



## Produksi Biomassa Serasah dan Dinamika Kerapatan Mangrove di Kawasan Hutan Mangrove Pulau Penyu, Kabupaten Badung

Syahitna Dicya Amalia<sup>a</sup>, Widiastuti<sup>a\*</sup>, dan Gede Surya Indrawan<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

\*Corresponding author, email: [widiastutikarim@unud.ac.id](mailto:widiastutikarim@unud.ac.id)

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Article history:

Received: 8 April 2026

Received in revised form: 24 April 2026

Accepted: 3 Agustus 2026

Available online: 3 Agustus 2026

Mangrove litterfall is organic material that falls from mangrove trees and accumulates in coastal ecosystems. In the mangrove forest area of Pulau Penyu, Badung, there is still limited data on mangrove density dynamics and mangrove litterfall production. The research aims to determine the density, leaf litterfall biomass production, and dynamics of individual mangrove density in the Pulau Penyu Mangrove Forest, Badung Regency. Litterfall sampling was conducted using 1x1 m traps at three (3) different stations over a period of six (6) weeks. The research stations were determined based on the purposive sampling method. Mangrove density within the area was calculated in 10 x 10 m transects, and the relationship between mangrove density and mangrove litterfall production was analyzed using linear regression. This study shows that the mangrove density at station 1 is 2717 individuals/ha, at station 2 it is 2217 individuals/ha, and at station 3 it is 2017 individuals/ha. Additionally, the daily mangrove litterfall production at station 1 is 3.02 g/m<sup>2</sup>/day, at station 2 it is 2.48 g/m<sup>2</sup>/day, and at station 3 it is 2.6 g/m<sup>2</sup>/day. A comparison of data from 2015 and 2024 shows an increase in the number of mangrove individuals, with a difference of 145 individuals. A comparison of data from 1994 and 2024 shows a difference of approximately 300-1600 individuals.

Keywords: density, dynamic, ecosystem, mangrove, Penyu Island

### ABSTRAK

Serasah mangrove adalah bahan organik yang jatuh dari pohon mangrove dan terakumulasi di ekosistem pesisir. Di kawasan hutan mangrove Pulau Penyu, Badung, belum banyak data terkait dinamika kerapatan mangrove serta data produksi serasah mangrove. Tujuan penelitian adalah mengetahui kerapatan, jumlah produksi biomassa serasah, dan dinamika kerapatan individu mangrove di hutan Mangrove Pulau Penyu, Kabupaten Badung. Pengambilan sampel serasah dilakukan dengan perangkap ukuran 1x1 m di tiga (3) stasiun berbeda selama enam (6) minggu. Penentuan stasiun penelitian dilakukan berdasarkan metode purposive sampling. kerapatan individu mangrove di dalam area dihitung dalam transek berukuran 10 x 10 m, dan hubungan antara kerapatan mangrove dengan jumlah produksi serasah mangrove dianalisis menggunakan regresi linear. Penelitian ini menunjukkan bahwa kerapatan mangrove di stasiun 1 sebesar 2717 ind/ha, stasiun 2 sebesar 2217 ind/ha, dan stasiun 3 sebesar 2017 ind/ha. Selain itu produksi harian serasah mangrove pada stasiun 1 sebesar 3,02 g/m<sup>2</sup>/hari, pada stasiun 2 sebesar 2,48 g/m<sup>2</sup>/hari, dan pada stasiun 3 sebesar 2,6 g/m<sup>2</sup>/hari. Perbandingan data tahun 2015 dan 2024 menunjukkan adanya penambahan jumlah individu mangrove dengan selisih sebesar 145 individu dan perbandingan data tahun 1994 dan 2024 menunjukkan adanya selisih sekitar 300-1600 individu.

Kata Kunci: biomassa, kerapatan, mangrove, Pulau Penyu, serasah

## 1. Pendahuluan

Ekosistem mangrove terdiri dari pepohonan dan semak yang toleran terhadap garam yang beradaptasi untuk hidup di zona intertidal, secara khusus beradaptasi untuk bertahan hidup di lingkungan air asin dan air payau (Acharya *et al.*, 2023). Hutan mangrove memiliki fungsi ekologis antara lain sebagai tempat pemijahan, tempat mencari makan dan berkembang biak ikan, kepiting, dan udang, serta mencegah abrasi pantai, menahan intrusi air laut, dan mengurangi emisi gas rumah kaca dan polutan di perairan pantai (Hadian *et al.*, 2023). Organisme-organisme yang tinggal di hutan mangrove tidak hanya mengandalkan perlindungan dari pohon-pohon mangrove, namun juga mengandalkan serasah mangrove sebagai sumber nutrisi (Wainwright *et al.*, 2023).

Serasah mangrove mengacu pada bahan organik, seperti daun dan puing-puing tanaman lainnya, yang jatuh dari pohon mangrove dan menumpuk di dasar hutan dan di muara terdekat dan perairan pesisir (Asensio-Montesinos *et al.*, 2023). Kerapatan pohon mangrove berkorelasi positif dengan produksi serasah dan detritus, menunjukkan bahwa peningkatan produksi serasah dapat dikaitkan dengan kerapatan pohon mangrove yang lebih tinggi (Pringgenies, 2018). Menurut Rizal *et al.*, (2018) luas hutan mangrove di Indonesia telah menurun secara signifikan. Penurunan luas hutan mangrove ini mengakibatkan masuknya bahan organik dalam ekosistem mangrove mengalami penurunan. Perubahan luasan dan kerapatan hutan mangrove ini memerlukan pemantauan secara berkala, namun data perubahan kerapatan mangrove tersebut belum banyak tersedia.

Salah satu daerah dengan hutan mangrove tersebut adalah kawasan hutan mangrove Pulau Penyu yang terletak di Kecamatan Bena, Kabupaten Badung. Mangrove di Pulau Penyu Bena memiliki berbagai fungsi dalam membantu keberlangsungan ekosistem laut, yaitu habitat, tempat berkembang biak, dan tempat pemijahan bagi biota yang hidup di hutan mangrove (Faiqoh *et al.*, 2016). Penelitian di Hutan mangrove Pulau Penyu yang dilakukan oleh Faiqoh *et al.*, (2016) ditemukan 4 spesies berbeda antara lain, *Sonneratia alba*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, dan *Bruguiera gymnorrhiza*. komunitas makrozoobenthos (Faiqoh *et al.*, 2016), laju dekomposisi serasah daun mangrove (Ampun *et al.*, 2020) di Pulau Penyu telah diketahui, akan tetapi produksi biomassa serasah dan dinamika kerapatan mangrove di kawasan hutan mangrove tersebut belum diketahui.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan April-Juni 2024 di Kawasan Hutan Mangrove Pulau Penyu, Kelurahan Tanjung Bena, Kecamatan Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali (Gambar 1), dan pengeringan sampel serasah dilakukan di Laboratorium Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana dan Perikanan, Universitas Udayana.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

### 2.2.1 Penentuan Titik Sampling

Penentuan stasiun penelitian dilakukan berdasarkan metode purposive sampling. *Purposive sampling* adalah teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2013). Penentuan lokasi diawali dengan survei lokasi untuk mengetahui gambaran umum lokasi penelitian. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada hasil survei kawasan hutan mangrove Pulau Penyu yakni memiliki karakteristik berupa jenis mangrove yang cukup beragam dengan medan kawasan yang minim risiko. Stasiun penelitian ditentukan berdasarkan hasil survei awal dan penentuan stasiun ini juga berdasarkan kriteria kerapatan oleh Rahman *et al.*, (2019) yaitu rapat ( $>15$  ind/are), sedang ( $>10-15$  ind/are), dan rendah ( $>10$  ind/are):

Tabel 1. Titik Sampel Pengambilan Data

| Stasiun (St) | Koordinat                     | Substrat                       | Kategori kerapatan |
|--------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| 1            | -8.761953 BT<br>115.217028 LS | berpasir dan sedikit berlumpur | Rapat              |
| 2            | -8.762750 BT<br>115.217391 LS | berlumpur dan sedikit berpasir | Sedang             |
| 3            | -8.760955 BT<br>115.217116 LS | berlumpur dan sedikit berpasir | Rendah             |

### 2.2.2 Prosedur kerja

#### 2.2.2.1 Pengukuran kerapatan mangrove

Kondisi mangrove diukur menggunakan metode transek garis dan petak contoh (Line Transect Plot). Metode transek garis dan petak contoh (Transect Line Plot) adalah metode pencuplikan contoh populasi suatu ekosistem dengan pendekatan petak contoh yang berada pada garis yang ditarik melewati wilayah ekosistem tersebut. Metode pengukuran ini merupakan salah satu metode pengukuran yang paling mudah dilakukan, namun memiliki tingkat akurasi dan ketelitian yang akurat (Kepmen LH Nomor: 201 tahun 2004). Transek garis yang digunakan pada penelitian ini menggunakan transek garis sebanyak 2 (dua) buah transek garis di masing-masing stasiun. Pada transek garis tersebut dipasang 3 (tiga) plot yang dipasang secara bebas dengan ukuran 10 m x 10 m (100 m<sup>2</sup>). Peletakan transek garis dan plot disesuaikan dengan kriteria kerapatan pada masing-masing stasiun. Jarak antar plot maksimal 10 m sedangkan jarak antar transek garis minimal 10 m. Transek garis dan plot ini berguna untuk mempelajari komposisi dan kerapatan vegetasi mangrove, serta untuk mengetahui struktur komunitas mangrove (Guo dan Li, 2013).

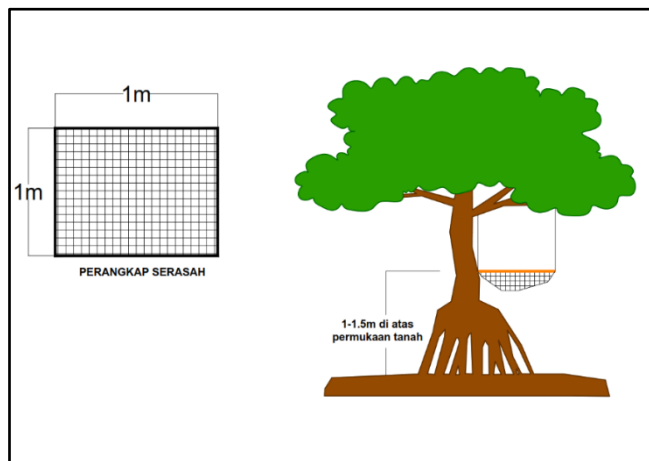
Peneliti mengidentifikasi jenis mangrove dan menghitung kerapatan individu mangrove pada setiap plot. Identifikasi jenis dan kerapatan dilakukan sekali pada awal penelitian, yakni pada saat pemasangan perangkat serasah. Mangrove yang diukur dan dihitung adalah pohon yang memiliki lingkaran batang pohon 16 cm atau berdiameter  $>5$  cm. menurut Schaduw (2021) lingkaran batang dan diameter tersebut masuk dalam kategori pohon.

#### 2.2.2.2 Pengukuran serasah mangrove

Pengukuran produksi serasah mangrove dilakukan dengan memasang perangkat serasah yang dibuat dari jaring berukuran 1 m x 1 m dengan mata jaring 1-3 mm (Efendi, 2018). Perangkat serasah yang dipasang berjumlah 4 buah. Jumlah perangkat serasah yang diletakkan bisa 2, 3, atau 4 buah perangkat (Rahman *et al.*, 2019). Perangkat serasah dipasang setinggi 1-1,5 m (Gambar 2) di bawah vegetasi mangrove dengan lingkaran batang tertentu. Dari hasil analisis korelasi dan regresi yang dilakukan oleh Rusianti *et al.*, (2022) menunjukkan adanya hubungan positif

yang sangat kuat antara *Diameter at Breast Height* (DBH) dengan produksi serasah. Oleh karena itu, objek yang dipasang perangkat hanya vegetasi mangrove yang memiliki tinggi lebih dari 1,5 m dengan diameter 10 cm atau lebih. menurut Setyobudiandi *et al.*, (2009) kategori ini termasuk dalam mangrove kategori dewasa.

Serasah yang terperangkap diambil setiap 7 (tujuh) hari sekali selama 6 minggu dengan 6 (enam) kali pengulangan (Efendi, 2018), lalu serasah dimasukkan ke dalam kantong plastik. Lalu dipisahkan masing-masing fraksi yakni daun, ranting, bunga, dan buah. Kemudian peneliti melakukan penimbangan berat basah serasah menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 g. Serasah yang telah ditimbang selanjutnya diambil sampel sebanyak 100 g lalu dikeringkan menggunakan bantuan oven dengan suhu 130° C selama 48 jam atau hingga beratnya konstan. Setelah serasah kering, selanjutnya serasah kembali ditimbang dan dicatat hasil timbangannya (Rahman *et al.*, 2020a).



Gambar 2. Perangkat serasah mangrove

### 2.3 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan meliputi analisis kerapatan mangrove, INP (Indeks Nilai Penting), fraksi biomassa, dan produksi biomassa serasah mangrove.

#### 2.3.1 Analisis Kerapatan Individu

Kerapatan individu mangrove adalah jumlah tegakan pohon per satuan area (hektar), yang menunjukkan kepadatan komunitas mangrove. Analisis kerapatan individu mangrove dihitung dengan persamaan 1 (Rahman *et al.*, 2020a).

$$K \left( \frac{\text{ind}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Jumlah total individu ke-}i}{\text{Luas area}} \quad (1)$$

Menurut Rahman *et al.* (2019) Kerapatan mangrove dibagi menjadi beberapa kategori (seperti pada tabel 2).

Tabel 2. Kerapatan Individu Mangrove

|       | Kriteria     | Kerapatan (pohon/ha) |
|-------|--------------|----------------------|
| Baik  | Sangat Rapat | $\geq 1.500$         |
|       | Sedang       | $\geq 1000 - <1500$  |
| Rusak | Jarang       | $<1000$              |

#### 2.3.2 Indeks Nilai Penting

Indeks Nilai Penting (INP) mangrove adalah ukuran untuk mengetahui peran dominan suatu jenis mangrove dalam ekosistem, dihitung dari penjumlahan Kerapatan Relatif (RDi), Frekuensi Relatif (RFi), dan Penutupan Relatif (RCi), dengan nilai

INP berkisar 0-300. INP dianalisa dengan beberapa persamaan (Kusmana, 1997; Rahman *et al.*, 2020c).

INP = Kerapatan Relatif (KR) + Frekuensi Relatif (FR) + Dominansi Relatif (DR)

- Kerapatan Relatif (KR) adalah proporsi jumlah individu suatu jenis terhadap total individu semua jenis dalam area sampel. KR dapat dihitung dengan persamaan 2:

$$KR(\%) = \frac{K \text{ spesies ke-}i}{K \text{ total}} \times 100\% \quad (2)$$

- Frekuensi Relatif (FR) adalah proporsi jumlah petak sampel tempat suatu jenis ditemukan terhadap total petak sampel. FR dapat dihitung dengan persamaan 3:

$$FR(\%) = \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Frekuensi total}} \times 100\% \quad (3)$$

- Dominansi Relatif (DR) adalah persentase kontribusi luas penutupan tajuk suatu jenis mangrove dibandingkan dengan total luas penutupan tajuk semua jenis. DR dapat dihitung dengan persamaan 4:

$$DR(\%) = \frac{\text{Dominansi suatu jenis}}{\text{Dominansi semua jenis}} \times 100\% \quad (4)$$

### 2.3.3. Fraksi Biomassa

Fraksi biomassa (FB) merujuk pada pemisah komponen-komponen penyusun bahan organik. FB dianalisa dengan persamaan 5 (Rahman *et al.*, 2020a):

$$FB(\%) = \frac{BKS}{BBS} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

FB : Fraksi Biomassa (%)

BKS : Berat Kering Serasah (g)

BBS : Berat Basah Serasah (g)

#### 2.3.4 Produksi Biomassa Harian Serasah Mangrove

Produksi harian serasah dapat dihitung menggunakan persamaan 6 (Rahman *et al.*, 2020a):

$$PB(g/m^2/hari) = \frac{PHBS \times FB}{At} \quad (6)$$

PB : Produksi Biomassa (g/m<sup>2</sup>/hari)

PHBS : Produksi harian berat basah serasah (g/hari)

At : Luas perangkat serasah (m<sup>2</sup>)

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Hasil

#### 3.1.1 Kerapatan Individu Mangrove di Pulau Penyau

Jenis-jenis mangrove yang ditemukan di ketiga stasiun penelitian yaitu *Bruguiera gymnorrhiza*, *Rhizophora apiculata*, dan *Sonneratia alba*. Jenis mangrove *Bruguiera gymnorrhiza* dan *Sonneratia alba* ditemukan di seluruh stasiun, sedangkan jenis *Rhizophora apiculata* hanya ditemukan di stasiun 2 dan stasiun 3. Stasiun 1 memiliki rata-rata kerapatan sebesar 2717 ind/ha dengan jenis yang mendominasi adalah *B. gymnorrhiza*. Pada stasiun 2 memiliki rata-rata kerapatan sebesar 2217 ind/ha dengan jenis yang mendominasi adalah *S. alba*. Stasiun 3 memiliki rata-rata kerapatan sebesar 2017 ind/ha dan jenis yang mendominasi adalah *S. alba*. Ketiga Stasiun memiliki rata-rata kerapatan yang tinggi, hal ini menunjukkan bahwa ketiga stasiun memiliki kondisi kerapatan yang baik. Hasil analisa data menggunakan uji Anova satu arah

menunjukkan angka *P-value* sebesar 0,4 hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan pada ketiga stasiun

**Tabel 3.** Kerapatan Mangrove di Pulau Penyu, Kabupaten Badung. Rata-rata Kerapatan Mangrove (ind/ha)

| Jenis                 | Stasiun 1 | Stasiun 2 | Stasiun 3 |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
| <i>B. gymnorrhiza</i> | 1967±543  | 450 ±468  | 633±951   |
| <i>R. apiculata</i>   | 0         | 350 ±394  | 233±179   |
| <i>S. alba</i>        | 750±497   | 1417±37   | 1150 ±598 |
|                       |           | 6         |           |
| Total (ind/ha)        | 2717      | 2217      | 2017      |
| Kategori kerapatan    | Baik      | Baik      | Baik      |

Indeks nilai penting (INP) pada stasiun 1 menunjukkan bahwa *B. gymnorrhiza* memiliki nilai INP lebih tinggi sebesar 177,66, di stasiun 2 jenis *S. alba* memiliki nilai INP tertinggi sebesar 194,22. Jenis *S. alba* juga memiliki nilai INP terbesar di stasiun 3 yakni sebesar 173,56. Data selengkapnya disajikan dalam tabel 4.

**Tabel 4.** Indeks Nilai Penting.

| St | Jenis Mangrove        | FR (%) | KR (%) | DR (%) | INP (%) |
|----|-----------------------|--------|--------|--------|---------|
| 1  | <i>B. gymnorrhiza</i> | 54,55  | 73,81  | 49,30  | 177,66  |
|    | <i>S. alba</i>        | 45,45  | 26,19  | 50,70  | 122,34  |
|    | Total                 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 300,00  |
| 2  | <i>B. gymnorrhiza</i> | 26,67  | 20,61  | 8,14   | 55,41   |
|    | <i>R. apiculata</i>   | 33,33  | 14,50  | 2,53   | 50,37   |
|    | <i>S. alba</i>        | 40,00  | 64,89  | 89,33  | 194,22  |
|    | Total                 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 300,00  |
| 3  | <i>B. gymnorrhiza</i> | 21,43  | 44,44  | 13,52  | 79,39   |
|    | <i>R. apiculata</i>   | 35,71  | 7,84   | 3,49   | 47,05   |
|    | <i>S. alba</i>        | 42,86  | 47,71  | 82,99  | 173,56  |
|    | Total                 | 100    | 100    | 100    | 300     |

### 3.1.2 Produksi Biomassa Serasah Mangrove

Hasil analisis fraksi biomassa serasah mangrove ditampilkan pada tabel 5. Hasil analisis fraksi biomassa menunjukkan bahwa masing-masing jenis memiliki perbedaan penyusutan massa. Fraksi biomassa yang dihasilkan berkisar antara 39,95 g hingga 80,25 g. Rata-rata penyusutan terbesar dialami oleh fraksi daun sedangkan yang terkecil dialami oleh fraksi ranting. Data fraksi biomassa serasah mangrove selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** Fraksi Biomassa Serasah Mangrove.

| Spesies               | Bagian    | Hasil (g) |      |      |      | FB (g) |
|-----------------------|-----------|-----------|------|------|------|--------|
|                       |           | 1         | 2    | 3    | 4    |        |
| <i>B. gymnorrhiza</i> | Daun      | 48,6      | 42,8 | 49,5 | 50,8 | 47,93  |
|                       | Ranting   | 80,3      | 80   | 80,2 | 80,4 | 80,25  |
|                       | Generatif | 37,5      | 38,5 | 43,6 | 40,2 | 39,95  |
| <i>S. alba</i>        | Daun      | 61,6      | 63   | 58,8 | 59,6 | 60,75  |
|                       | Ranting   | 79,4      | 80,5 | 76,9 | 76,6 | 78,34  |

|                     |           |      |      |      |      |       |
|---------------------|-----------|------|------|------|------|-------|
|                     | Generatif | 55,4 | 48,1 | 48,4 | 58   | 52,49 |
|                     | Daun      | 37,8 | 38,4 | 36,6 | 53,4 | 41,54 |
| <i>R. apiculata</i> | Ranting   | 49,6 | 55,4 | 47,1 | 45,4 | 49,39 |
|                     | Generatif | 38,4 | 47   | 48,2 | 40,8 | 43,6  |

Produksi serasah berkisar antara 2,48 g/m<sup>2</sup>/hari hingga 3,02 g/m<sup>2</sup>/hari. Data hasil analisis produksi serasah mangrove selengkapnya dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6.** Rata-rata Produksi Biomassa Serasah Mangrove

| Rata-rata Produksi Biomassa Serasah Mangrove (g/m <sup>2</sup> /hari) (±SD) |              |           |           |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Jenis Mangrove                                                              | Fraksi       | Stasiun   |           |           |
|                                                                             |              | 1         | 2         | 3         |
| <i>B. gymnorrhiza</i>                                                       | Daun         | 1,6±0,65  | 0,33±0,43 | 0,3±0,39  |
|                                                                             | Ranting      | 0,08±0,08 | 0,06±0,08 | 0,02±0,04 |
|                                                                             | Bunga & Buah | 0,83±0,86 | 0,11±0,15 | 0,11±0,24 |
| <i>R. apiculata</i>                                                         | Daun         | 0         | 0,17±0,18 | 0,31±0,27 |
|                                                                             | Ranting      | 0         | 0,07±0,15 | 0,05±0,05 |
|                                                                             | Bunga & Buah | 0         | 0,13±0,25 | 0,07±0,07 |
| <i>S. alba</i>                                                              | Daun         | 0,25±0,29 | 0,82±0,13 | 0,95±0,16 |
|                                                                             | Ranting      | 0,08±0,12 | 0,38±0,09 | 0,21±0,06 |
|                                                                             | Bunga & Buah | 0,18±0,29 | 0,41±0,16 | 0,58±0,34 |
| Total                                                                       |              | 3,02      | 2,48      | 2,6       |

### 3.1.3 Dinamika Kerapatan Individu Mangrove

Jenis-jenis mangrove di yang ditemukan di Kawasan Hutan Mangrove Pulau Penyu, Benoa pada tahun 2024 memiliki perbedaan yang signifikan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Faiqoh *et al.*, (2015). Adanya perbedaan temuan jenis dan juga jumlah individu yang berbeda mengindikasikan adanya perubahan dominasi jenis serta perkembangan jumlah individu mangrove. Dapat dilihat pada tabel 7, terlihat bahwa jenis *R. apiculata* tidak ditemukan pada penelitian di tahun 2015 sedangkan jenis *R. mucronata* dan *R. stylosa* tidak ditemukan di tahun 2024. Selain itu jumlah individu jenis *B. gymnorrhiza* dan *S. alba* mengalami peningkatan yang cukup signifikan.

**Tabel 7.** Dinamika Jumlah Individu Mangrove Tahun 2015 dan 2024

| Jenis                 | Tahun |      | Perubahan |
|-----------------------|-------|------|-----------|
|                       | 2015  | 2024 |           |
| <i>B. gymnorrhiza</i> | 120   | 183  | 63        |
| <i>R. apiculata</i>   | 0     | 35   | 35        |
| <i>R. mucronata</i>   | 4     | 0    | -4        |
| <i>R. stylosa</i>     | 52    | 0    | -52       |
| <i>S. alba</i>        | 112   | 199  | 87        |
| Total                 | 288   | 417  | 129       |

Dibandingkan dengan data kerapatan yang diteliti oleh Sugianthi *et al.*, (2012) menyajikan data kerapatan mangrove pada tahun 1994. Perbandingan data pada tahun 1994 dan 2024 menunjukkan adanya beberapa perbedaan yang cukup signifikan.

**Tabel 8.** Perubahan Kerapatan Individu Mangrove Tahun 1994 dan 2024

| Kerapata<br>n | Perubahan Kerapatan Individu Mangrove<br>Tahun |                                   |
|---------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|
|               | 1994                                           | 2024                              |
| Rapat         | 316.47-357.10 ind/ha                           | 1.900-3.700 ind/ha                |
| Sedang        | 273.29-316.47 ind/ha                           | 1.100-1.200 ind/ha                |
| Rendah        | 252.98-273.29 ind/ha                           | 600 ind/ha                        |
| Metode        | Pengambilan data menggunakan Landsat           | Pengambilan data menggunakan plot |

### 3.2 Pembahasan

#### 3.2.1 Kerapatan Mangrove

Kerapatan mangrove di hutan mangrove Pulau Penyu berkisar antara 2.017 ind/ha hingga 2.717 ind/ha. Pada stasiun 1 kerapatan mangrove menunjukkan angka 2.717 ind/ha, di stasiun 2 angka kerapatan mangrove menunjukkan angka 2.217 ind/ha, dan di stasiun 3 menunjukkan angka 2.017 ind/ha. Berdasarkan pedoman kriteria kerusakan mangrove dalam Kepmen LH Nomor 201 Tahun 2004, kerapatan mangrove tersebut termasuk ke dalam nilai kerapatan baik. Hasil analisa data menggunakan uji Anova satu arah menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan pada ketiga stasiun (lampiran 3)

Kerapatan jenis mangrove di masing-masing stasiun memiliki perbedaan, pada stasiun 1 didominasi oleh *B. gymnorrhiza* sebanyak 1.967 ind/ha, stasiun 2 didominasi oleh jenis *S. alba* sebanyak 1.417 ind/ha, dan stasiun 3 didominasi oleh jenis *S. alba* sebanyak 1.150 ind/ha. Dominasi jenis di masing-masing stasiun ini dipengaruhi oleh adanya zonasi mangrove. Berdasarkan penelitian Hidayat *et al.*, (2024), dominansi *B. gymnorrhiza* pada stasiun pengamatan tertentu sering kali dikaitkan dengan kedalaman substrat lumpur dan kandungan bahan organik yang tinggi. Spesies ini memiliki kemampuan kompetitif yang lebih kuat dibandingkan *Rhizophora* spp. Dapat terlihat pada hasil bahwa pada stasiun 1 tidak ditemukan jenis *R. apiculata*. Jenis *R. apiculata* ini dapat hidup subur pada kondisi lingkungan yang tergenang air dan substrat berlumpur (Amaliyah *et al.*, 2017), sedangkan pada stasiun 1 memiliki kondisi substrat yang berpasir dan stasiun ini tidak digenangi air ketika surut. Stasiun 2 dan stasiun 3 dialiri air setiap waktu sehingga *R. apiculata* mampu hidup dan berkembang di kedua stasiun.

*S. alba* dikenal sebagai spesies pionir yang memiliki toleransi tinggi terhadap salinitas laut penuh. Berdasarkan studi Pratama dan Nugraha (2024), dominansi spesies ini pada stasiun yang berhadapan langsung dengan laut lepas disebabkan oleh kemampuannya dalam menahan energi gelombang dan beradaptasi pada substrat yang cenderung berpasir atau campuran pasir-lumpur. Penelitian Sari *et al.*, (2025) menyoroti bahwa dominansi *S. alba* di suatu stasiun dengan frekuensi penggenangan harian yang tinggi didukung oleh sistem perakaran napas (pneumatophore) yang masif. Akar napas berbentuk kerucut ini memungkinkan spesies tersebut mendominasi area yang memiliki kondisi tanah anaerob ekstrem karena efisiensi pengambilan oksigen yang lebih baik dibandingkan spesies lain di zona yang sama.

#### 3.2.2 Produksi biomassa serasah Mangrove

Hasil analisa data fraksi biomassa serasah mangrove menunjukkan bahwa penyusutan materi pada bagian mangrove memiliki perbedaan. Rata-rata penyusutan berat daun *B. gymnorrhiza*, *R. apiculata*, *S. alba* secara berurutan adalah 52,07%, 39,25%, dan 58,46%. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ampun *et al.*, (2020) laju penyusutan (laju dekomposisi) serasah daun *B. gymnorrhiza* dan *S. alba* mencapai angka lebih dari 90%.

Perbedaan hasil penyusutan materi serasah yang cukup signifikan ini diakibatkan oleh adanya perbedaan kondisi terutama perbedaan suhu, kelembaban, serta jangka waktu pengeringan. Metode yang digunakan dalam penelitian Ampun *et al.* (2020) adalah membiarkan materi serasah pada suhu udara normal dan sampel serasah ini dibiarkan mengering di habitat aslinya selama 60 hari. Pengeringan materi serasah menggunakan bantuan oven/pengering hanya akan menghilangkan kandungan airnya saja, sementara itu dekomposisi dengan cara menaruh sampel daun mangrove di habitat aslinya akan mendekomposisi seluruh nutrisi sehingga pada metode ini hanya menyisakan padatan saja. Dalam penelitian Mile *et al.*, (2021) mengungkapkan bahwa sisa materi berupa abu pada buah mangrove jenis *R. mucronata* adalah sebesar 0,22%, selain itu kadar air sebesar 52,38%, dan materi lainnya adalah lemak, protein, dan karbohidrat. Menurut Utama *et al.*, (2025) menyoroti bahwa tidak semua serasah terdekomposisi di tempat. Sebagian besar serasah (sekitar 20-30%) terbawa oleh arus pasang (outwelling) ke ekosistem padang lamun dan terumbu karang di sekitarnya. Studi ini menunjukkan bahwa siklus serasah mangrove bertindak sebagai "pompa nutrisi" yang mendukung produktivitas perikanan di wilayah pesisir melalui penyediaan partikel organik bagi organisme pemakan detritus (detritivora).

Produksi serasah mangrove di hutan mangrove Pulau Penyu tergolong memiliki kontribusi masukan bahan organik yang signifikan ke dalam ekosistem mangrove. Produksi serasah mangrove di hutan mangrove Pulau Penyu berkisar antara 2,48 hingga 3,02 g/m<sup>2</sup>/hari, produksi serasah ini jika dibandingkan dengan penelitian lain di beberapa kawasan di Indonesia tidak berbeda jauh. Penelitian yang dilakukan di Surabaya, Indonesia menunjukkan produksi serasah harian berkisar antara 2,15 hingga 3,28 g/m<sup>2</sup>, dengan serasah daun sebagai komponen dominan (76,26% - 78,53%) (Purnobasuki *et al.*, 2023). Selain itu penelitian yang dilakukan di Kurau Timur, Bangka Belitung memiliki laju produksi sebesar 2,72 g/m<sup>2</sup>/hari, dengan daun merupakan 66% dari serasah (Randiansyah *et al.*, 2023). Lalu di Aceh, Pusong Cium rata-rata produksi serasah adalah 2,74 g/m<sup>2</sup>/hari, dengan kontribusi signifikan dari *Avicennia alba* (Dewiyanti *et al.*, 2021), sedangkan di Ruyung, Aceh Besar total produksi tercatat sebesar 119,30 g/m<sup>2</sup> selama 30 hari (3,98 g/m<sup>2</sup>/hari), yang menunjukkan kontribusi bahan organik yang signifikan terhadap ekosistem mangrove (Farahisah *et al.*, 2023). Namun di Muara Pagatan, Kalimantan Selatan, produksi serasah secara signifikan lebih tinggi, dengan laju antara 218,51 g/m<sup>2</sup> hingga 858,28 g/m<sup>2</sup> selama 45 hari (4,86 hingga 19,07 g/m<sup>2</sup>/hari), yang menunjukkan produktivitas *Rhizophora mucronata* yang tinggi (Selviani *et al.*, 2024).

#### 3.2.3 Dinamika Kerapatan Mangrove

Jenis mangrove yang ditemukan antara lain *B. gymnorrhiza*, *S. alba*, dan *R. apiculata*. Jenis mangrove yang sama ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh Faiqoh *et al.* (2016) pada 14 Oktober 2015 di tempat yang sama, dengan metode pengambilan data yang sama ditemukan jenis *B. gymnorrhiza* dan *S. alba* serta jenis yang membedakan adalah *R. stylosa* dan *R. mucronata*. Tidak ditemukannya jenis *R. stylosa* dan *R. mucronata* ini dapat dikaitkan dengan sebaran jenis dan perbedaan titik pengambilan sampel/peletakan petak contoh. Sementara itu jenis *R. stylosa* yang ditemukan pada penelitian Faiqoh *et al.* (2016)

hanya sebanyak 2 (dua) individu saja, hal ini menunjukkan bahwa jenis *R. stylosa* memiliki penyebaran yang tidak merata dan jenisnya tidak mendominasi.

Data jumlah tegakan mangrove yang terhitung adalah sebanyak 423 individu pada pengukuran total 18 plot, tegakan *B. gymnorrhiza* ditemukan sebanyak 187 individu, sementara *S. alba* sebanyak 203 individu, dan *R. apiculata* sebanyak 33 individu. Sedangkan hasil yang ditemukan oleh Faiqoh *et al.* (2016) menyebutkan bahwa terdapat 144 individu yang ditemukan pada 9 plot (288 individu jika disamakan menjadi 18 plot). Jika dibandingkan terdapat perbedaan jumlah yang cukup signifikan. Dari kedua data tersebut terdapat selisih sebesar 145 individu. Selisih jumlah individu ini menunjukkan adanya perubahan kerapatan mangrove menjadi lebih tinggi.

Nilai INP pada stasiun 1 menunjukkan bahwa jenis *B. gymnorrhiza* mendominasi, sementara itu analisis nilai INP pada stasiun 2 dan stasiun 3 jenis yang mendominasi adalah *S. alba*. Hasil analisis nilai INP tersebut menunjukkan adanya perubahan dominansi jenis di Kawasan Hutan Mangrove Pulau Penyu. Berdasarkan hasil penelitian Faiqoh *et al.* (2016) pada Oktober 2015 menunjukkan bahwa pada Stasiun 1 jenis *S. alba* memiliki Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi sebesar 192.27, di stasiun 2 jenis *R. stylosa* dengan nilai INP sebesar 212.66, dan di stasiun 3 didominasi oleh jenis *S. alba* dengan nilai INP sebesar 133.74. Perbedaan dominansi jenis di Kawasan Hutan Mangrove Pulau Penyu ini dapat mengindikasikan adanya perubahan dominansi jenis.

Adanya perubahan dominansi jenis serta kerapatan mangrove ini dapat diakibatkan oleh berbagai faktor, termasuk kompetisi antarspesies, perubahan lingkungan seperti substrat dan suhu, serta aktivitas antropogenik (Suryadi *et al.*, 2021). Selain itu parameter kualitas air seperti salinitas, oksigen terlarut, tingkat nutrisi, kekeruhan, fluoresensi, dan suhu, yang semuanya esensial bagi kelangsungan hidup dan pertumbuhan vegetasi mangrove (Yulianto *et al.*, 2024). Selain itu, kondisi alami seperti salinitas, karakteristik tanah, pola pasang surut, serta tingkat polusi organik dan anorganik turut berperan krusial dalam membentuk dinamika ekosistem mangrove (Aswin *et al.*, 2021). Namun perlu adanya penelitian lebih lanjut dan berkala terkait faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan dominansi jenis dan peningkatan kerapatan individu mangrove ini.

Perbandingan data pada tahun 1994 dan 2024 menunjukkan adanya perubahan yang signifikan yakni selisih kerapatan pada masing-masing kategori. Selisih jumlah individu pada setiap kategori dalam data tahun 1994 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, berbeda dengan selisih jumlah individu pada data tahun 2024. Dari data tersebut, dapat dilihat bahwa terdapat kenaikan pada setiap kategori kerapatan, pada kerapatan rendah berkisar antara 327-347 ind/ha, kerapatan sedang 727-884 ind/ha, dan kerapatan tinggi 1.584-3.343 ind/ha. Perubahan data tersebut dapat mengisyaratkan adanya perubahan yang masif dan positif pada kerapatan mangrove selama kurun waktu 30 tahun. Namun perlu adanya pengecekan ulang terkait data dan panduan yang dipakai dalam penelitian di tahun 1994 tersebut. Selain itu perbedaan metodologi pengambilan data memungkinkan adanya jarak yang cukup jauh antara data di tahun 1994 dan 2024 (Data tahun 1994 diambil dengan Landsat sedangkan data tahun 2024 menggunakan metode sampling langsung di tempat penelitian menggunakan plot).

## Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian berkaitan dengan produksi serasah dan kerapatan mangrove, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kerapatan mangrove di hutan mangrove Pulau Penyu, Kabupaten Badung memiliki kerapatan yang sangat baik dengan nilai kerapatan sebesar 2.317 ind/ha
2. Produksi biomassa harian serasah mangrove di hutan mangrove Pulau Penyu, Kabupaten Badung memiliki kontribusi masukan bahan organik yang cukup signifikan dengan produksi biomassa sebesar 2,7 g/m<sup>2</sup>/hari.
3. Perbandingan data menunjukkan adanya dinamika jumlah individu mangrove yang positif dan jumlah serta dominansi jenis mangrove juga mengalami perubahan.

## Daftar Pustaka

- Acharya, S., Pradhan, M., Mahalik, G., Ram, B., Parida, S., and Mohapatra, P.K. 2023. Abiotic Stress Tolerance in Mangroves with a Special Reference to Salinity. *Plant Science Today*, 10(2): 58–68. <https://doi.org/10.14719/pst.1925>
- Amaliyah, S., Hariyanto, S., & Purnobasuki, H. 2017. Roots Morphology of *Rhizophora apiculata* Blume as an Adaptation Strategy of Waterlogging and Sediment. *Journal of Biological Sciences*, 17(3), 118–126. <https://doi.org/10.3923/jbs.2017.118.126>
- Amenoudji, C. I., Sanogo, S., Djogli, K. R., Adanve, J. F., and Sodedji, K. F. A. (2024). Effect of Salinity and Substrate on the Emergence and Growth of Propagules of the Mangrove Species *Rhizophora racemosa* in the Sassandra-Dagbego Ramsar Complex, Côte d'Ivoire. *Annual Research & Review in Biology*, 39(7), 21–31. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4878284>
- Ampun, A.C.R.A., Gede, W., dan Suteja, Y. 2020. Laju Dekomposisi Serasah Daun Mangrove *Bruguiera gymnorrhiza* dan *Sonneratia alba* di Kawasan Hutan Mangrove Pulau Penyu, Tanjung Benoa, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(1): 100–100. <https://doi.org/10.24843/jmas.2020.v06.i01.p12>
- Arfan, A., Maru, R., Nyompa, S., Sukri, I., dan Juanda, M. F. (2024). Analysis of Mangrove Density using NDVI and Macrobenthos Diversity in Ampekale Tourism Village South Sulawesi, Indonesia. *Jurnal Sylva Lestari*, 12(2), 230–241. <https://doi.org/10.23960/jsl.v12i2.788>
- Asbar, A., dan Yunus, M. (2022). Estimasi Serapan Karbon pada Substrat Dasar Berdasarkan Tingkat Kerapatan Mangrove di Kawasan Ekowisata Lantebung Kota Makassar. *JOURNAL of INDONESIAN TROPICAL FISHERIES (JOINT-FISH) : Jurnal Akuakultur, Teknologi Dan Manajemen Perikanan Tangkap, Ilmu Kelautan*, 5(1), 99–109. <https://doi.org/10.33096/joint-fish.v5i1.100>
- Asensio-Montesinos, F., López-Rodríguez, F., & Anfuso, G. 2023. Marine Litter Impacting Beaches and Mangrove Forests: A Characterization and Assessment within the Archipelago of Jambelí, Ecuador. *Journal of Coastal Research*, 39(3). <https://doi.org/10.2112/jcoastres-d-22a-00014.1>
- Chowdhury, R., Sutradhar, T., Begam, Mst. M., Mukherjee, C., Chatterjee, K., Basak, S., & Ray, K. (2019). Effects of Nutrient Limitation, Salinity Increase, and Associated Stressors on Mangrove Forest Cover, Structure, and Zonation Across Indian Sundarbans. *Hydrobiologia*, 842(1), 191–217. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04036-9>
- Das, S., and Paul, M. 2015. Protein Value of Mangrove Litter: A Study from Indian Sundarbans. *African Journal of Basic & Applied Sciences*, 7(1), 11–15. 10.5829/idosi.ajbas.2015.7.1.92174
- Dewiyanti, I., Syamsiaturofiah, S., El-Rahimi, S. A., Damora, A., and Ulfah, M. 2021. Mangrove litter production in correlation to environmental properties of water in Pusong Cium, Seruway, Aceh Tamiang. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 674(1), 012030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/674/1/012030>
- Efendi, R. A., Khairijon, dan Isda, M. N. 2018. Laju Produksi serasah Pada Dua Vegetasi Dominan Hutan Mangrove Di Desa Bukit Batu Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau. Barat [Skripsi]. Pekanbaru: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. 58 hlm

- Faiqoh, E., Hayati, H., dan Yudiastuti, K. 2016. Studi Komunitas Makrozoobenthos di Kawasan Hutan Mangrove *Pulau Penyu*, Tanjung Benoa, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 2(1): 23–23. <https://doi.org/10.24843/jmas.2016.v2.i01.23-28>
- Farahisah, H., Prasetyawan, A., Khairunnisa, K., & Octavina, C. 2023. Analisis produksi serasah mangrove di desa ruyung kecamatan masjid raya, kabupaten aceh besar. *Jurnal Kemaritiman*, 4(1), 22–29. <https://doi.org/10.17509/ijom.v4i1.60177>
- Farhaby, A.M., Sapriyadi, Henri., dan Arizona. 2023. Analysis of Mangrove Litter Production and Carbon Stock in Sukamandi Village, Belitung Timur Regency. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 1267(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1267/1/012061>
- Farid, S.M. dan Gobel, S. A. (2023). Analisis Produktivitas Serasah Hutan Mangrove di Desa Tutuwoto Kecamatan Anggrek Kabupaten Gorontalo Utara. *Jambura Edu Biosfer Journal*, 5(2), 36–42. <https://doi.org/10.34312/jebj.v5i2.22012>
- Femy Sahami. 2020. Penilaian Kondisi Mangrove Berdasarkan Tingkat Kerapatan Jenis | Mangrove assesment based on species density. *The NIKE Journal*, 6(2). <https://doi.org/10.37905/v.6i2.5185>
- Guo, Q.N. and Li, H.L. 2013. A Comparison Study of Trace Elements along Two Transects in Tidal Mangrove Marsh at Dongzhaiang, Hainan, China. *Advanced Materials Research*, 779-780: 1379–1382. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.779-780.1379>
- Hadian, A., Marzuki, Nurhasanah, and Nurmawati, S. 2023. Environmental Risk Analysis in Magrove and Crab Conservation Areas in Pamusian Village Due to Land Use Change in Tarakan City. *Jurnal Ilmiah Global Education*, 4(2), 980–995. <https://doi.org/10.55681/jige.v4i2.905>
- Hakim, M.A., Lubis, D.P., Harefa, M.S., Damanik, M.R.S., and Suciani, A. 2022. Analysis Changes in Mangrove Forest Cover Using Multi-Sensor Image in North Luwu District South Sulawesi 2015-2020. *Tunas Geografi*, 11(2): 144–155. <https://doi.org/10.24114/tgeo.v11i2.41349>
- Horinouchi, M., Kanou, K., Kon, K., Tongnunui, P., and Sano, M. 2019. Fouch and Macroinvertebrate Fauna Associated with Floating or Drifting Surface Water Mangrove Litter in a Shallow Coastal Area in Trang, Southern Thailand. *Ichthyological Research*, 67(1), 177–184. <https://doi.org/10.1007/s10228-019-00695-9>
- Indah, I. 2024. Hubungan Kerapatan Mangrove Terhadap Kepadatan Kepiting Bakau Di Desa Tungkal Satu Tungkal Ilir Tanjung Jabung Barat [Skripsi]. Jambi: Fakultas Peternakan. 42 hlm.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 201 Tahun 2004 Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove.
- Leiva, R. M. B., and Salas, A., C. 2016. Spatial Distribution of Mangrove Species and their Association with the Substrate Sediment Types, Estuarine Sector Térraba-Sierpe National Wetlands, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 47–60. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i1.23094>
- Ma'ruf, M. S., Arthana, I. W., & Ernawati, N. M. (2022). KOMPOSISI JENIS DAN KONDISI MANGROVE DI TELUK GILIMANUK, TAMAN NASIONAL BALI BARAT. *ECOTROPHIC. Jurnal Ilmu Lingkungan*. *Journal of Environmental Science*, 16(2), 165–165. <https://doi.org/10.24843/ejes.2022.v16.i02.p04>
- Marcos, M. S., Barboza, A. D., Keijzer, R. M., and Laanbroek, H. J. 2017. Tide as Steering Factor in Structuring Archaeal and Bacterial Ammonia-Oxidizing Communities in Mangrove Forest Soils Dominated by *Avicennia germinans* and *Rhizophora mangle*. *Microbial Ecology*, 75(4), 997–1008. <https://doi.org/10.1007/s00248-017-1091-y>
- Mughofar, A., Masykuri, M., & Setyono, P. (2018). ZONASI DAN KOMPOSISI VEGETASI HUTAN MANGROVE PANTAI CENGKONG DESA KARANGGANDU KABUPATEN TRENGGALEK PROVINSI JAWA TIMUR. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 8(1), 77–85. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.1.77-85>
- Mulya, M.B. and Arlen, H. 2018. Production of Litter and Detritus Related to the Density of Mangrove. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 130: 012033–012033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/130/1/012033>
- Pringgenies, D. 2018. Bakteri Konsorsium dari Serasah Mangrove untuk Produksi Kompos (Organic Compost Production from Bacterial Consortium of Mangrove Leaf Litter). *Jurnal Pengelolaan Perairan*, 1(2), 19-26.
- Purnobasuki, H., Amaliyah, S., & Kobayashi, K. (2023). Production and decomposition of mangrove species *rhizophora apiculata* blume in surabaya east coast indonesia. *Borneo Journal of Resource Science and Technology*, 13(2), 53–66. <https://doi.org/10.33736/bjrst.5557.2023>
- Purnobasuki, H., Samo, S., & Hermawan, A. 2022. Litter Fall and Decomposition of Mangrove Species *Avicennia marina* in Surabaya East Coast, Indonesia. *Pakistan Journal of Botany*, 54(4). [https://doi.org/10.30848/pjb2022-4\(45\)](https://doi.org/10.30848/pjb2022-4(45))
- Rahman., Maryono, M., and Sigiyo, O. 2023. What is the True Carbon Fraction Value of Mangrove Biomass? *Malaysian Journal of Science. Series B, Physical & Earth Sciences*, 42(2): 67–72. <https://doi.org/10.22452/mjs.vol42no2.10>
- Rahman., Wardiatno, Y., Yulianda, F., dan Rusmana, I. 2020a. Produksi serasah Musiman pada Berbagai Spesies Mangrove di Pesisir Kabupaten Muna Barat, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(3): 323–333. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.3.323>
- Rahman., Wardiatno, Y., Yulianda, F., dan Rusmana, I. 2020b. Sebaran Spesies dan Status Kerapatan Ekosistem Mangrove di Pesisir Kabupaten Muna Barat, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 10(3): 461–478. <https://doi.org/10.29244/jpsl.10.3.461-478>
- Randiansyah, R., Henri, H., dan Farhaby, A. M. (2023). Analisis Produksi Serasah Mangrove pada Hutan Mangrove Desa Kurau Timur, Kabupaten Bangka Tengah, Bangka Belitung. *JURNAL SAINS TEKNOLOGI & LINGKUNGAN*, 9(3), 491–501. <https://doi.org/10.29303/jstl.v9i3.439>
- Rizal, A., Sahidin, A., and Herawati, H. 2018. Economic Value Estimation of Mangrove Ecosystems in Indonesia. *Biodiversity International Journal*, 2(1). <https://doi.org/10.15406/bij.2018.02.00051>
- Rumondang, A. L., Kusmana, C., & Budi, S. W. 2025. Annual litterfall Production in the Medium-high Tides Mangrove Area of Angke Kapuk Protected Forest. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 15(1), 57. <https://doi.org/10.29244/jpsl.15.1.57>
- Rusianti, C. R., Irmawati, E. S. F., Talakua, S., Alianto, A., Mangando, S., Demena, Y. E., Manalu, E., Eldiester, F. C., Rumbino, F. N. Y., & Raharjo, S. 2022. Struktur Vegetasi Mangrove dan Produksi serasah Mangrove *Sonneratia alba* di Telaga Wasti Kabupaten Manokwari, Papua Barat. *Igya Ser Hanjop*, 4(2): 93–103. <https://doi.org/10.47039/ish.4.2022.93-103>
- Schaduw, J. N. W. 2021. Estimation of Carbon Stored Mangrove Vegetation in Small Islands Bunaken National Park. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 9(2), 289. <https://doi.org/10.35800/jip.v9i2.35746>
- Selviani, S., Zamani, N. P., Natih, N. M. N., & Tarigan, N. B. 2024. Analysis of Mangrove Leaf Litter Decomposition Rate in Mangrove Ecosystem of Muara Pagatan, South Kalimantan. *Jurnal Kelautan Tropis*, 27(1), 103–112. <https://doi.org/10.14710/jkt.v27i1.21913>
- Setyobudiandi, I., Sulistiono., Yulianda, F., Kusmana, C., Hariyadi, S., Damar, A., Sembiring, A., Bahtiar. 2009. Sampling Dan Analisis Data Perikanan Dan Kelautan Terapam Metode Pengambilan Contoh Di Wilayah pesisir Dan Laut. *Fakultas Perikanan Dan Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor*.
- Sugiyono. 2013. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Alfabeta.
- Suryono, S., Soenardjo, N., Wibowo, E., Ario, R., dan Rozy, E. F. 2018. Estimasi Kandungan Biomassa dan Karbon di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *BULETIN OSEANOGRAFI MARINA*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.14710/buloma.v7i1.19036>
- Torres, J. R., Villeda-Chávez, E., Arreola-Lizárraga, J. A., Cristian Tovilla-Hernández, Infante-Mata, D., & Everardo Barba-Macias. 2024. Review and analysis of mangrove litter production in Mexico: A contrasting regions approach. *Madera Y Bosques*, 30(4). <https://doi.org/10.21829/myb.2024.3042530>
- Wainwright, B.J., Millar, T., Bowen, L., Semon, L., Hickman, K.J.E., Lee, J.N., Yeo, Z.Y., and Zahn, G. 2023. The Core Mangrove Microbiome Reveals Shared Taxa Potentially Involved in Nutrient Cycling and Promoting Host Survival. *Environmental Microbiome*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s40793-023-00499-5>

- Wang, J.F., Zhou, H.Z., Jiang, B., Jiang, H.M., Cai, Z.X., He, T., Bai, H., Zhu, H., He, Z.W., and Wang, L.L. 2023. Controlling Heavy Metals Pollution is Vital for the Restoration of Carbon and Nitrogen Transformation Function of Mangrove Ecosystems in the Greater Bay Area, China. *Journal of Water Process Engineering*, 53: 103745. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103745>
- Widhitama, S., Purnomo, P. W., dan Suryanto, A. 2016. Produksi dan Laju Dekomposisi Serasah Mangrove Berdasarkan Tingkat Kerapatannya di Delta Sungai Wulan, Demak, Jawa Tengah. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 5(4), 311–319. <https://doi.org/10.14710/marj.v5i4.14436>
- Wiyanto, D.B., dan Faiqoh, E. 2015. Analisis Vegetasi dan Struktur Komunitas Mangrove Di Teluk Benoa, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 1(1): 1–7. <https://doi.org/10.24843/jmas.2015.v1.i01.1-7>