

TESIS

**DETEKSI STRES MANGROVE MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI PENGINDRAAN JAUH DAN SIG PADA
KAWASAN HUTAN LINDUNG AIR TELANG
PROVINSI SUMATERA SELATAN**



**EFAN FATRA JAYA
20012622428004**

**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

TESIS

DETEKSI STRES MANGROVE MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDRAAN JAUH DAN SIG PADA KAWASAN HUTAN LINDUNG AIR TELANG PROVINSI SUMATERA SELATAN

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Magister
Sains (M.Si.) Pada Program Studi Pengelolaan Lingkungan
Sekolah Pascasarjana Universitas Sriwijaya**



**EFAN FATRA JAYA
20012622428004**

**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

DETEKSI STRES MANGROVE MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDRAAN JAUH DAN SIG PADA KAWASAN HUTAN LINDUNG AIR TELANG PROVINSI SUMATERA SELATAN

TESIS

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Magister Sains
(M.Si.) Pada Program Studi Pengelolaan Lingkungan Sekolah Pascasarjana
Universitas Sriwijaya

Oleh:

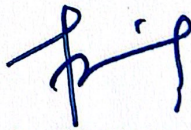
EFAN FATRA JAYA
20012622428004

Palembang, Oktober 2025

Pembimbing I


M. Rendana, B.Sc, M.Sc, Ph.D.
NIP. 199204022019031017

Pembimbing II


Dr. Febrian Hadinata, S.T., M.T.
NIP. 198102252003121002

Mengetahui,
Direktur Sekolah Pascasarjana
Universitas Sriwijaya,


Prof. Ir. Benyamin Lakitan, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196006151983121001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tesis dengan judul “Deteksi Stres Mangrove Menggunakan Teknologi Pengindraan Jauh Dan SIG Pada Kawasan Hutan Lindung Air Telang Provinsi Sumatera Selatan” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tesis Program Studi Pengelolaan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Universitas Sriwijaya pada Tanggal 30 September 2025.

Palembang, Oktober 2025

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tesis

Pembimbing :

Ketua :

1. M. Rendana, B.Sc, M.Sc, Ph.D.
NIP. 199204022019031017

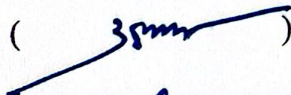
()

Anggota :

2. Dr. Febrian Hadinata, S.T., M.T.
NIP. 198102252003121002

()

3. Dr. Ir. Edward Saleh, M.S.
NIP. 196208011988031002

()

4. Puteri Kusuma Wardhani, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198806112019032013

()

Mengetahui,

Direktur Sekolah Pascasarjana
Universitas Sriwijaya


Prof. Ir. Benyamin Lakitan, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196006151983121001

Wakil Direktur Bidang Akademik,
Penelitian, Inovasi, Hilirisasi,
Pengabdian, dan Kemahasiswaan



Prof. Sofendi, M.A., Ph.D.
NIP. 196009071987031002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Efan Fatra Jaya

NIM : 20012622428004

Judul : Deteksi Stres Mangrove Menggunakan Teknologi Pengindraan Jauh
Dan SIG pada Kawasan Hutan Lindung Air Telang Provinsi
Sumatera Selatan

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan karya sendiri didampingi pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Oktober 2025



Efan Fatra Jaya

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Efan Fatra Jaya

NIM : 20012622428004

Judul : Deteksi Stres Mangrove Menggunakan Teknologi Pengindraan Jauh
Dan SIG pada Kawasan Hutan Lindung Air Telang Provinsi
Sumatera Selatan

Memberikan izin Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian untuk kepentingan akademik, apabila dalam 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding Author*)

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang,

Oktober 2025



Efan Fatra Jaya

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan usulan tesis berjudul "Deteksi Stres Mangrove Menggunakan Teknologi Pengindraan Jauh Dan SIG pada Kawasan Hutan Lindung Air Telang Provinsi Sumatera Selatan". Penelitian ini dirancang untuk mengkaji kesehatan ekosistem mangrove kaitannya dengan stres vegetasi menggunakan teknologi pengindraan jauh. Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengelola lingkungan, terutama dalam melindungi dan mempertahankan keberlanjutan ekosistem mangrove.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada M. Rendana, B.Sc, M.Sc, Ph.D dan Dr. Febrian Hadinata, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, atas bimbingan, arahan dan masukan yang sangat berarti selama penyusunan usulan tesis ini. Penghargaan juga penulis sampaikan kepada Dr. Ir. Edward Saleh, M.S. dan Puteri Kusuma Wardhani, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen penguji atas saran dan evaluasi yang membangun dalam proses penyempurnaan karya ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada istri, kedua orang tua, keluarga, dan teman-teman yang selalu memberikan dukungan moral dan materil dalam proses ini berlangsung.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna, sehingga masukan, kritik, dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan demi perbaikan lebih lanjut. Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif, baik bagi pengembangan ilmu pengetahuan maupun dalam upaya pengelolaan ekosistem mangrove yang lebih baik.

Palembang,

Oktober 2025



Efan Fatra Jaya

RINGKASAN

Deteksi Stres Mangrove Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh Dan SIG pada Kawasan Hutan Lindung Air Telang Provinsi Sumatera Selatan

Karya Tulis Ilmiah berupa Tesis, Oktober 2025

Efan Fatra Jaya : M. Rendana, B.Sc, M.Sc, Ph.D dan Dr. Febrian Hadinata, S.T., M.T.

Program Studi Pengelolaan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Universitas Sriwijaya

xiv + 67 halaman, 7 tabel, 10 gambar, 4 lampiran

RINGKASAN

Stres vegetasi mangrove dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk deforestasi, perubahan iklim, eutrofikasi, penyakit, polusi, dan aktivitas manusia, yang berkontribusi terhadap penurunan luas mangrove. Salah satu area tersebut adalah hutan lindung Air Telang, yang mengalami degradasi akibat aktivitas seperti perkebunan, pertanian, budidaya perikanan, dan perluasan permukiman. Studi ini bertujuan untuk memetakan stres mangrove menggunakan teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG), memantau perubahan ekosistem dari tahun 2023-2025, dan membandingkan hasil indeks vegetasi (NDVI, NDRE, MSAVI) dengan nilai SPAD. Pendekatan kuantitatif digunakan melalui analisis indeks vegetasi dari citra Sentinel-2 dan landsat 8 Level-2 serta pengukuran SPAD di lapangan, diikuti dengan analisis statistik menggunakan Uji Korelasi Pearson. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, ekosistem mangrove tetap dalam kondisi yang relatif baik, meskipun stres vegetasi teridentifikasi di area tertentu dengan tren yang berfluktuasi dari sangat sehat hingga sangat stres. Korelasi positif dan signifikan secara statistik ($p < 0,01$) antara nilai SPAD dan indeks vegetasi, dengan nilai koefisien (r): NDVI $r = 0,535$ ($p = 0,002$) & MSAVI $r = 0,522$ ($p = 0,003$), dan NDRE $r = 0,748$ ($p < 0,001$), NDRE menunjukkan korelasi terkuat dan representasi yang lebih efektif, sehingga NDRE direkomendasikan sebagai alternatif yang andal untuk mendeteksi stres mangrove secara akurat dan efisien.

Kata kunci: *Penginderaan Jauh, NDVI, NDRE, MSAVI, SPAD*

SUMMARY

Detection of Mangrove Stress Using Remote Sensing and GIS in the Air Telang Forest Reserve South Sumatra

Scientific Writing in the Form of a Thesis, October 2025

Purwanto : Supervised by M. Rendana, B.Sc, M.Sc, Ph.D dan Dr. Febrian Hadinata, S.T., M.T.

Environmental Management Study Program, Postgraduate School of Sriwijaya University

xiv + 67 pages, 7 tables, 10 pictures, 4 attachment

SUMMARY

Mangrove vegetation stress is driven by multiple factors, including deforestation, climate change, eutrophication, disease, pollution, and human activities, all of which contribute to the degradation and loss of mangrove cover. One such impacted area is the Air Telang protected forest, which has experienced ecological degradation due to agricultural expansion, aquaculture, plantation development, and settlement growth. This study aims to map mangrove stress using Remote Sensing and Geographic Information System (GIS) technologies, monitor ecological changes between 2023 and 2025, and compare vegetation indices (NDVI, NDRE, MSAVI) with SPAD measurements. A quantitative approach was applied by analyzing vegetation indices from Sentinel-2 and Landsat 8 Level-2 imagery, alongside in-situ SPAD values, followed by statistical analysis using Pearson's correlation. The findings reveal that although the mangrove ecosystem remains generally in good condition, certain areas exhibit varying levels of stress, ranging from very healthy to severely stressed. A statistically significant positive correlation ($p < 0,01$) was found between SPAD values and all vegetation indices: NDVI ($r = 0,535$, $p = 0,002$), MSAVI ($r = 0,522$, $p = 0,003$), and NDRE ($r = 0,748$, $p < 0,001$). NDRE showed the strongest correlation, suggesting it as a reliable and efficient index for accurately detecting mangrove stress.

Keywords: *Remote Sensing, NDVI, NDRE, MSAVI, SPAD*

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Efan Fatra Jaya dilahirkan di desa Seleman Ulu, Kecamatan Muara Pinang, Kabupaten Empat, Lawang Provinsi Sumatera Selatan pada tanggal 14 April 1993. Penulis merupakan putera ke enam dari tujuh bersaudara dengan nama ayah Burlian (alm) dan ibu Hijir. Saat ini penulis telah menikah dan dikaruniai satu orang anak laki-laki berusia 11 bulan, istri bernama Nur Sa'adah dan anak bernama Nathan Zian Arrazka.

Pada tahun 2012, penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 3 Palembang, kemudian melanjutkan pendidikan tingkat sarjana pada Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB dan berhasil menyelesaikan Pendidikan tingkat sarjana dengan gelar Sarjana Kehutanan (S.Hut) tahun 2016.

Setelah menyelesaikan program sarjana, penulis aktif berkerja diberbagai bidang kehutanan dan lingkungan hidup, khususnya pada pengelolaan kehutanan, pemetaan vegetasi, konservasi mangrove dan pemberdayaan masyarakat sekitar kawasan. Pada tahun 2019 & 2020 penulis aktif dalam kegiatan proyek rehabilitasi hutan dan mangrove yang dibawahhi oleh Badan Restorasi Gambut dan Mangrove RI. Pada tahun 2023 akhir, penulis melanjutkan Pendidikan ke jenjang Magister pada Program Studi Pengelolaan Lingkungan, Universitas Sriwijaya.

Untuk memperoleh gelar Magister Pengelolaan Lingkungan Universitas Sriwijaya, penulis menyelesaikan tesis dengan judul “Deteksi Stres Mangrove Menggunakan Teknologi Pengindraan Jauh Dan SIG pada Kawasan Hutan Lindung Air Telang Provinsi Sumatera Selatan” dibawah bimbingan M. Rendana, B.Sc, M.Sc, Ph.D dan Dr. Febrian Hadinata, S.T., M.T.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Hipotesis.....	4
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pengertian Ekosistem Mangrove.....	5
2.2. Teknologi Penginderaan Jauh	7
2.3. Sistem Informasi Geografis (SIG)	9
2.4. Indeks Vegetasi	9
2.5. <i>Soil Plant Analysis Development Meter</i> (SPAD Meter)	10
2.6. Stres pada Mangrove.....	11
2.7. Strategi Konservasi Ekosistem Mangrove Berbasis Teknologi	13
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Lokasi Penelitian.....	15
3.2 Alat dan Bahan.....	17
3.3 Prosedur Penelitian.....	17

3.3.1.	Identifikasi stres mangrove menggunakan teknologi penginderaan jauh	18
3.3.2.	Pengukuran klorofil pada vegetasi mangrove menggunakan SPAD Meter	20
3.3.3.	Analisis Hubungan Indeks Vegetasi NDVI, NDRE dan MSAVI dengan Nilai Pengukuran SPAD Meter	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		24
4.1	Pemetaan dan Analisis Luas Stres Mangrove Menggunakan Indeks Vegetasi.....	24
4.1.1	Pemetaan Tingkat Stres Vegetasi Mangrove Berdasarkan Indeks NDVI di Kawasan Hutan Lindung Air Telang Tahun 2023–2025 ...	24
4.1.2	Pemetaan Tingkat Stres Vegetasi Mangrove Berdasarkan Indeks NDRE di Kawasan Hutan Lindung Air Telang Tahun 2023–2025 ..	27
4.1.3	Pemetaan Tingkat Stres Vegetasi Mangrove Berdasarkan Indeks MSAVI di Kawasan Hutan Lindung Air Telang Tahun 2023–2025..	29
4.2	Analisis Nilai SPAD dan Indeks Vegetasi Tahun 2025.....	34
4.3	Korelasi Nilai SPAD dan Indeks Vegetasi Tahun 2025	36
4.4	Rekomendasi Pemetaan dan Strategi Konservasi	39
4.5	Keterbatasan Penelitian	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		41
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA		42
LAMPIRAN.....		48

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Alat SPAD Meter.....	11
Gambar 2.2 Ilustrasi mangrove stres	12
Gambar 3.1 Peta Kawasan Hutan Lindung Air Telang	15
Gambar 3.2 Kondisi Kawasan Hutan Lindung Air Telang Tahun 2025	16
Gambar 3.3. Alur Penelitian	23
Gambar 4.1 Peta Tingkat Stres Vegetasi Mangrove Berdasarkan Indeks NDVI di Kawasan Hutan Lindung Air Telang Tahun 2023–2025	25
Gambar 4.2 Peta Tingkat Stres Vegetasi Mangrove Berdasarkan Indeks NDRE di Kawasan Hutan Lindung Air Telang Tahun 2023–2025	28
Gambar 4.3 Peta Tingkat Stres Vegetasi Mangrove Berdasarkan Indeks MSAVI di Kawasan Hutan Lindung Air Telang Tahun 2023–2025	30
Gambar 4.4 Kondisi Mangrove stres ringan hingga mati di Kawasan Hutan Lindung Air Telang Tahun 2025.....	34
Gambar 4.5 Hubungan nilai SPAD dan Indeks Vegetasi tahun 2025.....	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Nilai Klasifikasi Tingkat Kesehatan Vegetasi10
Tabel 2.2	Interpretasi Nilai SPAD pada Tanaman Mangrove11
Tabel 4.1	Klasifikasi NDVI dan Luas Area Berdasarkan Tingkat Stres Vegetasi (2023–2025).....26
Tabel 4.2	Klasifikasi NDRE dan Luas Area Berdasarkan Tingkat Stres Vegetasi (2023–2025).....29
Tabel 4.3	Klasifikasi MSAVI dan Luas Area Berdasarkan Tingkat Stres Vegetasi (2023–2025)31
Tabel 4.4	Statistik Deskriptif Nilai SPAD dan Indeks Vegetasi Kawasan hutan lindung Air Telang tahun 202535
Tabel 4.5	Korelasi Nilai SPAD dan Indeks Vegetasi tahun 202536

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data sampel SPAD, NDVI, MSAVI, & NDRE Tahun 2025	48
Lampiran 2 Data sampel pengukuran SPAD pada kawasan hutan lindung Air Telang Tahun 2025.....	49
Lampiran 3 Dokumentasi Kegiatan Pengukuran SPAD pada kawasan hutan lindung Air Telang Tahun 2025	51
Lampiran 4 Analisis korelasi nilai SPAD dan Indeks Vegetasi	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ekosistem mangrove sangat penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem pesisir, perlindungan abrasi, habitat bagi berbagai spesies, penyerapan karbon, dan mitigasi perubahan iklim (Martuti *et al.*, 2018.; Idrus *et al.*, 2018). Namun, baru-baru ini, eksploitasi besar-besaran, konversi lahan, polusi, dan perubahan iklim dapat berkontribusi terhadap kerusakan ekosistem mangrove (Rosalina *et al.*, 2024). Hutan mangrove tersebar di 118 negara dengan luasan 137.760 km², termasuk diantaranya Indonesia yang memiliki kawasan hutan mangrove terluas di dunia sekitar 3,31 juta ha, namun mengalami penurunan luasan akibat laju deforestasi sekitar 30% berkisaran 12.000 hingga 52.000 ha per tahun (Arifanti, 2020; Akram *et al.*, 2023). Menurut Eddy and Mutiara (2018), penurunan luasan kawasan mangrove terjadi akibat alih fungsi lahan menjadi lahan pertanian, tambak, permukiman hingga perkebunan kelapa sawit, terutama di wilayah Sumatera. Selain itu, beberapa aktivitas manusia seperti deforestasi, eutrofikasi, polusi lingkungan, dan akuakultur juga menyebabkan pengurangan luas hutan mangrove (Rosalina *et al.*, 2024). Faktor-faktor ini diyakini menyebabkan kondisi stres pada mangrove, sehingga dapat mengancam keberlanjutan ekosistem mangrove. Berdasarkan data tahun 2019, mangrove di Indonesia 33,6 % dalam kondisi rusak atau stres dan 66,4% dalam kondisi baik, dan hal ini berkaitan erat dengan berbagai faktor pemicu stres pada vegetasi mangrove, seperti konversi lahan, perubahan iklim, serta kenaikan muka air laut (Li *et al.*, 2022). Vegetasi mangrove yang mengalami stres, mencakup kematian pohon, gangguan pada regenerasi vegetasi, dan penurunan kerapatan pohon, ditunjukkan oleh perubahan bertahap dalam struktur dan fungsi ekosistem hutan mangrove (Lewis *et al.*, 2016).

Hutan mangrove di Sumatera Selatan, Indonesia, memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan iklim dan menyimpan cadangan karbon yang besar sebagai bagian dari ekosistem pesisir yang produktif. Namun, keberadaan mangrove di Sumatera kini terancam oleh alih fungsi lahan menjadi tambak, perkebunan, dan permukiman, serta tekanan aktivitas manusia lainnya sehingga

terjadi penurunan luasan kawasan mangrove. Salah satu contoh nyata terjadi di Hutan Lindung Air Telang UPTD KPH Wilayah III Palembang-Banyuasin yang memiliki luasan hutan seluas 12.902 Ha, pada tahun 2024 kawasan hutan tersebut mengalami perubahan luasan berdasarkan status neraca sumber daya hutan (NSDH) seluas 10.737,07 Ha. Perubahan luasan kawasan sebagian besar terjadi akibat degradasi dan konversi fungsi kawasan mangrove menjadi perkebunan kelapa dan kelapa sawit, tambak ikan dan udang, pertanian serta pemukiman (Eddy and Mutiara, 2018). Selain itu, berdasarkan data Peta Mangrove Nasional (PMN) menunjukkan bahwa ada banyak mangrove di wilayah ini, tetapi tidak banyak penelitian yang dilakukan tentang bagaimana kondisi kesehatan dan tingkat stres pada tanaman mangrove yang memungkinkan menjadi pemicu salah satu faktor penyebab berkurangnya luasan.

Studi-studi terdahulu mengenai mangrove pada umumnya lebih menitikberatkan pada analisis kepadatan dan luasan vegetasi. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh berbasis indeks vegetasi telah digunakan untuk memantau kondisi ekosistem, misalnya melalui NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan MSAVI (*Modified Soil Adjusted Vegetation Index*) yang terbukti mampu mendeteksi kondisi fisiologis vegetasi, termasuk indikasi stres (Dhaloiya *et al.*, 2023). Selain itu, penggunaan NDRE (*Normalized Difference Red Edge*) juga dilaporkan efektif dalam mengidentifikasi kandungan klorofil serta tingkat stres fisiologis vegetasi, terutama pada fase stres awal (Fatmawati and Ruchlihadiana, 2024). Di sisi lain, pengukuran klorofil dengan instrumen lapangan seperti SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) turut dimanfaatkan untuk memperoleh gambaran kondisi fisiologis tanaman secara langsung (Zhen *et al.*, 2021). Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih terbatas pada pemanfaatan satu atau dua indeks vegetasi serta lebih berfokus pada analisis spasial perubahan luasan mangrove, tanpa mengaitkan secara komprehensif dengan kondisi fisiologis tanaman di lapangan. Oleh karena itu, penelitian ini menghadirkan kebaruan melalui integrasi analisis indeks vegetasi berbasis penginderaan jauh (NDVI, MSAVI, dan NDRE) dengan validasi data lapangan menggunakan pengukuran fisiologis SPAD. Pendekatan tersebut memungkinkan pemetaan tingkat kesehatan dan stres mangrove secara lebih komprehensif, tidak hanya terbatas pada aspek

luasan, tetapi juga mencakup respon fisiologis vegetasi, sehingga memperkuat pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dalam pemantauan ekosistem mangrove. Integrasi antara data penginderaan jauh dan parameter fisiologis ini tidak hanya meningkatkan akurasi, tetapi juga memungkinkan identifikasi tingkat stres mangrove secara lebih tepat, serta menentukan indeks mana yang paling representatif untuk mendeteksi kondisi stres tersebut. Selain itu, penelitian ini merupakan studi pertama yang mengkaji tingkat stres pada vegetasi mangrove yang dilakukan di Kawasan Hutan Lindung Air Telang, Sumatera Selatan, dengan periode analisis 2023–2025, sehingga mampu menunjukkan dampak spasial-temporal dari stres mangrove melalui pemanfaatan teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG).

Pemantauan kesehatan mangrove menjadi tantangan utama dalam pengelolaan ekosistem pesisir, khususnya untuk mendeteksi tingkat stres akibat perubahan lingkungan. Metode tradisional masih digunakan, namun membutuhkan waktu, biaya, dan sumber daya yang besar (Arizal *et al.*, 2017). Teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) menawarkan solusi yang lebih efisien karena mampu mendeteksi kondisi vegetasi secara cepat, akurat, dan mencakup wilayah sulit dijangkau (Maurya *et al.*, 2021). Mengingat peran penting mangrove dalam melindungi pantai, menyerap karbon, menyediakan habitat, serta memberi manfaat ekonomi, deteksi dini tingkat stres dengan penginderaan jauh dan SIG menjadi dasar yang kuat bagi kebijakan konservasi dan pengelolaan ekosistem berkelanjutan (Saoum and Sarkar 2024). Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi dalam memperkuat pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dan SIG sebagai dasar pengambilan keputusan strategis untuk konservasi dan pengelolaan ekosistem mangrove yang berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana tingkat stres mangrove dapat dipetakan menggunakan teknologi penginderaan jauh dan SIG menggunakan analisis indeks NDVI, NDRE dan MSAVI, untuk melihat perubahan kondisi ekosistem mangrove terjadi selama periode 2023–2025?

2. Seberapa akurat data penginderaan jauh menggunakan indeks vegetasi NDVI, NDRE, dan MSAVI dalam mengidentifikasi stres pada mangrove dibandingkan dengan hasil pengukuran langsung menggunakan SPAD Meter?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memetakan stres mangrove menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh dan SIG, guna memantau perubahan kondisi tingkat stres ekosistem mangrove selama periode 2023-2025.
2. Membandingkan data penginderaan jauh hasil analisis menggunakan indeks vegetasi NDVI, NDRE dan MSAVI dengan data lapang hasil pengukuran SPAD Meter dalam deteksi stres mangrove.

1.4 Hipotesis

Adapun hipotesis penelitian adalah: (1) tingkat stres mangrove dapat dipetakan secara spasial menggunakan teknologi penginderaan jauh dan SIG melalui analisis indeks NDVI, NDRE, dan MSAVI, sedangkan hipotesis nol menyatakan sebaliknya; dan (2) data penginderaan jauh berbasis indeks vegetasi (NDVI, NDRE, dan MSAVI) memiliki akurasi signifikan serta sebanding dengan hasil pengukuran lapangan menggunakan SPAD Meter, dengan hipotesis nol menyatakan tidak adanya kesesuaian tersebut.

1.5 Manfaat

Penelitian ini bermanfaat dalam menghadirkan metode pemantauan kesehatan mangrove yang lebih efektif melalui integrasi teknologi penginderaan jauh dan SIG, di mana penginderaan jauh mampu mendeteksi stres vegetasi secara akurat dan SIG memvisualisasikannya secara spasial. Selain itu, penelitian ini membuktikan bahwa data penginderaan jauh berbasis indeks vegetasi memiliki kesesuaian signifikan dengan data lapang, dengan NDRE sebagai indikator paling andal untuk merepresentasikan kondisi fisiologis mangrove, sehingga dapat menjadi acuan dalam pengelolaan dan konservasi ekosistem mangrove.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, D. Fajriana Erliana, C.I. Chaizir, M. and Putra, A. 2023. Web GIS-Based Forecasting of Earthquakes Using Fuzzy Time Series Method. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 11 (1) : 363–374
- Abubakar, S. Masykhur Abdul Kadir, M.A.K. Pertiwi, R.T.A. Rina, R. Subur, R. Sunarti, S. Abubakar, Y. Susanto, A.N. and Fadel, A.H. 2021. Fauna Biodiversity as Indicator of Mangrove Forest Health on Moti Island, Moti District, Ternate City. *Jurnal Biologi Tropis*, 21 (3) : 974–982
- Ahmad, N.A. Muttalib, M.F.A. Uda, M.N.A. Arsath, Z.A. Abdullah, F. Hashim, M.K.R. Azizan, F.A. Jusoh, M.F. Kamaruzaman, S.R.S. and Nordin, A.A. 2023. Measurement of leaf chlorophyll content in Harumanis mango cultivated in a greenhouse using SPAD meter. *Materials Today: Proceedings*, (xxxx) : 1–5
- Ainunnisa, I. and Haerani, H. 2023. The identification of pests and diseases of rice plants using sentinel-2 satellite imagery data at the end of the vegetative stage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1230 (1)
- Akram, H. Hussain, S. Mazumdar, P. Chua, K.O. Butt, T.E. and Harikrishna, J.A. 2023. Mangrove Health: A Review of Functions, Threats, and Challenges Associated with Mangrove Management Practices. *Forests*, 14 (9) : 1–38
- Al-Jabri, K. Al-Mulla, Y. Melgani, F. and Stefanakis, A. 2023. Remote Sensing Analysis for Vegetation Assessment of a Large-Scale Constructed Wetland Treating Produced Water Polluted with Oil Hydrocarbons. *Remote Sensing*, 15 (24)
- Arifanti, V.B. 2020. Mangrove management and climate change: A review in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 487 (1)
- Arizal Suprayogi, A. and Wijaya, A.P. 2017. Jurnal Geodesi Undip Januari 2017 ANALISIS KESEHATAN HUTAN MANGROVE BERDASARKAN Jurnal Geodesi Undip Januari 2017. *Geodesi Undip*, 6 : 277–284
- Beckett, H.A.A. Neeman, T. Fuenzalida, T.I. Bryant, C. Latorre, S.C. Ovington, L.I. Sack, L. Meir, P. and Ball, M.C. 2023. Ghosts of dry seasons past: Legacy of severe drought enhances mangrove salinity tolerance through coordinated cellular osmotic and elastic adjustments. *Plant Cell and Environment*, 46 (7) : 2031–2045
- Boiarskii, B. 2019. Comparison of NDVI and NDRE Indices to Detect Differences in Vegetation and Chlorophyll Content. *Journal of Mechanics of Continua and*

Mathematical Sciences, spl1 (4)

- Cahyono, T. 2017. *Statistik Uji Korelasi*. Yayasan Sanitarian Banyumas
- Darwati, H. Poedjirahajoe, E. Sadono, R. and Soewarno, H.B. 2022. Karakteristik Perairan Dan Species Mangrove Dominan Di Pulau Panjang Desa Padang Tikar Ii, Kabupaten Kubu Raya Kalimantan Barat. *Jurnal Hutan Lestari*, 10 (4) : 1002–1009
- Dhaloiya, A. Denis, D.M. Duhan, D. Kumar, R. Singh, M.C. and Malik, A. 2023. Monitoring Vegetation Health, Water Stress, and Temperature Variation through Various Indices using Landsat 8 Data. *Indian Journal of Ecology*, (June)
- Eddy, S. and Mutiara, D. 2018. Dinamika Tutupan Lahan Kawasan Hutan Lindung Air Telang Menggunakan Teknik Overlay Multitemporal. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 15 (2) : 96
- Elwin, A. Robinson, E.J.Z. Feola, G. Jintana, V. and Clark, J. 2024. How is mangrove ecosystem health defined? A local community perspective from coastal Thailand. *Ocean and Coastal Management*, 251 (February) : 107037
- Fatmawati, Y. and Ruchlihadiana, A. 2024. Akuisisi Data Citra Menggunakan Uav Multispektral Guna Penentuan Indeks Kerapatan Vegetasi Dengan Metode Ndvi Dan Ndre. *Geoplanart*, 6 (2) : 1–10
- Fauzi, M. and Prianto, E. 2023. Upaya Partisipatif Kelompok Perhutanan Sosial (KPS) Tebing Tinggi dalam Kelola Ekosistem Mangrove dengan Pengembangan Usaha Silvofishery melalui Metode Edukasi dan Asistensi, 5 : 162–174
- Foody, G. n.d. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. *The Photogrammetric Record*
- Galle, N.J. Brinton, W. Vos, R. Basu, B. Duarte, F. Collier, M. Ratti, C. and Pilla, F. 2021. Correlation of WorldView-3 spectral vegetation indices and soil health indicators of individual urban trees with exceptions to topsoil disturbance. *City and Environment Interactions*, 11 (February) : 100068
- Gitelson, A.A. Viña, A. Verma, S.B. Rundquist, D.C. Arkebauer, T.J. Keydan, G. Leavitt, B. Ciganda, V. Burba, G.G. and Suyker, A.E. 2006. Relationship between gross primary production and chlorophyll content in crops: Implications for the synoptic monitoring of vegetation productivity. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 111 (8) : 1–13
- Goodchild, M.F. 2018. Reimagining the history of GIS. *Annals of GIS*, 24 (1): 1–8
- Hartoyo, A.P.P. Sunkar, A. Ramadani, R. Faluthi, S. and Hidayati, S. 2021. Normalized difference vegetation index (Ndvi) analysis for vegetation cover

- in leuser ecosystem area, sumatra, indonesia. *Biodiversitas*, 22 (3) : 1160–1171
- Haryeni Diliarosta, S. Azhar, A. Syafrijon Razak, A. and Syah, N. 2024. Implementasi Teknologi Dalam Konservasi Keanekaragaman Hayati Studi Kasus Di Tingkat Lokal Dan Internasional. *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 2 : 381–385
- Hijbeek, R. Koedam, N. Khan, M.N.I. Kairo, J.G. Schoukens, J. and Dahdouh-Guebas, F. 2013. An Evaluation of Plotless Sampling Using Vegetation Simulations and Field Data from a Mangrove Forest. *PLoS ONE*, 8 (6)
- Idrus, A. Al Liwa, I.M. and Hadiprayitno, G. 2018. Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA Sosialisasi Peran dan Fungsi Mangrove Pada Masyarakat di Kawasan Gili Sulat Lombok Timur. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, (1) 1 : 52–59
- Ihalauw, J.J. and Tandafatu, N.K. 2021. Geographical Information System for Indonesian Tourist Destinations. *IJISTECH (International Journal of Information System & Technology)*, 4 (2) : 645
- Jaya, E.F. Rendana, M. Hadinata, F. Red, D. Soil, S. Analysis, P. and Metode, D. 2025. Analisis Tingkat Stres Mangrove Menggunakan Pendekatan Indeks NDRE dan Sensor SPAD di Kawasan Hutan Lindung Air Telang Analysis of Mangrove Stress Levels Using the NDRE Index and SPAD Chlorophyll Sensor in the Air Telang Mangrove Reserve, 5 (3) : 189–197
- Jaya, L.M.G. Christopher, D. Masse, A. and Saleh, F. 2019. Studi Cadangan Karbon Vegetasi Mangrove Dalam Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai Sulawesi Tenggara. *Physical and Social Geography Research Journal* Vol. 1 (1) : 45–52
- Jiang, X. Zhen, J. Miao, J. Zhao, D. Shen, Z. Jiang, J. Gao, C. Wu, G. and Wang, J. 2022. Newly-developed three-band hyperspectral vegetation index for estimating leaf relative chlorophyll content of mangrove under different severities of pest and disease. *Ecological Indicators*, 140 (July) : 108978
- Kawamuna, A. Suprayogi, A. and Wijaya, A.P. 2017. Analisis Kesehatan hutan mangrovw berdasarkan metode klasifikasi NDVI pada Citra Sentinel-2. *Jurnal Geodesi Undip Januari 2017*, 6 (1) : 277–284
- Laksmmana, M.C. and Hidayat, H. 2023. Perbandingan Indeks NDVI Tanaman Mangrove di Muara Sungai Kalimireng, Gresik Menggunakan Kamera Multispektral dan Citra Sentinel-2. *Jurnal Teknik ITS*, 12 (3)
- Lewis, R.R. Milbrandt, E.C. Brown, B. Krauss, K.W. Rovai, A.S. Beever, J.W. and Flynn, L.L. 2016. Stress in mangrove forests: Early detection and preemptive rehabilitation are essential for future successful worldwide mangrove forest

- management. *Marine Pollution Bulletin*, 109 (2) : 764–771
- Li, X. Wang, Y. Zhang, Y. Xiang, J. Yang, Z. Gu, F. and Wu, M. 2022. Evaluating the physiological and biochemical responses of different mangrove species to upwelling. *Frontiers in Marine Science*, 9 (August) : 1–14
- Luh De Suriyani n.d. *MONGABAY*.
<https://www.mongabay.co.id/2019/03/08/peringatan-dini-terkikisnya-hutan-mangrove-benteng-alami-di-selatan-bali-bagian-1/>
- Manakane, S.E. Rakuasa, H. and Latue, P.C. 2023. Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Identifikasi Perubahan Tutupan Lahan di DAS Marikurubu, Kota Ternate. *Tabela Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 1 (2) : 51–60
- Martuti, N.K.T. Setyowati, D.L. and Nugraha, S.B. n.d. *Ekosistem mangrove : (Keanekaragaman, Fitoremediasi, Stok Karbon, Peran dan Pengelolaan)*. Semarang: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Negeri Semarang
- Maurya, K. Mahajan, S. and Chaube, N. 2021. Remote sensing techniques: mapping and monitoring of mangrove ecosystem—a review. *Complex and Intelligent Systems*, 7 (6) : 2797–2818
- Meiyerani, J. Melki, M. Widjajanti, H. Rozirwan, R. and Aryawati, R. 2024. Pengaruh Metode Filtrasi Terhadap Peningkatan Kualitas Fisik Air Muara Sungsang, Banyuasin. *Journal of Tropical Marine Science*, 8 (1) : 11–18
- Merly, S.L. Sianturi, R. and Nini, A.L. 2022. Study of Correlation and Diversity of Gastropods at Mangrove Ecosystem in Payum Beach, Merauke. *Jurnal Moluska Indonesia*, 6 (1) : 12–20
- Mosi, Y. Nurdin, A. Usman, M. Baderan, D.W.K. and Utina, R. 2020. Jurnal Environmental Science. *Jurnal Environmental Science*, 3 (6)
- Nailufar, B. Syahadat, R.M. and Ameliawati, P. 2018. Analisis Perubahan Indeks Kerapatan Vegetasi Dengan Metode Analisis Normalized Difference Vegetation Index (Ndvi) Di Kota Batu Berbasis Sistem Informasi Geografis (Gis) Dan Penginderaan Jauh. *Mintakat: Jurnal Arsitektur*, 19 (2) : 59–67
- Nugroho, W.S. 2015. Penetapan Standar Warna Daun Sebagai Upaya Identifikasi Status Hara (N) Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) pada Tanah Regosol. *Planta Tropika: Journal of Agro Science*, 3 (1) : 8–15
- Patty, S.I. Nurdiansah, D. Rizqi, M.P. and Rikardo Huwae 2022. Analisis Sebaran dan Kerapatan Vegetasi Mangrove Menggunakan Citra Landsat 8 di Bolaang Mongondow Timur, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 10 (2) : 224

- Rahma, I.Y. Amalia, A.R. Maulana, I.S. Hilal, M.S. Aulya, Z.S. Nandi and Ridwana, R. 2020. Analisis Komparasi Metode Pemetaan Ekosistem Mangrove Menggunakan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geografi : Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 17 (2) : 49–55
- Rasyidi, A.F. Sulistiani, R. and Bin, I. 2024. Kadar Klorofil Daun Bibit Kelor (*Moringa oleifera* L.) pada Berbagai Dosis Kompos. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 27 (1)
- Rendana, M. Idris, W.M.R. Rahim, S.A. Rahman, Z.A. and Lihan, T. 2020. Potential of normalized difference vegetation index for mapping of soft clay area in paddy fields of Kedah, Malaysia. *Indonesian Journal of Geography*, 52 (1) : 22–28
- Rosalina, D. Sabilah, A.A. Rombe, K.H. and Warni 2024. Mapping of Mangrove Conditions Using Sentinel-2 Imagery. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 13 (1) : 89–98
- Saoum, M.R. and Sarkar, S.K. 2024. Monitoring mangrove forest change and its impacts on the environment. *Ecological Indicators*, 159 (February) : 111666
- Shabrina, N. Sukmono, A. and Subiyanto, S. 2020. Analisis Identifikasi Fase Tumbuh untuk Estimasi Produksi Padi dengan Algoritma EVI dan NDRE Multitemporal pada Citra Sentinel-2 di Kabupaten Demak. *Jurnal Geodesi Undip*, 9 (4) : 59–70
- Sholiqin, M. Pramadaningtyas, P.S. Solikah, I. Febriyanti, S. Pambudi, M.D. Mahartika, S.B. Umam, A.F. Liza, N. And Setyawan, A.D. 2022. Analysis of the diversity and evenness of mangrove ecosystems in the Pacitan Coast, East Java, Indonesia. *International Journal of Bonorowo Wetlands*, 11 (2) : 84–94
- SM, F. Lihawa, F. Hasim Baderan, D.W.K. and Mahmud, M. 2024. Studi Perkembangan Penelitian Indeks Kesehatan Mangrove. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 9 (1) : 885–890
- Utomo, B. Budiastuty, S. and Muryani, C. 2018. Strategi Pengelolaan Hutan Mangrove Di Desa Tanggul Tlare Kecamatan Kedung Kabupaten Jepara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15 (2) : 117
- Voitik, A. Kravchenko, V. Pushka, O. Kutkovetska, T. Shchur, T. and Kocira, S. 2023. Comparison of NDVI, NDRE, MSAVI and NDSI Indices for Early Diagnosis of Crop Problems. *Agricultural Engineering*, 27 (1) : 47–57
- Xu, Y. Wang, J. Xia, A. Zhang, K. Dong, X. Wu, K. and Wu, G. 2019. Continuous wavelet analysis of leaf reflectance improves classification accuracy of mangrove species. *Remote Sensing*, 11 (3)
- Xue, J. and Su, B. 2017. Significant remote sensing vegetation indices: A review of
- Universitas Sriwijaya

developments and applications. *Journal of Sensors*, 2017

- Yu, Z. Wang, M. Sun, Z. Wang, W. and Chen, Q. 2023. Changes in the leaf functional traits of mangrove plant assemblages along an intertidal gradient in typical mangrove wetlands in Hainan, China. *Global Ecology and Conservation*, 48 (September) : e02749
- Zakiyah, M. Manurung, T.F. and Wulandari, R.S. 2018. Kandungan Klorofil Daun Pada Empat Jenis Pohon Di Arboretum Sylva Indonesia Pc. Universitas Tanjungpura. *Jurnal Hutan Lestari*, 6 (1) : 48–55
- Zega, A. Susanti, N.M. Tillah, R. and Laoli, D. 2024. Innovative Strategies In The Face Of Ecosystem Degradation : An Updated Assessment Of The Vital Role Of Mangrove Forests In Environmental Conservation, 2 (2) : 71–83
- Zhao, C. Jia, M. Zhang, R. Wang, Z. Ren, C. Mao, D. and Wang, Y. 2024. Mangrove species mapping in coastal China using synthesized Sentinel-2 high-separability images. *Remote Sensing of Environment*, 307 (April) : 114151
- Zhen, J. Jiang, X. Xu, Y. Miao, J. Zhao, D. Wang, J. Wang, J. and Wu, G. 2021. Mapping leaf chlorophyll content of mangrove forests with Sentinel-2 images of four periods. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 102