

REGENERASI ALAMI SEMAIAN MANGROVE DI KAWASAN TELUK BENOA, BALI

NATURAL REGENERATION OF MANGROVE SEEDLINGS IN BENOA BAY, BALI

I Gusti Ayu Istri Pradnyandari Dewi^{1*}, Elok Faiqoh¹, Abd. Rahman As-syakur¹, & I Wayan Eka Dharmawan²

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Bali, 80361, Indonesia

²Pusat Penelitian Oseanografi (P20), LIPI, Jakarta, 14430, Indonesia

*E-mail: elokfaiqoh@unud.ac.id

ABSTRACT

*Mangrove ecosystems have an important role in coastal areas either directly or indirectly. The preservation of the mangrove ecosystem can be described from the seedlings' abundance. Mangrove natural regeneration status was carried out in the Benoa Bay, Bali. The study was aimed to analyze the current natural mangrove regeneration based on the seedling abundance and its correlation with ecological characters. The study area was divided into three zones consist of 30 sampling quadratic plots in total. Seedling and mature stands community structure and environmental parameters data were collected from each plot. Based on the result, the mangrove regeneration state was categorized as fairly good condition. It was implied by seedling abundance compared with tree and sapling density. The highest seedling density was found in zone 2 which was dominated by *Rhizophora mucronata* with an average of 4800 ± 5610 stands/ha. It was significantly different from the other two zones. Variations of the community structure in the three zones had no significant influence on seedlings distribution. Only two environmental factors i.e. pH and redox potential, had a positive correlation and significant correlation with the abundance of mangrove seedlings. The result indicated that the mangrove regeneration state in this area was maintained even though it had faced variable threats.*

Keywords: *community structure, environmental factor, mangrove, regeneration status, seedling*

ABSTRAK

Ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam kawasan pesisir baik secara langsung maupun tidak langsung. Kelestarian ekosistem mangrove dapat digambarkan dari kelimpahan semai. Penelitian tentang status regenerasi alami mangrove telah dilakukan di kawasan Teluk Benoa, Bali. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat regenerasi mangrove berdasarkan kelimpahan semai, serta hubungannya dengan karakter ekologi mangrove dalam kawasan. Area penelitian dibagi menjadi tiga zona dengan total 30 titik pengambilan sampel dengan distribusi yang proporsional. Pada setiap titik dilakukan pengambilan data struktur komunitas semai, tegakan dewasa (pohon, pancang) dan parameter lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan status regenerasi mangrove di kawasan ini termasuk dalam kategori cukup baik, berdasarkan perbandingan dari kelimpahan semai dengan tegakan kategori pancang dan pohon. Kerapatan semai tertinggi ditemukan pada zona 2 yang didominasi oleh *Rhizophora mucronata* dengan rata-rata sebesar 4800 ± 5610 tegakan/ha yang berbeda signifikan dengan dua zona lainnya. Variasi kondisi struktur komunitas mangrove pada tiga zona tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kelimpahan semai. Sementara itu, dua faktor lingkungan yaitu pH dan potensial redoks memiliki korelasi yang positif dan signifikan memengaruhi jumlah sebaran semai mangrove di dalam kawasan. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa tingkat regenerasi mangrove masih mampu bertahan dalam tekanan habitat yang cukup tinggi.

Kata kunci: faktor lingkungan, mangrove, semai, status regenerasi, struktur komunitas

I. PENDAHULUAN

Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang dapat beradaptasi pada kawasan pasang surut (Djameluddin, 2018). Secara fisik, mangrove dapat menjaga daerah pesisir dari hempasan gelombang tinggi, menjaga dari ancaman erosi atau abrasi, menekan laju intrusi air laut (Setiawan, 2013). Ekosistem mangrove digunakan sebagai habitat bagi biota lain serta memegang peran penting dalam rantai makanan perairan (Karimah, 2017). Secara ekonomi, masyarakat dapat memanfaatkan ekosistem mangrove sebagai sumberdaya kayu, serta penghasil bibit (Suzana, 2011; Wiyanto & Faiqoh, 2015).

Indonesia memiliki wilayah hutan mangrove terbesar di dunia. Luasan hutan mangrove di Indonesia mencapai 3.112.989 ha atau 22,6% dari luasan mangrove dunia (Giri *et al.*, 2011). Luasan areal mangrove yang tergolong baik hanya sekitar 1.671.140,75 ha sedangkan 1.817.999,93 berada pada kondisi rusak (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2017). Ekosistem mangrove yang rusak dapat diakibatkan adanya berbagai tekanan dari lingkungan sekitarnya. Pemanfaatan hutan mangrove yang berlebihan dapat mengakibatkan terjadinya degradasi. Menurut Eddy *et al.* (2015) degradasi hutan mangrove di Indonesia cenderung diakibatkan oleh kegiatan perikanan, perkebunan, industri, dan penebangan hutan yang dapat mengganggu optimalisasi fungsi dari hutan mangrove. Terjadinya degradasi akan mengganggu kelestarian ekosistem mangrove. Kelestarian fungsi dan jasa ekosistem mangrove dapat terjamin apabila tingkat regenerasi tegakan dalam kondisi baik secara alami.

Regenerasi mangrove menggambarkan ketahanan ekosistem di masa depan yang dapat dilihat dari keberadaan semai (Putro *et al.*, 2018). Regenerasi alami semaian mangrove umumnya berlangsung dari propagul yang tumbuh dengan sendirinya tanpa perlu adanya penanaman pada kondisi

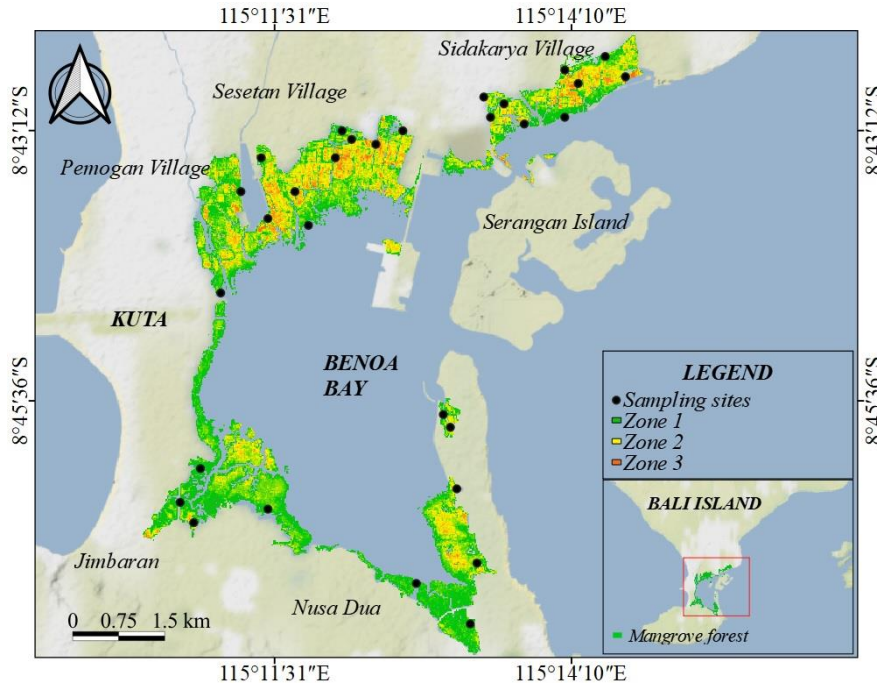
lingkungan yang sesuai (Djameluddin, 2018; Das *et al.*, 2019). Regenerasi alami semai menjadi salah satu tahapan yang penting dalam proses pemulihan suatu vegetasi yang mengalami kerusakan (Mukhlisi & Gunawan, 2016). Keberadaan semai mangrove yang lebih tinggi dibandingkan dengan tegakan pancang dan pohon, dapat menggambarkan bahwa regenerasi dari suatu hutan berjalan dengan baik (Shankar, 2001; Abrar *et al.*, 2018; Rahmania *et al.*, 2019). Regenerasi hutan dapat berjalan dengan baik apabila didukung oleh lingkungannya seperti kesehatan mangrove, cahaya yang optimal, kondisi perairan serta substrat yang sesuai (Nurdiansah & Dharmawan, 2018; Numbere, 2021).

Teluk Benoa merupakan salah satu kawasan hutan mangrove yang berada di Bali. Lokasi Teluk Benoa yang strategis, berdekatan dengan pusat pariwisata dan bisnis sehingga mendapatkan banyak tekanan seperti adanya limbah domestik hingga alih fungsi lahan (Lugina *et al.*, 2017; Imamsyah, 2020). Tekanan yang terjadi dapat mengakibatkan penurunan serta hilangnya peran ekosistem mangrove (Hermawan *et al.*, 2014). Oleh sebab itu, kajian mengenai regenerasi mangrove perlu dilakukan melalui pengamatan semai dalam upaya menjaga keberlanjutan ekosistem mangrove. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat regenerasi berdasarkan kelimpahan semai. Selain itu, pengaruh karakter ekologi mangrove yang terdiri dari struktur komunitas tegakan dewasa dan faktor lingkungan terhadap kelimpahan semai juga dianalisis dalam penelitian ini.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kawasan Teluk Benoa, Bali pada bulan November 2020–Januari 2021. Penentuan titik penelitian dilakukan menggunakan metode *stratified purposive sampling* dengan mempertimbangkan luasan setiap zona,



Gambar 1. Distribusi 30 titik pengambilan data pada tiga zona penelitian.

keberadaan mangrove serta aksesibilitasnya. Penentuan zona dilakukan dengan analisis citra Sentinel 2A dengan formula *Modified Red Edge-Simple Ratio* (mRE-SR) (Pratama et al., 2019). Lokasi penelitian dibedakan menjadi tiga zona. Zona 1 didominasi oleh kelompok *Sonneratia* dan menempati daerah yang berbatasan dengan laut pada mangrove di bagian utara Teluk Bena serta berbatasan dengan darat berada di bagian selatan Teluk Bena. Zona 2 didominasi oleh genus *Rhizophora* yang umumnya menempati daerah mangrove hasil rehabilitasi lahan bekas tambak. Sementara itu, zona 3 memiliki komposisi jenis yang lebih beragam dan berada pada bagian lebih dalam dari zona 1. Luasan wilayah pada tiga zona yaitu 398 ha; 156,17 ha; dan 554,34 ha secara berurutan.

2.2. Pengukuran Struktur Komunitas Semaian Mangrove

Parameter struktur komunitas semaian mangrove meliputi kerapatan semai (tinggi <1,5m dan mulai berdaun), tinggi semai, dan jenis semaian. Penelitian dilakukan pada 30 titik dalam plot berukuran

10 m x 10 m sebagai area sampel pengambilan data. Pada setiap titik dilakukan pengambilan data dengan dicatat jumlah semaian yang tumbuh, diukur tinggi semai menggunakan penggaris, dan diidentifikasi jenis semai berdasarkan Tomlinson (2016). Indeks nilai penting (INP) setiap jenis semaian diperoleh dari nilai kerapatan relatif dan frekuensi relatif (Dharmawan et al., 2020).

2.3. Pengukuran Struktur Komunitas Tegakan Mangrove

Pada tingkat pertumbuhan pohon (diameter ≥ 5 cm) dan pancang (tinggi >1 m dan diameter <5 cm). Pengambilan data dilakukan pada plot dengan jumlah dan luasan yang sama dengan pengukuran struktur komunitas semai. Pengambilan data dilakukan dengan mencatat jenis, jumlah, serta lingkaran batang yang diukur sejajar dengan dada ($\pm 1,3$ m). Identifikasi jenis mangrove dilakukan berdasarkan Tomlinson (2016). Pengukuran tinggi tegakan mangrove diambil menggunakan aplikasi *protractor* yang dipasang pada ponsel pintar (Dharmawan et al., 2020). Pengukuran

estimasi tinggi tegakan menggunakan persamaan 1 dan 2.

$$H = H_0 + H_1 \dots \dots \dots (1)$$

$$H_1 = d \times \tan \theta \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan: H merupakan tinggi tegakan mangrove (m), H_0 merupakan ketinggian mata observer (cm), H_1 merupakan ketinggian tegakan mangrove dari mata observer (m), d jarak pengukuran (m), dan θ merupakan sudut sorot pada puncak tertinggi tegakan mangrove ($^{\circ}$).

Penentuan persentaseutupan kanopi dilakukan menggunakan metode *Hemispherical Photography* (Dharmawan, 2020). Jumlah foto yang diambil untuk penentuan persentaseutupan kanopi sebanyak 9 foto menggunakan kamera ponsel pintar beresolusi 16 MP dengan rasio *output* 1:1. Perangkat lunak *ImageJ* digunakan untuk memperoleh persenutupan kanopi.

2.4. Pengukuran Parameter Lingkungan

Pengambilan parameter lingkungan dilakukan pada plot yang sama dengan plot pengukuran struktur komunitas semai dan tegakan mangrove dewasa. Parameter yang diukur yaitu suhu, pH, salinitas, potensial redoks pada *pore water* dan karakter jenis substrat. Pengukuran karakteristik *pore water* diambil menggunakan Multimeter COM-600 *Water Quality Tester* dan pengambilan data jenis substrat dilakukan dengan menggunakan *corer* yang dibuat dari pipa PVC berdiameter 5 cm. Analisis jenis substrat dilakukan dengan metode megaskopis menggunakan lup geologi pembesaran 10x dan diidentifikasi berdasarkan skala Wentworth. Data parameter lingkungan diambil dengan lima kali pengulangan dalam setiap plot.

2.5. Analisis Data

Data univariat yang diperoleh seperti jumlah semai, struktur komunitas, dan parameter lingkungan dianalisis menggu-

nakan analisis deskriptif untuk memperoleh nilai rata-rata beserta standar deviasi. Data yang diperoleh diuji normalitas dengan *Shapiro-Wilk* (Basuki & Prawoto, 2015), kemudian data yang telah normal dianalisis dengan *Analysis of Variance* yang dilanjutkan dengan uji beda nyata *Tukey* untuk mengetahui variansi data (Lubis, 2021). Analisis korelasi *Parsial* digunakan untuk mengetahui hubungan antara jumlah semai dengan struktur komunitas mangrove dan parameter lingkungan (Brown & Hendrix, 2014). Kemudian dilakukan *redundancy analysis* (RDA) untuk analisis ordinasid pada jumlah semai, struktur komunitas, dan parameter lingkungan yang kemudian digambarkan dalam diagram triplot.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Status Regenerasi Semai

Pengamatan semaian mangrove pada kawasan Teluk Benoa ditemukan enam jenis semaian mangrove yaitu *Sonneratia alba*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, *Bruguiera gymnorrhiza*, dan *Xylocarpus granatum*. Keanekaragaman jenis terendah diperoleh pada zona 1 dengan total satu jenis semai saja yaitu *S. alba*. Sementara itu keanekaragaman jenis semaian tertinggi terdapat pada zona 3 sebanyak enam jenis yang didominasi oleh jenis *B. gymnorrhiza* (Tabel 1).

Kerapatan semai ditemukan berbeda signifikan antar zona penelitian (ANOVA: $p < 0,05$). Zona 2 memiliki kerapatan semai tertinggi sebesar 4800 ± 5610 tegakan/ha. Sementara itu, zona 3 dan 1 memiliki nilai kerapatan yang lebih rendah yaitu 2169 ± 1511 tegakan/ha dan 140 ± 255 tegakan/ha secara berturut-turut. Secara keseluruhan kerapatan semai rata-rata di kawasan mangrove Teluk Benoa diperoleh sebesar 1811 ± 521 tegakan/ha dengan mempertimbangkan proporsi luasan setiap zona. Tinggi semaian mangrove berbeda nyata antar zona (ANOVA: $p < 0,05$) (Tabel 1). Ketinggian semai terendah terdapat pada

zona 1 ($7\pm 5,27$ cm), sedangkan ketinggian semai tertinggi terdapat pada zona 2 ($79\pm 21,94$ cm). Rata-rata keseluruhan ketinggian semai pada kawasan mangrove Teluk Benoa adalah sebesar $40\pm 11,88$ cm.

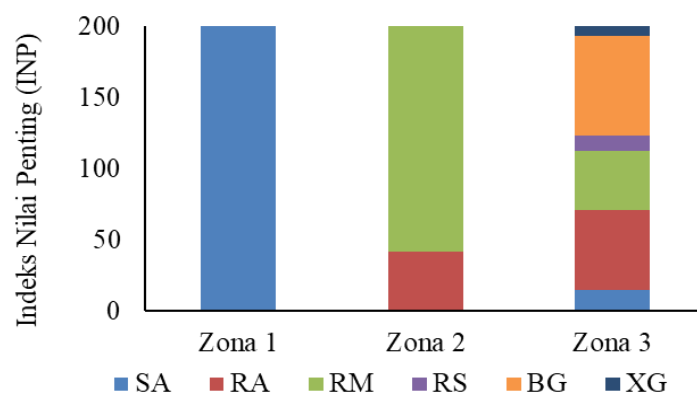
Berdasarkan nilai kerapatannya, status regenerasi semaian mangrove pada kawasan Teluk Benoa termasuk kategori cukup baik. Menurut Shankar (2001) perbandingan jumlah semai terhadap pancang dan pohon dapat menggambarkan status regenerasi dari suatu hutan. Jumlah tegakan semai yang lebih besar dibandingkan dengan pancang dan jumlah tegakan pancang yang lebih kecil dibandingkan pohon menunjukkan tingkat regenerasi pada kategori cukup baik.

Status regenerasi mangrove antar zona cukup bervariasi. Zona 1 termasuk rendah dengan jumlah semai (140 tegakan/ha) yang lebih rendah dari jumlah pancang (390 tegakan/ha) dan jumlah pancang yang lebih rendah dari pohon (1920 tegakan/ha) (Shankar, 2001). Sementara itu, regenerasi zona 2 dan 3 termasuk ke dalam kategori cukup baik dengan perbandingan jumlah semai yang lebih banyak dari pada jumlah pancang dan jumlah pancang yang lebih rendah dibandingkan dengan jumlah pohon. Pada zona 2 memiliki jumlah semai 4800 tegakan/ha yang lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah pancang yaitu sebesar 714 tegakan/ha, namun jumlah

Tabel 1. Rata-rata kerapatan semai mangrove (tegakan/ha), jumlah jenis, dan rata-rata tinggi

Parameter	Zona			Rata-rata
	1	2	3	
Kerapatan semai (tegakan/ha)	140 ± 255^a	4800 ± 5610^b	2169 ± 1511^c	1811 ± 521
<i>Sonneratia alba</i>	140 ± 255	n/a	85 ± 276	
<i>Rhizophora apiculata</i>	n/a	200 ± 443	492 ± 666	
<i>Rhizophora mucronata</i>	n/a	4600 ± 5772	546 ± 1192	
<i>Rhizophora stylosa</i>	n/a	n/a	108 ± 108	
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	n/a	n/a	923 ± 1720	
<i>Xylocarpus granatum</i>	n/a	n/a	15 ± 55	
Jumlah jenis	1	2	6	
Tinggi semai (cm)	$7\pm 5,27^a$	$79\pm 21,94^b$	$52\pm 22,08^c$	$40\pm 11,88$

Keterangan: n/a = tidak ditemukan. Huruf a dan b merepresentasikan hasil *one way* ANOVA yang dilanjutkan dengan uji *Tukey* $p < 0,05$. Huruf yang berbeda menunjukkan terdapat perbedaan statistik di antara lokasi pengambilan sampel.



Gambar 2. Indeks nilai penting (INP) semaian mangrove di tiga zona penelitian (SA=*S. alba*, RA=*R. apiculata*, RM=*R. mucronata*, RS=*R. stylosa*, BG=*B. gymnorrhiza*, XG=*X. granatum*).

pohonnya lebih tinggi yaitu 4314 tegakan/ha dibandingkan jumlah pancang. Hal serupa ditemukan pada zona 3 dengan jumlah semai 2169 tegakan/ha yang lebih tinggi dibandingkan jumlah pancang 1192 tegakan/ha, namun jumlah pancang lebih rendah dibandingkan jumlah pohon yaitu 3108 tegakan/ha.

Komunitas semai mangrove pada zona 1 didominasi penuh oleh jenis *S. alba* dengan INP sebesar 200%. Sementara itu, semai *R. mucronata* memiliki nilai INP terbesar pada komunitas semai di zona 2. Semaian mangrove *B. gymnorrhiza* mendominasi pada zona 3 dengan INP sebesar 70,33% sedangkan INP semai mangrove *X. granatum* memiliki nilai terendah yaitu 6,26%. Pada zona 3 juga ditemukan jenis lainnya yaitu *S. alba*, *R. apiculata*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, dan *L. racemosa*.

Indeks nilai penting (INP) suatu jenis dapat mengindikasikan signifikansi peran jenis tersebut dalam suatu lokasi (Ghufrona *et al.*, 2015; Andrito *et al.*, 2020). Jenis *S. alba* ditemukan mendominasi pada zona 1 yang memiliki substrat berpasir. Hal ini sesuai dengan penelitian Dharmawan *et al.* (2020) pada daerah dengan substrat berpasir di Kabupaten Biak. Sementara itu, semai dari kelompok Rhizophoraceae sangat mendominasi pada substrat berlumpur pada zona 2 dan 3. Hal ini sesuai dengan penelitian Khairunnisa *et al.* (2020) yang menemukan dominasi Rhizophoraceae pada substrat berlumpur di Pulau Maya kabupaten Kayong Utara. Menurut Baderan *et al.* (2018) substrat berlumpur mampu mendukung pertumbuhan dari semai *Rhizophora*. Komunitas semai di zona 2 didominasi oleh jenis *R. mucronata* dengan nilai INP 185,11%, sedangkan *B. gymnorrhiza* mendominasi zona 3 dengan INP 70,33%. Lokasi dekat daratan dengan substrat yang kering sesuai untuk pertumbuhan *B. gymnorrhiza* (Primantara *et al.*, 2019).

3.2. Struktur Komunitas Tegakan Dewasa

Kerapatan pohon dan pancang ditemukan tidak berbeda secara signifikan antar ketiga zona penelitian (ANOVA: $p > 0,05$) (Tabel 2). Pada tingkat pohon memiliki rata-rata kerapatan sebesar 2851 ± 524 tegakan/ha, sedangkan pada tingkat pancang memiliki rata-rata kerapatan sebesar 390 ± 185 tegakan/ha.

Komunitas tegakan mangrove di kawasan mangrove Teluk Benoa berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004, kawasan ekosistem mangrove dengan kerapatan pohon ≥ 1500 tegakan/ha termasuk kategori padat. Kerapatan pohon pada penelitian ini lebih besar bila dibandingkan dengan di Makassar dengan rata-rata kerapatan 2375 tegakan/ha (Sari *et al.*, 2018); di Kabupaten Tapanuli Tengah dengan rata-rata kerapatan 2063 tegakan/ha (Siringoringo *et al.*, 2018); di Kota Tual dan Kabupaten Maluku Tenggara sebesar 1925 tegakan/ha (Prayudha *et al.*, 2019); di Wakatobi dengan rata-rata kerapatan pohon sebesar 2225 tegakan/ha (Satriya *et al.*, 2019) dan di Merauke, Papua dengan rata-rata 1178 tegakan/ha (Siringoringo *et al.*, 2019).

Kerapatan pancang terendah diperoleh pada zona yang didominasi oleh *S. alba*. Menurut Nurdiansah & Dharmawan (2021), jenis *S. alba* cenderung berjarak antar tegakan sehingga tidak memungkinkan untuk pancang dapat tumbuh optimal. Secara keseluruhan kerapatan pancang pada penelitian ini tergolong rendah dibandingkan dengan penelitian lainnya. Terdapat beberapa penelitian dengan kerapatan pancang yang lebih tinggi seperti Kabupaten Bintan memiliki kerapatan pancang sebesar 2471 tegakan/ha (Abrar *et al.*, 2018); di Makassar sebesar 1783 tegakan/ha (Sari *et al.*, 2018); di Kabupaten Lingga dengan kerapatan 2848 tegakan/ha (Syakti *et al.*, 2018); dan di Merauke, Papua memiliki kerapatan pancang sebesar (5248 tegakan/ha) (Siringoringo *et al.*, 2019).

Tabel 2. Kerapatan pohon (tegakan/ha), kerapatan pancang (tegakan/ha), jumlah spesies, diameter (cm), tinggi (m), dan tutupan kanopi (%) pada tiga zona.

Parameter	Zona			Rata-rata
	1	2	3	
Kerapatan pohon (tegakan/ha)	1920±857 ^a	4314±2555 ^a	3108±1448 ^a	2851±524
<i>Sonneratia alba</i>	1920±857	n/a	485±557	
<i>Rhizophora apiculata</i>	n/a	1314±1911	1215±1552	
<i>Rhizophora mucronata</i>	n/a	3000±3428	538±836	
<i>Rhizophora stylosa</i>	n/a	n/a	31±111	
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	n/a	n/a	777±1226	
<i>Xylocarpus granatum</i>	n/a	n/a	23±60	
<i>Lumnitzera racemosa</i>	n/a	n/a	38±139	
Sapling density (stand/ha)	390±185 ^a	714±1194 ^a	1192±1311 ^a	837±275
<i>Sonneratia alba</i>	390±185	n/a	8±28	
<i>Rhizophora apiculata</i>	n/a	129±198	308±507	
<i>Rhizophora mucronata</i>	n/a	586±1250	62±104	
<i>Rhizophora stylosa</i>	n/a	n/a	100±361	
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	n/a	n/a	631±924	
<i>Xylocarpus granatum</i>	n/a	n/a	77±179	
<i>Lumnitzera racemosa</i>	n/a	n/a	8±28	
Jumlah jenis	1	2	7	
Diameter (cm)	15,13±1,49 ^a	9,11±1,96 ^b	8,86±2,68 ^b	11,15±2,16
Tinggi (m)	10,20±2,24 ^a	11,94±1,36 ^a	11,43±2,71 ^a	11,06±2,02
% Kanopi	47,76±11,36 ^a	75,10±4,06 ^b	71,09±12,13 ^b	63,28±12,94

Keterangan: n/a = tidak ditemukan. Huruf a dan b merepresentasikan hasil *one way* ANOVA yang dilanjutkan dengan uji *Tukey* $p < 0,05$. Huruf yang berbeda menunjukkan terdapat perbedaan statistik di antara lokasi pengambilan sampel.

Persentase tutupan kanopi mangrove di Teluk Benoa secara keseluruhan memiliki rata-rata 63,28±12,94%. Pada zona 1 diperoleh persentase tutupan terendah kurang dari 50%, sedangkan persentase tutupan kanopi pada zona 2 dan 3 memiliki nilai yang lebih besar dari 50%. Secara berurutan nilai persentase tutupan pada zona 2 dan 3 sebesar 75,10±4,06% dan 71,09±12,13%.

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 Tahun 2004 persentase tutupan kanopi pada zona 1 termasuk kategori jarang, zona 2 termasuk kategori padat, dan pada zona 3 termasuk kategori sedang. Persentase tutupan kanopi pada kawasan Teluk Benoa secara keseluruhan termasuk kedalam kategori sedang dengan persentase rata-rata 63,28±12,94%. Zona 1 yang didominasi oleh jenis *S. alba* memiliki persentase tutupan kanopi yang jauh lebih rendah dari zona

lainnya dikarenakan adanya jarak antar tegakan serta morfologi daun yang berukuran lebih kecil. Luas tumpang daun dapat berpengaruh terhadap tinggi atau rendahnya persentase tutupan kanopi (Pretzsch, 2015). Hal serupa ditemukan di Pulau Maitara, stasiun yang didominasi oleh jenis *S. alba* memiliki persentase tutupan kanopi terendah dibandingkan dengan stasiun lainnya (Nurdiansah & Dharmawan, 2018).

Ukuran diameter tegakan mangrove pada zona 1 memiliki perbedaan yang signifikan dengan dua zona penelitian lainnya (ANOVA: $p < 0,05$). Pada zona 1 ukuran tegakan mangrove memiliki diameter sebesar 15,13±1,49 cm, sedangkan pada zona 2 dan 3 ditemukan dengan ukuran lebih kecil dari 10 cm. Secara keseluruhan rata-rata diameter tegakan mangrove di kawasan Teluk Benoa adalah 11,15±2,16 cm.

Ketinggian tegakan mangrove pada ketiga zona memiliki kemiripan ukuran (ANOVA: $p > 0,05$). Secara keseluruhan tinggi rata-rata di Teluk Benoa lebih besar dari 10 meter. Ukuran tegakan mangrove tertinggi ditemukan pada zona 2. Sementara itu, pada zona 1 dan 3 memiliki ketinggian $10,20 \pm 2,24$ m dan $11,43 \pm 2,71$ m secara berurutan.

Ukuran morfometrik komunitas mangrove meliputi diameter dan tinggi tegakan. Ukuran diameter pada suatu ekosistem memiliki keterkaitan dengan kerapatan tegakan (Pramudji, 2018). Semakin tinggi kerapatan tegakan akan mengakibatkan melambannya pertumbuhan diameter dikarenakan adanya kompetisi antar tegakan (Syukri *et al.*, 2018). Pertumbuhan tinggi tegakan dapat terhambat dikarenakan adanya kompetisi dalam memperoleh unsur hara, air, cahaya, serta CO_2 (Mustika *et al.*, 2014).

Rata-rata ukuran morfometrik pada lokasi penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian lainnya seperti di Kota Kendari memiliki ukuran diameter 17,03 cm dan tinggi 12,78 m (Pramudji, 2018); di Belitung dengan diameter dan tinggi sebesar 15,46 cm dan 18,25 m (Suyarso *et al.*, 2018); di kawasan TWP. Padaido diameter sebesar 20,54 cm

dengan tinggi 16,64 m (Dharmawan *et al.*, 2019); dan di Kabupaten Biak memiliki diameter 19,4 cm dan tinggi 16,7 m (Dharmawan *et al.*, 2020).

3.3. Parameter Lingkungan

Nilai suhu pada zona 1 memiliki perbedaan yang signifikan dengan zona 3 (ANOVA: $p < 0,05$), sedangkan zona 2 tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan zona 1 dan zona 3 (ANOVA: $p > 0,05$). Zona 1 memiliki suhu tertinggi yaitu $30,45 \pm 2,49$ °C dengan rentang suhu $27,96^\circ C - 32,94^\circ C$. Sementara itu, zona 3 memiliki suhu terendah yaitu $8,42 \pm 1,41$ °C dengan rentang $27,01^\circ C - 29,83^\circ C$. Secara keseluruhan rata-rata suhu pada tiga zona penelitian yaitu $29,17 \pm 5,20$ °C ($23,97^\circ C - 34,37^\circ C$) (Tabel 3). Nilai suhu di setiap zona cukup bervariasi yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang masuk (Abubakar *et al.*, 2021).

Parameter pH, salinitas, potensial redoks (ORP) tidak berbeda signifikan antar zona penelitian (ANOVA: $p > 0,05$) (Tabel 3). pH terendah terdapat pada zona 2 yaitu $6,56 \pm 0,21$ (6,35–6,77). Sementara itu, pH tertinggi diperoleh pada zona 1 yaitu $6,86 \pm 0,17$ (6,69–7,03). Rata-rata keseluruhan pH di kawasan Teluk Benoa adalah $6,73 \pm 1,22$ dengan rentang 5,51–7,95.

Tabel 3. Parameter lingkungan : suhu, pH, salinitas, potensial redoks, kedalaman substrat, dan jenis substrat pada tiga zona.

Parameter	Zona			Rata-rata
	1	2	3	
Suhu (°C)	$30,45 \pm 2,49^a$ (27,96–32,94)	$28,58 \pm 1,26^{ab}$ (27,32–29,84)	$28,42 \pm 1,41^b$ (27,01–29,83)	$29,17 \pm 5,20$ (23,97–34,37)
Ph	$6,86 \pm 0,17^a$ (6,69–7,03)	$6,56 \pm 0,21^a$ (6,35–6,77)	$6,68 \pm 0,20^a$ (6,48–6,88)	$6,73 \pm 1,22$ (5,51–7,95)
Salinitas (ppt)	$24,95 \pm 2,95^a$ (22–27,9)	$25,10 \pm 3,78^a$ (21,32–28,88)	$25,07 \pm 3,60^a$ (21,47–28,67)	$25,03 \pm 4,53$ (20,5–29,56)
Potensial redoks (mV)	$-33,60 \pm 112,11^a$ (-145,71)–78,51	$-33 \pm 70,63^a$ (-103,63)–37,63	$-41,09 \pm 110,55^a$ (-151)–69,46	$-37,26 \pm 7,96$ (-45,22)–(-29,3)
Jenis substrat	Pasir–pasir berlumpur	Berlumpur	Berlumpur	

Huruf a dan b merepresentasikan hasil *one way* ANOVA yang dilanjutkan dengan uji *Tukey* $p < 0,05$. Huruf yang berbeda menunjukkan terdapat perbedaan statistik di antara lokasi pengambilan sampel.

Salinitas di lokasi penelitian secara keseluruhan memiliki rata-rata 25,03±4,53 ppt (20,5 ppt–29,56 ppt). Zona 1 memiliki salinitas terendah (24,95±2,95 ppt) dibandingkan dengan zona lainnya. Secara berurutan nilai salinitas pada zona 2 dan 3 sebesar 25,10±3,78 ppt dan 25,07±3,60 ppt. ORP terendah terdapat pada zona 3 (-41,09±110,55 mV) dibandingkan dengan zona 1 dan 2. Rata-rata potensial redoks pada tiga zona penelitian yaitu -37,26±7,96 mV. Parameter pH, salinitas, ORP memiliki nilai yang tidak terlalu bervariasi. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2004 nilai parameter lingkungan yang diperoleh masih berada pada batas toleran baku mutu lingkungan terhadap organisme.

Mengingat kawasan mangrove di Teluk Benoa berada pada habitat teluk, maka jenis substrat yang ditemukan cenderung berlumpur. Hal ini ditemukan pada zona yang cenderung dekat dengan daratan yaitu zona 2 dan 3. Substrat pasir sampai pasir berlumpur hanya ditemukan pada zona 1. Komunitas tegakan *Sonneratia* banyak dijumpai pada substrat berpasir hingga pasir berlumpur. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan (Prinasti *et al.*, 2020), pada substrat berpasir hingga pasir berlumpur banyak ditemukan jenis *S. alba*. Pada zona yang didominasi oleh *Rhizophora* memiliki substrat berlumpur. Lewerissa *et al.* (2018) menjumpai bahwa jenis *Rhizophora* banyak dijumpai pada kondisi substrat berlumpur yang sedikit dalam. Sementara itu, pada zona yang didominasi oleh *B. gymnorrhiza* memiliki substrat berlumpur namun agak sedikit lebih kering. Hasil penelitian Primantara (2019) menemukan bahwa *B. gymnorrhiza* menyukai substrat yang lebih kering.

3.4. Hubungan Karakter Ekologi dengan Kerapatan Semai

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa nilai kerapatan semai mangrove di Teluk Benoa, Bali hanya menunjukkan hubungan yang signifikan dengan nilai potensial redoks dan pH. Kedua parameter tersebut diperoleh memiliki korelasi positif dengan kerapatan semai mangrove (Tabel 4). Analisis RDA juga memberikan gambaran hubungan yang kuat dan searah antara parameter kerapatan semai mangrove dengan nilai potensial redoks (Gambar 3). Namun demikian sebagian besar parameter karakter ekologi mangrove tidak memengaruhi kondisi sebaran semai mangrove di lokasi penelitian.

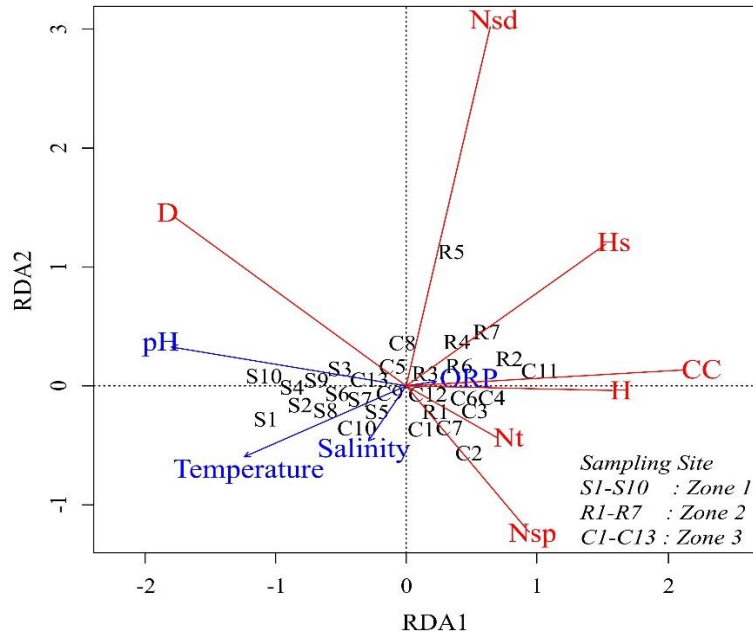
Potensial redoks dan pH merupakan dua faktor yang berkaitan dengan ketersediaan hara yang dibutuhkan bagi pertumbuhan tanaman mangrove (Djamaluddin, 2018). Nilai potensial redoks pada tiga zona penelitian tergolong pada lokasi yang tereduksi. Hal ini mengindikasikan bahwa proses dekomposisi bahan-bahan organik pada lokasi penelitian terjadi pada kondisi reduksi. Menurut Kurniawan (2012) dekomposisi bahan organik terjadi pada keadaan reduksi ataupun oksidasi dapat dilihat dari nilai potensial redoksnnya.

Tingkat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter lingkungan yang sangat berhubungan dengan kondisi ekosistem mangrove. Nilai pH air poros pada lokasi penelitian berkisar antara 6,56-6,86, nilai tersebut tergolong kedalam perairan produktif dan masih berada pada batas toleran baku mutu (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2004). Tinggi atau rendahnya nilai pH berhubungan dengan

Tabel 4. Analisis korelasi parsial antara kerapatan semai dengan kondisi lingkungan dan struktur komunitas mangrove.

	Suhu	ORP	Salinitas	pH	Kerapatan pohon	Kerapatan pancang	Diameter	Tinggi	Tutupan kanopi
Kerapatan semai	-0,361	0,514*	-0,166	0,498*	0,032	-0,258	0,281	-0,195	0,111

*menunjukkan korelasi yang signifikan ($p < 0,05$).



Gambar 3. Hasil ordinasi RDA (*Redundancy Analysis*) kelimpahan semai dan karakter ekologi mangrove di Teluk Benoa. (Keterangan: Nt = kerapatan pohon; Nsp = kerapatan pancang; Nsd = kerapatan semai; D = diameter; H = tinggi; Hs = tinggi semai; CC = tutupan kanopi; ORP = potensial redoks).

proses perombakan bahan organik (Andriyanto *et al.*, 2019). Pada kondisi lingkungan yang lebih asam proses perombakan bahan organik akan menurun yang berimplikasi pada pengurangan pasokan hara serta mineral yang akan menghambat pertumbuhan vegetasi (Poedjirahajoe *et al.*, 2017). Menurut Schadow (2018) pH yang tinggi cenderung dimiliki oleh daerah pada perairan terbuka. Walaupun zona 2 memiliki nilai pH terendah, namun tegakan semai yang ditemukan pada zona tersebut paling tinggi. Hal ini kemungkinan karena *Rhizophora* memiliki daya adaptasi yang lebih baik dibandingkan jenis lainnya (Suryono *et al.*, 2018). *Rhizophora* mampu bertumbuh pada lingkungan yang miskin akan oksigen karena memiliki lentisel yang dapat digunakan untuk menyerap oksigen terlarut yang berada di air ataupun di tanah serta dari udara secara difusi (Purnama *et al.*, 2020).

Pertumbuhan semai dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, salinitas, kerapatan, tinggi, diameter, dan persentase tutupan kanopi. Suhu pada ekosistem

mangrove dapat memengaruhi proses fotosintesis tumbuhan, suhu ideal bagi pertumbuhan mangrove yaitu di atas 20 °C (Hambran *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2019). Variasi suhu dapat dipengaruhi intensitas masuknya cahaya (Abubakar *et al.*, 2021). Penyerapan unsur hara pada tumbuhan akan terganggu apabila nilai salinitas tinggi sehingga dapat memperlambat pertumbuhan dari tanaman (Yusniawati *et al.*, 2017). Pertumbuhan yang baik dapat terjadi pada kondisi salinitas rendah dikarenakan mangrove bukanlah tumbuhan yang memerlukan garam melainkan dapat bertoleransi terhadap garam (Syah *et al.*, 2012). Persentase tutupan kanopi berpengaruh terhadap intensitas cahaya yang dibutuhkan semai untuk pertumbuhan (Peng *et al.*, 2016). Kerapatan dan diameter tegakan dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan semai. Kondisi mangrove yang rapat dengan ukuran diameter yang besar akan mengakibatkan adanya kompetisi ruang untuk pertumbuhan dan perkembangan semai (Agustini *et al.*, 2012; Akhrianti *et al.*, 2019). Pertumbuhan

semai juga dipengaruhi oleh cahaya matahari untuk melakukan fotosintesis, semakin rapat persentase tutupan kanopi maka sinar matahari yang masuk akan semakin sedikit sehingga semai tidak dapat tumbuh dengan optimal (Usman *et al.*, 2013; Peng *et al.*, 2016; Sadono, 2018; Kunchahyo *et al.*, 2020). Berdasarkan analisis statistik, parameter tersebut tidak memiliki hubungan yang signifikan terhadap pertumbuhan semai.

IV. KESIMPULAN

Status regenerasi mangrove di kawasan Teluk Benoa termasuk dalam kategori cukup baik berdasarkan nilai kelimpahan semai dibandingkan dengan kerapatan pohon dan pancang. Hal ini menjadi indikasi yang baik mengingat tingginya ancaman terhadap eksistensi hutan mangrove di dalam kawasan. Terdapat enam jenis semaian mangrove yang ditemukan dan merupakan representasi dari komunitas tegakan dewasa. Kelimpahan semaian sangat dipengaruhi oleh nilai potensial redoks dan derajat keasaman (pH) air poros. Pengaruh faktor lingkungan yang lebih signifikan dibandingkan dengan struktur komunitas tegakan dewasa mengindikasikan perlunya kajian lebih dalam terkait dengan faktor lingkungan lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada dosen pembimbing yang sudah bersedia memberi masukan dalam penulisan ini. Terima kasih juga diucapkan kepada teman-teman yang telah bersedia membantu pengambilan data di lapangan serta memberi semangat selama penelitian dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

Abrar, M., R.M. Siringoringo, N.W.P. Sari, F.D. Hukom, H. Cappenberg, I.W.E. Dharmawan, S. Rahmawati, M. Sinaga, R. Sutiadi, & Suhardi. 2018.

Monitoring Kesehatan Kondisi Terumbu Karang dan Ekosistem Terkait di Kabupaten Bintan 2018. COREMAP-CTI, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Jakarta 81 p.

Abubakar, S., R. Subur, M.A. Kadir, Rina, A.N. Susanto, & H.S. Suriandjo. 2021. Vegetation structure and damage level mangrove forest in Manomadehe Island, Subdistrict South Jailolo, North Maluku Province. *J. Biologi Tropis*, 21(1): 222-230.

<https://doi.org/10.29303/jbt.v21i1.249>

Agustini, N.T., Z. Ta'alidin, & D. Purnama. 2016. Struktur komunitas mangrove di Desa Kahyapu Pulau Enggano. *J. Enggano*, 1(1): 19-31.

<https://doi.org/10.31186/jenggano.1.1.19-31>

Akhrianti, I., E. Nurtjahya, F. Franto, & I.A. Syari. 2019. Kondisi komunitas mangrove di Pesisir Utara Pulau Mendanau dan Pulau Batu Dinding, Kabupaten Belitung. *J. Sumberdaya Perairan*, 13(1): 12-26.

<https://doi.org/10.33019/akuatik.v13i1>

Andrito, W., S. Nasution, & Efriyeldi. 2020. Kondisi mangrove di pesisir timur pulau Jemaja Kepulauan Anambas. *J. Dinamika Lingkungan Indonesia*, 7(2): 70-80.

<https://doi.org/10.31258/dli.7.2.p.70-80>

Andriyanto, W.O., P.W. Purnomo, & A. Rahman. 2019. Dekomposisi bahan organik pada sedimen di area mangrove pesisir Morosari, Kabupaten Demak pada skala laboratorium. *J. of Maquares*, 8(3): 139-146.

<https://doi.org/10.14710/marj.v8i3.24248>

Baderan, D.W.K., C. Lamangandjo, & A.I.B. Salim. 2018. Komposisi, struktur vegetasi, dan kepadatan udang di kawasan mangrove Tabulo Selatan

- Kabupaten Boalemo. *J. Biologi Makassar*, 3(1): 26-34.
<https://doi.org/10.20956/bioma.v3i1.5490>
- Basuki, A.T. & N. Prawoto. 2015. *Analisis Regresi dalam Penelitian Ekonomi dan Bisnis*. Rajawali Press. Depok. 22 p.
- Brown, B.L. & S.B. Hendrix. 2014. Partial correlation coefficients. *Willey StatsRef: Statistics Reference Online*, 1-8.
<https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat06488>
- Das, L., R. Patel, H. Salvi, & R.D. Kamboj. 2019. Assessment of natural regeneration of mangrove with reference to adaphic factor and water in Southern Gulf of Kachchh, Gujarat, India. *J. Heliyon*, 5: 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02250>
- Dharmawan, I.W.E., Suyarso, Y.I. Ulumuddin, B. Prayudha, & Pramudji. 2020. *Panduan monitoring struktur komunitas mangrove di Indonesia*. PT Media Sains Nasional. Bogor. 69 p.
- Dharmawan, I.W.E. 2020. *Hemispherical photography: analisis tutupan kanopi komunitas mangrove*. Nas Media Pustaka. Makassar. 51 p.
- Dharmawan, I.W.E., R.S. Utama, Giyanto, L.P. Aji, P.C. Makatipi, & A. Irawan. 2019. *Monitoring Kondisi Kesehatan Terumbu Karang & Ekosistem Terkait di TWP. Padaido, Biak-Numfor 2019*. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Jakarta. 129 p.
- Dharmawan, I.W.E., T.A. Hadi, U.Y. Arbi, P.C. Makatipu, & S. Rahmawati. 2020. *Monitoring Kesehatan Terumbu Karang dan Ekosistem Terkait di Kabupaten Biak-Numfor Tahun 2020*. COREMAP-CTI LIPI. Jakarta. 152 p.
- Djamaluddin, R. 2018. *Mangrove: Biologi, Ekologi, Rehabilitasi, dan Konservasi*. Unsrat Press. Manado. 238 p.
- Eddy, S., I. Iskandar, R.M. Ridho, & A. Mulyana. 2019. Restorasi hutan mangrove terdegradasi berbasis masyarakat lokal. *J. Indobiosains*, 1(1): 1-13.
<https://doi.org/10.31851/indobiosains.v1i1.2298>
- Ghufrona, R.R., C. Kusmana, & O. Rusdiana. 2015. Komposisi jenis dan struktur hutan mangrove di Pulau Sebuku, Kalimantan Selatan. *J. Silvikultur Tropika*, 6(1): 15-26.
<https://doi.org/10.29244/j-siltrop.6.1.%25p>
- Giri, C., E. Ochieng, L.L. Tieszen, Z. Zhu, A. Singh, T. Loveland, J. Masek, & N. Duke. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1): 154-159.
<https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x>
- Hambran, R. Linda, & I. Lovadi. 2014. Analisis vegetasi mangrove di Desa Sebus Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas. *J. Protobiont*, 3(2): 201-208.
<https://doi.org/10.26418/protobiont.v3i2.6815>
- Hermawan, A.R., R. Pribadi, & R. Ario. 2014. Struktur dan komposisi vegetasi mangrove alami di kawasan ekowisata Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali. *J. of Marine Research*, 3(3): 405-414.
<https://doi.org/10.14710/jmr.v3i4.8361>
- Imamsyah, A., D.G. Bengen, & M.S. Ismet. 2020. Struktur vegetasi mangrove berdasarkan kualitas lingkungan biofisik di Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. *ECOTROPIC: J. Ilmu Lingkungan*, 14(1): 88-99.
<https://doi.org/10.24843/EJES.2020.v14.i01.p08>

- Karimah. 2017. Peran ekosistem hutan mangrove sebagai habitat untuk organisme laut. *J. Biologi Tropis*, 17(2): 51-58.
<https://doi.org/10.29303/jbt.v17i2.497>
- Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor. 201 Tahun 2004 tentang kriteria baku dan pedoman penentuan kerusakan mangrove. KLH. Jakarta. 11 p.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). 2017. Milik 23% ekosistem mangrove dunia, Indonesia tuan rumah konferensi internasional mangrove 2017. Siaran Pers KLHK No: SP.58/HUMAS/PP/HMS.3/03/2017.
http://ppid.menlhk.go.id/siaran_pers/browse/561
- Khairunnisa, C., E. Thamrin, & H. Prayogo. 2020. Keanekaragaman jenis vegetasi mangrove di Desa Dusun Besar Kecamatan Pulau Maya Kabupaten Kayong Utara. *J. Hutan Lestari*, 8(2): 325-336.
<https://doi.org/10.26418/jhl.v8i2.40074>
- Kuncahyo, I., R. Pribadi, & I. Pratikto. 2020. Komposisi dan tutupan kanopi vegetasi mangrove di Perairan Bakauheni, Kabupaten Lampung Selatan. *J. of Marine Research*, 9(4): 444-452.
<https://doi.org/10.14710/jmr.v9i4.27915>
- Kurniawan, A. 2012. *Penyakit Akuatik*. UBB Press. Pangkalpinang. 225 p.
- Lubis, Z. 2021. *Statistika Terapan untuk Ilmu-Ilmu Sosial dan Ekonomi*. ANDI. Yogyakarta. 350 p.
- Lugina, M., I. Alviya, Indartik, & M.A. Pribadi. 2017. Strategi keberlanjutan pengelolaan hutan mangrove di TAHURA Ngurah Rai Bali. *J. Analisis Kebijakan Kehutanan*, 14(1): 61-77.
<https://doi.org/10.20886/jakk.2017.14.1.61-77>
- Lewerissa, Y.A., M. Sangaji, & M.B. Latumahina. 2018. Pengelolaan mangrove berdasarkan tipe substrat di perairan Negeri Ihamahu Pulau Saparua. *J. Triton*, 14(1): 1-9.
<https://www.ojs3.unpatti.ac.id/index.php/triton/article/view/794>
- Mukhlisi & W. Gunawan. 2016. Regenerasi alami semai mangrove di areal terdegradasi Taman Nasional Kutai. *J. Penelitian Kehutanan Wallacea*, 5(2): 113-122.
<https://doi.org/10.18330/jwallacea.2016.vol5iss2pp113-122>
- Mustika, D.I., O. Rusdiana, & A. Sukendro. 2014. Pertumbuhan bakau minyak (*Rhizophora apiculata*) di persemaian mangrove Desa Muara Teluk Naga, Tangerang, Banten. *J. of Bonorowo Wetlands*, 4(2): 108-116.
<https://doi.org/10.13057/bonorowo/w040204>
- Numbere, A.O. 2021. Natural seedling recruitment and regeneration in deforested and sand-filled mangrove forest at Eagle Island, Niger Delta, Nigeria. *Wiley-Ecology and Evolution*, 11(7): 3148-3158.
<https://doi.org/10.1002/ece3.7262>
- Nurdiansah, D. & I.W.E. Dharmawan. 2018. Komunitas mangrove di wilayah pesisir Pulau Tidore dan sekitarnya. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 3(1): 1-9.
<https://doi.org/10.14203/oldi.2018.v3i1.63>
- Nurdiansah, D. & I.W.E. Dharmawan. 2021. Struktur komunitas dan kondisi kesehatan mangrove di Pulau Middleburg-Miossu, Papua Barat. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(1): 81-96.
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v13i1.34484>
- Peng, Y., J. Diao, M. Zheng, D. Guan, R. Zhang, G. Chen, & S.Y. Lee. 2016.

- Early growth adaptability of four mangrove species under the canopy of an introduced mangrove plantation: Implications for restoration. *Forest Ecology and Management*, 373: 179-188.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.04.044>
- Poedjirahajoe, E., D. Marsono, & F.K. Wardhani. 2017. Penggunaan *principal component analysis* dalam distribusi spasial vegetasi mangrove di Pantai Utara Pemalang. *J. of Forest Science*, 11(1): 29-42.
<https://doi.org/10.22146/jik.24885>
- Pramudji. 2018. Monitoring kesehatan terumbu karang dan ekosistem terkait di kawasan pesisir Kendari 2018. COREMAP-CTI LIPI. Jakarta 76 p.
- Pratama, I.G.M.Y., I.W.G.A. Karang, & Y. Suteja. 2019. Distribusi spasial kerapatan mangrove menggunakan citra sentinel-2A di TAHURA Ngurah Rai Bali. *J. of Marine and Aquatic Sciences*, 5(2): 192-202.
<https://doi.org/10.24843/jmas.2019.v05.i02.p05>
- Prayudha, B., Y. Tuti, R.S. Utama, U. Yanuarbi, I.B. Vimono, I. Nagib, A. Faricha, Suyadi, J. Renyaan, S. Rahmawati, A. Kusnadi, L. Alifatri, A. Salatalohi, T. Triandiza, & A.R. Dzumalex. 2019. *Studi Baseline Terumbu Karang dan Ekosistem Terkait di Pulau Kei Kecil dan Sekitarnya, Kota Tual dan Kabupaten Maluku Tenggara, Provinsi Maluku*. COREMAP-CTI, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Jakarta 120 p.
- Pretzsch, H., P. Biber, E. Uhl, J. Dahlhausen, T. Rötzer, J. Caldentey, T. Koike, T.V. Con, A. Chavanne, T. Seifert, B.D. Toit, C. Farnden & S. Pauleit. 2015. Crown size and growing space requirement of common tree species in urban centres, parks, and forests. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(3): 466-479.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.04.006>
- Primantara, I.K.E., A.A.K. Darmadi, & I.K. Ginantra. 2019. Pertumbuhan beberapa jenis bibit tanaman mangrove sebagai bibit siap tanam di Balai Karhutla wilayah Jawa Bali Nusa Tenggara. *Simbiosis*, 7(1): 6-10.
<https://doi.org/10.24843/JSIMBIOSIS.2019.v07.i01.p02>
- Prinasti, N.K.D., I.G.B.S. Dharma, & Y. Suteja. 2020. Struktur komunitas vegetasi mangrove berdasarkan karakteristik substrat di Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali. *J. of Marine and Aquatic Sciences*, 6(1): 90-99.
<https://doi.org/10.24843/jmas.2020.v06.i01.p11>
- Purnama, M., R. Pribadi, & N. Soenardjo. 2020. Analisa tutupan kanopi mangrove dengan metode *hemispherical photography* di Desa Betahwalang, Kabupaten Demak. *J. of Marine Research*, 9(3): 317-325.
<https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27577>
- Putro, M.I.C., C.A. Suryono, & R. Pribadi. 2018. Kajian kawasan rehabilitasi mangrove di Desa Kartikajaya, Kecamatan Cepiring dan Desa Margorejo Kecamatan Patebon, Kabupaten Kendal. *J. of Marine Research*, 7(2): 89-96.
<https://doi.org/10.14710/jmr.v7i2.25897>
- Rahmania, R., Sunarni, M.R, Maturbongs, T. Arifin. 2019. Zonasi dan struktur komunitas mangrove di pesisir Kabupaten Merauke. *J. Kelautan Nasional*, 14(3): 165-178.
<https://doi.org/10.15578/jkn.v14i3.7961>
- Sadono, R. 2018. Prediksi lebar tajuk pohon dominan pada pertanaman jati asal kebun benih klon di Kesatuan Pemangkuan Hutan Ngawi, Jawa Timur. *J. Ilmu Kehutanan*, 12(1): 127-141.

- <https://doi.org/10.31001/biodemika.v10i2.276>
- Sari, N.W.P., M. Abrar, R.M.S. Nurhasim, R.D. Putra, M. Sinaga, Jumsurizal, I.F. Lestari, I. Pangestyansah, A. Rasidin, R.S.O.R. Siantaru, & B. Perisha. 2019. *Monitoring Kesehatan Terumbu Karang dan Ekosistem Terkait di Kawasan Konservasi Perairan Nasional, Taman Wisata Perairan, Kepulauan Anambas dan Laut Sekitarnya*. COREMAP-CTI, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Jakarta. 103 p.
- Schaduw, J.N.W. 2018. Struktur komunitas dan keberlanjutan pengelolaan ekosistem mangrove pulau-pulau kecil (kasus pada pulau Nain Kabupaten Minahasa Utara Provinsi Sulawesi Utara). *J. Ilmu Lingkungan*, 16(2): 120-129.
<https://doi.org/10.14710/jil.16.2.120-129>
- Setiawan, H. 2013. Status ekologi hutan mangrove pada berbagai tingkat ketebalan. *J. Penelitian Kehutanan Wallacea*, 2(2): 104-120.
<https://doi.org/10.18330/jwallacea.2013.vol2iss2pp104-120>
- Shankar, U. 2001. A case of high tree diversity in a sal (*Shorea robusta*)-dominated lowland forest of Eastern Himalaya: Floristic composition, regeneration and conservation. *Current Science*, 81(7): 776-786.
<https://www.jstor.org/stable/24106397>
- Siringoringo, R.M., M. Abrar, N.W.P. Sari, F.D. Hukom, R.D. Putra, H. Cappenberg, Pramudji, I.W.E. Dharmawan, Ernawati, Triyono, & O.R. Sianturi. 2019. *Monitoring Kesehatan Terumbu Karang dan Ekosistem Terkait di Kabupaten Merauke, Papua 2019*. COREMAP-CTI, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Jakarta. 93 p.
- Suryono, N. Soenardjo, E. Wibowo, R. Ario, & E.F. Rozy. 2018. Estimasi kandungan biomassa dan karbon di hutan mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(1): 1-8.
<https://doi.org/10.14710/buloma.v7i1.19036>
- Suyarso, Suharsono, I.H. Supriyadi, H. Cappenberg, F.D. Hukom, J. Souhoka, I.W.E. Dharmawan, D.A. Wilandari, A.E. Manuputty, I. Nagib, A. Budiyanto, J. Picasouw, A. Rasyidin, & A. Salatalohi. 2018. *Monitoring Kondisi Terumbu Karang dan Ekosistem Terkait di Perairan Belitung*. COREMAP-CTI, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Jakarta. 114 p.
- Suzana, B.O., J. Timban, R. Kaunang, & F. Ahmad. 2011. Valuasi ekonomi sumberdaya hutan mangrove di Desa Palaes Kecamatan Likupang Barat Kabupaten Minahasa Utara. *ASE*, 7(2): 29-38.
<https://doi.org/10.35791/agrsosek.7.2.2011.89>
- Syah, C., A. Indrawan, & A. Proyono. 2012. Pertumbuhan *Rhizophora mucronata* pada lahan restorasi mangrove di Hutan Lindung Angke Kapuk, Jakarta. *J. Bonorowo Wetlands*, 2(1): 1-10.
<https://doi.org/10.13057/wetlands/w020101>
- Syakti, A.D., T.S. Raza'i, C.J. Koenawan, R. Kurniawan, R.D. Putra, Jumsurizal, F. Lestari, H. Irawan, D. Kurniawan, I.P. Putra, T. Febrianto, Y.V. Jaya, M. Firdaus, M.A. Suhud, & W.R. Melani. 2018. *Monitoring Kesehatan Terumbu Karang dan Ekosistem Terkait di Kabupaten Lingga, Kepulauan Riau 2018*. COREMAP-CTI, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Jakarta 91 p.
- Syukri, M., S. Mashoreng, S. Werorilangi, R. Isyrini, R. Rastina, A. Faizal, A. Tahir, & S. Gosalam. 2018. Kajian stok karbon mangrove di Bebanga

- Kabupaten Mamuju Sulawesi Barat. Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan V. 5 Mei 2018. 335-342.
<https://journal.unhas.ac.id/index.php/proceedingsimnaskp/article/view/4665>
- Tomlinson, P.B. 2016. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press. New York. 418 p.
- Usman, L., Syamsuddin, & S.N. Hamzah. 2013. Analisis vegetasi mangrove di Pulau Dudepo Kecamatan Anggrek Kabupaten Gorontalo Utara. *J. Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 1(1): 11-17.
<https://doi.org/10.37905/v1i1.1211>
- Utama, R.S., Suharsono, H.A.W. Cappenberg, D. Anggraeni, I.N. Edrus, P. Makatipu, A. Irawan, I.W.E. Dharmawan, A. Budiyanto, A.R. Dzumalex, A. Salatalohi, & M. Hafizt. 2019. *Kondisi Kesehatan Terumbu Karang dan Ekosistem Terkait di Kabupaten Wakatobi, Sulawesi Tenggara*. CRITC COREMAP-CTI, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Jakarta. 102 p.
- Wang, Z., D. Yu, C. Zheng, Y. Wang, L. Cai, J. Guo, W. Song, & L. Ji. 2019. Ecophysiological analysis of mangrove seedlings *Kandelia obovate* exposed to natural low temperature at near 30°N. *J. of Marine Science and Engineering*, 7(9): 1-11.
<https://doi.org/10.3390/jmse7090292>
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. of Geology*, 30(5): 377-392.
<https://doi.org/10.1086/622910>
- Wiyanto, D.B. & E. Faiqoh. 2015. Analisis vegetasi dan struktur komunitas mangrove di Teluk Benoa, *J. of Marine and Aquatic Sciences*, 1(1): 1-7.
<https://doi.org/10.24843/jmas.2015.v1.i01.1-7>
- Yusniawati, Mukarlina, & E.R.P. Wardoyo. 2017. Pertumbuhan semai bakau putih (*Bruguiera cylindrical* (L.) BL.) pada tingkat salinitas yang berbeda. *J. of Biological Sciences*, 6(2): 31-36.
<https://doi.org/10.26418/protobiont.v6i2.20799>
- Submitted : 07 July 2021*
Reviewed : 29 July 2021
Accepted : 02 November 2021

FIGURE AND TABLE TITLES

- Figure 1. Distribution of 30 data collection points in three research zones.*
- Figure 2. Importance value index (INP) mangrove seedlings on three zones (SA=S. alba, RA=R.apiculata, RM= R. mucronata, RS=R. stylosa, BG=B. gymnorrhiza, XG= X. granatum).*
- Figure 3. Result of RDA (Redudancy Analysis) seedling abundance and ecological characters of mangrove in TAHURA Ngurah Rai (Remarks: Nt = tree density; Nsp = sapling density; Nsd = seedling density; D = diameter; H = height; Hs = seedling height; CC = canopy coverage; ORP = redox potential).*
- Table 1. Seedling density (stand/ha), number of species, and seedling height (cm) in three zones.*
- Table 2. Tree density (stand/ha), sapling density (stand/ha), total species, diameter (cm), height (m), and canopy cover (%) in three zones.*
- Table 3. Environmental parameters: temperature, pH, salinity, redox potential, and substrate type in three zones.*
- Table 4. Partial correlation analysis between seedling density and mangrove community condition.*