

Spatial Analysis of Mangrove Area and Density Based on Geographic Information System in Kayu Arang Village, West Bangka Regency

(Analisis Spasial Luas dan Kerapatan Mangrove Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) di Desa Kayu Arang, Kabupaten Bangka Barat)

Irma Akhrianti^{1*}, Andi Gustomi dan Ajeng Herdianingsih¹

¹ Department of Marine Science, Faculty of Agriculture, Fisheries, and Marine Affairs, University of Bangka Belitung,

Jl. Raya Balunijuk, Merawang District, Bangka Regency, Bangka Belitung Islands Province.

² Department of Aquatic Resources Management, Faculty of Agriculture, Fisheries, and Marine Affairs University of Bangka Belitung, Jl. Raya Balunijuk, Merawang District, Bangka Belitung Province.

*Corresponding author: irmaakhrianti@ubb.ac.id

Manuscript received: 19 April. 2026. Revision accepted: 1 May. 2026

Abstract. The mangrove forest in Kayu Arang Village grows naturally and extends along the Kayu Arang River. This study aims to determine the are and density of mangrove vegetation in Kayu Arang Village, West Bangka Regency, using Sentinel-2A imagery. Mangrove sampling conducted in 3 station with 50 accuration test (Kappa). The image processing stages included atmospheric correction, image cropping, band composite preparation, supervised classification, NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) transformation, test of Accuration, ground check divided into sampling data to know Important Value Index and Mangrove Condition based on two parameters (density and canopy). Based on the image processing of Sentinel-2A imagery in 2023, the mangrove forest in Kayu Arang Village was estimated to cover area of 600,29 hectares, with NDVI values ranging from -0,22 to 0,91. Most of these NDVI values fall within the dense category, indicating that the mangrove vegetation is in very good and healthy condition with the total of capling, sapling and seedling density was 1444,44 ind/ha, 822,22 ind/ha, and 32222 ind/ha. The Highest IVI (Important Value Index) for various stadium at station 1 and station 2 was *Rhizophora apiculata* and *Rhizophora mucronata*, but in station 3 dominated by *Exoecaria agallocha* and *Schyphiphora hydrophyllaceae*.

Key words: Mangrove Area; Density; Kayu Arang Village; Sentinel 2A

Abstrak. Hutan mangrove di Desa Kayu Arang tumbuh alami dan menyebar di sepanjang Sungai Kayu Arang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui luas dan kerapatan vegetasi mangrove di Desa Kayu Arang, Kabupaten Bangka Barat menggunakan citra Sentinel 2A. Pengambilan data mangrove dilakukan pada 3 stasiun pengamatan dengan 50 sampel diuji akurasi citra dengan metode kappa. Tahapan pengolahan citra terdiri dari, koreksi atmosferik, pemotongan citra, penyusunan komposit band, klasifikasi terbimbing, transformasi indeks vegetasi (NDVI), Uji Akurasi citra dan Verifikasi Lapangan (pengambilan data komunitas vegetasi mangrove berdasarkan INP dan penentuan status kondisi mangrove berdasarkan kerapatan tegakan dan kanopi). Berdasarkan pemrosesan citra Sentinel 2A pada Tahun 2023 di Desa Kayu Arang, Kabupaten Bangka Barat, diperoleh luas hutan mangrove sebesar 600,29 hektar, dengan nilai NDVI berada pada rentang -0,22 hingga 0,91. Sebagian besar nilai NDVI tersebut termasuk dalam kategori kerapatan lebat berada dalam kondisi baik/sehat dengan kerapatan tegakan pohon sebesar 1444,4 ind/ha, kerapatan anakan sebesar 822,22 ind/ha dan kerapatan semai sebesar 32222 ind/ha. INP tertinggi, baik kategori pohon, anakan dan semai pada stasiun 1 dan stasiun 2 adalah *Rhizophora apiculata* dan *R. mucronata*, namun pada stasiun 3 didominasi oleh *Exoecaria agallocha* dan *Schyphiphora hydrophyllaceae*.

Kata kunci: Kawasan mangrove; Kerapatan; Desa Kayu Arang Village; Sentinel 2A;

PENDAHULUAN

Mangrove adalah kelompok tumbuhan pantai, terdiri dari beberapa jenis pohon dan semak yang tumbuh di daerah tropis atau subtropis di daerah pasang surut maupun Kawasan sepanjang pantai dimana umumnya terlindung dari hamparan ombak. Mangrove juga tumbuh pada daerah yang masih mendapat aliran sungai seperti estuaria, laguna dan teluk (Warsidi & Endayani, 2017). Tumbuhan mangrove mampu hidup, berkembang, dan bertahan pada daerah pasang surut karena toleransinya tinggi terhadap salinitas, jenis substrat, penggenangan yang lama, dan karakteristik morfologi pantainya (Hadi et al., 2022). Kemampuan adaptasi ini memungkinkan mangrove tumbuh dan menyebar di berbagai wilayah di Indonesia.

Hutan mangrove Indonesia berdasarkan Peta Mangrove Nasional (PMN) pada tahun 2013 – 2019 menunjukkan luasan sebesar 3.311.245 hektar dan mengalami peningkatan menjadi 3.364.080 hektar pada tahun 2021 (KLHK, 2021). Sebaran hutan mangrove ini

mencakup hampir seluruh wilayah di Indonesia, termasuk Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Luas hutan mangrove di Bangka Belitung diketahui mencapai $\pm 273.692,81$ hektar, dimana salah satu sebarannya berada di Kabupaten Bangka Barat dengan luas $\pm 48.529,43$ hektar (Affressia et al., 2017). Beberapa spesies mangrove yang ditemukan di Kabupaten Bangka Barat berjumlah 12 jenis, 6 Famili, antara lain, *Acrosticum speciosum*, *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Bruguiera parviflora*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora lamarchii*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Sonneratia alba*, *Terminalia catappa*, *Xylocarpus granatum* (Rosalina & Rombe, 2021).

Desa Kayu Arang merupakan salah satu desa yang ada di Kecamatan Kelapa, Kabupaten Bangka Barat, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Desa ini terletak di sekitar Sungai Kayu Arang, dimana sepanjang alirannya terdapat vegetasi mangrove. Berdasarkan penelitian Umroh et al. (2024), vegetasi mangrove di Desa Kayu Arang tumbuh alami di sepanjang Sungai Kayu Arang dan membentuk suatu ekosistem yang utuh. Berbagai jenis mangrove ditemukan dengan kepadatan yang lebat disepanjang Sungai Kayu Arang yaitu sekitar 12 jenis mangrove, umumnya terdiri dari mangrove sejati dan mangrove ikutan (asosiasi). Hutan mangrove di Desa Kayu Arang sangat potensial baik secara langsung maupun tidak langsung bagi makhluk hidup serta menjaga keseimbangan lingkungan sekitar. Sementara itu, aktivitas pembangunan di sekitar kawasan mangrove masih relatif terbatas, sehingga kondisi lingkungannya tetap terjaga dengan baik.

Mengingat pentingnya keberadaan hutan mangrove, diperlukan kegiatan pemantauan dan pemetaan (Fariz et al., 2021) untuk pengelolaan ekosistem mangrove secara berkelanjutan. Riset – riset terkait dengan kajian kesesuaian wisata dan potensi mangrove sudah pernah dilakukan namun Informasi terkait luasan dan Tingkat kepadatan mangrove dengan pendekatan penginderaan jauh di Desa Kayu Arang hingga saat ini masih sangat minim terutama dengan menggunakan citra satelit resolusi tinggi seperti Citra Satelit Sentinel 2A, Nicfi, maupun menggunakan platform Google Earth Engine (GEE). Pemetaan mangrove dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh yang dipadukan dengan sistem informasi geografis (SIG) melalui analisis citra satelit (Hidayah dan Rachman, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data dengan Tingkat kedetilan informasi yang tinggi mengenai luasan dan tingkat kepadatan hutan mangrove di Desa Kayu Arang dengan menggunakan pendekatan penginderaan jauh dan SIG. Hasil analisis tersebut diharapkan dapat dijadikan dasar bagi pemerintah maupun pihak terkait dalam merumuskan kebijakan awal pengelolaan kawasan mangrove di Desa Kayu Arang.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Juli tahun 2024 di Desa Kayu Arang, Kecamatan Kelapa, Kabupaten Bangka Barat, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain perangkat keras (hardware) laptop, perangkat lunak (software) QGIS, ArcGIS 10.8, dan ENVI 5.3. Selanjutnya, bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data citra Sentinel 2A dengan perekaman Tahun 2023 yang dapat diunduh melalui laman web <https://earthexplorer.usgs.gov/> dan Peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) serta beberapa peralatan dan bahan yang digunakan untuk keperluan sampling mangrove yang terdiri dari roll meter, meteran jahit, data sheet pengamatan mangrove, kamera hp android, dan GPS.

Prosedur Penelitian

Pengolahan data perhitungan luasan mangrove menggunakan data citra Sentinel-2A. Tahap awal dari pengolahan data citra yaitu proses pemotongan atau cropping untuk mendapatkan kawasan sesuai daerah lokasi penelitian. Sebelum digunakan, citra Sentinel-2A telah dilakukan koreksi geometrik atau koreksi atmosferik. Koreksi geometrik dilakukan untuk membuat titik koordinat pada citra sesuai dengan titik koordinat yang ada di lokasi penelitian, sedangkan koreksi atmosferik dilakukan untuk mengurangi kesalahan pantulan yang mungkin disebabkan oleh efek atmosfer (Septiani et al., 2022). Proses pengolahan citra dimulai dengan menyusun komposit band menggunakan tiga band multispektral yaitu kombinasi band 8A (NIR), band 11 (SWIR), dan band 4 (Red). Komposit band menghasilkan tampilan false color composite (FCC) (Maulidiyah et al., 2019). Tahap berikutnya yaitu klasifikasi objek citra dengan tujuan untuk memisahkan antara area yang merupakan mangrove dan non mangrove. Analisis citra ini dilakukan secara visual untuk mengidentifikasi perbedaan warna yang terlihat saat menggabungkan berbagai pita warna (Hardiana, 2023). Klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan klasifikasi terbimbing (Supervised Classification) menggunakan perangkat lunak ENVI 5.3, khususnya dengan metode Maximum Likelihood Classification (Putra et al., 2022) kemudian dilanjutkan dengan melakukan transformasi NDVI dan uji akurasi citra.

Pengambilan data mangrove pada penelitian ini menggunakan metode transek garis dan plot (LTP) yang mengacu pada Bengen (2002) dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201 tahun 2004, Pengamatan mangrove untuk setiap stadium pertumbuhan dilakukan pada plot permanen berukuran 10 m x 10 m sepanjang transek garis (line transect) stasiun pengamatan. Pengambilan sampel mangrove dilakukan pada setiap stasiun dengan cara meletakkan 3 transek kuadrat (plot) pada transek garis yang ditarik dari laut ke arah darat atau tegak lurus garis pantai sepanjang zonasi mangrove di daerah low tide sepanjang 100 m, kemudian menghitung jumlah tegakan mangrove dan mengukur diameter pohon pada ketinggian dada (diameter breast height) yang memiliki lingkaran batang minimal 16 cm, untuk setiap pohon yang telah diukur DBH akan ditandai dengan cat phylox setebal 3 cm dan mencatat jenis – jenis mangrove yang ditemukan (Akhrianti, dan Gustomi, 2020). Identifikasi jenis mangrove dilakukan dengan bantuan buku identifikasi mangrove yang mengacu pada Noor et al., (1999), dan Kittamura et al., (1999). Klasifikasi mangrove tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Kerapatan Mangrove Keputusan Menteri LH No. 201/2004

No	Kondisi Mangrove	Kerapatan (ind/ha)
1	Rapat/Baik	≥ 1500
2	Sedang	$\geq 1000 - < 1500$
3	Jarang/Buruk	< 1000

Sumber: Kepmen LH no.210 tahun 2004 (digunakan untuk menilai status kondisi mangrove disuatu Kawasan).

Analisis Data

Transformasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

Analisis Kerapatan mangrove menggunakan algoritma NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Klasifikasi nilai NDVI dibagi menjadi tiga kelas, yaitu kerapatan jarang, kerapatan sedang, dan kerapatan lebat (Silitonga et al., 2018). Rentang nilai NDVI berada diantara -1 hingga 1. NDVI menggunakan band 4 (merah) dan band 8 (*near infra red*/NIR) untuk menentukan indeks vegetasi citra satelit (Achmad et al., 2020). Transformasi NDVI

dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8, dengan rumus sebagai berikut (Husnayaen et al., 2023). Nilai tingkat kerapatan mangrove dikategorikan menjadi 3 kelas yang disajikan pada Tabel 2.

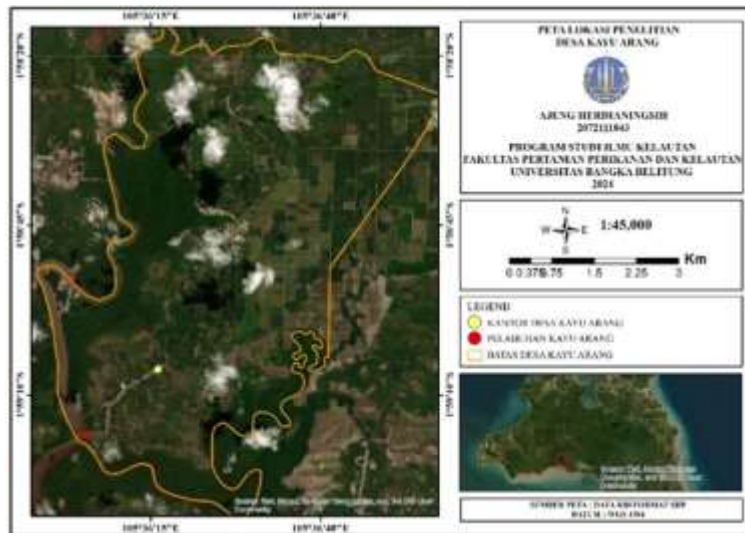
$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Dimana:

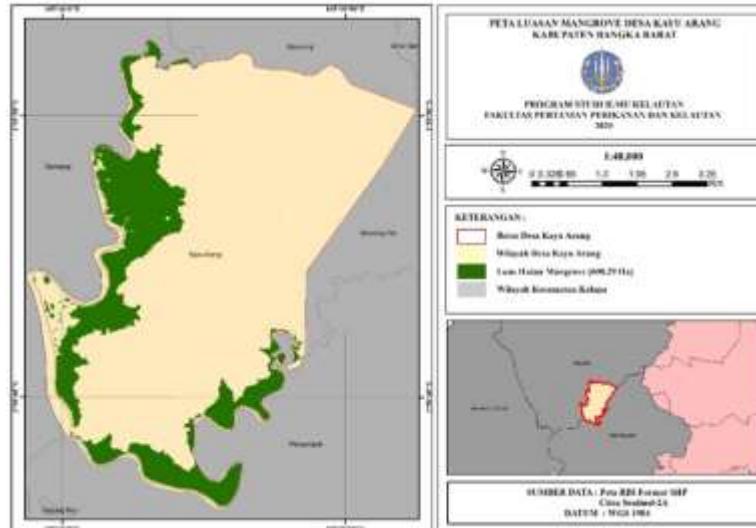
NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

NIR : Band Infra Merah (Near Infra Red)

RED : Band Merah (Red)



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Wiayah Pesisir Kota Pangkalpinang



Gambar 2. Peta Luasan Ekosistem Mangrove Desa Kayu Arang

Tabel 2. Klasifikasi Tingkat Kerapatan Mangrove

No	Kelas Kerapatan	Nilai NDVI
1	Jarang	$-1 \leq NDVI \leq 0,32$
2	Sedang	$0,33 \leq NDVI \leq 0,42$
3	Lebat	$0,43 \leq NDVI \leq 1$

Sumber: Departemen Kehutanan (2005)

Struktur Komunitas Mangrove

Kerapatan Jenis (D_i)

Kerapatan jenis (D_i) adalah jumlah individu jenis i dalam suatu unit area. Kerapatan jenis dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut (Bengen, 2002):

$$D_i = \frac{\text{jumlah total individu jenis ke } i (n_i)}{\text{luas total seluruh plot (m}^2\text{)A}}$$

Dimana:

D_i : Kerapatan jenis ke- i

n_i : Jumlah total tegakan jenis ke- i

A : Luas total pengambilan contoh

Kerapatan Relatif Jenis (RDi)

Menurut Bengen (2002), kerapatan relatif jenis (RDi) adalah perbandingan antara jumlah individu jenis ke- i (n_i) dengan total tegakan seluruh jenis ($\sum n$):

$$RDi = \frac{\text{jumlah total tegakan suatu jenis } i (n_i)}{\text{jumlah total tegakan seluruh jenis } i \sum n} \times 100\%$$

Dimana:

RDi : Kerapatan relative Jenis

n_i : Jumlah total suatu jenis ke - i

$\sum n$: Kerapatan seluruh jenis

Frekuensi Jenis (Fi)

Menurut Bengen (2002), frekuensi jenis (Fi), yaitu peluang ditemukannya suatu jenis ke- i didalam semua petak contoh dibandingkan dengan jumlah total petak contoh yang dibuat.

$$Fi = \frac{\text{jumlah plot yang ditempati jenis } i}{\text{jumlah seluruh plot pengamatan}}$$

Dimana:

Fi : frekuensi jenis ke- i

P_i : jumlah petak contoh jenis ke- i

$\sum p$: jumlah total petak contoh

Frekuensi Relatif Jenis (RFi)

Menurut Bengen (2002), Frekuensi relatif jenis adalah perbandingan antara frekuensi jenis i (Fi) dan jumlah frekuensi untuk seluruh jenis ($\sum F$):

$$RFi = \frac{\text{frekuensi suatu jenis } i}{\text{jumlah frekuensi seluruh jenis}} \times 100\%$$

dimana :

RFi : frekuensi relatif jenis ke- i

Fi : frekuensi jenis ke- i

$\sum F$: jumlah frekuensi untuk jenis

Penutupan Jenis (Ci)

Penutup jenis (Ci) adalah luas penutupan jenis ke- i dalam suatu unit area (Bengen, 2002):

$$Ci = \frac{\text{jumlah basal area suatu jenis } i}{\text{luas total seluruh plot (m}^2\text{)}}$$

dimana:

Ci : Penutupan jenis atau dominasi jenis

BA : $\pi dbh^2 / 4$ (dbh = diameter batang setinggi dada, $\pi = 3,1416$)

A : Luas total area pengambilan contoh

Penutupan Relatif (RCi)

Penutupan relatif jenis atau dominasi jenis (Ci) adalah perbandingan antara luas daerah penutupan jenis ke-i dan luas total area penutup untuk seluruh jenis, atau perbandingan antara jumlah total individu jenis ke-i (Ci) dan jumlah total dominasi seluruh individu (ΣC) (Bengen, 2002).

$$RCi = \frac{\text{Penutupan suatu jenis } i}{\text{penutupan total jenis}} \times 100\%$$

dimana:

RCi : Penutupan relatif jenis

Ci : Penutupan Suatu jenis ke-i

ΣCi : Penutupan total jenis

Indeks Nilai Penting (INP)

INP digunakan untuk menghitung dan menduga secara keseluruhan dari peranan satu spesies di dalam suatu komunitas. Indeks nilai penting suatu jenis berkisar antara 0 sampai 300 (atau 300%), indeks nilai penting memberikan gambaran mengenai pengaruh atau peranan suatu jenis tumbuhan mangrove dalam komunitas mangrove (Bengen, 2002).

$$INP = RD_i + RF_i + RC_i$$

Uji Akurasi Citra

Uji akurasi yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan metode Confusion Matrix dengan menggunakan software ArcGIS 10.8 yang berguna untuk mengetahui tingkat kesalahan yang terjadi dalam proses klasifikasi serta menghitung presentase kesesuaian pada tutupan lahan atau data diolah berasal dari lapangan (Putra et al., 2022). Nilai yang dicari untuk uji akurasi adalah nilai Overall accuracy, nilai User's accuracy dan Producer's accuracy serta Koefisien Kappa (Kurniawan et al., 2023). Hasil uji akurasi nilai klasifikasi tutupan lahan dianggap layak dan benar jika memiliki nilai akurasi $\geq 80\%$ (SNI 7717:2020).

Perhitungan Koefisien Kappa, Producer's Accuracy (PA), User's Accuracy (UA), Overall Accuracy (OA) dihitung menggunakan algoritma dan persamaan menurut Shao et al., (2016) adalah sebagai berikut:

$$Kappa\ accuracy = \frac{N \sum_i X_{ii} - \sum_k X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_i X_{i+} X_{+i}}$$

$$Producer's\ accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100\%$$

$$User's\ accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\%$$

$$Overall\ accuracy = \frac{\sum_i X_{ii}}{N} \times 100\%$$

dimana:

r = Jumlah baris dalam matriks konfusi

xii = Jumlah pengamatan dalam baris i dan kolom i

x+i dan xi+ = Jumlah margin dari baris i dan kolom i

N = Jumlah Seluruh Pengamatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Luas Hutan Mangrove di Desa Kayu Arang

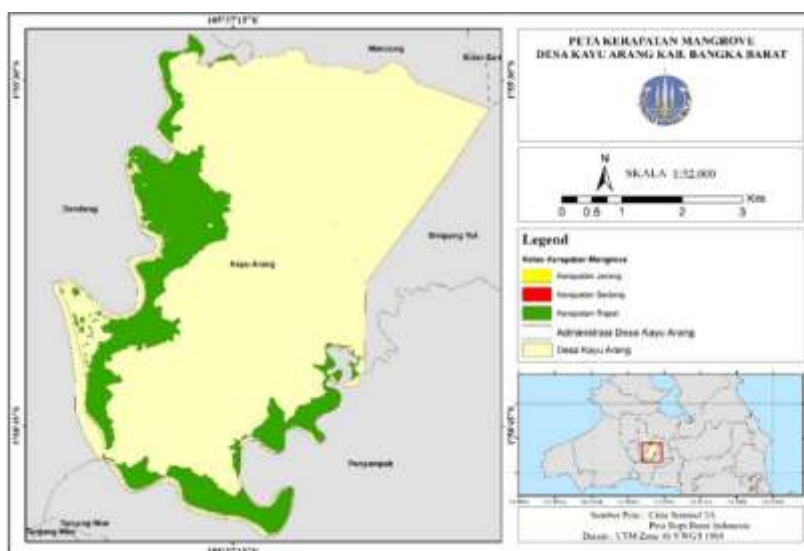
Hasil analisis sebaran mangrove menggunakan citra satelit Sentinel 2A di Desa Kayu Arang Kabupaten Bangka Barat disajikan pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa luasan hutan mangrove Desa Kayu Arang mencapai 600,29 Ha. Nilai luasan ini menunjukkan angka yang lebih besar dibandingkan dengan penelitian Akhrianti dan Gustomi (2020) di Pesisir Kota Pangkalpinang dengan kawasan mangrove seluas 470,87 Ha pada Tahun 2016. Sementara itu, jika dibandingkan dengan hasil penelitian Danipranata et al. (2019) di Dusun Tanjung Punai yang memiliki luas mangrove sebesar 1988,7 Ha, maka luas mangrove di Desa Kayu Arang tergolong lebih kecil. Menurut Damsir et al. (2023), adanya perbedaan luasan tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, seperti jenis citra satelit yang digunakan, waktu pengambilan citra, tingkat ketelitian atau skala data, serta pengetahuan lokal dan keterampilan dalam menginterpretasikan citra.

Vegetasi mangrove di Desa Kayu Arang tersebar sepanjang aliran Sungai Kayu Arang dengan kondisi yang tergolong sehat dan terjaga. Jumlah spesies yang ditemukan pada penelitian ini adalah 12 spesies dari 9 famili mangrove yang termasuk dalam mangrove sejati dan mangrove asosiasi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Umroh et al. (2024), yang menyebutkan bahwa hutan mangrove di Desa Kayu Arang dikategorikan dalam kondisi sangat baik dengan keanekaragaman spesies mangrove yang relatif seimbang. Beberapa spesies mangrove yang berhasil diidentifikasi antara lain, *Avicennia alba*, *Acrostichum aureum*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Excoecaria agallocha*, *Nypa fruticans*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Scyphiphora hydrophyllacea*, *Sonneratia alba*, *Terminalia catappa*, *Xylocarpus granatum*.

Analisis Tingkat Kerapatan Mangrove di Desa Kayu Arang

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kelas kerapatan mangrove tergolong bervariasi yaitu mangrove kerapatan jarang (low density), mangrove kerapatan sedang (medium density), mangrove kerapatan lebat (high density). Adapun informasi kelas kerapatan mangrove dan distribusi nilai NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) vegetasi bisa dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 3.



Gambar 3. Peta Kerapatan Hutan Mangrove Desa Kayu Arang

Tabel 3. Nilai Indeks Kerapatan Vegetasi Mangrove

No	Kelas Kerapatan	Nilai NDVI	Luas (Hektar)
1	Jarang	$-0,22 \leq \text{NDVI} \leq 0,32$	0,08
2	Sedang	$0,33 \leq \text{NDVI} \leq 0,42$	0,17
3	Rapat	$0,43 \leq \text{NDVI} \leq 0,91$	600,04
Total			600,29

Uji Akurasi Hasil Klasifikasi Citra

Penelitian ini fokus menggunakan klasifikasi terbimbing dengan algoritma Maximum Likelihood, metode yang umum digunakan dalam pemetaan mangrove (Alfiansyah *et al.*, 2023). Hasil klasifikasi pada tahun 2023 menunjukkan kondisi mangrove yang relatif alami dan stabil. Adapun hasil uji akurasi hasil klasifikasi luas dan kerapatan mangrove di Desa Kayu Arang disajikan pada Tabel 4.

Hasil penelitian ini senada dengan Ramdan *et al.* (2021) yang menggunakan klasifikasi terbimbing *maximum likelihood* dengan ArcGIS untuk menganalisis perubahan lahan tambang di Kabupaten Belitung Timur (2013–2018) menggunakan citra Landsat 8, menunjukkan penurunan luas perkebunan dari 56.259 Ha (22%) menjadi 32.582 Ha (13%).

Uji akurasi klasifikasi tutupan lahan dilakukan menggunakan matriks konfusi pada metode klasifikasi terbimbing (Supervised Classification) melalui plugin *Spatial Analyst Tools > Segmentation and Classification* pada ArcGIS 10.8 (Kusuma *et al.*, 2023). Matriks ini membandingkan data lapangan dengan hasil klasifikasi citra berdasarkan ciri piksel dari area contoh. Hasil uji akurasi mencakup *overall accuracy*, *user's accuracy*, *producer's accuracy*, dan koefisien Kappa, yang dihitung menggunakan 50 titik referensi dengan nilai *Overall accuracy* sebesar 86% dengan nilai Kappa sebesar 0,74. Hasil uji akurasi klasifikasi tutupan lahan di Desa Kayu Arang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 4. Luasan Klasifikasi Tutupan Lahan Desa Kayu Arang Tahun 2023

No	Kelas Klasifikasi	Luas (ha)	%
1	Mangrove (3 kelas kerapatan)	600,29	6,06
2	Vegetasi Non Mangrove (Daratan)	8950,43	90,3
3	Badan Air	350,68	3,54
Total		990,40	100

Tabel 5. Hasil Uji Akurasi Tutupan Lahan Desa Kayu Arang Tahun 2023

Kelas	MKJ	MKL	MKS	D	BA	Total	UA(%)	K
Mangrove Kerapatan Jarang	1					1	100	
Mangrove Kerapatan Lebat	2	28		1	2	33	85	
Mangrove Kerapatan Sedang			2			2	100	
Daratan (LT, LTA, VNM)		2		11		13	85	
Badan Air					1	1	100	
Total	3	30	2	12	3	50		
PA(%)	33	93	100	92	33	OA(%)	86	
K(%)								0,74

M : Mangrove

VNM : Vegetasi Non Mangrove

Mangrove Kerapatan Jarang (MKJ)

Mangrove Kerapatan Sedang (MKS)

Mangrove Kerapatan Lebat (MKL)

LT : Lahan Terbangun

LTA : Lahan Terbuka

BA : Badan Air

UA: *User's accuracy*

PA: *Producer's accuracy*

OA : *Overall accuracy*

K: Kappa

Berdasarkan Tabel 5, nilai *overall accuracy* pada tahun 2024 sebesar 86% dengan koefisien kappa 0,74, hal ini menunjukkan hasil klasifikasi layak digunakan dan memenuhi standar akurasi minimal 80% menurut SNI 7717-2020, hal ini memenuhi standar LAPAN

($\geq 70\%$). Nilai akurasi juga serupa dengan Husnayan *et al.* (2023) yang memetakan mangrove di Pulau Bali menggunakan *CART supervised classification* dengan *overall accuracy* 95,7% dan *kappa accuracy* 91,2%. Menurut Tosiani (2020), nilai kappa di atas 81% menunjukkan tingkat ketelitian sangat baik.

Kondisi Vegetasi Mangrove Desa Kayu Arang

Kayu arang merupakan kawasan yang memiliki keanekaragaman hayati flora dan fauna di sepanjang sungai. Hasil dari 9 petak pencuplikan data dengan ukuran plot 10 m x 10 tercatat 187 tegakan tumbuhan dari stadium pertumbuhan pohon, anakan dan semai. Jumlah komposisi spesies mangrove yang ditemukan pada 3 stasiun pengamatan pada masing-masing tingkat pertumbuhan cenderung berbeda yakni 84 tegakan tingkat pohon, 74 tegakan tingkat anakan, 29 tingkat semai. Jenis – jenis mangrove yang ditemukan di Desa Kayu Arang cukup bervariasi yaitu *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Sonneratia Caseolaris*, *Avicennia alba*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Xylocarpus granatum*, *Exoecaria agallocha*, *Nypa fruticans*, *Schyphiphora hydrophyllacea* dan *Terminalia catappa*, *Acrostichum aureum*. Jumlah spesies mangrove di Kayu arang relatif tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian di pulau-pulau kecil seperti Pulau Mendanau dan Pulau Batu Dinding (Akhrianti *et al.* 2019), di Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat (Hidayat & Aryanti 2020). Namun, jumlah spesies yang terdapat di Kayu Arang masih lebih rendah jika dibandingkan dengan Pulau Batanta Raja Ampat, Papua (Mirmanto 2009). Informasi jenis-jenis mangrove yang ditemukan di Desa Kayu Arang disajikan pada Tabel 6.

Kerapatan individu/ha pada tingkat pohon berkisar 1100 – 1900 ind/ha dengan nilai kerapatan tegakan rata-rata sebesar 1444.44. Berdasarkan Kepmen LH No. 201 tahun 2004 tentang Kriteria Baku dan Pedoman Kerusakan Mangrove berada dalam kondisi baik dengan mangrove kerapatan lebat, Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi mangrove di Desa Kayu Arang relatif tergolong alami, memiliki regenerasi yang cukup baik ditandai dengan tingginya kerapatan individu ditingkat permudaan/semai, tidak terdapat tekanan ekologis yang mampu mengancam eksistensi mangrove di Desa Kayu Arang, disamping itu Mangrove Desa Kayu Arang sangat berpotensi dikembangkan untuk wisata mangrove berbasis ekologi karena Desa Kayu Arang memiliki nilai ekonomi, baik pemanfaatan secara langsung ataupun tidak langsung, Hal ini didukung oleh kajian Umroh *et al.*, 2024 yang menyatakan bahwa Desa Kayu arang memiliki potensi mangrove dan sumberdaya udang satang yang tinggi sehingga sangat sesuai apabila Kawasan sekitar Desa Kayu Arang dijadikan sebagai Kawasan sentral pemancingan dan ekowisata mangrove di Pulau Bangka. Kerapatan tegakan anakan cenderung rendah bila dibandingkan dengan ketersediaan semai, Hal ini menunjukkan bahwa spesies-spesies yang menyusun tingkat semai sebelumnya kemungkinan adalah spesies yang tidak cukup tahan terhadap naungan dari tumbuhan tingkat pohon sehingga beberapa individu tidak tumbuh ketahap anakan atau ke tahapan yang lebih besar yaitu stadium pertumbuhan pohon. Bengen (2002) menyatakan bahwa tumbuhan pionir yang tumbuh dengan lebat di kawasan ekosistem mangrove akan mengalami persaingan, baik dalam hal mendapatkan cahaya maupun unsur hara dan ruang gerak. Tumbuhan yang mampu memenangkan persaingan akan bertahan dan tumbuh ke tingkat pertumbuhan berikutnya (Akhrianti, 2020).

Kerapatan tegakan mangrove tertinggi yaitu kategori semai sebesar 32222 batang/ha, hal ini mengindikasikan bahwa struktur komunitas vegetasi mangrove memiliki regenerasi yang baik di Desa Kayu Arang. Jumlah individu ditingkat anakan akan menurun disebabkan oleh hilangnya sebagian individu sebagai dampak dari pertumbuhan mangrove ke stadium pertumbuhan selanjutnya sehingga hal tersebut dapat memperkirakan kecenderungan komposisi hutan di masa yang akan (Whittaker 1974). Sedangkan Kerapatan tegakan mangrove

terendah dari berbagai stadium pertumbuhan adalah kategori anakan, hal ini menunjukkan bahwa kemungkinan spesies – spesies mangrove yang hadir pada komunitas vegetasi mangrove di Kayu Arang adalah spesies – spesies yang sebelumnya berasal dari semai yang berhasil bertahan hidup di bawah naungan pohon mangrove dengan tutupan yang rendah. Spesies – spesies ini berasal dari spesies *R. apiculata* dan *R. mucronata* yang berhasil berkompetisi dalam mendapatkan unsur hara dan ruang untuk hidup dengan spesies lainnya, kehadiran spesies ini bisa saja berasal dari jatuhnya propagul dari pohon indukan yang berada disekitar. Perbedaan kerapatan tegakan mangrove kategori pohon, anakan dan semai dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan meliputi pasang surut, topografi pantai, salinitas, pH, tipe substrat, dan *run off* limbah antropogenik serta aktivitas manusia disekitar kawasan mangrove (penebangan pohon ataupun konversi lahan) (Bengen, 2002; Burhan, 2014). Hasil analisis vegetasi mangrove pada masing – masing stasiun pengamatan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Jenis-jenis Mangrove di Desa Kayu Arang

No	Spesies /Local Name	Location		
		S1	S2	S3
1	<i>Rhizophora apiculata</i> (Bakau merah)	√	-	-
2	<i>Rhizophora mucronata</i> (Bakau Gede)	√	√	-
3	<i>Rhizophora stylosa</i> (Bakau Putih)	√	-	-
4	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i> (Tongkek)	√	√	√
5	<i>Sonneratia caseolaris</i> (Perepat Sungai)	-	-	√
6	<i>Avicennia alba</i> (Api – Api)	√	-	√
7	<i>Xylocarpus granatum</i> (Nyirih)	√	-	√
8	<i>Excoecaria agallocha</i> (Buta – buta)	√	-	√
9	<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i> (Rambat duduk)	-	-	√
10	<i>Nypa fruticans</i> (Nipah)	-	-	√
11	<i>Terminalia catappa</i> (Ketapang)	-	-	√
12	<i>Acrostichum aureum</i> Paku Laut / Pakis	-	√	-

Keterangan: (√): ditemukan (-): tidak ditemukan

Tabel 7. Hasil analisis vegetasi mangrove Desa Kayu Arang Kategori pertumbuhan

A. Pohon

St.	Spesies Mangrove	ni	K	F	D	KR	FR	DR	INP
1	Rhizophoraceae								
	<i>R. apiculata</i>	6	200	0,66667	398,20	15	18	9	43
	<i>R. mucronata</i>	9	300	1	821,40	23	27	19	69
	<i>R. stylosa</i>	6	200	0,66667	221,78	15	18	5	38
	<i>B. gymnorrhiza</i>	12	400	0,66667	859,99	30	18	20	68
	Avicenniaceae								
	<i>Avicennia alba</i>	6	200	0,33333	1740,04	15	9	41	65
	Meliaceae								
	<i>X. granatum</i>	1	33	0,33333	198,94	3	9	5	16
Total		7	1333	3,66667	4240,36	100	100	100	300
2	Rhizophoraceae								
	<i>R. apiculata</i>	13	433,33	0,66667	4754,03	39	29	71	139
	<i>R. mucronata</i>	10	333,33	1	1407,64	30	43	21	94
	<i>B. gymnorrhiza</i>	10	333,33	0,66667	558,16	30	29	8	67
Total		20	1100	2,33333	6719,82	100	100	100	300
3	Meliaceae								
	<i>X. granatum</i>	6	200,00	0,33333	425,90	11	10	4	24
	Euphorbiaceae								
	<i>E. agallocha</i>	20	666,67	0,66667	1180,85	35	20	10	65
	Avicenniaceae								

<i>A. alba</i>	2	66,67	0,33333	302,79	4	10	3	16
Rhizophoraceae								
<i>B. gymnorhiza</i>	1	33,33	0,33333	97,48	2	10	1	13
Lythraceae								
<i>S. caseolaris</i>	1	33,33	0,33333	127,32	2	10	1	13
Rubiaceae								
<i>S. hydrophyllacea</i>	2	66,67	0,33333	121,36	4	10	1	15
Combretaceae								
<i>T. catappa</i>	2	66,67	0,33333	572,96	4	10	5	18
Arecaceae								
<i>N. fruticans</i>	23	766,67	0,67	8658,01	40	20	75	136
Total	57	1900	3,33333	11486,66	100	100	100	300

B. Anakan

St.	Spesies Mangrove	ni	K	F	D	KR	FR	DR	INP
1	Rhizophoraceae								
	<i>R. apiculata</i>	7	233	0,33333	88,09	25	17	32	74
	<i>R. mucronata</i>	3	100	0,33333	8,75	11	17	3	31
	<i>B. gymnorhiza</i>	9	300	0,66667	111,09	32	33	40	106
	<i>R. stylosa</i>	1	33	0,33333	17,90	4	17	6	27
	Euphorbiaceae								
	<i>E. agallocha</i>	8	267	0,33333	50,29	29	17	18	63
Total		28	933,33	2	276,13	100	100	100	300
2	Rhizophoraceae								
	<i>R. apiculata</i>	4	133	0,66667	55,31	15	33	15	63
	<i>R. mucronata</i>	3	100	0,33333	32,71	11	17	9	37
	<i>B. gymnorhiza</i>	11	367	0,66667	115,07	41	33	32	106
	Pteridaceae								
	<i>A. aureum</i>	9	300	0,33333	161,14	33	17	44	94
Total		27	900	2	364,23	100	100	100	300
3	Meliaceae								
	<i>X. granatum</i>	1	33	0,33333	17,90	5,26	16,67	8,12	30
	Euphorbiaceae								
	<i>E. agallocha</i>	8	267	0,66667	84,43	42,11	33,33	38,31	114
	Avicenniaceae								
	<i>A. alba</i>	1	33	0,33333	6,45	5,26	16,67	2,92	25
	Rubiaceae								
	<i>S. hydrophyllacea</i>	1	33	0,33	1,42	5,26	16,67	0,64	23
	Arecaceae								
	<i>N. fruticans</i>	8	267	0,33	110,20	42,11	16,67	50,00	109
Total		19	633	2,00	220,40	100	100	100	300

C. Semai

St.	Spesies Mangrove	ni	K	F	D	KR	FR	DR	INP
1	Rhizophoraceae								
	<i>R. apiculata</i>	4	13333	0,33333	5,09	44	50	50	94
	<i>R. mucronata</i>	5	16667	0,33333	6,37	56	50	100	106
Total		9	30000	0,66667	6,37	100	100	100	200

2	Rhizophoraceae								
	<i>R. apiculata</i>	7	23333	0,66667	12,49	37	40	45	77
	<i>R. mucronata</i>	5	16667	0,66667	5,09	26	40	18	66
	<i>B. gymnorhiza</i>	7	23333	0,33333	10,11	37	20	36	57
	Total	19	63333	1,66667	27,69	100	100	100	200
3	Rubiaceae								
	<i>S. hydrophyllacea</i>	1	3333	0,33	1,27	100,00	100,0	100,00	200,00
	Total	1	3333	0,33	1,27	100	100	100	200

Frekuensi relatif semua spesies pohon tercatat sangat tinggi yakni berkisar 25-100% (Tabel 7) tapi kecenderungan memiliki nilai 100 untuk setiap stadium pertumbuhan di 3 stasiun penelitian. Nilai ini bahkan hampir mendekati jika dibandingkan dengan kondisi komunitas vegetasi mangrove di Pulau Mendanau (Akhrianti, 2019). Frekuensi yang sangat tinggi tersebut mencerminkan rendahnya heterogenitas pohon, anakan dan semai. Mayoritas spesies pohon ditemukan pada setiap plot sehingga menggambarkan variasi yang keberagaman sangat rendah diantara plot-plot contoh (Kusmana, 2017). Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa vegetasi di Desa Kayu Arang terdiri dari komunitas yang heterogen dan kecenderungan heterospesies membentuk komunitas vegetasi mangrove yang beragam.

INP Mangrove tertinggi kategori pohon di Desa Kayu Arang pada stasiun 1 dari spesies *R. mucronata* sebesar 69, INP tertinggi pada stasiun 2 yaitu spesies *R. apiculata* sebesar 139, dan pada stasiun 3 nilai INP tertinggi adalah spesies *Nypa fruticans* sebesar 136. INP mangrove tertinggi kategori anakan pada stasiun 1 dan stasiun 2 adalah *B. gymnorhiza* sebesar 106, sementara stasiun 3, INP anakan tertinggi adalah dari spesies *E. Agallocha* dengan nilai sebesar 114. Tingginya nilai INP spesies mangrove menunjukkan bahwa spesies – spesies ini memiliki peranan yang sangat penting dalam eksistensi dan penyusun ekosistem mangrove di Sepanjang Sungai Desa Kayu Arang sehingga dapat dikatakan rusak/berkurangnya spesies ini dapat mempengaruhi keberlangsungan hidup komunitas vegetasi mangrove di Desa Kayu Arang. Hal ini dapat dikatakan bahwa kondisi mangrove akan baik-baik saja untuk beberapa periode kedepan karena tingkat regenerasi mangrove pada kedua stasiun pengamatan ini cukup tinggi, meskipun terkadang sifat benih mangrove cenderung intoleran dan tidak stabil karena benih cenderung tidak bisa hidup dibawah canopy/naungan (Whittaker, 1974; FAO, 2007).

Berdasarkan hasil observasi dilapangan, terdapat perbedaan kehadiran spesies mangrove di Desa Kayu Arang pada masing – masing stasiun penelitian, dimana stasiun 3 memiliki keanekaragaman jenis yang lebih bervariasi. Perbedaan kehadiran spesies mangrove dari setiap stadium pertumbuhan disebabkan karena adanya perbedaan faktor lingkungan dan kondisi substrat (Akhrianti et al., 2019). Secara keseluruhan, komposisi mangrove di perairan Sungai Desa Kayu Arang pada 3 stasiun penelitian didominasi oleh famili Rhizophoraceae dan famili palmae. famili Rhizophoraceae merupakan mangrove yang memiliki nilai ekologis penting bagi ekosistem pesisir sebagai penahan abrasi pantai dengan sistem perakaran yang kokoh. Tipe substrat pada stasiun penelitian yaitu lumpur berpasir dan pasir berlumpur, sehingga *R. apiculata* mampu tumbuh subur pada substrat yang berlumpur dan pasir berlumpur (Akhrianti dan Gustomi, 2021).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis citra Sentinel 2A pada Tahun 2023 di Desa Kayu Arang, Kabupaten Bangka Barat, diperoleh luas hutan mangrove sebesar 600,29 hektar. Nilai NDVI vegetasi mangrove berada pada rentang -0,22 hingga 0,91, yang menunjukkan adanya variasi

tingkat kerapatan mulai dari jarang, sedang, dan lebat dengan Tingkat akurasi sebesar 86%. Kerapatan tegakan mangrove kategori pohon berkisar 1100-1900 ind/ha (lebat) dimana rerata nilai NDVI hasil pemrosesan citra lebih dominan termasuk kategori mangrove kerapatan lebat, yang mengindikasikan bahwa vegetasi mangrove berada dalam kondisi baik, sehat dan bervariasi serta tergolong masih alami dengan jumlah spesies mangrove yang ditemukan terdiri dari 12 spesies yang termasuk dalam 9 famili yaitu Rhizophoraceae, Sonneratiaceae, Avicenniaceae, Meliaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae, Palmae, Combretaceae, dan Pteridaceae. INP tertinggi baik kategori pohon, anakan dan semai didominasi oleh famili Rhizophoraceae (*R. apiculata* dan *R. mucronata*)

Saran

Penelitian selanjutnya perlu melakukan analisis spasial multitemporal menggunakan citra satelit beresolusi tinggi dari berbagai perspektif, sehingga perubahan luasan, kerapatan, dan distribusi mangrove dapat diidentifikasi dengan sangat detail secara menyeluruh dari tahun ke tahun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada Pemerintah Desa maupun masyarakat Desa Kayu Arang atas izin yang diberikan dan informasi terkait Hutan Mangrove Desa Kayu Arang. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada civitas akademika UBB yang telah berkontribusi selama proses penelitian hingga karya tulis ini diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, E., Nursanti, Fazriyas, & Jayanti, D. P. 2020. Studi Kerapatan Mangrove dan Perubahan Garis Pantai Tahun 1989-2018 di Pesisir Provinsi Jambi. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 10(2):138-152.
- Affressia, R., Poedjirahajoe, E., & Hasanbahri, S. 2017. Karakteristik Habitat Mangrove di Sekitar Pertambangan Timah Lepas Pantai Kabupaten Bangka Selatan (Characteristic Of Mangrove Habitat Around Tin Offshore Mining In South Bangka Regency). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 24(3):131-140.
- Akhrianti, I, Nurtjahya E, Franto. 2019. Struktur komunitas vegetasi mangrove di Pesisir Utara Pulau Mendanau dan Pulau Batu Dinding, Kecamatan Selat Nasik Kabupaten Belitung. *J. Akuatik Sumberdaya Perairan*, 13 (1), 12-26. <https://doi.org/10.33019/akuatik.v12i1.856>
- Akhrianti, I., & Gustomi, A. 2020. Deteksi Perubahan Kawasan Mangrove di Wilayah Pesisir Kota Pangkalpinang, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Aquatic Science*, 2(1):11-16.
- Akhrianti, I., & Gustomi, A. 2021. Analisis Indeks Ekologi Komunitas Mangrove di Pesisir Kota Pangkalpinang, Pulau Bangka. *Jurnal ilmiah platax*, 9(2):356-364.
- Bengen, D.G. 2002. Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut serta Prinsip Pengelolaannya. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB: Bogor. 63 p.
- Awaliyan, R., & Sulistyoadi, Y. B. 2018. Klasifikasi Penutupan Lahan pada Citra Satelit Sentinel-2a dengan Metode Tree Algorithm. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 2(2):98-104.
- Damsir, Ansyori, Yanto, Erwanda, S., & Purwanto, B. 2023. Pemetaan Areal Mangrove di Provinsi Lampung Menggunakan Citra Sentinel 2-A dan Citra Satelit Google Earth. *Jurnal Pengabdian Kolaborasi dan Inovasi IPTEKS*, 1(3):207-216.
- Danipranata, J., Nurjaya, I. W., & Damar A. 2019. Indeks Kepekaan Lingkungan Ekosistem

- Mangrove dengan Interpretasi Citra Digital, Studi Kasus: Pesisir Barat Pulau Bangka, Propinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal Of Natural Resources and Environmental Management)*, 9(1):75-85.
- Departemen Kehutanan. 2005. Pedoman Inventarisasi dan Identifikasi Lahan Kritis Mangrove. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial.
- Fariz, T. R., Permana, P. I., Daeni, F., & Putra, A. C. P. 2021. Pemetaan Ekosistem Mangrove di Kabupaten Kubu Raya Menggunakan Machine Learning pada Google Earth Engine. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 18(2):83-89.
- FAO. 2007. *The World's Mangroves 1980-2005*. FAO Publisher. Rome. Italy
- Hadi, A., Wahyuni, D., Safitri, N., Jannah, N. R., Rahmadin, M. G., & Febrianti, S. S. 2022. Rehabilitasi Lahan Mangrove sebagai Strategi Mitigasi Bencana Alam di Desa Seriwe, Kecamatan Jerowaru, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 5(1):45-50.
- Hardiana, A. 2023. Analisis Spasial Sebaran dan Kerapatan Mangrove dengan Interpretasi Citra Satelit Sentinel 2A di Kecamatan Mamuju. *Jurnal Perikanan Unram*, 13(2):555-562.
- Hidayah, Z., & Rachman, H. A. 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):84-91.
- Hidayat F, dan Aryanti NA. 2020. Analisis vegetasi pulau-pulau kecil di Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera-A Scientific Journal* 37(1):13-21.
- Husnayaen, H., Amela, P., Arini, D. P., & Putra, I. K. A. 2023. Pemetaan Sebaran dan Kerapatan Hutan Mangrove Menggunakan Machine Learning pada Google Earth Engine dan Sistem Informasi Geografi di Pulau Bali. *Jurnal Perikanan Unram*, 13(1):266-277.
- Iman, Z. F. B., Rachmad, B., & Rahardjo, P. 2024. Analisis Tingkat Kerapatan dan Perubahan Lahan Vegetasi Mangrove Melalui Pemetaan Citra Sentinel 2 Multitemporal di Kabupaten Cilacap. Prosiding Seminar Nasional Perikanan Indonesia. Jakarta, 10-11 Oktober 2024. Hlm:535-553
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 201. 2004. Tentang Kriteria baku kerusakan dan pedoman penentuan status kondisi komunitas mangrove. KLHK. Jakarta. 10 hlmn
- Kitamura, S., C. Anwar, A. Chaniago & S. Baba. 1999. Handbook of Mangroves in Indonesia. Saritaksu. Denpasar, Indonesia
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). Peta Mangrove Nasional Tahun 2021. <https://ppid.menlhk.go.id/berita/siaran-pers/6225/peta-mangrove-nasional-tahun-2021-baseline-pengelolaan-rehabilitasi-mangrove-nasional>. [22 Februari 2024].
- Kusmana C, Melyanti AR. 2017. Keragaman komposisi spesies dan struktur vegetasi pada kawasan hutan lindung dengan pola PHBM di BKPH Tampmas, KPH Sumedang, Perum Perhutani Divisi Regional Jawa Barat dan Banten. *Jurnal Silvikultur Tropika* 8(2):123-129.
- Maulidiyah, R., Cahyono, B. E., & Nugroho, A. T. 2019. Analisis Kesehatan Mangrove di Probolinggo Menggunakan Data Sentinel-2A. *Natural B*, 5(2):41-47.
- Mirmanto E. 2009. Analisis vegetasi hutan pamah di Pulau Batanta, Raja Ampat, Papua. *Jurnal Biologi Indonesia* 6(1):79-96.
- Noor, Y.R., M. Khazali & I.N.N. Suryadiputra. 1999. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. Bogor: PHKA/Wi-IP.

- Nurchayani, N. F., Mustafa, L. D., & Elfa, P. E. 2019. Analisa Perubahan Luas dan Kerapatan Mangrove Melalui Pengolahan Citra Satelit Landsat 8. *Journal of Telecommunication Network (Jurnal Jaringan Telekomunikasi)*, 9(2):16-22.
- Parera, G. R. J., Erfin, & Wahyu, R. Y. A. 2025. Pemetaan Kerapatan Ekosistem Mangrove di Kelurahan Kota Uneng, Kabupaten Sikka Menggunakan Data Citra Sentinel-2A. *AQUANIPA-Jurnal Ilmu Kelautan Dan Perikanan*, 7(2):45-50.
- Pramudji (2000). Hutan Mangrove di Indonesia: Peranan, Permasalahan dan Pengelolaannya. *Oseana*; Vol.XXV (1): 13-20
- Putra, R. D., Napitupulu, H. S., Nugraha, A. H., Suhana, M. P., Ritonga, A. R., & Sari, T. E. Y. 2022. Pemetaan Luasan Hutan Mangrove dengan Menggunakan Citra Satelit di Pulau Mapur, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(1):20-30.
- Romadoni, A. A., Ario, R., & Pratikto, I. 2023. Analisa Kesehatan Mangrove di Kawasan Ujung Piring dan Teluk Awur Menggunakan Sentinel-2A. *Journal of Marine Research*, 12(1):71-82.
- Rosalina, D., & Rombe, K. H. 2021. Struktur dan Komposisi Jenis Mangrove di Kabupaten Bangka Barat Structure and Composition of Mangrove Species in West Bangka Regency. *Jurnal Airaha*, 10(1):99-108.
- 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):399-406.
- Septiani, S., Akhrianti, I., & Pamungkas, A. 2022. Pemanfaatan Citra Sentinel 2A untuk Pemetaan Sebaran Ekosistem Lamun di Perairan Pulau Panjang, Bangka Tengah. *Journal Of Tropical Marine Science*, 5(2):131-139.
- Silitonga, O., Purnama, D., & Nofriadiansyah, E. 2018. Pemetaan kerapatan vegetasi mangrove di sisi tenggara Pulau Enggano menggunakan data citra satelit. *Jurnal Enggano*, 3(1):98-111.
- Singgalen, Y. A. 2023. Implementasi Hyper Spectral of Remote Sensing untuk Analisis Kawasan Ekowisata Mangrove Potensial di Kecamatan Tobelo Timur Menggunakan NDVI, SAVI, dan EVI. *Journal of Information System Research (JOSH)*, 4(3):928-935.
- Umroh, Akhrianti, I., Pamungkas, A., Wahidin, L. O., Hudatwi, M., Utami, E., & Pryambada, A. 2024. Suitability of Mangrove Kayu Arang Village as a Mangrove Ecotourism Area in West Bangka Regency, Bangka Island. *Agrikan Jurnal Agribisnis Perikanan*, 17(1):228-236.
- Warsidi & Endayani, S. 2017. Komposisi Vegetasi Mangrove di Teluk Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur. *Agrifor*, 16(1):115-124.
- Whittaker RH. 1974. *Climax Concepts and Recognition Vegetation Dynamics ; Handbook of Vegetation Science* (8th ed.). Handbook of vegetation science 8:139-154. W. Junk Publishers, The Hague.
- Tosiani, A. 2020. Akurasi Data Penutupan Lahan Nasional Tahun 1990- 2016. Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, Ditjen Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.