

Monitoring Kondisi Hutan Mangrove Menggunakan Citra Satelit Di Desa Kemboja Kabupaten Kayong Utara

Monitoring Mangrove Forest Conditions Using Satellite Imagery in Kemboja Village

Gusti Farhan Maulana^{1*}, Robin Saputra¹, Adityo Raynaldo²

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas IPA Dan Kelautan, Universitas OSO, Pontianak

²Program Studi Biologi, Fakultas IPA dan Kelautan, Universitas OSO, Pontianak

*Korespondensi : gustifarhanmaulana17092002@gmail.com

Abstrak

Mangrove adalah jenis vegetasi pantai yang khas di daerah tropis dan terletak di sepanjang pesisir. Mangrove memiliki peran penting dalam mengurangi dampak perubahan iklim dan pemanasan global. Pemantauan kondisi mangrove menunjukkan bahwa setiap tahunnya terjadi penurunan kualitas dan kuantitas mangrove di Indonesia. Pemantauan dan pengelolaan mangrove secara berkelanjutan sangat penting dilakukan dengan menggunakan teknik penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi mangrove dan sebarannya di Desa Kemboja, Kecamatan Pulau Maya Kabupaten Kayong Utara Kalimantan Barat, serta hubungan korelasi NDVI dengan kerapatan. Metode yang digunakan adalah klasifikasi citra berbasis piksel dengan menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM). Citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sentinel-2B tahun 2023 dengan resolusi spasial 10 x 10 m. Survei lapangan dilakukan pada bulan Juni 2023 dengan menggunakan metode random sampling. Klasifikasi berbasis piksel menggunakan algoritma SVM menghasilkan akurasi sebesar 86% dan nilai kappa sebesar 0,83. Berdasarkan analisis hubungan korelasi tutupan kanopi dan nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) memiliki hubungan yang kuat dengan nilai $r=0,70$.

Kata Kunci: Klasifikasi Berbasis Piksel, Mangrove, NDVI, Desa Kamboja

Abstract

Mangroves are a type of coastal vegetation that is typical of tropical areas and is located along the coast. Mangroves have an important role in reducing the impact of climate change and global warming. Monitoring the condition of mangroves shows that every year there is a decline in the quality and quantity of mangroves in Indonesia. Sustainable monitoring and management of mangroves is very important using remote sensing techniques and Geographic Information Systems (GIS). This research aims to determine the condition of mangroves and their distribution in Kemboja Village, Pulau Maya District, North Kayong Regency, West Kalimantan, as well as the correlation between NDVI and density. The method used is pixel-based image classification using the Support Vector Machine (SVM) algorithm. The image used in this research is 2023 Sentinel-2B with a spatial resolution of 10 x 10 m. The field survey was conducted in June 2023 using a random sampling method. Pixel-based classification using the SVM algorithm produces an accuracy of 86% and a kappa value of 0.83. Based on the analysis of the correlation between canopy cover and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) value, it has a strong relationship with a value of $r=0.70$.

Keywords: Pixel Based Classification, Mangrove, NDVI, Kemboja Village

PENDAHULUAN

Mangrove adalah vegetasi pantai khas daerah tropis yang melindungi pesisir dari abrasi, mempercepat pengendapan, mencegah intrusi air laut, dan menyerap CO² dengan efisiensi tinggi (Rezeki *et al.*, 2013). Penelitian Haraefa *et al.*, (2022) menyatakan mangrove memiliki peran penting dalam rantai makanan ekosistem perairan dan pesisir, serta dimanfaatkan untuk wisata dan pendidikan. Namun, kualitas dan kuantitas mangrove di Indonesia terus menurun akibat aktivitas manusia seperti konversi lahan menjadi kawasan industri dan permukiman (Radhadian *et al.*, 2019). Wilayah pesisir Pulau Maya Kabupaten Kayong Utara merupakan wilayah yang memiliki vegetasi mangrove. Penelitian (Thamrin & Idham, 2017) menyatakan mangrove di Desa Kemboja telah berubah menjadi alih fungsi lahan mangrove menjadi objek utama bagi masyarakat sekitar dengan melakukan penebangan mangrove. Paune *et al.*, (2021) menyebutkan bahwa penyebab rusaknya vegetasi mangrove dipengaruhi oleh kegiatan Masyarakat untuk melakukan pembukaan lahan atau wilayah konversi menjadi kawasan perindustrian.

Pemantauan dan pengelolaan berkelanjutan diperlukan oleh masyarakat, pemerintah, dan akademisi, dengan bantuan teknologi penginderaan jauh untuk memperoleh data berbasis ruang yang mudah diakses (Giri, 2021). Penggunaan metode penginderaan jauh dengan memanfaatkan hasil rekaman citra satelit dapat digunakan dalam pemantauan kondisi mangrove dengan citra Sentinel-2. Anurogo *et al.*, (2018) menyatakan pemanfaatan data spasial melalui citra satelit dapat mempermudah serta mempercepat dalam pemantauan suatu objek yang terdapat dipermukaan bumi. Teknik yang digunakan dalam pemantauan data spasial terhadap objek yang akan dikaji dengan menggunakan teknik klasifikasi citra satelit. Algoritma yang sering digunakan dalam klasifikasi citra satelit yaitu (*Support Vector Machine*) (Syahmala *et al.*, 2018).

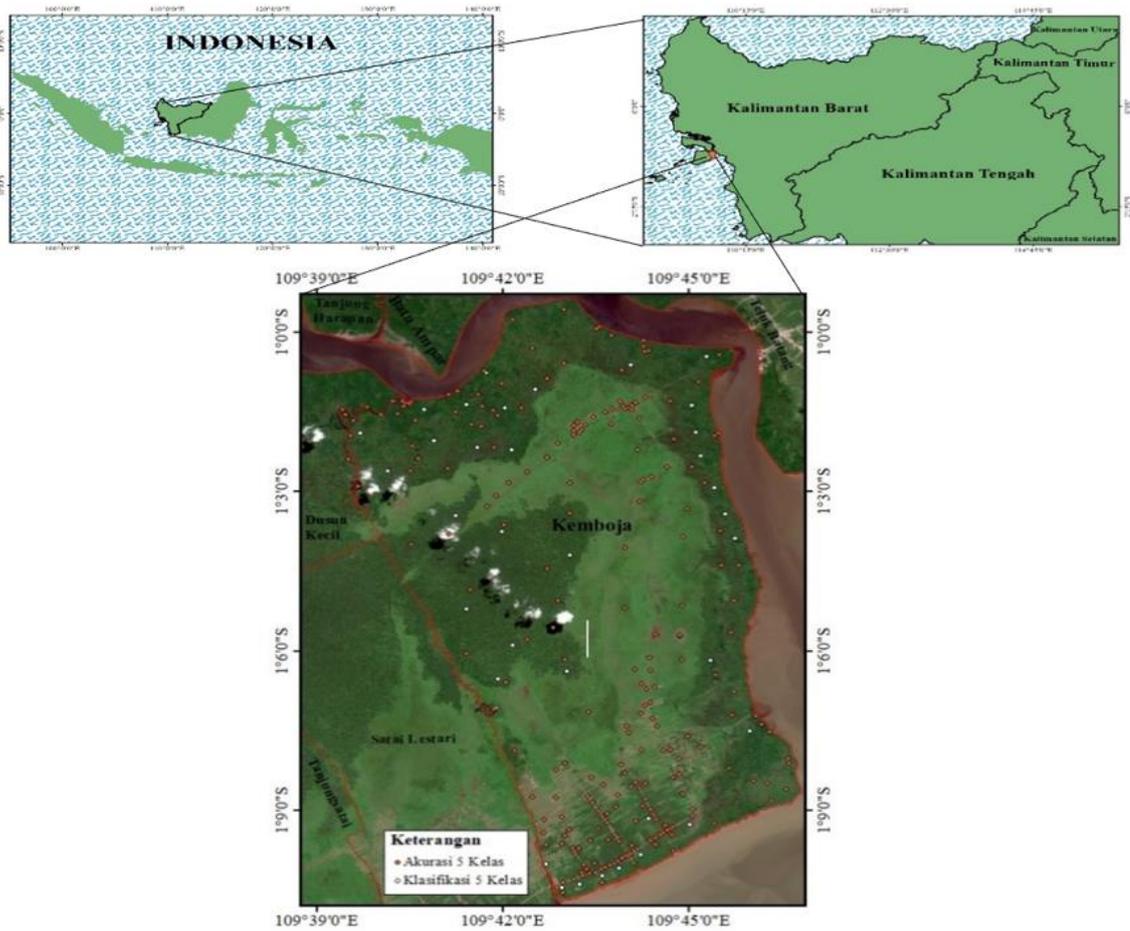
Selain menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dapat juga dilakukan dengan metode Indeks vegetasi yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan *Normalized Difference Vegetation*. Schaduw, (2020) ; Suryono *et al.*, (2018) ; Suwanto *et al.*, (2021) menyatakan kondisi vegetasi mangrove dapat dilihat dari beberapa parameter seperti kerapatan vegetasi dan penutupan kanopi.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk memetakan kondisi sebaran serta kerapatan vegetasi mangrove di Desa Kemboja, mengetahui hubungan korelasi nilai NDVI dengan kerapatan mangrove di Desa Kemboja.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Juni 2023 di Desa Kemboja, Kecamatan Pulau Maya, Kabupaten Kayong Utara, yang terletak di pesisir selatan Pulau Maya. Pengolahan data dilakukan dalam dua tahap, dimulai dengan pengambilan data lapangan yaitu tutupan kanopi mangrove, dilanjutkan dengan analisis data menggunakan citra satelit di Laboratorium Komputer Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas IPA dan Kelautan Universitas OSO Pontianak. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



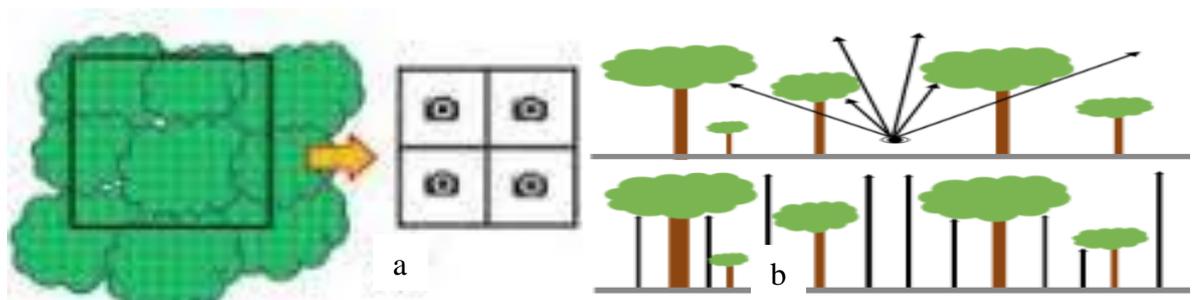
Gambar 1. Peta Penelitian

Data

Penelitian ini menggunakan citra satelit Sentinel 2-B yang dapat diakses secara gratis pada website (<https://scihub.copernicus.eu/>). Data citra satelit penginderaan jauh dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data satelit Sentinel 2-B

Satelit	Resolusi Spasial	Path and Row	Akuisisi
Sentinel 2-B	10 m	121 dan 61	10 mei 2023



Gambar 2. (a.) Metode Survei Lapangan Pada Setiap Stasiun Terdapat 4 Plot; (b.) Metode Pengambilan Data Kerapatan (Dharmawan *et al.*, 2020)

Data lapangan terbagi menjadi 2 jenis yaitu : data kerapatan tutupan kanopi mangrove dan jenis mangrove, yang merujuk pada buku Panduan Persentase Tutupan Kanopi Mangrove (Lipi, 2014) dan data jenis mangrove merujuk pada Buku Panduan Mangrove (Sidik *et al.*, 2018). Pengambilan kerapatan tutupan kanopi mangrove dilakukan dengan teknik *Hemispherical Photography* pada setiap stasiun dengan membuat plot 10 x 10 m disesuaikan dengan resolusi citra Satelit. Hasil analisa persentase tutupan kanopi mangrove dilakukan untuk mengetahui kondisi hutan mangrove di Desa Kemboja berdasarkan tingkat kerusakan hutan mangrove (Dharmawan *et al.*, 2014; Anurogo *et al.*, 2018), seperti yang terlihat dalam Tabel 2

Tabel 2 Tingkat Kerusakan Hutan Mangrove (Dharmawan *et al.* 2014; Anurogo *et al.* 2018)

Kriteria	Tutupan (%)	Kerapatan (pohon/ha)
Padat	≥ 75 %	≥ 1500
Sedang	50%-75%	1000-1500
Jarang	< 50%	< 1000

Pada setiap titik sampling terdapat 4 gambar dapat dilihat pada Gambar 2, yang digunakan pada setiap stasiun menyesuaikan dengan resolusi citra (10 meter) dengan jumlah data sampel tutupan kanopi dari setiap titik sebanyak 23 titik. Foto analisis data diambil menggunakan kamera depan dan diarahkan langsung ke arah langit. Pada setiap titik terdapat 4 plot yang terbagi menjadi (5 meter) untuk setiap sisinya membentuk persegi empat, pengambilan kerapatan kanopi dengan berdiri pada titik tengah dari setiap plot yang ada di lokasi. Analisis tutupan kanopi dalam foto dilakukan menggunakan perangkat lunak *ImageJ* untuk membedakan antara piksel langit dan piksel penutup kanopi mangrove dengan menyesuaikan nilai piksel dari 16bit hingga 8bit, pada nilai piksel 0 menggambarkan langit dan 255 menggambarkan penutup kanopi, perhitungan persentase tutupan kanopi menggunakan rumus (Dharmawan *et al.*, 2014; Anurogo *et al.*, 2018):

$$\% \text{ Tutupan Mangrove} = P_{255} / \Sigma P \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan: P₂₅₅ menunjukkan piksel tutupan kanopi, dan ΣP menunjukkan piksel keseluruhan

Pengolahan Citra

Pemrosesan data citra dilakukan beberapa tahap diantaranya Koreksi Atmosferik, Klasifikasi Citra, Indeks Vegetasi NDVI, Uji Akurasi dan Klasifikasi Tutupan Lahan dan Uji Akurasi dan Klasifikasi Citra Satelit.

Koreksi Atmosferik

Penelitian ini menggunakan metode *Dark Object Subtraction* (DOS) untuk koreksi atmosfer, pendekatan ini dilakukan untuk mengubah nilai reflektansi citra satelit menjadi reflektansi permukaan dengan mengasumsikan objek dengan reflektansi mendekati nol seperti bayangan, badan air, dan hutan lebat, yang bertujuan untuk memperbaiki nilai radiometrik yang dipengaruhi oleh gangguan atmosfer seperti uap air dan debu. (Lantzanakis *et al.*, 2023).

Klasifikasi Citra

Klasifikasi berbasis piksel dilakukan untuk mengelompokkan pada setiap kelas ke piksel individu dengan membandingkan data vektor setiap piksel dengan vektor prototipe dari setiap kelas, termasuk nilai piksel dalam saluran multispektral dan penilaian tekstur dan kontekstual dari pita yang berbeda. (Rastner *et al.*, 2016).

Indeks Vegetasi NDVI

Metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), sering digunakan dalam studi vegetasi, dengan menggabungkan teknik penyeimbangan saluran dan pengurangan gambar untuk meningkatkan representasi spektral, mengurangi efek bayangan, dan menekankan fitur litologis dalam citra Sentinel 2 dengan memanfaatkan pita NIR (pita 8) dan Merah (pita 4) dengan resolusi spasial 10 meter. Secara umum, rumus NDVI dapat dituliskan sebagai berikut :

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

NIR : Reflektan band inframerah dekat untuk sebuah sel (band 8)

RED : Reflektan band merah untuk sebuah sel (band 4)

NDVI dapat menunjukkan parameter terkait vegetasi seperti biomassa dan luas daun hijau, serta mengukur tingkat penyerapan sinar matahari oleh tanaman dengan nilai berkisar antara -1 hingga +1 (Taufik *et al.*, 2021; Julianto *et al.*, 2020; Jauhari *et al.*, 2021).

Uji Akurasi dan Klasifikasi Tutupan Lahan

Pengujian akurasi dilakukan untuk mengevaluasi seberapa tepat hasil yang diperoleh dari metode klasifikasi terbimbing. Evaluasi akurasi ini direpresentasikan dalam bentuk tabel matriks konfusi yang mencakup beberapa metrik, seperti Akurasi Pengguna, Akurasi Produsen, dan Akurasi Keseluruhan. Cahyono *et al.*, (2019) menjelaskan bahwa Akurasi Produsen mengukur tingkat kesalahan kelalaian dengan membagi jumlah piksel yang diklasifikasikan dengan benar dalam suatu kelas dengan total piksel dalam kolom kelas tersebut. Di sisi lain, Akurasi Pengguna mengukur tingkat kesalahan komisi dengan membagi jumlah piksel yang diklasifikasikan dengan benar dalam suatu kelas dengan total piksel dalam baris kelas tersebut. Selain itu, akurasi keseluruhan mencerminkan persentase keakuratan keseluruhan klasifikasi, yang dihitung berdasarkan seberapa baik piksel data sesuai secara visual dengan hasil klasifikasi yang dihasilkan.

Analisis Hubungan antar Nilai NDVI dan Persentase Tutupan Kanopi

Analisis korelasi digunakan untuk mengevaluasi kekuatan atau tingkat hubungan linier antara dua variabel atau lebih. Semakin jelas hubungan linier (berupa garis lurus), semakin tinggi atau kuat derajat korelasi antara variabel-variabel tersebut. Korelasi diukur dengan koefisien (r), yang memiliki nilai antara -1 dan 1. Nilai (r) yang bernilai -1 menunjukkan korelasi negatif sempurna, nilai (r) sebesar 0 menandakan tidak adanya korelasi, dan nilai (r) sebesar 1 menunjukkan korelasi positif sempurna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian di Desa Kemboja ditemukan 7 jenis spesies mangrove yaitu: *Rhizophora Mucronata*, *Bruguiera Gymnorhiza*, *Bruguiera Parviflora*, *Excoceria Agallocha*, *Lumnitzera Racemosa*, *Rhizophora Apiculata*, *Xylocarpus Granatum*. Jika dibandingkan keberagaman jenis mangrove yang ditemukan lebih besar daripada penelitian sebelumnya (Raynaldo *et al.*, 2023). Jenis mangrove dominan di lokasi ini meliputi *Bruguiera Parviflora*, *Rhizophora Apiculata*, dan *Rhizophora Mucronata*, yang termasuk dalam kategori mangrove sejati dari famili *Rhizophoraceae*. Mangrove sejati memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap kondisi pasang surut dan salinitas tinggi dengan akar tunjang yang kuat (Selfiany *et al.*, 2018; Rog *et al.*, 2017).

Data lapangan menunjukkan dua kelas analisis persentase: kelas rapat dan kelas sedang. Kelas jarang tidak ditemukan dalam survei area hutan mangrove. Menurut Penelitian Peta Mangrove Nasional (PMN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2021, wilayah Kalimantan Barat memetakan tutupan kanopi mangrove dalam dua kelas dengan persentase tertentu yang tercatat dalam Tabel 3. Tutupan kanopi yang tinggi menandakan kondisi mangrove yang baik, seperti yang dikaitkan dengan kerapatan pohon dalam penelitian Nurdiansyah dan Dharmawan (2018). Hasil pengolahan persentase tutupan kanopi hutan mangrove di lokasi penelitian, pada sampel foto yang diambil sebanyak 23 titik sampling menunjukkan hasil kategori dengan kelas sedang dan rapat

Tabel 3 Persentase Tutupan Kanopi Hutan Mangrove Dengan Transek 10 x 10 Meter

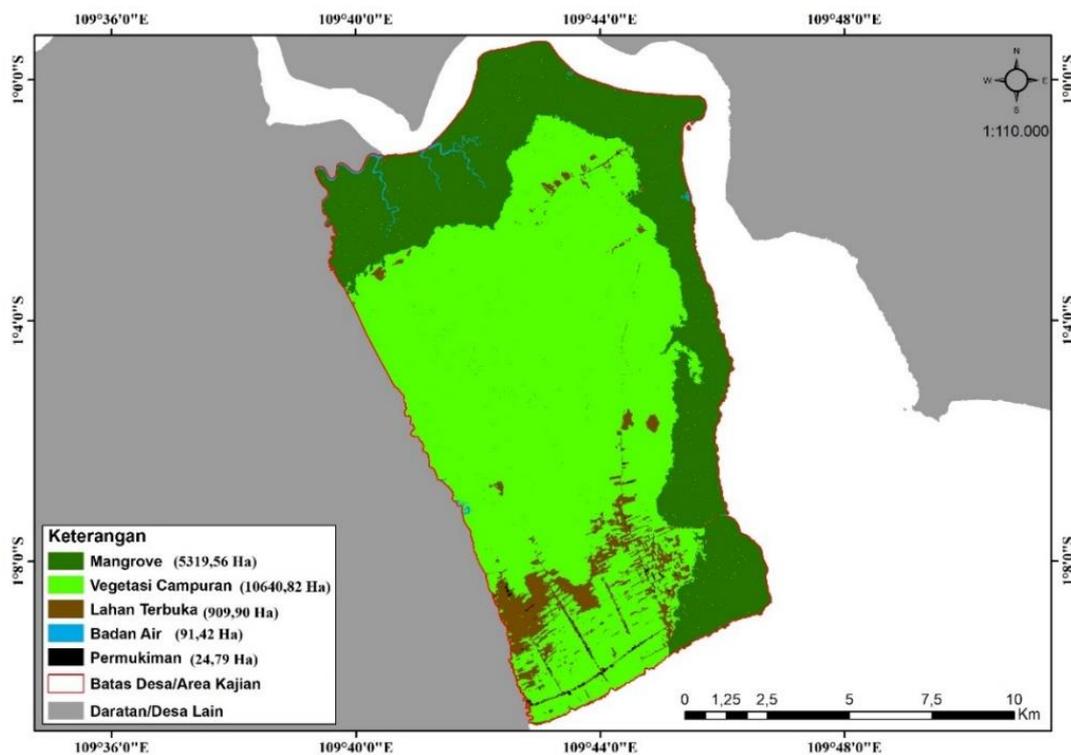
Stasiun	Persentase	Stasiun	Persentase	Stasiun	Persentase
1	92,50%	9	90,10%	17	66,02%
2	82,80%	10	90,47%	18	74,455
3	80,00%	11	81,45%	20	90,47%
4	92,63%	12	71,27%	21	85,27%
5	89,85%	13	78,82%	22	76,67%
6	75,47%	14	81,62%	24	81,97
7	89,67%	15	87,30%	30	83,82%
8	83,92%	16	85,00%		

Keterangan ; Persentase $\geq 75\%$ (Rapat), 50% - 75% (Sedang)

Klasifikasi Citra dan Uji Akurasi

Hasil klasifikasi citra berbasis piksel menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM) dapat memetakan tutupan lahan di kawasan hutan mangrove dengan baik yang terdiri dari 5 kelas, yaitu : mangrove, vegetasi campuran, lahan terbuka, badan air, dan pemukiman. Pada pengkelasan tersebut mendapatkan luasan area setiap kelasnya untuk kawasan hutan mangrove mempunyai luas (5319,56 Ha), vegetasi campuran (10640,82 Ha), lahan terbuka (909,90 Ha), badan air (91,42 Ha), dan pemukiman (24,79 Ha). Hasil pengkelasan dapat di lihat pada Gambar 2

Nilai tersebut yang digunakan dalam klasifikasi 5 kategori salah satunya : mangrove, vegetasi campuran, lahan terbuka, badan air, dan permukiman. Penelitian Marlina, (2022) mendapatkan hasil yang memuaskan secara visual dalam klasifikasi berbasis pixel pada citra Sentinel-2 dengan 5 kelas tutupan lahan, karena citra resolusi menengah lebih cocok dalam klasifikasi berbasis pixel dengan algoritma SVM.



Gambar 3. Hasil Klasifikasi Pikel Menggunakan Algoritma SVM

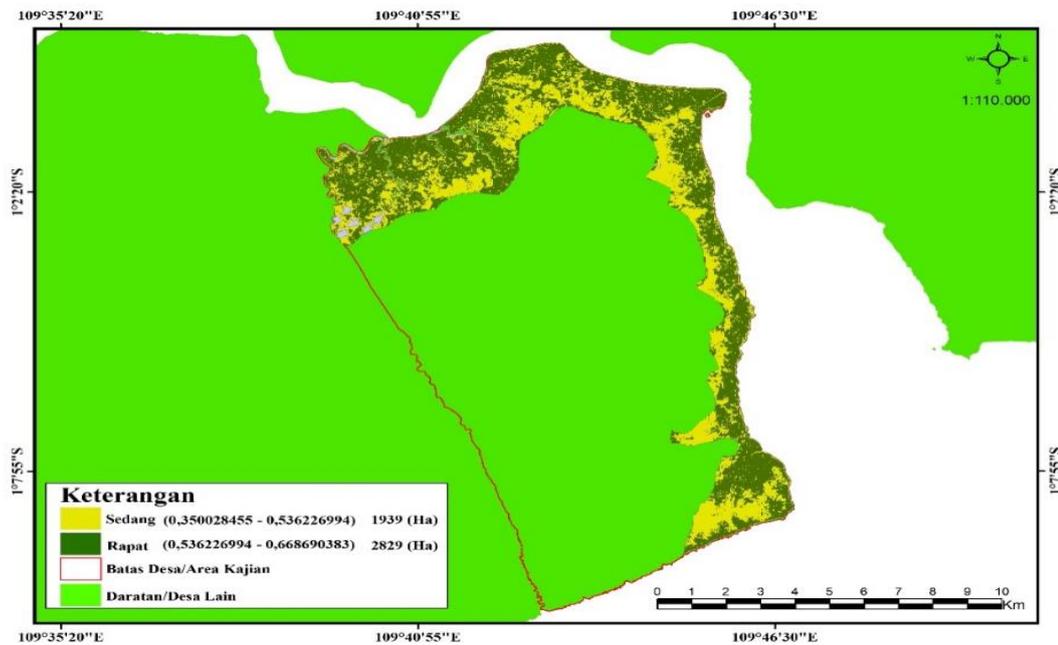
Gambar 3 menunjukkan bahwa pengelompokan pixel menggunakan algoritma SVM berhasil memetakan tutupan lahan di kawasan hutan mangrove dengan cukup baik sesuai dengan standar pembuatan peta tutupan lahan. Peraturan BIG Nomor 15 Tahun 2014 mensyaratkan ketepatan minimal peta tutupan lahan mencapai 85%. Algoritma SVM telah umum digunakan dalam klasifikasi citra berbasis pixel dengan resolusi menengah, di mana metode ini mengklasifikasikan berdasarkan nilai piksel tunggal (Saputra *et al.*, 2020).

Akurasi klasifikasi dihitung menggunakan *Confusion Matrix* (Tabel 4) dengan nilai akurasi yang diperoleh dari teknik uji akurasi dalam klasifikasi berbasis piksel mendapatkan hasil sebesar 86,66% dikategorikan sebagai baik dalam pengkelasan tutupan lahan dengan tepat. Nilai yang diperoleh dari uji akurasi secara visual pada citra Sentinel-2B memberikan informasi yang mendekati dengan keberadaan suatu objek di permukaan bumi, hal ini disebabkan oleh resolusi citra yang digunakan, serta jumlah kelas maupun objek yang dibentuk karena semakin sedikit jumlah kelas yang akan dilakukan dalam pengkelasan akan mendapatkan nilai akurasi yang tinggi sebaliknya jumlah kelas yang banyak akan mendapatkan nilai akurasi yang rendah (Saputra *et al.*, 2020)

Tabel 4 *Konfusion Matrix*

Matriks Akurasi	Mangrove	Vegetasi Campuran	Lahan Terbuka	Badan Air	Permukiman	Total	Produser Akurasi
Mangrove	42	7	0	0	0	49	85,71%
Vegetasi Campuran	10	43	0	0	0	53	81,13%
Lahan Terbuka	0	0	47	2	4	53	88,68%
Badan Air	5	0	0	43	0	48	89,58%
Permukiman	3	0	3	0	46	52	88,46%
Total	60	50	50	45	50	255	
User Akurasi	70,00%	86,00%	94,00%	95,56%	92,00%		

Transformasi NDVI



Gambar 4. Peta Reclass Kerapatan Mangrove Citra Sentinel 2-B

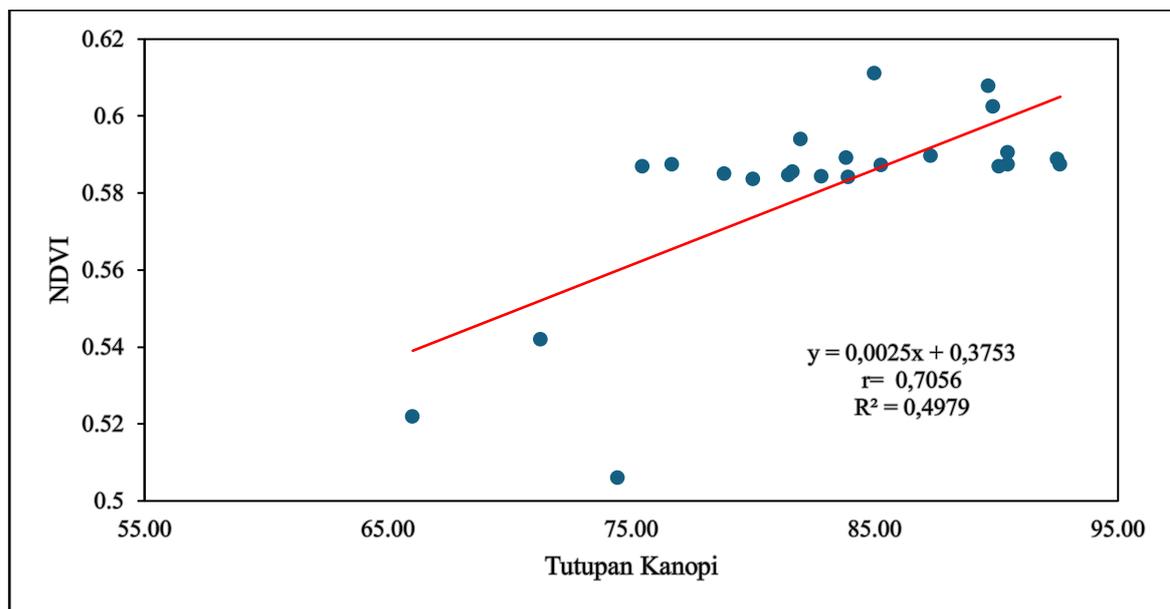
Hasil dari tranformasi citra NDVI telah berhasil dilakukan, kemudian dilakukan proses *reclass* menggunakan data *hemispherical photography*, rentang nilai NDVI yang diperoleh hasil *reclass* dapat dilihat pada table 5, untuk kelas rapat mendapatkan nilai 0,536226 – 0,668690 dan pada kelas sedang mendapatkan nilai 0,350028 – 0,536226, dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 5. Rentang Nilai NDVI

Kriteria	Rentan Nilai NDVI
Rapat	0,536226 – 0,668690
Sedang	0,350028 – 0,536226

Hubungan Korelasi Antara nilai NDVI dan Tutupan Kanopi

Hasil analisis regresi pada citra Sentinel 2-B mendapatkan nilai koefisien korelasi sebesar $r=0,70$ dan koefisien determinasi sebesar $R^2=0,497$, hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua data tersebut memiliki hubungan yang baik berdasarkan teori nilai akurasi antara 60-80% dapat direkomendasikan bagi kegiatan inventarisasi dan pemantauan sumberdaya (Green *et al.*, 2000). Hasil analisis hubungan antara tutupan kanopi dengan nilai NDVI ditampilkan dalam model regresi sederhana yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan korelasi antar NDVI dan tutupan kanopi

Analisis korelasi antara tutupan kanopi dan *Normalized Difference Vegetation Indeks* (NDVI) dilakukan untuk mengevaluasi hubungan antara persentase tutupan kanopi dari objek yang diteliti dan nilai NDVI dari data citra satelit. Analisis ini memberikan informasi tentang Kesehatan vegetasi, dan keberadaan vegetasi, serta untuk memahami pengaruh tutupan kanopi terhadap indeks vegetasi. Scatter Diagram pada Gambar 5 menunjukkan korelasi antara kedua variabel, dengan pola penyebaran titik-titik yang linear dan sejajar dengan garis merah, menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai tutupan kanopi, semakin tinggi pula nilai NDVI. Nilai koefisien korelasi (r) dan R-squared (R^2) digunakan untuk mengukur kekuatan dan kecocokan hubungan antara kedua variabel (Hendrawan *et al.*, 2018; Saputra *et al.*, 2020).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa luas keseluruhan hutan mangrove di Desa Kemboja adalah (5319 Ha) berdasarkan klasifikasi berbasis piksel menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) menghasilkan kelas vegetasi mangrove, vegetasi campuran, badan air yang lain, dan lahan terbuka dengan nilai akurasi 86%. Terdapat 2 kelas kerapatan dari citra Sentinel-2B, yaitu kelas kerapatan tinggi dan kelas kerapatan sedang. Luas kerapatan tinggi sebesar (2845 Ha) dan kelas sedang (2474 Ha). Hubungan tutupan kanopi dengan nilai NDVI di Desa Kemboja menggunakan citra Sentinel-2B memiliki hubungan yang baik dengan memperoleh nilai korelasi ($r=0,70$) dan ($R^2=0,49$) yang menunjukkan adanya pengaruh terhadap tutupan kanopi dengan nilai NDVI.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Kalimantan Barat yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di wilayah Kayong Utara serta pemerintah Kabupaten Kayong Utara yang telah memberikan bantuan biaya pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- A, B., Thamrin, E., Idham, M. (2017). Studi Perubahan Luasan Hutan Mangrove di Dusun Pintau Desa Tanjung Satai Kecamatan Pulau Maya Kabupaten Kayong Utara. *Jurnal Hutan Lestari*, 437-451.

- Anurogo, W., Lubis, Z. M., Khakim, N., Perihatarto, W. J., Cannagia, L. R. (2018). Pengaruh Pasang Surut Terhadap Dinamika Perubahan Hutan Mangrove di Kawasan Teluk Banten. *Jurnal Kelautan*, 130-139.
- Cahyono, B. E., Febriawan, E. B., Nugroho, T. A. (2019). Analisis Tutupan Lahan Menggunakan Metode Klasifikasi Tidak Terbimbing Citra Landsat . *Jurnal Teknotan*, 8-14.
- Dharmawan, I. E., Pramudji. (2014). Panduan Monitoring Status Ekosistem Mangrove di Indonesia. In Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (pp. 1-35). Ancol Timur, Jakarta: Desember 2014
- Dharmawan, I. E. (2018). Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. In Analisis Persentase Tutupan Kanopi Komunitas Mangrove (pp. 1-48). Makassar: November 2020.
- Dharmawan, I. E. (2020). Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. In Analisis Persentase Tutupan Kanopi Komunitas Mangrove (pp. 1-48). Makassar: November 2020.
- Giri, C. (2021). Recent Advancement in Mangrove Forests Mapping and Monitoring of the World Using Earth Observation Satellite Data. *Jurnal Remote Sensing*, 1-6.
- Green, E., Mumby P., Edwards A., dan C. Clark. 2000. Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management. A. J. Edwards, editor. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris
- Haraefa, M. S., Nasution, Z., Mulya, M. B., Maksum, A. (2022). Mangrove species diversity and carbon stock in silvofishery ponds in Deli Serdang District, North Sumatra, Indonesia. *Jurnal BIODIVERSITAS*, 655-662.
- Hendrawan, Gao, J. L., Susilo, B. (2018). Studi Kerapatan Dan Perubahan Tutupan Mangrove Menggunakan Citra Satelit di Pulau Sebatik Kalimantan Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 99-109.
- Jauhari, A., Asy'ari, M., Rahmadanti, R., Hazama, N., Dini, N. L., Martias, A. T. (2021). Study of the Potential of Co2 Absorption by Vegetation Based Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Value. *Jurnal Konversi*, 13-17.
- Julianto, F. D., Putri, D. P., Saf'i, H. H. (2020). Analisis Perubahan Vegetasi dengan Data Sentinel-2 . *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*, 13-18.
- Lantzanakis, G., Mitraka, Z., Chrysoulakis, N. (2023). Comparison of physically & image based atmospheric correction methods for Sentinel-2 satellite imagery. *Jurnal University of Crete*, 1-6.
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). 2014. Panduan monitoring status ekosistem mangrove. Jakarta. 35hlm
- Nurdiansyah, D., I. W. E, Dharmawan. (2018). Komunitas Mangrove di Wilayah Pesisir Pulau Tidore dan Sekitarnya. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* 3 (1): 1-9
- Paune, H., K. Baderan, D. W., Katili, A. S. (2021). Tingkat Degradasi Kawasan Hutan Mangrove (Studi Kasus di Desa Bajo kecamatan Tilamuta Kabupaten Boalemo). *Jurnal Edu Biosfer*, 82-87.
- Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 1 Tahun 2024 tentang Pembangunan Infrastruktur Informasi Geospasial di Simpul Jaringan Informasi Geospasial, No 1. (2014)
- Peta Mangrove Nasional 2021, Direktorat Konservasi Tanah dan Air, Ditjen PDASRH
- Radhadian, A., Prasetyo, L. B., Setiawan, B., Wikantika, K. (2019). Tinjauan Historis Data dan Informasi Luas Mangrove Indonesia. *Jurnal Media Konservasi*, 163-178
- Rastner, P., Bloch, T., Notarnicola, C., IEEE, M., Paul, F. (2016). A Comparison of Pixel- and Object-Based Glacier Classification with Optical Satellite Images. *Jurnal Earth Observations and Remote Sensing*, 1-10.

- Raynaldo, A., Saputra, R., Marista, E., Zibar, Z., Shofiyah, S. S., Rafdinal, Linda, R. (2023). Struktur Komunitas Mangrove di Kecamatan Pulau Maya Kabupaten Kayong Utara. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 119-126.
- Rejeki, S., Irwani, Hisyam, F. M. (2013). Struktur Komunitas Ikan pada Ekosistem Mangrove di Desa Bedono, Sayung, Demak. *Jurnal Oceanografi Marina*, 79-86).
- Rog, S. M., Clarke, R. H., Cook, C. N. 2017. More than marine: revealing the critical importance of mangrove ecosystems for terrestrial vertebrates. *Jurnal Diversity and Distributions*, 23(2), 221-230.
- Saputra, R., Gaol, J., Agus, S. (2021). Studi Perubahan Tutupan Lahan Mangrove Berbasis Objek (OBIA) Menggunakan Citra Satelit di Pulau Dompok Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 39-55.
- Schaduw, J. N. (2020). Percentage of mangrove canopy coverage and community structure in Batanta Island and Salawati Island, Raja Ampat District, West Papua Province. *Jurnal Aquatic Science & Management*, 28-34.
- Selfiany, O,W., Muin, A., Burhanuddin (2018) Komposisi Jenis dan Struktur Hutan Mangrove Di Areal Bekas Tebangan IUPHHK PT. BINA OVIVIPARI SEMESTA Kabupaten Kubu Raya. *JURNAL HUTAN LESTARI*, 583 – 593
- Sidik, F., Wiganti, N., Zaki, R,A., Hidayat, J,J., Kadarisman, P,H., Islamy, F (2018) Panduan Mangrove Estuary Perancak. Balai Riset dan Observasi Laut. Bali. 63 Halaman
- Shyamala, P., Mondal, S., & Chakraborty, S. (2018). Numerical and experimental investigation for damage detection in FRP composite plates using support vector machine algorithm. *Jurnal Structural Monitoring and Maintenance*, 243-260.
- Suryono, Soenardjo, N., Wibowo, E., Ario, R., Rozy, E. F. (2018). Estimasi Kandungan Biomassa dan Karbon di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Jurnal Oceanografi Mariana*, 1-8.
- Suwanto, A., Takarina, N. D., Koestoer, R. H., Frimawaty, E. (2021). Diversity, biomass, covers, and NDVI of restored mangrove forests in Karawang and Subang Coasts, West Java, Indonesia. *Jurnal BIODIVERSITAS*, 5115-4122.
- Taufik, V. V., Sukmono, A., Firdaus, H. S. (2021). Estimasi Produktifitas Kelapa Sawit Menggunakan Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) dengan Citra Sentinel 2-A (Studi Kasus : Beberapa Wilayah di Provinsi Riau) . *Jurnal Geodesi Undip*, 153-162.

