

Kondisi Eksisting Komunitas Mangrove di Pesisir Pantai Negeri Kaibobu Seram Bagian Barat, Maluku

Janson Hans Pietersz*, Niette Vuca Huliselan, Prulley Annette Uneputty,
Maureen Alise Tuapattinaja

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura
Jl. Mr. Chr. Soplanit, Poka, Tlk. Ambon, Kota Ambon, Maluku 97234, Indonesia
Email: jansonpietersz.1301@gmail.com

Abstract

Existing Conditions of Mangrove Communities on the Coastal Coast in Kaibobu Village, West Seram Regency, Maluku

The mangrove community of Kaibobu Village has an important role in supporting the lives of the community, the environment, and especially the marine tourism sector. In addition, the mangrove community on the coast of Kaibobu Village Beach is also inseparable from various threats from anthropogenic activities. Based on the importance of the existence of the mangrove community and the lack of information regarding the current condition of the mangrove community, it is necessary to conduct a study regarding the existing condition of the mangrove community so that it can be used as a basis for management activities. This study aims to analyze the condition of the area of the mangrove community, species composition, important value index, standing carbon storage, mangrove canopy closure, and mangrove health conditions. Sentinel-2B imagery was used in this study to assess the area and condition of the mangroves. Data collection on the potential of the mangrove community used the purposive sampling method, and a simple hemispherical photography technique was also applied to collect data on mangrove canopy cover. The mangrove standing carbon storage condition was analyzed using a non-destructive method, and the overall health condition of the mangrove community was estimated based on the Mangrove Health Index. The analysis showed that the mangrove community on the coast of Kaibobu Village is a reasonably large area, and seven types of mangroves were found in all observation plots. Based on the important value index, *B. gymnorrhiza*, *S. alba*, and *C. tagal* are the most dominant types at each research station. The highest carbon storage value of tree stands was found at station AP1, 176.20 tons/ha. Mangrove canopy cover is still relatively dense at all research stations. Then, the overall health condition of the mangroves based on MHI is dominated by moderate conditions with a percentage of area of 78.86%.

Keywords: Existing; Carbon, Canopy Closure, Health, Mangrove

Abstrak

Komunitas mangrove Negeri Kaibobu memiliki peranan penting dalam menunjang kehidupan masyarakat, lingkungan, dan khususnya sektor pariwisata bahari. Selain itu, keberadaan komunitas mangrove di pesisir Pantai Negeri Kaibobu juga tidak terlepas dari berbagai ancaman dari aktivitas antropogenik. Berdasarkan pentingnya keberadaan komunitas mangrove dan masih kurangnya informasi terkait kondisi komunitas mangrove saat ini, Maka perlu dilakukan kajian terkait kondisi eksisting komunitas mangrove sehingga dapat dijadikan sebagai dasar dalam kegiatan pengelolaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi luasan komunitas mangrove, komposisi jenis, indeks nilai penting, simpanan karbon tegakan, tutupan kanopi mangrove, dan kondisi kesehatan mangrove. Citra sentinel-2B digunakan dalam penelitian ini untuk menilai luas dan kondisi mangrove. Pengumpulan data potensi komunitas mangrove menggunakan metode purposive sampling, kemudian teknik hemispherical photography sederhana di aplikasikan juga untuk mencuplik data tutupan tajuk mangrove. Kondisi simpanan karbon tegakan mangrove dianalisis dengan metode non-destruktif, dan kondisi kesehatan komunitas mangrove secara keseluruhan diestimasi berdasarkan Mangrove Health Index. Hasil analisis menunjukkan bahwa komunitas mangrove di pesisir Negeri Kaibobu mempunyai wilayah yang cukup luas serta ditemukan tujuh jenis mangrove pada seluruh petak pengamatan. Jenis *B. gymnorrhiza*, *S. alba* dan *C. tagal* merupakan jenis yang paling dominan pada setiap stasiun penelitian berdasarkan indeks nilai pentingnya. Nilai simpanan karbon tegakan pohon tertinggi terdapat pada stasiun AP1 yaitu sebesar 176,20 ton/ha. Tutupan tajuk mangrove masih tergolong padat di seluruh stasiun penelitian. Kemudian kondisi kesehatan mangrove secara keseluruhan berdasarkan MHI didominasi oleh kondisi moderate dengan persentase luas wilayah sebesar 78,86%.

Kata kunci: Eksisting, Karbon, Tutupan Tajuk, Kesehatan, Mangrove

PENDAHULUAN

Komunitas mangrove merupakan kumpulan populasi tumbuhan yang tumbuh subur dan berkembang biak dengan baik pada zona pasang surut antara area terestrial dan laut (Nagelkerken *et al.*, 2008). Keberadaan komunitas mangrove sangat berperan penting bagi kehidupan

masyarakat pesisir (Maulidah *et al.*, 2023), organisme yang berasosiasi (Pietersz *et al.*, 2022), dan berperan penting dalam menjaga kestabilan lingkungan (Nuraeni & Kusuma, 2023). Komunitas mangrove secara langsung dapat memberikan manfaat sosial ekonomi bagi masyarakat sekitar (Arifanti *et al.*, 2022). Masyarakat dapat meningkatkan perekonomian keluarga melalui berbagai hasil produk olahan mangrove (Nuraeni & Kusuma, 2023). Selain itu juga, ekosistem mangrove secara tidak langsung berperan penting dalam menunjang peningkatan sumberdaya perikanan sehingga dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan sosial ekonomi masyarakat (Arkham *et al.*, 2023).

Apabila dilihat dari sudut pandang ekologi, komunitas mangrove memiliki peranan yang sangat penting sebagai habitat, tempat berlindung, berkembang biak dan mencari makan bagi berbagai organisme darat serta perairan. Nagelkerken *et al.*, (2008) guguran serasah mangrove sangat berperan penting dalam mendukung siklus rantai makanan; kemudian tutupan kanopi mangrove dijadikan sebagai habitat bagi berbagai spesies terestrial seperti mamalia, burung, serangga dan reptil; pada bagian perakaran mangrove ditumbuhi epibion seperti kerang, tunicata dan alga; substrat yang agak lunak pada area ekosistem mangrove merupakan habitat bagi spesies infauna dan epifauna; sedangkan area di antara akar mangrove sering dimanfaatkan oleh beberapa spesies kepiting, udang dan ikan sebagai tempat berlindung dan mencari makan. Kebanyakan ikan sering mencari makan di perairan sungai yang ditumbuhi oleh komunitas mangrove di sekitarnya (Lugendo *et al.*, 2007). Mangrove juga berperan penting dalam penyerapan karbon yang sangat diperlukan untuk perbaikan iklim dunia saat ini (Yonvitner *et al.*, 2019; Rizkiyani *et al.*, 2024). Selain itu, komunitas mangrove juga sangat penting dalam mengurangi dampak terjadinya banjir rob, abrasi dan tsunami (Nuraeni & Kusuma, 2023; Arkham *et al.*, 2023). Pentingnya komunitas mangrove di wilayah pesisir saat ini, juga tidak lepas dari berbagai tekanan yang timbul dari adanya aktivitas antropogenik. Tingginya aktivitas antropogenik pada area komunitas mangrove secara berlebihan dapat mempengaruhi kehadiran dan kondisi luasan mangrove (Adinegoro *et al.*, 2023; Alimudi *et al.*, 2023).

Degradasi dan perubahan komposisi mangrove secara global dapat dipengaruhi oleh tingginya aktivitas antropogenik yang berdampak secara langsung dan tidak langsung terhadap komunitas mangrove, seperti aktivitas pemanenan sumber daya mangrove yang berlebihan dan adanya alih fungsi lahan, perubahan iklim dan kenaikan permukaan air laut juga merupakan bagian dari penyebab penting yang disoroti secara global (Biswas & Biswas, 2021). Adanya ancaman dan tekanan tersebut telah mempengaruhi kondisi luasan mangrove secara global yang terus mengalami penurunan (Giri *et al.*, 2011).

Mayoritas mangrove tumbuh subur di Kawasan Asia Tenggara salah satunya di Indonesia (Akram *et al.*, 2023). Indonesia merupakan salah satu negara terbesar yang terdiri dari banyak pulau dengan jumlah pulau sebanyak 17.508 pulau (Serge *et al.*, 2022). Banyaknya pulau menjadikan Indonesia sebagai negara yang memiliki luasan komunitas mangrove yang terluas di dunia dengan luas > 3,1 juta ha atau 22,6 % dari luas mangrove dunia (Giri *et al.*, 2011). Berdasarkan data Direktorat Konservasi Tanah dan Air (2021), luasan mangrove di Indonesia telah mengalami peningkatan luasan menjadi 3,3 juta ha dengan luasan mangrove di Provinsi Maluku sebesar 177.809 ha. Hal ini terjadi karena didukung oleh kegiatan pengelolaan mangrove seperti aktivitas penanaman mangrove yang terus dilakukan oleh berbagai kelompok masyarakat, organisasi, lembaga pendidikan dan pemerintah.

Meskipun demikian, berdasarkan data sebelumnya Pattimahu (2016), Kondisi luasan mangrove di Kabupaten Seram Bagian Barat secara umum telah mengalami penurunan yang disebabkan oleh adanya aktivitas eksploitasi mangrove yang berlebihan serta alih fungsi lahan menjadi area pemukiman dan area budidaya. Masyarakat yang berada di pesisir Teluk Piru Kabupaten Seram Bagian Barat juga masih cukup aktif dalam memanfaatkan sumber daya mangrove secara langsung untuk dijadikan kayu bakar, bahan baku pembuatan pagar dan untuk dijual (Ahmad, 2015). Secara khusus komunitas mangrove di pesisir Pantai Negeri Kaibobu juga merupakan bagian dari area Kabupaten Seram Bagian Barat dan sebagian wilayah pesisirnya juga termasuk dalam

wilayah perairan Teluk Piru yang memiliki manfaat dan peranan penting bagi kehidupan masyarakat dan lingkungan sekitar. Negeri Kaibobu saat ini juga merupakan desa yang termasuk dalam 500 besar penerima Anugerah Desa Wisata Indonesia (ADWI) tahun 2024 oleh Kementerian Pariwisata dan Ekonomi Kreatif dengan salah satu objek wisatanya adalah wisata bahari termasuk komunitas mangrove, akan tetapi informasi terkait data potensi dan kondisi komunitas mangrove sebelumnya sampai saat ini di pesisir Negeri kaibobu secara keseluruhan masih sangat terbatas. Kajian yang dilakukan Loupatty *et al* (2023), hanya sebatas komposisi jenis mangrove yang dilakukan pada sebagian kecil dari wilayah pesisir Negeri Kaibobu. Berdasarkan pentingnya keberadaan komunitas mangrove dan masih kurangnya informasi terkait kondisi komunitas mangrove saat ini di pesisir Negeri Kaibobu, Maka perlu dilakukan kajian terkait kondisi eksisting komunitas mangrove sehingga dapat dijadikan sebagai dasar dalam kegiatan pengelolaan dan monitoring mangrove yang bersifat berkelanjutan dan dapat menunjang kehidupan masyarakat, lingkungan dan khususnya bagi pengembangan pariwisata bahari di Negeri Kaibobu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi luasan komunitas mangrove, komposisi jenis, indeks nilai penting, simpanan karbon tegakan, tutupan kanopi mangrove, dan kondisi kesehatan mangrove.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus sampai bulan Oktober 2024 yang berlokasi pada komunitas mangrove Negeri Kaibobu. Secara astronomis komunitas mangrove Negeri Kaibobu berada pada posisi $3^{\circ} 11' 37.62'' - 3^{\circ} 12' 8.44''$ LS dan $128^{\circ} 11' 36.68'' - 128^{\circ} 15' 55.57''$ BT (Gambar 1). Penelitian ini menggunakan citra sentinel-2B untuk mengkaji luasan dan kondisi komunitas mangrove dengan waktu akuisisi citra yaitu 29 Mei 2024. Citra sentinel-2B yang digunakan merupakan hasil yang di unduh pada dataspace.copernicus.eu dengan cloud cover $<8\%$. Citra sentinel-2 digunakan karena dapat memberikan hasil interpretasi yang sangat baik dan jelas dalam mengkaji suatu area komunitas mangrove dengan resolusi citra dapat mencapai 10 m (Belgiu & Csillik, 2018; Safitri *et al.*, 2023; Pietersz *et al.*, 2024).

Pengambilan data potensi komunitas mangrove di pesisir Pantai Negeri Kaibobu dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling* (Sugiyono, 2013). Metode ini diterapkan dengan menentukan stasiun/transek pengamatan dengan memperhatikan dan mempertimbangkan zonasi pertumbuhan mangrove. Penentuan stasiun pengamatan pada penelitian ini dilakukan dengan membagi seluruh area kajian menjadi tiga stasiun pengamatan mangrove yaitu stasiun API, stasiun AP2 dan Stasiun AP3. Kemudian pada setiap stasiun pengamatan akan ditentukan beberapa transek pengamatan berdasarkan zona pertumbuhan mangrove dan di setiap transek pengamatan tersebut akan dibuat petak pengamatan dengan luas sebesar 100 m^2 sebanyak tiga kali pengulangan. Pada setiap petak yang telah ditetapkan digunakan untuk mengumpulkan data tegakan mangrove pada tingkatan pohon dan lingkaran batang setinggi dada orang dewasa yang digunakan untuk mengestimasi dominasi jenis dan simpanan karbon tegakan. Kemudian juga dilakukan pengambilan data tutupan tajuk mangrove yang dilakukan dengan menggunakan metode *hemispherical photography sederhana* (Jennings *et al.*, 1999; Korhonen *et al.*, 2006; Dharmawan *et al.*, 2020; Dharmawan, 2020). Metode tersebut dilakukan dengan mengambil gambar tutupan tajuk mangrove secara tegak lurus ke arah langit dengan menggunakan kamera depan gawai yang memiliki resolusi > 5 megapixel. Pengambilan data gambar tutupan tajuk mangrove di setiap petak pengamatan pada penelitian ini dilakukan sebanyak enam kali pengulangan. Kemudian pada setiap petak pengamatan juga dilakukan pengamatan secara visual terhadap kondisi substrat.

Kondisi sebaran dan luasan komunitas mangrove dianalisis melalui proses klasifikasi citra sentinel 2B yang dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu melakukan koreksi atmosferik (Sola *et al.*, 2018; Bui *et al.*, 2022), proses kombinasi band (8, 11, 4), klasifikasi multispektral maximum likelihood (Ahmad & Quegan, 2012), dan setelah itu dilakukan proses uji akurasi menggunakan confusion matrix terhadap hasil klasifikasi (Yuhendra & Yulianti, 2019). Kemudian Hasil klasifikasi dilakukan proses pemotongan polygon mangrove agar dapat diketahui luasan dan dipakai sebagai dasar dalam

proses analisis lanjutan terkait kondisi mangrove (Pietersz *et al.*, 2024). Dominasi suatu jenis mangrove di analisis berdasarkan INP (indeks nilai penting) dengan menggunakan rumus sebagai Berikut berikut (English *et al.*, 1997):

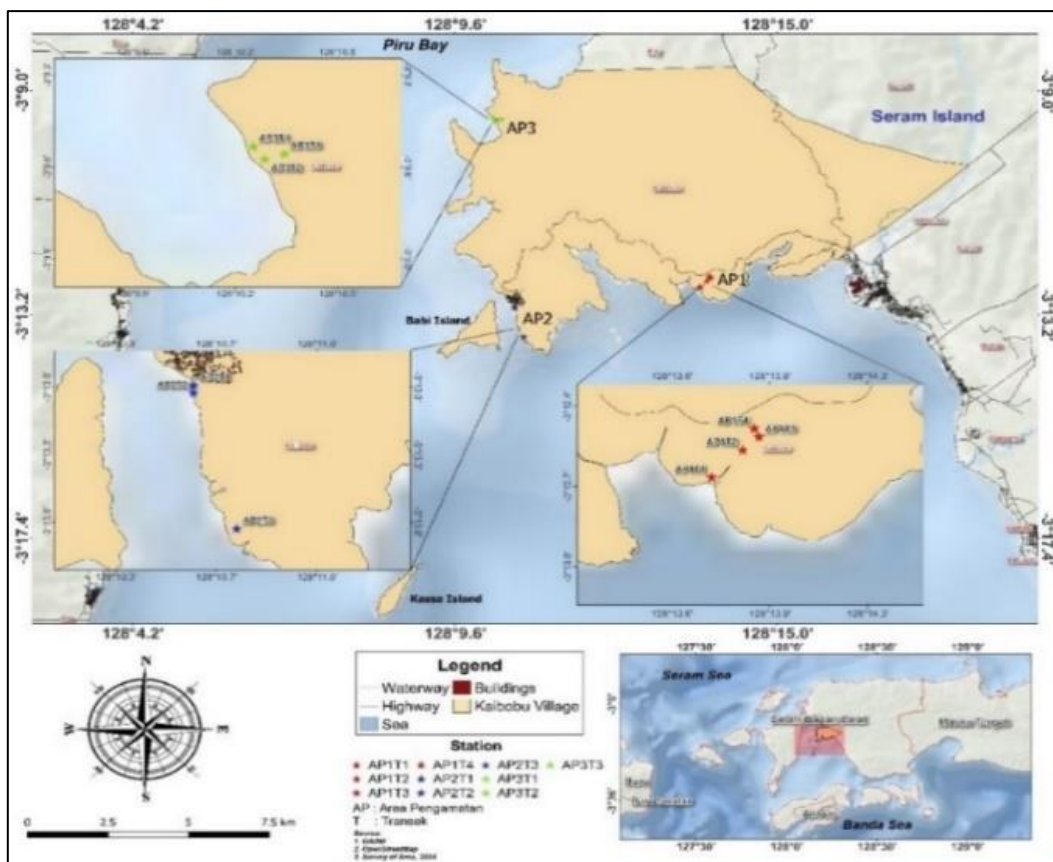
$$\text{INP (\%)} = \text{Kerapatan relatif} + \text{Frekuensi relatif} + \text{Dominansi relatif}$$

Simpanan karbon tegakan pohon mangrove dianalisis dengan menggunakan metode *non-destructive* (El-Masry, 2024). Metode ini diaplikasikan dengan mengukur simpanan karbon tegakan dengan menggunakan persamaan allometrik dan pada penelitian ini hanya mengukur karbon diatas permukaan atau *above ground biomass* saja (Tabel 1). Nilai kerapatan kayu atau wood density yang digunakan merujuk pada World Agroforestry Center, (2017). Kemudian hasil perhitungan stok karbon dalam satuan kg/m² harus dikonversi ke satuan ton/ha (Rizkiyani *et al.*, 2024).

Tabel 1. Model alometrik biomassa diatas permukaan

Jenis	Persamaan	Sumber
<i>B. gymnorrhiza</i>	$B = 0.0754 D^{2.505} * \rho$	Kauffman & Donato, 2012
<i>R. apiculata</i>	$B = 0.043 D^{2.63}$	Amira, 2008
<i>R. mucronata</i>	$B = 0.1466 D^{2.3136}$	Dharmawan, 2010
<i>S. alba</i>	$B = 0,258 D^{2.287}$	Kusmana & Hidayat., 2018
<i>X. granatum</i>	$B = 0.1832 D^{2.21}$	Tarlan, 2008
General	$B = 0.251 \rho D^{2.46}$	Komiyama <i>et al.</i> , 2005

Ket: B = biomass (kg), D = diameter at breast height (cm), ρ = wood density (g/cm³)



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Kondisi tutupan tajuk mangrove diketahui dengan menganalisis data foto tutupan tajuk mangrove dengan menggunakan aplikasi Image-J dan Microsoft excel 2010 (Dharmawan *et al.*, 2020; Dharmawan, 2020). Foto tutupan tajuk mangrove dianalisis untuk mengetahui berapa persen tutupan pixel tajuk mangrove terhadap pixel langit (Pietersz *et al.*, 2024). Persentase tutupan tajuk mangrove di nilai berdasarkan kriteria baku mutu kerusakan mangrove (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 201 2004) dengan kriteria penilaian, yaitu $\geq 75\%$ dikategorikan padat, $\geq 50 - <75\%$ tergolong sedang dan nilai $< 50\%$ tergolong jarang. Kemudian untuk mengestimasi nilai Persentase tutupan tajuk mangrove digunakan rumusan sebagai berikut (Dharmawan, 2020):

$$\text{Tutupan Tajuk Mangrove} = \frac{\sum \text{pixel tutupan tajuk}}{\sum \text{seluruh pixel}} \times 100$$

Kondisi kesehatan mangrove dianalisis berdasarkan indeks kesehatan mangrove atau biasa disebut (MHI) Mangrove health index (Dharmawan, 2021; Nurdiansah & Dharmawan, 2021). Kriteria penilaian indeks MHI dibagi menjadi tiga kategori, yaitu nilai MHI $<33,33\%$ tergolong poor, nilai MHI = $33,33 - 66,67\%$ tergolong moderate dan nilai MHI $>66,67\%$ tergolong excellent (Dharmawan, 2021). Aplikasi yang digunakan untuk membantu dalam menganalisis nilai MHI pada penelitian ini, yaitu Quantum GIS 3.28.13. MHI merupakan indeks kesehatan mangrove yang mengaplikasikan dengan mengkombinasikan empat indeks vegetasi tumbuhan dan dapat memberikan gambaran secara keseluruhan terkait kondisi kesehatan mangrove, rumusan indeks yaitu sebagai berikut (Nurdiansah & Dharmawan, 2021; Dharmawan, 2021):

$$\text{MHI} = 102.12 \cdot \text{NBR} - 4.64 \cdot \text{GCI} + 178.15 \cdot \text{SIPI} + 159.53 \cdot \text{ARVI} - 252.39$$

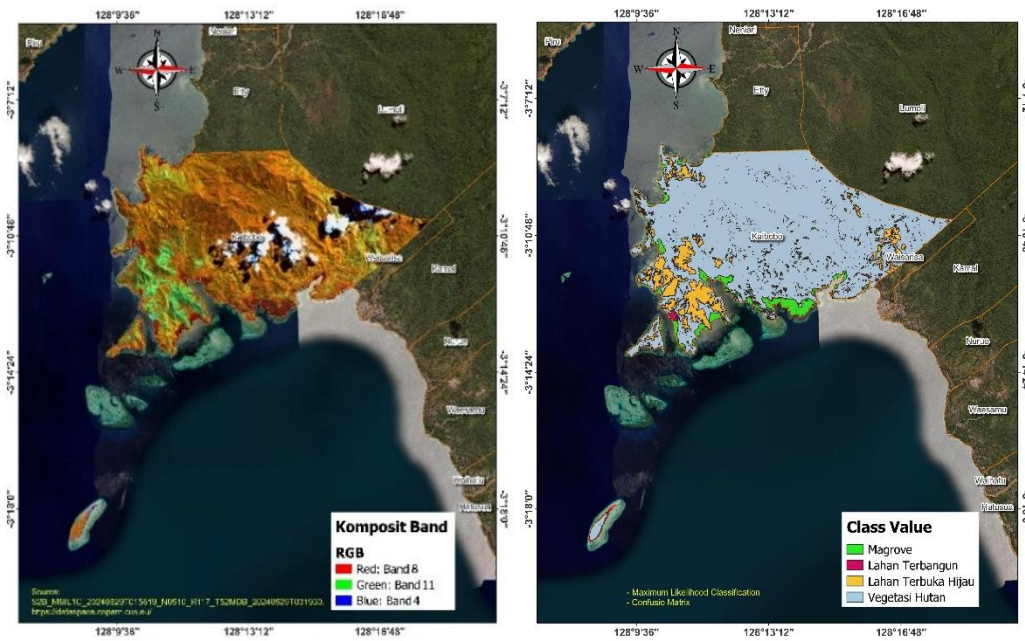
Dimana Normalized Burn Ratio (NBR) adalah indeks spektral yang dirancang untuk mendeteksi area yang terbakar dan menilai tingkat keparahan kebakaran hutan. NBR memanfaatkan perbedaan reflektansi antara pita Near-Infrared (NIR) dan Shortwave Infrared (SWIR). Persamaan Indeks NBR, yaitu $(\text{band NIR} - \text{Band SWIR}) : (\text{band NIR} + \text{band SWIR})$. Kemudian Green Chlorophyll Index (GCI) adalah indeks yang mengukur kandungan klorofil dalam daun dengan menggunakan rasio reflektansi antara pita Near-Infrared (NIR) dan Green. Persamaan GCI, yaitu $(\text{band NIR} : \text{Band Green}) - 1$. Sedangkan Structure Insensitive Pigment Index (SIPI) merupakan indeks yang digunakan untuk mengidentifikasi rasio karotenoid terhadap klorofil dalam daun, tanpa terlalu dipengaruhi oleh struktur kanopi. Dengan membandingkan pantulan NIR, biru, dan merah, SIPI mengurangi dampak variasi struktur tanaman (misalnya ketebalan daun atau orientasi daun) pada deteksi pigmen. Persamaan SIPI, yaitu $(\text{band NIR} - \text{Band Blue}) : (\text{band NIR} - \text{band Red})$. Selanjutnya Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) adalah pengembangan dari NDVI yang lebih tahan terhadap gangguan atmosfer, seperti partikel debu dan uap air. ARVI mengoreksi pengaruh atmosfer dengan memasukkan pita biru untuk mengkompensasi red-shift yang disebabkan oleh hamburan Rayleigh. Persamaan ARVI, yaitu $(\text{band NIR} - 2 \times \text{band Red} + \text{band Blue}) : (\text{band NIR} + 2 \times \text{band Red} + \text{band Blue})$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil interpretasi pola sebaran mangrove menunjukkan bahwa luasan mangrove saat ini di pesisir pantai Negeri Kaibobu sebesar 422,44 ha. Hasil interpretasi diketahui melalui proses komposit band (Near infrared, Shortwave infrared, red) dan proses klasifikasi (Gambar 2). Hasil kombinasi band NIR pada saluran biru, band SWIR pada saluran hijau serta band red pada saluran merah dapat menunjukkan perbedaan yang jelas antara objek mangrove dengan objek lainnya (Purwanto & Asriningrum, 2019; Pietersz *et al.*, 2024). Kombinasi band tersebut sangat baik dalam melakukan analisis multispektral dan klasifikasi gambar berbasis pixel dalam pemetaan mangrove (Selamat *et al.*, 2020). Proses analisis untuk mendeteksi mangrove dengan menggunakan citra sentinel-2 dapat memberikan hasil yang sangat optimal dengan menggunakan kombinasi band tersebut (Baloloy *et al.*, 2021; Ramsewak *et al.*, 2022).

Tabel 2. Matriks Hasil Uji Akurasi Hasil klasifikasi

Nilai Kelas	Akurasi pengguna	Akurasi Produsen	Akurasi Keseluruhan	Akurasi Kappa
Mangrove	100%	100%		
Lahan Terbangun	60%	100%	95%	90%
Lahan Terbuka Hijau	100%	67%		
Vegetasi Hutan	95%	100%		



Gambar 2. Hasil Komposit Band (8 11 4) dan Hasil Klasifikasi

Hasil klasifikasi dengan metode maximum likelihood juga memberikan gambaran yang sangat baik dengan *overall accuracy* (akurasi keseluruhan) dan nilai *kappa accuracy* (akurasi kappa) $\geq 90\%$ (Tabel 2). Metode maximum likelihood merupakan metode klasifikasi terbimbing dan paling banyak digunakan, dimana piksel diklasifikasi berdasarkan kemungkinan maksimum dari kelas yang sesuai (Rajyalakshmi *et al.*, 2016). Saat ini banyak metode klasifikasi berbasis objek yang tersedia dan dapat memberikan tingkat akurasi tematik yang lebih tinggi, tetapi apabila dilihat dari sudut pandang yang lebih praktis maka metode Maximum likelihood masih merupakan metode klasifikasi yang memadai (Selamat *et al.*, 2020). Hasil uji akurasi dapat diketahui dengan menggunakan matriks kesalahan (Rosmasita *et al.*, 2018). Proses uji akurasi hasil klasifikasi yang diketahui dengan menggunakan matriks kesalahan diaplikasikan dengan menguji akurasi pengguna, akurasi produsen, akurasi keseluruhan dan akurasi kappa (Congalton & Green, 2019).

Komposisi jenis mangrove pada setiap petak pengamatan di seluruh stasiun penelitian (AP) dapat ditemukan 7 jenis mangrove yang terdiri atas 4 famili dan 6 genera, kemudian famili Rhizophoraceae merupakan famili dari jenis mangrove yang paling banyak ditemukan, yaitu *Bruguiera gymnorrhiza*, *Ceriops tagal*, *Rhizophora apiculata* dan *Rhizophora mucronata* (Tabel 3). Apabila dikaji berdasarkan stasiun penelitian, maka jenis mangrove yang paling banyak ditemukan pada petak pengamatan secara berurutan, yaitu stasiun AP2 dengan enam jenis mangrove yang ditemukan, kemudian stasiun AP3 terdapat lima jenis dan stasiun AP1 empat jenis (Tabel 4). Kondisi yang hampir serupa juga dapat terlihat pada komunitas mangrove di pesisir pantai Dusun Dokyar Negeri Kaibobu yang juga dapat ditemukan tujuh jenis mangrove dengan kehadiran enam jenis

mangrove yang sama (Loupatty *et al.*, 2023). Sedangkan pada komunitas mangrove di pesisir pantai Negeri Eti yang berbatasan langsung dengan area penelitian dapat ditemukan sepuluh jenis mangrove dengan kehadiran lima jenis mangrove yang sama (Badu *et al.*, 2022).

Dominasi jenis mangrove pada setiap stasiun penelitian yang dikaji berdasarkan hasil analisis indeks nilai penting (INP) memiliki dominasi jenis yang beragama. Pada stasiun penelitian AP1 jenis mangrove yang mendominasi adalah *B. gymnorrhiza* dengan nilai INP sebesar 115,15% dan *R. apiculata* sebesar 82,33%, kemudian pada stasiun AP2 jenis yang mendominasi adalah *S. alba* dengan nilai INP sebesar 94,68% dan *B. gymnorrhiza* sebesar 84,54%, selanjutnya pada stasiun AP3 adalah *C. tagal* dengan INP sebesar 130,19% dan *R. apiculata* sebesar 67,10% (Tabel 4). Komunitas mangrove yang didominasi oleh jenis *B. gymnorrhiza* dengan nilai INP tertinggi juga dapat ditemukan di Pulau Marsegu Seram Bagian Barat Maluku (Irwanto *et al.*, 2020). Kemudian Dominasi jenis *C. tagal* dan *S. alba* dengan nilai INP tertinggi juga dapat ditemukan di Pulau Middleburg-Miossu Papua Barat (Nurdiansah & Dharmawan, 2021).

Dominasi jenis mangrove pada suatu wilayah sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, salah satunya adalah kondisi substrat (Pietersz & Pentury, 2023; Ayu *et al.*, 2023). kondisi substrat di setiap stasiun pengamatan sangat beragam yang dimana pada stasiun AP1 memiliki kondisi substrat berlumpur, lumpur berpasir dan lumpur berbatu; pada stasiun AP2 memiliki kondisi substrat berpasir, pasir berlumpur dan lumpur berpasir; kemudian pada stasiun AP3 memiliki kondisi substrat yang tergolong berpasir, lumpur berpasir dan pasir berlumpur. Kondisi substrat berlumpur sangat mendukung kehadiran dari jenis *R. apiculata*, *R. mucronata*, *B. gymnorrhiza* dan *X. granatum*, *S. alba* dan *Avicennia* (Rambu *et al.*, 2019; Wintah *et al.*, 2023). Sedangkan kondisi substrat lumpur berpasir sangat mendukung kehadiran jenis *S. alba*, *R. apiculata*, *R. mucronata* dan *B. gymnorrhiza* (Rambu *et al.*, 2019).

Hasil analisis simpanan karbon tegakan mangrove menunjukkan bahwa, simpanan karbon tegakan tertinggi terdapat pada stasiun AP1 sebesar 176,30 ton/ha dengan biomassa pohon tertinggi dimiliki oleh jenis *B. gymnorrhiza* yaitu 158,78 ton/ha dan *R. apiculata* sebesar 100,40 ton/ha. Kemudian stasiun AP2 memiliki simpanan karbon tegakan sebesar 115,89 ton/ha dengan biomassa tegakan pohon tertinggi dimiliki oleh jenis *S. alba* yaitu 157,13 ton/ha dan *B. gymnorrhiza* sebesar 50,10 ton/ha. Sedangkan stasiun AP3 merupakan stasiun penelitian yang memiliki simpanan karbon tegakan mangrove yang tergolong rendah yaitu sebesar 67,31 ton/ha dengan jenis yang memiliki biomassa tegakan pohon mangrove tertinggi dimiliki oleh jenis *C. tagal* yaitu sebesar 55,14 ton/ha dan *R. apiculata* sebesar 44,04 ton/ha (Tabel 4). Simpanan karbon tegakan sangat dipengaruhi oleh biomassa tegakan mangrove (Hermialingga *et al.*, 2020). Semakin tinggi nilai biomassa suatu tegakan pohon mangrove maka akan berbanding lurus dengan nilai simpanan karbon tegakan yang secara langsung dipengaruhi oleh diameter batang, kerapatan pohon serta umur (Rizkiyani *et al.*, 2024). Semakin tingginya kerapatan pohon mangrove tetapi dengan ukuran diameter batang yang kecil dapat memberikan korelasi negatif terhadap stok karbon tegakan (Easteria *et al.*, 2022). Faktor lain yang mempengaruhi terhadap tinggi dan rendahnya simpanan karbon tegakan adalah kehadiran jenis mangrove, hal tersebut disebabkan karena setiap jenis mangrove memiliki nilai kerapatan kayu yang beragam (Rahmat *et al.*, 2022). Mangrove merupakan komunitas pesisir yang memiliki biomassa dan penyimpanan karbon diatas permukaan yang terbesar karena memiliki pertumbuhan batang pohon yang lebih besar (Alongi, 2014).

Nilai biomassa dan simpanan karbon tegakan pohon mangrove saat ini di pesisir pantai Negeri Kaibobu akan mengalami peningkatan yang sangat lambat. Hal ini disebabkan karena peningkatan bertahap antara biomassa dan simpanan karbon tegakan mangrove secara pesat hanya akan terjadi pada saat tumbuhan mangrove masih tergolong anakan dan sapihan, sedangkan tumbuhan mangrove yang sudah berada pada tingkatan pohon nilai peningkatan biomassa dan simpanan karbon tegakannya akan menurun (Bao *et al.*, 2022). Apabila dilihat secara keseluruhan maka dapat diketahui bahwa jenis *B. gymnorrhiza* merupakan jenis yang memiliki nilai biomassa tegakan pohon yang sangat tinggi. Pentingnya peranan komunitas mangrove di pesisir

pantai Negeri Kaibobu terkait penyerapan karbon juga tidak terlepas dari berbagai macam ancaman antropogenik yang terjadi. Salah satu aktivitas antropogenik yang pernah dilakukan dan sangat mengancam pertumbuhan mangrove secara langsung adalah aktivitas pengambilan kulit kayu dari jenis *B. gymnorrhiza* untuk digunakan sebagai bahan pengawetan jaring. Rekam jejak terkait aktivitas pengambilan kulit kayu mangrove tersebut dapat terlihat pada stasiun penelitian AP1 dan AP2 (Gambar 3). Pada setiap kulit pohon mangrove terdapat lenticels yang berfungsi sebagai tempat pertukaran gas (Ong & Gong, 2013). Total akumulasi penyerapan CO₂ pada kulit mangrove sebesar 10 % dan serapan CO₂ memiliki hubungan yang positif antara total biomassa dan simpanan karbon tegakan (Hakim *et al.*, 2016). Kulit kayu mangrove dari jenis *bruguiera* sp. sering dimanfaatkan oleh masyarakat nelayan untuk diambil zat tanin yang terkandung di dalam kulit kayu untuk dijadikan sebagai bahan pencelupan jaring ikan dan cumi-cumi (Johari *et al.*, 2021). Zat tanin dapat berperan penting sebagai perekat (Poedjirahajoe *et al.*, 2011). Kandungan zat tanin pada kulit *B. gymnorrhiza* juga sering digunakan sebagai zat pewarna pakaian (Allen & Duke, 2006).

Tabel 3. Komposisi Jenis Mangrove

Famili	Genus	Jenis	Kode Jenis
Avicenniaceae	<i>Avicennia</i>	<i>Avicennia officinalis</i> L.	AO
Rhizophoraceae	<i>Bruguiera</i>	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i> (L.) Lamk.	BG
	<i>Ceriops</i>	<i>Ceriops tagal</i> (Perr.) C.B. Rob.	CT
	<i>Rhizophora</i>	<i>Rhizophora apiculata</i> Bl.	RA
		<i>Rhizophora mucronata</i> Lmk.	RM
Sonneratiaceae	<i>Sonneratia</i>	<i>Sonneratia alba</i> J. E. Smith	SA
Meliaceae	<i>Xylocarpus</i>	<i>Xylocarpus granatum</i> Pierre	XG



Gambar 3. Rekam Jejak Aktivitas Pengambilan Kulit Pohon *B. Gymnorrhiza*. Keterangan: (a) lokasi stasiun AP1, (b) lokasi stasiun AP2

Tabel 4. Tabel Struktur Komunitas Mangrove dan Total Karbon Tegakan Mangrove

Stasiun	Jenis Mangrove	INP (%)	Jumlah Tegakan	Biomassa Tegakan (ton/ha)	Karbon Tegakan (ton/ha)
AP1	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	115,15	21	158,78	176,20
	<i>Rhizophora apiculata</i>	82,33	25	100,40	
	<i>Ceriops tagal</i>	77,44	35	88,22	
	<i>Xylocarpus granatum</i>	25,09	9	27,49	
AP2	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	84,54	14	50,10	115,89
	<i>Rhizophora apiculata</i>	66,76	14	20,97	
	<i>Rhizophora mucronata</i>	36,45	9	14,54	
	<i>Ceriops tagal</i>	9,75	2	1,98	
	<i>Avicennia officinalis</i>	7,82	1	1,86	
	<i>Sonneratia alba</i>	94,68	12	157,13	
AP3	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	19,91	6	9,37	67,31
	<i>Rhizophora apiculata</i>	67,10	10	44,04	
	<i>Rhizophora mucronata</i>	54,59	24	14,17	
	<i>Ceriops tagal</i>	130,19	72	55,14	
	<i>Sonneratia alba</i>	28,20	3	20,49	
Total					359,40

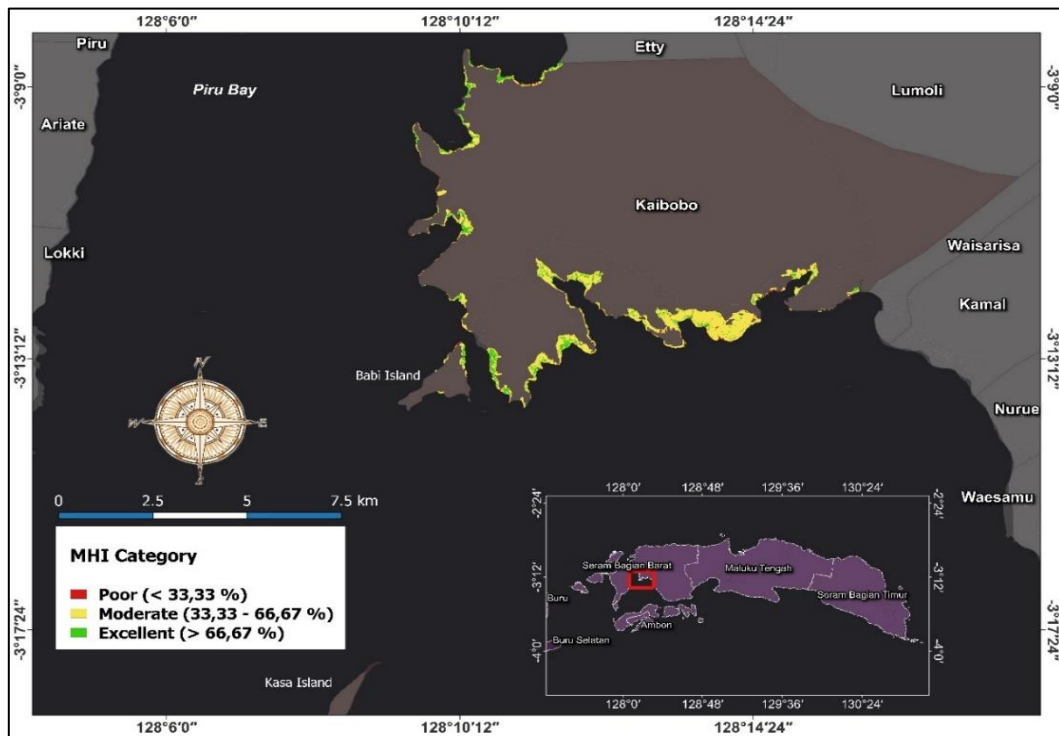
Keterangan: Area Pengamatan (AP); Indeks Nilai Penting (INP)

Hasil analisis persentaseutupan tajuk mangrove menunjukkan bahwa kondisiutupan tajuk mangrove di pesisir pantai Negeri Kaibobu secara keseluruhan tergolong padat dengan nilai persentaseutupan tajuk yang beragam di setiap stasiun penelitian. Pada stasiun AP1 nilai persentaseutupan tajuk mangrove tertinggi terdapat pada transek T3 yaitu sebesar $86,33 \pm 4,42\%$ dan yang terendah terdapat pada transek T2 sebesar $80,83 \pm 4,79\%$. Kemudian nilai persentaseutupan tajuk tertinggi pada stasiun AP2 terdapat pada transek T1 dengan nilainya sebesar $82,80 \pm 5,52\%$ dan yang terendah terdapat pada transek T3 yaitu $81,39 \pm 4,44\%$. Sedangkan pada stasiun AP3 persentaseutupan tajuk tertinggi terdapat pada transek T2 yaitu $87,91 \pm 2,81\%$ dan yang terendah terdapat pada transek T1 sebesar $85,08 \pm 3,32\%$ (Tabel 5). Kondisiutupan mangrove di pesisir pantai Negeri Kaibobu yang masih tergolong padat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti mulai rendahnya aktivitas penebangan pohon mangrove oleh masyarakat dan juga dipengaruhi oleh kehadiran jenis-jenis mangrove dari genus *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Sonneratia* dan *ceriops* yang bertumbuh secara berdampingan pada suatu area dengan karakteristik pohon yang sudah sangat besar. Perbedaan kehadiran jenis mangrove akan memberikan pengaruh terhadap persentaseutupan tajuk mangrove, karena setiap jenis mangrove memiliki bentuk dan ukuran daun yang beragam (Purnama *et al.*, 2020). Jenis *B. gymnorrhiza* merupakan salah satu jenis mangrove yang memiliki ukuran daun yang cukup besar dengan ukuran rata-rata dapat mencapai 4,19 mm (Tuaputty *et al.*, 2022).

Kondisi yang serupa dapat terlihat di Taman Nasional Bunaken yang memiliki kondisiutupan tajuk yang tergolong sedang dan padat dengan jenis yang paling dominan berdasarkan INP yaitu *S. alba* (Schaduw *et al.*, 2024). kemudian pada komunitas mangrove Dusun Namaea Negeri Pelauw Kabupaten Maluku tengah secara keseluruhan memiliki kondisiutupan tajuk mangrove yang tergolong padat dengan jenis yang mendominasi adalah *S. alba* (Tuapattinaja *et al.*, 2024). Sedangkan komunitas mangrove yang di dominasi oleh jenis *R. apiculata* dan *R. mucronata* pada Desa Betahwalang Kabupaten Demak memilikiutupan tajuk yang tergolong padat (Purnama *et al.*, 2020). Kondisiutupan tajuk mangrove yang tergolong padat juga dapat terlihat pada komunitas mangrove Negeri Passo Pulau Ambon dengan jenis yang mendominasi adalah *R. apiculata* dan *B. parviflora* (Pietersz *et al.*, 2024). Pada pulau Batanta dan Salawati Raja Ampat Papua barat kondisiutupan tajuk mangrove juga tergolong padat dengan jenis *R. apiculata* dan *B. gymnorrhiza* yang paling mendominasi (Schaduw, 2020). Selanjutnya pada komunitas mangrove Waiheru Pulau Ambon

Tabel 5. Kondisi tutupan Tajuk Mangrove

Area Pengamatan	Transek	Tutupan Tajuk (%)	Kategori
AP1	T1	81,65 ± 6,28	Padat
	T2	80,83 ± 4,79	Padat
	T3	86,33 ± 4,42	Padat
	T4	85,22 ± 3,60	Padat
AP2	T1	82,80 ± 5,52	Padat
	T2	82,60 ± 6,09	Padat
	T3	81,39 ± 4,44	Padat
AP3	T1	85,08 ± 3,32	Padat
	T2	87,91 ± 2,81	Padat
	T3	87,14 ± 2,66	Padat



Gambar 4. Kondisi Komunitas Mangrove Berdasarkan Mangrove Health Index

dapat diketahui bahwa stasiun pengamatan yang di dominasi oleh jenis *C. tagal* juga memiliki tutupan tajuk yang tergolong padat (Pietersz & Pentury, 2023).

Nilai kategori MHI berkisar antara 18-100% (Dharmawan, 2021). Komunitas mangrove di pesisir pantai Negeri Kaibobo berdasarkan Kategori MHI secara keseluruhan memiliki kondisi kesehatan dengan luasan sebagai berikut, yaitu kondisi *poor* memiliki luas sebesar 12,68 ha (3%); kondisi *moderate* sebesar 333,14 ha (78,86%); dan kondisi yang tergolong *excellent* memiliki luas sebesar 76,62 ha (18,14%) (Gambar 4). Kondisi yang sama juga dapat terlihat pada komunitas mangrove di teluk Bena Bali dengan area yang di dominasi oleh jenis *Sonneratia* sp dan *Bruguiera* sp. memiliki

kondisi kesehatan mangrove tergolong *moderate* dengan luasan yang paling besar (Sugiana *et al.*, 2022). Kemudian pada komunitas mangrove di Pulau Biak pada tahun 2020 juga memiliki luasan yang paling luas dengan kondisi mangrove yang tergolong *moderate* (Dharmawan, 2021). Pada pulau Middleburg-Miossu juga memiliki kondisi *Moderate* yang memiliki luas paling luas dengan jenis yang mendominasi pada setiap stasiun adalah *C. tagal* dan *S. alba* (Nurdiansah & Dharmawan, 2021). Kondisi komunitas mangrove pada suatu area yang masih baik sangat dipengaruhi oleh rendahnya aktivitas antropogenik yang terjadi, sehingga dapat mendukung pertumbuhan mangrove (Dharmawan, 2021). Kondisi kesehatan mangrove berdasarkan MHI dapat menghasilkan interpretasi kondisi komunitas mangrove secara baik dan dapat dijadikan sebagai dasar dalam pengelolaan kedepan (Hidayah *et al.*, 2023). Kemudian analisis penginderaan jauh yang dikombinasikan dengan analisis struktur komunitas mangrove serta mangrove health index dapat memberikan hasil yang utuh terkait analisis kondisi kesehatan mangrove pada suatu area (Nurdiansah & Dharmawan, 2021).

KESIMPULAN

Komunitas mangrove di pesisir pantai Negeri Kaibobu memiliki luasan yang cukup luas. Dapat ditemukan tujuh jenis mangrove pada seluruh petak pengamatan dengan jenis *B. gymnorrhiza*, *S. alba* dan *C. tagal* yang merupakan jenis yang paling dominan pada setiap stasiun penelitian berdasarkan indeks nilai penting. Secara keseluruhan nilai simpanan karbon tegakan pohon tertinggi terdapat pada stasiun AP1 sebesar 176,20 ton/ha. Kondisi tutupan tajuk mangrove pada seluruh stasiun penelitian masih tergolong padat. Kemudian secara keseluruhan kondisi kesehatan mangrove berdasarkan MHI yang tergolong *moderate* memiliki persentase luasan yang paling dominan yaitu sebesar 78,86%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinegoro, R.D.S., Putra, I.D.N.N., & Putra, I.N.G. (2023). Pemetaan Perubahan Luasan Mangrove Menggunakan Citra Sentinel-2A Pasca Kematian Massal Mangrove di Denpasar-Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 8(1), 66. doi: 10.24843/jmas.2022.v08.i01.p08
- Ahmad, A., & Quegan, S. (2012). Analysis of Maximum Likelihood Classification on Multispectral Data. *Applied Mathematical Sciences*, 6(129), 6425–6436.
- Ahmad, F. (2015). Kondisi Hutan Mangrove Teluk Piru, Seram Barat, Maluku. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(2), 731–743.
- Akram, H., Hussain, S., Mazumdar, P., Chua, K. O., Butt, T. E., & Harikrishna, J. A. (2023). Mangrove Health: A Review of Functions, Threats, and Challenges Associated with Mangrove Management Practices. *Forests*, 14(9), 1–38. doi: 10.3390/f14091698
- Alimudi, S., Ohiwal, M., Ainun, N.P., Kaliky, B., Nurlette, H., & Wahidin, L.O. (2023). Deteksi Perubahan Luasan Mangrove Teluk Ambon dalam Menggunakan Citra Satelit Multitemporal. *Jurnal Laot Ilmu Kelautan*, 5(2), 193–203. doi: 10.35308/jlik.v5i2.8436
- Allen, J.A., & Duke, N.C. (2006). *Bruguiera gymnorrhiza* (large-leafed mangrove). *Traditional Tree*, 1–15.
- Alongi, D.M. (2014). Carbon Cycling and Storage in Mangrove Forests. *Annual Review of Marine Science*, 6, 195–219. doi: 10.1146/annurev-marine-010213-135020
- Amira, S. (2008). An estimation of *Rhizophora apiculata* Bl. biomass in mangrove forest in Batu Ampar Kubu Raya Regency, West Kalimantan [Undergraduate Thesis]. Bogor Agricultural University, Indonesia.
- Arifanti, V.B., Sidik, F., Mulyanto, B., Susilowati, A., Wahyuni, T., Subarno, Yulianti, Yuniarti, N., Aminah, A., Suita, E., Karlina, E., Suharti, S., Pratiwi, Turjaman, M., Hidayat, A., Rachmat, H. H., Imanuddin, R., Yeny, I., Darwiati, W., ... Novita, N. (2022). Challenges and Strategies for Sustainable Mangrove Management in Indonesia: A Review. *Forests*, 13(5), 1–18. doi: 10.3390/f13050695
- Arkham, M.N., Pramesthy, T.D., Haris, R.B.K., Kelana, P.P., & Djunaidi. (2023). Nilai Ketersediaan Jasa Ekosistem Mangrove di Wilayah Pesisir Kota Dumai. *Journal of Tropical Fisheries Management*, 7(1), 10–20. doi: 10.29244/jpft.v7i1.43815

- Ayu, S.M., Najib, N.N., Yumna, Y., Witno, W., Maria, M., Liana, L., Sada, N.H., & Pitra, P. (2023). Soil Physical Characteristics of The Mangrove Ecosystem in Bone Bay, Palopo City. *Planta Tropika*, 11(2), 105–114. doi: 10.18196/pt.v11i2.16646
- Badu, M.M.S., Soselisa, F., & Sahupala, A. (2022). Analisis Faktor Ekologis Vegetasi Mangrove di Negeri Eti Teluk Piru Kabupaten SBB. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 6, 44–56. doi: 10.30598/jhppk.2022.6.1.44
- Baloloy, A.B., Blanco, A.C., Sharma, S., & Nadaoka, K. (2021). Development of a Rapid Mangrove Zonation Mapping Workflow Using Sentinel 2-Derived Indices and Biophysical Dataset. *Frontiers in Remote Sensing*, 2, 730238. doi: 10.3389/frsen.2021.730238
- Bao, T.Q., Ha, N.T., Nguyet, B.T.M., Hoan, V.M., Viet, L.H., & Hung, D.V. (2022). Aboveground biomass and carbon stock of *Rhizophora apiculata* forest in Ca Mau, Vietnam. *Biodiversitas*, 23(1), 1–25, 403–414. doi: 10.13057/biodiv/d230142
- Belgiu, M., & Csillik, O. (2018). Sentinel-2 cropland mapping using pixel-based and object-based time-weighted dynamic time warping analysis. *Remote Sensing of Environment*, 204, 509–523. doi: 10.1016/j.rse.2017.10.005
- Biswas, P.L., & Biswas, S.R. (2021). Mangrove Forests: Ecology, Management, and Threats. *Life and Land*, pp. 627–640. doi: 10.1007/978-3-319-95981-8_26
- Bui, Q.T., Jamet, C., Vantrepotte, V., Mériaux, X., Cauvin, A., & Mognane, M.A. (2022). Evaluation of Sentinel-2/MSI Atmospheric Correction Algorithms over Two Contrasted French Coastal Waters. *Remote Sensing*, 14(5), 1–25. doi: 10.3390/rs14051099
- Congalton, R.G., & Green, K. (2019). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data Principles and Practices* (3rd edition). CRC Press. doi: 10.1201/9780429052729
- Dharmawan, I.W.E. (2020). Hemispherical Photography Analisis Persentase Tutupan Kanopi Komunitas Mangrove. Nas Media Pustaka.
- Dharmawan, I.W.E. (2021). Mangrove health index distribution on the restored post-tsunami mangrove area in Biak Island, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 860(1), 1–7. doi: 10.1088/1755-1315/860/1/012007
- Dharmawan, I.W.E., Suryarso, Ulumuddin, yaya I., Prayudha, B., & Pramudji. (2020). Panduan Monitoring Struktur Komunitas Mangrove di Indonesia (1st ed.). PT Media Sains Nasional.
- Dharmawan, I.W.S. (2010). Pendugaan biomasa karbon di atas tanah pada tegakan *Rhizophora mucronata* di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 15(1), 50–56.
- Direktorat Konservasi Tanah dan Air Ditjen PDASRH. (2021). *Peta Mangrove Nasional*.
- Easteria, G., Imran, Z., & Yulianto, G. (2022). Estimasi Stok Karbon Mangrove Rehabilitasi di Pulau Harapan dan Kelapa, Taman Nasional Kepulauan Seribu, Jakarta. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 14(2), 191–204.
- El-Masry, E.A. (2024). A Non-destructive Rapid Assessment of Blue Carbon Sequestration Potential in Mangrove Forests of the Red Sea Region. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 28(1), 1119–1152. doi: 10.21608/ejabf.2024.339764
- English, S., Wilkinson, C., & Baker Adi, V. (1997). *Survey Manual for Tropical Marine Resources* (2nd Edition). Australian Institute of Marine Science.
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L.L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Masek, J., & Duke, N. (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 154–159. doi: 10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x
- Hakim, M.A., Martuti, N.K.T., & Irsadi, A. (2016). Estimasi Stok Karbon Mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Life Science*, 5(2), 87–94.
- Hermialingga, S., Suwignyo, R.A., & Ulqodry, T.Z. (2020). Potensi Simpanan Karbon Pada Biomassa Tegakan dan Akar Mangrove Di Kawasan Lindung Pantai Pulau Payung, Kabupaten Banyuasin. *Jurnal Segara*, 16(3), 187–196. doi: 10.15578/segara.v16i3.9335
- Hidayah, Z., Rachman, H.A., & As-Syakur, A.R. (2023). Pemetaan kondisi hutan mangrove di kawasan pesisir Selat Madura dengan pendekatan Mangrove Health Index memanfaatkan citra satelit Sentinel-2. *Majalah Geografi Indonesia*, 37(1), 84. doi: 10.22146/mgi.78136
- Irwanto, I., Paembonan, S.A., Oka, N.P., & Maulany, R.I. (2020). Growth Characteristics of the Mangrove Forest at the Raised Coral Island of Marsegu, West Seram, Maluku. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 5(10), 211–219.

- Jennings, S.B., Brown, N.D., & Sheil, D. (1999). Assessing forest canopies and understorey illumination: Canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry*, 72(1), 59–73. doi: 10.1093/forestry/72.1.59
- Johari, H.I., Sukuryadi, Ibrahim, & Adiansyah, J.S. (2021). Valuation of Mangrove Direct Benefit in Jerowaru District, East Lombok Regency, West Nusa Tenggara. *Economic and Social of Fisheries and Marine Journal*, 009(01), 30–44. doi: 10.21776/ub.ecsofim.2021.009.01.03
- Kauffman, J.B., & Donato, D.C. (2012). Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests (Working Paper 86, CIFOR). www.cifor.org
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 201 Tahun 2004 Tentang Kriteria Baku Dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove, Republik Indonesia.
- Komiyama, A., Pongpam, S., & Kato, S. (2005). Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21(4), 471–477. doi: 10.1017/S0266467405002476
- Korhonen, L., Korhonen, K.T., Rautiainen, M., & Stenberg, P. (2006). Estimation of Forest Canopy Cover: a Comparison of Field Measurement Techniques. *Silva Fennica*, 40(4), 577–588.
- Kusmana, C., Hidayat, T., Tiryana, T., Rusdiana, O., & Istomo. (2018). Allometric models for above- and below-ground biomass of *Sonneratia* spp. *Global Ecology and Conservation*, 15, e00417 doi: 10.1016/j.gecco.2018.e00417
- Loupatty, S.R., Haumahu, S., Ardiansyah, A., & Mailoa, M.N. (2023). Komposisi Jenis Mangrove di Dusun Dokyar, Desa Kaibobu Kabupaten Seram Bagian Barat. *Biopendix*, 9(2), 242–254. doi: 10.30598/biopendixvol9issue2page242-254
- Lugendo, B.R., Nagelkerken, I., Kruitwagen, G., Velde, G. Van Der, & Mgaya, Y. D. (2007). Relative importance of mangroves as feeding habitats for fishes: A comparison between mangrove habitats with. *Bulletin of Marine Science*, 80(3), 497–512.
- Maulidah, F.Z., Iskandar, J., & Gunawan, B. (2023). The Tangible and Intangible Benefits of Mangrove Forests as a Factor Affecting Community Participation in Mangrove Management. *Journal of Tropical Ethnobiology*, 6(2), 112–125. doi: 10.46359/jte.v6i2.174
- Nagelkerken, I., Blaber, S.J.M., Bouillon, S., Green, P., Haywood, M., Kirton, L.G., Meynecke, J.O., Pawlik, J., Penrose, H.M., Sasekumar, A., & Somerfield, P.J. (2008). The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 155–185. doi: 10.1016/j.aquabot.2007.12.007
- Nuraeni, E., & Kusuma, Y.W.C. (2023). The role of community-based tourism for mangroves conservation in Banten, Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 13(4), 606–612. doi: 10.29244/jpsl.13.4.606-612
- Nurdiansah, D., & Dharmawan, I.W.E. (2021). Struktur Dan Kondisi Kesehatan Komunitas Mangrove Di Pulau Middleburg-Miossu, Papua Barat. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(1), 81–96. doi: 10.29244/jitkt.v13i1.34484
- Ong, J.E., & Gong, W.K. (2013). *Structure, Function and Management of Mangrove Ecosystems* (Series 2, Vol. 2). International Society for Mangrove Ecosystems (ISME).
- Pattimahu, D.V. (2016). Analisis Perubahan Penutupan Lahan Mangrove Di Kabupaten Seram Bagian Barat Maluku. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 1(1), 22–27. doi: 10.30598/jhppk.2016.1.1.22
- Pietersz, J.H., & Pentury, R. (2023). Mangrove Distribution and Estimation of Canopy Closure Condition: Employing the Simple Hemispherical Photography Method within the Mangrove Community of Waiheru Village. *Jurnal Harpodon Borneo*, 16(1), 45–57. doi: 10.35334/harpodon.v16i1.3517
- Pietersz, J.H., Pentury, R., & Uneputty, P.A. (2022). Keanekaragaman Gastropoda Berdasarkan Jenis Mangrove Pada Pesisir Pantai Desa Waiheru. *TRITON: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 18(2), 103–109. doi: 10.30598/tritonvol18issue2page103-109
- Pietersz, J. H., Pribadi, R., Pentury, R., & Ario, R. (2024). Estimasi Tutupan Kanopi Berdasarkan NDVI dan Kondisi Tutupan Tajuk Pada Ekosistem Mangrove Negeri Passo, Teluk Ambon Dalam. *Jurnal Kelautan Tropis*, 27(2), 197–208. doi: 10.14710/jkt.v27i2.22090

- Poedjirahajoe, E., Widyorini, R., & Mahayani, N.P.D. (2011). Kajian Ekosistem Mangrove Hasil Rehabilitasi Pada Berbagai Tahun Tanam Untuk Estimasi Kandungan Ekstrak Tanin di Pantai Utara Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 5(2), 99-107.
- Purnama, M., Pribadi, R., & Soenardjo, N. (2020). Analisa Tutupan Kanopi Mangrove Dengan Metode Hemispherical Photography di Desa Betahwalang, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 9(3), 317-325. doi: 10.14710/jmr.v9i3.27577
- Purwanto, A.D., & Asriningrum, W. (2019). Identification of Mangrove Forests Using Multispectral Satellite Imageries. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 16(1), 63-86. doi: 10.30536/j.ijereses.2019.v16.a3097
- Rahmat, N., Pratiko, I., & Suryono, C.A. (2022). Simpanan Karbon Pada Tegakan Vegetasi Mangrove di Desa Pasar Banggi Rembang. *Journal of Marine Research*, 11(3), 506-512. doi: 10.14710/jmr.v11i3.35172
- Rajyalakshmi, D., Raju, K.K., & Varma, G.P.S. (2016). Taxonomy of Satellite Image and Validation Using Statistical Inference. *Proceedings - 6th International Advanced Computing Conference, IACC 2016*, 352-361. doi: 10.1109/IACC.2016.72
- Rambu, L.P., Runtuboi, F., & Loinenak, F.A. (2019). Keragaman Dan Distribusi Mangrove Berdasarkan Tipe Substrat Di Pesisir Pantai Kampung Syoribo Distrik Numfor Timur Kabupaten Biak Numfor Provinsi Papua. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 3(1), 31-44.
- Ramsewak, D., Mohammed, N.S., & Mills, K. (2022). An Integrated Geospatial Approach to Mangrove Forest Mapping in Trinidad and Tobago Using High-Resolution Aerial Photography and Sentinel-2 Satellite Imagery. *Journal of Caribbean Environmental Sciences and Renewable Energy*, 4(1), 1-17. doi: 10.33277/cesare/004.001/01
- Rizkiyani, H.M., Pribadi, R., Ario, R., Pietersz, J.H., & Pentury, R. (2024). Pendugaan Simpanan Karbon pada Tegakan dan Substrat Mangrove Dengan Metode Non Destruktif di Desa Betahwalang, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 13(3), 443-451. doi: 10.14710/jmr.v13i3.27904
- Rosmasita, Siregar, V.P., & Agus, S.B. (2018). Klasifikasi Mangrove Berbasis Objek dan Pikel Menggunakan Citra Sentinel-2B Di Sungai Liong, Bengkalis, Provinsi Riau. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(3), 601-615. doi: 10.29244/jitkt.v10i3.22182
- Safitri, F., Adrianto, L., & Nurjaya, I. W. (2023). Pemetaan Kerapatan Ekosistem Mangrove Menggunakan Analisis Normalized Difference Vegetation Index di Pesisir Kota Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(2), 400-406. doi: 10.14710/jkt.v26i2.18173
- Schaduw, J.N.W. (2020). Percentage of mangrove canopy coverage and community structure in Batanta Island and Salawati Island, Raja Ampat District, West Papua Province. *Aquatic Science & Management*, 8(1), 28-34. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jasm/index>
- Schaduw, 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. *Ropical Life Sciences Research*, 35(2), 187-210. doi: 10.21315/flsr2024.35.2.9
- Selamat, M.B., Mashoreng, S., Amri, K., Susetiono, & Rappe, R.A. (2020). The use of sentinel 2A imageries to improve mangrove inventarization at coremap CTI monitoring areas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 564(1), 1-10. doi: 10.1088/1755-1315/564/1/012065
- Serge, A., Mégane, P., & Riza, F.A. (2022). Indonesia's 13558 islands: A new census from space and a first step towards a One Map for Small Islands Policy. *Marine Policy*, 135, 104848-104857. doi: 10.1016/j.marpol.2021.104848
- Sola, I., García-Martín, A., Sandoñs-Pozo, L., Álvarez-Mozos, J., Pérez-Cabello, F., González-Audícana, M., & Montorio Llovería, R. (2018). Assessment of atmospheric correction methods for Sentinel-2 images in Mediterranean landscapes. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 73, 63-76. doi: 10.1016/j.jag.2018.05.020
- Sugiana, I.P., Andiani, A.A.E., Pradnyandari Dewi, I.G.A.I., Astawa Karang, I.W.G., As-Syakur, A.R., & Dharmawan, I.W.E. (2022). Spatial distribution of mangrove health index on three genera dominated zones in Benoa Bay, Bali, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(7), 3407-3418. doi: 10.13057/biodiv/d230713
- Sugiyono. (2013). Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D (19th ed.). ALFABETA.

- Tarlan, M.A. (2008). Biomass estimation of nyirih (*Xylocarpus granatum* Koenig. 1784) in primary mangrove forest in Batu Ampar, West Kalimantan [Undergraduate thesis]. Bogor Agricultural University, Indonesia.
- Tuapattinaja, M.A., Pentury, R., Ayal, F.W., Abrahamsz, J., & Pietersz, J.H. (2024). Kondisi Komunitas Mangrove di Pesisir Pantai Namaea Negeri Pelauw, Kabupaten Maluku Tengah. *Triton: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 20(1), 44–53. doi: 10.30598/TRITONvol20issue1page44-53
- Tuaputty, H., Smith, A., & Tuanakotta, R.M. (2022). Struktur Morfometik Berbagai Jenis Daun Tanaman Mangrove Di Desa Hulaliu. *Biopendix*, 9(1), 132–140.
- Wintah, Kiswanto, Hilmi, E., & Sastranegara, M.H. (2023). Mangrove Diversity and its Relationships With Environmental Conditions in Kuala Bubon Village, West Aceh, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(8), 4599–4605. doi: 10.13057/biodiv/d240864
- World Agroforestry Center,. (2017). Wood Density, [http://db.worldagroforestry.org//wd\(2017\)](http://db.worldagroforestry.org//wd(2017)).
- Yonvitner, Wahyudin, Y., Mujio, & Trihandoyo, A. (2019). Biomasa Mangrove dan Biota Asosiasi di Kawasan Pesisir Kota Bontang (Mangrove Biomass and Association Biota in Bontang City Coastal Zone). *Jurnal Biologi Indonesia*, 15(1), 123–130.
- Yuhendra, & Yulianti, E. (2019). Multi-temporal Sentinel-2 images for classification accuracy. *Journal of Computer Science*, 15(2), 258–268. doi: 10.3844/jcssp.2019.258.268