

**PENGUNAAN BERBAGAI INDEKS VEGETASI UNTUK
PENGENALAN CEPAT DAN AKURAT PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN
MANGROVE DI KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI KABUPATEN
LAMPUNG TIMUR**

(Skripsi)

Oleh

**MUHAMMAD AGUNG PERMANA
NPM 2114151037**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGUNAAN BERBAGAI INDEKS VEGETASI UNTUK PENGENALAN CEPAT DAN AKURAT PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN MANGROVE DI KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI KABUPATEN LAMPUNG TIMUR

Oleh

MUHAMMAD AGUNG PERMANA

Tutupan mangrove memiliki fungsi ekologis penting dalam melindungi garis pantai, menjaga keanekaragaman hayati, dan menyimpan karbon, namun keberadaannya terus terancam oleh alih fungsi lahan dan degradasi lingkungan. Penggunaan indeks vegetasi seperti NDVI, GNDVI, dan SAVI memungkinkan pemantauan kondisi vegetasi secara cepat dan akurat melalui teknologi penginderaan jauh. Penelitian ini bertujuan mengetahui perbandingan indeks vegetasi NDVI, GNDVI dan SAVI yang paling cepat dan akurat dalam mendeteksi tutupan lahan mangrove di Kabupaten Lampung Timur dan melakukan reklasifikasi dan estimasi luas tutupan lahan mangrove di Kabupaten Lampung Timur. Data yang digunakan berupa citra satelit Landsat 8 periode 2013–2025 dan *data ground truth* untuk validasi, yang diolah menggunakan ArcGIS 10.8 dan SNAP melalui tahapan pra-pengolahan, perhitungan indeks, reklasifikasi, dan analisis spasial. Hasil analisis menunjukkan bahwa ketiga indeks memiliki korelasi positif dengan kerapatan vegetasi, di mana GNDVI lebih sensitif terhadap kandungan klorofil dan SAVI lebih efektif pada vegetasi jarang dengan latar tanah terbuka. Pemantauan multi-temporal memperlihatkan adanya peningkatan tutupan mangrove pada periode 2015–2019 yang kemudian menurun signifikan pada 2025, terutama di wilayah selatan. Temuan ini menegaskan perlunya strategi pengelolaan mangrove yang berkelanjutan dan berbasis data spasial untuk menjaga keberlanjutan fungsi ekologis serta mendukung kesejahteraan masyarakat pesisir.

Kata kunci: Indeks vegetasi, mangrove, NDVI, GNDVI, SAVI, tutupan lahan.

ABSTRACT

USE OF VARIOUS VEGETATION INDEX FOR QUICK AND ACCURATE RECOGNITION OF LAND COVER CHANGE MANGROVE IN LABUHAN MARINGGAI DISTRICT, EAST LAMPUNG REGENCY

By

MUHAMMAD AGUNG PERMANA

Mangrove cover has important ecological functions in protecting coastlines, maintaining biodiversity, and storing carbon, but its existence continues to be threatened by land use change and environmental degradation. The use of vegetation indices such as NDVI, GNDVI, and SAVI allows for rapid and accurate monitoring of vegetation conditions through remote sensing technology. This study aims to compare the vegetation indices NDVI, GNDVI and SAVI which are the fastest and most accurate in detecting mangrove land cover in East Lampung Regency and to reclassify and estimate the area of mangrove land cover in East Lampung Regency. The data used are Landsat 8 satellite imagery for the period 2013–2025 and ground truth data for validation, which are processed using ArcGIS 10.8 and SNAP through the stages of pre-processing, index calculation, reclassification, and spatial analysis. The results of the analysis show that all three indices have a positive correlation with vegetation density, where GNDVI is more sensitive to chlorophyll content and SAVI is more effective in sparse vegetation with open ground backgrounds. Multi-temporal monitoring shows an increase in mangrove cover between 2015 and 2019, followed by a significant decline by 2025, particularly in the southern region. These findings underscore the need for sustainable, spatially data-driven mangrove management strategies to maintain ecological functions and support the well-being of coastal communities.

Keywords: Vegetation index, mangroves, NDVI, GNDVI, SAVI, land cover.

**PENGUNAAN BERBAGAI INDEKS VEGETASI UNTUK
PENGENALAN CEPAT DAN AKURAT PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN
MANGROVE DI KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI KABUPATEN
LAMPUNG TIMUR**

Oleh

Muhammad Agung Permana

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA KEHUTANAN**

Pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi

: **PENGUNAAN BERBAGAI INDEKS
VEGETASI UNTUK PENGENALAN
CEPAT DAN AKURAT PERUBAHAN
TUTUPAN LAHAN MANGROVE DI
KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI
KABUPATEN LAMPUNG TIMUR**

Nama

: *Muhammad Agung Permana*

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114151037

Program Studi

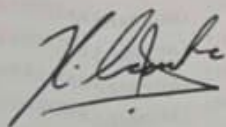
: Kehutanan

Fakultas

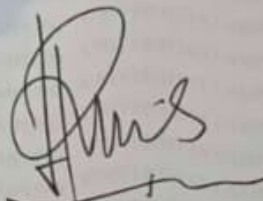
: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

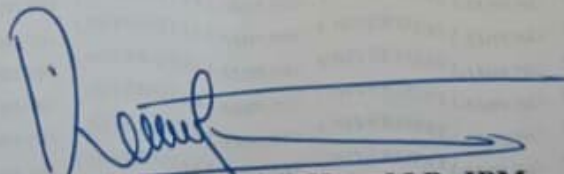


Dr. Rudi Hilmanto, S.Hut, M.Si.
NIP. 197807242005011003



Trio Santoso, S.Hut., M.Sc.
NIP. 198503102014041002

2. Ketua Jurusan Kehutanan



Dr. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P., IPM.
NIP. 197310121999032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

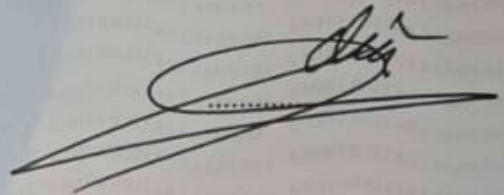
Ketua : **Dr. Rudi Hilmanto, S.Hut., M.Si.**



Sekretaris : **Trio Santoso, S.Hut., M.Sc.**



Anggota : **Ir. Indriyanto, M.P.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **24 Juni 2025**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Agung Permana
NPM : 2114151037
Jurusan : Kehutanan
Alamat Rumah : Dusun Sinar Dewa Timur RT 001/RW 004, Desa Rajabasa
Ratu, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sungguh-sungguh, bahwa skripsi saya yang berjudul:

“Penggunaan Berbagai Indeks Vegetasi Untuk Pengenalan Cepat dan Akurat Perubahan Tutupan Lahan Mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur”

Adalah benar karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Selanjutnya, saya juga tidak keberatan apabila sebagian atau seluruh data pada skripsi ini digunakan oleh dosen dan/atau program studi untuk kepentingan publikasi. Jika di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum.

Bandar Lampung, 2025
Yang membuat pernyataan



Muhammad Agung Permana
NPM 2114151037

RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama lengkap Muhammad Agung Permana, atau biasa disapa Agung. Lahir di Rajabasa Lama, 23 Agustus 2002. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Purwanto dan Ibu Purwati. Penulis memiliki kakak laki-laki bernama Miftahul Khoirul Huda. Penulis menempuh pendidikan di SDN 2 Rajabasa Lama pada tahun 2009-2015, SMPN 1 Labuhan Ratu pada tahun 2015-2018, SMAN 1 Labuhan Ratu pada tahun 2018-2021. Tahun 2021, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti organisasi dan menjadi Anggota Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (Himasyilva) Universitas Lampung tahun 2022-2024. Pada Bulan Januari tahun 2024, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Banjarmasin, Kecamatan Baradatu, Kabupaten Way Kanan. Pada Bulan Juli-Agustus tahun 2024, Penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum Pengelolaan Hutan Lestari (PU-PHL) di Kampus Lapangan Universitas Gadjah Mada yaitu KHDTK Getas, Kecamatan Kradenan, Blora, Jawa Tengah dan Hutan Pendidikan Wanagama, Kecamatan Gunung Kidul, Jawa Tengah.

SANWACANA

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, karena atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Skripsi yang berjudul "Penggunaan Berbagai Indeks Vegetasi Untuk Pengenalan Cepat dan Akurat Perubahan Tutupan Lahan Mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur" ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini, banyak sekali rintangan dan kesulitan yang dihadapi. Namun, berkat bimbingan, bantuan, dukungan moril maupun materiel, serta doa dari berbagai pihak, semua kesulitan tersebut dapat teratasi. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A. IPM., ASEAN. Eng. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P., IPM. selaku Ketua Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Rudi Hilmanto, S.Hut., M.Si., selaku pembimbing utama yang telah membimbing, memberikan arahan, nasihat, dan motivasi kepada penulis dalam proses penyusunan dan penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Trio Santoso, S.Hut., M.Sc. selaku pembimbing kedua dan pembimbing akademik yang telah membimbing, memberikan arahan, nasihat, dan motivasi kepada penulis dalam proses perkuliahan dan penyelesaian skripsi ini.

6. Bapak Ir. Indriyanto, M.P., selaku dosen penguji atas arahan, motivasi, dan saran yang telah diberikan kepada penulis pada seluruh rangkaian proses penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh Bapak Ibu Dosen dan Staff Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan membantu selama proses perkuliahan dan menuntut ilmu di Universitas Lampung.
8. Orang tua penulis yaitu Bapak Purwanto dan Ibu Purwanti serta Kakak penulis yaitu Miftahul Khoirul Huda yang selalu memberikan doa, semangat, kasih sayang, dan dukungan moril maupun materil selama ini.
9. Teman seperbimbingan yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penyusunan skripsi.
10. Teman dekat penulis “Genk Kita-Kita Aza” (Dimas Aulia Miftahul Khusna, M. Pahlevi Fadhlurrazzaq, Fiko Arta Satriatama) yang telah memberikan bantuan, dukungan dan semangat selama perkuliahan dan penyusunan skripsi.
11. Saudara seperjuangan Angkatan 2021 (Laboriosa) serta keluarga besar Himasyilva Universitas Lampung.
12. Saudari Amelinda Agustiana Josinta yang telah memberikan dukungan dan semangat selama perkuliahan dan penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi masih banyak kekurangan. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi pembaca.

Bandar Lampung, 24 Juni 2025
Penulis,

Muhammad Agung Permana

Bismillahirrahmanirrahim
Karya Tulis ini Kupersembahkan untuk Kedua Orang Tuaku tersayang
Ayahanda Purwanto dan Ibu Purwati

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Kerangka Pemikiran	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Gambaran Umum Tampak Lokasi Penelitian	6
2.2 Karakteristik Hutan Mangrove	7
2.3 Indeks Vegetasi	9
2.4 Deteksi Cepat dan Akurat	9
2.5 <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI).....	10
2.6 <i>Green Normalized Difference Vegetation Index</i> (GNDVI).....	11
2.7 <i>Soil Adjusted Vegetation Index</i> (SAVI)	12
2.8 Tutupan Lahan	13
III. METODELOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Waktu dan Tampak Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	15
3.3 Pengumpulan Data	16
3.3.1 Data Primer.....	16
3.3.2 Tahap Awal Pengolahan Citra Satelit.....	16
3.3.3 Data sekunder.....	16
3.3.3.1 Akuisisi Citra.....	16

3.3.3.2 Citra Landsat 8.....	17
3.4 Metode Analisis Data.....	17
3.4.1 Analisis Indeks Vegetasi.....	17
3.4.1.1 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).....	18
3.4.1.2 Langkah-Langkah Identifikasi Menggunakan NDVI.....	18
3.4.1.3 Green Normalized Difference Vegetation Index.....	20
3.4.1.4 Langkah-Langkah Identifikasi Menggunakan GNDVI.....	21
3.4.1.5 Soil-Adjusted Vegetation Index SAVI.....	23
3.4.1.6 Langkah-Langkah Identifikasi Menggunakan GNDVI.....	24
3.4.1.7 Analisis Regresi.....	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Hubungan Indeks NDVI dan Kerapatan Vegetasi	26
4.1.1 NDVI.....	26
4.1.2 GNDVI.....	28
4.1.3 SAVI.....	29
4.2 Perubahan Tutupan Lahan Mangrove Berdasarkan NDVI.....	31
4.3 Perubahan Tutupan Lahan Mangrove Berdasarkan GNDVI.....	34
4.4 Perubahan Tutupan Lahan Mangrove Berdasarkan SAVI	38
4.5. Analisis Regresi Hubungan Indeks Vegetasi dan Kerapatan Tutupan Lahan mangrove	41
V. KESIMPULAN.....	45
5.1 Simpulan.....	45
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran	5
2. Peta lokasi penelitian.....	15
3. Kategori kehijauan NDVI	19
4. Scatter plot kerapatan dan NDVI	26
5. Scatter plot kerapatan dan GNDVI	28
6. Scatter plot kerapatan dan SAVI	30
7. Tutupan lahan mangrove NDVI 2013	31
8. Tutupan lahan mangrove NDVI 2015	31
9. Tutupan lahan mangrove NDVI 2017	31
10 Tutupan lahan mangrove NDVI 2019	32
11. Tutupan lahan mangrove NDVI 2021	32
12. Tutupan lahan mangrove NDVI 2023	32
13. Tutupan lahan mangrove NDVI 2025	32
14. Tutupan lahan mangrove GNDVI 2013	34
15. Tutupan lahan mangrove GNDVI 2015	34
16. Tutupan lahan mangrove GNDVI 2017	34
17 Tutupan lahan mangrove GNDVI 2019	35
18. Tutupan lahan mangrove GNDVI 2021	35
19. Tutupan lahan mangrove GNDVI 2023	35
20. Tutupan lahan mangrove GNDVI 2025	35
21. Tutupan lahan mangrove SAVI 2013	37
22. Tutupan lahan mangrove SAVI 2015	37

23. Tutupan lahan mangrove SAVI 2017	37
24. Tutupan lahan mangrove SAVI 2019	37
25. Tutupan lahan mangrove SAVI 2021	37
26. Tutupan lahan mangrove SAVI 2023	37
27. Tutupan lahan mangrove SAVI 2025	38
28. Grafik hubungan kerapatan dan indeks vegetasi NDVI.....	41
29. Grafik hubungan kerapatan dan indeks vegetasi GNDVI.....	41
30. Grafik hubungan kerapatan dan indeks vegetasi SAVI	41

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penggunaan kombinasi band untuk studi citra landsat 8.....	10
2. Pengkelasan SAVI	13
3. Pengkelasan nilai NDVI.....	18
4. Pengkelasan GNDVI.....	21
5. Pengkelasan SAVI	24
6. Model regresi.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi penelitian	52
2. Tumbuhan mangrove <i>Rhizophora</i>	52
3. Penitikan menggunakan GPS	52
4. Tumbuhan mangrove <i>Avicennia</i>	52
5. Perhitungan tegakan mangrove dalam plot	53
6. Perhitungan tegakan mangrove dalam plot	53
7. Proses memasukkan citra (<i>band</i>).....	54
8. Perhitungan <i>raster calculator</i>	54
9. Proses klip wilayah kajian	55
10. Proses pengklasifikasian tutupan lahan mangrove.....	55
11. Proses memasukkan titik plot.....	56
12. Proses layout peta wilayah kajian	56
13. Data kerapata, NDVI, GNDVI, SAVI, dan kerapatan.....	57
14. Data plot	57

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia menjadi salah satu negara yang memiliki hutan mangrove terluas di dunia. Luas hutan mangrove di Indonesia menurun sekitar 4,5 juta ha menjadi 1,9 juta ha yang dominan disebabkan oleh faktor manusia (Anurogo *et al.*, 2018). Jumlah mangrove yang termasuk dalam kategori tajuk rapat lebih dari 70%, atau sebesar 3,16 juta hektar, sedangkan untuk kategori tajuk sedang 30-70%, atau sebesar 186,5 ribu hektar. Mangrove yang termasuk dalam kategori tajuk jarang kurang dari 30%, atau sebesar 53,8 ribu hektar. Saat ini laju degradasi di Indonesia masih sangat besar, sehingga dapat merusak ekosistem hutan mangrove secara perlahan-lahan (Eddy, 2017).

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang dapat berkembang di sepanjang garis pantai dan dipengaruhi oleh surut pasang air laut (Laraswati *et al.*, 2020). Menurut Printrakoon dan Temkin (2008), ekosistem mangrove merupakan ekosistem mempunyai nilai ekologis dan ekonomis yang tinggi. Keberadaan mangrove tidak hanya berfungsi sebagai pelindung pesisir dari abrasi, tetapi juga menyediakan habitat bagi berbagai jenis fauna, serta berkontribusi dalam penyerapan karbon yang penting dalam mitigasi perubahan iklim. Salah satu daerah yang memiliki ekosistem mangrove yang signifikan adalah Kabupaten Lampung Timur. Wilayah ini memiliki potensi yang besar sebagai habitat mangrove, namun keberadaannya masih dihadapkan pada berbagai masalah, seperti alih fungsi lahan, degradasi lingkungan, dan kurangnya pemantauan yang efektif terhadap kondisi tutupan lahan mangrove.

Masyarakat setempat menjadikan hutan mangrove sebagai sumber penghidupan yang memberikan hasil tangkapan ikan, sumber bahan bakar alami, serta bahan baku bagi industri kerajinan tradisional. Dengan demikian, melestarikan hutan mangrove bukan hanya penting untuk menjaga keanekaragaman hayati, tetapi

juga untuk memastikan kesejahteraan dan ketahanan masyarakat pesisir yang bergantung padanya (Rahman *et al.*, 2019). Penurunan luas tutupan lahan mangrove merupakan masalah serius yang berdampak luas bagi masyarakat pesisir di seluruh dunia (Agustin *et al.*, 2018).

Penurunan luas tutupan lahan mangrove dapat dipicu dari aktivitas manusia seperti perambahan, pembukaan lahan untuk pertanian, pembangunan infrastruktur, pencemaran, serta abrasi, tutupan lahan mangrove semakin menyusut (Agustin *et al.*, 2019). Dampak dari penurunan luas tutupan lahan mangrove sangat dirasakan oleh masyarakat yang bergantung pada ekosistem ini untuk mencari sumber penghidupan, seperti nelayan, petani, dan pengrajin. Pemahaman akan pentingnya melestarikan mangrove menjadi krusial untuk memastikan keberlanjutan ekonomi dan ekologi bagi masyarakat pesisir di masa mendatang.

Pemantauan dan pemetaan tutupan lahan mangrove secara akurat dan efisien sangat penting untuk mendukung upaya konservasi dan pengelolaan ekosistem mangrove. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memantau tutupan lahan mangrove adalah dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*). Penginderaan jauh memungkinkan untuk memperoleh data spasial yang luas dan akurat dalam waktu yang relatif singkat, sehingga sangat mendukung pengambilan keputusan yang tepat dalam pengelolaan sumber daya alam (Turner *et al.*, 2015; Giri *et al.*, 2011). Teknologi ini telah digunakan secara luas untuk pemetaan tutupan lahan mangrove di berbagai wilayah di dunia, termasuk Indonesia yang memiliki banyak daerah pesisir dengan ekosistem mangrove.

Indeks vegetasi merupakan pendekatan yang dapat digunakan dalam penginderaan jauh untuk pemantauan tutupan lahan mangrove. Indeks vegetasi adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kondisi vegetasi pada suatu daerah berdasarkan reflektansi spektrum elektromagnetik. Berbagai jenis indeks vegetasi, seperti NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*), dan SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*), telah banyak digunakan dalam pemetaan tutupan lahan, termasuk ekosistem mangrove (Huete *et al.*, 1997). Indeks vegetasi didasarkan pada pantulan cahaya oleh tumbuhan pada spektrum yang berbeda. Daun hijau cenderung menyerap cahaya merah (RED) untuk fotosintesis dan memantulkan

cahaya inframerah dekat (NIR) untuk melindungi diri dari panas berlebih. Kombinasi rasio reflektansi dari panjang gelombang ini memungkinkan estimasi kesehatan, kerapatan, dan keberadaan vegetasi (Rouse *et al.*, 1974). Penggunaan indeks vegetasi untuk mengidentifikasi tutupan mangrove memiliki keunggulan karena mampu mendeteksi variasi vegetasi dengan sensitif, terutama di area pesisir yang kompleks.

Tantangan utama dalam penggunaan indeks vegetasi untuk pengenalan tutupan lahan mangrove terletak pada karakteristik spektral yang khas dari mangrove, seperti adanya variasi salinitas, dan kerapatan vegetasi yang berbeda dengan vegetasi lainnya. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang lebih mendalam mengenai efektivitas berbagai indeks vegetasi dalam mendeteksi dan memetakan tutupan lahan mangrove, khususnya di wilayah Kabupaten Lampung Timur yang memiliki kondisi ekologis yang unik (Setiawan *et al.*, 2019). Beberapa studi menunjukkan bahwa tidak semua indeks vegetasi dapat bekerja secara optimal di area mangrove, sehingga pemilihan indeks yang tepat sangat krusial untuk meningkatkan akurasi pemetaan (Priyatna, 2019).

Penelitian ini terfokus pada penyajian data penginderaan jauh dengan berbagai metode untuk membandingkan data yang akurat dan cepat dalam mendeteksi tutupan lahan mangrove di Kabupaten Lampung Timur. Namun, dalam konteks mangrove, yang memiliki karakteristik spektral yang kompleks, pemilihan indeks vegetasi yang tepat menjadi sangat krusial. Berbagai indeks seperti NDVI, EVI, dan SAVI telah digunakan untuk pemantauan vegetasi, tetapi efektivitasnya dalam mendeteksi tutupan mangrove, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti salinitas, dan kedalaman perairan, belum sepenuhnya dipahami. Hal ini menimbulkan pertanyaan tentang sejauh mana indeks-indeks tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi mangrove dengan akurat di wilayah pesisir yang khas ini. Oleh karena itu, penting untuk melakukan kajian yang lebih mendalam mengenai kinerja indeks vegetasi dalam mendeteksi tutupan lahan mangrove di Kabupaten Lampung Timur.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas penulis merumuskan masalah sebagai berikut.

1. Manakah metode yang paling akurat dalam identifikasi cepat tutupan lahan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai?
2. Apakah terdapat perbedaan tingkat akurasi antara indeks vegetasi NDVI, GNDVI dan SAVI dalam estimasi luas tutupan mangrove?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut.

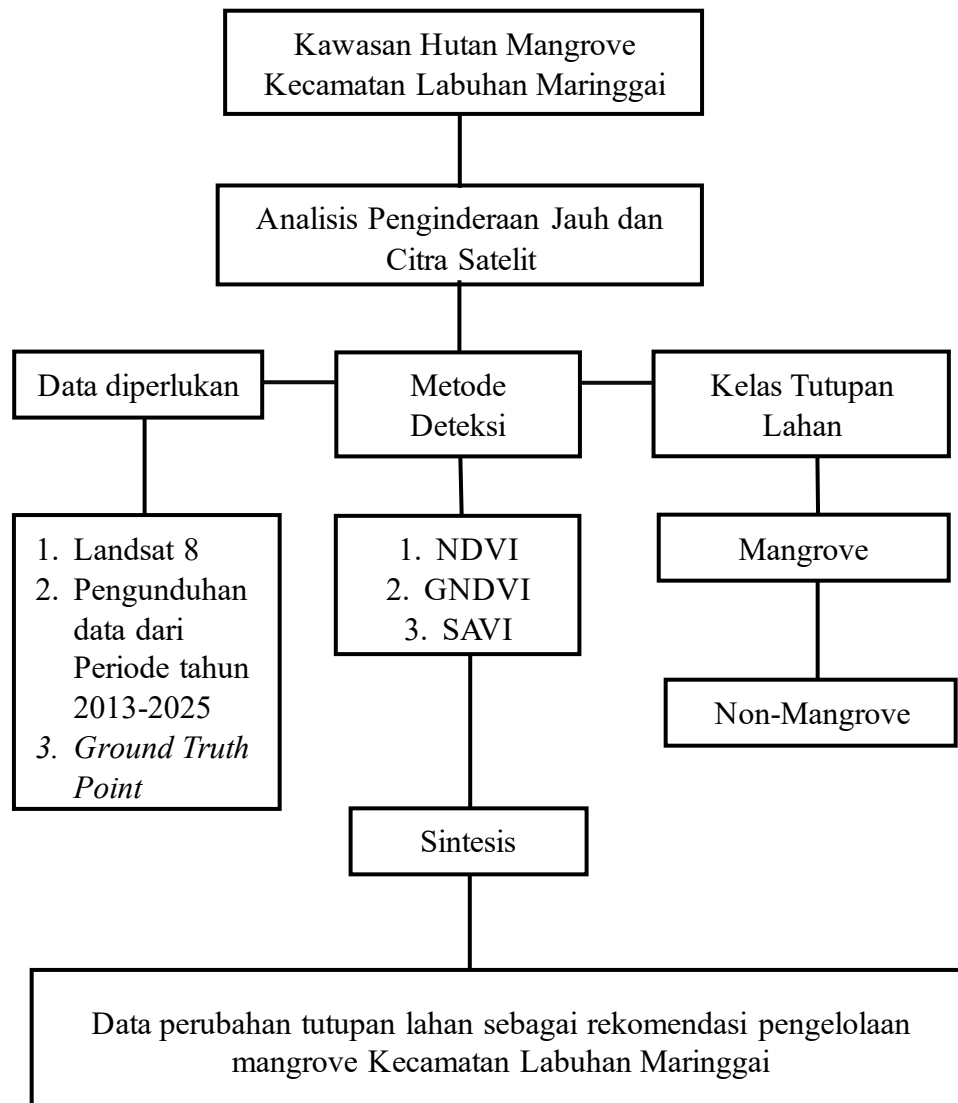
1. Mengetahui perbandingan indeks vegetasi NDVI, GNDVI dan SAVI yang paling cepat dan akurat dalam mendeteksi tutupan lahan mangrove di Kabupaten Lampung Timur.
2. Melakukan reklasifikasi dan estimasi luas tutupan lahan mangrove di Kabupaten Lampung Timur dan mencari persamaan hubungan indeks vegetasi terhadap kerapatan tutupan lahan mangrove di Kabupaten Lampung Timur.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan dari penelitian tersebut bisa mempunyai manfaat sebagai berikut.

1. Sebagai referensi acuan untuk penelitian selanjutnya tentang tutupan lahan mangrove.
2. Dasar ilmiah untuk merumuskan upaya konservasi dan pengelolaan ekosistem mangrove.
3. Penelitian deteksi cepat tutupan lahan mangrove dapat membantu dalam memahami dampak lingkungan dari perubahan penggunaan lahan mangrove.
4. Penelitian perubahan tutupan lahan mangrove juga dapat digunakan untuk pemantauan perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu.

1.5 Kerangka Pemikiran



Gambar 1. Kerangka pemikiran

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Tampak Lokasi Penelitian

Kecamatan Labuhan Maringgai terletak di Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung, Indonesia. Secara geografis, kecamatan ini berada di bagian selatan Pulau Sumatera, dengan koordinat sekitar 5°24' LS dan 105°04' BT. Labuhan Maringgai memiliki topografi yang beragam, termasuk pantai yang indah di sebelah barat, serta daerah dataran rendah dan perbukitan di bagian timur (Nababan, 2015). Kecamatan Labuhan Maringgai resmi terbentuk pada tahun 2004, sebagai hasil pemekaran dari Kecamatan Sekampung Udik, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung, Indonesia. Sejak itu, Labuhan Maringgai menjadi entitas administratif yang mandiri dan memiliki peran penting dalam pembangunan dan pelayanan publik di wilayah tersebut.

Labuhan Maringgai terletak di sepanjang pantai, dengan garis pantai yang panjang dan berbentuk melengkung. Wilayah ini juga dikenal memiliki hutan mangrove yang merupakan bagian integral dari ekosistem pesisir. Selain itu, kecamatan ini dilintasi oleh beberapa sungai kecil yang mengalir dari perbukitan ke arah pantai, menyediakan sumber daya air bagi kehidupan masyarakat dan ekosistem. Kecamatan Labuhan Maringgai di Kabupaten Lampung Timur merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi hutan mangrove yang cukup signifikan. Hutan mangrove di wilayah ini memainkan peran penting dalam menjaga ekosistem pesisir serta menyediakan berbagai manfaat ekologis, ekonomis, dan sosial bagi masyarakat setempat. Hutan mangrove berperan sebagai penyeimbang ekosistem pantai yang alami, melindungi garis pantai dari abrasi dan kerusakan akibat gelombang dan badai (Asyiawati *et al.*, 2014).

Selain itu, hutan mangrove juga merupakan habitat penting bagi berbagai spesies hewan dan tumbuhan, termasuk jenis-jenis ikan, burung, dan invertebrata. Keberadaan hutan mangrove di Labuhan Maringgai juga memberikan dukungan

bagi sektor pariwisata, karena ekosistem mangrove sering menjadi daya tarik bagi wisatawan yang menyukai keindahan alam dan keanekaragaman hayati yang unik (Haris, 2014). Namun, hutan mangrove di Labuhan Maringgai juga menghadapi berbagai tantangan, termasuk deforestasi, konversi lahan untuk kepentingan pembangunan, dan pencemaran lingkungan. Upaya konservasi dan rehabilitasi hutan mangrove menjadi sangat penting untuk memastikan keberlanjutan ekosistem mangrove serta berbagai manfaat yang dihasilkannya bagi masyarakat setempat dan lingkungan secara keseluruhan (Darmawan *et al.*, 2014). Berbagai program dan proyek konservasi telah dilakukan oleh pemerintah setempat, lembaga swadaya masyarakat, dan komunitas lokal untuk melindungi dan memulihkan hutan mangrove di Labuhan Maringgai. Melalui upaya-upaya tersebut, diharapkan dapat terjaga keberlanjutan ekosistem mangrove, serta manfaatnya bagi kesejahteraan masyarakat dan pelestarian lingkungan di wilayah tersebut.

2.2 Karakteristik Hutan Mangrove

Hutan mangrove merupakan ekosistem hutan yang tumbuh di wilayah pantai berlumpur atau berair payau di daerah tropis dan subtropis. Karakteristik utamanya adalah adanya spesies-spesies tumbuhan yang dapat hidup di lingkungan yang memiliki kadar garam tinggi serta mampu bertahan dari pasang surut air laut yang berkala. Hutan mangrove juga sebagai rumah bagi berbagai spesies hayati yang sangat beragam, termasuk tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Spesies-spesies ini telah mengembangkan adaptasi unik untuk bertahan hidup di lingkungan yang keras dan berubah-ubah, seperti akar udara pada beberapa spesies mangrove untuk mengambil oksigen dari udara (Romadhona *et al.*, 2020).

Karakteristik utama dari struktur komunitas hutan mangrove adalah dominasi tumbuhan mangrove, seperti *Rhizophora*, *Avicennia*, dan *Sonneratia*. Mangrove tersebut membentuk hutan yang rapat dengan sistem akar yang kompleks, memberikan perlindungan bagi berbagai jenis organisme laut dan darat. Hutan mangrove memiliki banyak fungsi ekologis yang penting, termasuk sebagai penyangga pantai yang dapat mengurangi kerusakan akibat gelombang dan badai, serta menyediakan habitat penting bagi berbagai spesies ikan, burung, dan mamalia laut (Wapur, 2016).

Hutan mangrove juga memberikan manfaat langsung bagi manusia, seperti menyediakan sumber daya alam seperti kayu, bahan pangan, dan obat-obatan tradisional. Selain itu, hutan mangrove juga berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem pantai dan menyerap karbon dari atmosfer, membantu dalam mitigasi perubahan iklim. Meskipun memiliki nilai ekologis dan ekonomis yang tinggi, hutan mangrove menghadapi ancaman serius dari aktivitas manusia, seperti penggundulan untuk pembangunan infrastruktur pantai, penebangan kayu, serta polusi dan perubahan iklim. Oleh karena itu, perlindungan dan konservasi hutan mangrove menjadi sangat penting untuk memastikan kelangsungan hidupnya dan manfaatnya bagi lingkungan dan manusia (Tan *et al.*, 2021).

Menurut Risma (2021) bahwa hutan mangrove di wilayah Kecamatan Labuhan Maringgai memiliki komposisi jenis yang beragam. Jenis-jenis mangrove yang dominan antara lain *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, dan *Sonneratia alba*. Kerapatan vegetasi mangrove di daerah ini bervariasi bergantung pada kondisi lingkungan setempat. Penilaian status kesehatan hutan mangrove di Kabupaten Lampung Timur menunjukkan bahwa kondisi kesehatan hutan mangrove bervariasi, dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kerapatan vegetasi, keanekaragaman hayati, dan tekanan antropogenik.

Studi mengenai modal sosial dalam pengelolaan dan pelestarian hutan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai menunjukkan bahwa modal sosial, seperti kepercayaan dan jaringan sosial, berperan penting dalam keberhasilan pelestarian hutan mangrove. (Nababan, 2015). Upaya konservasi dan rehabilitasi diperlukan untuk menjaga fungsi ekologis hutan mangrove di wilayah ini. Masyarakat setempat telah melakukan upaya rehabilitasi hutan mangrove, seperti yang terlihat di Desa Margasari. Pada tahun 1995, kepala desa setempat mengajak masyarakat untuk menanam mangrove guna mengatasi abrasi. Hasilnya, pada tahun 2009, luas ekosistem mangrove di desa tersebut diperkirakan mencapai sekitar 700 ha (Valentina *et al.*., 2019).

2.3 Indeks Vegetasi

Menurut Huete *et al* (1999) Indeks vegetasi merupakan parameter kuantitatif yang digunakan untuk mengukur kondisi, kerapatan, atau kesehatan vegetasi berdasarkan data penginderaan jauh. Indeks ini dihitung dari kombinasi reflektansi spektral yang diukur pada panjang gelombang tertentu, terutama dalam spektrum cahaya tampak (*visible*) dan inframerah dekat (*near-infrared*). Indeks vegetasi biasanya dirancang untuk menonjolkan perbedaan antara tanaman hijau sehat dengan elemen lain seperti tanah, air, atau vegetasi yang tidak sehat. Perkembangan berbagai jenis indeks memungkinkan peningkatan akurasi dalam berbagai kondisi lingkungan. Meskipun demikian indeks vegetasi memiliki beberapa keterbatasan, seperti, pengaruh atmosfer dan kondisi cuaca dapat mengganggu pengukuran reflektansi. Wilayah dengan tutupan vegetasi padat dan cenderung mengalami saturasi. Variasi latar belakang tanah dapat mempengaruhi akurasi beberapa indeks. Dari pengertian tersebut peneliti ingin menggunakan 3 macam indeks vegetasi yaitu NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*), dan SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*), untuk mengetahui pengenalan cepat dan akurat tutupan lahan mangrove di Kabupaten Lampung Timur.

2.4 Deteksi Cepat dan Akurat

Deteksi cepat dan akurat terhadap tutupan lahan mangrove di Kabupaten Lampung Timur sangat penting untuk mendukung upaya konservasi dan pengelolaan berkelanjutan. Penggunaan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) telah menjadi metode utama dalam pemetaan dan monitoring perubahan tutupan lahan mangrove. Menurut Yuliasamaya *et al.* (2014) menggunakan data Landsat dari tahun 1973 hingga 2013 untuk menganalisis perubahan tutupan hutan mangrove di pesisir Kabupaten Lampung Timur. Hasilnya menunjukkan bahwa luas hutan mangrove mengalami peningkatan sebesar 2.541,22 hektar pada periode 1973-1983, namun menurun secara signifikan pada periode-periode berikutnya: 4.903,54 hektar (1983-1994), 6.377,11 hektar (1994-2004), dan 3.059,23 hektar (2004-2013).

Selain itu, penelitian di Kabupaten Lampung Selatan menunjukkan bahwa algoritma klasifikasi berbasis objek (object-oriented classification) memiliki akurasi tinggi dalam memetakan hutan mangrove, mencapai nilai akurasi 95%. Meskipun penelitian ini dilakukan di Kabupaten Lampung Selatan, metode yang sama dapat diterapkan di Kabupaten Lampung Timur untuk meningkatkan akurasi deteksi tutupan lahan mangrove (Artika *et al.*, 2019). Dengan demikian, integrasi teknologi penginderaan jauh dan metode klasifikasi yang tepat dapat meningkatkan efektivitas deteksi dan pemantauan tutupan lahan mangrove di Kabupaten Lampung Timur.

2.5 *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif dengan interpretasi citra Landsat 8, menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG). *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* adalah perhitungan pada sebuah citra yang digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan sebagai awal pembagian daerah vegetasi. Aplikasi kanal atau band-band dalam citra landsat 8 adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Penggunaan Kombinasi Band Untuk Studi Citra Landsat 8

Aplikation Study	Combination Band
Natural Color	4 3 2
False Color (urban)	7 6 4
Color Infrared (vegetation)	5 4 3
Agriculture	6 5 2
Atmospheric Penetration	7 6 5
Healthy Vegetation	5 6 2
Land/Water	5 6 4
Natural With Atmospheric Removal	7 5 3
Shortwave Infrared	7 5 4
Vegetation Analysis	6 5 4

Sumber : *United States Geological Survey (USGS)*

Nilai NDVI dihitung dari selisih pixel-pixel antara kanal merah (RED) dan inframerah dekat (NIR) pada citra dengan rumus:

$$NDVI = (NIR-RED)/(NIR+RED)$$

(Sumber : Rouse *et al.*, 1973)

Persamaan Rumus Perhitungan Nilai Indeks Vegetasi

Keterangan:

NIR = Band 5 (Landsat 8) (*Near Infrared*)

RED = Band 4 (Landsat 8) (Gelombang Merah/Red).

Indeks Vegetasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan alat yang efektif untuk memantau kondisi tutupan lahan dan kesehatan vegetasi. Penelitian menunjukkan bahwa NDVI dapat digunakan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan, seperti yang dilakukan oleh Sari *et al.* (2020) dalam studi mereka di Kabupaten Tangerang, yang mengungkapkan hubungan antara NDVI dan kerapatan vegetasi di area tersebut. Indeks vegetasi NDVI telah terbukti menjadi alat yang sangat berguna dalam pemantauan tutupan lahan dan analisis perubahan vegetasi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo *et al.* (2021), ditemukan bahwa NDVI dapat secara efektif menggambarkan variasi tutupan lahan di wilayah perkotaan dan pedesaan, serta memberikan informasi penting mengenai kesehatan tanaman dan potensi lahan untuk pertanian.

2.6 *Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)*

Setiap indeks vegetasi menghasilkan nilai akurasi yang berbeda terhadap nilai kerapatannya (Yudistira *et al.*, 2011). GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan salah satu indeks vegetasi yang dikembangkan untuk mengukur tingkat kehijauan dan kandungan klorofil pada tanaman dengan menggunakan spektrum inframerah dekat (NIR) dan cahaya hijau. Menurut (Gitelson *et al.*, 1996), GNDVI lebih sensitif terhadap kandungan klorofil daun dibandingkan NDVI, karena cahaya hijau lebih banyak dipantulkan oleh daun dibandingkan cahaya merah. Hal ini membuat GNDVI sangat efektif dalam memantau kesehatan tanaman, khususnya dalam fase pertumbuhan vegetatif. Sementara itu, penelitian oleh (Sripada *et al.*, 2006) menunjukkan bahwa GNDVI berkorelasi tinggi dengan tingkat nitrogen dalam tanaman, sehingga dapat

digunakan dalam strategi pemupukan presisi. Dalam konteks penginderaan jauh, menurut (Tucker *et al.*, 1981), indeks vegetasi berbasis NIR dan spektrum tampak seperti GNDVI mampu memberikan informasi spasial yang akurat untuk pemetaan tutupan vegetasi dan kondisi agronomis tanaman secara luas. Oleh karena itu, GNDVI ini banyak digunakan dalam berbagai bidang, mulai dari pertanian presisi, pemantauan lingkungan, hingga manajemen hutan dan konservasi. Rumus algoritma GNDVI dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\text{GNDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{GREEN})}{(\text{NIR} + \text{GREEN})}$$

(Sumber : Gitelson *et al.*, 1996)

Penjelasan Parameter:

NIR = Band 5 (Landsat 8) (*Near Infrared*)

GREEN = Band 3 (Landsat 8) (Gelombang Hijau/Green).

Indeks Vegetasi GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan alat yang efektif untuk mengevaluasi kondisi tutupan lahan dan kesehatan vegetasi, terutama dalam konteks pertanian. Penelitian oleh Sari *et al.* (2021) menunjukkan bahwa GNDVI dapat memberikan informasi yang lebih akurat mengenai kerapatan vegetasi dibandingkan dengan indeks vegetasi lainnya, sehingga berguna dalam pengelolaan lahan dan pemantauan perubahan tutupan lahan. Penelitian oleh Rahman *et al.* (2022) menunjukkan bahwa GNDVI dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan tutupan lahan secara lebih sensitif, terutama di daerah yang mengalami degradasi vegetasi, sehingga memberikan wawasan yang lebih mendalam untuk perencanaan penggunaan lahan yang berkelanjutan.

2.7 *Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)*

Indeks vegetasi ini merupakan indeks vegetasi tanah yang disesuaikan, *Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)* ini mirip dengan indeks vegetasi NDVI, namun pada indeks SAVI lebih menekankan pada efek piksel tanah. Menggunakan faktor penyesuaian kanopi latar belakang L yang merupakan fungsi dari kerapatan vegetasi. Huete (1988) mengungkapkan bahwa nilai optimal $L=0,5$ untuk memperhitungkan orde pertama variasi latar belakang tanah. Indeks ini paling baik

digunakan di daerah dengan vegetasi yang relatif jarang dimana tanah terlihat melalui kanopi (Ariani *et al*, 2020).

$$SAVI = 1.5 \times (NIR - RED) / NIR + Red + 0.5$$

(Sumber : Huete *et al.*, 1988)

Keterangan :

NIR : Band inframerah dekat untuk sebuah sel (Band 8)

RED : Band merah untuk sebuah sel (Band 4).

Tabel 2. Pengkelasan SAVI

Kelas	Kerapatan Vegetasi	Keterangan
1.	-0,36 s/d -0,01	Lahan Tidak Bervegetasi
2.	-0,01 s/d 0,10	Kehijauan Sangat Rendah
3.	0,10 s/d 0,36	Kehijauan Rendah
4.	0,36 s/d 0,52	Kehijauan Sedang
5.	0,52 s/d 0,78	Kehijauan Tinggi

Sumber : (Sinaga, 2018)

Indeks Vegetasi SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*) merupakan alat yang efektif untuk menganalisis kondisi tutupan lahan, terutama di daerah dengan vegetasi yang padat dan latar belakang tanah yang bervariasi. Penelitian oleh Huete *et al.* (1985) menunjukkan bahwa SAVI dirancang untuk mengurangi pengaruh latar belakang tanah dalam pengukuran vegetasi, sehingga memberikan estimasi yang lebih akurat mengenai kerapatan vegetasi. Dalam studi yang dilakukan oleh Setiawan *et al.* (2020), SAVI digunakan untuk memantau perubahan tutupan lahan di wilayah pertanian, dan hasilnya menunjukkan bahwa indeks ini dapat secara efektif menggambarkan dinamika pertumbuhan tanaman serta dampak perubahan penggunaan lahan terhadap ekosistem lokal.

2.8 Tutupan Lahan

Tutupan lahan merupakan kenampakan material wujud permukaan bumi. Tutupan lahan dapat menggambarkan keterkaitan antara proses alami serta proses sosial. Tutupan lahan dapat menyediakan data yang sangat berguna untuk keperluan pemodelan dan juga untuk memahami fenomena alam yang berlangsung di

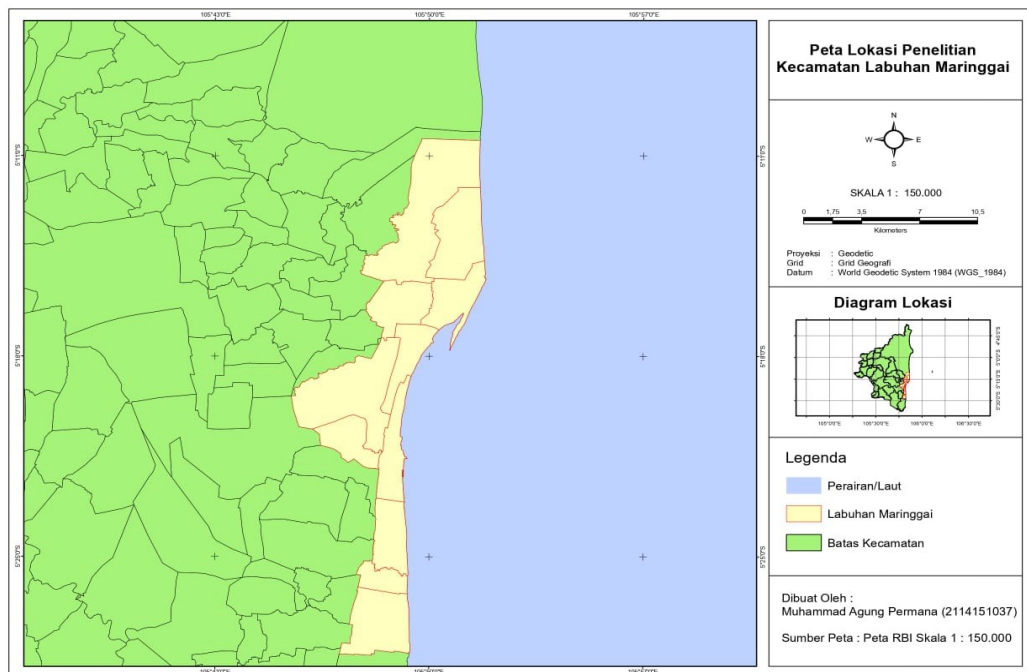
permukaan bumi (Liang, 2008). Tutupan lahan mangrove merupakan luas wilayah yang teridentifikasi sebagai area tertutup oleh ekosistem mangrove, termasuk berbagai spesies pohon dan tumbuhan yang khas terhadap lingkungan pesisir dan muara. Ekosistem ini memiliki ciri khas berupa toleransi terhadap salinitas tinggi, substrat berlumpur, serta kondisi pasang surut. Mangrove berperan penting dalam fungsi ekologis seperti menjaga stabilitas pesisir, mencegah erosi, mendukung keanekaragaman hayati, dan menyimpan karbon dalam jumlah besar.

Dalam penelitian, tutupan lahan mangrove sering dianalisis menggunakan citra satelit dan metode penginderaan jauh untuk memantau perubahan luasannya akibat aktivitas manusia atau perubahan alami. Studi di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur, menunjukkan bahwa luas tutupan mangrove meningkat dari 350,12 hektar pada tahun 2013 menjadi 817,68 hektar pada 2022, meskipun kerapatannya menunjukkan variasi berdasarkan tajuk yang jarang hingga sedang. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa tutupan lahan mangrove tidak hanya dipengaruhi oleh aktivitas manusia, seperti konversi lahan menjadi tambak atau permukiman, tetapi juga oleh faktor lingkungan, seperti perubahan suhu dan salinitas. Sebagai contoh, analisis di Lampung Timur mengungkapkan bahwa salinitas memiliki korelasi yang sangat kuat terhadap pertumbuhan mangrove dibandingkan suhu. Korelasi ini mencapai nilai 0,95, menunjukkan bahwa variasi salinitas signifikan dalam menentukan kerapatan dan distribusi mangrove, terutama di wilayah pesisir yang mengalami pasang surut tinggi (Kurniawan *et al.*, 2023).

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Februari – Mei tahun 2025, lokasi penelitian dilaksanakan di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah laptop, kamera, GPS (*Global Positioning System*) Garmin 60csx, *handphone*, dan software pendukung meliputi ArcGIS 10.8, SNAP (*Sentinel Application Platform*), *Microsoft excel*, serta alat pendukung lainnya. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Citra satelit Landsat 8 akuisisi pada bulan Maret.

3.3 Pengumpulan Data

3.3.1 Data Primer

Data *Ground Truth Point* (GTP) merupakan data hasil dari pengambilan titik pada saat di lapangan dalam bentuk koordinat. Titik koordinat tersebut diambil dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) yang bertujuan untuk pengujian tingkat akurasi.

3.3.2 Tahap Awal Pengolahan Citra Satelit

Tahap pengolahan citra satelit adalah pembuatan citra komposit, koreksi geografik dan radiometrik, serta pemotongan citra. Dalam Pengkompositan (penggabungan) citra satelit yang sesuai dengan saluran (band) spektral dari citra satelit bertujuan untuk meningkatkan kualitas visual citra dan memudahkan dalam proses analisis citra. Penggabungan band citra disesuaikan dengan tipe citra satelit. Proses pengkomposit pada landsat 8 saluran menggunakan saluran (band) 2, 3, 4, 5, 6, 7. Proses pemotongan citra untuk mempermudah menganalisa wilayah tertentu yang kita teliti dengan cara menghilangkan beberapa area yang tidak dibutuhkan pada penelitian tersebut.

3.3.3 Data sekunder

Data sekunder meliputi data yang telah tersedia baik dari studi literatur serta dokumentasi dan publikasi penelitian terkait dilakukan pengunduhan data secara online dari berbagai publikasi ilmiah. Ditambah dengan data luasan kawasan hutan mangrove, batas wilayah pengelolaan dan Rancangan Pengelolaan Hutan Jangka Panjang (RPHJP) hutan mangrove di Kabupaten Lampung Timur.

3.3.3.1 Akuisisi Citra

Sumber data yang digunakan adalah data sekunder meliputi data Citra landsat 8 kurun waktu dari tahun 2017, 2019, 2021 dan 2023 yang diunduh melalui website *United State Geological Survey* (USGS) pada link <http://earthexplorer.usgs.gov> untuk analisis indeks vegetasi tutupan lahan mangrove di Kabupaten Lampung

Timur. Peta dasar Peta Rupa Bumi Indonesia atau Peta (RBI) diunduh dari Inageoportal. Batas wilayah kelola kawasan mangrove dan peta-peta lainnya.

3.3.3.2 Citra Landsat 8

Satelit Landsat 8 merupakan lanjutan dari satelit Landsat 7 karena pada karakteristik citra tersebut memiliki kemiripan seperti resolusi, pengkoreksian, maupun sifat sensor yang dimiliki. Sensor landsat 8 bisa di sebut *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS).Satelit ini mempunyai jarak ketinggian dari permukaan bumi 705 km yang mengelilingi bumi pada 99 menit dan siklus ulang 16 hari (USGS, 2020).

3.4 Metode Analisis Data

3.4.1 Analisis Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi menggunakan operasi penjumlahan, perkalian, dan pembagian untuk membuat saluran spektral, yang merupakan metode kuantitatif untuk menghitung biomassa atau kesehatan tanaman. Indeks vegetasi menghasilkan nilai yang dapat digunakan untuk mengukur persentase vegetasi. Keadaan suatu tempat digambarkan memiliki tingkat kehijauan yang tinggi, seperti area hutan yang lebat, dengan indeks vegetasi yang tinggi. Sebaliknya, jika indeks vegetasi rendah akan menunjukkan bahwa lahan yang diamati memiliki tingkat kehijauan yang rendah dan vegetasi yang jarang atau kondisi non vegetasi (Artaningh, 2007). Penyebaran vegetasi digambarkan dengan Indeks Vegetasi, yaitu suatu rumus matematis yang menggabungkan berbagai band untuk menghasilkan citra baru (Danoedoro, 2012). Analisis vegetasi adalah proses yang digunakan untuk mengkarakterisasi komposisi dan suksesi vegetasi dalam bentuk atau struktur tanaman. Stratifikasi tanaman, bentuk pertumbuhan, dan penutupan tajuk merupakan komponen struktur vegetasi (Andini *et al.*, 2018). Pada indeks vegetasi NDVI, berbagai permukaan akan memantulkan berbagai jenis gelombang cahaya. Pada lahan yang hijau, proses fotosintesis akan menyerap banyak panjang gelombang merah matahari dan memantulkan lebih banyak gelombang inframerah

dekatnya. Kurangnya vegetasi akan memantulkan lebih banyak panjang gelombang merah matahari dan lebih sedikit inframerah dekat.

3.4.1.1 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Indikator vegetasi yang paling umum digunakan untuk memantau perubahan tutupan lahan di suatu wilayah adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Metode ini didasarkan pada perbedaan pantulan antara inframerah dan cahaya merah yang disebabkan oleh tumbuhan permukaan. Keuntungan dari NDVI adalah kemampuannya untuk mendeteksi vegetasi yang terdiri dari berbagai jenis tumbuhan yang berbeda, serta kemampuannya untuk mendeteksi cahaya yang telah diinduksi oleh faktor lain seperti tanah atau udara. Kelebihannya adalah kemampuan untuk membedakan antara vegetasi hijau dan non-vegetasi dengan baik, sehingga cocok untuk berbagai analisis vegetasi, termasuk mangrove. Namun, NDVI memiliki kelemahan dalam kondisi vegetasi yang sangat rapat (*dense vegetation*), karena nilai indeksnya cenderung mencapai saturasi. Selain itu, NDVI juga rentan terhadap pengaruh latar belakang tanah dan atmosfer (Huete *et al.*, 2002). dalam prinsipnya radiasi dari *chlorophyll* hijau daun sehingga akan di reflektansi rendah yaitu disebut algoritma dari struktur *spongymesophyll*. Nilai -1,0 sampai 1,0 suatu penilai indeks NDVI (Faizal, 2015). Nilai NVDI dapat dihitung dengan Reklasifikasi NDVI, Reklasifikasi dihitung dengan cara melihat luasan klasifikasi dan mempunyai nilai rentang dengan dilihat pada tabel berikut.

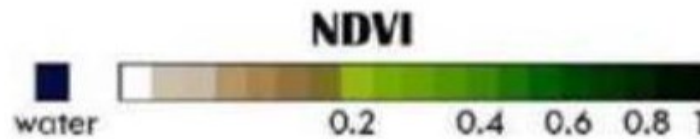
Tabel 3. Pengkelasan Nilai NDVI

Kelas	Nilai NDVI	Tingkat Kerapatan
1	<-0,03	Lahan tidak bervegetasi
2	-0,03-0,15	Lahan dengan vegetasi sangat rendah
3	0,15-0,25	Lahan dengan vegetasi rendah
4	0,26-0,35	Lahan dengan vegetasi sedang
5	0,35-1	Lahan dnegan vegetasi tinggi

Sumber : (Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2012; Adinda *et al.*, 2020)

Penentuan skala warna (*color map*) dapat dilihat dengan sesuai indeks vegetasi yang sudah di hitung dan memperoleh nilai reflektasi tersebut untuk

memperoleh informasi lebih lanjut. NASA mengkategorikan tingkat kehijauan menggunakan skala tampak pada Gambar 2.



Gambar 3. Kategori Kehijauan NDVI

Nilai NDVI dihitung dari selisih pixel-pixel antara kanal merah (RED) dan inframerah dekat (NIR) pada citra dengan rumus:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

(Sumber : Rouse *et al.*, 1973)

Persamaan Rumus Perhitungan Nilai Indeks Vegetasi

Keterangan:

NIR = Band 5 (Landsat 8) (*Near Infrared*)

RED = Band 4 (Landsat 8) (Gelombang Merah/Red).

3.4.1.2 Langkah-Langkah Identifikasi Menggunakan NDVI

Mengidentifikasi tutupan lahan mangrove menggunakan metode NDVI di ArcGIS Adalah sebagai berikut.

1. Mengunduh citra dari laman (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) *USGS Earth Explorer* dan memilih Band 4 (Red) dan Band 5 (NIR) yang diperlukan untuk analisis. Jika citra masih dalam bentuk terpisah, dilakukan penggabungan band (*layer stacking*) agar data lebih mudah diolah.
2. *Preprocessing*, yang mencakup pemotongan area sesuai dengan wilayah kajian (*subset area of interest/AOI*) dan koreksi radiometrik serta atmosferik jika diperlukan.
3. Perhitungan NDVI, yang dilakukan menggunakan fitur *Raster Calculator* di ArcGIS. Hasil dari perhitungan ini berupa citra NDVI, yang kemudian diklasifikasikan berdasarkan nilai ambang tertentu. Secara umum, vegetasi

memiliki nilai NDVI lebih dari 0,2 hingga 0,8. Untuk mengelompokkan nilai NDVI ini, dilakukan proses reklasifikasi (*Reclassify*) sehingga area mangrove dapat diidentifikasi dengan jelas.

4. Setelah itu, hasil klasifikasi divalidasi dengan membandingkannya terhadap data referensi, seperti citra resolusi tinggi atau peta mangrove dari sumber terpercaya, misalnya *Global Mangrove Watch*. Analisis statistik dapat dilakukan dengan fitur *Zonal Statistics* untuk menghitung luas tutupan mangrove secara kuantitatif.
5. Langkah terakhir adalah visualisasi hasil, yang dilakukan dengan mengatur simbolisasi warna pada peta agar kelas-kelas NDVI mudah dibedakan.

Hasil akhir kemudian disajikan dalam layout peta yang mencakup judul, legenda, skala, dan elemen peta lainnya. Dengan metode ini, tutupan lahan mangrove dapat diidentifikasi secara efektif dan dapat digunakan untuk pemantauan serta pengelolaan ekosistem mangrove dalam jangka panjang.

3.4.1.3 Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)

GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan salah satu indeks vegetasi yang dikembangkan untuk mengukur tingkat kehijauan dan kandungan klorofil pada tanaman dengan menggunakan spektrum inframerah dekat (NIR) dan cahaya hijau. Menurut (Gitelson *et al.*, 1996), GNDVI lebih sensitif terhadap kandungan klorofil daun dibandingkan NDVI, karena cahaya hijau lebih banyak dipantulkan oleh daun dibandingkan cahaya merah. Hal ini membuat GNDVI sangat efektif dalam memantau kesehatan tanaman, khususnya dalam fase pertumbuhan vegetatif. Sementara itu, penelitian oleh (Sripada *et al.*, 2006) menunjukkan bahwa GNDVI berkorelasi tinggi dengan tingkat nitrogen dalam tanaman, sehingga dapat digunakan dalam strategi pemupukan presisi. Dalam konteks penginderaan jauh, menurut (Tucker *et al.*, 1981), indeks vegetasi berbasis NIR dan spektrum tampak seperti GNDVI mampu memberikan informasi spasial yang akurat untuk pemetaan tutupan vegetasi dan kondisi agronomis tanaman secara luas.

Penelitian ini menggunakan metode pengolahan citra berbasis indeks GNDVI untuk mengevaluasi kondisi vegetasi pada area yang menjadi objek studi. Data yang

digunakan berasal dari citra satelit resolusi menengah dengan kanal spektral inframerah dekat (NIR) dan hijau yang diperlukan untuk perhitungan GNDVI. Pengolahan data dilakukan melalui perangkat lunak sistem informasi geografis (SIG) untuk mengekstrak nilai indeks pada setiap piksel area pengamatan. Nilai-nilai GNDVI kemudian dianalisis secara spasial untuk mengidentifikasi variasi tingkat kehijauan tanaman, serta dibandingkan dengan data lapangan seperti kerapatan vegetasi, kondisi daun, dan kadar nitrogen tanaman. Rumus algoritma GNDVI dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$GNDVI = \frac{(NIR - GREEN)}{(NIR + GREEN)}$$

(Sumber : Gitelson *et al.*, 1996)

Penjelasan Parameter:

NIR = Band 5 (Landsat 8) (*Near Infrared*)

GREEN = Band 3 (Landsat 8) (Gelombang Hijau/Green).

Tabel 4. Pengkelasan GNDVI

Kelas	Kerapatan Vegetasi	Tingkat Kerapatan Vegetasi
1.	< 0,1	Vegetasi Sangat Rendah
2.	0,1 s/d 0,3	Vegetasi Rendah
3.	0,3 s/d 0,5	Vegetasi Sedang
4.	0,5 s/d 0,7	Vegetasi Tinggi
5.	> 0,7	Vegetasi Sangat Tinggi

Sumber : (Thenkabail *et al.*, 2004)

3.4.1.4 Langkah-Langkah Identifikasi Menggunakan GNDVI

Identifikasi vegetasi menggunakan GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*) dilakukan melalui serangkaian tahapan sistematis sebagai berikut.

1. Pengumpulan data citra satelit atau citra drone yang memiliki kanal spektral inframerah dekat (NIR) dan hijau (green). Pemilihan sumber data sangat bergantung pada resolusi spasial dan temporal yang dibutuhkan. Menurut Gitelson *et al.* (1996), data spektral dari kanal hijau dan NIR sangat penting

karena indeks GNDVI memanfaatkan perbedaan reflektansi antara keduanya untuk mendeteksi keberadaan dan kesehatan vegetasi.

2. Setelah data citra diperoleh, dilakukan pra-pemrosesan yang mencakup koreksi geometrik (untuk menyelaraskan posisi piksel dengan koordinat geografis yang akurat) dan koreksi radiometrik (untuk mengoreksi variasi pencahayaan dan sensor). Tahap ini penting agar nilai pantulan spektral yang digunakan dalam perhitungan indeks mencerminkan kondisi sebenarnya di lapangan.
3. Langkah selanjutnya adalah proses komputasi indeks GNDVI dengan menerapkan rumus $(NIR - Green)/(NIR + Green)$ pada setiap piksel citra. Hasil dari perhitungan ini berupa peta GNDVI yang menggambarkan variasi nilai indeks vegetasi di seluruh area pengamatan. Menurut penelitian Sripada *et al.* (2006), nilai GNDVI yang tinggi (mendekati +1) menunjukkan vegetasi yang sehat dan aktif berfotosintesis, sedangkan nilai yang lebih rendah dapat menandakan stres tanaman akibat kekurangan air, nutrisi, atau kerusakan lainnya.
4. Selanjutnya, dilakukan analisis spasial dan statistik untuk menginterpretasi peta GNDVI, baik secara visual maupun numerik, guna mengidentifikasi zona-zona dengan perbedaan tingkat kehijauan atau kondisi fisiologis tanaman. Validasi data sangat penting dalam tahap ini. Oleh karena itu, data GNDVI biasanya dikorelasikan dengan data lapangan yang diambil secara langsung (*ground truthing*), seperti pengukuran kandungan klorofil daun, indeks luas daun (*Leaf Area Index*), tinggi tanaman, atau konsentrasi nitrogen dalam jaringan tanaman. Penelitian oleh Zarco-Tejada *et al.* (2001) menegaskan bahwa integrasi antara data GNDVI dan observasi lapangan menghasilkan model yang sangat akurat dalam memprediksi kesehatan dan produktivitas tanaman.
5. Akhir dari proses ini adalah interpretasi hasil untuk tujuan aplikatif, seperti pemantauan pertanian presisi, pengelolaan hutan, perencanaan irigasi, atau rehabilitasi lahan terdegradasi.

3.4.1.5 Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)

Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) adalah alat yang berguna dalam pemantauan vegetasi dan pengelolaan sumber daya alam. Dengan mengatasi gangguan pengaruh tanah, SAVI memberikan estimasi yang lebih akurat tentang produktivitas vegetasi di berbagai kondisi tanah. Dalam kegiatan pemantauan lingkungan dan pengelolaan lahan, SAVI dapat digunakan untuk memahami perubahan ekosistem dan mengambil keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan sumber daya alam. SAVI dirancang untuk mengatasi masalah ketidaklinieran indeks vegetasi tradisional seperti *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dalam kondisi yang memiliki lapisan tanah yang kuat. SAVI mengambil keuntungan dari penyerapan radiasi NIR (*Near Infrared*) oleh tanah dan menggunakan informasi ini untuk memperbaiki estimasi vegetasi. SAVI dapat membantu dalam mengidentifikasi dan memetakan daerah yang mengalami degradasi tanah atau kekeringan. Hal ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang tepat untuk pengelolaan lahan dan pertanian. SAVI dapat digunakan untuk memantau kesehatan dan produktivitas hutan. Kelebihannya adalah kinerjanya yang lebih baik pada area dengan vegetasi yang jarang atau tanah terbuka. Namun, kelemahannya adalah nilai faktor L yang harus disesuaikan dengan kondisi lokal, yang membuatnya kurang fleksibel dibandingkan NDVI. Selain itu, pada kondisi vegetasi yang sangat lebat, SAVI tidak memberikan peningkatan signifikan dibandingkan NDVI (Boehm *et al.*, 2002). Rumus SAVI adalah sebagai berikut.

$$SAVI = (1+L) (NIR-Red)/NIR+Red+L$$

(Sumber : Huete *et al.*, 1988)

Keterangan:

NIR = Band inframerah dekat citra Landsat

Red = Band merah pada citra Landsat

L = konstanta yang digunakan 0,5

Tabel 5. Pengkelasan SAVI

Kelas	Kerapatan Vegetasi	Tingkat Kerapatan Vegetasi
1.	-0,36 s/d -0,01	Lahan Tidak Bervegetasi

2.	-0,01 s/d 0,10	Kehijauan Sangat Rendah
3.	0,10 s/d 0,36	Kehijauan Rendah
4.	0,36 s/d 0,52	Kehijauan Sedang
5.	0,52 s/d 0,78	Kehijauan Tinggi

Sumber : (SH Sinaga, 2018)

3.4.1.6 Langkah-Langkah Identifikasi Menggunakan SAVI

Pengolahan citra Landsat 8 untuk mengidentifikasi tutupan lahan mangrove dengan metode *Soil-Adjusted Vegetation Index* (SAVI) menggunakan ArcGIS adalah sebagai berikut.

1. Mengunduh citra dari *USGS Earth Explorer* atau sumber resmi lainnya yang mencakup wilayah studi.
2. Selanjutnya, dilakukan preprocessing citra, termasuk koreksi radiometrik untuk menghilangkan efek atmosfer dan koreksi geometrik untuk memastikan citra sesuai dengan koordinat sebenarnya.
3. Setelah itu, dipilih Band 4 (Red) dan Band 5 (NIR) yang dibutuhkan untuk perhitungan SAVI. Perhitungan dilakukan menggunakan kalkulator raster di ArcGIS dengan rumus $SAVI = (NIR - RED) / (NIR + RED + L) \times (1 + L)$, di mana L adalah faktor koreksi tanah yang umumnya bernilai 0,5 untuk daerah dengan tutupan vegetasi sedang.
4. Hasil perhitungan kemudian diklasifikasikan menggunakan fungsi *reclassify* untuk mengelompokkan nilai-nilai yang menunjukkan tutupan lahan mangrove.
5. Setelah klasifikasi, dilakukan analisis spasial menggunakan *tools* seperti *zonal statistics* untuk menghitung luas dan distribusi mangrove, serta *overlay* dengan data lain seperti DEM atau penggunaan lahan untuk analisis lebih lanjut. Visualisasi peta dilakukan dengan menyesuaikan *symbolology* agar hasil SAVI dapat ditampilkan dengan skala warna yang jelas, serta dilengkapi legenda, skala, dan elemen peta lainnya.
6. Tahap akhir adalah validasi hasil dengan membandingkannya terhadap data lapangan atau citra resolusi tinggi guna mengevaluasi akurasi identifikasi

mangrove. Jika ditemukan ketidaksesuaian, dilakukan perbaikan atau pengolahan ulang untuk memperoleh hasil yang lebih akurat.

3.4.1.7 Analisis Regresi

Analisis regresi adalah teknik statistik yang digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara satu variabel dependen dan satu atau lebih variabel independen. Metode ini memungkinkan peneliti untuk memodelkan dan memprediksi nilai variabel dependen berdasarkan nilai variabel independen. Dalam analisis regresi sederhana, hubungan antara variabel dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan linear, yang menunjukkan bagaimana perubahan dalam variabel independen mempengaruhi variabel dependen. Sebagai contoh, dalam penelitian oleh Montgomery *et al.* (2012), analisis regresi digunakan untuk memahami pengaruh faktor-faktor tertentu terhadap hasil produksi pertanian, menunjukkan bahwa regresi dapat memberikan wawasan yang berharga dalam pengambilan keputusan berbasis data.

1. Analisis regresi sederhana

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$$

2. Analisis regresi berganda

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon$$

Dalam analisis regresi berganda, di mana lebih dari satu variabel independen digunakan, model regresi dapat diperluas untuk mencakup semua variabel yang relevan. Hal ini memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi pengaruh simultan dari beberapa variabel terhadap variabel dependen, serta untuk mengidentifikasi variabel mana yang paling signifikan dalam memprediksi hasil. Penelitian oleh Hair *et al.* (2010) menunjukkan bahwa regresi berganda dapat digunakan untuk menganalisis data dalam berbagai bidang, termasuk pemasaran dan ilmu sosial, dan memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang hubungan kompleks antara variabel.

V. KESIMPULAN

5.1 Simpulan

Simpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. NDVI dengan model regresi cubic merupakan indeks yang paling akurat dan sensitif dalam mendeteksi kerapatan tutupan lahan mangrove di Kabupaten Lampung Timur. Hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi sebesar 0,978 dan nilai F sebesar 237,969, yang menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara NDVI dan kerapatan vegetasi. Sementara itu, GNDVI dan SAVI dengan model linear juga menunjukkan hubungan yang kuat dan efisien, namun tidak kompleks dan presisi seperti NDVI dalam menangkap dinamika vegetasi ekstrem. Oleh karena itu, NDVI direkomendasikan sebagai indeks vegetasi utama dalam pemantauan kondisi mangrove berbasis penginderaan jauh.
2. Proses reklasifikasi peta NDVI, GNDVI, dan SAVI dari tahun 2013 hingga 2025 menunjukkan bahwa tutupan vegetasi mangrove di Kabupaten Lampung Timur mengalami perubahan yang dinamis dan fluktuatif. Estimasi luas tutupan vegetasi menunjukkan adanya peningkatan pada beberapa tahun, seperti tahun 2015 dan 2017, namun kemudian mengalami penurunan drastis pada tahun 2019 dan mencapai titik terendah pada 2025. Reklasifikasi ini berhasil mengidentifikasi wilayah yang mengalami degradasi dan potensi area yang mengalami pemulihan. Dengan demikian, reklasifikasi indeks vegetasi sangat berguna dalam menyediakan informasi spasial yang akurat untuk perencanaan rehabilitasi dan konservasi mangrove secara berkelanjutan.
3. Persamaan untuk mengidentifikasi hubungan indeks vegetasi terhadap kerapatan tutupan lahan mangrove adalah $Y = a + Bx + cX^2 + dX^3$.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pemerintah daerah dan lembaga konservasi diharapkan menggunakan NDVI sebagai alat utama dalam sistem pemantauan mangrove berkala, karena terbukti paling sensitif dan akurat dalam menangkap variasi kondisi vegetasi. Namun, untuk memperkaya informasi, penggunaan GNDVI dan SAVI tetap relevan sebagai indeks pembanding terutama dalam kondisi vegetasi rendah atau campuran tanah-air seperti di kawasan pesisir.
2. Hasil reklasifikasi dapat dijadikan dasar dalam pengambilan kebijakan zonasi perlindungan dan pemulihan ekosistem mangrove, terutama di area yang menunjukkan penurunan tutupan vegetasi. Upaya rehabilitasi perlu diarahkan ke wilayah dengan penurunan nilai indeks vegetasi secara signifikan, serta didukung oleh pemantauan rutin menggunakan citra satelit dan validasi lapangan guna memastikan keberhasilan restorasi. Selain itu, pelibatan masyarakat lokal dalam pelestarian mangrove sangat disarankan agar proses konservasi lebih berkelanjutan dan efektif dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinda, R., Rusdi, M. dan Sugianto, S. 2020. Pemanfaatan indeks vegetasi ndvi terhadap siklus phenology tanaman padi pada musim gadu 2017. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 5(2): 301–309.
- Agustin, T., Kristanto, Y., Aulia, O. D. 2018. Perubahan luas lahan mangrove dan pengikisan pesisir Jepara menggunakan analisis komponen utama spektral penginderaan jauh. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*. 5(2): 45-53.
- Andini, S. W., Prasetyo, Y., Sukmono, A. 2018. Analisis sebaran vegetasi dengan citra satelit sentinel menggunakan metode NDVI dan segmentasi (Studi kasus: Kabupaten Demak). *Jurnal Geodesi Undip*. 7(1): 14–24.
- Anurogo, W., Lubis, M. Z., Khakhim, N., Prihantarto, W. J., dan Cannagia, L. R. 2018. Pengaruh pasang surut terhadap dinamika perubahan hutan mangrove di kawasan Teluk Banten. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*. 11(2): 130-139.
- Aulia, M. R., Liyantono, Setiawan, Y., Fatikhunnada, A. 2016. Drought detection of west java's paddy field using modis EVI satellite images (Case study: Rancaekek and Rancaekek Wetan). *Procedia Environmental Sciences*. 33: 646–653.
- Ariani, D., Prasetyo, Y., dan Sasmito, B. 2020 . Estimasi tingkat produktivitas padi berdasarkan algoritma NDVI, SAVI, dan SAVI menggunakan citra sentinel-2 multitemporal (Studi Kasus: Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*. 9(1): 207–216.
- Artaningh, F., Septi, T., Sihotang, E., Dimara, A. 2020. Analisis data sentinel-2 untuk mendukung pariwisata kawasan Wakatobi. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*. 2(2): 25–31.
- Artika, E., Darmawan, A., dan Hilmanto, R. 2019. Perbandingan metode maximum likelihood clasification (MLC) dan object oriented classification (OOC) dalam pemetaan tutupan mangrove di Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Hutan Tropis*. 7(3): 267-275.

- Asyiawati, Y. dan Akliyah, L. S. 2014. Identifikasi dampak perubahan fungsi ekosistem pesisir terhadap lingkungan di Wilayah Pesisir Kecamatan Muara Gembong. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*. 14(1).
- Boehm, H. D. V., Siegert, F., dan Liews, S. C. 2002. Remote sensing and aerial survey of vegetation cover change in lowland peat swamp of Central Kalimantan during the 1997 and 2002 fires. *Proceeding of the International Symposium on Land Management and Biodiversity in Southeast Asia*.
- Darmawan, A., Hilmanto, R. 2014. Perubahan tutupan hutan mangrove di pesisir Kabupaten lampung timur. *Jurnal Sylva Lestari*. 2(3): 111-124.
- Dzakiah, I.F., Prasasti, I. 2019. Analisis perubahan tutupan lahan akibat bencana menggunakan citra Landsat 8. *Seminar Nasional Infrastruktur Berkelanjutan 2019 Era Revolusi Industri 4.0. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITN Malang*.
- Danoedoro, P. 2012. *Pengolahan Citra Digital*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Eddy, S., Iskandar, I., Ridho, M. R., Mulyana, A. 2017. Dampak aktivitas antropogenik terhadap degradasi hutan mangrove di Indonesia.
- Haris, R. 2014. Keanekaragaman vegetasi dan satwa liar hutan mangrove. *Jurnal Bionature*. 15(2): 117-122.
- Huete, A., Justice, C., Van Leeuwen, W. 1999. *MODIS Vegetation Index (MOD 13): Algorithm Theoretical Basis Document*. NASA.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., and Ferreira, L. G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*. 83(1): 195-213.
- Kovyazin, V. F., Romanchikov, A. Y., Anh, D. T. L., Hung, D. V., Hung, V. Van. 2020. Predicting forest land cover changes in ba be national park of Vietnam. {IOP} *Conference Series: Earth and Environmental Science*. 574.
- Kurniawan, D. R., Zakaria, A., Dewi, C. 2023. Monitoring kondisi pertumbuhan mangrove kecamatan labuhan maringgai kabupaten lampung timur. Datum: *Journal of Geodesy and Geomatics*. 3(1): 27-34.
- Laraswati, Y., Soenardjo, N., Setyati, W. A. 2020. Komposisi dan kelimpahan gastropoda pada ekosistem mangrove di Desa Tireman, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*. 9(1): 41-48.
- Liang, L. 2013. Finer resolution observation and monitoring of global land cover: first mapping results with Landsat TM and ETM+ data. *International Journal of Remote Sensing*. 34: 2607-2654.

- Liaqat, M. U., Mohamed, M. M., Chowdhury, R., Elmahdy, S. I., Khan, Q., Ansari, R. 2021. Impact of land use/land cover changes on groundwater resources in Al Ain region of the United Arab Emirates using remote sensing and GIS techniques. *Groundwater for Sustainable Development*. 14. 100587.
- Muhammad, M., Liyanton, Setiawan, Y., dan Fatikhunnada, A. 2016. Analysis of the dynamics pattern of paddy field utilization using MODIS image in East Java. *Procedia Environmental Sciences*. 33: 44–53.
- Nababan, E. J. K. 2015. Modal sosial pada pengelolaan dan pelestarian hutan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur.
- Putri, R. A. 2017. *Analisis Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Rawapening Dengan Sentinel 1A Tahun 2015 - 2016*. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 101 hlm.
- Printrakoon, C. Tëmkin, I., 2008. Comparative ecology of two parapatric populations of *Isognomon* (Bivalvia: Isognomonidae) of Kungkraen Bay, Thailand. *The Raffles Bulletin of Zoology*. 18:75-94.
- Priyatna, N. 2019. Studi perbandingan nilai indeks vegetasi ekosistem mangrove menggunakan algoritma EVI dan RDVI sebagai dasar pemetaan sebaran mangrove di Pesisir Kabupaten Malang. *Doctoral Dissertation*. Universitas Brawijaya.
- Prasetyo, A. 2021. Analisis perubahan tutupan lahan menggunakan NDVI di Wilayah Perkotaan. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 12(2):45-58.
- Rahman, A. 2022. Pemanfaatan GNDVI dalam analisis perubahan tutupan lahan di daerah degradasi. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. 10(3): 112-120.
- Sari, R. 2020. Kondisi tutupan lahan di Kabupaten Tangerang berdasarkan NDVI. *Jurnal Geografi*. 39.
- Setiawan, A. 2020. Pemantauan tutupan lahan menggunakan SAVI di wilayah pertanian. *Jurnal Geografi dan Lingkungan*. 14(2): 67-78.
- Setiawan, H., Mursidin, M., Purbarani, D., dan Wulandari, T. A. 2019. Keragaman ikan di Perairan Ekosistem Mangrove Desa Karangsong Kabupaten Indramayu. *Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan*. 6.
- Yudistira, R., Meha, A. I., dan Prasetyo, S. Y. J. 2019. Perubahan konversi lahan menggunakan NDVI, EVI, SAVI dan PCA pada Citra Landsat 8 (Studi kasus: Kota Salatiga). *Indonesian Journal of Computing and Modeling*. 2(1): 25-30.

- Ramadhana, M. Z. A. J., Lakshिताa, N. M., Muharramaa, D., Ahsania, M. F., Prihantob, Y. 2019. Prediksi tutupan lahan daerah terdampak tsunami dan perubahan muka pantai dengan GIS di area terdampak tsunami Palu, Sulawesi, Indonesia. *Semnas Geometika 2019: Geomatics Scientific Meeting on Coastal Management to Support SDG*. 117–122.
- Rahman, M. Z., Pansyah, D. 2019. Pemberdayaan ekonomi masyarakat pesisir melalui pemanfaatan hutan mangrove untuk budidaya kepiting bakau Desa Eat Mayang Sekotong Timur Lombok Barat. *GEOGRAPHY: Jurnal Kajian, Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*. 7(2): 1-10.
- Risma, Y. 2021. Komposisi jenis dan kerapatan mangrove di kawasan Hutan Mangrove Desa Sriminosari Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur. *Doctoral Dissertation*. UIN Raden Intan Lampung).
- Romadhona, S., Mutmainnah, L., Setiawati, T. C. 2020. Praktik pembibitan dan revitalisasi mangrove guna mengembangkan ekowisata hutan mangrove di wilayah pesisir Desa Agel Kecamatan Jangkar Situbondo. *Community Empowerment*. 5(2): 58-63.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., and Deering, D. W. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Special Publication*. 351-309.
- Sampurno, R. M., dan Thoriq, A. 2016. Klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra landsat 8 operational land imager (oli) di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan*. 10(2).
- Salakory, M., Rakuasa, H. 2022. Modeling of cellular automata markov chain for predicting the carrying capacity of Ambon City. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (JPSL)*. 12(2): 372– 387.
- Sugandhi, N., Supriatna, S., Kusratmoko, E., Rakuasa, H. 2022. Prediksi Perubahan Tutupan Lahan di Kecamatan Sirimau, Kota Ambon Menggunakan Celular AutomataMarkov Chain. *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)*. 9(2): 104–118.
- Tan, T. J. A., Siregar, L. H. 2021. Peranan ekosistem hutan mangrove pada mitigasi bencana bagi masyarakat pesisir pantai. *Prosiding Universitas Dharmawangsa*. 1: 27-35.
- Valentina, A., dan Qulubi, M. H. 2019. Model pengembangan ekowisata mangrove di Pesisir Timur Lampung (Studi di Desa Margasari, Kecamatan Labuhan Maringgai, Lampung Timur). *Share: Social Work Journal*. 9(2): 149-156.

- Warpur, M. 2016. Struktur vegetasi hutan mangrove dan pemanfaatannya di kampung Ababaidi Distrik Supiori Selatan Kabupaten Supiori. *Jurnal Biodjati*. 1(1): 19-26.
- Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., dan Merzlyak, M. N. 1996. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*. 58(3): 289-298.
- Sripada, R. P., Heiniger, R. W., White, J. G., dan Meijer, A. D. 2006. Aerial color infrared photography for determining early in-season nitrogen requirements in corn. *Agronomy Journal*. 98(4). 968–977.
- Tucker, C. J., dan Holben, B. N. 1981. Remote sensing of total dry-matter accumulation in winter wheat. *Remote Sensing of Environment*. 11(3). 171–189.
- Zarco-Tejada, P. J., Miller, J. R., dan Mohammed, G. H. 2001. *Remote sensing of chlorophyll content in boreal forest vegetation: a comparison of physical reflectance models*. *Remote Sensing of Environment*. 75(2). 177–194.
- Thenkabail, P. S., Smith, R. B., dan De Pauw, E. 2004. Hyperspectral vegetation indices and their relationships with agricultural crop characteristics. *Remote Sensing of Environment*. 91(2). 131–145.
- Nurjayadi, D., Hapsari, R. D., dan Wibowo, D. S. 2021. Analisis hubungan indeks vegetasi NDVI dengan kerapatan vegetasi menggunakan citra satelit Sentinel-2. *Jurnal Geografi Gea*. 21(1): 47–55.
- Handayani, T., dan Astarini, D. A. 2020. Identifikasi tutupan lahan dan kerapatan vegetasi menggunakan citra penginderaan jauh di kawasan hutan lindung. *Jurnal Ilmiah Geomatika*. 26(1): 53–62.
- Rahman, A., Wibowo, D., dan Maulida, E. 2020. Analisis indeks vegetasi GNDVI terhadap kandungan klorofil dan nitrogen tanaman padi dengan citra penginderaan jauh. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 12(2): 75–84.
- Ardiansyah, R. dan Handayani, L. 2021. Identifikasi kerapatan vegetasi menggunakan indeks GNDVI dari citra Sentinel-2 pada kawasan pertanian. *Jurnal Geografi dan Lingkungan Tropik*. 5(1): 42–50.
- Herlambang, A., Yulistya, A., dan Naufal, F. 2020. Analisis indeks vegetasi NDVI dan SAVI untuk mengidentifikasi tutupan lahan di kawasan DAS Brantas. *Jurnal Sains Informasi Geografi*. 5(2): 81–89.
- Saraswati, R. dan Fitria, R. 2019. Perbandingan indeks vegetasi NDVI dan SAVI untuk estimasi biomassa dan tutupan vegetasi tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Tanah dan Iklim*. 43(1): 55–63.

- As-Syakur, A. R., Nugroho, D., dan Tjahjana, D. D. 2012. Pemanfaatan NDVI untuk pemantauan perubahan mangrove di Teluk Benoa, Bali. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropi*. 4(2): 345–356.
- Darmawan, S. dan Hidayat, H. 2017. Monitoring perubahan tutupan lahan mangrove menggunakan citra satelit landsat di Pesisir Kabupaten Langkat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 18(2): 125–134.
- Rizal, M. dan Syah, A. 2020. Analisis perubahan tutupan mangrove menggunakan citra landsat dan NDVI di Kabupaten Kepulauan Meranti. *Jurnal Ilmiah Geomatika*. 26(1): 37–45.
- Prasetyo, L. B., dan Lestari, A. D. 2021. Pemanfaatan GNDVI untuk Deteksi Kerapatan Mangrove Menggunakan Citra Sentinel-2 di Pesisir Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(2), 145–152.
- Subardjo, dan Sumaryono. 2020. Pemantauan perubahan tutupan mangrove menggunakan data citra landsat dan GNDVI. *Jurnal Penginderaan Jauh dan SIG*. 17(1): 25–33.
- Putra, W. D., Kartiwa, B., dan Hernowo, B. 2019. Evaluasi keberhasilan rehabilitasi mangrove menggunakan indeks vegetasi. *Jurnal Hutan Tropis*. 7(3): 89–97.
- Fitriani, R. dan Hapsari, R. D. 2021. Analisis spasial tutupan lahan mangrove menggunakan SAVI di Pesisir Kabupaten Barru. *Jurnal Geografi dan Penginderaan Jauh*. 12(2): 115–124.
- Lestari, D. N. dan Pratama, M. Y. 2022. Monitoring perubahan vegetasi mangrove dengan indeks SAVI dan verifikasi lapangan. *Jurnal Remote Sensing dan Geomatika*. 18(1): 33–42.
- Supriyadi, S. dan Dewi, R. P. 2020. Analisis hubungan NDVI terhadap kerapatan vegetasi menggunakan citra Sentinel-2 di kawasan hutan mangrove. *Jurnal Ilmiah Geomatika*. 26(2): 123–132.
- Ramadhan, R. dan Fajri, M. 2021. Pemanfaatan indeks GNDVI untuk estimasi kehijauan tanaman padi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 13(1): 45–54.
- Yulianti, M. dan Hartono, D. M. 2018. Analisis penggunaan SAVI untuk mengoreksi pengaruh latar belakang tanah pada citra vegetasi. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengelolaan Sumberdaya Alam*. 15(1): 56–63.