

DISTRIBUSI SPASIAL HUTAN MANGROVE KABUPATEN BINTAN MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 8

Danil Pratama^{1*}, Sudra Irawan¹

¹Program Studi Teknologi Geomatika Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Batam
Jalan Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

*Email: danilpro345@gmail.com

Abstract

Hutan mangrove, yang sering disebut sebagai hutan bakau, merupakan ekosistem unik yang tumbuh di daerah pesisir, khususnya di area pertemuan antara air laut dan air tawar. Di Indonesia, yang memiliki sekitar 3 juta hektare hutan mangrove, ekosistem ini memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan serta melindungi garis pantai dari erosi dan bencana alam. Namun, keberadaan hutan mangrove di Indonesia menghadapi berbagai ancaman, termasuk penebangan liar, konversi lahan untuk pertanian dan pembangunan, serta dampak perubahan iklim yang menyebabkan kenaikan permukaan air laut. Kerusakan ini berdampak pada fungsi ekologis dan sosial ekonomi hutan mangrove, sehingga penting untuk melakukan pemetaan yang akurat untuk memahami kondisi dan distribusi hutan mangrove secara lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi spasial hutan mangrove di Kabupaten Bintan dengan menggunakan Citra Landsat 8 dan mengetahui nilai akurasi Overall akurasi representasi klasifikasi dari data penginderaan jauh terhadap kenampakan asli di lapangan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh sebagai data utama. Dalam penelitian ini, metode *Modified Soil Adjusted Vegetation Index* (MSAVI) digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan persebaran mangrove. MSAVI dirancang untuk meningkatkan akurasi deteksi vegetasi dengan mengurangi pengaruh latar belakang tanah, sehingga sangat cocok untuk kondisi ekosistem mangrove yang kompleks. Interpretasi visual merupakan salah satu metode penting dalam penelitian pemetaan hutan mangrove, khususnya ketika menggunakan data yang dihasilkan dari transformasi indeks vegetasi seperti MSAVI. Proses ini memungkinkan peneliti untuk secara langsung menganalisis dan menafsirkan karakteristik serta distribusi hutan mangrove berdasarkan peta yang dihasilkan. Setelah menghitung nilai MSAVI, peta persebaran mangrove dapat dibuat dengan mengklasifikasikan area berdasarkan nilai indeks tersebut. Hasil penelitian menunjukkan distribusi sebaran mangrove di kabupaten bintan seluas 106.650 Km² atau 10.665 ha dengan rentang nilai MSAVI pada -0.073 untuk mangrove dengan kondisi sangat jarang sampai dengan 0.63884 pada kondisi mangrove yang lebat dengan derajat kesepakatan akurasi yang ditunjukkan pada hasil perhitungan overall akurasi sebesar 82% yang menyatakan bahwa representasi hasil penelitian merepresentasikan 82% kenampakan asli dilapangan

Keywords: Mangrove, MSAVI, Interpretasi Visual dan Kabupaten Bintan

1. PENDAHULUAN

Hutan mangrove, yang sering disebut sebagai hutan bakau, merupakan ekosistem unik yang tumbuh di daerah pesisir, khususnya di area pertemuan antara air laut dan air tawar. Di Indonesia, yang memiliki sekitar 3 juta hektare hutan mangrove, ekosistem ini memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan serta melindungi garis pantai dari erosi dan bencana alam. Hutan mangrove tidak hanya berfungsi sebagai habitat bagi berbagai jenis flora dan fauna, tetapi juga sebagai penyaring polutan dan penyedia sumber daya ekonomi bagi masyarakat pesisir. Namun, keberadaan hutan mangrove di Indonesia menghadapi berbagai ancaman, termasuk penebangan liar, konversi lahan untuk pertanian dan pembangunan, serta dampak perubahan

iklim yang menyebabkan kenaikan permukaan air laut. Kerusakan ini berdampak pada fungsi ekologis dan sosial ekonomi hutan mangrove, sehingga penting untuk melakukan pemetaan yang akurat untuk memahami kondisi dan distribusi hutan mangrove secara lebih baik (Sirait & Silaban, 2021).

Hutan mangrove di Kabupaten Bintan, Kepulauan Riau, merupakan salah satu ekosistem pesisir yang memiliki peranan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan. Namun, kondisi eksisting hutan mangrove di daerah ini menunjukkan penurunan yang signifikan. Berdasarkan penelitian terbaru, luas hutan mangrove di Pulau Bintan mengalami penurunan sebesar 1.137,48 hektare untuk hutan mangrove dengan kerapatan lebat dan 172,82 hektare untuk kerapatan sedang antara tahun

2014 hingga 2021. Penurunan ini disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk konversi lahan untuk pembangunan dan pertanian, serta pencemaran yang diakibatkan oleh limbah industri dan sampah (Heriyanto et al, 2020).

Kondisi ekosistem mangrove di Kawal, salah satu daerah di Kabupaten Bintan, menunjukkan bahwa meskipun ada beberapa spesies mangrove yang masih tumbuh subur seperti *Rhizophora apiculata* dan *Rhizophora mucronata*, namun keanekaragaman spesies dan kualitas habitatnya terancam. Selain itu, masalah pencemaran dari limbah minyak yang dibuang oleh kapal-kapal besar menjadi tantangan serius bagi keberlangsungan hutan mangrove di wilayah ini. Pelestarian hutan mangrove sangat penting mengingat fungsi ekologisnya yang krusial. Hutan mangrove berperan dalam melindungi pantai dari abrasi, menyediakan habitat bagi berbagai spesies laut, serta berfungsi sebagai penyaring polutan yang masuk ke perairan. Dengan meningkatnya ancaman terhadap ekosistem ini, upaya pelestarian harus dilakukan secara aktif. Ini termasuk pengawasan terhadap aktivitas pembangunan yang berpotensi merusak hutan mangrove, serta peningkatan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga kelestarian lingkungan (Press, 2023).

Penginderaan jauh telah menjadi alat yang sangat berharga dalam pemetaan dan pengelolaan hutan mangrove, terutama di negara kepulauan seperti Indonesia yang memiliki ekosistem mangrove yang luas. Teknologi ini memungkinkan para peneliti dan pengelola lingkungan untuk mendapatkan data yang akurat dan terkini mengenai kondisi hutan mangrove tanpa harus melakukan survei lapangan yang intensif dan memakan waktu. Penginderaan jauh memanfaatkan citra satelit dan teknik pemrosesan data untuk mengidentifikasi dan memantau perubahan dalam ekosistem mangrove. Dengan menggunakan citra dari satelit seperti Landsat, analisis luas, distribusi, serta kesehatan vegetasi mangrove dari waktu ke waktu. Misalnya, metode tranformasi indeks vegetasi sering digunakan untuk

menilai kerapatan dan kondisi kesehatan hutan mangrove, yang memberikan informasi penting tentang produktivitas ekosistem tersebut (Darmawan et al, 2022).

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam upaya konservasi dan pengelolaan hutan mangrove. Dengan informasi yang diperoleh dari pemetaan ini, pihak terkait dapat merumuskan strategi yang lebih baik untuk melindungi ekosistem mangrove serta meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga keberlanjutan hutan ini.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Bintan, Kepulauan Riau



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

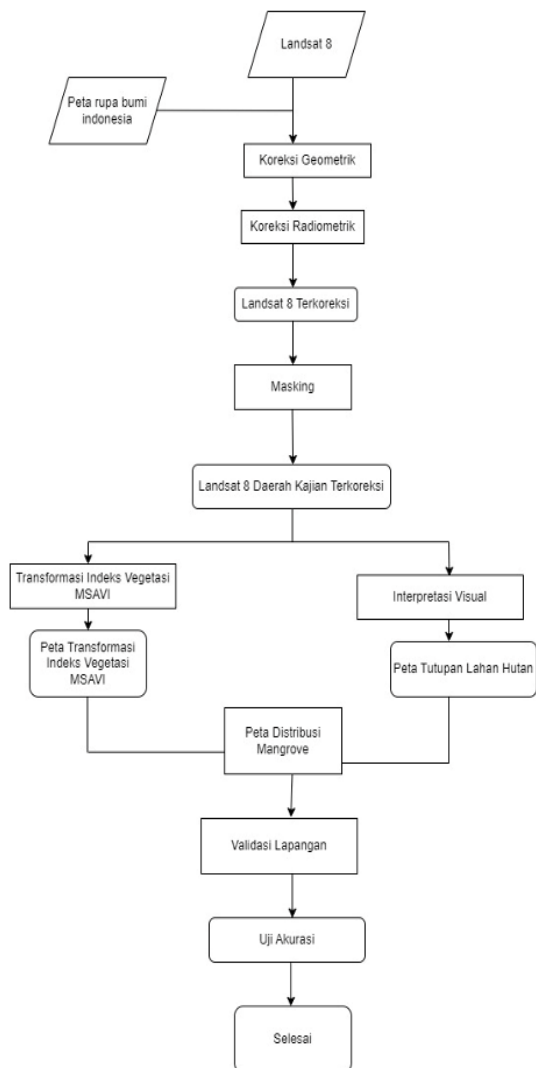
2.2 Alat dan Bahan

No	Nama Alat	Jumlah	Spesifikasi/Merk	Fungsi
1.	Laptop	1 buah	Lenovo Ideapad Gaming 3i AMD Ryzen™ 7 6800H Mobile Processor	Media untuk membuat laporan dan sebagai media pengolahan data.
2.	Arcgis	1 buah	Versi 10.8	Untuk melakukan proses pembuatan peta.
3.	Microsoft Excel	1 buah	Versi 2013	Mengidentifikasi data atribut penelitian
4.	Microsoft Word	1 buah	Versi 2013	Melakukan proses penyusunan laporan penelitian
5.	Alat Tulis	1 buah	Buku dan Pena	Mencatat data lapangan
6.	Envi	1 buah	Software	Untuk Mengolah data raster

Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Nama Bahan	Jumlah	Spesifikasi	Sumber	Fungsi
1.	Google Earth	1 buah	Google Earth Pro	https://earth.google.com/web/	Media untuk pengolahan data penelitian
2.	Peta	1 buah	Rbi (Administrasi)	Ina Geoportal	Sebagai acuan daerah penelitian
3.	Citra Landsat 8	1 buah	Landsat 8 OLI TIRS	US GS	Data Raster

2.3 Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir

Landsat 8 adalah satelit penginderaan jauh yang diluncurkan pada 11 Februari 2013, sebagai bagian dari program Landsat yang telah ada sejak tahun 1972. Satelit ini merupakan hasil kolaborasi antara NASA dan United States Geological Survey (USGS) dan dikenal sebelumnya dengan nama Landsat Data Continuity

Mission (LDCM) sebelum resmi berganti nama menjadi Landsat 8 pada 30 Mei 2013. Landsat 8 dilengkapi dengan dua sensor utama: Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS). Sensor OLI memiliki sembilan saluran spektral yang mencakup panjang gelombang dari cahaya tampak hingga inframerah dekat, dengan resolusi spasial 30 meter, serta satu saluran pankromatik dengan resolusi 15 meter. Sementara itu, TIRS memiliki dua saluran inframerah termal dengan resolusi 100 meter, yang berguna untuk memantau suhu permukaan dan aplikasi terkait lainnya seperti pemodelan evapotranspirasi. Band 1: Coastal Aerosol Band 2: Blue Band 3: Green Band 4: Red Band 5: Near Infrared Band 6: Shortwave Infrared Band 7: Shortwave Infrared Band 8: Panchromatic Band 9: Cirrus Band 10: Thermal Infrared Band 11: Thermal Infrared. Satelit ini mampu mengumpulkan hingga 400 scene citra dalam satu hari, yang merupakan peningkatan signifikan dibandingkan pendahulunya, Landsat 7. Salah satu keunggulan utama Landsat 8 adalah peningkatan sensitivitas radiometrik, dengan tingkat keabuan (Digital Number) berkisar antara 0-4096, dibandingkan dengan generasi sebelumnya yang hanya berkisar antara 0-256. Ini memungkinkan perbedaan yang lebih halus dalam tampilan objek di permukaan bumi, mengurangi kesalahan interpretasi citra.

2.4 Pengumpulan Data

Adapun teknik pengumpulan data yang dilakukan sesuai dengan parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Data shp Administrasi Kabupaten

Data Shp administrasi didapatkan dari <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>

- b. Data Citra

Data gambar resolusi tinggi diperoleh dari google earth dengan perangkat lunak SASplanet dan data citra landsat 8 didapatkan dari laman <https://www.usgs.gov/>

c. Akuisi Data

Proses pengunduhan citra Landsat 8 dapat dilakukan melalui beberapa platform, dengan Earth Explorer USGS menjadi salah satu yang paling umum.

2.5 Pengolahan Data

a. Resize Data

Metode penelitian yang digunakan dalam resize data citra penginderaan jauh, khususnya untuk citra Landsat 8, bertujuan untuk menyesuaikan resolusi spasial dari berbagai band citra agar dapat digunakan secara efektif dalam analisis lebih lanjut. Proses ini sangat penting karena seringkali citra yang diperoleh memiliki resolusi yang berbeda antara band panchromatic dan band multispectral, yang dapat mempengaruhi hasil analisis dan interpretasi data.

Setelah data citra dikumpulkan, langkah selanjutnya adalah mempersiapkan data tersebut untuk proses resize. Ini melibatkan pembukaan file citra dalam perangkat lunak pemrosesan citra seperti ENVI. Dalam perangkat lunak tersebut, pengguna perlu memeriksa daftar band yang tersedia dan memastikan bahwa semua data yang akan diubah ukurannya telah dimuat dengan benar. Setelah proses resize selesai, penting untuk memastikan hasilnya. Hal ini dapat dilakukan dengan membandingkan dimensi baru dari citra dengan dimensi asli serta memastikan bahwa tidak ada kehilangan informasi penting selama proses resize. Pengguna juga dapat melakukan visualisasi untuk memastikan bahwa kualitas citra tetap terjaga (Irawan, 2020).

b. Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik adalah proses penting dalam pengolahan data citra penginderaan jauh yang bertujuan untuk memperbaiki kesalahan posisi dan distorsi yang terjadi pada citra yang dihasilkan oleh sensor satelit. Proses ini memastikan bahwa citra yang dihasilkan dapat digunakan dengan akurat untuk analisis dan pemetaan, sehingga mencerminkan kondisi sebenarnya di permukaan bumi. Salah satu metode utama dalam koreksi

geometrik adalah penggunaan Ground Control Points (GCP). GCP adalah titik-titik di lapangan dengan koordinat yang diketahui secara akurat, seperti perempatan jalan atau bangunan yang mudah dikenali. Titik-titik ini digunakan sebagai referensi untuk mengoreksi posisi pixel pada citra satelit agar sesuai dengan koordinat geografisnya. Setelah seluruh proses koreksi dilakukan, perlu dilakukan perbandingan posisi pixel yang telah dikoreksi dengan data lapangan atau peta referensi lainnya, dengan menggunakan Root Mean Square Error (RMSE) untuk menilai seberapa baik hasil koreksi geometrik (Irawan, 2020).

c. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik merupakan salah satu langkah penting dalam pengolahan data citra penginderaan jauh, terutama untuk citra Landsat 8. Proses ini bertujuan untuk memperbaiki nilai reflektansi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu, sehingga citra yang dihasilkan lebih akurat dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Langkah pertama dalam metode ini adalah pengumpulan data citra Landsat 8. Data ini biasanya terdiri dari beberapa band spektral yang memiliki resolusi berbeda, seperti band panchromatic dan band multispectral (RGB). Data yang diperoleh harus dalam format yang sesuai untuk analisis lebih lanjut, seperti GeoTIFF. Selanjutnya dilakukan Koreksi ToA yaitu koreksi radiometrik yang paling umum digunakan untuk menghilangkan distorsi radiometrik yang disebabkan oleh posisi matahari. Posisi matahari terhadap bumi berubah bergantung pada waktu perekaman dan lokasi obyek yang direkam. Proses ini melibatkan konversi nilai Digital Number (DN) ke nilai reflektansi ToA. Dengan demikian, nilai reflektansi yang dihasilkan lebih akurat dan tidak dipengaruhi oleh perubahan posisi matahari (Irawan, 2020).

D. Transformasi indeks vegetasi MSAVI

Dalam penelitian ini, metode Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI) digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan persebaran mangrove.

MSAVI dirancang untuk meningkatkan akurasi deteksi vegetasi dengan mengurangi pengaruh latar belakang tanah, sehingga sangat cocok untuk kondisi ekosistem mangrove yang kompleks. Setelah data citra diproses, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai MSAVI. Formula MSAVI adalah sebagai berikut (Situmorang, & Anurogo, 2020).

$$MSAVI = \frac{2 \times NIR + 1 - \sqrt{(2 \times NIR + 1)^2 - 8 \times (NIR - Red)}}{2}$$

Di mana:

NIR adalah nilai reflektansi pada panjang gelombang inframerah dekat.

Red adalah nilai reflektansi pada panjang gelombang merah.

E. Interpretasi Visual

Interpretasi visual merupakan salah satu metode penting dalam penelitian pemetaan hutan mangrove, khususnya ketika menggunakan data yang dihasilkan dari transformasi indeks vegetasi seperti Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI). Proses ini memungkinkan peneliti untuk secara langsung menganalisis dan menafsirkan karakteristik serta distribusi hutan mangrove berdasarkan peta yang dihasilkan. Setelah menghitung nilai MSAVI, peta persebaran mangrove dapat dibuat dengan mengklasifikasikan area berdasarkan nilai indeks tersebut. Klasifikasi ini dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak GIS, di mana area dengan nilai MSAVI tinggi diidentifikasi sebagai hutan mangrove, sedangkan area dengan nilai rendah dapat dikategorikan sebagai non-mangrove atau lahan lainnya (Muhsoni, 2021)

F. Metode Slovin adalah teknik yang digunakan dalam penelitian untuk menentukan ukuran sampel yang tepat dari populasi yang besar. Metode ini sangat berguna ketika peneliti ingin mendapatkan sampel yang representatif tanpa harus menguji seluruh populasi, yang sering kali tidak praktis dan memakan waktu.

Rumus Slovin dinyatakan sebagai berikut (Majdina et al 2024):

$$n = \frac{N}{1 + N \cdot e^2}$$

Di mana:

n = jumlah sampel minimal

N = ukuran populasi

e = margin of error (dalam persentase)

G. Penentuan Pengambilan Sampel

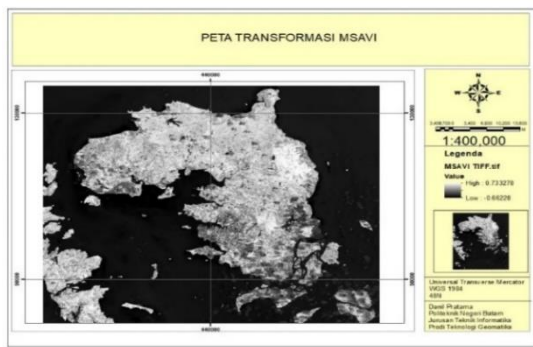
Pada penelitian ini pengambilan sampel dilakukan dengan metode purposive. Purposive sampling, juga dikenal sebagai judgmental sampling, adalah teknik pengambilan sampel non-probabilitas yang digunakan dalam penelitian untuk memilih peserta berdasarkan kriteria tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian. Metode ini sangat berguna dalam studi kualitatif di mana peneliti ingin mendapatkan wawasan mendalam dari individu atau kelompok yang memiliki karakteristik spesifik (Sepriani, 2022).

H. Uji akurasi interpretasi matriks kesalahan (Uji Validasi Lapangan)

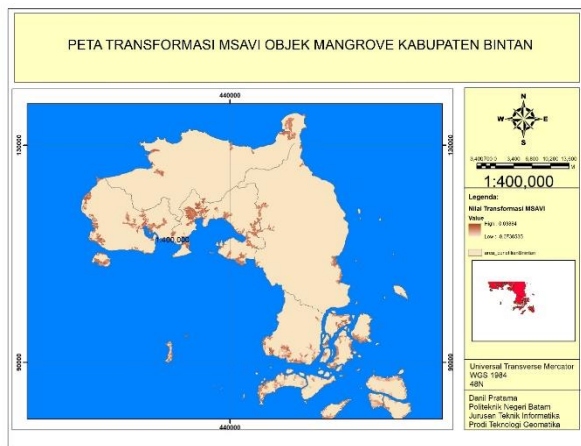
Uji akurasi interpretasi dalam penelitian penginderaan jauh sangat penting untuk menilai keandalan hasil klasifikasi citra. Salah satu metode yang umum digunakan adalah matriks kesalahan atau confusion matrix. Matriks ini memberikan gambaran tentang seberapa baik hasil klasifikasi citra sesuai dengan data referensi yang ada (Wuisan et al 2022).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Indeks Vegetasi MSAVI



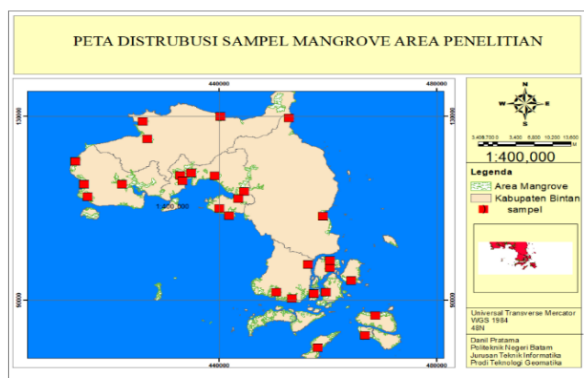
Gambar 3. Peta MSAVI



Gambar 4. Peta MSAVI mangrove

Nilai MSAVI yang tinggi menunjukkan keberadaan vegetasi yang sehat dan padat, sedangkan nilai yang rendah atau negatif dapat menunjukkan area yang tidak memiliki vegetasi atau terpengaruh oleh gangguan latar belakang seperti tanah atau air.

3.2 Hasil Validasi Lapangan



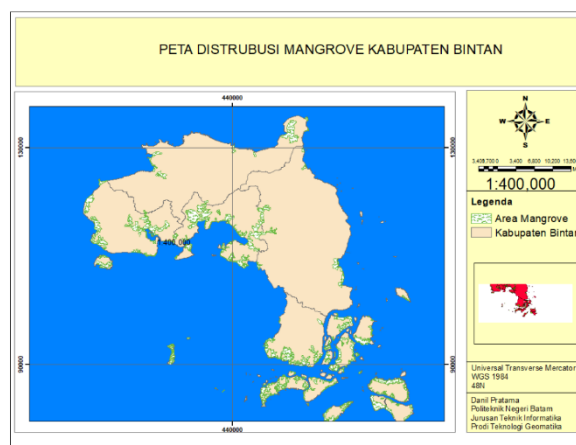
Gambar 6. Peta Sampel Mangrove

	Mangrove	Non-Mangrove	Perairan	Total	User Accuracy
Mangrove	61	0	0	61	100%
Non-Mangrove	20	20	0	40	50%
Perairan	2	2	25	29	86%
Total	83	22	25	130	
Producer Accuracy	73%	91%	100%		
Omission Error	27%	9%	0%		
		Overall Occ.		82%	

Tabel 2. Matriks Kesalahan

Untuk validasi lapangan, peneliti datang ke lokasi sample yang sudah ditentukan kemudian melakukan pengamatan perubahan kemudian dimasukkan dalam tabel matriks kesalahan. Matriks ini memberikan gambaran tentang seberapa baik model klasifikasi dalam mengidentifikasi kelas-kelas yang ada dalam citra.

3.3 Distribusi Mangrove

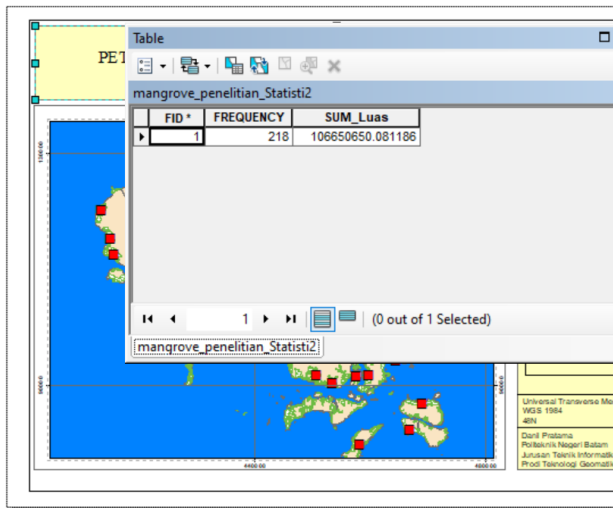


Gambar 5. Tabel Distribusi Mangrove

Peta distribusi mangrove pada penelitian ini dihasilkan dari hasil interpretasi visual data gambar resolusi tinggi yang kemudian digunakan untuk memotong citra sebagai dasar distribusi nilai sebaran mangrove.

3.4 Luas Eksisting Mangrove

Luas mangrove pada Kabupaten Bintan disajikan pada Tabel 3



Tabel 3. Luas Mangrove di Kabupaten Bintan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, luasan eksisting mangrove di kabupaten bintang seluas 106.650 Km² atau 10.665 Ha dengan rentang nilai MSAVI pada -0.073 untuk mangrove dengan kondisi sangat jarang sampai dengan 0.63884 pada kondisi mangrove yang lebat dengan derajat kesepakatan akurasi yang ditunjukkan pada hasil perhitungan overall akurasi sebesar 82% yang menyatakan bahwa representasi hasil penelitian merepresentasikan 82% kenampakan asli dilapangan dan sudah diatas batas ambang akurasi sebesar 75%.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka, dapat disimpulkan:

1. Distribusi spasial eksisting mangrove dapat di indentifikasi menggunakan data citra penginderaan jauh landsat 8 menggunakan transformasi MSAVI untuk mengetahui besaran nilai transformasi tersebut pada objek mangrove dan juga dengan menggunakan bantuan data gambar resolusi tinggi dengan ekstraksi dengan menggunakan interpretasi kenampakan visual.
2. Hasil Penelitian menunjukkan distribusi sebaran mangrove dikabupaten bintang seluas 106.650 Km² atau 10.665 Ha dengan rentang nilai MSAVI pada -0.073 untuk mangrove dengan kondisi sangat jarang

sampai dengan 0.63884 pada kondisi mangrove yang lebat dengan derajat kesepakatan akurasi yang ditunjukkan pada hasil perhitungan overall akurasi sebesar 82% yang menyatakan bahwa representasi hasil penelitian merepresentasikan 82% kenampakan asli dilapangan.

Daftar Pustaka

- Darmawan, S., Nasing, E. N., & Tridawati, A. (2022). Prediksi perubahan kawasan hutan mangrove menggunakan model land change modeler berbasis citra satelit penginderaan jauh. *Jurnal Tekno Insentif*, 16(1), 54-68.
- Fudloly, A. R. L., Fuad, M. A. Z., & Purwanto, A. D. (2020). Perubahan sebaran dan kerapatan hutan mangrove di Pesisir Pantai Bama, Taman Nasional Baluran menggunakan citra satelit SPOT 4 dan SPOT 6. *Depik*, 9(2), 184-192.
- Heriyanto, T., Amin, B., Rahimah, I., & Ariani, F. (2020). Analisis biomassa dan cadangan karbon pada ekosistem mangrove di kawasan pantai berpasir Desa Kawal Kabupaten Bintan. *Jurnal Maritim*, 2(1), 31-41.
- Irawan, F. A. (2020). *Pengolahan Citra Digital Penginderaan Jauh*. Poliban Press.
- Isdianto, A., & Luthfi, O. M. (2021). Penggunaan Citra Landsat 8 Untuk Memetakan Luas Sebaran Hutan Mangrove Di Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 5(2), 193-200.
- Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (1990). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra (terjemahan)*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Majdina, N. I., Pratikno, B., & Tripena, A. (2024). PENENTUAN UKURAN SAMPEL MENGGUNAKAN RUMUS BERNOULLI DAN SLOVIN: KONSEP DAN APLIKASINYA. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Pendidikan Matematika*, 16(1), 73-84.
- Muhsoni, F. F. (2021). *Karbon Mangrove*.
- Naraswari, A. R. (2023). *Klasifikasi Perubahan Tutupan Lahan Mangrove di Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau*.
- Pangestu, M. A. (2022). *Persepsi Wisatawan Terhadap Wisata Mangrove Di Desa Pengudang Kecamatan Teluk Sebong Kabupaten Bintan (Doctoral dissertation, Universitas Lancang Kuning)*.
- Prahasta, E. (2009). *Sistem Informasi Geografis: Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Bandung: Informatika.
- Press, U. G. M. (2023). *Menyerap Karbon: Layanan Ekosistem Pesisir untuk Mitigasi Perubahan Iklim*. UGM PRESS.
- Sari, D. N., Sasmito, B., & Hadi, F. (2023). *Estimasi Produktivitas Kopi Menggunakan Citra SPOT-7*

- Dengan Transformasi Indeks Vegetasi. *Jurnal Geodesi Undip*, 12(1), 20-29.
- Sirait, G., & Silaban, I. J. A. (2021). Pengelolaan Konservasi Hutan Mangrove Dalam Menjaga Kelangsungan Hidup Ekosistem Hutan Mangrove Di Indonesia.
- Situmorang, A. D. L., & Anurogo, W. (2020). PENDUGAAN PENCADANGAN KARBON PERMUKAAN HUTAN DI PULAU BATAM MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH. *JURNAL SWARNABHUMI: Jurnal Geografi dan Pembelajaran Geografi*, 5(1), 46-53.
- Sepriani, O. (2022). Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mendeteksi Kerapatan Hutan Tahun 2016 dan 2020 di Kecamatan Sijunjung (Doctoral dissertation, Fakultas Ilmu Sosial).
- Wuisan, I. O., Saroinsong, F. B., & Langi, M. A. (2022). IDENTIFIKASI PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DI KEBUN RAYA MEGAWATI SOEKARNOPUTRI MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS. *AGRI-SOSIOEKONOMI*, 18(1), 219-224.