29.17	28 - 32
2	Salinitas (‰)	33	25	20	26.00	<34
3	pH Air	7.4	7.3	7.3	7.3	7 - 8.5
4	DO (mg/l)	4.8	5.1	5.3	5.07	> 5
5	Tipe Substrat	Lumpur	Lumpur	Lumpur		

PEMBAHASAN

Menurut [Tabalessy, \(2014\)](#) Kota Sorong memiliki vegetasi mangrove terdiri dari 4 suku yaitu suku *Avicenniaceae*, *Rhizophoraceae*, *Meliaceae*, dan *Sonneratiaceae*. Sesuai hasil (Tabel 4) lokasi I memiliki jumlah individu pohon sebanyak 40 individu, didominasi oleh *Rhizophora apiculata* 27 individu, *Rhizophora mucronata* sebanyak 4 individu dan *Bruguiera gymnorhiza* 9 individu. Lokasi II total pohon 25 individu, didominasi oleh *Rhizophora apiculata* 17 individu, *Rhizophora mucronata* 2 individu dan *Bruguiera gymnorhiza* 6 individu. Lokasi III total pohon 39 individu, didominasi oleh *Rhizophora apiculata* 22 pohon, *Rhizophora mucronata* sebanyak 11 pohon dan *Bruguiera*

gymnorhiza sebanyak 6 pohon. *Rhizophora apiculata* merupakan jenis mangrove yang mendominasi dari seluruh lokasi pengamatan. Hal ini juga dilakukan oleh [Schaduw, \(2019\)](#) di Pulau Salawati Kabupaten Raja Ampat.

Berdasarkan hasil (Tabel 4) bahwa dari ketiga jenis mangrove yang ditemukan, kayunya sering dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan bangunan dan kayu bakar. Faktor yang mempengaruhi sebaran mangrove antar lokasi yaitu kebiasaan masyarakat dalam melakukan penebangan kayu. Penebangan dilakukan berdasarkan lokasi yang sudah ditentukan, jika di suatu lokasi tingkat atau jumlah pohon mangrove berkurang maka penebangan akan dilakukan di

lokasi yang memiliki tingkat atau jumlah pohon mangrove banyak.

Berdasarkan hasil pengukuran (Gambar 3) rata – rata jarak individu pohon ke titik pengukuran diperoleh semua lokasi pengamatan. Jarak rata – rata individu terjauh yaitu 4,4 meter yang ditemukan di lokasi 2 titik 2 dan lokasi 3 titik 4. Jarak rata – rata individu terdekat yaitu 2,2 meter yang ditemukan di lokasi 1 titik 3. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin jauh individu pohon dari titik pengukuran, maka makin jarang individu pohon yang berada pada garis dan titik pengamatan. Sebaliknya jika semakin dekat individu pohon dengan titik pengukuran, maka semakin padat individu pohon yang berada pada garis dan titik pengamatan. Semakin jauh jarak antara individu pohon dengan titik pengukuran diakibatkan oleh aktivitas manusia menebang pohon untuk memenuhi kebutuhan hidup.

Berdasarkan (Tabel 5 dan Gambar 4) kerapatan relatif satu jenis dari ketiga lokasi (diurutkan dari yang tertinggi sampai yang terendah) yaitu jenis *Rhizophora apiculata* sebanyak 0,044 ind/m² (63,462%), *Bruguiera gymnorrhiza* sebanyak 0,014 ind/m² (20,192%), *Rhizophora mucronata* sebanyak 0,011 ind/m² (16,346%). Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004 tentang Standar Baku Kerusakan hutan mangrove, maka dapat disimpulkan bahwa kerapatan ekosistem mangrove dalam keadaan rusak (jarang).

Kerapatan jenis mangrove adalah salah satu parameter untuk memperkirakan kerapatan jenis mangrove pada suatu kawasan, sehingga memberikan informasi mengenai kekayaan jenis mangrove dan potensi pertumbuhannya. Menurut [Asman *et al.*, \(2020\)](#) nilai kepadatan jenis yang tinggi ditentukan oleh jumlah individu yang banyak, sebaliknya jumlah individu yang rendah mengakibatkan nilai kepadatannya rendah. Perubahan kawasan mangrove terjadi secara alami karena pengaruh pengendapan dan abrasi, namun juga disebabkan oleh faktor antropogenik seperti perluasan lahan untuk berbagai keperluan seperti reklamasi, konversi tambak, industri perdesaan dan wisata bahari ([Marasabessy *et al.*, \(2020\)](#)). Hal ini juga dilakukan oleh [Athabu *et al.*, \(2024\)](#) di kawasan ekosistem mangrove di Kelurahan Tampa Garam Distrik Maladum Mes Kota Sorong dan [Rahman *et al.*, \(2020\)](#) di ekosistem mangrove di pesisir Kabupaten Muna Barat.

Frekuensi jenis ialah peluang ditemukannya suatu

jenis di lokasi yang diamati, sementara frekuensi relatif jenis ialah perbandingan antara frekuensi jenis terhadap frekuensi total seluruh jenis mangrove. Nilai kelimpahan suatu ekosistem mangrove sangat dipengaruhi oleh jumlah kuadran di mana suatu jenis mangrove ditemukan, sehingga nilai kelimpahan suatu jenis mangrove dapat ditentukan dari jumlah plot atau lokasi di mana ditemukannya ([Pandeiro *et al.*, \(2020\)](#)).

Dominasi jenis yaitu keberadaan jenis yang paling banyak dijumpai pada lokasi yang diamati, sedangkan dominasi relatif yaitu perbedaan antara dominasi jenis dengan dominasi total seluruh jenis ([Sipahelut *et al.*, \(2019\)](#); [Wahyudi *et al.*, \(2021\)](#)). Faktor-faktor seperti tingkat salinitas air, kondisi substrat, pola pasang surut, dan tekanan dari aktivitas manusia, seperti penebangan hutan mangrove untuk pembangunan atau tambak, dapat memengaruhi dominasi mangrove.

Berdasarkan hasil (Tabel 7 dan Gambar 6) menunjukkan bahwa, ekosistem mangrove yang terdapat pada ketiga lokasi di dominasi oleh jenis *Rhizophora apiculata*. Hal ini disebabkan karena jenis *Rhizophora apiculata* dapat tumbuh dengan baik pada kualitas perairan yang baik serta substrat berlumpur ([Prinasti *et al.*, \(2020\)](#); [Halim *et al.*, \(2022\)](#); [Ardang *et al.*, \(2023\)](#)). Nilai total dominasi jenis dan dominasi relatif dari ketiga jenis yang ditemukan yaitu *Rhizophora apiculata* 27,360 ind/m² (67,420 %), *Rizophora mocrunata* 5,786 ind/m² (14,259%) dan *Bruguiera gymnorrhiza* 7,435 ind/m² (18,321%). Nilai dominasi menunjukkan bahwa jenis tumbuhan dominan sangat mempengaruhi dan menguasai komunitas dengan cara meningkatkan jumlah, ukuran, dan pertumbuhan jenis dominan ([Odum, \(1996\)](#)). Rendahnya nilai dominasi ini disebabkan oleh aktivitas masyarakat yang memanfaatkan kawasan mangrove untuk mencari nafkah seperti menggali batu karang dan menebang pohon mangrove (sebagai kayu bakar atau untuk penyangga bangunan) maupun sebagai tempat tinggal (perumahan).

Indeks Niali Penting (INP) menggambarkan peran suatu spesies mangrove dalam suatu ekosistem dan juga dapat digunakan untuk menentukan dominasi suatu spesies dalam suatu komunitas.

Nilai indeks penting adalah hasil penjumlahan dari kerapatan relatif, frekuensi relatif dan dominasi relatif ([Martuti *et al.*, \(2019\)](#)). Pertumbuhan ekosistem mangrove dilakukan dengan cara mengamati suatu vegetasi dari suatu komunitas ([Bengen, \(2001\)](#)).

Indeks nilai penting berkisar antara 0 hingga 300%, dengan INP yang lebih tinggi berarti semakin besar peran spesies tersebut dalam komunitas (Bengen *et al.*, 2022). Secara umum dapat dikatakan bahwa jenis *Rhizophora apiculata* mempunyai dampak yang sangat penting terhadap ekosistem mangrove. Hal ini menjelaskan pengaruh spesies terhadap komunitas mangrove yang disebabkan oleh nilai kepadatan, kelimpahan, atau dominasi vegetasi mangrove yang ditemukan.

Menurut Akhmadi, (2023) spesies dengan INP tinggi menguasai habitatnya. Dengan demikian, nilai indeks penting pada ekosistem mangrove tidak hanya memberikan gambaran tentang komposisi spesies, tetapi juga berperan penting dalam pengelolaan dan pelestarian ekosistem mangrove untuk keberlanjutan. Salah satu bagian penting dari proses fotosintesis yaitu karbon dioksida (CO₂), yang diserap oleh pohon dan disimpan dalam bentuk biomassa. Besar biomassa tegakan menentukan jumlah karbon dioksida (CO₂) atau cadangan karbon yang diserap dan disimpan. Biomassa dan stok karbon sangat dipengaruhi oleh kepadatan dan diameter batang dalam suatu tegakan (Uthbah *et al.*, 2017).

Penelitian menggunakan metode *non - destructive sampling* digunakan untuk menghitung biomassa. Ukuran biomassa dihitung berdasarkan diameter pohon, yang kemudian diubah menjadi simpanan karbon. Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 9) dari 104 ind/m² dengan kerapatan total 693 ind/ha, diperoleh estimasi biomassa total sebesar 463,11 ton/ha. Nilai biomassa yang terkandung per jenis mangrove diurutkan dari yang tertinggi yaitu jenis *Rhizophora mucronata* sebesar 182,95 ton/ha, jenis *Rhizophora apiculata* sebesar 146,94 ton/ha dan *Bruguiera gymnorhiza* sebesar 133,22 ton/ha. Menurut Rifandi, (2021) ukuran diameter dan tinggi pohon sangat menentukan nilai biomassa. Berdasarkan nilai rata - rata diameter jenis *Rhizophora mucronata* lebih kecil dari jenis *Rhizophora apiculata* namun memiliki nilai biomassa lebih besar hal ini dikarenakan nilai alometrianya lebih besar.

Hasil analisis diperoleh nilai total kandungan karbon sebesar 217,66 ton/ha dan nilai total simpanan karbon dioksida (CO₂) sebesar 798,82 ton/ha. Nilai kandungan karbon dan simpanan karbon dioksida (CO₂) dari masing – masing jenis mangrove diurutkan dari yang tertinggi hingga terendah (Tabel 9). Jenis *Rhizophora mucronata* memiliki nilai kandungan

karbon sebesar 85,99 tonC/ha dan nilai penyerapan CO₂ sebesar 315,57 tonCO₂/ha, jenis *Rhizophora apiculata* memiliki nilai kandungan karbon sebesar 69,06 tonC/ha dan nilai penyerapan CO₂ sebesar 253,46 tonCO₂/ha serta jenis *Bruguiera gymnorhiza* memiliki nilai kandungan karbon sebesar 62,61 tonC/ha dan nilai penyerapan CO₂ sebesar 229,79 tonCO₂/ha. Nilai biomassa vegetasi memengaruhi kandungan karbon dan kemampuan menyerap karbon dioksida (CO₂).

Suhu adalah salah satu faktor yang mempengaruhi fisiologi tumbuhan seperti proses fotosintesis dan respirasi (Rahmadi *et al.*, 2020). Daerah tropis memiliki rata – rata suhu yang baik untuk pertumbuhan mangrove. Hasil pengukuran suhu berkisar antara 28,5 °C sampai 30,2 °C dengan rata – rata 29,17 °C. Menurut (Wailisa *et al.*, 2022) semakin banyak sinar matahari yang menyinari suatu perairan mangrove, maka suhu perairan akan semakin tinggi. Salinitas adalah kadar garam yang terkandung di dalam suatu perairan. Salinitas sangat mempengaruhi pertumbuhan dan komposisi mangrove (Sidik *et al.*, 2018; Zakia & Lestari, 2022). Hasil (Tabel 10) menunjukkan salinitas dari ketiga lokasi berkisar antara 20 ‰ sampai 33 ‰ dengan rata – rata 26 ‰. Nilai pH suatu perairan dipengaruhi oleh kecerahan air dan jumlah aktivitas manusia yang terjadi di dalamnya pada waktu tertentu (Ambarwati & Fauzi, 2022). Hasil pengukuran (Tabel 10) menunjukkan pH dari ketiga lokasi berkisar 7,3 sampai 7,4 dengan rata – rata 7,33. Oksigen terlarut (DO) merupakan parameter penting dalam analisis kualitas air, semakin tinggi DO maka semakin besar jumlah dan kualitas oksigen yang tersedia bagi kehidupan perairan (Wailisa *et al.*, 2022). Hasil pengukuran (Tabel 10) menunjukkan DO dari ketiga lokasi berkisar 4,8 mg/l sampai 5,3 mg/l dengan rata – rata 5,07 mg/l.

Hasil pengamatan substrat dari ketiga lokasi semuanya bersubstrat lumpur, hal ini disebabkan oleh letak atau relief pantai pada Distrik Sorong Timur berada di dalam teluk dari Kota Sorong serta terdapat beberapa muara sungai. Lumpur juga melindungi vegetasi mangrove dari gelombang laut dan berfungsi sebagai tempat penanaman buah mangrove agar lebih beradaptasi dengan lingkungannya (Sipayung & Poedjirahajoe, 2021). Berdasarkan (Tabel 10) hasil pengukuran parameter kualitas air dari ketiga lokasi dengan nilai rata – rata yaitu, suhu 29,17 °C, salinitas 26 ‰, pH 7.3 dan DO 5,07 mg/l semua ini masih sesuai dengan mutu baku

air laut.

Ekosistem mangrove dengan segala fungsi dan manfaatnya tidak lepas dari aktivitas antropogenik. Pertumbuhan penduduk menyebabkan meningkatnya kebutuhan manusia, baik terhadap pangan sebagai sumber energi maupun terhadap tanah sebagai tempat tinggal atau perumahan. Tingginya aktivitas manusia akan mempengaruhi kesehatan ekosistem mangrove.

Mangrove umumnya tumbuh di daerah pesisir dengan jenis tanah berlumpur, lumpur berpasir dan pasir. Perbedaan kondisi lingkungan di zona intertidal disebabkan oleh genangan, salinitas, substrat permukaan, dan pasokan air tawar sehingga menciptakan kondisi lingkungan yang sesuai untuk beberapa spesies mangrove (Djamaluddin, 2018). Kondisi lingkungan yang baik akan sangat mempengaruhi kesehatan dan komposisi jenis mangrove pada zona intertidal. Setiap jenis mangrove memiliki batas toleransi pada kondisi lingkungan tertentu, hal ini menyebabkan satu jenis hanya dapat tumbuh pada satu kondisi lingkungan yang jenis lainnya tidak dapat tumbuh. Perbedaan susunan jenis mangrove sepanjang gradien lingkungan pada zona intertidal sering diartikan sebagai pola zonasi. Zonasi mangrove pada lokasi penelitian berada pada zona tengah, hal ini dikarenakan jenis mangrove yang ditemui yaitu jenis *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mocrunata* dan *Bruguiera gymnorhiza* dengan jenis tanah berlumpur. Hal ini diperkuat dengan pendapat dari Bengen et al., (2022) pada zona ini umumnya bersubstrat lumpur berpasir dan ditumbuhi oleh jenis mangrove *Rhizophora* spp dan *Bruguiera* spp.

Frekuensi genangan air laut, yang dapat terjadi setiap hari atau hanya pada saat air surut, menentukan komposisi vegetasi mangrove. Selain itu, hutan bakau membutuhkan suplay air tawar dari daratan dan biasanya tumbuh di daerah yang tidak terkena gelombang besar atau pasang surut. Tingkat kesehatan atau pertumbuhan mangrove pada lokasi penelitian dapat dikatakan sangat baik. Hal ini disebabkan pada lokasi penelitian berada di dalam teluk sehingga terhindar dari gelombang besar, dipengaruhi oleh pasang surut air laut secara langsung serta terdapat beberapa aliran sungai yang menyuplai air tawar bagi kehidupan mangrove.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai kondisi mangrove di Distrik Sorong Timur diperoleh total mangrove yang ditemukan dari ketiga lokasi pengamatan yaitu 104 pohon dari tiga jenis yaitu *Rhizophora apiculata* 66 pohon, *Rhizophora mocrunata* sebanyak 17 pohon dan *Bruguiera gymnorhiza* sebanyak 21 pohon. Total kerapatan mangrove yang terdapat pada lokasi penelitian yaitu 0,0693 ind/m² atau 693 ind/ha, hal ini masuk dalam kategori jarang. Indeks nilai penting (INP) jenis *Rhizophora apiculata* 190,184%, jenis *Rhizophora mocrunata* 49,209% dan jenis *Bruguiera gymnorhiza* 60,607% serta estimasi total biomassa sebesar 666,24 ton/ha dan pendugaan total cadangan karbon sebesar 313,13 tonC/ha serta total penyerapan CO₂ sebesar 1149,21 tonCO₂/ha.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Pendidikan Kelautan dan Perikanan (Pusdik KP) Kementerian Kelautan dan Perikanan yang telah memberikan Program Beasiswa Pendidikan Tugas Belajar S-2 Tahun 2022-2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmadi. (2023). Keanekaragaman dan spesies indikator pada hutan mangrove di Teluk Sampit, Kotawaringin Timur. *Journal of Biological Science and Education*, 4(1), 1–11.
- Ambarwati, T., & Fauzi, M. (2022). Kondisi ekosistem hutan mangrove dan kegiatan perikanan di Kampung Rawa Mekar Jaya, Kecamatan Sungai Apit, Kabupaten Siak, Provinsi Riau. *Jurnal Sumberdaya Dan Lingkungan Akuatik*, 3(2), 1–9.
- Ardang, D. M., Soenardjo, N., & Taufiq, N. (2023). Hubungan tekstur sedimen terhadap vegetasi mangrove di Desa Pasar Banggi, Kabupaten Rembang. *Journal of Marine Research*, 12(3), 519–526. doi:10.14710/jmr.v12i3.35185
- Asman, I., Sondak, C. F. A., Schadu, J. N. W., Kumampung, D. R. H., Ompi, M., & Sambali, H. (2020). Struktur komunitas mangrove di Desa Lesah, Kecamatan Tagulandang, Kabupaten Sitiro. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 8(2), 48. doi:10.35800/jplt.8.2.2020.28769
- Athabu, A., Indah, D., Yanti, W., & Masengi, M. (2024). Struktur komunitas mangrove di kawasan mangrove Tampa Garam Kota Sorong. *Journal Of Social Science Research*, 4(2), 3054–3066. doi:10.31004/innovative.v4i2.9437
- Badan Standarisasi Nasional, (SNI 7724). (2011). *Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon – pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting)*.

- Bengen, D. G. (2001). Ekosistem dan sumberdaya pesisir dan laut serta pengelolaan secara terpadu dan berkelanjutan. *Prosiding Pelatihan Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu, November*, 28–55.
- Bengen, D. G., Yovintner, & Rahman. (2022). *Pedoman teknis pengenalan dan pengelolaan mangrove* (Cet. 1, Vol. 23, Issue Juni). IPB Press Jalan Taman Kencana, No. 3 Kota Bogor - Indonesia.
- Bimrah, K., Dasgupta, R., Hashimoto, S., Saizen, I., & Dhyani, S. (2022). Ecosystem services of mangroves: a systematic review and synthesis of contemporary scientific literature. *Sustainability (Switzerland)*, 14(19), 1–16. doi:10.3390/su141912051
- Dharmawan, I. W. . (2010). Pendugaan biomasa karbon di atas tanah pada tegakan *Rhizophora Mucronata* di Ciasem, Purwakarta. *Urnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 15(1), 50–56.
- Djamaluddin, R. (2018). Mangrove: biologi, ekologi, rehabilitasi, dan konservasi. In *Unsrat Press* (1st ed.). Unsrat Press.
- Fachrul, M. F. (2007). *Metode sampling bioekologi* (Junwinanto (ed.); I, Cet 1). PT. Bumi Aksara, Jl. Sawo Rawa No.18 Jakarta 13220.
- Fourqurean, J., Johnson, B., Kauffman, J. B., Kennedy, H., Lovelock, C., Megonigal, J. P., Rahman, A. F., Saintilan, N., & Simard, M. (2017). Coastal Blue Carbon (method for assessing carbon stock and emissions factors in mangrove, tidal salt marshes, and seagrass meadows). In *Habitat Conservation*.
- Halim, T. C., Adibrata, S., & Pratiwi, F. D. (2022). Analisis vegetasi dan struktur komonitas mangrove di sungai bunting lestari Kecamatan Belinyu , Kabupaten Bangka. *Jurnal Ilmu Penelitian*, 4(April), 1–10.
- Halimatus'adiyah, E., Tika, S. R., Ananda, R. P., Suwanda, N. A., Suhendar, A., Julipia, I., Tanjung, M. S., Pohan, C. Q. S., Hulu, S., Fatmaya, P., & Hujabih, P. (2022). Pemanfaatan ekosistem hutan mangrove sebagai habitat ntuk biota laut. *Jurnal Biosense*, 5(2), 131–143. doi:10.36526/biosense.v5i2.2345
- 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, 729–738. doi:10.1111/geb.12449
- Handayani, Mustasim, & Suruwaky, A. M. (2020). Presepsi dan partisipasi masyarakat terhadap ekosistem mangrove di Distrik Sorong Timur, Kota Sorong Provinsi Papua Barat. *Jurnal Airaha*, 9(1), 58–62. doi:10.1016/j.fcr.2017.06.020
- Handayani, S. K., & Hewindati, Y. T. (2019). Peran hutan mangrove dalam mitigasi bencana di wilayah pesisir. *Peran Matematika, Sains & Teknologi Dalam Kebencanaan, Seminar Nasional FST Universitas Terbuka 2019, 03(03)*, 45–67.
- Hasan, F. I., Yanti, D. I. W., & Siwabessy, A. (2022). Struktur komunitas gastropoda pada ekosistem mangrove di Kelurahan Klamana Distrik Sorong Timur. *Integrated of Fisheries Science*, 1(1), 36–44. doi:10.56942/ifs.v1i1.53
- Kauffman, J. B., Heider, C., Cole, T. G., Dwire, K. A., & Donato, D. C. (2010). Ecosystem carbon stocks of micronesian mangrove forests. *Wetlands*, 31(2), 343–352. doi:10.1007/s13157-011-0148-9
- KLH, K. L. H. (2004). *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 201 Tahun 2004 tentang kriteria baku dan pedoman penentuan kerusakan mangrove* (pp. 1–8).
- KLHK, K. L. H. dan K. (2021). *Peta mangrove nasional tahun 2021* (D. P. Direktorat Konservasi Tanah dan Air (ed.)). Direktorat Konservasi Tanah dan Air, Ditjen PDASRH.
- Komiyama, A., Pounpparn, S., & Kato, S. (2005). Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21(4), 471–477. doi:10.1017/S0266467405002476
- Langsa, H. M., Marwa, J., & Hematang, L. F. (2020). *Indeks kualitas lingkungan hidup Provinsi Papua Barat 2019* (S. A. Sinery (ed.); 1st, 2020th ed.). Deepublish, CV. Budi Utama.
- Marasabessy, I., Badarudin, M. I., Sarwa, G., & Iek, F. (2020). Identifikasi potensi ekologi pulau kecil berdasarkan aspek geofisik (Studi kasus: Pulau Sakanun Kabupaten Sorong. *Jurnal Riset Perikanan Dan Kelautan*, 2(1), 176-188.
- Martuti, N. K. T., Setyowati, D. L., & Nugraha, S. B. (2019). *Ekosistem mangrove (keanekaragaman, fitoremediasi, stok karbon, peran dan pengelolaan)*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Negeri Semarang Gedung Prof Dr Retno Sriningsih Satmoko Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2004). *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang mutu baku air laut*.
- Mitchell, K. (2023). *Quantitative analysis by the point-centered quarter method* (Second). Department of Mathematics and Computer Science Hobart and William Smith Colleges Geneva, NY 14456.
- Nababan, E. J. K., Qurniati, R., & Kustanti, A. (2016). Modal sosial pada pengelolaan dan pelestarian hutan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*, 4(2), 89. doi:10.23960/jsl2489-100
- Odum, E. P. (1996). *Dasar - dasar ekologi* (Cet.3). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Pandeirot, G. L., Rumengan, A. P., Paruntu, C. P., Darwisito, S., Ompi, M., & Wantasen, A. S. (2020). Analisis struktur komunitas mangrove di kawasan sekitar PT. Conch Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 8(2), 104–113. doi:10.35800/jplt.8.2.2020.30000
- Pemerintah Provinsi Papua Barat. (2009). *Laporan status lingkungan hidup daerah Provinsi Papua Barat* (pp. 1–141).
- Prinasti, N. K. D., Dharma, I. G. B. S., & Suteja, Y. (2020). Struktur komunitas vegetasi mangrove berdasarkan karakteristik substrat di taman hutan raya Ngurah Rai, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(1), 90. doi:10.24843/jmas.2020.v06.i01.p11
- Rahadian, A., Leilan, F., Arafat, I. N., & Lestari, T. A. (2019). Ecosystem mangrove management in urban area: case study mangrove Kali Adem Jakarta Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 399(1), 1–9. doi:10.1088/1755-1315/399/1/012008
- Rahmadi, M. T., Suciani, A., & Auliani, N. (2020). Analisis perubahan luasan hutan mangrove menggunakan citra landsat 8 OLI di Desa Lubuk Kertang Langkat. *Media Komunikasi Geografi*, 21(2), 110–119. doi:10.23887/mkg.v21i2.24197 Analisis
- Rahman, Wardiatno, Y., Yulianda, F., & Rusmana, I. (2020). Sebaran spesies dan status kerapatan ekosistem

- mangrove di pesisir Kabupaten Muna Barat, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 10(3), 461–478. doi:10.29244/jpsl.10.3.461-478
- Renta, P. P., Pribadi, R., Zainuri, M., Angraini, M., & Utami, F. (2016). Struktur komunitas mangrove di Desa Mojo Kabupaten Pemalang Jawa Tengah. *Jurnal Enggano*, 1(2), 1–10. doi:10.31186/jenggano.1.2.1-10
- Rifandi, R. A. (2021). Pendugaan stok karbon dan serapan karbon pada tegakan mangrove di kawasan ekowisata mangrove Desa Mojo Kabupaten Pemalang. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 19(1), 93–103. doi:10.36762/jurnaljateng.v19i1.871
- Schaduw, J. N. W. (2019). Struktur komunitas dan persentase penutupan kanopi mangrove Pulau Salawati Kabupaten Kepulauan Raja Ampat Provinsi Papua Barat. *Majalah Geografi Indonesia*, 33(1), 26–34. doi:10.22146/mgi.34745
- Setyobudiandi, I., Sulistiono, Yulianda, F., Kusmana, C., Hariyadi, S., Damar, A., Sembiring, A., & Bahtiar. (2009). *Sampling dan analisis data perikanan dan kelautan (terapan metode pengambilan contoh di wilayah pesisir dan laut)* (Cet.1). Institut Pertanian Bogor.
- Sidik, F., Wigati, N., Zaky, A. R., Hidayat, J. J., Kadarisman, H. P., & Islamy, F. (2018). *Panduan mangrove estuaria perancah* (Pertama.). Balai Kementerian Kelautan dan Perikanan (Riset dan Observasi Laut (BROL) Jembrana, Bali.
- Sipahelut, P., Wakano, D., & Sahetian, D. E. (2019). Keanekaragaman jenis dan dominansi mangrove di pesisir pantai Desa Sehati Kecamatan Amahai, Kabupaten Maluku Tengah. *Biosel: Biology Science and Education*, 8(2), 160–170. doi:10.33477/bs.v8i2.1145
- Sipayung, R. H., & Poedjarahajoe, E. (2021). Pengaruh karakteristik habitat mangrove terhadap kepadatan kepiting (*Scylla serrata*) di pantai tara Kabupaten Demak, Jawa Tengah. *Jurnal Tambora*, 5(2), 21–30. doi:10.36761/jt.v5i2.1113
- Suardana, A. A. M. A. P., Anggraini, N., Nandika, M. R., Aziz, K., As-Syakur, A. R., Ulfa, A., Wijaya, A. D., Prasetyo, W., Winarso, G., & Dimiyati, R. D. (2023). Estimation and mapping above-ground mangrove carbon stock using sentinel-2 data derived vegetation indices in Benoa Bay of Bali Province, Indonesia. *Forest and Society*, 7(1), 116–134. doi:10.24259/fs.v7i1.22062
- Sutiono, W., Wicaksono, A., & Asriadi, A. (2019). Evaluasi tata ruang Distrik Sorong Timur dengan menggunakan aplikasi GIS. *Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sorong*, 1(1), 1–6. doi:10.33506/rb.v5i1.742
- Tabalessy, R. R. (2014). Pengelolaan ekosistem mangrove di Kota Sorong Provinsi Papua Barat. In *Tesis* (pp. viii–149). Universitas Samratulangi.
- Tabalessy, R. R. (2023). *Ekosistem mangrove Kota Sorong (kajian kondisi kosistem, nilai Manfaat, dan prioritas pengelolaan)* (A. Hapsan (ed.); Cetakan I). CV. Ruang Tenor, Jl. Borong Sapiri, Komp. Perum. Bukit Grand Mas 2 Blok B3 No. 5, Kec. Bontomarannu, Kab. Gowa, 92171.
- Uthbah, Z., Sudiana, E., & Yani, E. (2017). Analisis biomasa dan cadangan karbon pada berbagai umur tegakan damar (Agathis dammara (Lamb.) Rich.) di KPH Banyumas Timur. *Scripta Biologica*, 4(2), 119. doi:10.20884/1.sb.2017.4.2.404
- Van Zanten, B. T., Brander, L. M., Gutierrez Torres, D., Uyttendaele, G. Y. P., Herrera Garcia, L. D., Patrama, D., & Kaczan, D. J. (2021). The economics of large-scale mangrove conservation and restoration in Indonesia. In *The Economics of Large-scale Mangrove Conservation and Restoration in Indonesia*. doi:10.1596/37605
- Wahyudi, A., Yamani, A., & Rudy, G. S. (2021). Analisis dominasi dan keterhidupan minimum vegetasi penyusun hutan mangrove di Desa Kuala Tambangan Kecamatan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal Sylva Scientiae*, 4(6), 1075. doi:10.20527/jss.v4i6.4609
- Wailisa, R., Putuhena, J. D., & Souselisa, F. (2022). Analisis kualitas air di hutan mangrove pesisir negeri Amahai Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 6(1), 57–71. doi:10.30598/10.30598.jhppk.2022.6.1.57
- Zakia, R., & Lestari, F. (2022). Karakteristik ekologi ekosistem mangrove di perairan estuari Sei Carang Kota Tanjungpinang, Kepulauan Riau. *Jurnal Akuatiklestari*, 6(1), 62–68. doi:10.31629/akuatiklestari.v6i1.5534
- Zurba, N. (2017). *Mangrove dan strategi pengelolaannya* (Cetakan I). Unimal Press, Jl. Sulawesi No.1-2 Kampus Bukit Indah Lhokseumawe