

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

*The Use of Various Vegetation Indices for Rapid and Accurate Recognition of
Mangrove Land Cover Changes in Labuhan Maringgai District, East Lampung
Regency*

Muhammad Agung Permana^{1*}, Rudi Hilmanto², Trio Santoso³, Indriyanto⁴

1) Mahasiswa Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian

2), 3), 4) Dosen Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian

Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Unila

Jl Sumantri Brojonegoro, Gedung Meneng, Bandar Lampung, 35145

ABSTRACT. Mangrove ecosystems have important ecological functions, including as a barrier against abrasion, habitat for aquatic biota, carbon sinks, and supporting the economy of coastal communities. However, the mangrove area in Labuhan Maringgai District has experienced serious degradation due to land conversion, coastal abrasion, and uncontrolled pressure from coastal community activities. Monitoring of mangrove conditions can be done using remote sensing technology. This study aims to compare the performance of the NDVI, GNDVI, and SAVI vegetation indices in detecting mangrove land cover density quickly and accurately, as well as reclassifying and estimating changes in mangrove cover area for the period 2013–2025. This study was conducted in February 2025 in Labuhan Maringgai District, East Lampung Regency, Lampung. The methods used include analysis of Landsat 8 satellite imagery with NDVI, GNDVI, and SAVI processing, complemented by field validation through Ground Truth Points (GTP). The results showed that NDVI with a cubic regression model had the highest accuracy in detecting mangrove density with an R^2 value of 0.978 and an F of 237.969. Meanwhile, GNDVI and SAVI were more efficient using a linear model because it is simple but stable. Reclassification of the vegetation index map showed that mangrove cover in East Lampung Regency experienced fluctuating dynamics, with an increase in 2015–2017 but a drastic decline since 2019 until reaching its lowest point in 2025 due to anthropogenic pressure and coastal abrasion.

Keywords: Attraction; Ecotourism; Petengoran Mangrove; Cuku Nyi Nyi Mangrove

ABSTRAK. Ekosistem mangrove memiliki fungsi ekologis yang penting, antara lain sebagai penahan abrasi, habitat biota perairan, penyerap karbon, serta penunjang ekonomi masyarakat pesisir. Namun kawasan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai mengalami degradasi serius akibat konversi lahan, abrasi pantai, dan tekanan aktivitas masyarakat pesisir yang tidak terkendali. Pemantauan kondisi mangrove dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja indeks vegetasi NDVI, GNDVI, dan SAVI dalam mendeteksi kerapatan tutupan lahan mangrove secara cepat dan akurat, serta melakukan reklasifikasi dan estimasi perubahan luas tutupan mangrove periode 2013–2025. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2025 di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur, Lampung. Metode yang digunakan meliputi analisis citra satelit Landsat 8 dengan pengolahan NDVI, GNDVI, dan SAVI, dilengkapi validasi lapangan melalui Ground Truth Point (GTP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa NDVI dengan model regresi cubic memiliki akurasi tertinggi dalam mendeteksi kerapatan mangrove dengan nilai R^2 sebesar 0,978 dan F sebesar 237,969. Sementara itu, GNDVI dan SAVI lebih efisien menggunakan model linear karena sederhana namun stabil. Reklasifikasi peta indeks vegetasi menunjukkan bahwa tutupan mangrove di Kabupaten Lampung Timur mengalami dinamika yang fluktuatif, dengan peningkatan pada tahun 2015–2017 namun penurunan drastis sejak 2019 hingga mencapai titik terendah pada 2025 akibat tekanan antropogenik dan abrasi pantai.

Kata kunci: Indeks Vegetasi, Mangrove, Penginderaan Jauh, Tutupan Lahan

Penulis untuk korespondensi: Email: muhammadpakuanaji@gmail.com

PENDAHULUAN

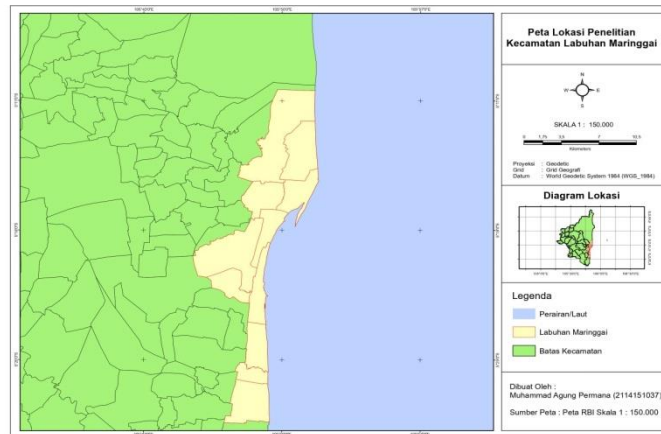
Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan. Keberadaannya mampu menahan abrasi, menjadi habitat biota perairan, dan menyimpan karbon dalam jumlah besar. Di Indonesia, mangrove juga mendukung ekonomi masyarakat melalui perikanan, pariwisata, dan pemanfaatan hasil hutan non-kayu. Namun, ekosistem ini terus mengalami degradasi akibat alih fungsi lahan, penebangan liar, serta peningkatan aktivitas masyarakat pesisir (Suriadi *et al.*, 2024). Kondisi ini juga terjadi di Lampung Timur, khususnya Kecamatan Labuhan Maringgai, yang menghadapi tekanan akibat konversi lahan dan abrasi pantai. Oleh karena itu, pemantauan perubahan tutupan mangrove menjadi kebutuhan mendesak.

Pemantauan kondisi mangrove secara cepat dan akurat dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Citra satelit yang tersedia saat ini memungkinkan analisis spasial yang lebih detail terhadap perubahan vegetasi. Salah satu metode yang umum digunakan adalah analisis indeks vegetasi, karena mampu memberikan informasi tentang kerapatan, kesehatan, dan distribusi vegetasi (I'zzudin *et al.*, 2025). Indeks vegetasi seperti NDVI, GNDVI, dan SAVI menjadi instrumen penting dalam mendeteksi perubahan ekosistem pesisir. Penggunaan indeks vegetasi juga dinilai lebih efisien dalam pemantauan jangka panjang (Simarmata *et al.*, 2021). Hal ini menjadikan penginderaan jauh sebagai metode unggulan dalam pengelolaan ekosistem mangrove.

Indeks vegetasi merupakan metode kuantitatif berbasis citra satelit yang digunakan untuk menilai kondisi, kerapatan, dan kesehatan vegetasi di suatu wilayah. Indeks ini bekerja dengan memanfaatkan perbedaan spektral pantulan cahaya, khususnya pada kanal merah (*red*), hijau (*green*), dan inframerah dekat (NIR), yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap keberadaan klorofil. Beberapa indeks yang sering digunakan antara lain NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), GNDVI (*Green Normalized Difference Vegetation Index*), dan SAVI (*Soil-Adjusted Vegetation Index*). NDVI banyak diaplikasikan untuk mendeteksi tutupan vegetasi secara umum, GNDVI lebih sensitif terhadap kandungan klorofil, sedangkan SAVI efektif digunakan pada area dengan vegetasi jarang hingga sedang karena mampu mengurangi pengaruh latar belakang tanah. Penerapan indeks vegetasi terbukti memberikan informasi yang cepat, akurat, dan efisien dalam memantau dinamika ekosistem, termasuk ekosistem mangrove (Simarmata *et al.*, 2021). Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah: (1) untuk 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.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2024 di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu laptop, kamera, GPS (*Global Positioning System*), handphone, dan software pendukung meliputi ArcGIS 10.8, SNAP (*Sentinel Application Platform*), Microsoft excel. Bahan yang digunakan yaitu data citra landsat 8 periode 2013, 2014, 2017, 2019, 2021, dan 2023.

Pengumpulan data dilakukan dengan primer dan sekunder. Data primer diambil dari data *Ground Truth Point* (GTP). Pengumpulan data sekunder diperoleh dari literatur. Ditambah dengan data luasan kawasan hutan mangrove, batas wilayah pengelolaan dan Rancangan Pengelolaan Hutan Jangka Panjang (RPHJP) hutan mangrove di Kabupaten Lampung Timur.

Pengolahan data dilakukan melalui beberapa tahapan, dimulai dari pengolahan data citra meliputi pembuatan citra komposit, koreksi geografik dan radiometrik, serta pemotongan citra. Selanjutnya, analisis indeks vegetasi digunakan untuk mengidentifikasi tutupan lahan mangrove melalui tiga indeks, yaitu:

1. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

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

Keterangan:

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

RED = Band 4 (landsat 8) (Gelombang Merah) (Rouse *et al.*, 1973)

2. *Green Normalized Difference Vegetation Index* (GNDVI)

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

Keterangan

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

GREEN = Band 3 (Landsat 8) (Gelombang Hijau) (Gitelson *et al.*, 1996).

3. *Soil-Adjusted Vegetation Index* (SAVI).

$$SAVI = \frac{(1+L) (NIR-Red)}{NIR+Red+L}$$

Keterangan:

NIR = Band inframerah dekat citra Landsat

Red = Band merah pada citra Landsat (Huete *et al.*, 1988)

Selain itu, untuk melihat hubungan antara nilai indeks vegetasi dengan variabel lain, digunakan

1. Regresi sederhana

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

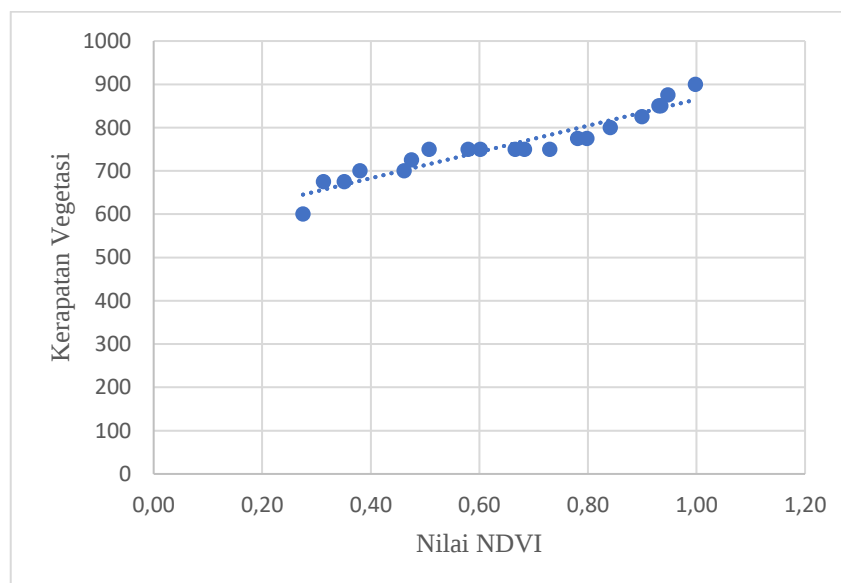
2. Regresi berganda

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

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

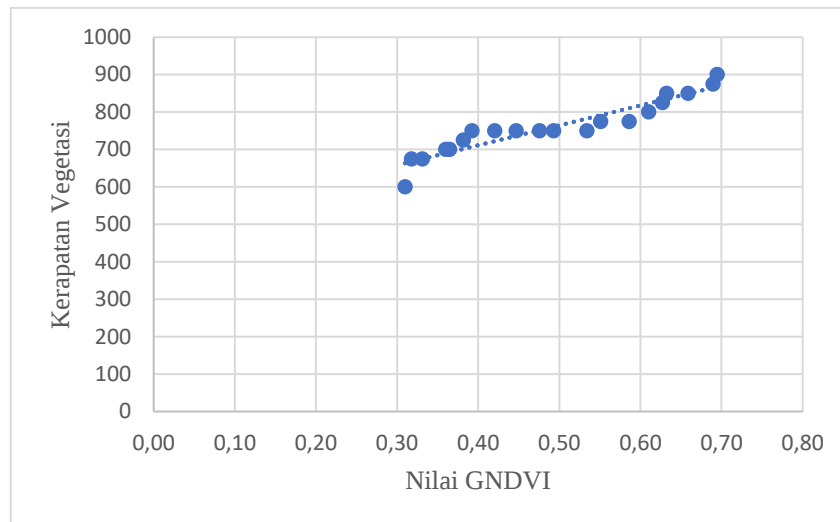
1. Hubungan Indeks Vegetasi NDVI, GNDVI, dan SAVI terhadap Kerapatan Vegetasi

Hasil analisis indeks vegetasi menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara kerapatan vegetasi dengan nilai indeks NDVI, GNDVI dan SAVI yang dilakukan menggunakan *Scatter plot*. Berikut gambar yang menunjukkan sebaran titik data dan arah hubungan antara kerapatan vegetasi dengan nilai indeks NDVI, GNDVI dan SAVI tersaji pada Gambar 2-4.



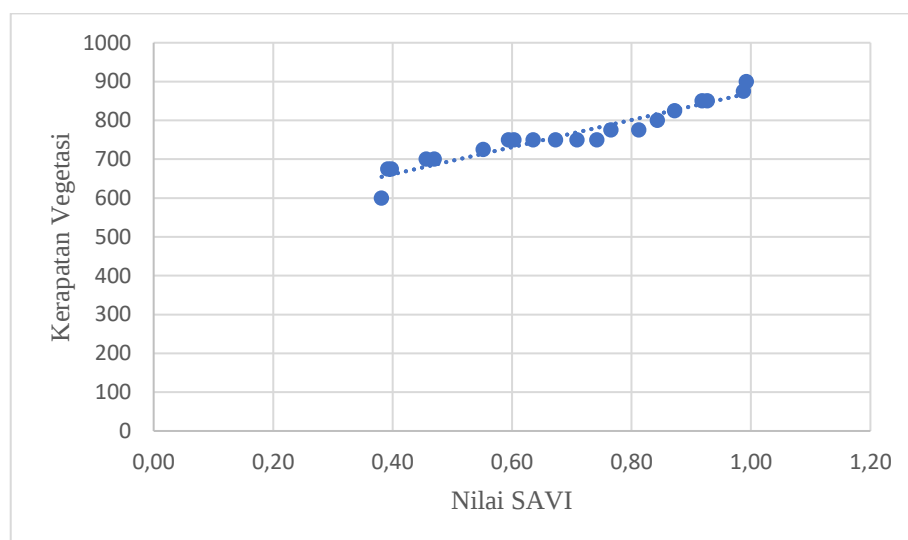
Gambar 2. *Scatter Plot* Kerapatan dan NDVI

Hasil yang diperoleh pada Gambar 2 menunjukkan bahwa sumbu X menunjukkan nilai NDVI dan sumbu Y menunjukkan kerapatan vegetasi. Nilai NDVI dengan kerapatan vegetasi memiliki hubungan yang positif. Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai NDVI maka semakin tinggi nilai persentase tutupan hijau atau kerapatan vegetasi (Hatulesila *et al.*, 2019). NDVI dengan nilai-nilai di bawah 0,2 menunjukkan permukaan non-vegetasi, sedangkan kanopi vegetasi hijau memiliki NDVI lebih besar dari 0,3 (Kartika *et al.*, 2019). Hubungan ini menunjukkan bahwa NDVI dapat dijasikan sebagai proksi untuk menggambarkan kondisi struktur vegetasi secara spasial. NDVI dapat digunakan sebagai model dalam menganalisis perubahan tutupan lahan di suatu lokasi (Singgalen, 2023). Selain itu NDVI digunakan untuk indikator produktivitas vegetasi. Menurut Aldzahabi *et al.* (2024) Nilai NDVI yang tinggi menandakan bahwa vegetasi tersebut rapat dan produktivitasnya baik. Menurut Nurjayadi *et al.* (2021), Vegetasi yang sehat dan lebat dikaarena adanya pantulan cahaya inframerah dekat lebih besar dibandingkan cahaya merah yang diserap untuk fotosintesis. Metode NDVI bisadigunakan untuk mendeteksi perubahan penutupan lahan seperti vegetasi, badanair, lahan terbuka, belukar, daerah perbukitan, area pertanian, hutan lebat, hutanjarang. Metode NDVI memberikan hasil yang baik untuk vegetasi yang bervariasidalam kerapatan dan juga vegetasi yang tersebar dari citra penginderaan jauh multispectral (Putri, 2022).



Gambar 3. Scatter Plot Kerapatan dan GNDVI

Hasil yang diperoleh pada Gambar 3 menunjukkan indeks vegetasi GNDVI menunjukkan hubungan yang positif terhadap kerapatan vegetasi. Pola penyebaran yang dihasilkan pada gambar Scatter plot menunjukkan GNDVI dapat membedakan variasi kerapatan vegetasi yang lebih halus, terutama pada kisaran nilai sedang hingga tinggi (0,4–0,7). GNDVI memiliki keakuratan yang lebih tinggi untuk mengukur kerapatan vegetasi dikarenakan menggunakan spektrum hijau dalam perhitungannya. GNDVI mengukur dari 540 hingga 570nm (Susilo, 2024). GNDVI dapat digunakan sebagai indikator kuantitatif terhadap struktur dan kepadatan vegetasi di suatu wilayah. Menurut Rahman *et al.* (2020) menyatakan bahwa GNDVI lebih sensitif terhadap variasi kandungan nitrogen dan klorofil dibandingkan NDVI, sehingga efektif digunakan dalam mendeteksi stres tanaman baik pada ekosistem pertanian maupun vegetasi alami. GNDVI juga mampu mengidentifikasi wilayah dengan tingkat kehijauan tinggi serta memiliki potensi pertumbuhan tanaman yang lebih baik (Ardiansyah *et al.*, 2021).



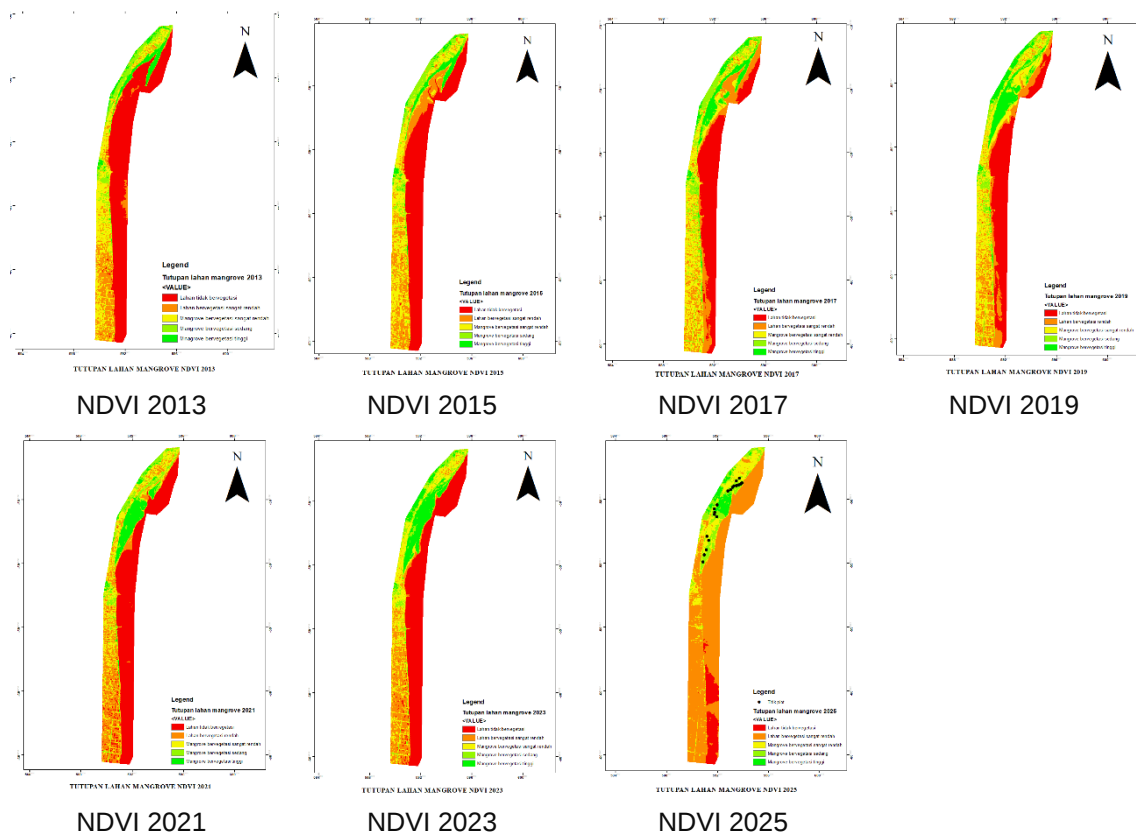
Gambar 4. Scatter Plot Kerapatan dan SAVI

Hasil yang diperoleh pada Gambar 4 menunjukkan bahwa indeks vegetasi SAVI dengan Kerapatan vegetasi memiliki hubungan yang sama seperti NDVI dan GNDVI yaitu berkorelasi positif namun cukup kuat. Pola sebaran titik pada grafik memperlihatkan bahwa semakin tinggi nilai SAVI, maka kerapatan vegetasi juga cenderung meningkat. Hal ini mengindikasikan bahwa SAVI dapat dijadikan sebagai indikator yang akurat dalam menggambarkan kondisi vegetatif suatu area. Indeks ini dirancang untuk memperbaiki kelemahan NDVI dalam kondisi tutupan vegetasi yang rendah atau terdapat pengaruh kuat dari latar tanah (Hidayat *et al.*, 2023). SAVI menunjukkan kinerja baik pada area dengan vegetasi jarang, karena mampu mengurangi

pengaruh reflektansi tanah. Herlambang *et al.* (2020) menyatakan bahwa SAVI mampu mengurangi pengaruh reflektansi tanah pada citra satelit, sehingga memberikan hasil yang lebih representatif terhadap kondisi vegetasi dibandingkan NDVI pada kondisi vegetasi rendah. Kemampuan SAVI dalam mengatasi efek pantulan tanah menjadikannya penting dalam pemantauan lahan kritis, perencanaan penggunaan lahan, dan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan (Rahmad *et al.*, 2024).

2. Perubahan Tutupan Lahan Mangrove berdasarkan Indeks Vegetasi NDVI, GNDVI, dan SAVI

NDVI digunakan dalam pemantauan tutupan lahan dikarenakan sebagai indeks yang paling umum untuk digunakan. NDVI mampu mengidentifikasi kondisi vegetasi berdasarkan tingkat kehijauan dan kepadatannya melalui pantulan spektrum inframerah dekat (NIR) dan merah. Berikut gambar tutupan lahan mangrove NDVI dari tahun 2013-2025 disajikan pada Gambar 5

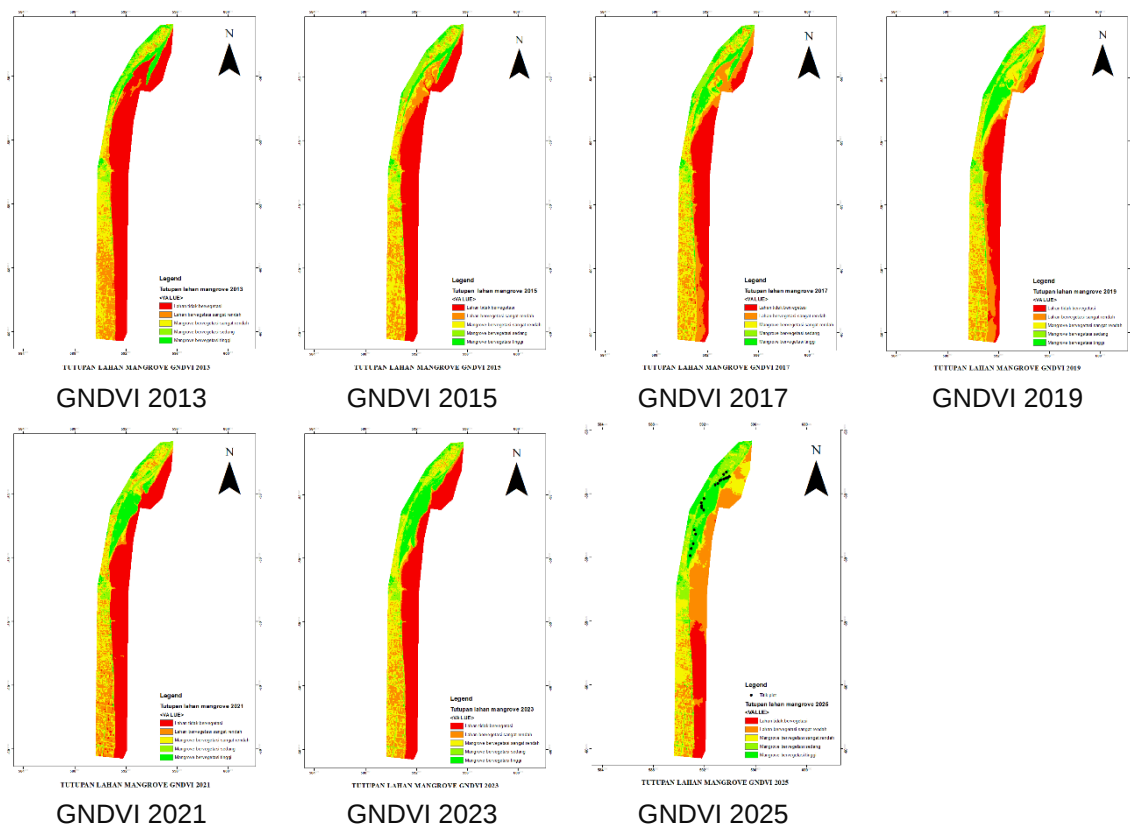


Gambar 5. Tutupan Lahan Mangrove NDVI Tahun 2013-2025

Berdasarkan hasil pada Gambar 5 menunjukkan bahwa NDVI periode 2013–2025 memperlihatkan dinamika perubahan tutupan lahan mangrove yang fluktuatif. Pada awal periode (2013–2017), sebagian besar wilayah masih didominasi vegetasi sedang hingga tinggi, bahkan sempat mengalami peningkatan yang diduga terkait dengan kegiatan rehabilitasi oleh pemerintah maupun masyarakat pesisir (Rizal *et al.*, 2020). Namun, sejak 2019 terjadi penurunan tutupan mangrove secara signifikan, terutama di bagian timur, yang mengindikasikan kondisi degradasi berat (Darmawan *et al.*, 2017). Tren negatif ini berlanjut hingga 2021 dan 2023, ditandai dengan bertambahnya area tidak bervegetasi. Puncaknya pada 2025, peta NDVI menunjukkan dominasi area dengan nilai rendah akibat tekanan alih fungsi lahan maupun faktor alam seperti pasang surut dan intrusi air laut (Rizal *et al.*, 2020). Temuan ini menegaskan bahwa meskipun terdapat fase pemulihan, kondisi ekosistem mangrove belum berkelanjutan sehingga diperlukan strategi pengelolaan yang lebih konsisten, terencana, dan berbasis data spasial untuk menjaga keberlanjutan fungsi ekologis pesisir.

Dalam mendeteksi perubahan kehijauan vegetasi pada kawasan hutan tropis seperti mangrove dilakukan menggunakan GNDVI. GNDVI merupakan salah satu indeks vegetasi yang

terbukti sensitif terhadap kandungan klorofil daun dan lebih optimal dalam mendeteksi dibandingkan NDVI. Berikut gambar tutupan lahan mangrove GNDVI pada tahun 2013 hingga 2023 disajikan pada Gambar 6.

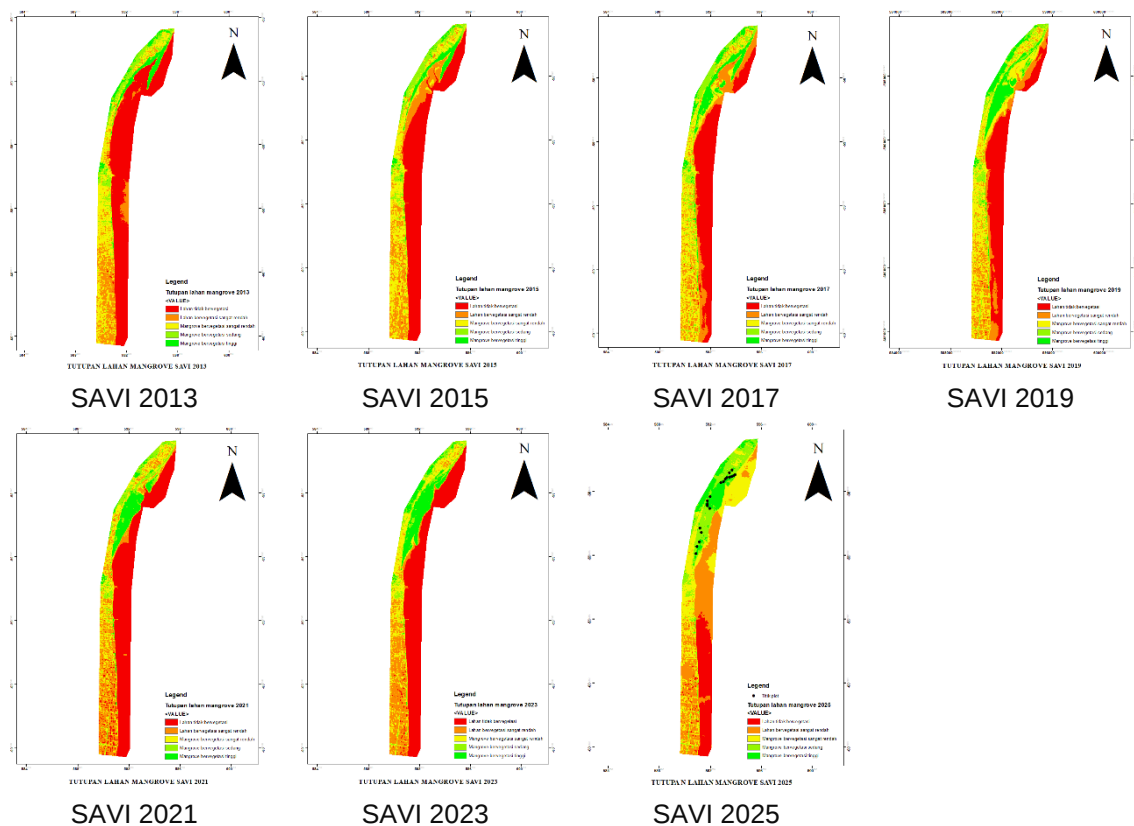


Gambar 6. Tutupan Lahan Mangrove GNDVI Tahun 2013-2025

Analisis GNDVI periode 2013–2025 menunjukkan adanya perubahan tutupan lahan mangrove yang dinamis dan fluktuatif. Pada awal periode (2013–2017), sebagian besar kawasan masih didominasi vegetasi sedang hingga tinggi, bahkan mengalami peningkatan yang diduga sebagai hasil dari program rehabilitasi mangrove oleh pemerintah maupun masyarakat pesisir (Subardjo *et al.*, 2019). Namun, pada tahun 2019 terjadi penurunan tutupan vegetasi secara luas, terutama di bagian timur wilayah kajian, yang menandakan kondisi degradasi berat (Putra *et al.*, 2019). Tahun 2025, dengan ditandai semakin luasnya area bervegetasi sangat rendah akibat tekanan aktivitas manusia seperti alih fungsi lahan dan pemanfaatan sumber daya yang berlebihan, ditambah faktor alam berupa abrasi pantai. Validasi lapangan yang dilakukan pada 2025 untuk memperkuat akurasi GNDVI dalam merepresentasikan kondisi vegetasi aktual, sehingga dapat dijadikan dasar dalam meningkatkan akurasi klasifikasi tutupan vegetasi dan dapat menjadi dasar yang kuat dalam penyusunan kebijakan rehabilitasi dan konservasi mangrove ke depan. Sejalan dengan penelitian Rahman *et al.* (2020), GNDVI lebih sensitif terhadap kandungan klorofil dan nitrogen, sehingga efektif dalam mendeteksi kesehatan vegetasi dan mengidentifikasi stres tanaman. Dengan demikian, meskipun terdapat fase peningkatan vegetasi pada beberapa tahun, hasil penelitian ini menegaskan bahwa tantangan dalam mempertahankan keberlanjutan ekosistem mangrove masih besar. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pengelolaan berbasis data spasial, partisipatif, dan berkelanjutan yang melibatkan peran aktif pemerintah, masyarakat lokal, serta akademisi untuk menjamin keberlanjutan fungsi ekologis dan sosial hutan mangrove (Prasetyo *et al.*, 2021).

Selain NDVI dan GNDVI, analisis kondisi tutupan lahan mangrove juga dilakukan menggunakan SAVI. Indeks ini dikembangkan untuk mengurangi pengaruh reflektansi tanah, sehingga lebih akurat digunakan pada kawasan dengan tutupan vegetasi jarang hingga

sedang. Dalam konteks ekosistem mangrove, penggunaan SAVI menjadi penting karena kawasan pesisir umumnya memiliki kombinasi antara vegetasi, lumpur, dan permukaan air yang dapat memengaruhi hasil interpretasi citra satelit. Berikut gambar tutupan lahan mangrove SAVI pada tahun 2013 hingga 2023 disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Tutupan Lahan Mangrove SAVI Tahun 2013-2025

Analisis SAVI yang tersaji pada Gambar 6 menyatakan bahwa periode 2013–2025 menunjukkan perubahan tutupan mangrove yang nyata dan berfluktuasi. Tahun 2013 hingga 2017 wilayah kajian masih didominasi vegetasi sedang hingga tinggi. Pernyataan ini sama dengan NDVI dan GNDVI dimana peningkatan yang dialami diduga merupakan hasil program rehabilitasi yang dilakukan pemerintah maupun kelompok masyarakat pesisir (Fitriani *et al.*, 2021). Tahun 2019 juga terjadi penurunan tutupan vegetasi secara signifikan, terutama di bagian timur, yang mengindikasikan kondisi degradasi berat (Lestari *et al.*, 2022). Penurunan ini berlanjut hingga 2025, yang terjadi akibat abrasi serta tekanan aktivitas manusia yang tidak terkendali yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas vegetasi. SAVI efektif mengurangi pengaruh latar belakang tanah, sehingga cocok diterapkan pada kawasan pesisir yang sering kali terdiri atas campuran vegetasi, lumpur, dan perairan. Penelitian Herlambang *et al.* (2020) juga menegaskan bahwa SAVI lebih representatif dibandingkan NDVI pada kondisi vegetasi rendah. Dalam konteks ekosistem mangrove, penggunaan SAVI membantu mengidentifikasi zona kritis yang mengalami degradasi sekaligus wilayah yang masih memiliki kerapatan vegetasi tinggi. Dengan demikian, informasi dari peta SAVI tidak hanya menggambarkan sebaran mangrove secara spasial, tetapi juga dapat dijadikan dasar dalam menentukan prioritas rehabilitasi dan strategi pengelolaan kawasan mangrove yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

3. Analisis Regresi Indeks Vegetasi

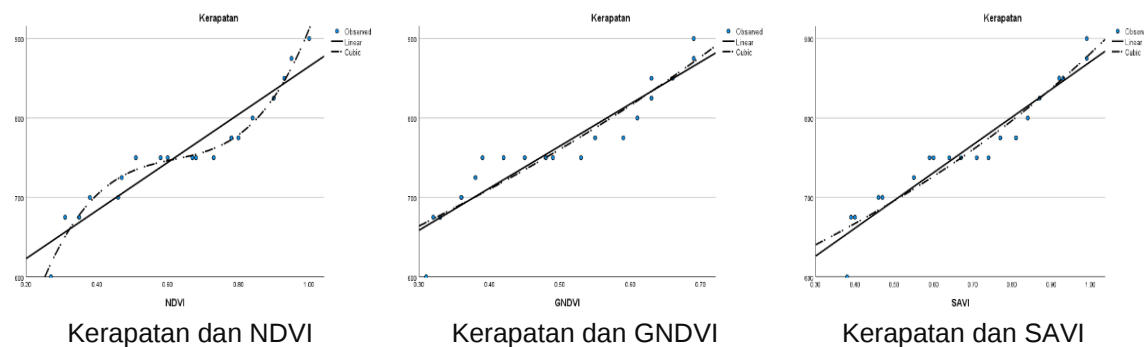
Untuk memahami hubungan antara nilai indeks vegetasi dengan kerapatan mangrove secara kuantitatif, dilakukan analisis regresi dengan membandingkan beberapa model statistik. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana NDVI, GNDVI, dan SAVI mampu

menjelaskan variasi kerapatan vegetasi pada wilayah penelitian. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Model Regresi

Indeks Vegetasi	Model	R ²	F	Sig.	Model
NDVI	Linear	0.905	170.749	0.001	Linear
	Cubic	0.978	237.969	0.001	Cubic
GNDVI	Linear	0.880	131.632	0.001	Linear
	Cubic	0.882	63.233	0.001	Cubic
SAVI	Linear	0.916	195.515	0.001	Linear
	Cubic	0.921	99.266	0.001	Cubic

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa performa estimasi kerapatan vegetasi sangat dipengaruhi oleh jenis indeks dan bentuk model yang digunakan. Secara umum, model cubic menghasilkan nilai koefisien determinasi (R²) lebih tinggi dibanding model linear, meskipun tidak selalu disertai dengan penguatan nilai F dan signifikansi statistik. Pada NDVI, model cubic terbukti paling unggul dengan R² sebesar 0.978 dan F 237.969, sehingga mampu menangkap variasi vegetasi dengan lebih akurat. Menurut penelitian Lasaiba *et al.* (2023) penggunaan NDVI memungkinkan pemetaan yang lebih tepat terkait distribusi dan jenis vegetasi yang ada disuatu wilayah. Pada indeks GNDVI, model linear menghasilkan nilai R² sebesar 0.880 dan F sebesar 131.632, sementara model cubic hanya sedikit meningkatkan R² (0.882) namun menurunkan kekuatan prediktif dengan F sebesar 63.233. Kondisi serupa terlihat pada SAVI, di mana model linear menunjukkan performa yang lebih stabil dengan R² 0.916 dan F 195.515, sedangkan model cubic hanya meningkatkan R² menjadi 0.921 tetapi disertai penurunan F signifikan menjadi 99.266. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun model cubic mampu menangkap sedikit lebih banyak variasi, efisiensi prediksi justru berkurang. Dengan demikian, NDVI dengan model cubic direkomendasikan sebagai kombinasi terbaik untuk estimasi kerapatan vegetasi karena memberikan nilai R² dan F tertinggi serta konsisten dengan teori penginderaan jauh, sedangkan GNDVI dan SAVI lebih tepat menggunakan model linear yang sederhana namun akurat dan efisien (Ramadhan dan Fajri, 2021).



Gambar 7. Grafik Hubungan Kerapatan dengan Indeks Vegetasi (NDVI, GNDVI, dan SAVI)

Grafik hubungan antara kerapatan vegetasi dengan nilai NDVI, GNDVI, dan SAVI memperlihatkan bahwa setiap indeks memiliki pola yang berbeda dalam menjelaskan variabilitas mangrove. Pada NDVI, model linear mampu menangkap tren umum, tetapi kurang akurat pada nilai ekstrem, sedangkan model cubic lebih fleksibel mengikuti pola non-linear terutama pada nilai >0,8, sehingga lebih presisi dalam merepresentasikan vegetasi lebat (Supriyadi *et al.*, 2020). Sebaliknya, GNDVI menunjukkan perbedaan minimal antara model linear dan cubic, dengan garis linear cukup baik menjelaskan hubungan nilai indeks dan kerapatan, sesuai temuan Ramadhan dan Fajri (2021) menyatakan bahwa GNDVI efektif mendeteksi kehijauan tanpa model kompleks. Pada SAVI, baik model linear maupun cubic hampir identik, menandakan hubungan yang sangat kuat serta stabil dan linier dengan kerapatan vegetasi, didukung oleh kemampuannya mengurangi pengaruh latar belakang tanah pada area dengan vegetasi jarang hingga sedang (Yulianti *et al.*, 2018). Secara keseluruhan,

NDVI dengan model cubic memiliki akurasi tertinggi dalam memprediksi kerapatan mangrove, namun GNDVI dan SAVI lebih efisien menggunakan model linear karena sederhana dan stabil. Pemilihan model ideal bergantung pada tujuan analisis, apakah untuk ketepatan prediksi maksimum atau efisiensi dalam pemrosesan data.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa NDVI dengan model cubic merupakan indeks paling akurat dalam mendeteksi kerapatan mangrove di Kabupaten Lampung Timur, dengan nilai R^2 dan F tertinggi. Sementara itu, GNDVI dan SAVI lebih kuat dan efisien menggunakan model linear karena sederhana namun tetap stabil. meskipun tidak sekompleks dan sepresisi NDVI dalam menangkap dinamika vegetasi pada nilai ekstrem. Oleh karena itu, NDVI direkomendasikan sebagai indeks utama dalam pemantauan kondisi mangrove berbasis penginderaan jauh.

Reklasifikasi peta indeks vegetasi NDVI, GNDVI, dan SAVI periode 2013–2025 menunjukkan bahwa tutupan vegetasi mangrove di Kabupaten Lampung Timur mengalami perubahan yang dinamis dan fluktuatif. Estimasi luas tutupan vegetasi memperlihatkan adanya peningkatan pada tahun-tahun tertentu, seperti 2015 dan 2017, namun kemudian mengalami penurunan drastis pada tahun 2019 dan mencapai titik terendah pada 2025. Reklasifikasi ini berhasil mengidentifikasi wilayah-wilayah yang mengalami degradasi sekaligus area dengan potensi pemulihan. Dengan demikian, pemanfaatan indeks vegetasi dalam bentuk reklasifikasi terbukti sangat bermanfaat dalam menyediakan informasi spasial yang akurat, yang dapat dijadikan dasar penting bagi perencanaan rehabilitasi dan konservasi mangrove secara berkelanjutan.

Saran

Pemantauan mangrove perlu dilakukan secara rutin menggunakan penginderaan jauh agar perubahan tutupan dapat terdeteksi lebih cepat. Dukungan pemerintah melalui kebijakan pengendalian alih fungsi lahan, serta keterlibatan aktif masyarakat dalam rehabilitasi, menjadi kunci keberhasilan pengelolaan mangrove. Penelitian lanjutan disarankan mengintegrasikan data citra satelit dengan survei lapangan yang lebih detail untuk meningkatkan akurasi serta menghasilkan rekomendasi pengelolaan yang lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pemerintah daerah Kabupaten Lampung Timur, khususnya pihak Kecamatan Labuhan Maringgai, yang telah memberikan izin serta memfasilitasi kegiatan penelitian di lapangan. Terima kasih kepada masyarakat pesisir, serta kelompok pengelola mangrove lokal yang telah membantu dalam proses pengumpulan data dan memberikan informasi penting terkait kondisi ekosistem mangrove. Tanpa dukungan dan kerja sama dari berbagai pihak, penelitian ini tidak akan terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldzahabi, M. A., Abrari, F. H., & Wibowo, A. F. (2024). Identifikasi pengaruh vegetasi dan kepadatan bangunan kabupaten klaten terhadap perubahan suhu melalui citra Landsat-8 LST, NDVI, dan NDBI. *Innovative: Journal Of Social Science Research*. 4(1): 5710-5725.
- 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.

- 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.
- 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.
- 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.
- Hatulesila, J. W., Mardiatmoko, G., dan Irwanto, I. 2019. Analisis nilai indeks kehijauan (NDVI) pada pola ruang Kota Ambon, Provinsi Maluku. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*. 3(1): 55-67.
- 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.
- Hidayat, A. R. R., Parina, O., dan Kurniawan, R. 2023. Pemanfaatan data citra satelit untuk memprediksi produksi padi tahun 2018-2022 dengan membandingkan metode machine learning dan ekonometrik. *In Seminar Nasional Official Statistics*. Hal. 225-234.
- Huete, A., Justice, C., Van Leeuwen, W. 1999. MODIS Vegetation Index (MOD 13): Algorithm Theoretical Basis Document. NASA.
- I'zzuddiin, M., Alina, A. N., Mahardianti, M. A., Yahya, F., dan Prabawa, S. E. 2025. Analisis perubahan indeks kerapatan vegetasi mangrove menggunakan algoritma Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di Pantai Timur Surabaya berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). *Jurnal Geodesi Undip*. 14(1): 21-32.
- Kartika, T., Dirgahayu, D., Sari, I. L., Parsa, I. M., dan Carolita, I. 2019. Evaluasi rehabilitasi lahan kritis berdasarkan trend ndvi landsat-8. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*. 16(2):61-69
- Lasaiba, M. A., dan Tetelepta, E. G. 2023. Analisis spasial kerapatan vegetasi kota ambon berbasis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). *Jurnal Pengembangan Kota*. 11(2): 124-139.
- 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.
- Prasetyo, L. B., & 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.
- Putra, W. D., Kartiwa, B., dan Hernowo, B. 2019. Evaluasi keberhasilan rehabilitasi mangrove menggunakan indeks vegetasi. *Jurnal Hutan Tropis*. 7(3): 89–97.
- Putri, D. C. 2022. *Evaluasi kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan di Kabupaten Barru periode 2000-2020*. Tesis. Universitas Hasanuddin.
- Rahmad, R., Hairuddin, H., Arifin, M., dan Adnan, A. 2024. Upaya mengurangi resiko bencana di pedesaan dengan memanfaatkan citra penginderaan jauh. *Jurnal Wilayah, Kota dan Lingkungan Berkelanjutan*, 3(2): 88-101.
- 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.
- Ramadhan, R. dan Fajri, M. 2021. Pemanfaatan indeks GNDVI untuk estimasi kehijauan tanaman padi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 13(1): 45–54.
- 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.

- 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.
- Simarmata, N., Wikantika, K., Tarigan, T. A., Aldyansyah, M., Tohir, R. K., Fauziah, A., & Purnama, Y. 2021. Analisis transformasi indeks NDVI, NDWI dan SAVI untuk identifikasi kerapatan vegetasi mangrove menggunakan citra Sentinel di pesisir timur Provinsi Lampung. *Jurnal Geografi Geografi dan Pengajarannya*. 19(2): 69-79.
- Singgalen, Y. A. 2023. Penerapan metode spatio-temporal analysis dalam analisis dinamika tutupan dan penggunaan lahan berbasis NDVI dan NDWI. *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*. 4(2): 1052-1061
- Subardjo, dan Sumaryono. 2020. Pemantauan perubahan tutupan mangrove menggunakan data citra landsat dan GNDVI. *Jurnal Penginderaan Jauh dan SIG*. 17(1): 25–33.
- Suriadi, L. M., Denya, N. P., Shabrina, Q. A., Yuliana, R., Agustina, G., Kuspraningrum, E., dan Asufie, K. N. 2024. Perlindungan sumber daya genetik ekosistem mangrove untuk konservasi lingkungan dan keseimbangan ekosistem. *Jurnal Analisis Hukum*. 7(2): 234-253.
- Susilo, O. S. T. B., dan Idris, M. 2024. Plant health detection pada vegetasi lahan basah berbasis modified camera-drone. *In Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*. 9(2): 331-342.
- Yulianti, M. dan Hartono, D. M. 2018. Analisis penggunaan SAVI untuk mengoreksi pengaruh latar belakang tanah pada citra vegetasi. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengelolaan Sumber daya Alam*. 15(1): 56–63.