

Analisis Sebaran Spasial Mangrove Sentinel-2A di Pantai Kutang, Lamongan

Rossi Nur Iriani*, Ibnu Praktikto, Chrisna Adhi Suryono

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia
Corresponding author, e-mail: rossinuririani@gmail.com

ABSTRAK: Mangrove sebagai ekosistem pesisir memiliki peran penting dalam menjaga keberlangsungan lingkungan pesisir dan keanekaragaman hayati laut. Alih fungsi lahan mangrove untuk tambak dan pemukiman yang masif menjadi ancaman kelestarian hutan mangrove di lokasi wisata Pantai Kutang, Kabupaten Lamongan. Studi mengenai sebaran spasial mangrove menjadi langkah inventarisasi, rehabilitasi, serta pelestarian mangrove di Pantai Kutang. Dengan memanfaatkan citra Sentinel-2A, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan peta tematik yang menggambarkan kondisi mangrove di Pantai Kutang. Pendekatan penginderaan jauh memadukan *composite band* dengan *supervised classification* dilakukan untuk mengetahui sebaran dan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk mengetahui luas mangrove. Validasi lapangan menerapkan *hemispherical photography* untuk menganalisa tutupan kanopi mangrove. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas keseluruhan vegetasi mangrove di Pantai Kutang sebesar 159.654,61 m², dengan enam jenis mangrove mayor yang dominan. Dengan menggunakan teknik *hemispherical photography*, kerapatan kanopi mangrove dievaluasi, menunjukkan persentase tutupan kanopi berkisar antara 61,50% hingga 82,61%. Variabilitas ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti salinitas dan jenis substrat. Meskipun terdapat beberapa ketidaksesuaian antara interpretasi citra dan kondisi lapangan, hasil *overall accuracy* dan koefisien Kappa menunjukkan tingkat akurasi yang dapat diterima. Dengan tingkat kesesuaian antara nilai NDVI dan persentase tutupan vegetasi mangrove dari *hemispherical photography* adalah sebesar 83,33%. Hal ini menunjukkan tingkat konsistensi yang cukup tinggi antara dua metode pengukuran tersebut dalam menilai kerapatan vegetasi mangrove.

Kata kunci: *Hemispherical Photography*; Mangrove; NDVI; Sentinel-2A; Pantai Kutang

Spatial Analysis of Mangrove Sentinel-2A Using Hemispherical Photography Method at Kutang Beach, Lamongan

ABSTRACT: Mangroves as coastal ecosystems play a crucial role in maintaining coastal environmental sustainability and marine biodiversity. The widespread conversion of mangrove land to ponds and settlements poses a significant threat to the conservation of mangrove forests in Pantai Kutang, Kabupaten Lamongan. Spatial distribution studies are essential for inventorying, rehabilitating, and preserving mangroves in this area. Using Sentinel-2A imagery, this research aims to produce thematic maps depicting the mangrove condition at Pantai Kutang. Remote sensing approach combining *composite band* with *supervised classification* was employed to assess distribution, while *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) was used to estimate mangrove extent. Field validation utilized *hemispherical photography* to analyze mangrove canopy cover. Findings reveal the total mangrove vegetation area at Pantai Kutang to be 159654.61 m², dominated by six major mangrove species. Using *hemispherical photography*, mangrove canopy density was evaluated, showing canopy cover percentages ranging from 61.50% to 82.61%. Environmental factors such as salinity and substrate type influenced this variability. Despite some discrepancies between image interpretation and field conditions, overall accuracy and Kappa coefficient results indicate an acceptable level of accuracy. The correlation between NDVI values and mangrove canopy cover percentage from *hemispherical photography* was found to be 83.33%.

indicating a high level of consistency between the two measurement methods in assessing mangrove vegetation density.

Keywords: *Hemispherical Photography; Mangrove; NDVI; Sentinel-2A; Pantai Kutang*

PENDAHULUAN

Kabupaten Lamongan terletak di bagian barat laut Jawa Timur, dengan panjang garis pantai sekitar 47 km yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Wilayah ini telah ditetapkan sebagai Daerah Tujuan Wisata (DTW) oleh Pemerintah Jawa Timur, dan memiliki objek wisata alam serta budaya yang menarik perhatian wisatawan lokal maupun Nasional. Salah satu objek wisata di Kabupaten Lamongan yang sedang berkembang adalah Pantai Kutang. Pantai Kutang mulai dikenal oleh masyarakat luas sebagai destinasi wisata pantai yang menarik (Aprianto dan Romadhon, 2021). Selain itu, Pantai Kutang juga memiliki ekosistem mangrove yang masih alami. Pengembangan mangrove di Pantai Kutang tidak hanya berpotensi untuk meningkatkan keindahan wisata alam, tetapi juga sebagai bagian dari upaya konservasi lingkungan. Keberadaan mangrove yang alami dan terjaga menjadi aset berharga dalam mendukung keberlanjutan ekosistem pesisir (Mahfudin dan Kurniawati, 2023).

Namun, ekosistem mangrove di Pantai Kutang menghadapi berbagai masalah serius. Alih fungsi lahan mangrove untuk tambak dan pemukiman yang masif menjadi ancaman kelestarian hutan mangrove di wilayah ini. Perambahan lahan sering kali menyebabkan degradasi dan hilangnya habitat mangrove, sementara pencemaran air mengganggu kesehatan ekosistem dan mengurangi kemampuan mangrove untuk menyerap karbon dioksida serta mendukung kehidupan akuatik. Upaya reboisasi juga belum sepenuhnya diikuti oleh masyarakat secara mandiri untuk menjaga kelestarian ekosistem mangrove (Aprianto dan Romadhon, 2021).

Oleh karena itu, sangat penting untuk memantau kondisi hutan mangrove di Pantai Kutang secara sistematis dan akurat. Penelitian yang ada sebelumnya umumnya hanya berfokus pada aspek ekowisata dan belum secara spesifik membahas sebaran, kondisi, serta tidak menyediakan peta tematik mangrove yang komprehensif. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan tersebut dengan menghasilkan peta false color, peta tata guna lahan, dan peta klasifikasi kerapatan mangrove yang fokus pada Pantai Kutang. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah inovatif, menggabungkan data citra Sentinel-2A dan metode hemispherical photography. Pendekatan ini belum pernah digunakan dalam penelitian sebelumnya di lokasi yang sama, sehingga diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pemantauan dan pengelolaan ekosistem mangrove di Pantai Kutang. Dengan adanya peta tematik yang komprehensif, informasi mengenai sebaran, luas, dan kerapatan tutupan mangrove dapat diperoleh (Sukojo, dan Arindi 2019). Hal ini sangat penting untuk mendukung upaya konservasi dan pengelolaan hutan mangrove secara berkelanjutan di Pantai Kutang, serta memberikan dasar ilmiah untuk kebijakan pengelolaan lingkungan yang lebih baik ke depannya.

MATERI DAN METODE

Materi penelitian yang digunakan adalah tutupan kanopi vegetasi mangrove di Pantai Kutang, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Data citra satelit Sentinel-2A level 1C dengan persentase tertutup oleh awan yang kurang dari 5% di akuisisi pada November 2023. Untuk menganalisis tutupan kanopi, digunakan pendekatan analisis citra satelit melalui platform visualisasi geospasial *Google Earth Engine* (Munawaroh *et al.*, 2023). Metode analisis citra satelit melibatkan dua tahap, yaitu interpretasi visual dan interpretasi digital. Interpretasi digital mencakup penggunaan band komposit, klasifikasi dengan metode *maximum likelihood*, dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk mengidentifikasi dan memetakan tutupan kanopi mangrove. Penting untuk dicatat bahwa analisis citra satelit hanya memberikan gambaran dari

atas, sehingga hasil dari analisis citra satelit perlu divalidasi (Paramanik *et al.*, 2022). Validasi dilakukan melalui *ground check* di lapangan pada bulan September hingga Desember 2023 untuk mengumpulkan data struktur vegetasi, seperti *Diameter Breast Height* (DBH), jenis spesies mangrove, serta analisis *hemispherical photography*.

Data primer yang diambil dari lapangan menjadi landasan untuk mengevaluasi hasil analisis citra satelit. Selain data primer, data parameter lingkungan vegetasi mangrove juga menjadi bagian penting dalam penelitian ini, mencakup parameter seperti salinitas dan jenis substrat (Ahmed *et al.*, 2022). Data sekunder yang mendukung penelitian meliputi klasifikasi elevasi pantai dan peraturan perundang-undangan yang berkaitan dengan pengelolaan dan perlindungan ekosistem mangrove di wilayah Pantai Kutang. Dengan menggunakan pendekatan ini, penelitian dapat memberikan pemahaman yang lebih holistik tentang tutupan kanopi vegetasi mangrove di Pantai Kutang, Kabupaten Lamongan. Serta hubungannya dengan faktor lingkungan dan regulasi yang berlaku. Lokasi penelitian ditetapkan setelah dilakukan *ground check* yang menghasilkan gambaran visual tentang lokasi penelitian. Lokasi pengambilan sampel terdiri dari 4 stasiun. Pembagian stasiun disesuaikan dengan pertimbangan letak mangrove berdasarkan zonasi yang dapat menggambarkan kondisi mangrove di lain titik dalam wilayah penelitian.

Dari 4 stasiun penelitian, akan didapatkan 12 plot sampel dengan masing-masing stasiun terdiri dari 3 plot sampel, hal ini tersaji pada gambar 2 untuk kemudian diambil data mangrove secara *stratified random sampling*, yakni sebuah metode pengambilan sampel dengan melihat perbedaan strata agar tidak tumpang tindih. Pemilihan 4 stasiun tersebut sesuai dengan penelitian Fuad *et al.*, (2019) yang juga menggunakan 12 plot sampel untuk penelitian struktur tegakan mangrove. Stasiun sampel di Pantai Kutang terdiri atas PK-1 yang merupakan lokasi mangrove dekat dengan pemukiman penduduk dan area pertambakan. Stasiun PK-2 dan PK-3 merupakan area mangrove yang berada di dekat pertambakan. Stasiun PK-4 merupakan area mangrove yang berada di pinggir pantai.

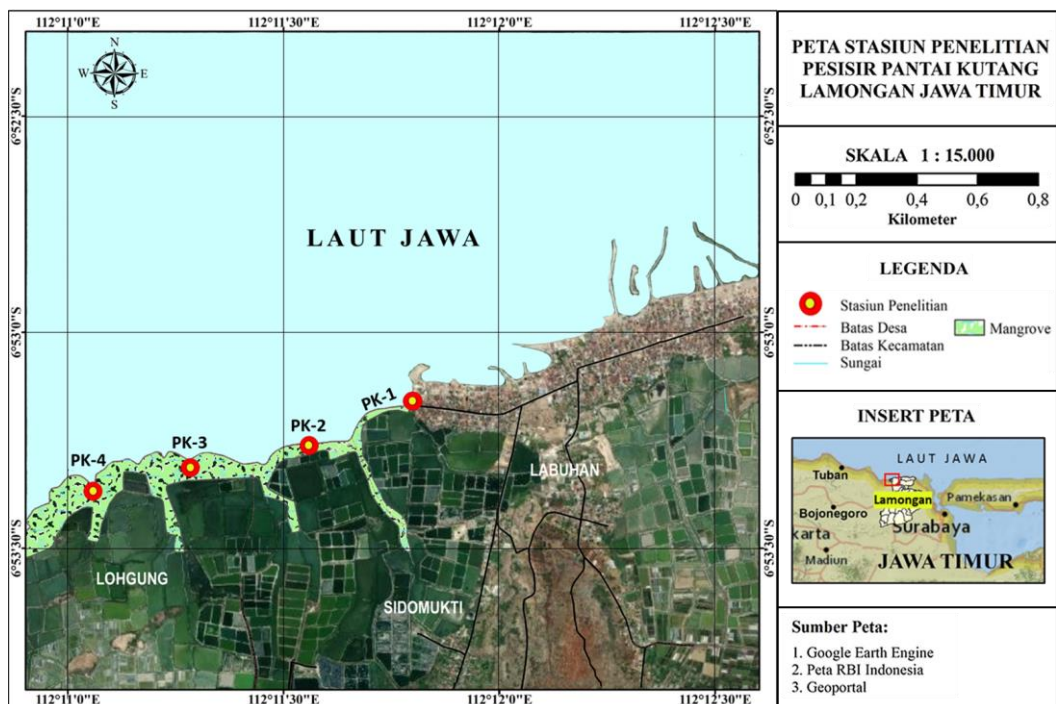
Metode penelitian dalam penelitian ini dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama adalah analisis citra satelit Sentinel-2A yang mencakup pengumpulan data melalui akuisisi citra, pra-pengolahan citra dengan melakukan koreksi atmosferis, penyusunan komposit band citra Sentinel-2A untuk membedakan visualisasi objek mangrove dan non-mangrove, klasifikasi objek mangrove menggunakan metode klasifikasi *maximum likelihood*, pengujian *separability index* untuk mengevaluasi keterpisahan hasil klasifikasi, dan analisis *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk menentukan kategori kerapatan mangrove (Saputra *et al.*, 2022). Tahap kedua adalah validasi analisis spasial melalui *ground check* dan pengambilan data di lapangan. *Ground check* melibatkan perekaman titik koordinat pengambilan data serta observasi lingkungan sekitar. Pengambilan data di lapangan dilakukan menggunakan plot sampling, yang mencakup data komposisi mangrove, struktur vegetasi, dan pengambilan *hemispherical photography*. Hasil dari *ground check* dan pengambilan data di lapangan kemudian dianalisis melalui analisis ekologi, uji akurasi *confusion matrix*, dan uji statistik dengan analisis korelasi dan regresi.

Setelah selesai tahap pra pengolahan citra, langkah selanjutnya penyusunan komposit band. Proses ini dilakukan menggunakan perangkat lunak *ER Mapper* dengan menggabungkan tiga band warna dari citra Sentinel-2A, yaitu band 8A (NIR), 11 (SWIR), dan 4 (Red) untuk membuat komposit *false color*. Komposit band ini memanfaatkan cahaya inframerah dan digunakan untuk interpretasi visual operator (Pratama *et al.*, 2022). Klasifikasi citra dilakukan untuk memisahkan objek mangrove dari objek non-mangrove. Proses ini dimulai dengan klasifikasi visual berdasarkan perbedaan warna hasil komposit band. Selanjutnya, dilakukan interpretasi digital berdasarkan individu piksel menggunakan metode klasifikasi *supervised*. Pada tahap ini, sejumlah daerah *training area* dibuat untuk digunakan dalam klasifikasi di area lain. Software ArcGIS digunakan untuk klasifikasi *supervised*, dan metode yang digunakan adalah *maximum likelihood*. *Maximum likelihood* merupakan langkah pengklasifikasian citra yang melibatkan interpreter dalam mengidentifikasi berbagai objek pada training area untuk digunakan sebagai acuan dalam mengidentifikasi objek lain. Hasil klasifikasi ini memberikan informasi tentang kelas tutupan lahan di lokasi penelitian, dalam konteks ini dibagi menjadi 4 kelas; mangrove, perairan, pemukiman penduduk dan tambak. Sebaran dan luas mangrove dihitung setelah proses klasifikasi.

Uji *Separability Index* digunakan dalam proses klasifikasi *maximum likelihood* untuk memisahkan komponen mangrove dan non-mangrove. Metode ini memanfaatkan jarak *Jeffries Matusita* (JM) dalam perangkat lunak ENVI. Dalam proses ini, *training area* yang telah dibuat sebelumnya diterapkan untuk mengevaluasi tingkat pemisahan. Nilai penerimaan uji *separability* pada jarak JM berkisar antara 0 hingga 2. Jika perbandingan antara dua kelas memiliki nilai 1,9 maka hal itu menunjukkan bahwa dua kelas tersebut terpisah dengan baik. Namun, jika nilai *separability* <1, Hal tersebut sesuai dengan penelitian Tarunamulia *et al.*, (2016), menyarankan untuk menggabungkan kelas tersebut dengan kelas lain yang memiliki karakteristik visual yang serupa, dan proses klasifikasi perlu diulang.

Setelahnya menentukan index vegetasi dengan NDVI digunakan untuk mengevaluasi fenomena vegetasi, seperti kepadatan mangrove, berdasarkan aktivitas fotosintesis vegetasi. NDVI merupakan algoritma matematis yang mengukur perbedaan antara penyerapan dan pemantulan cahaya oleh vegetasi. Nilai NDVI berkisar antara -1 hingga +1, dimana nilai positif menunjukkan vegetasi hijau, nilai 0 mengindikasikan permukaan non-vegetasi, dan nilai negatif mencerminkan badan air. Dalam analisis data, berbagai parameter digunakan untuk menggambarkan karakteristik ekosistem mangrove di Pantai Kutang. Ini melibatkan analisis vegetasi untuk memahami jenis-jenis spesies mangrove yang ada, tinggi tegakan mangrove, serta kepadatan tutupan kanopi. Beberapa parameter yang digunakan dalam analisis berdasarkan Odum *et al.*, (1993), dalam Aprianto dan Romadhon, (2021) meliputi; vegetasi termasuk frekuensi, frekuensi relatif, kepadatan, kepadatan relatif, dominasi relatif, dan indeks nilai penting.

Metode fotografi *hemispherical* digunakan untuk mengukur sejauh mana tutupan kanopi mangrove dalam studi. Dengan cara ini, kita dapat memperoleh data tentang sejauh mana kanopi mangrove menutupi area penelitian. Persentase tutupan kanopi adalah indikator penting dalam memahami sejauh mana cahaya tersedia dan seberapa padat vegetasi dalam ekosistem mangrove. Prinsip dasar dari fotografi *hemispherical* adalah membandingkan piksel berwarna hitam dan putih pada gambar yang dihasilkan, di mana warna hitam menggambarkan luas tutupan kanopi dan warna putih menggambarkan langit atau area yang tidak tertutup oleh kanopi. Hasil gambar yang diambil kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak seperti ImageJ.



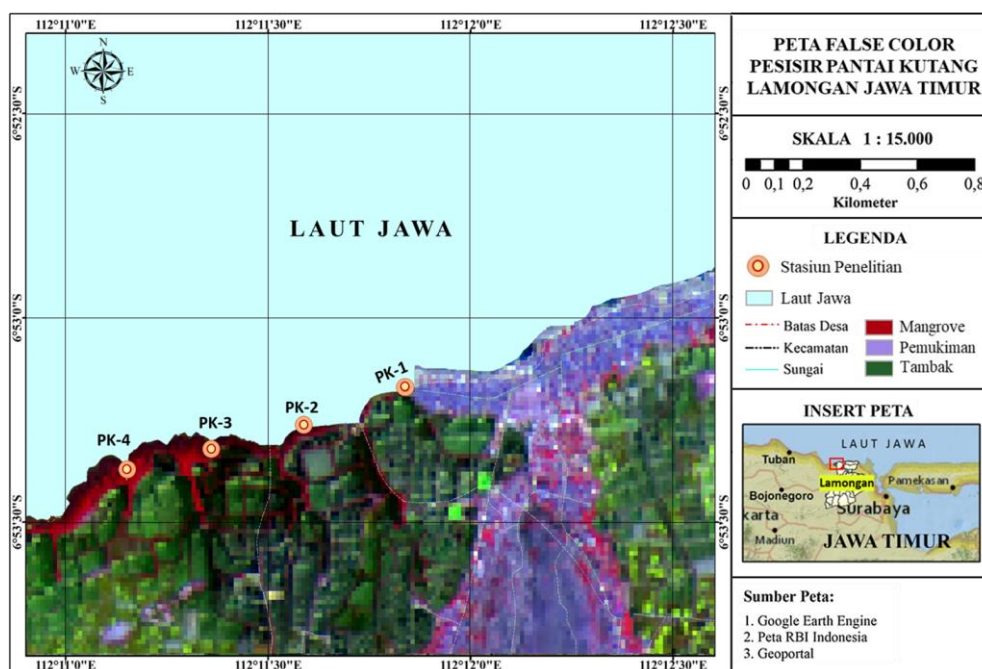
Gambar 1. Stasiun Sampling Lokasi Penelitian

Uji akurasi digunakan untuk membandingkan data lapangan dengan data hasil pengolahan citra satelit. Hal ini juga berfungsi sebagai langkah untuk menilai akurasi data spasial setelah dilakukan interpretasi dengan menggunakan indeks vegetasi. Dalam proses pengujian akurasi, dua kategori yang diperhatikan adalah mangrove dan non-mangrove, termasuk bangunan, pemukiman, perairan, lahan terbuka, dan pertambakan. Untuk mengukur akurasi, digunakan analisis matriks yang dikenal sebagai *confusion matrix*. Persentase ketepatan dihitung dengan membandingkan jumlah piksel yang diklasifikasikan dengan benar dalam setiap kategori pelatihan dengan jumlah total piksel dalam sampel validasi, yang kemudian menghasilkan *overall accuracy*. Standar minimum *overall accuracy* yang diterima adalah 70%. Jika angka ini tidak tercapai, interpreter harus membuat ulang area penelitian. Data perbandingan diinput ke dalam matriks untuk menentukan tingkat akurasi (Hanan *et al.*, 2020).

HASIL PEMBAHASAN

Mangrove yang dapat ditemui di Pantai Kutang terdiri dari enam spesies berdasarkan hasil plot sampel yang sesuai dengan tabel 1. Spesies tersebut adalah *Bruguiera gymnorhiza*, *Ceriops tagal*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, dan *Sonnerita alba*. Keenam jenis mangrove masuk dalam kategori mangrove mayor. Dari keseluruhan mangrove tersebut diketahui bahwa keenam spesies mangrove yang memiliki status IUCN *Least Concern* (LC) dengan risiko rendah. Pengelompokan spesies mangrove tersebut mengacu pada buku identifikasi mangrove yang dikembangkan oleh Noor *et al.*, (2012). Kesamaan spesies mangrove yang ditemukan di Pantai Kutang dengan penelitian sebelumnya juga tercatat. Hasil komposit ini menggambarkan objek mangrove dengan jelas dan dapat dibedakan dari lingkungan sekitarnya, *layouting* komposit ditampilkan pada Gambar 2.

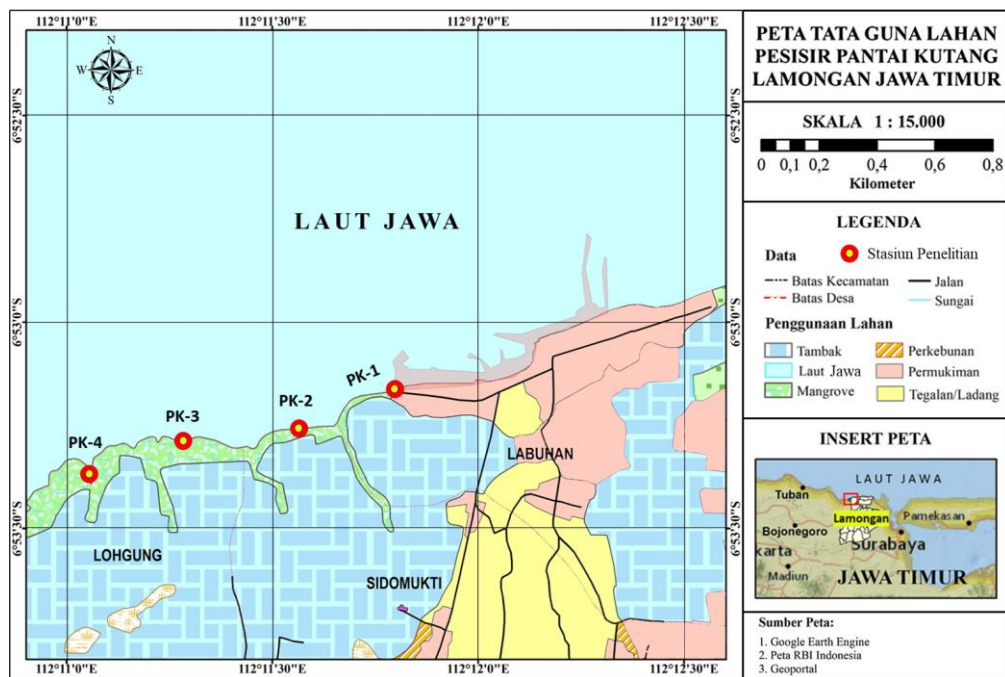
Berdasarkan peta tersebut, tata guna lahan di Pesisir Pantai Kutang dibagi ke dalam beberapa kategori yang saling berbeda ketampakan nya, sesuai yang tersaji pada gambar 3 dalam keterangan legenda. Meliputi; mangrove, tambak, pemukiman, padang rumput, perkebunan, ladang, dan perairan. Melalui metode ini, hasil klasifikasi menghasilkan peta tata guna lahan yang memberikan gambaran visual yang jelas tentang distribusi objek-objek di wilayah Penelitian Pantai Kutang. Hal ini mendukung tujuan penelitian untuk memahami karakteristik ekosistem mangrove dan lingkungan di wilayah tersebut.



Gambar 2. Peta *Layouting* Komposit Band False Color Pantai Kutang

Tabel 1. Komposisi Mangrove di Pantai Kutang

Spesies Mangrove	Family	Kategori	Status IUCN
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	Rhizophoraceae	Mayor	LC
<i>Ceriops tagal</i>	Rhizophoraceae	Mayor	LC
<i>Rhizophora mucronata</i>	Rhizophoraceae	Mayor	LC
<i>Rhizophora apiculata</i>	Rhizophoraceae	Mayor	LC
<i>Rhizophora stylosa</i>	Rhizophoraceae	Mayor	LC
<i>Sonnerita alba</i>	Lythraceae	Mayor	LC

**Gambar 3.** Peta Tata Guna Lahan Pesisir Pantai kutang

Proses klasifikasi NDVI ini kemudian diuji dengan *ground check* di lapangan untuk memvalidasi keakuratannya. Hasil pemetaan kerapatan tutupan kanopi mangrove kemudian direpresentasikan secara tematik dalam peta, memberikan gambaran visual tentang distribusi dan kerapatan mangrove di wilayah penelitian. Hasil parameter lingkungan meliputi jenis sedimen dalam penelitian diperlihatkan pada tabel 2. Hasil persentase salinitas dalam setiap plot disajikan dalam tabel 3.

Struktur vegetasi mangrove dari 4 stasiun yang didapatkan pada penelitian ini meliputi beberapa informasi antara lain mengenai frekuensi mangrove (F), Kerapatan vegetasi (K), Frekuensi Relatif (FR), Dominasi Relatif (DR), Kerapatan Relatif (KR), dan Indeks Nilai Penting (INP), data tersebut tersaji pada tabel 4.

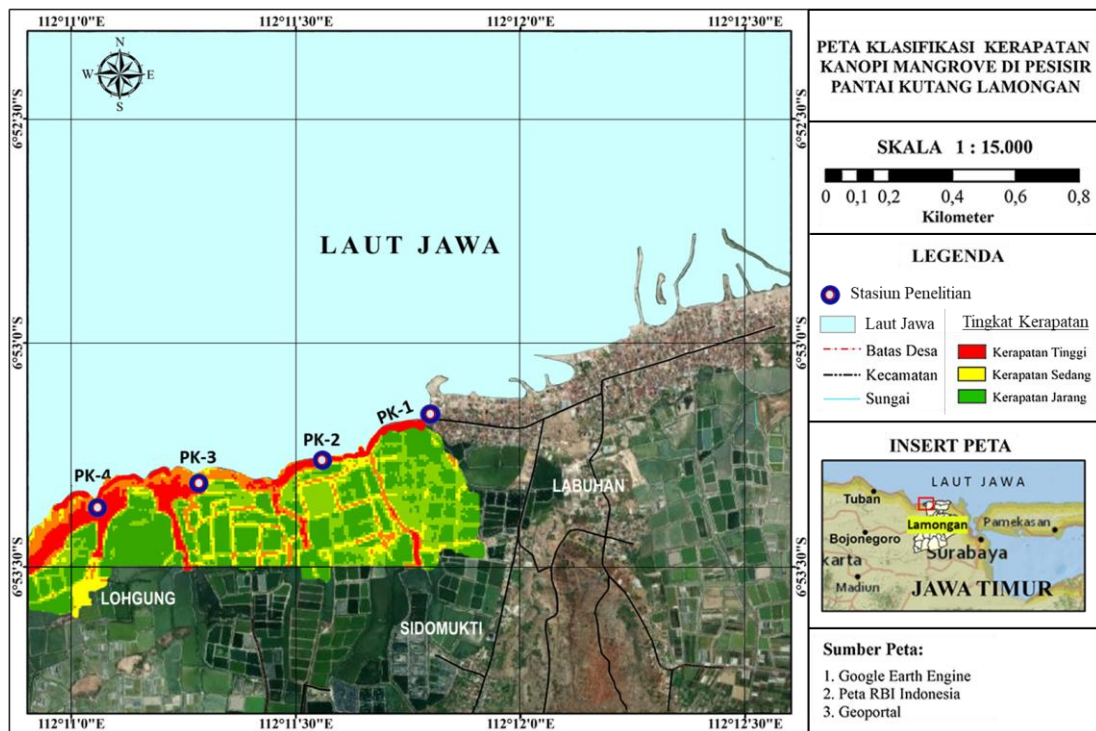
Berdasarkan analisis *hemispherical photography* menggunakan perangkat lunak ImageJ. Dalam analisis persentase tutupan kanopi mangrove di Pantai Kutang, hasil menunjukkan variasi yang signifikan antara stasiun pengamatan. Rata-rata standar deviasi persentase tutupan kanopi mangrove dapat dilihat pada tabel 5 dari empat stasiun pengamatan, yaitu PK-1, PK-2, PK-3, dan PK-4 adalah 6,05%. Stasiun PK-1 mencatat standar deviasi tertinggi sebesar 7,76%, sementara stasiun PK-4 memiliki standar deviasi terendah sebesar 5,09%. Variabilitas ini menunjukkan adanya perbedaan yang cukup besar dalam kerapatan kanopi mangrove antara setiap stasiun.

Tabel 2. Persentase Ukuran Butir Pada Jenis Sedimen

Stasiun	Ukuran Butir (%)			Jenis Sedimen
	Silt	Pasir	Clay	
PK-1	34,79	77,83	22,79	Lempung liat Berpasir
PK-2	16,28	67,45	13,28	Lempung Berpasir
PK-3	15,32	63,25	11,57	Lempung Berpasir
PK-4	20,34	75,37	13,84	Lempung Berpasir

Tabel 3. Persentase Salinitas Pada Setiap Plot

Stasiun	Salinitas (‰)
PK-1	22-24
PK-2	18-22
PK-3	17-19
PK-4	15-17

**Gambar 4.** Peta Klasifikasi Kerapatan Kanopi

Tabel 6 menyajikan data mengenai kesesuaian tingkat kerapatan mangrove berdasarkan nilai NDVI dengan persentase tutupan vegetasi menggunakan metode *hemispherical photography*. Data ini berasal dari pengamatan pada 12 plot yang tersebar di 4 stasiun pengamatan. Berdasarkan hasil analisis, ditemukan bahwa tingkat kesesuaian antara nilai NDVI dan persentase tutupan vegetasi mangrove dari *hemispherical photography* adalah sebesar 83,33%. Hal ini menunjukkan tingkat konsistensi yang cukup tinggi antara dua metode pengukuran tersebut dalam menilai kerapatan vegetasi mangrove.

Nilai analisis korelasi *Pearson* (r) yang didapat antara NDVI dengan *hemispherical photography* untuk penelitian di Pesisir Pantai Kutang yaitu sebesar 0,9060 sesuai dengan yang tersaji dalam tabel 7. Hasil korelasi menunjukkan bahwa nilai NDVI dan persentase tutupan kanopi mangrove tergolong ke dalam hubungan sangat kuat yang artinya persentase tutupan kanopi mangrove sangat dipengaruhi oleh nilai NDVI. Nilai positif yang dihasilkan dapat diartikan bahwa persentase tutupan kanopi mangrove dipengaruhi oleh nilai NDVI dimana hubungannya searah. Koefisiensi determinasi (R^2) 0,8208 menunjukkan bahwa nilai NDVI mempengaruhi persentase tutupan kanopi mangrove sebesar 82,08%. Grafik hubungan analisis regresi antara NDVI dan *hemispherical photography* di Pesisir Pantai Kutang terilustrasi dalam grafik pada gambar 5.

Tabel 4. Analisis Struktur Vegetasi Mangrove

Stasiun	Spesies	F	K (ind/m ²)	FR (%)	DR (%)	KR (%)	INP (%)
PK-1	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,17	50	5,56	50,75	5,56	57,74
	<i>Rhizophora mucronata</i>	1,00	275	33,33	2,86	33,33	72,62
	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,83	450	27,78	10,49	27,78	59,70
	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	1,00	615	33,33	35,89	33,33	109,94
	Jumlah	3,00	1390	100	100	100	300,00
PK-2	<i>Ceriops tagal</i>	0,92	280	22,92	4,27	22,42	49,60
	<i>Rhizophora mucronata</i>	1,00	520	25,00	28,57	25,99	79,56
	<i>Rhizophora apiculata</i>	1,25	880	31,25	28,46	32,48	92,19
	<i>Sonneratia alba</i>	0,83	155	20,83	38,70	19,11	78,65
	Jumlah	4,00	1835	100	100	100	300,00
PK-3	<i>Ceriops tagal</i>	0,17	250	8,33	9,95	34,09	52,38
	<i>Rhizophora mucronata</i>	1,00	780	50,00	62,02	32,32	144,35
	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,83	930	41,67	28,02	33,59	103,27
	Jumlah	2,00	1960	100	100	100	300,00
	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,17	725	5,56	31,65	39,15	76,35
PK-4	<i>Ceriops tagal</i>	1,00	125	33,33	4,86	22,66	60,85
	<i>Sonnerita alba</i>	0,83	140	27,78	18,42	9,34	55,54
	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	1,00	650	33,33	45,08	28,85	107,26
	Jumlah	3,00	1640	100	100	100	300,00

Tabel 5. Persentase Tutupan Kanopi Mangrove Pantai Kutang

Stasiun	Plot	%Tutupan (±std Dev)	Kategori	Rata-rata (±std Dev)	Rata-rata Keseluruhan (±std Dev)			
PK-1	PK-1A	61,50 ± 7,21	Sedang	64,86 ± 2,99	68,26 ± 10,38			
	PK-1B	67,23 ± 5,30	Sedang					
	PK-1C	65,86 ± 10,81	Sedang					
PK-2	PK-2A	68,83 ± 1,74	Sedang	71,53 ± 4,48		68,26 ± 10,38		
	PK-2B	76,70 ± 7,18	Padat					
	PK-2C	69,05 ± 1,44	Sedang					
PK-3	PK-3A	74,10 ± 6,12	Sedang	56,06 ± 1,89			68,26 ± 10,38	
	PK-3B	76,21 ± 6,85	Padat					
	PK-3C	77,88 ± 5,71	Padat					
PK-4	PK-4A	78,95 ± 6,45	Padat	80,59 ± 1,86				68,26 ± 10,38
	PK-4B	80,22 ± 6,04	Padat					
	PK-4C	82,61 ± 2,77	Padat					

Tabel 6. Kesesuaian Nilai NDVI Dengan *Hemispherical Photography*

Stasiun	Plot	NDVI	Interpretasi NDVI	%Tutupan Kanopi	Interpretasi Tutupan	Kesesuaian
PK-1	PK-1A	0,33	Sedang	61,50	Sedang	Sesuai
	PK-1B	0,35	Sedang	67,23	Sedang	Sesuai
	PK-1C	0,34	Sedang	65,86	Sedang	Sesuai
PK-2	PK-2A	0,37	Sedang	68,83	Sedang	Sesuai
	PK-2B	0,42	Sedang	76,70	Padat	Tidak Sesuai
	PK-2C	0,39	Sedang	69,05	Sedang	Sesuai
PK-3	PK-3A	0,43	Padat	74,10	Sedang	Tidak Sesuai
	PK-3B	0,47	Padat	76,21	Padat	Sesuai
	PK-3C	0,49	Padat	77,88	Padat	Sesuai
PK-4	PK-4A	0,57	Padat	78,95	Padat	Sesuai
	PK-4B	0,63	Padat	80,22	Padat	Sesuai
	PK-4C	0,68	Padat	82,61	Padat	Sesuai
Presentase Kesesuaian				$= \frac{10}{12} \times 100\%$		83,33%

Tabel 7. Analisis Korelasi Pearson

NDVI	%Tutupan Kanopi
0,33	61,50
0,35	67,23
0,34	65,86
0,37	68,83
0,42	76,70
0,39	69,05
0,43	74,10
0,47	76,21
0,49	77,88
0,57	78,95
0,63	80,22
0,68	82,61
Korelasi Pearson	0,9060

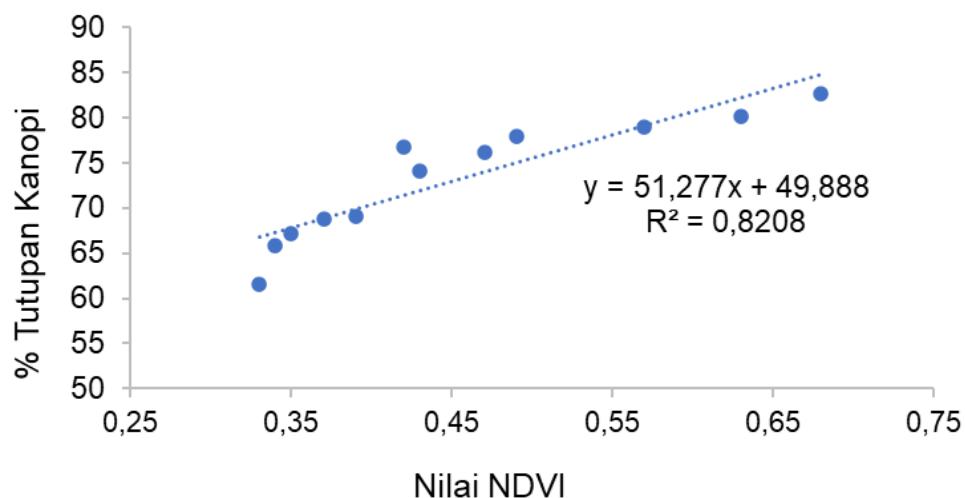
Berdasarkan pengambilan data di lapangan, di dapatkan enam jenis mangrove masuk dalam kategori mangrove mayor di Pesisir Pantai Kutang dan beberapa tergolong ke dalam dua famili yang berbeda untuk famili Rhizophoraceae masuk ke katagori mendominasi. Jenis mangrove yang ditemukan hampir di setiap blok pengamatan umumnya termasuk dalam kategori mangrove mayor. Mangrove mayor adalah jenis mangrove yang secara umum memiliki kemampuan untuk membentuk hutan yang padat dan homogen serta memiliki karakteristik akar nafas dan reproduksi yang dapat berlangsung baik melalui proses vivipari dan kriptovivipari (Rofi'i *et al.*, 2021). Dari keseluruhan mangrove tersebut diketahui bahwa keenam spesies mangrove yang memiliki status IUCN *Least Concern* (LC) dengan risiko rendah.

Citra Sentinel-2A memiliki 13 band *multispectral* yang berguna untuk merekam gambar permukaan bumi. Setiap band memiliki spesifikasi spektral yang berbeda untuk menangkap

panjang gelombang cahaya yang dipantulkan dari permukaan bumi. Dengan menggabungkan beberapa band atau membuat komposit citra, identifikasi dan interpretasi objek mangrove serta objek lain di sekitarnya dapat dilakukan dengan lebih mudah. Proses pembentukan komposit band ini melibatkan penggabungan tiga band yang dipilih: *Near Infra-Red* (NIR) band 8A, *Short Wave Infra-Red* (SWIR) band 11, dan band merah (*red*) band 4. Komposit band ini menghasilkan citra dengan skema warna palsu (*False Color*). Mangrove ditampilkan dengan warna yang berbeda untuk mempermudah identifikasi dan interpretasi, di mana mangrove ditampilkan sebagai warna merah yang berbeda dari jenis vegetasi non-mangrove yang berwarna ungu dan hijau muda, serta perairan yang berwarna biru tua dan hijau tua.

Setelah pembuatan komposit band, dilakukan proses klasifikasi terstruktur menggunakan metode *maximum likelihood classification*. Metode ini memungkinkan pengklasifikasian objek berdasarkan kemiripan nilai piksel nya. *Training area* dibuat berdasarkan ciri-ciri visual yang muncul dari komposit band. Berdasarkan peta tersebut, tata guna lahan di Pesisir Pantai Kutang dibagi ke dalam beberapa kategori yang saling berbeda ketampakan nya, sesuai yang tersaji pada gambar 4 dalam keterangan legenda. Meliputi; mangrove, tambak, pemukiman, padang rumput, perkebunan, ladang, dan perairan. Melalui metode ini, hasil klasifikasi menghasilkan peta tata guna lahan yang memberikan gambaran visual yang jelas tentang distribusi objek-objek di wilayah Penelitian Pantai Kutang. Hal ini mendukung tujuan penelitian untuk memahami karakteristik ekosistem mangrove dan lingkungan di wilayah tersebut. Luas keseluruhan vegetasi mangrove Pesisir Pantai Kutang melalui Sentinel-2A yaitu sebesar 159.654,61 m². Dimana pada stasiun PK-1 memiliki luas mangrove 32.883,29 m²; stasiun PK-2 dengan luas mangrove 40.811,64 m²; stasiun PK-3 memiliki luas mangrove 47.977,47 m²; dan luas mangrove di stasiun PK-4 sebesar 37.982,21 m². Mangrove di pesisir Pantai Kutang dapat ditemui beberapa lokasi seperti di pemukiman penduduk, di pinggir pantai dan dekat pertambakan. Kesadaran akan pentingnya hutan mangrove semakin meningkat, seperti yang dilaporkan oleh Nurgiartha dan Rosdiana (2019), Sebagai respons, pemerintah Kabupaten Lamongan aktif dalam menggalakkan gerakan penanaman mangrove. Kolaborasi antara Pemerintah Desa Labuhan, Tim PID, dinas pariwisata, dinas perikanan dan kelautan menjadi kunci dalam upaya pengelolaan mangrove. Tujuan utamanya adalah menciptakan lingkungan yang mendukung pembenihan biota laut sehingga menjaga keseimbangan ekosistem di sekitarnya.

NDVI digunakan sebagai indikator yang sangat berguna untuk memperkirakan kondisi vegetasi, termasuk mangrove, berdasarkan reflektansi cahaya inframerah dekat dan merah yang dipantulkan oleh tanaman. Ketika NDVI diterapkan pada citra komposit, objek-objek mangrove dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelas kerapatan vegetasi: jarang, sedang, dan padat. Hal ini



Gambar 5. Grafik Hubungan NDVI Dengan *Hemispherical Photography*

memungkinkan untuk memahami distribusi spatio demografis mangrove di sepanjang pantai Kutang secara lebih detail. Proses klasifikasi NDVI ini kemudian diuji dengan *ground check* di lapangan untuk memvalidasi keakuratannya (Hartoko *et al.*, 2019). Hasil pemetaan kerapatan tutupan kanopi mangrove kemudian direpresentasikan secara tematik dalam peta, memberikan gambaran visual tentang distribusi dan kerapatan mangrove di wilayah penelitian. Berdasarkan analisis NDVI, ditemukan bahwa nilai minimum NDVI di wilayah Pantai Kutang adalah -0,5376 sedangkan, nilai maksimum nya adalah 0,8975. Berdasarkan nilai-nilai NDVI ini, dilakukan *reclassify* untuk mengategorikan wilayah berdasarkan tiga kelas kerapatan yang telah ditentukan. Penggunaan tiga warna berbeda dalam peta membantu membedakan antara area mangrove dengan tingkat kerapatan jarang, sedang, dan padat. Warna hijau berasosiasi dengan tutupan mangrove, dengan tingkat kerapatan jarang. Mangrove dengan kerapatan sedang menggunakan warna kuning. Dan warna merah sebagai pembeda mangrove dengan tingkat kerapatan padat.

Kondisi lingkungan berpengaruh dalam sebaran vegetasi mangrove di Pesisir Pantai Kutang dapat dipengaruhi oleh parameter lingkungan seperti salinitas, substrat dan pasang surut. Salinitas di stasiun PK-1 dalam range 22-24‰, stasiun PK-2 memiliki nilai salinitas 18-22‰, pada stasiun PK-3 bersalinitas 17-19‰, dan pada stasiun PK-4 memiliki nilai salinitas 11-12‰. Menurut Aprianto dan Romadhon (2021), kondisi salinitas yang optimal bagi pertumbuhan mangrove berkisar antara 10-30‰. Mangrove dapat berkembang subur di wilayah estuari dengan kisaran salinitas 10-30 ppt. Berdasarkan data yang terdapat di tabel 1, dapat disimpulkan bahwa jenis substrat di setiap stasiun pengambilan sampel di Pesisir Pantai Kutang adalah stasiun PK-1 dengan substrat lempung liat berpasir, dan untuk stasiun PK-2; PK-3 dan PK-4 bersubstrat lempung berpasir yang merupakan kondisi yang mendukung pertumbuhan mangrove. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ulfa *et al.*, (2018), yang menyatakan bahwa substrat bertekstur lempung liat berpasir, lempung berpasir, lempung berliat, umumnya merupakan lingkungan yang cocok untuk tumbuhnya mangrove. Pantai Kutang memiliki topografi yang landai dengan elevasi sekitar 2 meter di atas permukaan air laut (DPL) dan terletak di wilayah pesisir. Jenis pasang surut yang terjadi di perairan adalah pasang surut harian tunggal, yang artinya terdapat satu siklus pasang dan surut dalam sehari. Pasang surut harian tunggal ini menyebabkan area mangrove di Pantai kutang tergenang sebanyak 30 kali dalam satu bulan. Studi ini sesuai dengan temuan dalam penelitian Iswahyudi *et al.*, (2019), Jenis pasang surut yang dominan di wilayah ini mempengaruhi zonasi mangrove yang terbentuk, dengan *Rhizophora* spp. menjadi jenis mangrove yang dominan tumbuh di Pesisir Pantai Kutang, sesuai dengan kondisi pasang surut tipe *all high tides*.

Persentase tutupan kanopi mangrove di Pesisir Pantai Kutang dari hasil yang didapat pada plot PK-1A hingga plot PK-4C dengan persentase terendah terdapat pada plot PK-1A yang bernilai 61,50% dan persentase tutupan kanopi tertinggi terdapat pada plot PK-4C dengan nilai 82,61%. Persentase tutupan kanopi yang ada pada stasiun PK-1 memiliki rata-rata 64,86% dengan interpretasi sedang. Stasiun PK-2 memiliki rata-rata persentase tutupan kanopi sebesar 71,53% dengan interpretasi sedang. Rata-rata persentase tutupan kanopi pada stasiun PK-3 ialah 76,06% dengan interpretasi padat. Dan persentase rata-rata tutupan kanopi stasiun PK-4 sebesar 80,59% dengan interpretasi padat. Apabila dibandingkan dengan persentase tutupan kanopi, jumlah kerapatan (K) vegetasi mangrove yang didapat pada stasiun PK-1 berjumlah 1390 ind/m² dengan interpretasi padat. Jumlah kerapatan pada stasiun PK-2 sebesar 1835 ind/m² dengan kategori interpretasi padat. Jumlah kerapatan pada stasiun PK-3 bernilai 1960 ind/m² dengan kategori interpretasi padat. Dan pada stasiun PK-4 yang memiliki tingkat kerapatan sebesar 1640 ind/m² dengan kategori interpretasi padat.

Indeks Nilai Penting (INP) digunakan untuk menilai pengaruh dan peran suatu spesies mangrove dalam ekosistem. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa spesies *Bruguiera gymnorhiza* memiliki INP tertinggi, berkisar antara 107 hingga 110, sementara spesies *Ceriops tagal* memiliki INP terendah sekitar 49,60. Besaran INP berkisar antara 0 hingga 300, menunjukkan bahwa *Bruguiera gymnorhiza* memiliki peran yang signifikan dalam ekosistem mangrove di area penelitian. Hal ini konsisten dengan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 3 Tahun 2014, yang menegaskan bahwa rentang nilai INP antara 0 hingga 300

digunakan untuk menilai spesies dominan. Hasil ini juga didukung oleh penelitian oleh Suryono *et al.*, (2020), yang menyatakan bahwa INP yang berkisar antara 106 hingga 204 dianggap sebagai tingkat sedang. Ekosistem mangrove dalam penelitian ini memiliki tingkat risiko moderat atau sedang, dengan persentase *Mangrove Health Index* (MHI) rata-rata sebesar 54,38%. Nilai MHI tertinggi terdapat pada stasiun PK-4, tepatnya pada plot PK-4C dengan persentase sekitar 69,81%, sementara nilai MHI terendah terdapat pada stasiun PK-2 di dalam plot PK-2B dengan persentase sekitar 57,32%. Nilai MHI ini sesuai dengan kategori kondisi yang digunakan dalam penelitian Dharmawan, (2021) yang membagi kondisi mangrove menjadi buruk (MHI < 33,33%), sedang (MHI 33,33% hingga 66,67%), dan baik (MHI > 66,67%).

Ada empat penilaian validasi yang dilakukan melalui uji akurasi menggunakan confusion matrix, yaitu persentase *User Accuracy* (UA), *Producer Accuracy* (PA), *Overall Accuracy* (OA), dan koefisien Kappa. Koefisien Kappa digunakan untuk mengukur kesesuaian antara hasil pengklasifikasian dengan keadaan sebenarnya. Dalam penelitian ini, diperoleh *Overall Accuracy* sebesar 94,12%, yang sebanding dengan penelitian oleh Hendrawan *et al.*, (2018) yang menggunakan citra Landsat 8 dan mencapai 83% dengan koefisien Kappa sebesar 0,75 untuk penggunaan citra Landsat 8 dan OA 90% dengan koefisien Kappa sebesar 0,89 untuk penggunaan citra SPOT 6. Perbedaan nilai tersebut mungkin disebabkan oleh perbedaan dalam *User Accuracy* (UA) dan *Producer Accuracy* (PA) serta spesifikasi citra yang digunakan. Dalam klasifikasi mangrove, diperoleh *Overall Accuracy* sebesar 83,33% dengan koefisien Kappa sebesar 0,71. Hasil ini menunjukkan bahwa uji akurasi dalam penelitian ini cukup dapat diterima, sesuai dengan temuan oleh Hendrawan *et al.*, (2018) yang menyatakan bahwa nilai *Overall Accuracy* yang lebih dari 70% dapat diterima. Selain itu, koefisien Kappa yang tinggi untuk klasifikasi tata guna lahan dan sedang untuk klasifikasi kerapatan mangrove juga sejalan dengan temuan oleh Rwanga dan Ndambuki (2017) yang menunjukkan bahwa koefisien Kappa mendekati 1 dapat diterima dengan baik. Penilaian lebih rendah dari koefisien Kappa pada klasifikasi lahan mungkin disebabkan oleh tidak ditemukannya mangrove dengan kategori yang jarang.

Dalam penelitian ini, dilakukan uji validitas untuk mengevaluasi pengaruh nilai NDVI terhadap tingkat kerapatan kanopi mangrove menggunakan analisis korelasi Pearson (*r*). Hasil uji menunjukkan nilai korelasi (*r*) sebesar 0,9060, menandakan adanya hubungan positif antara nilai NDVI dan tingkat kerapatan kanopi mangrove. Penemuan ini sejalan dengan temuan sebelumnya oleh Dewanti *et al.*, (2018), yang menegaskan bahwa nilai korelasi Pearson berkisar antara -1 hingga +1, di mana nilai positif menunjukkan hubungan searah antara kedua variabel. Dengan menggunakan tingkat signifikansi 5% dan nilai *r* tabel sebesar 0,4409 sebagai titik pembanding, ditemukan bahwa nilai *r* uji lebih besar dari nilai *r* tabel, menandakan adanya korelasi yang signifikan antara nilai NDVI dan tingkat kerapatan kanopi mangrove. Temuan ini didukung oleh studi Putra *et al.*, (2021), yang menunjukkan bahwa ketika nilai *r* yang dihitung melebihi nilai *r* tabel, maka ada hubungan antara kedua variabel. Untuk mengevaluasi kekuatan hubungan antara NDVI dan persentase mangrove berdasarkan fotografi *hemispherical*, dilakukan analisis regresi dengan nilai korelasi sebesar 0,8208. Hasil korelasi ini menunjukkan hubungan positif, mengindikasikan bahwa semakin tinggi nilai NDVI, maka kerapatan kanopi mangrove di Pesisir Pantai Kutang juga akan meningkat secara linear. Temuan ini konsisten dengan penelitian oleh Pratama *et al.*, (2019), yang juga mencatat bahwa korelasi positif mengindikasikan hubungan searah antara NDVI dan kerapatan kanopi mangrove.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis struktur dan komposisi mangrove, terdapat enam spesies mangrove yang ditemukan di Pantai Kutang. *Bruguiera gymnorrhiza* merupakan spesies yang dominan dalam ekosistem mangrove di area penelitian. Persentase tutupan kanopi mangrove bervariasi antara 61,50% hingga 82,61%, dengan kerapatan mangrove yang juga beragam di setiap stasiun pengamatan. Luas keseluruhan vegetasi mangrove Pesisir Pantai Kutang melalui Sentinel-2A yaitu sebesar 159.654,61 m². Proses analisis menggunakan citra Sentinel-2A telah divalidasi dengan data lapangan. Meskipun terdapat beberapa ketidaksesuaian dalam interpretasi, uji validasi

menunjukkan tingkat akurasi yang dapat diterima, dengan *Overall Accuracy Class* Lahan mencapai 94,12% dan untuk *Class* Kerapatan Mangrove didapat sebesar 83,33%. Korelasi antara NDVI dengan tingkat kerapatan kanopi mangrove juga menunjukkan hubungan yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S., Sarker, S.K., Friess, D.A., Kamruzzaman, M., Jacobs, M., Islam, M.A., & Pretzsch, H., 2022. Salinity Reduces Site Quality and Mangrove Forest Functions. From Monitoring to Understanding. *Science of the Total Environment*, 853:1-14. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.158662
- Aprianto, J., & Romadhon, A., 2021. Analisis Kesesuaian Ekowisata Mangrove di Pantai Kutang Kabupaten Lamongan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 2(2):107-114. DOI: 10.21107/juvenil.v2i2.10654
- Dewanti, L.P.P., Putra, I.D.N.N., & Faiqoh, E., 2018. Hubungan Kelimpahan dan Keanekaragaman Fitoplankton dengan Kelimpahan dan Keanekaragaman Zooplankton di Perairan Pulau Serangan, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(2):324-335. DOI: 10.24843/jmas.2018.v4.i02.324-335
- Dharmawan, I.W.E., 2020. Hemispherical Photography: Analisis Tutupan Kanopi Komunitas Mangrove. NAS Media Pustaka. Makassar.
- Dharmawan, I.W.E., & Pramudji, S., 2017. Panduan Pemantauan Komunitas Mangrove. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta.
- Fuad, M.A.Z., Sartimbul, A., Iranawati, F., Sambah, A.B., Yona, D., Hidayati, N., & Rahman, M.A., 2019. Metode Penelitian Kelautan dan Perikanan: Prinsip Dasar Penelitian, Pengambilan Sampel, Analisis, dan Interpretasi Data. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Hanan, A.F., Pratikto, I., & Soenardjo, N., 2020. Analisa Distribusi Spasial Vegetasi Mangrove di Desa Pantai Mekar Kecamatan Muara Gembong. *Journal of Marine Research*, 9(3): 271-280. DOI:10.14710/jmr.v9i3.27573
- Hartoko, I.A., Latifah, N.S., & Febrianto, S., 2019. Pemetaan Habitat Pesisir Laut. Buku Ajar Inderaja Dan SIG Perikanan. Undip Press, Semarang.
- Hendrawan, Gaol, J.L., & Susilo, S.B., 2018. Study of Density and Change of Mangrove Cover Using Satellite Imagery in Sebatik Island North Borneo. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(1): 99-109. DOI:10.29244/jitkt.v10i1.18595
- Iswahyudi, I., Kusmana, C., Hidayat, A., & Noorachmat, B.P., 2019. Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Rehabilitasi Hutan Mangrove Kota Langsa Aceh. *Jurnal Matematika Sains dan Teknologi*, 20(1):45-56. DOI:10.33830/jmst.v20i1.89.2019
- Mahfudin, A., & Kurniawati, U.F., 2023. Arahana Pemanfaatan Lahan Melalui Pendekatan Telapak Ekologis di Kabupaten Lamongan. *Jurnal Teknik ITS*, 12(1):1-8. DOI: 10.12962/j23373539.v12i1.99646
- Munawaroh, M., Wicaksono, P., & Rudiastuti, A.W., 2023. Pemetaan Cepat Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Sentinel-2 dan Google Earth Engine di Perairan Tanjung Kelayang–Pulau Belitung. *Majalah Geografi Indonesia*, 37(2):168-185. DOI: 10.22146/mgi.80414
- Noor, Y.R., Khazali, M., & Suryadiputra, I.N.N., 2012. Mangrove di Indonesia. *PHKA/WI-IP*, Bogor.
- Nurgiarta, D.A., & Rosdiana, W., 2019. Pemberdayaan Masyarakat Melalui Program Inovasi Desa (PID) di Desa Labuhan Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan. *Publika*, 7(3):1-8.
- Paramanik, S., Behera, M.D., & Dash, J., 2022. Symbolic Regression-Based Allometric Model Development of a Mangrove Forest LAI Using Structural Variables and Digital Hemispherical Photography, *Applied Geography*, 139:102649. DOI: 10.1016/j.apgeog.2022.102649
- Pratama, B.A., Pratikto, I., Santoso, A., & Suryono, S., 2022. Sebaran Spasial Mangrove di Desa Pantai Bahagia, Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi. *Journal of Marine Research*, 11(2):167-175. DOI:10.14710/jmr.v11i2.33765

- Pratama, I.G.M.Y., Karang, I.W.G.A., & Suteja, Y., 2019. Distribusi spasial kerapatan mangrove menggunakan citra sentinel-2A di TAHURA Ngurah Rai Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(2): 192-202. DOI:10.24843/jmas.2019.v05.i02.p05
- Putra, I.K.A.S., & Wahyuddin, Y., 2021. Analisis Pengaruh Limpasan Sedimen Tersuspensi Terhadap Perubahan Kerapatan dan Luas Hutan Mangrove Menggunakan Citra Sentinel-2A Multitemporal (Studi Kasus: Teluk Benoa, Bali). *Jurnal Geodesi Undip*, 10(2):58-68.
- Rwanga, S.S., & Ndambuki, J.M., 2017. Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS. *International Journal of Geosciences*, 8(4):611-622. DOI: 10.4236/ijg.2017.84033
- Rofi'i, I., Poedjirahajoe, E., & Marsono, D., 2021. Keanekaragaman dan pola sebaran jenis mangrove di SPTN Wilayah I Bekol, Taman Nasional Baluran. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 14(3):210-222. DOI:10.21107/jk.v14i3.9293
- Saputra, D.K., Semedi, B., Yamindago, A., Citra, S.U., Asadi, M.A., Isdianto, A., & Arsad, S., 2022. Characteristics of Mangrove Fisheries in Essential Ecosystem Area Ujungpangkah, Indonesia. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 13(3):812-820. DOI: 10.14505/jemt.v13.3(59).p.20
- Sukojo, B.M., & Arindi, Y.N., 2019. Analisa Perubahan Kerapatan Mangrove Berdasarkan Nilai Normalized Difference Vegetation Index Menggunakan Citra Landsat 8. *Geoid*, 14(2):1-5. DOI:10.12962/j24423998.v14i2.3874
- Suryono, S., Taufiq-SPJ, N., Pratikto, I., & Ario, R., 2020. Sebaran Mangrove di Desa Bumiharjo Kecamatan Keling Kabupaten Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, 9(2):117-124. DOI: 10.14710/buloma.v9i2.29067
- Tarunamulia, T., Kamariah, K., & Mustafa, A., 2016. Keterkaitan Spasial Kualitas Lingkungan dan Keberadaan Fitoplankton Berpotensi HABs pada Tambak Ekstensif di Kecamatan Losari Kabupaten Cirebon, Jawa Barat. *Jurnal Riset Akuakultur*, 11(2):181-195. DOI: 10.15578/jra.11.2.2016.181-195
- Ulfa, M., Julyantoro, P.G.S., & Sari, A.H.W., 2018. Keterkaitan Komunitas Makrozoobentos Dengan Kualitas Air dan Substrat di Ekosistem Mangrove Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(2):179-190. DOI: 10.24843/jmas.2018.v4.i02.179-190