

**PEMETAAN SEBARAN DAN KERAPATAN MANGROVE MENGGUNAKAN METODE SVM
DAN ANALISIS NDVI DENGAN CITRA SENTINEL-2A DI DESA BUSUNG PANJANG**

*(Mangrove Distribution and Density Mapping Using SVM and NDVI with Sentinel-2A
Imagery in Busung Panjang Village)*

Muhammad Alwie Nasution ¹⁾, Esty Kurniawati ^{2)*} dan Falmi Yandri ²⁾

¹⁾ Ilmu Kelautan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, 2911, Tanjungpinang, Indonesia

²⁾ Ilmu Kelautan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, 2911, Tanjungpinang, Indonesia

*Korespondensi Author: estykurniawati@umrah.ac.id

Diterima: 27 April 2026 ; Disetujui: 30 April 2026 ; Dipublikasikan: 30 Juni 2026

Keywords:
Mangrove Distribution and
Density;
SVM;
NDVI;
Sentinel-2A.

Kata kunci:
Sebaran dan Kerapatan
Mangrove;
SVM;
NDVI;
Sentinel-2A.

ABSTRACT:

Mangrove ecosystems have important ecological and economic roles; however, their existence is vulnerable to changes caused by human activities. This study aimed to map the distribution and density of mangrove ecosystems in Busung Panjang Village, Kepulauan Posek District, Lingga Regency using Sentinel-2A imagery from 2018 and 2023. The methods used included Support Vector Machine (SVM) classification for land cover identification and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) analysis to determine mangrove density levels. Field data were collected using a stratified random sampling method with a total of 170 sample points used for classification and accuracy assessment. The results showed that the SVM classification produced an accuracy level of 83.33% in 2018, which increased to 96.67% in 2023. NDVI analysis showed that mangrove density in the study area was dominated by the dense category, covering 21.30 Ha in 2018 and increasing to 29.74 Ha in 2023. Validation between NDVI results and field data showed a conformity level of 88%. These findings indicate that Sentinel-2A imagery combined with SVM and NDVI methods can provide reliable information on mangrove distribution and density as a basis for sustainable mangrove ecosystem management.

ABSTRAK:

Ekosistem mangrove memiliki peran penting secara ekologis dan ekonomis, namun keberadaannya rentan mengalami perubahan akibat aktivitas manusia. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran dan kerapatan ekosistem mangrove di Desa Busung Panjang, Kecamatan Kepulauan Posek, Kabupaten Lingga menggunakan citra Sentinel-2A tahun 2018 dan 2023. Metode yang digunakan meliputi klasifikasi Support Vector Machine (SVM) untuk identifikasi tutupan lahan dan analisis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) untuk menentukan tingkat kerapatan mangrove. Data lapangan diperoleh melalui metode stratified random sampling dengan total 170 titik sampel yang digunakan untuk klasifikasi dan uji akurasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa klasifikasi SVM menghasilkan tingkat akurasi sebesar 83,33% pada tahun 2018 dan meningkat menjadi 96,67% pada tahun 2023. Analisis NDVI menunjukkan bahwa kerapatan mangrove di lokasi penelitian didominasi oleh kategori rapat, yaitu sebesar 21,30 Ha pada tahun 2018 dan meningkat menjadi 29,74 Ha pada tahun 2023. Validasi antara hasil NDVI dan data lapangan menunjukkan tingkat kesesuaian sebesar 88%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan citra Sentinel-2A dengan metode SVM dan NDVI mampu memberikan informasi yang baik mengenai kondisi sebaran dan kerapatan mangrove sebagai dasar pengelolaan ekosistem mangrove secara berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan salah satu sumber daya alam pesisir yang memiliki produktivitas tinggi dan berperan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan (Muliawan et al., 2020). Ekosistem ini menjadi habitat bagi berbagai jenis organisme seperti ikan, udang, dan kepiting yang memiliki nilai ekologis maupun ekonomis (Veettil et al., 2019). Mangrove berfungsi sebagai pelindung alami pantai dari abrasi dan erosi akibat gelombang laut, penyedia sumber makanan bagi biota perairan, serta penyerap karbon dan penghasil oksigen yang sangat penting bagi lingkungan pesisir (Delita & Elfina, 2021). Ekosistem mangrove memiliki peranan ekologis yang sangat penting bagi wilayah pesisir, terutama sebagai pelindung pantai dari abrasi, habitat biota perairan, serta penyedia bahan organik bagi ekosistem laut di sekitarnya (Musrafil et al., 2023; Asbar et al., 2024).

Desa Busung Panjang, Kecamatan Kepulauan Posek, Kabupaten Lingga merupakan salah satu wilayah pesisir yang memiliki ekosistem mangrove cukup luas. Vegetasi mangrove di wilayah ini berada di sekitar garis pantai dan berdekatan dengan permukiman masyarakat sehingga rentan mengalami tekanan akibat aktivitas manusia. Pemanfaatan mangrove oleh masyarakat, seperti untuk bahan pembuatan sampan, kelong, serta penebangan liar, dapat memengaruhi kondisi fisik dan biologis ekosistem mangrove. Menurut Martinuzzi et al. (2009), aktivitas manusia dapat mengubah keberadaan

spesies mangrove dan mengurangi luas ekosistem mangrove secara signifikan. Oleh karena itu, diperlukan upaya pemantauan kondisi mangrove melalui pemetaan sebaran dan kerapatan vegetasi mangrove. Informasi spasial mengenai kondisi kawasan pesisir sangat diperlukan sebagai dasar dalam pengembangan strategi pengelolaan sumber daya pesisir dan lingkungan secara tepat dan berkelanjutan (Nurazizah et al., 2024).

Pemetaan mangrove dapat dilakukan melalui survei lapangan maupun teknologi penginderaan jauh (Tahir et al., 2017). Pengukuran langsung di lapangan menghasilkan data yang akurat, namun kurang efektif jika dilakukan pada wilayah yang luas karena membutuhkan waktu dan biaya yang besar (Hirata et al., 2014). Oleh sebab itu, penginderaan jauh menjadi alternatif yang lebih efektif untuk memetakan kondisi mangrove secara spasial. Salah satu data penginderaan jauh yang banyak digunakan adalah citra satelit Sentinel-2A yang memiliki resolusi spasial 10 meter dan 13 band spektral sehingga mampu memberikan informasi vegetasi yang cukup baik (Masitha et al., 2017).

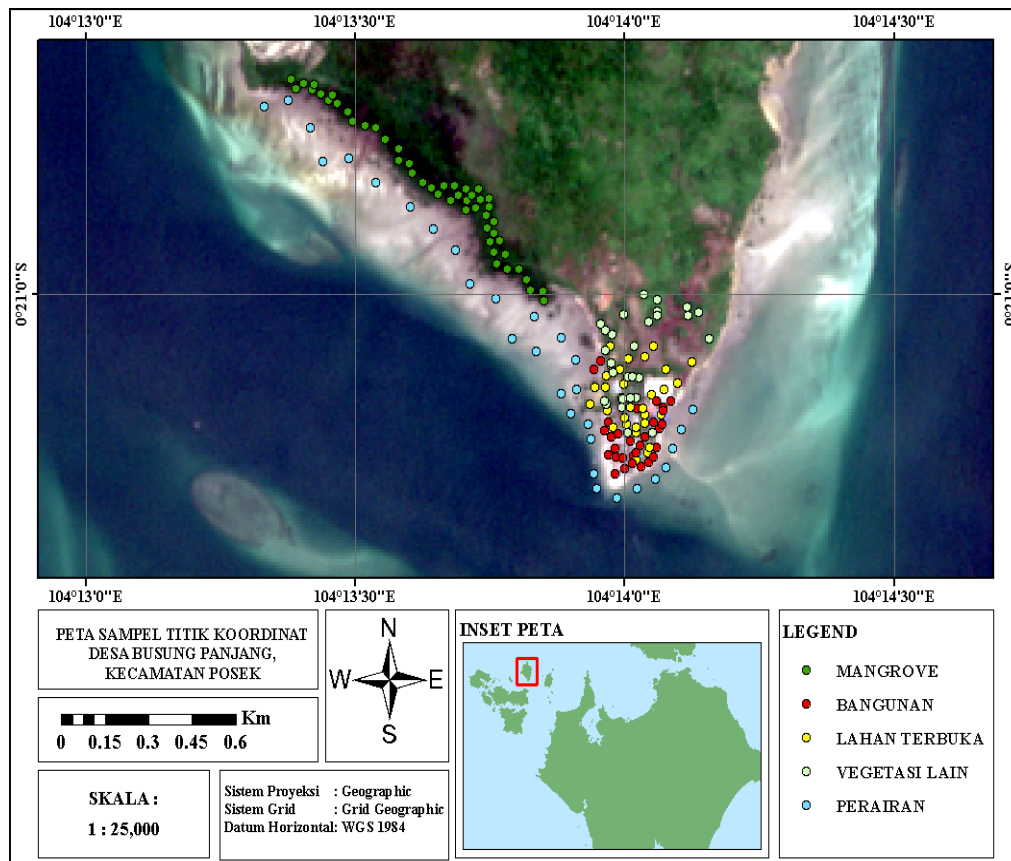
Pemetaan mangrove menggunakan citra Sentinel-2A dapat dilakukan dengan metode klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM) dan analisis *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Metode SVM dipilih karena memiliki kemampuan klasifikasi yang baik dan menghasilkan tingkat akurasi lebih tinggi dibandingkan metode lainnya (Prasetio & Ripandi, 2019; Firmansyah et al., 2019). Sementara itu,

NDVI digunakan untuk mengetahui tingkat kerapatan vegetasi berdasarkan tingkat kehijauan daun (Ardiansyah & Buchori, 2014). Menurut Pham *et al.* (2019), penggunaan citra Sentinel-2A dengan pendekatan NDVI mampu memberikan hasil pemetaan mangrove yang baik. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan yaitu untuk memetakan sebaran dan kerapatan ekosistem mangrove di Desa Busung Panjang menggunakan citra Sentinel-2A tahun 2018 dan 2023 sebagai upaya mendukung pengelolaan dan pelestarian ekosistem mangrove secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap meliputi pengambilan data lapangan dan pengolahan citra. Pengambilan data dilapangan dilakukan pada tanggal 11 Agustus–18 Agustus 2024 sedangkan pengolahan data dilakukan bulan September-Desember. Penelitian ini dilakukan di Desa Busung Panjang, Kecamatan Kepulauan Posek, Kabupaten Lingga Provinsi Kepulauan Riau.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
Figure 1. Map of Research Location

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini diklasifikasikan ke dalam tiga kategori :

utama, yaitu perangkat keras, perangkat lunak, dan peralatan lapangan dengan rincian sebagai berikut

Tabel 1. Alat dan Bahan.

Table 1. Tools dan Materials Used

No	Alat dan Bahan	Kegunaan
Alat		
1	Laptop	Untuk mengolah data citra satelit
2	GPS	Mengambil titik koordinat
3	Kamera	Dokumentasi kegiatan di lokasi penelitian
4	Software	Untuk mengolah data, diantaranya <i>Envi 5.6</i> dan <i>Arcgis 10.8</i>
5	Tali rafia (atau tali tambang kecil)	Membuat plot cuplikan (quadrat plot) berukuran 10 x 10 untuk pengamatan vegetasi mangrove di setiap titik pengamatan
6	Meteran Jahit	Mengukur diameter pohon mangrove
Bahan		
1	Citra Satelit Sentinel-2A	Untuk memetakan sebaran spasial, menganalisis kerapatan tajuk/vegetasi mangrove

Sumber data dan Metode Pengumpulan Data

<https://scihub.copernicus.eu/> dengan data tahun

Pengumpulan Data Citra

2018 dan 2023. Akuisisi data citra Sentinel -2A

Data citra yang digunakan merupakan data citra Sentinel -2A yang dapat diunduh di

disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sumber citra Sentinel -2A

Table 2. Sentinel-2A Imagery Source

Tahun	Akuisisi Data	Sumber Data
2018	21-08-2018	https://scihub.copernicus.eu/
2023	12-04-2023	https://scihub.copernicus.eu/

Pengambilan Data Lapangan

Pengambilan titik sampling lapangan menggunakan metode *stratified random sampling*. pengambilan titik dilakukan dengan cara acak tetapi dalam strata-strata atau kelompok-kelompok tertentu. Dalam hal ini, terdapat 5 tutupan lahan dan pengambilan titik sampling diambil secara acak dengan prinsip penyebaran yang merata, keterwakilan dan dapat dijangkau (Lestari,2020).

Pengambilan titik sampling tersebut dilakukan dengan bantuan alat GPS (Global Positioning System).

Berdasarkan Gambar 1, data sampling yang berjumlah 170 titik digunakan untuk klasifikasi citra (110 titik) dan uji akurasi (60 titik). Jumlah sampel masing-masing kelas tutupan lahan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Titik sampling tiap tutupan lahan.

Table 3. Sampling points per land cover type

No	Kelas Sebaran Objek	Uji Klasifikasi	Uji Akurasi	Jumlah Sampel
1	Mangrove	30	20	50
2	Vegetasi Lain	20	10	30
3	Bangunan	20	10	30
4	Lahan Terbuka	20	10	30
5	Perairan	20	10	30

Data lapangan yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi titik koordinat tutupan lahan dan data kerapatan mangrove. Data yang diambil berupa data jenis mangrove untuk mengetahui jenis yang terdapat dilokasi penelitian, dan ukuran DBH (*Diameter by Breast High*). Pengambilan data dilapangan berupa data diameter pohon mangrove menggunakan transek kuadrat berukuran 10 x 10 m (Pribadi et al., 2014). Peletakan plot berjarak minimal 15 meter agar tidak terjadi tumpang tindih (*overlapping*) kemudian plot diletakkan secara acak sesuai tujuan penelitian. Pengambilan data dilakukan pada tingkatan pohon mangrove dengan diameter batang minimal >10 cm (keliling >31 cm) dan tinggi lebih dari 1,5 m, diukur dengan melingkarkan meteran kain pada batang mangrove setinggi dada atau 1.3 m (Sahami, F., 2018). Identifikasi jenis mangrove berpedoman pada buku identifikasi mangrove Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia (Noor et al., 2012).

Analisis Data

Analisis data untuk memetakan sebaran spasial dan tingkat kerapatan vegetasi mangrove dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis. Tahap pertama dimulai dengan pengamatan lapangan (*ground check*) untuk mengumpulkan

data riil mengenai kerapatan dan jenis mangrove pada setiap titik stasiun secara langsung. Tahap kedua adalah analisis citra satelit Sentinel-2A yang diawali dengan proses *praproses citra* (*preprocessing*), meliputi koreksi radiometrik dan atmosferik untuk menghasilkan nilai reflektans objek yang akurat. Selanjutnya, klasifikasi tutupan lahan dan pemetaan sebaran mangrove diekstraksi menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM). Sementara itu, untuk memetakan tingkat kerapatan tajuk vegetasi berdasarkan tingkat kehijauan daun, dilakukan transformasi indeks vegetasi menggunakan metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Tahap akhir dari analisis ini adalah melakukan uji akurasi untuk memvalidasi dan membandingkan tingkat kesesuaian antara hasil ekstraksi nilai NDVI dari citra satelit dengan data kerapatan riil yang diperoleh dari hasil pengamatan langsung di lapangan.

Analisis Data Kerapatan Mangrove

Rumus yang digunakan dalam perhitungan nilai kerapatan mangrove mengacu pada Akhrianti et al., (2021) sebagai berikut:

$$Di = \frac{Ni}{A}$$

Keterangan:

D_i = Kerapatan jenis

n_i = Jumlah total tegakan individu

A = Luas area total pengamatan (100 m²)

Hasil perhitungan tingkat kerapatan mangrove Desa Busung Panjang selanjutnya akan dibandingkan dengan Kriteria Baku Kerusakan Mangrove berdasarkan Kepmen LHK Nomor 21 Tahun 2021 pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter kerapatan lapangan
Table 4. Field Density Parameters

Kelas Kerapatan Lapangan	Jumlah Individu Pohon (Ha)	Jumlah Individu Pohon (m ²)
Rapat	>1500	0.15>
Sedang	>1000	0.10>
Jarang	<1000	0.10<

Sumber: Kepmen LHK NO 201 tahun (2021)

Metode Pemetaan Sebaran Mangrove dan Tutupan Lahan

Tahapan memetakan sebaran spasial mangrove dan tipe tutupan lahan, dilakukan melalui integrasi teknik praproses citra satelit dan implementasi algoritma *Machine Learning*. Tahapan klasifikasi dilakukan menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) untuk memisahkan objek hutan mangrove dengan kelas tutupan lahan lainnya secara presisi. Secara prinsip, algoritma ini bekerja dengan mencari fungsi linear atau bidang pemisah optimal (*hyperplane*) yang memisahkan antar-kelas objek berdasarkan margin maksimum. Fungsi keputusan untuk klasifikasi SVM ini dinyatakan secara matematis sebagai berikut (Cortes & Vapnik, 1995).

$$f(x) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i K(x_i, x) + b \right)$$

Di mana x_i adalah data training, y_i adalah label kelas, α_i adalah bobot yang dioptimalkan, K

(x_i, x) adalah kernel function, dan b adalah bias. Fungsi kernel dapat berupa linear, polinomial, maupun Radial Basis Function (RBF) untuk mengakomodasi data yang bersifat non-linear. Dalam konteks pemetaan habitat bentik, SVM diterapkan untuk memisahkan berbagai kelas habitat berdasarkan karakteristik variabel spektral dan spasial yang telah dipelajari melalui data sampel.

Analisis Kerapatan Mangrove Menggunakan NDVI

Memetakan dan mengevaluasi tingkat kerapatan vegetasi mangrove, dilakukan melalui transformasi indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Secara teknis, algoritma NDVI diterapkan pada citra satelit Sentinel-2A dengan memanfaatkan kombinasi saluran spektral (band) yang sensitif terhadap kandungan klorofil dan struktur kanopi daun. Dari total 13 band yang dimiliki oleh Sentinel-2A, proses perhitungan NDVI secara khusus menggunakan

Band 8 sebagai saluran *Near-Infrared* (NIR) dan Band 4 sebagai saluran *Red* (Merah). Persamaan algoritma yang digunakan untuk mengekstraksi nilai kerapatan ini mengacu pada Kawamuna et al. (2017), sebagai berikut:

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

Keterangan ;

NIR = Nilai spektral saluran *Near Infrared* (band 8)

RED = Nilai spektral saluran *red* (band 4)

Algoritma NDVI akan menghasilkan nilai dengan rentang -1 sampai 1. Selanjutnya, dilakukan pengklasifikasian dengan memasukkan nilai rentang sebagai berikut;

Tabel 5. Nilai NDVI (Departemen Kehutanan, 2005).

Table 5. *NDVI Values* (Departemen Kehutanan, 2005).

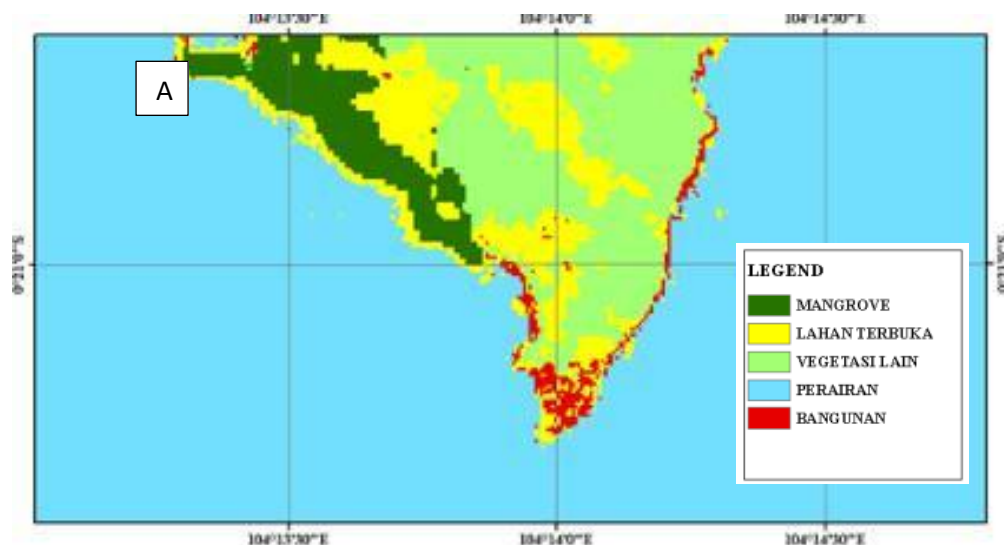
No	Kriteria	Minimum	Maksimum
1	Rapat	0,43	1
2	Sedang	0,33	0,42
3	jarang	-1	0,32

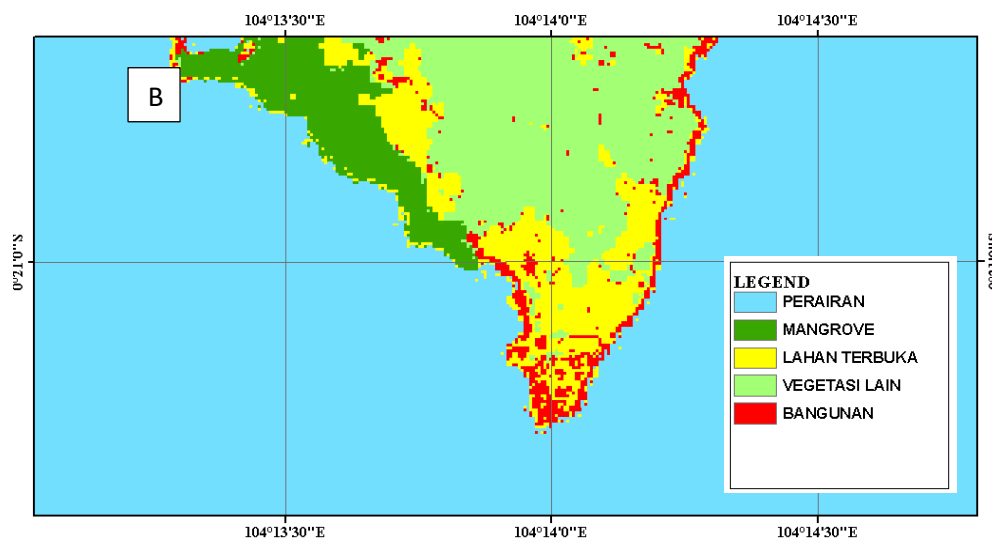
HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan SVM

Algoritma Support Vector Machine (SVM) dipilih karena merupakan salah satu metode klasifikasi berbasis machine learning yang paling efektif dan banyak digunakan dalam analisis spasial tutupan lahan (Khatami *et al.*, 2016). Secara prinsip, SVM berupaya menentukan bidang pemisah optimal (hyperplane) terbaik dengan memaksimalkan jarak (margin) antar-kelas data

yang didukung oleh setiap kelompok sampel, di bawah asumsi bahwa seluruh kelompok objek dapat dipisahkan secara spasial berdasarkan karakteristik spektralnya. Implementasi dari metode ini berhasil memetakan dinamika spasial di lokasi penelitian, di mana peta hasil klasifikasi Support Vector Machine untuk periode tahun 2018 dan 2023 secara spasial disajikan pada Gambar 2.





Gambar 2. Peta Tutupan Lahan A) Tahun 2018; B) Tahun 2023

Figure 2. Land Cover Map A) 2018; B) 2023

Berdasarkan hasil klasifikasi menggunakan algoritma SVM, diperoleh estimasi luasan riil dari setiap kelas sebaran tutupan lahan di Desa Busung Panjang, Kecamatan Kepulauan Posek, Kabupaten Lingga. Pendekatan berbasis *machine*

learning ini berhasil mengidentifikasi dinamika spasial area pesisir, di mana data luasan total untuk masing-masing kelas tutupan lahan secara mendetail disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Luas tutupan lahan

Table 6. Land Cover Area

Mangrove (Ha)	Vegetasi Lain (Ha)	Bangunan (Ha)	Lahan Terbuka (Ha)	Tahun
21.42 (16.40 %)	62.16 (47.60 %)	6.05 (4.63 %)	40.95 (31.36 %)	2018
29.95 (22.39 %)	61.84 (46.23 %)	10.16 (7.53 %)	31.83 (23.39 %)	2023

Peningkatan luasan mangrove yang terjadi pada lokasi penelitian berada pada area yang dekat dengan laut dan jauh dari permukiman masyarakat (Gambar 4) dengan penambahan sebesar 8.53 Ha. Peningkatan pada lokasi penelitian terjadi secara alami, dimana propagul atau buah mangrove yang jatuh akan terbawa oleh arus pasang surut dan mulai tertanam pada substrat. Menurut Saputra *et al.*, (2016), Mangrove

memiliki bunga yang nantinya akan membentuk buah dan biasanya disebut dengan propagul, propagul dapat tumbuh secara alami saat terjatuh dari atas ranting pohon mangrove kemudian menancap pada substrat disekitarnya menjadi semai dan dapat tumbuh menjadi pohon.

Jenis yang paling dominan ditemukan adalah jenis *Rhizophora apiculata*. Kelompok *Rhizophora spp.* Juga memiliki keunggulan dalam adaptasi lingkungan (Agustini *et al.*, 2016). Hal ini

mendukung pernyataan Suteja *et al.* (2020), bahwa famili *Rhizophoraceae* berkembang untuk hidup sebaik-baiknya pada substrat lumpur dengan memiliki substrat pertumbuhan yang baik, yaitu dominan lumpur dan pasir berlumpur. Area mangrove yang berkurang berada tidak jauh dari permukiman (Gambar 4). Salah satu penyebabnya adalah masih adanya masyarakat membuang sampah ke laut. Sebagian besar sampah ini berasal dari aktivitas domestik, terutama plastik dan limbah rumah tangga, yang alirannya langsung menuju ke ekosistem mangrove.

Menurut Konom *et al.*, (2019), adanya kegiatan pembuangan limbah rumah tangga baik itu yang langsung ke hutan mangrove maupun lewat sungai, juga akan menimbulkan berbagai masalah terhadap keberadaan ekosistem mangrove. Limbah yang dibuang ke perairan pesisir dapat menyebabkan degradasi dan

gangguan lingkungan, yang pada nantinya dapat memengaruhi kesehatan dan kelangsungan hidup tumbuhan mangrove. Menurut Hastuti (2017), ekosistem mangrove mengalami penurunan disebabkan karena tidak mampunya menahan gangguan lingkungan yang tidak dapat ditoleransi oleh mangrove.

Berdasarkan nilai overall accuracy dan kappa memberikan ketelitian yang cukup tinggi karena memenuhi syarat yang ditetapkan oleh USGS yaitu ketelitian interpretasi lebih dari 85% (Sampurno & Thoriq, 2016). Berdasarkan Penelitian Mallinis (2018) dan Firmansyah (2019) yang menunjukkan hasil akurasi yang lebih baik untuk Sentinel-2A dengan akurasi sebesar 73,33% mendukung nilai presentase yang dapat diterima untuk uji akurasi pada klasifikasi penutup lahan minimal 70-80%.

Tabel 7. Hasil Uji Akurasi Tutupan Lahan

Table 7. Land Cover Classification Accuracy Results

No	Overall Accuracy	Kappa Koefisien	Tahun
1	83.33	0.7	2018
2	96.67	0.9	2023

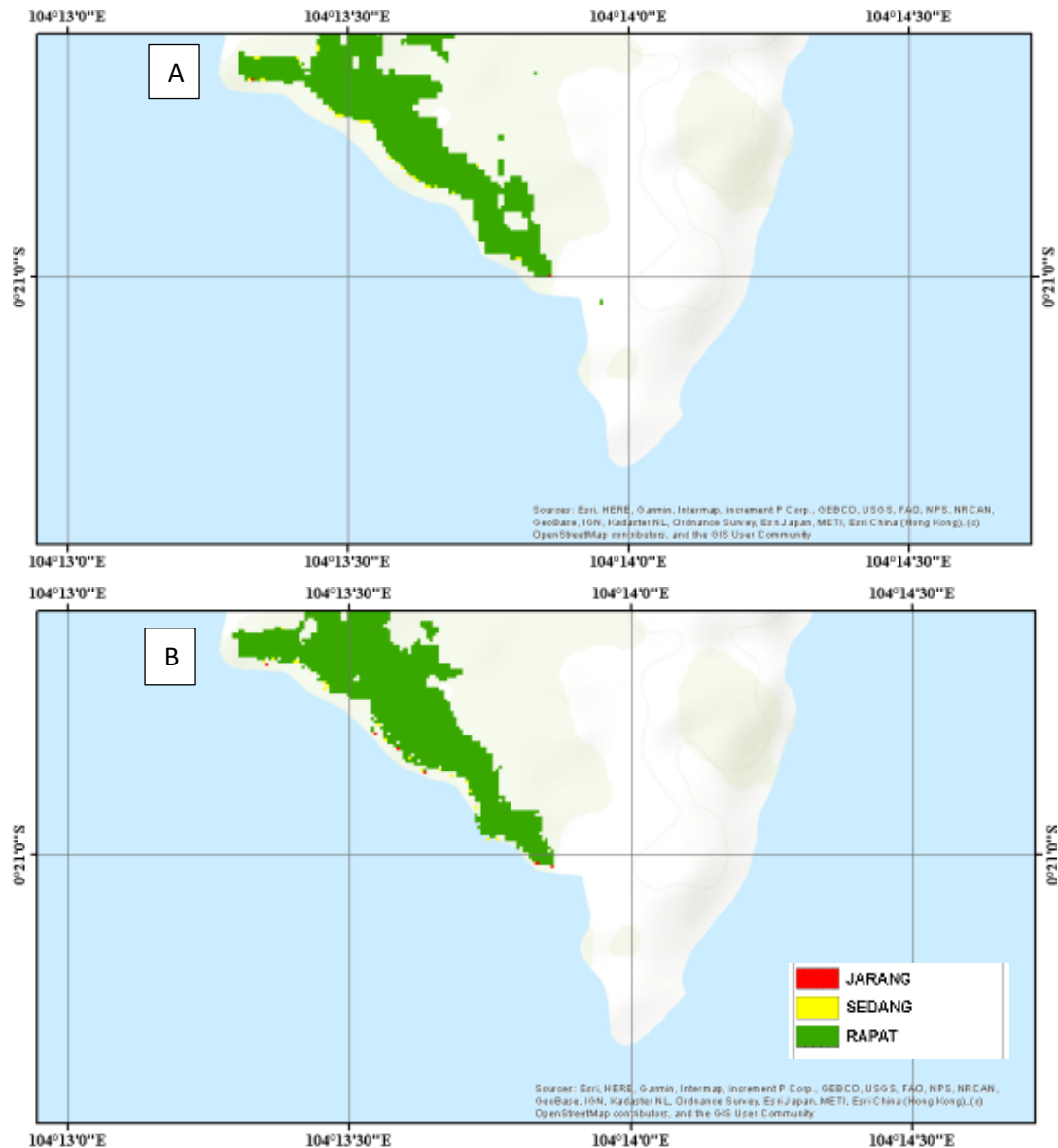
Kerapatan Mangrove Berdasarkan Nilai NDVI

Pada penelitian ini menunjukkan hubungan positif antara nilai NDVI dan kerapatan mangrove di lapangan serta di dominasi oleh kategori rapat. Nilai NDVI yang tinggi menunjukkan keberadaan vegetasi yang lebih rapat, yang sejalan dengan data yang diperoleh di lapangan mengenai kerapatan mangrove. Kondisi kerapatan mangrove dalam 5 tahun (2018–2023) mengalami

peningkatan kerapatan yang cukup signifikan yaitu 8.44 Ha pada lokasi penelitian. Hal ini dikarenakan keberadaan mangrove pada daerah tersebut relatif lebih terjaga sehingga hutan mangrove dapat tumbuh dengan baik, adanya gangguan dari ekosistem di sekitarnya terutama oleh masyarakat sekitar karena dekat dengan kawasan permukiman, namun pemanfaatan yang dilakukan tidak berlebihan. Berdasarkan informasi yang

diperoleh dari penduduk setempat bahwasanya di daerah tersebut masyarakat hanya mencari hewan seperti sejenis kadal-kadalan (tokek) atau reptil di ekosistem mangrove dengan cara penebangan

yang dimana hewan ini terdapat di dalam pohon mangrove dan faktor alam yang berpengaruh yaitu pohon mangrove tumbang sendiri.



Gambar 5. Peta Kerapatan Mangrove A) Tahun 2018; B) Tahun 2023

Figure 5. Mangrove Density Map A) 2018; B) 2023

Untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian, dilakukan analisis komparatif antara hasil klasifikasi NDVI dengan data kerapatan yang diperoleh melalui survei lapangan. Hasil analisis menunjukkan adanya beberapa perbedaan klasifikasi pada titik-titik koordinat tertentu. Menurut

Masdian *et al.*, (2023), ketidaksesuaian ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk rentang waktu yang berbeda antara pengambilan citra satelit dan pengumpulan data lapangan, kondisi atmosfer saat pengambilan citra, serta kemungkinan kesalahan dalam proses identifikasi

objek. Selain melakukan perbandingan langsung, mampu merepresentasikan kondisi aktual di akurasi klasifikasi juga dievaluasi menggunakan lapangan dengan baik. Dengan demikian, metode teknik matriks kesalahan. Hasil pengujian pengolahan data yang diterapkan dapat dianggap menunjukkan nilai overall accuracy melebihi 70%, valid dan layak untuk digunakan. mengindikasikan bahwa hasil klasifikasi NDVI

Tabel 8. Nilai NDVI kerapatan mangrove tahun 2018 dan 2023

Table 8. NDVI Values of Mangrove Density in 2018 and 2023

Tahun	Luas Mangrove (Ha)	Nilai NDVI		
		Jarang (Ha)	Sedang (Ha)	Rapat (Ha)
2018	21.42	0.02 (0.1%)	0.10 (0.5 %)	21.30 (99.4 %)
2023	29.95	0.05 (0.2 %)	0.17 (0.6 %)	29.74 (99.3 %)

Berdasarkan Tabel 8, kategori kerapatan mangrove jarang pada tahun 2018 sebesar 0.02 hektar, kerapatan sedang 0.10 hektare, dan kategori rapat 21.30 hektar dari keseluruhan 21.42 hektare. Untuk kategori kerapatan mangrove jarang pada tahun 2023 sebesar 0.05 hektar, kategori sedang 0.17 hektar, dan kategori rapat sebesar 29.74 hektar dari keseluruhan 29.95 hektar. Kerapatan mangrove dari tahun 2018 sampai 2023 mengalami peningkatan, peningkatan terendah terjadi pada kategori jarang sebesar 0.03 hektar sedangkan peningkatan tertinggi terjadi pada kategori rapat sebesar 8.44 hektar.

Tabel 9. Uji akurasi NDVI dengan data lapangan

Table 9. NDVI Accuracy Assessment using Field Data

Kategori	Data Lapangan			Total Baris	User Accuracy
	Jarang	Sedang	Rapat		
Jarang	0	0	5	5	0
Sedang	0	4	1	5	80.00
Rapat	0	0	40	40	100.00
Total Kolom	0	4	46	50	
Producer Accuracy	0	100	86.96		
Overall Accuracy	44	88.00			
Kappa Koefisien	1860	53.13			

Penelitian ini menggunakan 50 titik sampel untuk pengujian (testing) akurasi kerapatan lamun. Hasil analisis menunjukkan terdapat 7 titik koordinat yang tidak selaras antara hasil klasifikasi pemetaan dengan kondisi kerapatan di lapangan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Darmawan et al. (2018), bahwa ketidaksesuaian antara hasil klasifikasi NDVI dan data lapangan umumnya dipengaruhi oleh keterbatasan resolusi spasial citra serta gangguan atmosfer dan awan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di Desa Busung Panjang mengalami tren positif baik dari aspek sebaran spasial maupun tingkat kerapatan selama periode 2018–2023. Luas tutupan mangrove berhasil dipetakan meningkat sebesar 8,53 Ha, yaitu dari 21,42 Ha (2018) menjadi 29,95 Ha (2023), dengan kondisi kerapatan yang secara konsisten didominasi oleh kategori rapat. Implementasi metode Support Vector Machine (SVM) dan transformasi NDVI pada citra Sentinel-2A terbukti sangat efektif untuk memantau dinamika ini, dibuktikan oleh akurasi klasifikasi yang mencapai 83,33% (2018) dan 96,67% (2023). Hasil tersebut diperkuat oleh uji validasi yang menunjukkan kesesuaian tinggi sebesar 88% antara estimasi kerapatan berbasis nilai NDVI dengan kondisi riil hasil pengamatan di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kontribusi dalam pelaksanaan penelitian serta penyusunan artikel ini. Terima kasih disampaikan kepada institusi tempat penelitian dilaksanakan atas fasilitas dan dukungan yang diberikan selama proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, (2016). Struktur Komunitas Mangrove di Desa Kahyapu Pulau Enggano. *jurnal Enggano*. Vol 1. Hal 19-31
- Akhrianti, I., & Erika, A. (2022). Identifikasi Jenis Bivalvia Pada Ekosistem Mangrove Di Sekitar Perairan Kota Pangkalpinang. *Journal of Marine Research*, 11(4), 695-705.
- Ardiansyah, D. M., & Buchori, I. (2014). Pemanfaatan Citra Satelit Untuk Penentuan Lahan Kritis Mangrove Di Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.14710/geoplanning.1.1.1-12>
- Asbar, Yunus, M., & Hamsiah. 2024. Analisis Produksi dan Potensi Unsur Hara Serasah di Kawasan Konservasi Mangrove Puntondo Kecamatan Mangarabombang Kabupaten Takalar. *Journal of Indonesian Tropical Fisheries (JOINT-FISH)*, 7(1): 54–62.
- Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning*, 20(3), 273–297. <https://doi.org/10.1007/BF00994018>
- Darmawan, A., Harianto, S. P., Santoso, T., & Winarno, G. D. (2018). *Buku Ajar Penginderaan Jauh Untuk Kehutanan*.
- Departemen Kehutanan. (2005). *Pedoman Inventarisasi Dan Identifikasi Lahan Kritis Mangrove*. Jakarta : Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial Departemen Kehutanan
- Firmansyah, S., Gaol, J., & Susilo, S. B. (2019). Comparison Of SVM And Decision Tree Classifier With Object Based Approach For Mangrove Mapping To Sentinel-2B Data On Gili Sulat, Lombok Timur. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 9(3), 746–757. <https://doi.org/10.29244/jpsl.9.3.746-757>
- Firmansyah, Septiyan. (2019). Perbandingan Klasifikasi SVM dan Decision Tree Untuk Pemetaan Mangrove Berbasis Objek Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2B di Gili Sulat, Lombok Timur. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*. 9(3): 746-757.
- Hastuti, E.D., (2017), Penerapan Wanamina: Kelulushidupan Semat Mangrove Variasi Kualitas Lingkungan dan Perubahan Kandungan Logam Berat, *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 2(1), pp.17-25.
- Hirata, Y., Tabuchi, R., Patanaponpaiboon, P., Pongpam, S., Yoneda, R., & Fujioka, Y. (2014). Estimation Of Aboveground Biomass

- In Mangrove Forests Using High-Resolution Satellite Data. *Journal of Forest Research*, 19(1), 34–41. <https://doi.org/10.1007/s10310-013-0402-5>
- Kawamuna, E. (2017). Analisis Kesehatan Hutan Mangrove Berdasarkan Metode Klasifikasi NDVI Pada Citra Sentinel-2. *Jurnal Geodesi Undip Januari* 2017, 6, 277–284
- Khatami, R., Mountrakis, G., & Stehman, S. V. (2016). A meta-analysis of remote sensing research on supervised pixel-based land-cover classification using artificial neural networks, support vector machines, and random forests. *Remote Sensing of Environment*, 177, 89–100. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.028>
- Lestari, C. D. (2020). *Kapasitas Badan Pertanahan Nasional Dalam Melaksanakan Program Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL) Di Kabupaten Siak* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau). (Thesis). Program Pascasarjana UNRI. Riau.
- Mallinis G, Mitsopoulos I, Chrysafi I. (2018) Evaluating and comparing sentinel2A and landsat-8 operational land imager (OLI) spectral indices for estimating fire severity in a mediterranean pine ecosystem of Greece. *GIScience Remote Sens.* 55(1):1-18. doi:10.1080/15481603.2017.1354803.
- Martinuzzi, S., Vierling, L. A., Gould, W. A., Falkowski, M. J., Evans, J. S., Hudak, A. T., & Vierling, K. T. (2009). Mapping snags and understory shrubs for a LiDAR-based assessment of wildlife habitat suitability. *Remote Sensing of Environment*, 113(12), 2533-2546.
- Masdian, A. R., Bashit, N., & Hadi, F. (2023). Analisis Produktivitas Padi Menggunakan Algoritma Machine Learning Random Forest Di Kabupaten Batang Tahun 2018-2022. *Elipsoida: Jurnal Geodesi dan Geomatika*, 6(1), 43-51.
- Masitha, M., Gaol, J. L., & Arhatin, R. E. (2017). Pendugaan Kerapatan Mangrove dengan Algoritma Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Dan Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI). *Bogor Agricultural*.
- Muliawan, R.E., Prartono, T., & Bengen, D.G., (2020). Productivity and decomposition rate of *Rhizophora mucronata* and *Avicennia alba* litter based on environment characteristics in Muara Gembong. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 429(1): 012057. DOI:10.1088/1755-1315/429/1/012057
- Musrafil, M., Kasmawati, & Hamsiah. 2023. Analisis Tingkat Pemahaman Masyarakat dan Strategi Pengelolaan Rehabilitasi Mangrove di Desa Pasimarannu Kecamatan Sinjai Timur Kabupaten Sinjai. *Journal of Indonesian Tropical Fisheries (JOINT-FISH)*, 6(2): 209–223.
- Noor, Y. R., Khazali, M., & Suryadiputra, I. N. N. (2012). *Panduan pengelolaan mangrove di Indonesia*. Bogor: PHKA/WI-IP.
- Nurazizah, Kasnir, M., & Asbar. 2024. Analisis Persepsi dan Strategi Pengembangan Ekowisata Pantai Lemo-Lemo Kelurahan Tanah Lemo Kecamatan Bonto Bahari Kabupaten Bulukumba. *Journal of Indonesian Tropical Fisheries (JOINT-FISH)*, 7(1): 1–13.
- Pham, T. D., Xia, J., Baier, G., Le, N. N., & Yokoya, N. (2019). Mangrove Species Mapping Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Data in North Vietnam. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 6102–6105. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2019.8898987>
- Prasetio, R. T., & Ripandi, E. (2019). Optimasi Klasifikasi Jenis Hutan Menggunakan Deep Learning Berbasis Optimize Selection. *Jurnal Informatika*, 6(1), 100–106. <https://doi.org/10.31311/ji.v6i1.5176>
- Pribadi, R., Muhajir, A., Widianingsih, W., & Hartati, R. (2014). Pemangsaan Propagul Mangrove *Rhizophora* sp. Sebagai Bukti Teori Dominance-Predation (Predation of Mangrove Propagule, *Rhizophora* sp. as Evidence of Dominance-Predation Theory). *Journal of Marine Sciences*, 19(2), 105-112.

- Sahami, F. (2018). Penilaian kondisi mangrove berdasarkan tingkat kerapatan jenis. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 6(2), 33-40.
- Sampurno, R. M., & Thoriq, A. (2016). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan*, 10(2), 61-70.
- Saputra, S., Sugianto, S., & Djufri, D. (2016). Sebaran mangrove sebelum tsunami dan sesudah tsunami di Kecamatan Kuta Raja Kota Banda Aceh. *JESBIO: Jurnal Edukasi dan Sains Biologi*, 5(1).
- Suteja, Y., Gusti B.S.D & Ni, K.D.P. (2020). Struktur Komunitas Mangrove Berdasarkan Karakteristik Substrat di Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali, *Journal of Marine and Aquatic Sciences* 6(1), 90-99.
- Tahir, I., Paembonan, R. E., Harahap, Z. A., Akbar, N., & Wibowo, E. S. (2017). Sebaran Kondisi Ekosistem Hutan Mangrove Di Kawasan Teluk Jailolo, Kabupaten Halmahera Barat. Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Enggano*, 2(2), 143–155.
<https://doi.org/10.31186/jenggano.2.2.143-155>
- Veettil, B.K., Ward, R.D., Quang, N.X., Trang, N.T.T., & Giang, T.H., (2019). Mangroves Of Vietnam: Historical Development, Current State of Research And Future Threats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 218:212–236.doi:10.1016/j.ecss.2018.12.02