

Struktur Komunitas dan Tutupan Kanopi Mangrove di Teluk Staring Bagian Barat Laut, Sulawesi Tenggara

Simeon Felix Simamora¹, Muhammad Ramli¹, Asmadin², Mohammad Afdhal Adidharma^{3*}

¹Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo

²Jurusan Oseanografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo
Kampus Hijau Bumi Tridharma, Jl. H.E.A. Mokodompit, Kendari, Sulawesi Tenggara 93232 Indonesia

³Program Studi Ilmu Kelautan, Institut Teknologi dan Bisnis Muhammadiyah Kolaka

Jl. Pramuka, Kolaka, Sulawesi Tenggara 93511 Indonesia

Corresponding author, e-mail: afdhal.adidharma@gmail.com

ABSTRAK: Ekosistem mangrove berperan penting secara ekologis dalam menjaga stabilitas daerah pesisir, penyedia habitat, pelindung garis pantai, dan penopang keanekaragaman hayati. Tekanan terhadap ekosistem mangrove di pesisir Teluk Staring menunjukkan perlu adanya informasi dasar mengenai kondisi ekosistem mangrove sebagai landasan ilmiah bagi pengelolaan mangrove berkelanjutan di wilayah ini. Studi ini bertujuan untuk menganalisis struktur komunitas dan tutupan kanopi mangrove di bagian barat laut Teluk Staring, Sulawesi Tenggara. Survei lapangan dilakukan di tiga stasiun menggunakan petak vegetasi 10×10 m untuk menilai struktur komunitas mangrove, sedangkan tutupan kanopi diukur menggunakan metode hemispherical photography dan dianalisis dengan perangkat lunak ImageJ. Struktur komunitas dievaluasi menggunakan kerapatan, frekuensi, dominasi, dan Indeks Nilai Penting (INP), sedangkan tutupan kanopi diklasifikasikan menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Indonesia No. 201 Tahun 2004. Sebanyak lima spesies mangrove sejati teridentifikasi. Kerapatan pohon secara berkisar antara 3635-4552 individu/ha, yang menunjukkan tegakan mangrove yang sangat padat. *Rhizophora apiculata* menunjukkan kepadatan dan frekuensi tertinggi, sedangkan *Avicennia lanata* menunjukkan dominasi dan INP tertinggi di Stasiun A dan C, yang mengindikasikan kontribusi ekologisnya yang substansial meskipun bukan spesies yang paling melimpah. Rata-rata tutupan kanopi adalah 73,918%, berkisar antara 69,963% hingga 76,707%, yang sesuai dengan kondisi kanopi sedang hingga sangat padat. Tutupan kanopi yang tinggi dan tegakan mangrove yang padat menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di bagian barat laut Teluk Staring masih dalam kondisi ekologis yang baik. Temuan ini memberikan informasi dasar untuk konservasi mangrove dan pengelolaan ekosistem pesisir berkelanjutan di Sulawesi Tenggara.

Kata kunci: Hemispherical; Kanopi; Mangrove; Teluk Staring; Tutupan

Community Structure and Mangrove Canopy Cover in Northwest Staring Bay, Southeast Sulawesi

ABSTRACT: Mangrove ecosystems play an important ecological role in maintaining coastal stability, providing habitat, protecting shorelines, and supporting biodiversity. Pressures on the mangrove ecosystem along the coast of Staring Bay highlight the need for baseline information on the ecosystem's condition, serving as a scientific basis for sustainable mangrove management in the region. This study aims to analyze the community structure and canopy cover of mangroves in the northwest part of Staring Bay, Southeast Sulawesi. Field surveys were conducted at three sampling stations using 10×10 m vegetation plots to assess mangrove community structure, while canopy cover was measured using the hemispherical photography method and analyzed with ImageJ software. Community structure was evaluated using density, frequency, dominance, and Importance Value Index (IVI), while canopy cover was classified according to the Decree of the Indonesian Minister of Environment No. 201 of 2004. A total of five true mangrove species were identified. Tree density ranged from 3635 to 4552 individuals/ha, indicating a very dense mangrove stand. *Rhizophora apiculata* showed the highest density and frequency, while *Avicennia lanata* showed the highest dominance and IVI at Stations A and C, indicating its substantial ecological contribution

despite not being the most abundant species. The average canopy cover was 73.918%, ranging from 69.963% to 76.707%, which corresponds to moderate to very dense canopy conditions. High canopy cover and dense mangrove stands indicate that the mangrove ecosystem in the northwest part of Staring Bay is still in good ecological condition. These findings provide basic information for mangrove conservation and sustainable coastal ecosystem management in Southeast Sulawesi.

Keywords: Hemispherical; Canopy; Mangrove; Staring Bay; Cover

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan ekosistem mangrove terluas di dunia. Dari total 123 negara tropis dan subtropis yang memiliki vegetasi mangrove, Indonesia tercatat memiliki luas hutan mangrove berkisar antara 3,3-3,49 juta hektar atau sekitar 21-22,6% dari total mangrove global yang diperkirakan mencapai 13,4-16,53 juta hektar (Ohimain *et al.*, 2026; Aznawi *et al.*, 2026; Apriani & Delistiani, 2025; Samsuri *et al.*, 2024). Keberadaan mangrove memiliki peranan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir, terutama sebagai pelindung garis pantai dari abrasi dan erosi. Selain itu, mangrove juga berfungsi sebagai penyangga ekologis yang bersinergi dengan ekosistem padang lamun dan terumbu karang dalam mendukung fungsi habitat biota pesisir (Carlson *et al.*, 2021; Sitiningrum, 2025). Fungsi ekologis tersebut secara tidak langsung turut menopang aktivitas ekonomi masyarakat pesisir, khususnya pada sektor perikanan dan pemanfaatan sumber daya pesisir lainnya (Haryanti *et al.*, 2025). Selain itu, hutan mangrove berperan penting dalam mengurangi dampak perubahan iklim dengan menangkap, mengubah, dan menyimpan karbon di atmosfer (Choudhary *et al.*, 2024).

Meskipun memiliki peranan yang sangat penting, ekosistem mangrove di Indonesia saat ini menghadapi ancaman degradasi yang cukup serius. Terhitung selama dua dekade terakhir, kerusakan mangrove terus mengalami peningkatan akibat konversi lahan untuk pertanian, tambak budidaya, permukiman, serta aktivitas penebangan liar yang menyebabkan berkurangnya luas tutupan mangrove dan menurunnya fungsi ekologi kawasan pesisir (Hidayah *et al.*, 2026). Murdiyarso *et al.* (2015) dalam studinya melaporkan bahwa dalam kurun waktu tiga dekade, luas hutan mangrove Indonesia telah menurun hingga sekitar 40%, dimana sebagian besar disebabkan oleh pengembangan lahan budidaya perikanan. Studi Arifanti *et al.* (2021) juga mencatat adanya penurunan luas mangrove sekitar 182.091 hektar pada periode 2009-2019. Lebih khusus di Pulau Sulawesi, tingkat deforestasi mangrove tercatat sebagai yang tertinggi kedua di Indonesia dengan persentase penurunan luas mangrove mencapai 39% pada periode 1800-2012, yang semakin meningkat sejak tahun 1980-an akibat intensifnya kegiatan budidaya dan pemanfaatan wilayah pesisir (Ilman *et al.*, 2016).

Salah satu wilayah di Pulau Sulawesi yang mengalami tekanan terhadap ekosistem mangrove adalah Provinsi Sulawesi Tenggara. Beberapa kawasan pesisir seperti Teluk Kendari, Tinanggea, dan Teluk Staring merupakan area yang dilaporkan mengalami penurunan luas mangrove akibat masifnya beberapa aktivitas seperti pembangunan hotel, resor, industri, pelabuhan, pertambangan, aktivitas pertanian, serta budidaya perikanan (Analuddin *et al.*, 2023). Teluk Staring sendiri merupakan perairan semi terbuka yang berada di Kecamatan Moramo dan Laonti, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Kawasan ini merupakan penunjang penting aktivitas ekonomi masyarakat pesisir, yang mencakup aktivitas seperti perikanan tangkap, pertambakan ikan dan udang, transportasi laut, serta kegiatan industri. Sebagai kawasan estuari, Teluk Staring ditumbuhi vegetasi mangrove yang tersebar di sepanjang garis pantainya dan didominasi oleh spesies *Rhizophora*, *Sonneratia*, *Bruguiera*, *Avicennia* dan *Xylocarpus* (Hasuba *et al.*, 2025; Oetama *et al.*, 2023). Karakteristik ekosistem mangrove di Teluk Staring memiliki keunikan tersendiri dibandingkan kawasan mangrove lainnya, dimana kawasan ini tidak dilalui oleh aliran sungai besar, melainkan hanya memperoleh suplai air dari saluran-saluran sungai kecil pada musim hujan. Di sisi lain, pembangunan infrastruktur seperti galangan kapal dan pembangkit listrik tenaga batu bara di sekitar kawasan mangrove Teluk Staring berpotensi meningkatkan tekanan terhadap keberlanjutan

ekosistem tersebut (Analuddin *et al.*, 2024), mengingat di wilayah Teluk Kendari dan Tinanggea telah mengalami penurunan luas hutan mangrove hingga lebih dari 60% selama kurun waktu 20 Tahun terakhir (Analuddin *et al.*, 2023). Studi Oetama *et al.* (2024), pada pesisir Teluk Staring bagian timur di Kecamatan Laonti Kabupaten Konawe Selatan melaporkan bahwa luas ekosistem mangrove di wilayah ini mencapai 1.933,09 hektar dimana kondisi kesehatan mangrove di kawasan tersebut sangat bervariasi mulai dari kategori rusak hingga baik dengan nilaiutupan kanopi berkisar antara 45,85%-98,88%. Studi mangrove di Teluk Staring bagian barat laut sejauh ini baru sebatas inventarisasi jenis mangrove yang telah dilaporkan oleh Hasuba *et al.* (2025) dimana setidaknya terdapat 5 jenis mangrove di area ini yaitu *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata*, *Sonneratia alba*, *Avicennia lanata* dan *Bruguiera gymnorhiza*. Variasi kondisi mangrove di bagian timur Teluk Staring menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di kawasan Teluk Staring memerlukan pemantauan yang menyeluruh serta pengelolaan yang berkelanjutan. Sedangkan pada studi di bagian barat laut Teluk Staring masih sangat terbatas data mengenai kondisi kesehatan ekosistem mangrovenya. Keberadaan ekosistem mangrove beserta dua ekosistem pesisir lainnya (lamun dan terumbu karang) di Teluk Staring sangat penting sebagai penopang sumber daya ikan pelagis dan kerang-kerangan yang menyebar merata di seluruh ekosistem mangrove (Sudarno *et al.*, 2020; Rajab *et al.*, 2016). Namun, saat ini kawasan mangrove di sekitar pesisir barat hingga barat laut Teluk Staring telah mengalami tekanan baik oleh faktor alam, seperti gelombang maupun oleh faktor aktivitas manusia, seperti perluasan permukiman dan konversi lahan yang dapat memengaruhi kondisi flora dan keanekaragaman hayati ekosistem mangrove yang ada didalamnya (Hamid *et al.*, 2026).

Pengelolaan ekosistem mangrove yang efektif memerlukan ketersediaan data dasar mengenai kondisi ekosistem guna mendukung pengambilan keputusan yang tepat dalam upaya konservasi dan rehabilitasi wilayah pesisir (Gunawan *et al.*, 2025). Data kesehatan ekosistem mangrove sangat penting untuk meningkatkan ketahanan wilayah pesisir terhadap perubahan iklim dan degradasi lingkungan serta menjamin keberlanjutan jasa ekosistem dimasa mendatang (Hoad *et al.*, 2025; Kollie, 2024). Kebutuhan data dasar ini menjadi semakin penting mengingat ekosistem mangrove bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pasang surut, sedimentasi, dan aktivitas antropogenik (Prabowo *et al.*, 2026), sehingga pengelolaannya sangat bergantung pada kondisi kesehatan ekosistem tersebut. Oleh karena itu, diperlukan metode pemantauan yang mampu memberikan informasi mengenai kondisi ekosistem secara akurat dan efisien.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menilai kondisi kesehatan mangrove adalah metode *hemispherical photography*. Metode ini merupakan pendekatan berbasis lapangan yang digunakan untuk mengukur persentaseutupan kanopi mangrove menggunakan kamera bersudut pandang 180 derajat pada titik pengamatan tertentu (Wardhani, 2023). Jika dibandingkan dengan pendekatan penginderaan jauh, *hemispherical photography* memiliki beberapa keunggulan, yaitu tidak bergantung pada kondisi awan, biaya yang relatif lebih murah, hasil pengamatan bersifat permanen, serta dapat direplikasi untuk pemantauan pada lokasi skala kecil (Najih & Jamil, 2026). Selain itu, metode ini juga mampu memberikan informasi mengenai distribusi fraksi celahutupan kanopi yang dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik kanopi seperti indeks luas daun, distribusi sudut daun, dan keterbukaan kanopi (Wachid *et al.*, 2017). Meskipun telah diterapkan pada beberapa penelitian mangrove di Indonesia dan dinilai cukup efektif, penggunaan metode *hemispherical photography* pada ekosistem mangrove di Indonesia masih tergolong relatif baru dan terbatas (Kuncoro *et al.*, 2026). Oleh karena itu, penerapan metode ini pada ekosistem mangrove Teluk Staring diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih detail mengenai kondisi kesehatan mangrove sekaligus menjadi dasar dalam mendukung pengelolaan dan konservasi ekosistem mangrove secara berkelanjutan.

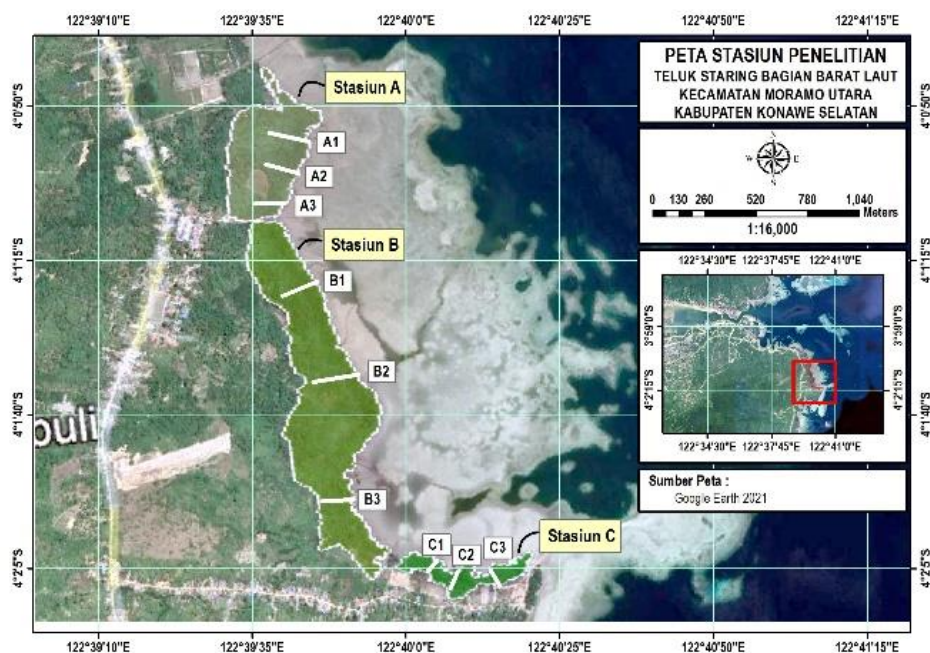
MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan dari Mei hingga Juli 2023 yang meliputi, survei pendahuluan, pengukuran di lapangan, serta pengolahan dan analisis data. Survei pendahuluan merupakan peninjauan awal terhadap lokasi penelitian untuk memahami kondisi dan karakteristik lokasi penelitian serta acuan

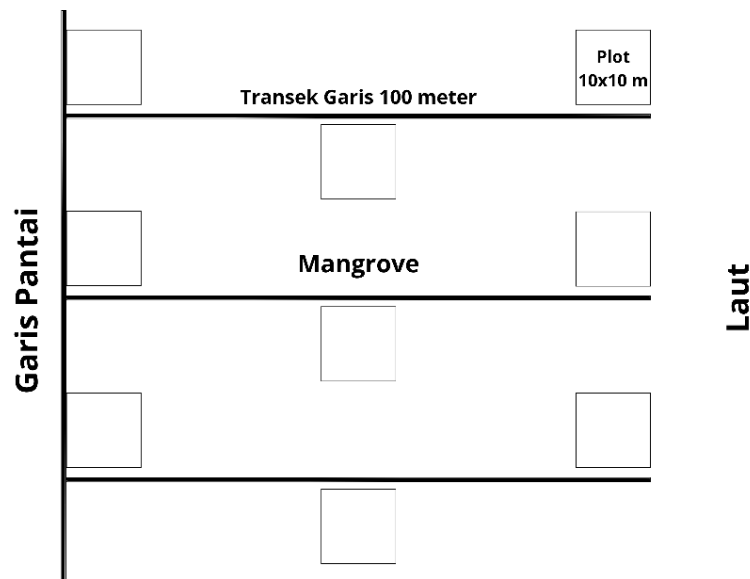
dalam menentukan desain pengukuran di lapangan yang sesuai dengan tujuan penelitian (Campbell *et al.*, 2020; Alaska Department of Environmental Conservation, 2024). Stasiun penelitian ditentukan berdasarkan ketebalan vegetasi dan letak geografis melalui pengamatan langsung di lapangan dan melalui Google Earth Pro (Gambar 1).

Sebanyak tiga stasiun ditentukan di wilayah administrasi Kecamatan Moramo Utara Kabupaten Konawe Selatan. Stasiun A berada di pesisir utara Desa Lalowaru yang mewakili daerah dengan vegetasi mangrove yang tidak terlalu tebal, terdapat lokasi “kosong” dan berdekatan dengan tambak, Stasiun B berada di pesisir selatan Desa Lalowaru yang mewakili area bervegetasi yang sangat tebal dan tidak terdapat pemukiman masyarakat disekitarnya, dan stasiun C berada di Desa Tanjung Tiram yang mewakili daerah yang vegetasinya relatif tipis dan berdekatan dengan pemukiman warga. Pada setiap stasiun dibentangkan tiga transek garis 100 meter tegak lurus pantai yang diberi kode A1, A2 dan A3 pada stasiun A, B1, B2 dan B3 pada stasiun B serta C1, C2 dan C3 pada stasiun C (Gambar 1). Identifikasi jenis dalam penelitian ini mengacu pada buku Panduan Monitoring Struktur Komunitas Mangrove (Dharmawan, 2020). Dalam proses identifikasi jenis mangrove, yang perlu diperhatikan beberapa karakter kunci dari setiap jenis mangrove yaitu tipe akar, bentuk daun, dan buah mangrove.

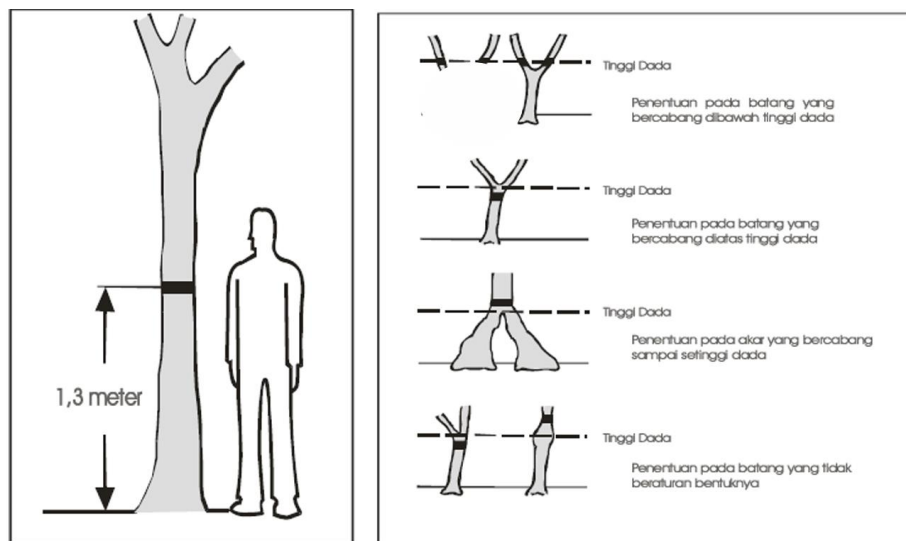
Pengambilan data kondisi mangrove dalam mengacu pada Dharmawan *et al.* (2020), dengan parameter berupa kerapatan (N) yaitu jumlah tegakan jenis yang ditemukan dalam satuan luasan pengukuran. Kerapatan diukur dengan menggunakan metode Transek Garis dan Petak Contoh (*Line Transect Plot*). Metode ini merupakan pencuplikan contoh populasi suatu ekosistem dengan pendekatan petak contoh yang berada pada garis yang ditarik melewati wilayah ekosistem tersebut. Metode *Line Transect Plot* diawali dengan menetapkan transek garis sepanjang 100 meter tegak lurus garis pantai di setiap stasiun. Di setiap transek garis diletakkan secara acak sebanyak 3 plot berbentuk bujur sangkar berukuran 10×10 m (Gambar 2). Kemudian dihitung jumlah individu per jenis mangrove dan diameter batang diukur pada ketinggian $\pm 1,3$ m dari permukaan tanah atau sesuai pedoman pengukuran *Diameter at Breast Height* (DBH) pada mangrove untuk menghitung basal area (Gambar 3). Individu mangrove dihitung berdasarkan tingkat pertumbuhan yang dibagi menjadi pohon, anakan dan semai. Individu mangrove yang terkategori sebagai pohon yaitu memiliki diameter batang minimal 5 cm, individu anakan memiliki ciri diameter batang <5 cm dan telah memiliki cabang, dan individu semai memiliki ciri tinggi <1,5 m dan belum memiliki cabang (Dharmawan, 2020).



Gambar 1. Peta Lokasi Stasiun Penelitian



Gambar 2. Ilustrasi penempatan plot 10×10 meter pada transek garis



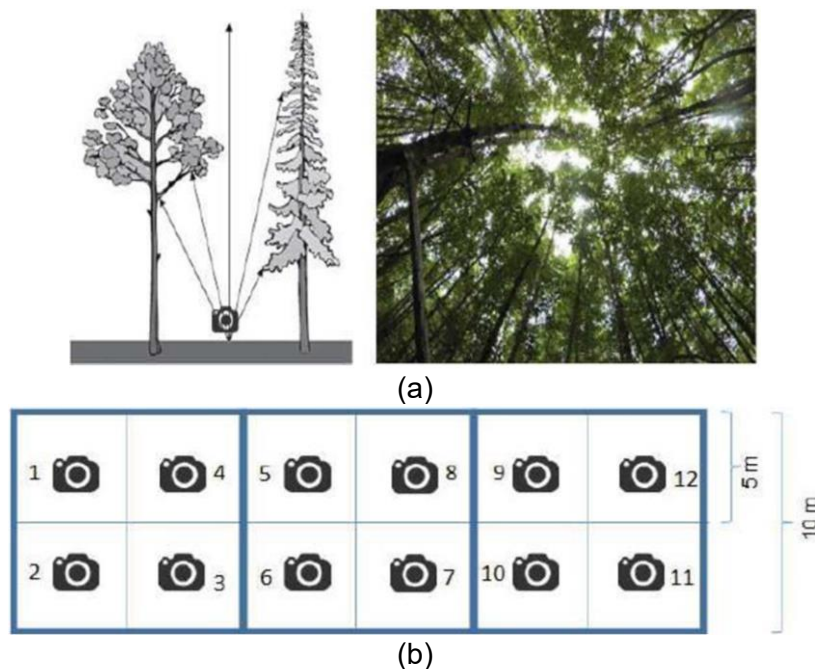
Gambar 3. Petunjuk pengukuran diameter batang mangrove pada beberapa tipe batang (KepMenLH No. 201 Tahun 2004)

Pengambilan data tutupan kanopi dilakukan dengan metode *Hemispherical Photography* yang dikembangkan dalam pelaksanaan monitoring kesehatan komunitas mangrove dalam COREMAP CTI (Dharmawan & Pramudji, 2014; Dharmawan & Pramudji, 2017). Metode ini menggunakan peralatan fotografi yang relatif sederhana. Pengambilan data dilakukan dari tanggal 23 sampai 26 Mei 2023 dari pukul 08.00-12.00 WITA dimana kondisi cuaca cenderung cerah hingga berawan pada kondisi air laut pasang menuju surut. Kamera yang digunakan untuk mengambil foto hemispherical adalah kamera smartphone, dengan spesifikasi kamera 16 megapixel dan rasio frame 1:1. Dalam setiap transek garis 100 meter di setiap stasiun, dibuat 3 plot pengamatan berukuran 10×10 meter yang diletakkan pada titik 0 meter, 40 meter dan 90 meter transek garis. Titik pengambilan foto ditempatkan disekitar pusat plot kecil, dimana posisinya berada diantara satu

pohon dengan pohon lainnya serta tepat disamping batang satu pohon (Gambar 4a). Dalam area setiap plot 10×10 meter kemudian diambil foto hemispherical menggunakan kamera sebanyak 4 hingga 9 kali (Gambar 4b) bergantung pada tingkat kerimbunan kanopi komunitas mangrove. Posisi kamera disejajarkan dengan tinggi dada pengambil foto, serta tegak lurus ke langit. Nomor foto dicatat pada form data sheet untuk mempermudah analisis data. Hindarkan pengambilan foto ganda pada setiap titik untuk mencegah kebingungan dalam analisis data.

Foto *hemispherical* yang telah dikumpulkan di lapangan kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan software ImageJ versi 1.53k. Secara umum menurut Al Hayo *et al.* (2025), prosedur pengolahan foto *hemispherical* pada *software* ImageJ diawali dengan mengunggah foto ke software, kemudian mengkonversi foto menjadi gambar 8-bit (menu Image>Type> 8 bit), menyesuaikan ambang batas (*threshold*) secara manual (menu Image>Adjust>Threshold). *Threshold* merupakan proses untuk mengubah foto (*grayscale* atau warna) menjadi gambar biner (hitam dan putih) dengan tujuan untuk membedakan latar belakang (langit) dan objek mangrove (Rahmayanti *et al.*, 2024). Setelah melakukan *threshold*, gambar akan memiliki piksel yang bernilai 0 untuk hitam dan 255 untuk putih dengan mempertimbangkan interpretasi batasan langit dan kanopi, kemudian dilakukan masking gambar hitam-putih dan menempatkan skala referensi.

Kerapatan vegetasi mangrove digunakan untuk menggambarkan jumlah individu pohon yang terdapat pada suatu luasan area pengamatan. Parameter ini dibedakan menjadi kerapatan jenis (K) dan kerapatan relatif (KRi). Kerapatan jenis menunjukkan jumlah tegakan dari suatu spesies mangrove dalam luasan tertentu, sedangkan kerapatan relatif menggambarkan proporsi jumlah individu suatu spesies terhadap keseluruhan individu dari semua spesies yang ditemukan pada area pengamatan (Fahmi *et al.*, 2025). Kerapatan jenis dihitung dengan mempertimbangkan jumlah individu dari setiap spesies dan luas area pengamatan. Nilai yang diperoleh kemudian digunakan sebagai dasar untuk menentukan kerapatan relatif, yaitu dengan membandingkan kerapatan masing-masing spesies terhadap total kerapatan seluruh spesies yang ditemukan. Perhitungan kerapatan dan kerapatan relatif mengacu pada metode yang dikemukakan oleh Dharmawan *et al.* (2020).



Gambar 4. (a) Ilustrasi metode *hemispherical photography* untuk mengukur tutupan mangrove; (b) hasil pemotretan dengan lensa *fish eye* secara vertical. (Sumber : Dharmawan & Pramudji, 2014)

Selain kerapatan, struktur vegetasi mangrove juga dapat diketahui berdasarkan frekuensi kemunculan setiap jenis. Frekuensi menggambarkan seberapa sering suatu spesies ditemukan pada plot-plot pengamatan yang telah ditetapkan. Dalam analisis ini, frekuensi dibedakan menjadi frekuensi jenis (Fi) dan frekuensi relatif (FRi). Frekuensi jenis ditentukan berdasarkan perbandingan antara jumlah plot yang ditempati atau ditemukan oleh suatu spesies dengan seluruh plot pengamatan yang tersedia. Nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk memperoleh frekuensi relatif dengan membandingkan frekuensi suatu spesies terhadap jumlah frekuensi seluruh spesies dalam komunitas mangrove. Pendekatan ini memberikan gambaran mengenai pola penyebaran suatu jenis pada lokasi penelitian. Perhitungan frekuensi relatif mengacu pada Sambu *et al.* (2014), sedangkan metode perhitungan frekuensi jenis dan frekuensi relatif mengikuti Dharmawan *et al.* (2020).

Parameter berikutnya yang digunakan untuk menggambarkan struktur vegetasi adalah dominansi. Dominansi menunjukkan besarnya penguasaan suatu spesies berdasarkan ukuran batang pohon yang terdapat pada area pengamatan. Parameter ini dinyatakan dalam satuan luas dan didasarkan pada nilai *basal area* (BA), yaitu luas penampang melintang batang pohon yang diukur pada ketinggian 1,3 m dari permukaan tanah (Lu *et al.*, 2023). Nilai *basal area* masing-masing individu diperoleh berdasarkan diameter batang, kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan *basal area* dari setiap jenis mangrove. Perhitungan *basal area* dilakukan dengan mengacu pada metode Dharmawan *et al.* (2020) dan Kusmana & Azizah (2022).

Nilai *basal area* yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menentukan dominansi jenis (Di) dengan mempertimbangkan luas area pengamatan. Dominansi jenis menunjukkan besarnya penguasaan suatu spesies berdasarkan luas penampang batang yang dimilikinya dalam suatu luasan tertentu. Setelah nilai dominansi setiap spesies diperoleh, dilakukan perhitungan dominansi relatif (DRi), yaitu dengan membandingkan dominansi suatu jenis terhadap dominansi total seluruh jenis mangrove yang ditemukan. Dengan demikian, nilai dominansi relatif dapat menunjukkan seberapa besar kontribusi suatu spesies terhadap struktur vegetasi mangrove secara keseluruhan. Prosedur perhitungan dominansi dan dominansi relatif mengacu pada Dharmawan *et al.* (2020).

Ketiga komponen struktur vegetasi tersebut, yaitu kerapatan relatif, frekuensi relatif, dan dominansi relatif, selanjutnya digunakan untuk menentukan Indeks Nilai Penting (INP). INP merupakan parameter yang dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat pengaruh atau peranan suatu spesies dalam membentuk struktur komunitas mangrove (Shabrina *et al.*, 2026; Farid *et al.*, 2024). Nilai INP diperoleh dengan menggabungkan nilai kerapatan relatif, frekuensi relatif, dan dominansi relatif dari masing-masing jenis mangrove. Oleh karena itu, spesies dengan nilai INP yang lebih tinggi dapat diinterpretasikan sebagai jenis yang memiliki peranan relatif lebih besar dalam komunitas mangrove pada lokasi penelitian. Metode perhitungan INP mengikuti Dharmawan *et al.* (2020), dengan nilai indeks secara umum berada pada kisaran 0–300 (Shabrina *et al.*, 2026).

Selain struktur vegetasi berdasarkan parameter tegakan, kondisiutupan mangrove juga dianalisis untuk memperoleh gambaran mengenai tingkat penutupan kanopi pada lokasi penelitian. Analisisutupan kanopi dilakukan menggunakan perangkat lunak ImageJ. Metode ini bekerja dengan menganalisis komposisi piksel pada foto sehingga bagian langit yang mewakili area nonvegetasi dapat dibedakan dari bagian yang menunjukkanutupan vegetasi mangrove (Schaduw *et al.*, 2024). Persentaseutupan kanopi diperoleh dengan membandingkan jumlah piksel yang merepresentasikan bagian nonvegetasi terhadap keseluruhan piksel pada foto, sehingga menghasilkan nilai persentaseutupan kanopi mangrove. Pendekatan analisis persentaseutupan kanopi mengacu pada Dharmawan (2020).

Hasil pengukuran persentaseutupan kanopi selanjutnya digunakan untuk menilai kondisiutupan mangrove pada lokasi penelitian. Interpretasi tingkatutupan mangrove dilakukan dengan mengacu pada kriteria baku dan pedoman penentuan kerusakan mangrove yang ditetapkan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 201 Tahun 2004. Kondisi ekosistem mangrove dapat ditentukan berdasarkan persentaseutupan kanopi dan kerapatan pohon per hektare. Vegetasi mangrove dikategorikan baik apabila memiliki persentaseutupan $\geq 75\%$ dengan kerapatan lebih dari 1.500 pohon/ha, yang termasuk dalam kondisi sangat padat. Kondisi sedang ditunjukkan oleh persentaseutupan lebih dari 50% hingga kurang dari 75%, dengan kerapatan

antara lebih dari 1.000 hingga kurang dari 1.500 pohon/ha. Sementara itu, kondisi mangrove dikategorikan rusak apabila persentase penutupan kurang dari 50% dan kerapatan kurang dari 1.000 pohon/ha, yang termasuk dalam kategori jarang. Kriteria tersebut digunakan sebagai dasar untuk menilai kondisi vegetasi mangrove berdasarkan tingkat penutupan dan kerapatannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

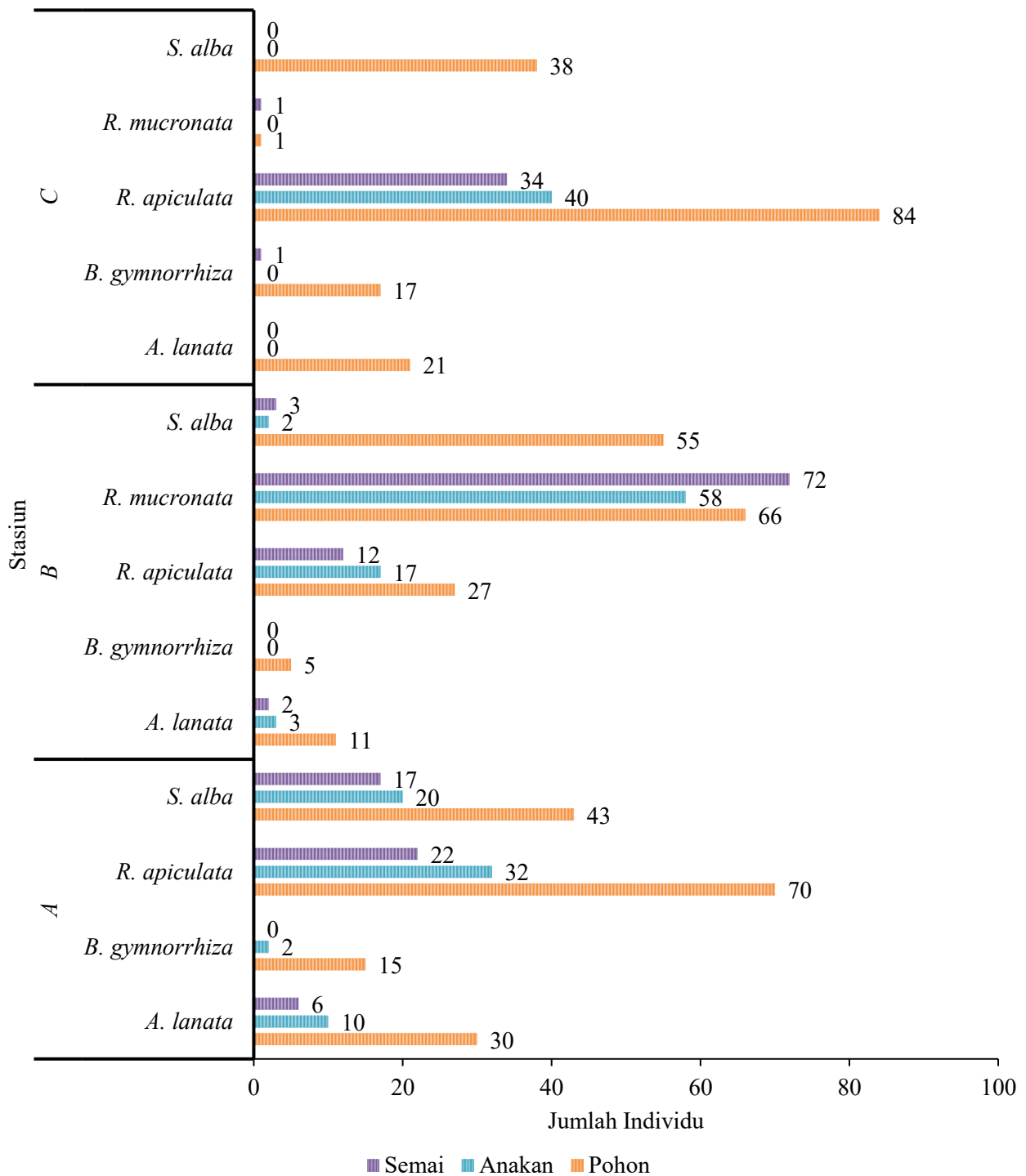
Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan 5 jenis mangrove di lokasi penelitian Teluk Staring Bagian Barat Laut, yaitu *A. lanata*, *B. gymnorrhiza*, *R. apiculata*, *R. mucronata*, dan *S. alba* (Gambar 5), dimana *R. apiculata* dan *R. mucronata* merupakan spesies yang dominan dibandingkan spesies lain. Total jenis yang diperoleh di lokasi penelitian ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan temuan studi Ardiansyah *et al.* (2023) yang melaporkan 3 spesies yang didominasi oleh jenis *R. apiculata* di muara sungai Beladeng Tanjung Pinang. Selain itu studi Lutfiani *et al.* (2023) juga melaporkan 3 spesies di perairan Pare Mas Jerowaru Lombok Timur dengan *R. apiculata* yang juga menjadi spesies dominan. Namun demikian, temuan pada studi ini masih lebih rendah jika dibandingkan dengan temuan beberapa studi sebelumnya di beberapa perairan. Studi Sitorus *et al.* (2023) menemukan total 10 spesies di perairan Desa Pematang Sei Baru Kabupaten Asahan dengan *Bruguiera cylindrical* dan *R. mucronata* sebagai spesies dominan. Selain itu, studi Pinasang *et al.* (2025) di perairan Desa Blongko, Kapitu dan Sondaken di Mihanasa Selatan juga menemukan total 10 spesies dengan didominasi oleh *R. apiculata*.

Perbedaan jumlah spesies yang ditemukan dalam penelitian ini dengan penelitian lain kemungkinan berkaitan dengan beberapa faktor seperti perbedaan jenis substrat, ketersediaan nutrient dan aktivitas antropogenik di sekitar mangrove yang dapat mempengaruhi distribusi dan kelimpahan spesies mangrove di suatu perairan (Fabian *et al.*, 2025). Substrat merupakan salah satu faktor kunci yang dapat membatasi pertumbuhan dan distribusi jenis mangrove karena dengan adanya perbedaan karakteristik fisik dan kimia dari tanah akan menyebabkan perbedaan zonasi mangrove (Frederika *et al.*, 2021). Studi dari Boubakary *et al.* (2024) melaporkan bahwa mangrove menunjukkan pertumbuhan dan perkembangan yang lebih baik pada substrat yang terdiri dari komposisi 75% lumpur dan 25% pasir. Sehingga substrat yang ideal untuk pertumbuhan mangrove biasanya memiliki karakteristik yang lunak, berlumpur dan kaya akan bahan organik. Unsur-unsur penting seperti nitrat dan fosfat juga kemungkinan dapat berkaitan dalam menentukan laju pertumbuhan dan perkembangan mangrove (Citra *et al.*, 2022). Selain itu, aktivitas manusia yang mendorong degradasi hutan mangrove melalui konversi lahan, aktivitas rumah tangga dan industri yang menghasilkan limbah pencemar. Faktor-faktor antropogenik ini berdampak pada pengurangan luas hutan mangrove, perubahan komposisi spesies mangrove dan pencemaran (Cahyaningsih *et al.*, 2022).

Jumlah individu mangrove pada tahap pertumbuhan pohon, anakan dan semai di seluruh stasiun menunjukkan pola yang sama, dimana jumlah individu mangrove yang berada di tahap pohon mendominasi pada seluruh stasiun yang kemudian diikuti oleh anakan dan semai. Stasiun A memiliki total 15800 individu/ha untuk pohon, 6400 individu/ha untuk anakan, dan 4500 individu/ha untuk semai, stasiun B masing-masing 15400 individu/ha, 8000 individu/ha, 8900 individu/ha untuk pohon, anakan dan semai, sedangkan stasiun C masing-masing 16100 individu/ha, 4000 individu/ha, 3600 individu/ha untuk pohon, anakan dan semai. Menurut Ihwan *et al.* (2025), tingginya kepadatan pohon dibanding anakan dan semai dapat menyebabkan penurunan intensitas sinar matahari yang masuk ke hutan mangrove, sehingga pada akhirnya dapat menurunkan intensitas cahaya matahari yang diperoleh oleh anakan maupun semai untuk keperluan pertumbuhan. Jika jumlah semai dan anakan lebih tinggi dibandingkan pohon, maka proses regenerasi mangrove di ekosistem tersebut berjalan dengan baik.

Berdasarkan nilai kerapatan mangrove per stasiun (Gambar 5), ditemukan bahwa pada stasiun A, spesies *R. apiculata* memiliki kerapatan jenis dan relatif tertinggi dengan nilai masing-masing 0,413 (4130 individu/ha) dan 46,442% sedangkan yang terendah yaitu pada spesies *B. gymnorrhiza* dengan kerapatan jenis 0,057 (570 individu/ha) dan kerapatan relatif 6,367%. Kerapatan pada Stasiun B menunjukkan bahwa spesies *R. mucronata* merupakan spesies dengan

kerapatan jenis dan relatif yang tertinggi, dimana kerapatan jenis 0,653 (6530 individu/ha) dan kerapatan relatif 58,859%. Stasiun C menunjukkan temuan yang sama dengan stasiun A, Dimana kerapatan jenis dan relatif *R. apiculata* merupakan yang tertinggi dengan nilai masing-masing 0,527 (5270 individu/ha) dan 66,627%, sedangkan *R. mucronata* menjadi yang terendah dengan kerapatan jenis 0,007 (70 individu/ha) dan kerapatan relatif 0,884%. Nilai kerapatan pada lokasi penelitian masih tergolong lebih tinggi dibandingkan kerapatan mangrove yang tercatat di Taman

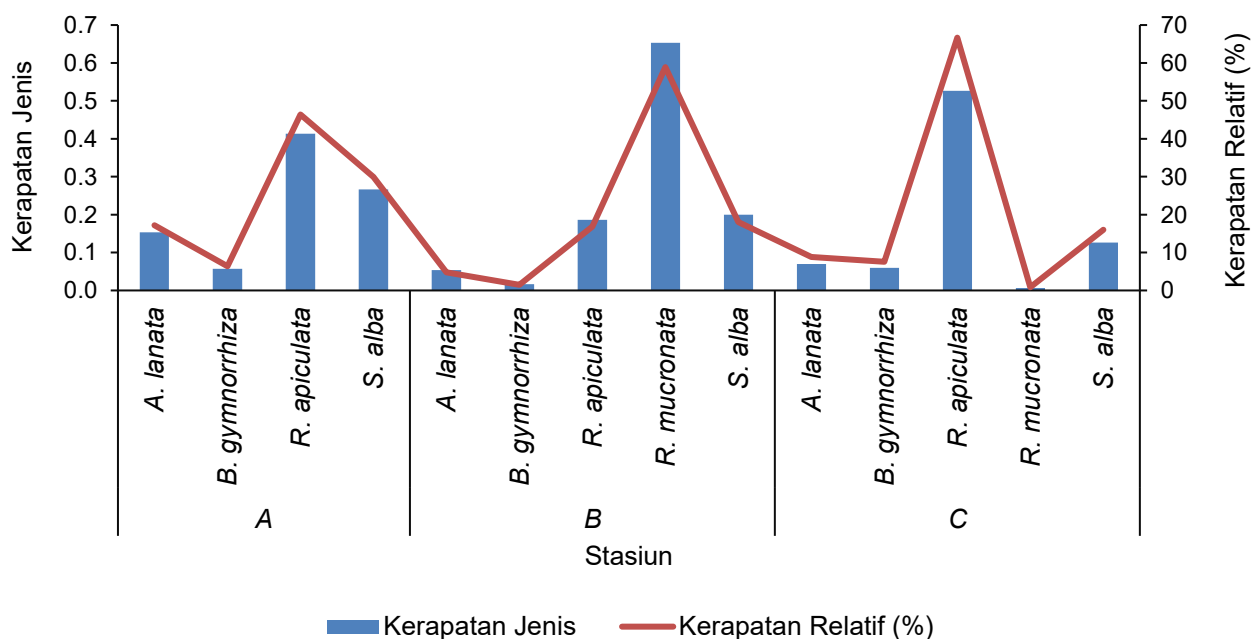


Gambar 5. Jumlah Individu Jenis Mangrove pada Setiap Stasiun

Nasional Kutai yang berkisar antara 122,2 hingga 202,4 individu/ha (Sulistyorini *et al.*, 2021). Bahkan kepadatan di lokasi penelitian masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan Segara Anakan yang merupakan ekosistem mangrove terbesar di Pulau Jawa (Ardli & Yani, 2020) yang memiliki kepadatan total berkisar antara 300-4000 individu/ha (Hilmi *et al.*, 2015). Hasil temuan ini menunjukkan bahwa individu *R. apiculata* dan *R. mucronata* sangat mendominasi dari segi jumlah individu pada ekosistem mangrove di Teluk Staring bagian barat laut. Menurut Puna *et al.* (2023) kepadatan yang tinggi ini dapat dipengaruhi oleh diameter batang pada spesies yang dominan dalam plot pengamatan, dimana jika diameter batang semakin kecil maka nilai kepadatan akan semakin tinggi karena akan semakin banyak pula individu dari spesies tersebut. Tingginya kepadatan spesies *R. apiculata* dan *R. mucronata* mengindikasikan bahwa tingkat regenerasi dari kedua spesies tersebut berjalan dengan baik dan spesies tersebut dapat beradaptasi dan bertahan pada kondisi di lingkungan sekitarnya (Amplijanur *et al.*, 2022).

Mangrove jenis *A. lanata* dan *B. gymnorhiza* merupakan dua spesies dengan jumlah individu terendah dibandingkan 3 spesies lainnya. Rendahnya jumlah individu dari kedua spesies tersebut kemungkinan berkaitan dengan karakteristik habitatnya yang cukup spesifik dibandingkan spesies *R. apiculata*, *R. mucronata* dan *S. alba* yang cenderung lebih toleran pada berbagai karakteristik lingkungan. Habitat *A. lanata* memiliki ciri substrat berlumpur hingga berpasir di daratan dengan elevasi 5,11-6,57 MDPL (Kasim, 2022). Sedangkan *B. gymnorhiza* merupakan spesies pionir mangrove membutuhkan substrat lumpur yang stabil dengan kadar salinitas sedang antara 15-25 ppt dan pasang surut yang lebih tenang (Nurhayati *et al.*, 2022; Utami *et al.*, 2026). Terkhusus *A. lanata*, spesies ini tergolong spesies yang jarang ditemukan dan biasanya memiliki kepadatan yang sangat rendah. Studi di Taman Nasional Baluran menemukan bahwa *A. lanata* merupakan jenis yang memiliki kepadatan paling rendah, yaitu 6,25 individu/ha. Selain itu, *A. lanata* juga memiliki kepadatan rendah pada tingkat pertumbuhan sapihan dan tidak ditemukan pada tingkat pertumbuhan semai (Rofi'i *et al.*, 2021).

Perbedaan nilai kepadatan vegetasi mangrove dari ketiga stasiun penelitian kemungkinan disebabkan oleh pengaruh antropogenik yang berbeda-beda di tiap stasiun. Stasiun A dan C yang berada dekat area pertambakan dan permukiman membuat kedua stasiun ini mendapatkan pengaruh yang lebih besar dibandingkan stasiun B yang sama sekali tidak terdapat permukiman di sekitarnya. Aktivitas antropogenik umumnya berupa masukan limbah domestik dan konversi lahan



Gambar 6. Nilai Kepadatan Mangrove pada Setiap Stasiun

(Cahyaningsih *et al.*, 2022). Terkhusus pada masukan limbah, hal ini dapat menimbulkan fenomena pengayaan nutrisi (N dan P) pada ekosistem mangrove. Ketersediaan nutrisi ini umumnya dapat menjadi pendorong dalam berkembangnya hutan mangrove, namun disisi lain dapat mengurangi fungsi ekosistem mangrove jika ketersediaannya berlebihan (eutrofikasi). Fenomena eutrofikasi akibat aktivitas antropogenik dapat memberikan dampak kompleks terhadap ekosistem mangrove. Meskipun peningkatan nutrisi dapat merangsang pertumbuhan dan reproduksi mangrove, kondisi tersebut juga dapat menurunkan alokasi biomassa akar, mengurangi keanekaragaman mikroorganisme tanah, serta mengganggu kemampuan mangrove dalam menyimpan karbon yang berpotensi mengurangi fungsi ekologis dan ketahanan ekosistem mangrove terhadap gangguan lingkungan (Mack *et al.*, 2024; Lovelock *et al.*, 2009). Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas antropogenik di sekitar ekosistem mangrove menurunkan kualitas habitat, sehingga kurang cocok dan sesuai untuk mendukung pertumbuhan mangrove. Studi yang membandingkan dua hutan mangrove di Teluk Yingluo dan Laut Maowei Tiongkok melaporkan bahwa hutan mangrove alami yang tidak terganggu di Teluk Yingluo berkembang pesat sebagai respons terhadap kenaikan suhu permukaan laut. Sebaliknya, hutan mangrove yang sangat terdampak oleh aktivitas antropogenik di Laut Maowei mengalami penurunan, meskipun kedua area perairan tersebut memiliki kondisi lingkungan yang serupa (Zhang *et al.*, 2025). Keberadaan individu mangrove pada kelas anakan dan semai di seluruh stasiun penelitian menandakan bahwa tingkat regenerasi/suksesi mangrove di Teluk Staring berjalan cukup baik (Dewi *et al.*, 2021). Mangrove yang masih dalam tahap anakan dan semai umumnya menghadapi beberapa faktor yang menghambat pertumbuhan yaitu predasi, struktur tanah, persaingan ketat untuk ruang tumbuh dan nutrisi, dan efek dari hidrodinamika air (Purba *et al.*, 2025). Namun, dalam kasus perairan Teluk Staring bagian barat laut, kelas anakan dan semai masih bisa tumbuh dan berkembang, sehingga dapat dikatakan bahwa kondisi perairan dan ekosistem masih mampu menopang dan mendukung regenerasi mangrove.

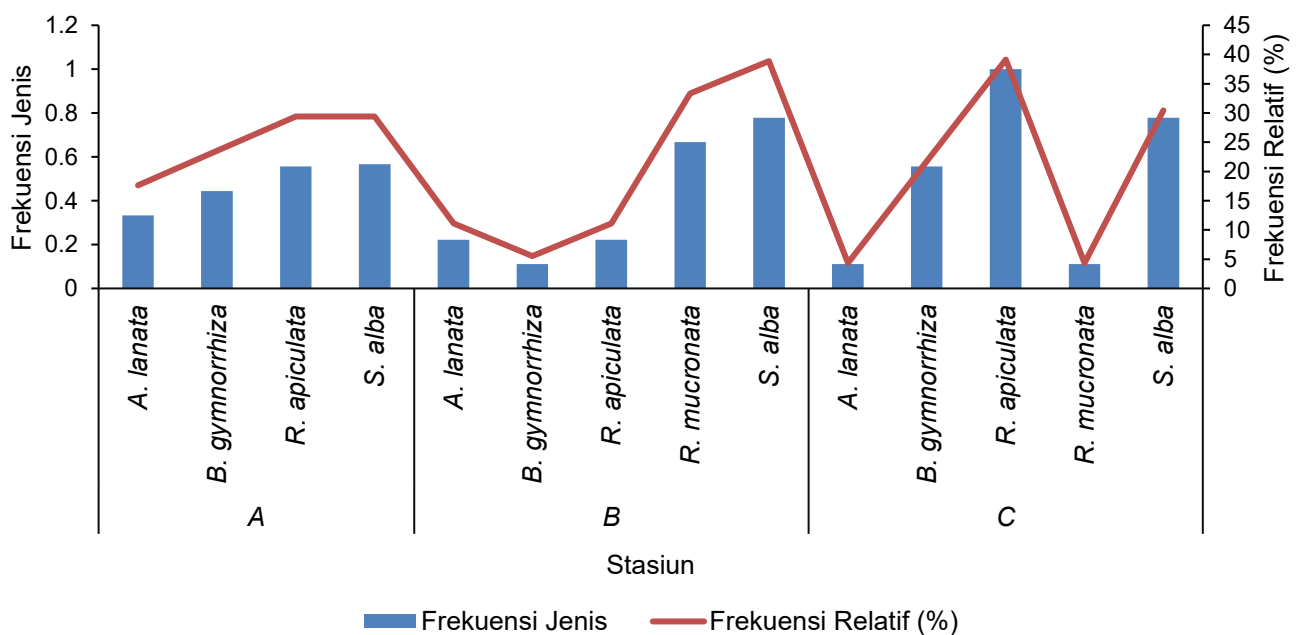
Berdasarkan analisis nilai frekuensi (Gambar 7), nilai tertinggi frekuensi jenis pada stasiun A ada pada jenis *R. apiculata* dan *S. alba* yaitu 0,556 dan frekuensi jenis terendah ada pada *A. lanata* yaitu 0,333 sedangkan nilai frekuensi relatif ada pada rentang nilai 17,647-29,412%. Nilai tertinggi frekuensi jenis pada stasiun B ada pada jenis *S. alba* yaitu 0,778. Frekuensi jenis terendah ada pada *B. gymnorhiza* yaitu 0,111 dengan nilai frekuensi relatif ada pada rentang nilai 5,556-38,889%. Nilai tertinggi frekuensi jenis pada stasiun C ada pada jenis *R. apiculata* dengan nilai 1, sedangkan frekuensi jenis terendah ada pada *A. lanata* dan *R. mucronata* dengan nilai masing-masing 0,111 serta nilai frekuensi relatif di stasiun C ada pada rentang nilai 4,348-39,13%. Dari seluruh spesies, hanya *R. apiculata* di stasiun C yang mencapai nilai frekuensi relatif 1. Nilai frekuensi 1 ini diartikan bahwa spesies *R. apiculata* muncul di seluruh plot stasiun (Hendrawan & Warsodirejo, 2022). Beragamnya nilai frekuensi kemungkinan dipengaruhi oleh jumlah spesies mangrove yang ditemukan di setiap kuadran, semakin banyak kuadran yang terdapat spesies mangrove didalamnya, maka semakin tinggi pula nilai frekuensi keberadaan suatu spesies mangrove (Yanti *et al.*, 2021).

Sebagai spesies dengan nilai frekuensi relatif *R. apiculata* dan *S. Alba* menjadi yang tertinggi di seluruh stasiun. *S. alba* merupakan spesies oportunistik yang sangat toleran terhadap kondisi lingkungan pesisir yang ekstrem, dimana terdapat di zona pasang surut bawah (Feng *et al.*, 2020) dan daerah muara hilir, serta mampu bertahan terhadap energi hidrodinamik perairan yang tinggi (Wee *et al.*, 2017), genangan air laut (Onrizal & Mansor, 2016), dan rentang salinitas yang luas (Rizki *et al.*, 2023). Hal ini menyebabkan mangrove *S. alba* dapat tersebar luas di seluruh stasiun yang kondisi lingkungannya cukup bervariasi (Feng *et al.*, 2020).

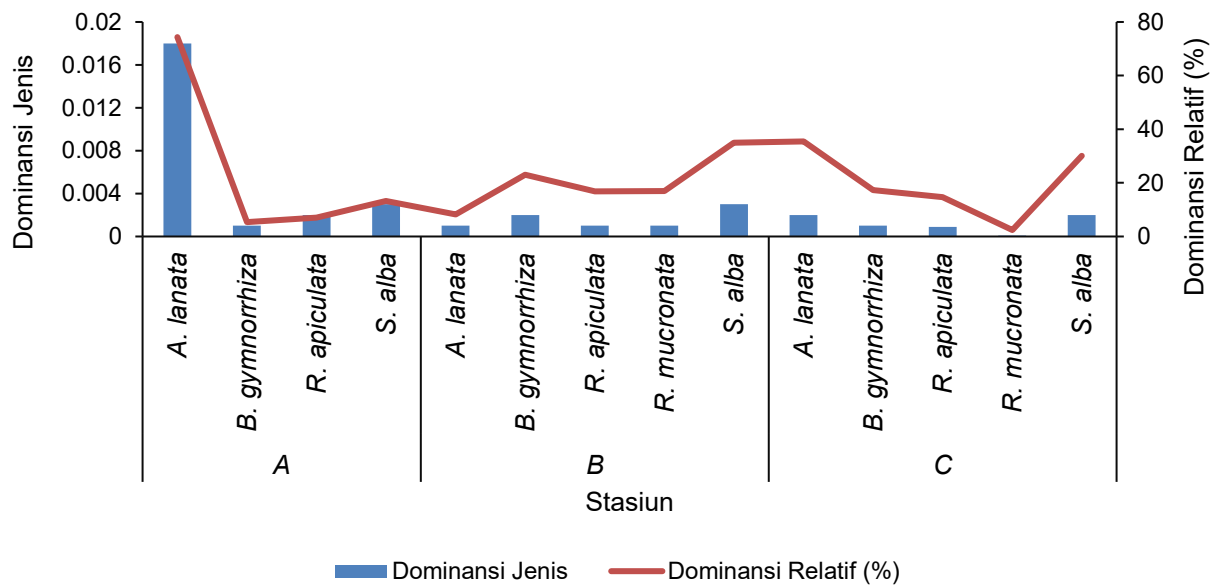
Hasil analisis dominansi (Gambar 8) menunjukkan bahwa pada stasiun A, spesies *A. lanata* memiliki nilai dominansi jenis dan dominansi relatif tertinggi, masing-masing sebesar 0,018 dan 74,353%. Pada stasiun B, dominansi tertinggi ditemukan pada *S. alba* dengan nilai dominansi jenis 0,003 dan dominansi relatif 39,942%, sedangkan pada stasiun C dominansi tertinggi kembali ditemukan pada *A. lanata* dengan nilai dominansi jenis 0,002 dan dominansi relatif 35,497%. Secara umum, nilai indeks dominansi (D) berada pada rentang $0 \leq D \leq 1$, dimana nilai yang mendekati 1 menunjukkan adanya dominansi oleh jenis tumbuhan tertentu, sedangkan nilai yang mendekati 0

mengindikasikan tidak adanya spesies yang mendominasi secara mutlak karena beberapa spesies hadir dan berperan secara bersamaan dalam komunitas (Mulyana *et al.*, 2022). Dominansi jenis maupun dominansi relatif tertinggi pada spesies *A. lanata* khususnya pada stasiun A dan C kemungkinan disebabkan oleh diameter pohon *A. lanata* yang lebih besar dibandingkan spesies lain. Dalam perhitungan dominansi, luas basal area menentukan dominansi suatu spesies. Nilai basal area yang tinggi dapat mengindikasikan tingginya jumlah volume kayu dan biomassa suatu spesies di ekosistem mangrove (Arfan *et al.*, 2024). Pada studi di kawasan hutan mangrove di lahan basah Setiu, Terengganu Malaysia, biomassa *A. lanata* ditemukan menjadi yang tertinggi (983,78 kg/ha) dibandingkan spesies-spesies lain seperti *R. apiculata* (886,93 kg/ha) dan *B. gymnorrhiza* (411,5 kg/ha) (Kasawani *et al.*, 2021). Tingginya nilai biomassa suatu spesies mangrove dapat mengindikasikan besarnya diameter batang mangrove (Imam *et al.*, 2024), karena ukuran diameter batang mangrove akan mempengaruhi biomassa tegakan individu sehingga semakin besar diameter pohon maka semakin besar pula biomassa yang dihasilkan (Sari *et al.*, 2022). Dengan demikian, nilai dominansi mangrove di Teluk Staring bagian barat laut dipengaruhi ukuran rata-rata diameter batang dari setiap vegetasi pohon pada jenis tertentu yang sama (Chairul & Najah, 2025).

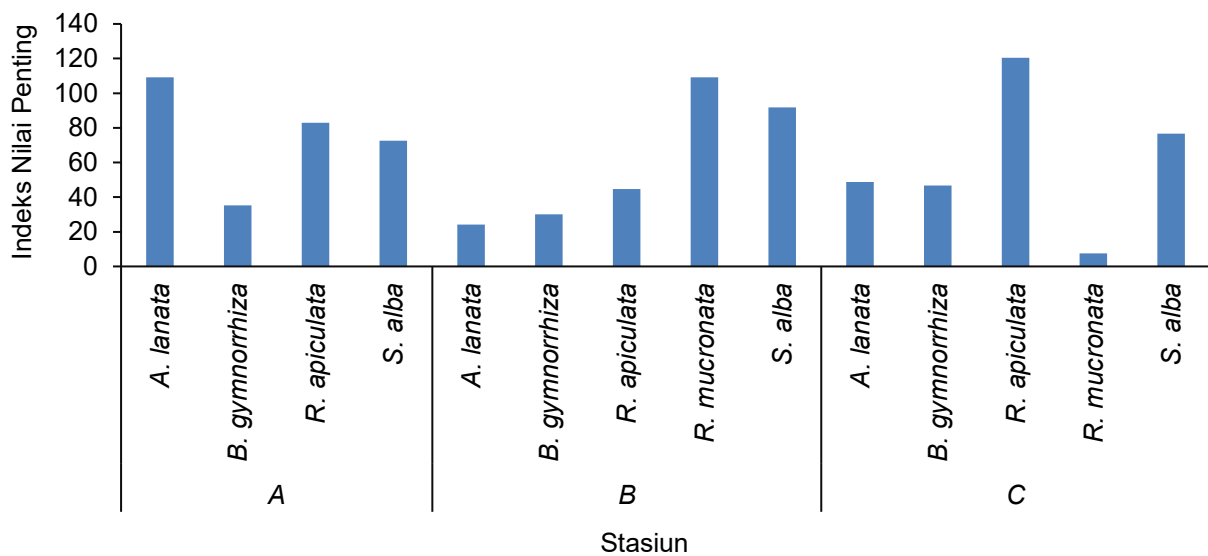
Dominansi *A. lanata* pada stasiun A dan C kemungkinan berkaitan dengan kemampuan adaptasi spesies ini terhadap kondisi habitat setempat, mengingat *A. lanata* umumnya tumbuh dan berkembang dengan baik pada substrat lumpur berpasir serta memiliki kemampuan reproduksi yang berlangsung sepanjang tahun (Khairijon *et al.*, 2015). Selain itu, dominansi relatif yang tinggi pada *A. lanata* menunjukkan bahwa spesies ini memiliki kemampuan kompetisi yang lebih baik dalam memanfaatkan sumber daya lingkungan, khususnya unsur hara, dibandingkan jenis mangrove lainnya. Temuan ini sejalan dengan Fadli *et al.* (2015) yang melaporkan bahwa *A. lanata* memiliki dominansi relatif mencapai 100% pada lokasi dengan tingkat aktivitas manusia yang rendah karena kemampuannya berkompetisi memperoleh unsur hara lebih efektif dibandingkan spesies lain. Sebaliknya, nilai dominansi yang rendah pada suatu jenis mencerminkan keterbatasan toleransi terhadap kondisi lingkungan yang ada. Perbedaan tingkat dominansi antarspesies mangrove pada setiap stasiun juga dapat dipengaruhi oleh ukuran batang dan tingkat pertumbuhan vegetasi, dimana semakin besar ukuran batang suatu jenis maka semakin luas pula pengaruh dan dominasinya dalam komunitas mangrove (Fadli *et al.*, 2015).



Gambar 7. Nilai Frekuensi Mangrove pada Setiap Stasiun



Gambar 8. Grafik Nilai Dominansi Mangrove pada Setiap Stasiun



Gambar 9. Grafik Nilai Indeks Nilai Penting Mangrove pada Setiap Stasiun

Berdasarkan hasil perhitungan INP (Gambar 9), pada stasiun A nilai INP terbesar pada jenis *A. lanata* sebesar 109,228 dan untuk INP terkecil yaitu *B. gymnorhiza* yaitu sebesar 35,259. Hal ini menunjukkan bahwa jenis *A. lanata* memiliki peranan cukup penting pada lingkungan pesisir khususnya di Stasiun A. Pada stasiun B nilai INP terbesar pada jenis *R. mucronata* sebesar 109,148 dan untuk INP terkecil yaitu *A. lanata* yaitu sebesar 24,183. Hal ini menunjukkan bahwa jenis *R. mucronata* memiliki peranan cukup penting pada lingkungan stasiun B. Pada stasiun C, nilai INP terbesar pada jenis *R. apiculata* sebesar 120,481 dan untuk INP terkecil yaitu *R. mucronata* yaitu sebesar 7,599 (Gambar 9) yang menunjukkan bahwa jenis *R. apiculata* memiliki peranan sangat penting pada komunitas mangrove di stasiun C.

Dari keseluruhan stasiun penelitian, dijumpai tiga jenis vegetasi yang memiliki INP tertinggi untuk tingkat pohon, yaitu *A. lanata*, *R. mucronata* dan *R. apiculata*. Ketiga jenis tersebut memiliki

peran cukup penting dalam komunitas ekosistem mangrove di Teluk Staring bagian Barat Laut. INP mangrove yang diperoleh menunjukkan keterwakilan jenis mangrove yang berperan penting dalam ekosistem dengan kisaran nilai antara 0-300. Pada stasiun B dan C, terlihat bahwa jenis yang dominan adalah jenis yang memiliki nilai INP paling tinggi. Spesies yang dominan dalam suatu komunitas vegetasi umumnya akan memiliki indeks nilai penting yang tinggi, sehingga spesies yang paling dominan akan memiliki indeks nilai penting yang paling besar (Ismail *et al.*, 2021; Triyadi & Toni, 2023). Selanjutnya Kiswanto *et al.*, (2025) menambahkan bahwa jenis yang memperoleh INP tinggi berarti mempunyai nilai kumulatif penguasaan yang lebih besar dan lebih menguasai habitatnya. Jenis ini akan lebih unggul dalam memanfaatkan sumberdaya atau lebih dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan setempat. Khusus pada stasiun A, spesies *A. lanata* secara keseluruhan tidak begitu dominan dari segi kerapatan dan frekuensi, namun nilai dominansi yang sangat tinggi dibanding spesies lain membuat *A. lanata* menjadi spesies yang memiliki peran yang besar di stasiun A. Dominasi sebuah spesies dalam hal kelimpahan atau jumlah individu tidak selalu menunjukkan bahwa spesies tersebut memiliki peran ekologis yang juga besar. Peran ekologis suatu spesies mangrove juga dipengaruhi oleh morfologi spesifik suatu spesies, kondisi lingkungan sekitar, dan posisinya dalam wilayah pasang surut, yang mana keseluruhannya turut berkontribusi pada terjadinya perbedaan fungsi dari beberapa spesies dalam sebuah ekosistem (Mattone & Sheaves, 2024). Spesies *R. apiculata* umumnya memiliki kayu yang tumbuh cepat (mangrove yang tumbuh cepat) dan memiliki pola adaptasi yang tinggi terhadap faktor lingkungan, yaitu jenis substrat, fluktuasi salinitas, pasang surut, kandungan bahan organik, suhu, dan pH sehingga spesies ini dapat tumbuh di hampir semua zona hutan mangrove (Usman *et al.*, 2022). *R. apiculata* dan *R. mucronata*, dapat tumbuh subur dalam kondisi habitat dan faktor lingkungan yang tidak cocok untuk *R. stylosa*. Lebih lanjut, terdapat variasi yang signifikan pada indeks stomata di antara ketiga spesies *Rhizophora*. *R. apiculata* memiliki indeks stomata 19,69, *R. mucronata* memiliki nilai 111,7, dan *R. stylosa* memiliki nilai 24,67. Variasi-variasi ini dapat memengaruhi efisiensi mereka dalam beradaptasi dengan lingkungan masing-masing (Rangkuti *et al.*, 2025).

Berdasarkan hasil analisis tutupan kanopi dengan metode *hemispherical photography*, persentase tutupan kanopi mangrove di lokasi penelitian Teluk Staring Bagian Barat Laut yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa dari 3 stasiun penelitian, stasiun B dan C memiliki tutupan kanopi dalam kategori sangat padat dengan nilai persentase tutupan kanopi masing-masing 76,707% dan 75,086%, sedangkan stasiun A memiliki tutupan kanopi pada kategori sedang dengan persentase tutupan kanopi 69,963% berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 201 Tahun 2004 Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Hasil temuan penelitian ini masih berada di rentang nilai yang dilaporkan pada penelitian sebelumnya di lokasi yang berbeda. Studi di Desa Apar Kecamatan Pariaman Utara Sumatera Utara yaitu 58,46-83,21% dengan kriteria sedang hingga padat (Alpian *et al.*, 2021). Hasil persentase tutupan kanopi yang lebih rendah dilaporkan pada Desa Sambiroto dan Desa Keboromo dengan nilai sebesar 67,61% (Kassagi *et al.*, 2024). Selanjutnya Dharmawan & Widyastuti (2017) melaporkan persentase tutupan kanopi mangrove sebesar 82,46% di Teluk Wondama, Papua Barat. Sedangkan Nurdiansah & Dharmawan (2018) memperoleh hasil penelitian tentang kondisi mangrove di kawasan kepulauan pada perairan Pulau Tidore, Halmahera, Ternate dan sekitarnya termasuk dalam kategori tutupan sedang dengan rata-rata persentase tutupan kanopi komunitas sebesar 73,15%.

Tabel 1. Persentase Tutupan Kanopi Ekosistem Mangrove Teluk Staring

Stasiun	Kerapatan Total (Individu/ha)	% Tutupan Kanopi	Kriteria
A	3635	69,963	Sedang
B	4552	76,707	Sangat Padat
C	3940	75,086	Sangat Padat
Rata-Rata		73,918	

Persentase tutupan kanopi yang relatif tinggi ini menunjukkan bahwa kondisi ekosistem mangrove di Teluk Staring Bagian Barat Laut dalam kondisi baik serta kondisi lingkungannya lebih stabil yang cocok dan sesuai untuk mendukung pertumbuhan mangrove (Kadir *et al.*, 2025). Selain itu aktivitas antropogenik yang rendah, menyebabkan komunitas mangrove tumbuh lebat (Najih & Jamil, 2026). Tutupan kanopi mangrove ini dapat menunjukan tingkat alami ekosistem mangrove dan mendeteksi ancaman antropogenik (Dharmawan & Pramudji, 2020). Nurdiansah & Dharmawan (2018) mengatakan bahwa kondisi tutupan mangrove yang cukup baik didukung oleh nilai kerapatan pohonnya. Persentase tutupan mangrove tertinggi pada stasiun B dan C disebabkan oleh dominansi spesies mangrove *R. mucronata* dan *R. apiculata* yang mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan dan berperan dalam membentuk ekosistem mangrove yang stabil (Kadir *et al.*, 2025). Persentase tutupan kanopi yang tinggi di stasiun B karena pada stasiun ini tingkat kerapatan pohon juga cukup tinggi, yaitu sebesar 4552 individu/ha. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nurdiansah & Dharmawan (2018) bahwa kondisi tutupan mangrove yang cukup baik didukung oleh nilai kerapatan pohonnya. Namun tidak selalu persentase tutupan yang tinggi berbanding lurus dengan nilai kerapatan. Sebab ada kondisi dimana nilai persentase tutupan kanopi tinggi, namun nilai kerapatan pohon rendah. Hal ini disebabkan ada spesies mangrove yang memiliki batang besar dan tinggi, serta bentuk kanopi yang melebar.

KESIMPULAN

Komunitas mangrove di Teluk Staring Bagian Barat Laut Sulawesi Tenggara tersusun atas lima spesies mangrove sejati yaitu *A. lanata*, *B. gymnorrhiza*, *R. apiculata*, *R. mucronata* dan *S. alba*. Struktur vegetasi menunjukkan kondisi mangrove yang sangat padat dengan kerapatan berkisar antara 3635-4552 individu/ha. *R. apiculata* merupakan spesies dengan kerapatan dan frekuensi tertinggi, sedangkan *A. lanata* menunjukkan dominansi dan INP tertinggi pada beberapa stasiun, yang mengindikasikan peran ekologisnya yang besar dalam komunitas mangrove. Persentase tutupan kanopi berkisar antara 69,963-76,707% dengan rata-rata 73,918%, yang termasuk dalam kategori sedang hingga sangat padat berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 201 Tahun 2004. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di Teluk Staring Bagian Barat Laut masih berada dalam kondisi yang baik dan penelitian ini menjadi informasi dasar yang penting untuk mendukung upaya pengelolaan, konservasi, dan pemantauan ekosistem mangrove di Teluk Staring secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaska Department of Environmental Conservation, 2024. Field sampling guidance. Division of Spill Prevention and Response, Contaminated Sites Program.
- Al Hayo, B., Canpolat, O., Güngör, N.D., Uysal, M., Rachid, N.A., & Ali, I., 2025. Experimental verification of calcite formation potential by ureolytic and non-ureolytic bacterial strains in geopolymer mortar. *Materials*, 18(20):4795. DOI: 10.3390/ma18204795
- Alpian, Efriyeldi, & Thamrin, 2021. Condition of mangrove forest in the Village of Apar Pariaman Utara District Pariaman City West Sumatera Province. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 2(2):87–92.
- Amplijanur, R., Gazali, M., & Syafitri, R., 2022. Kondisi hutan mangrove di pesisir pantai Thailand, Kepulauan Simeulue, Aceh. *Jurnal Laot Ilmu Kelautan*, 4(2):112–124. DOI: 10.35308/jlik.v4i2.5555
- Analuddin, K., Sharma, S., Kadidae, L.O., Haya, L.O.M.Y., Septiana, A., Rahim, S., Syahrir, L., Aba, L., Fajar, L.O.A., MacKenzie, R.A., & Nadaoka, K., 2023. Blue carbon stock in sediments of mangroves and seagrass ecosystems at Southeast Sulawesi, Indonesia. *Ecological Research*, 38(4):508–520. DOI: 10.1111/1440-1703.12374
- Analuddin, K., Helmi, M., Pribadi, R., Adrianto, L., Jaya, L.M.G., Iba, W., Adi, N.S., Septiana, A., Nadaoka, K., & Nakamura, T., 2024. Mangrove vulnerability and blue carbon storage in the Coral Triangle Areas, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Frontiers in Ecology and Evolution*,

- 12:1420827. DOI: 10.3389/fevo.2024.1420827
- Apriani, & Delistiani, 2025. Mangrove ecosystem degradation through land conversion in Indonesia's coastal areas: A review. *Journal of Epidemiology and Health Science*, 2(2):7–16. DOI: 10.36685/jehs.v2i2.1201
- Ardiansyah, Z., Susiana, & Kurniawan, D., 2023. Mangrove community structure in the waters of the Beladeng River Estuary, Dompok Village, Tanjungpinang. *Akuatikisile: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*, 7(1):37–43. DOI: 10.29239/j.akuatikisile.7.1.37-43
- Ardli, E.R., & Yani, E., 2020. Mangrove damage evaluation using two species of *Acanthus* as a biomonitoring agent, case study: Segara Anakan Cilacap, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 550:012001. DOI: 10.1088/1755-1315/550/1/012001
- Arifanti, V.B., Novita, N., Subarno, & Tosiani, A., 2021. Mangrove deforestation and CO2 emissions in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 874:012006. DOI: 10.1088/1755-1315/874/1/012006
- Arfan, A., Rakib, M., & Sanusi, W., 2024. Struktur komposisi vegetasi hutan mangrove di Teluk Laikang Kabupaten Takalar. *LaGeografia*, 23(1):15–26. DOI: 10.35580/lageografia.v23i1.66701
- Aznawi, A.A., Basyuni, M., Siregar, L.A.M., Hanafiah, D.S., Arifanti, V.B., Yenny, I., Rahmania, R., Suharti, S., Suyadi, Halwany, W., Wahyuni, T., Lerekeng, S.H., & Kajita, T., 2026. Mangrove structure, composition, and distribution through restoration of Indonesia's mangrove: A systematic review. *Forest Science and Technology*, 1–9. DOI: 10.1080/21580103.2026.2650303
- Boubakary, Léopold, E.K.G., Flavien, K.M.E., Maxemilie, N.M.V., Laurant, N.M., Alphonse, K.S., Michel, E.J., & Din, N., 2024. Growth and development of *Rhizophora* spp. seedlings on different substrates and insertion level in the Wouri Estuary Mangrove (Douala, Cameroon). *Journal of Ecological Engineering*, 25(4):96–110. DOI: 10.12911/22998993/183806
- Cahyaningsih, A.P., Deanova, A.K., Priatiawati, C.M., Ulumuddin, Y.I., Kusumaningrum, L., & Setyawan, A.D., 2022. Review: Causes and impacts of anthropogenic activities on mangrove deforestation and degradation in Indonesia. *International Journal of Bonorowo Wetlands*, 12(1):12–22. DOI: 10.13057/bonorowo/w120102
- Campbell, S., Greenwood, M., Prior, S., Shearer, T., Walkem, K., Young, S., Bywaters, D., & Walker, K., 2020. Purposive sampling: Complex or simple? Research case examples. *Journal of Research in Nursing*, 25(8):652–661. DOI: 10.1177/1744987120927
- Carlson, R.R., Evans, L.J., Foo, S.A., Grady, B.W., Li, J., Seeley, M., Xu, Y., & Asner, G.P., 2021. Synergistic benefits of conserving land-sea ecosystems. *Global Ecology and Conservation*, 28:e01684. DOI: 10.1016/j.gecco.2021.e01684
- Chairul, & Najah, M.S., 2025. Komposisi dan struktur vegetasi pohon pada habitat *Rafflesia arnoldii* R.Br. di kawasan hutan Nagari Saniangbaka, Kabupaten Solok. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 13(1):1–7. DOI: 10.25077/jbioua.13.01.01-07.2025
- Choudhary, B., Dhar, V., & Pawase, A.S., 2024. Blue carbon and the role of mangroves in carbon sequestration: Its mechanisms, estimation, human impacts and conservation strategies for economic incentives. *Journal of Sea Research*, 199:102504. DOI: 10.1016/j.seares.2024.102504
- Citra, L.S., Muskananfol, M.R., & Purnomo, P.W., 2022. NO3 and H2S vertical stratification based on mangrove zone at Bedono Village, Demak, Central Java. *AACL Bioflux*, 15(5):2438–2451.
- Dewi, I.G.A.I.P., Faiqoh, E., As-syakur, A.R., & Dharmawan, I.W.E., 2021. Natural regeneration of mangrove seedlings in Benoa Bay, Bali. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(3):395–410. DOI: 10.29244/jitkt.v13i3.36364
- Dharmawan, I.W.E., & Pramudji, 2014. Panduan Monitoring Status Ekosistem Mangrove. Jakarta: COREMAP CTI LIPI 2014.
- Dharmawan, I.W.E., & Pramudji, 2017. Panduan Pemantauan Komunitas Mangrove (Edisi 2). Jakarta: COREMAP CTI LIPI 2017.
- Dharmawan, I.W.E., & Pramudji, 2020. Mangrove community structure in Papuan small islands, case study in Biak Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 550:012002. DOI: 10.1088/1755-1315/550/1/012002

- Dharmawan, I.W.E., Suyarso, Ulumuddin, Y.I., Prayudha, B., & Pramudji, 2020. Panduan monitoring struktur komunitas mangrove di Indonesia. Bogor: Media Sains Nasional.
- Dharmawan, I.W.E., & Widyastuti, A., 2017. Pristine mangrove community in Wondama Gulf, West Papua, Indonesia. *Marine Research Indonesia*, 42(2):73–82. DOI: 10.14203/mri.v42i2.175
- Dharmawan, I.W.E., 2020. Hemispherical photography: Analisis persentase tutupan kanopi komunitas mangrove. Makassar: Nas Media Pustaka.
- Fabian, N.M., Hamaminata, D., Ardhan, S.E., Wardani, A.K., Akbar, M.F., Azril, M., & Saad, M., 2025. Analysis of mangrove health *Rhizophora mucronata* based on morphology and morphometrics on Tunda Island. *Journal of Marinesia*, 2(2):96–104. DOI: 10.33512/jom.v2i2.37375
- Fadli, Khairijon, & Sofiyanti, N., 2015. Analisis vegetasi *Avicennia* sp. dan karakteristik sedimen di kawasan mangrove Desa Sungai Rawa Kecamatan Sungai Apit Kabupaten Siak, Riau. *JOM FMIPA*, 2(1):23–34.
- Fahmi, R., Yulianda, F., & Yulianto, G., 2025. Kondisi dan tingkat kerusakan ekosistem mangrove di Kecamatan Birem Bayeun dan Rantau Selamat. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 12(2):180–184. DOI: 10.29103/aa.v12i2.20884
- Farid, A., Setiawan, E., Arisandi, A., & Yusron, M., 2024. Mangrove Health Index in Martajasah Mangrove Ecotourism, Bangkalan Regency, East Java, Indonesia. *Jurnal Wilayah dan Pembangunan*, 12(2):150–162. DOI: 10.14710/jwl.12.2.150-162
- Feng, X., Xu, S., Li, J., Yang, Y., Chen, Q., Lyu, H., Zhong, C., He, Z., & Shi, S., 2020. Molecular adaptation to salinity fluctuation in tropical intertidal environments of a mangrove tree *Sonneratia alba*. *BMC Plant Biology*, 20(1):178. DOI: 10.1186/s12870-020-02395-3
- Frederika, Y.C., Ihsan, Y.N., & Riyantini, I., 2021. Nutrient profile and mangrove vegetation composition in the coastal waters of Indramayu. *Jurnal Ilmu Kelautan Spermonde*, 7(1):42–51. DOI: 10.20956/jiks.v7i1.12879
- Gunawan, T.S., Hamidah, M., Rahayu, A.K., Septiani, N.N., Pingkan, J., Hermansyah, A., Farhan, M., Sholihah, R., Arundina, A.B., Minarni, D.R., Susanti, R., Gustiar, G.G., Kusumastuti, D.N., Maharani, G.R., Nurhakim, M.D., Khalishah, P.V., Rahman, I.F., Nugianto, N., Hakim, A., Agung, F., Rosdiana, A., Retnoningtyas, H., Hartati, I.D., Muttaqin, E., German, S., Gacutan, J., & Yulianto, I., 2025. National-scale mapping of ecosystems to improve ocean accounting for marine and coastal management in Indonesia. *One Ecosystem*, 10:e155166. DOI: 10.3897/oneeco.10.e155166
- Hamid, A., Asriyana, Halili, Yasidi, F., Ketjulan, F., Rudia, L.O.A.P., Salwiyah, & Permatahati, Y.I., 2026. Biodiversity and changes in mangrove areas in Tanjung Tiram, South Konawe, Southeast Sulawesi, Indonesia. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 14(5):31–37. DOI: 10.22271/fish.2026.v14.i5a.3264
- Hasuba, T.F., Permatahati, Y.I., Mastu, L.O.K., Erawan, M.T.F., & Rahman, A.A., 2025. Inventarisasi jenis dan pemetaan mangrove di Kawasan Konservasi Perairan Teluk Moramo. *Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan*, 9(1):73–77. DOI: 10.33772/jsipi.v9i1.1056
- Haryanti, R., Susanto, H.A., & Arkham, M.N., 2025. Nilai ekonomi ekosistem mangrove di Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten. *Jurnal Segara*, 20(1):87–96. DOI: 10.15578/segara.v20i1.16761
- Hendrawan, D., & Warsodirejo, P.P., 2022. Implications of mangrove diversity on planted land area mangrove forest Pematang Kuala Serdang Bedagai. *International Journal for Educational and Vocational Studies*, 4(2):89–93. DOI: 10.29103/ijevs.v4i2.7280
- Hidayah, Z., As-Syakur, A.R., & Rachman, R.A., 2024. Sustainability assessment of mangrove management in Madura Strait, Indonesia: A combined use of the rapid appraisal for mangroves (RAP Mangroves) and the remote sensing approach. *Marine Policy*, 163:106128. DOI: 10.1016/j.marpol.2024.106128
- Hidayah, Z., Rachman, H.A., As-Syakur, A.R., & Wiyanto, D.B., 2026. Assessment of community structure and spatio-temporal dynamic of mangrove vegetation in East Java Province, Indonesia using multi-decadal satellite remote sensing. *Regional Studies in Marine Science*, 94:104788. DOI: 10.1016/j.rsma.2026.104788
- Hilmi, E., Siregar, A.S., Febryanni, L., Novaliani, R., Amir, S.A., & Syakti, A.D., 2015. Struktur

- komunitas, zonasi dan keanekaragaman hayati vegetasi mangrove di Segara Anakan Cilacap. *OmniAkuatika*, 11(2):20–32. DOI: 10.20884/1.oa.2015.11.2.36
- Hoad, N.M., Lefcheck, J.S., Alexandridis, N., Jones, B.L.H., Eklöf, J.S., & Nordlund, L.M., 2025. Taking advantage of open data in coastal science and conservation. *Science of the Total Environment*, 999:180276. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2025.180276
- Ihwan, Arumingtyas, E.L., Hakim, L., & Retnaningdyah, C., 2025. Mangrove diversity and community structure in Savu Sea Marine National Park - East Nusa Tenggara, Indonesia. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 29(1):333–354. DOI: 10.21608/ejabf.2025.404348
- Ilman, M., Dargusch, P., Dart, P., & Onrizal, 2016. A historical analysis of the drivers of loss and degradation of Indonesia's mangroves. *Land Use Policy*, 54:448–459. DOI: 10.1016/j.landusepol.2016.03.010
- Imam, K., Nuraya, T., & Harfindha, E.M., 2024. Estimasi karbon biomassa atas mangrove pada ekosistem mangrove di pesisir Desa Bakau Besar dan Bakau Kecil Kabupaten Mempawah Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 7(3):151–157. DOI: 10.26418/lkuntan.v7i3.82392
- Ismail, A.Y., Adhya, I., & Hendrayana, Y., 2021. Analysis of the diversity and important value index of trees in lowland forest. *Seminar Nasional Konservasi untuk Kesejahteraan Masyarakat II*, 49–56.
- Kadir, A., Rukminasari, N., Kudsiah, H., & Yunus, B., 2025. Comparison of structure and composition of mangrove types in Bonto Bahari and Ampekalle Area, Maros Regency. *Jurnal Ilmu Kelautan Spermonde*, 11(1):12–18. DOI: 10.35911/jiks.v11i1.44591
- Kasawani, I., Mohd-Zaki, A., Onrizal, & Zulhazman, H., 2021. Estimation of aboveground biomass using allometric relationship between DBH and height for mixed mangrove forest in Setiu Wetland, Terengganu, Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 842:012042. DOI: 10.1088/1755-1315/842/1/012042
- Kasim, F., 2022. Characteristics of *Avicennia lanata* (Ridley) species for mangrove restoration on the coast of North Gorontalo. *Tomini Journal of Aquatic Science*, 3(1):8–20. DOI: 10.37905/tjas.v3i1.15541
- Kassagi, M.F.A., Ario, R., & Soenardjo, N., 2024. Kajian persentase tutupan kanopi mangrove menggunakan metode hemispherical photography di Desa Sambiroto dan Desa Keboromo, Kabupaten Pati, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 13(1):51–59. DOI: 10.14710/jmr.v13i1.35424
- Kementerian Lingkungan Hidup, 2004. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 201 Tahun 2004 tentang kriteria baku dan pedoman penentuan kerusakan mangrove. Jakarta.
- Khairijon, Sofiyanti, N., & Fadli, 2015. Korelasi antara kerapatan *Avicennia* dengan karakteristik sedimen di kawasan hutan mangrove Desa Sungai Rawa Kabupaten Siak, Riau. *Prosiding Semirata 2015 Bidang MIPA BKS-PTN Barat Universitas Tanjungpura Pontianak*, 300–309.
- Kiswanto, Mardiany, Jansi, B.T., Farahdita, W.L., Ola, R.P., Bola, S.D., & Diana, R., 2025. Biodiversity and carbon stocks of mangrove forests in Nusantara Capital City of Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1447:012004. DOI: 10.1088/1755-1315/1447/1/012004
- Kollie, E.D., 2024. Innovative data collection methods for advancing coastal management in Liberia. *International Journal of Scientific Research and Management*, 12(10):348–368. DOI: 10.18535/ijssrm/v12i10.fe01
- Kuncoro, I., Albar, A., & Nugraha, L.A., 2026. Mangrove canopy cover analysis using hemispherical photography in Muara Jeruju Village, Kubu Raya Regency, Indonesia. *Jurnal Laot Ilmu Kelautan*, 8(1):88–93. DOI: 10.35308/jlik.v8i1.15029
- Kusmana, C., & Azizah, N.A., 2022. Species composition and vegetation structure of mangrove forest in Pulau Rambut Wildlife Reserve, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 950:012020. DOI: 10.1088/1755-1315/950/1/012020
- Lovelock, C.E., Ball, M.C., Martin, K.C., & Feller, I.C., 2009. Nutrient enrichment increases mortality of mangroves. *PLoS One*, 4(5):e5600. DOI: 10.1371/journal.pone.0005600
- Lu, L., Zeng, F., Zeng, Z., Du, H., Zhang, C., & Zhang, H., 2023. Diversity and soil chemical properties jointly explained the basal area in karst forest. *Frontiers in Forests and Global*

- Change*, 6:1268406. DOI: 10.3389/ffgc.2023.1268406
- Lutfiani, N.H., Idrus, A.A., & Santoso, D., 2023. The structure of mangrove community in the waters of Pare Mas Jerowaru East Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(4):500–506. DOI: 10.29303/jbt.v23i4.5624
- Mack, M.R., Langley, J.A., Feller, I.C., & Chapman, S.K., 2024. The ecological consequences of nutrient enrichment in mangroves. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 300:108690. DOI: 10.1016/j.ecss.2024.108690
- Mattone, C., & Sheaves, M., 2024. Mangrove forest ecological function is influenced by the environmental settings and the benthic fauna composition. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 309:108959. DOI: 10.1016/j.ecss.2024.108959
- Mulyana, D., Adhiyanto, E., Amalo, L.F., Trissanti, V.N., Supardi, H., Bena, L.M.A.A., & Simanjuntak, I.P.M., 2022. Structure and dominance of species in mangrove forest in surrounding area of mangrove restoration program REMAJA PHE ONWJ in Bekasi Regency, Indonesia. *AES Bioflux*, 14(1):1–9.
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J., Warren, M.W., Sasmito, S.D., Donato, D.C., Manuri, S., Krisnawati, H., Taberima, S., & Kurnianto, S., 2015. The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 5:1089–1092. DOI: 10.1038/nclimate2734
- Najih, M.R., & Jamil, K., 2026. Hemispherical photography for evaluating mangrove canopy cover in Matahora Village, Wakatobi National Park, Indonesia. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 30(1):2359–2375. DOI: 10.21608/ejabf.2026.462546.7401
- Nurdiansah, D., & Dharmawan, I.W.E., 2018. Komunitas mangrove di wilayah pesisir Pulau Tidore dan sekitarnya. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 3(1):1–9. DOI: 10.14203/oldi.2018.v3i1.63
- Nurhayati, D., Kaliu, S., & Saparuddin, 2022. Mangrove identification on the Rainbow Bridge coastal coast Lamundre Village, Watubangga District, Kolaka Regency. *Journal of Biological Science and Education*, 4(1):10–16. DOI: 10.31327/jbse.v4i1.1751
- Oetama, D., Hakim, L., Lelono, T.D., & Musa, M., 2024. Mangrove condition at a marine conservation area at Moramo Bay, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(12):6536–6544. DOI: 10.13057/biodiv/d241215
- Ohimain, E.I., Turner, R.E., & Middleton, B.A., 2026. Mangrove ecosystems: Importance, threats and opportunities for restoration. *Water*, 18(7):787. DOI: 10.3390/w18070787
- Onrizal, & Mansor, M., 2016. Status of coastal forests of the Northern Sumatra in 2005 (after 2004's tsunami catastrophe). *Biodiversitas*, 17(1):44–54. DOI: 10.13057/biodiv/d170107
- Pinasang, D.R.Y., Mantiri, D.M.H., Lumingas, L.J.L., Rumengan, A.P., Kalesaran, O.J., Pangemanan, J.F., & Kepel, R.C., 2025. Mangrove community structure in Blongko, Kapitu, and Sondaken Villages, South Minahasa Regency, Indonesia. *AACL Bioflux*, 18(4):2002–2013.
- Prabowo, N.W., Khalifa, M.A., Santoso, P., Yudono, M.A.S., Aziizah, N.N., Pahlevi, D.A., & Rusli, A., 2026. Spatial-temporal analysis of Sunda Strait Mangrove Health Index (MHI) via Sentinel-2 for sustainable blue economy. *BIO Web of Conferences*, 220:05002. DOI: 10.1051/bioconf/202622005002
- Puna, S.H., Marwan, M., Lestariningsih, W.A., & Rahman, I., 2023. Analisis kepadatan danutupan kanopi mangrove di Gili Petagan, Lombok Timur. *Journal of Marine Research*, 12(4):682–691. DOI: 10.14710/jmr.v12i4.41028
- Purba, G.Y., Safitri, I., Sofiana, M.S.J., Budiarsa, A.A., & Farhaby, A.M., 2025. Indicators of resilience: Mangrove density and important value index as measures of ecosystem health – A case study in Desa Sarang Burung Kolam West Kalimantan. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 29(5):979–999. DOI: 10.21608/ejabf.2025.409117.6309
- Rahmayanti, N., Zelviani, S., Jumardin, & Fitriyanti, 2024. Metode threshold software Image-J dalam penentuan ukuran pori masker dan kaitannya terhadap intensitas serap cahaya. *Jurnal Sains Fisika*, 4(1):11–26. DOI: 10.24252/sainfis.v4i1.43766
- Rajab, A., Bahtiar, & Salwiyah, 2016. Studi kepadatan dan distribusi kerang lahubado (*Glauconome* sp.) di perairan Teluk Staring Desa Ranooaha Raya Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal*

Manajemen Sumber Daya Perairan, 1(2):103–114.

- Rangkuti, A.B., Peniwiidianti, P., Basyuni, M., Elfiati, D., Susilowati, A., Mubaraq, A., Hariri, M.R., Dewi, A.P., Indriani, F., Dwiyantri, F.G., Slamet, B., Hartini, K.S., & Syahputra, R.A., 2025. The impact of land use change on morphological and anatomical adaptations of *Rhizophora* species. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 11(2):771–790. DOI: 10.22034/gjesm.2025.02.22
- Rizki, A.F.M., Azmi, W.A., Muhaimin, Louisa, M., Artika, I.M., & Siregar, J.E., 2023. Pharmacological activities of *Sonneratia alba* mangrove plant: A review. *Journal of the Indonesian Society of Integrated Chemistry*, 15(2):128–138. DOI: 10.22437/jisic.v15i2.29274
- Rofi'i, I., Poedjirahajoe, E., & Marsono, D., 2021. Keanekaragaman dan pola sebaran jenis mangrove di SPTN Wilayah I Bekol, Taman Nasional Baluran. *Jurnal Kelautan*, 14(3):210–222. DOI: 10.21107/jk.v14i3.9293
- Sambu, A.H., Rahmi, & Khaeriyah, A., 2014. Analysis of characteristics of and use value of mangrove ecosystem (case study in Samatarang and Tongketongke Sub-Districts, Sinjai Regency). *Journal of Environment and Ecology*, 5(2):222–233. DOI: 10.5296/jee.v5i2.6826
- Samsuri, Abdillah, M.R., Zaitunah, A.A., Utomo, B., & Sulistioadi, J.B., 2024. Distribution of density and zoning patterns of mangrove forest in eastern coastal Sumatera, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1352:012045. DOI: 10.1088/1755-1315/1352/1/012045
- Sari, K., Ismail, A.Y., & Hendrayana, Y., 2022. Potensi biomassa dan cadangan karbon di kawasan hutan mangrove Desa Kanci Kulon Kecamatan Astanajapura Kabupaten Cirebon. *Journal of Forestry and Environment*, 5(1):44–51. DOI: 10.25134/jfe.v5i1.9048
- Schadu, J.N.W., Tallei, T.E., & Sumilat, D.A., 2024. Mangrove health index, community structure and canopy cover in small islands of Bunaken National Park, Indonesia: Insights into dominant mangrove species and overall mangrove condition. *Tropical Life Science Research*, 35(2):187–210. DOI: 10.21315/tlsr2024.35.2.9
- Shabrina, A., Risuni, B.K., Putra, C.A.W., Ardelia, F.F., Shalia, M.N., Nabilah, F.H., Nufus, N.I., Faryan, H.N., Nugroho, I.A., Nurrahman, M.K., Arip, R.N., Arafat, D., & Iqbal, M., 2026. Mangrove community structure, biomass estimation, and carbon stock in the ecotourism area of Pantai Mekar Village, Muara Gembong Subdistrict. *BIO Web of Conferences*, 220:03009. DOI: 10.1051/bioconf/202622003009
- Sitiningrum, D.S., 2025. Ecosystem-based mangrove conservation strategies and the role of communities for sustainable management. *Journal of Earth Kingdom*, 2(2):113–128. DOI: 10.61511/jek.v2i2.2025.1476
- Sitorus, R.S., Barat, W.O.B., & Handoco, E., 2023. Mangrove community structure in Pematang Sei Baru Village, Tanjung Balai District, Asahan Regency. *Journal of Applied Geospatial Information*, 7(2):1017–1023. DOI: 10.30871/jagi.v7i2.6779
- Sudarno, Anadi, L., & Asriyana, 2020. Biologi reproduksi ikan kembung (*Rastrelliger brachysoma* Bleeker, 1851) di Teluk Staring, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Biologi Tropis*, 20(1):59–68. DOI: 10.29303/jbt.v20i1.1676
- Sulistiyorini, I.S., Poedjirahajoe, E., Faida, L.R.W., & Purwanto, R.H., 2021. Composition, importance value and diversity of mangrove trees in Kutai National Park, East Kalimantan. *Advances in Biological Sciences Research*, 11:193–200. DOI: 10.2991/absr.k.210408.032
- Triyadi, A., & Toni, H., 2023. Floristic diversity and threats in new hilly tourist areas: A case study in the Riam Setengah nature tourism area, Lamandau Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1253:012120. DOI: 10.1088/1755-1315/1253/1/012120
- Usman, A.H.A., Hartoyo, A.P.P., & Kusmana, C., 2022. Use of *Rhizophora apiculata* and its cut-propagule seedling method for mangrove rehabilitation in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1109:012093. DOI: 10.1088/1755-1315/1109/1/012093
- Utami, L.A., Lidiawati, L., Saputra, R., Ramadhan, P.S., Alkindi, Y., Alfirdausy, I.B., & Saad, M., 2026. Morphological analysis of *Bruguiera gymnorhiza* at Tunda Island, Banten, implications for mangrove ecosystem conservation. *Albacore*, 10(1):41–51. DOI: 10.29244/core.10.1.041-051

-
- Wachid, M.N., Hapsara, R.P., Cahyo, R.D., Wahyu, G.N., Syarif, A.M., Umarhadi, D.A., Fitriani, A.N., Ramadhanningrum, D.P., & Widyatmanti, W., 2017. Mangrove canopy density analysis using Sentinel-2A imagery satellite data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 70:012020. DOI: 10.1088/1755-1315/70/1/012020
- Wardhani, M.K., 2023. Mangrove health assessment using hemispherical photography: A case study on mangrove ecosystem for ecotourism at Tajungan-Bangkalan, Madura Island, Indonesia. Dalam: Yllano, O.B. (Ed.), *Mangrove Biology, Ecosystem, and Conservation*. IntechOpen.
- Wee, A.K.S., Teo, J.X.H., Chua, J.L., Takayama, K., Asakawa, T., Meenakshisundaram, S.H., Onrizal, Adjie, B., Ardli, E.R., Sungkaew, S., Suleiman, M., Tung, N.X., Salmo, S.G.III, Yllano, O.B., Saleh, M.N., Soe, K.K., Tateishi, Y., Watano, Y., Tsuda, Y., Kajita, T., & Webb, E.L., 2017. Vicariance and oceanic barriers drive contemporary genetic structure of widespread mangrove species *Sonneratia alba* J. Sm in the Indo-West Pacific. *Forests*, 8(12):483. DOI: 10.3390/f8120483
- Yanti, D.I.W., Paruntu, C.P., Kepel, R.C., Mandagi, S.V., & Tabalessy, R.R., 2021. Community structure of mangrove in Jeflio Island, Sorong Regency, West Papua, Indonesia. *AACL Bioflux*, 14(4):2181–2191.
- Zhang, Y., Zhao, G., Krauss, K.W., Pan, L., Xu, Y., & Meng, X., 2025. Anthropogenic activities have greatly altered mangroves over the last hundred years. *Global and Planetary Change*, 253:104950. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2025.104950
-