

**INTEGRASI TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH MULTITEMPORAL  
UNTUK EVALUASI DINAMIKA HUTAN MANGROVE**

**WIDYA EDMA PUTRI  
NIM. 2421037320004**



**PROGRAM STUDI MAGISTER  
FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN IPA  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU  
2026**

**INTEGRASI TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH MULTITEMPORAL  
UNTUK EVALUASI DINAMIKA HUTAN MANGROVE**

**WIDYA EDMA PUTRI  
NIM. 2421037320004**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
MAGISTER SAINS  
Program Studi S2 Fisika**

**PROGRAM STUDI MAGISTER  
FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN IPA  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU  
2026**

Judul Tesis : Integrasi Teknologi Penginderaan Jauh Multitemporal  
Untuk Evaluasi Dinamika Hutan Mangrove  
Nama : Widya Edma Putri  
NIM : 2421037320004

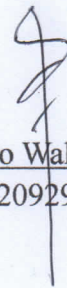
disetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Nurlina, S.Si., M.Sc.  
NIP. 19760414 200312 2 001



Dr. Sri Cahyo Wahyono, S.Si., M.Si.  
NIP. 19720929 199903 1 003

diketahui,

Koordinator Program Studi S2 Fisika



Dr. Teti Novalina Manik, S.Si., M.T.  
NIP. 19741227 200112 2 003



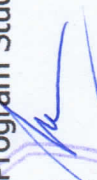
# Sertifikat


Sertifikat ini diberikan kepada:

**Widya Edma Putri, S.Si**

NIM : 2421037320004  
Program Studi : Magister Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat

Telah dilakukan pengecekan uji kemiripan Jurnal Tugas Akhir dengan indeks kemiripan sebesar:  
**0%**

Mengetahui,  
Koordinator Program Studi Magister Fisika,  
  
Dr. Tetti Novalina Manik, S.Si., M.T  
NIP. 197412272001122003

Banjarbaru, 20 Januari 2026  
Koordinator Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa,  
  
Nurma Sari, S.Si., M.Si  
NIP. 197011051998022001

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Widya Edma Putri  
NIM : 2421037320004  
Program Studi : Magister Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat  
Judul Tesis : Integrasi Teknologi Penginderaan Jauh Multitemporal  
Untuk Evaluasi Dinamika Hutan Mangrove

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa naskah Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dicantumkan sebagai kutipan/acuan dalam naskah dengan disebutkan sumber kutipan/acuan dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tesis ini hasil jiplakan, plagiat maupun manipulasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

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

Banjarbaru, Januari 2026  
Yang membuat pernyataan



Widya Edma Putri  
NIM. 2421037320004

## RINGKASAN

Widya Edma Putri. 2026. Integrasi Teknologi Penginderaan Jauh Multitemporal Untuk Evaluasi Dinamika Hutan Mangrove. Pembimbing : Dr. Nurlina, S.Si., M.Sc.; Dr. Sri Cahyo Wahyono, S.Si., M.Si..

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan dan menganalisis dinamika spasial-temporal hutan mangrove di Suaka Alam Kuala Lupak, Kalimantan Selatan, selama periode 1990–2020 dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh multitemporal. Analisis difokuskan pada perubahan luasan, pola perubahan spasial, struktur lanskap, serta faktor pendorong perubahan sebagai dasar ilmiah untuk mendukung pengelolaan dan konservasi mangrove yang berkelanjutan.

Penelitian menggunakan citra satelit Landsat multitemporal tahun 1990, 2000, 2010, dan 2020 yang diolah melalui *Google Earth Engine* dan ArcGIS. Indeks vegetasi umum (NDVI, SAVI, NDWI, dan EVI) serta indeks spesifik mangrove (MI, MVI, MMRI, MDI, NDMI, LXMI, CMRI, dan SMRI) digunakan sebagai variabel input dalam klasifikasi berbasis algoritma *Random Forest*. Evaluasi akurasi dilakukan menggunakan *Overall Accuracy* (OA) dan koefisien Kappa. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa NDWI memberikan akurasi statistik yang tinggi dan stabil, sedangkan MVI menghasilkan representasi spasial yang paling konsisten dan sesuai dengan karakteristik biofisik mangrove, sehingga dipilih sebagai indeks utama dalam analisis perubahan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas mangrove menurun dari 2.659,78 ha pada tahun 1990 menjadi 1.118,70 ha pada tahun 2020, dengan total kehilangan sebesar 1.541,08 ha atau laju deforestasi rata-rata sekitar 51,37 ha per tahun. Deteksi perubahan spasial-temporal mengindikasikan dominasi kehilangan tutupan seluas 1.857,15 ha, sementara pemulihan hanya mencapai 318,15 ha. Analisis metrik lanskap menunjukkan peningkatan fragmentasi yang signifikan, ditandai oleh kenaikan jumlah *patch* dari 40 menjadi 319 dan penurunan ukuran *patch* rata-rata dari 66,88 ha menjadi 3,53 ha, yang mengindikasikan degradasi struktur habitat mangrove.

Faktor pendorong utama perubahan mangrove adalah aktivitas antropogenik, terutama konversi menjadi tambak dan penggunaan lahan pesisir lainnya, sedangkan faktor alami seperti abrasi dan sedimentasi berperan secara lebih terbatas. Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini merekomendasikan pengendalian konversi lahan pesisir, perlindungan area mangrove yang masih stabil, serta rehabilitasi terarah pada zona kehilangan terbesar dengan dukungan pemantauan rutin berbasis citra satelit multitemporal.

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi indeks vegetasi, klasifikasi *Random Forest*, validasi citra resolusi tinggi, dan analisis metrik lanskap efektif untuk mengevaluasi dinamika mangrove secara kuantitatif dan komprehensif, serta berkontribusi pada pengembangan metode pemantauan mangrove skala lokal di Indonesia.

## SUMMARY

Widya Edma Putri. 2026. Integration of Multitemporal Remote Sensing Techniques for Evaluating Mangrove Forest Dynamics. Advisors : Dr. Nurlina, S.Si., M.Sc.; Dr. Sri Cahyo Wahyono, S.Si., M.Si..

This study aims to map and analyze the spatial–temporal dynamics of mangrove forests in the Kuala Lupak Nature Reserve, South Kalimantan, during the period 1990–2020 using multitemporal remote sensing technology. The analysis focuses on changes in mangrove extent, spatial patterns, *Landscape* structure, and driving factors of change as a scientific basis to support sustainable mangrove management and conservation.

Multitemporal Landsat images from 1990, 2000, 2010, and 2020 were processed using *Google Earth Engine* and ArcGIS. Several common vegetation indices (NDVI, SAVI, NDWI, and EVI) and mangrove-specific indices (MI, MVI, MMRI, MDI, NDMI, LXMI, CMRI, and SMRI) were used as input variables for land cover classification based on the *Random Forest* algorithm. Classification accuracy was evaluated using Overall Accuracy (OA) and the Kappa coefficient. The results indicate that NDWI achieved high and stable statistical accuracy across all observation periods, while the *Mangrove Vegetation Index* (MVI) provided the most consistent spatial representation and best reflected the biophysical characteristics of mangrove ecosystems. Therefore, MVI was selected as the primary index for multitemporal mangrove change analysis.

The results show that mangrove area decreased from 2,659.78 ha in 1990 to 1,118.70 ha in 2020, with a total loss of 1,541.08 ha or an average deforestation rate of approximately 51.37 ha per year. Spatial–temporal change detection indicates that mangrove dynamics were dominated by loss covering 1,857.15 ha, while recovery areas reached only 318.15 ha. *Landscape* metrics analysis reveals a significant increase in fragmentation, indicated by an increase in the *Number of Patches* from 40 to 319 and a decrease in *Mean Patch Size* from 66.88 ha to 3.53 ha, suggesting substantial degradation of mangrove habitat structure.

Anthropogenic activities, particularly conversion to aquaculture ponds and other coastal land uses, were identified as the main drivers of mangrove change, while natural factors such as coastal erosion and sedimentation played a more limited role. Based on these findings, this study recommends controlling coastal land conversion, protecting remaining stable mangrove areas, and implementing targeted rehabilitation in zones with the highest losses, supported by routine monitoring using multitemporal satellite imagery.

This study demonstrates that integrating vegetation indices, *Random Forest* classification, high-resolution image validation, and multitemporal *Landscape* metrics analysis is effective for quantitatively and comprehensively evaluating mangrove dynamics, and contributes to the development of more robust remote sensing-based mangrove monitoring methods at the local scale in Indonesia.

## **RIWAYAT HIDUP PENULIS**

Penulis dilahirkan di Ujung Pandang pada tanggal 26 Oktober 1996 sebagai anak pertama dari pasangan Bapak Edward dan Ibu Marhamah. Penulis telah menikah dengan Arham Putra dan saat ini berdomisili di Kabupaten Kolaka Utara. Riwayat pendidikan formal penulis dimulai dari SD Inp. Maccini S. I Makassar, dilanjutkan dengan melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN 05 Makassar kemudian melanjutkan pendidikan menengah atas di SMAN 02 Makassar. Selanjutnya penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat. Saat ini penulis tercatat sebagai mahasiswa Program Magister Fisika pada Program Pascasarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat. Selain menempuh pendidikan formal, penulis memiliki pengalaman kerja di bagian pemerintahan sebagai honorer pada Dinas PUPR Provinsi Kalimantan Selatan sejak tahun 2018 hingga pertengahan tahun 2025, dan saat ini penulis bekerja sebagai PNS di Bagian Pengadaan Barang dan Jasa Kabupaten Kolaka Utara. Penulis melanjutkan studi pada jenjang pendidikan ini dengan tujuan untuk memperdalam dan mengembangkan ilmu pengetahuan, serta meningkatkan kompetensi akademik yang diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah melalui penyusunan tesis ini.

## PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyusun laporan tesis ini dengan judul "*Integrasi Teknologi Penginderaan Jauh Multitemporal untuk Evaluasi Dinamika Hutan Mangrove*" sebagai bagian dari persyaratan akademik pada Program Studi Magister Fisika.

Penyusunan laporan tesis ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing Ibu Dr. Nurlina, S.Si., M.Sc. dan Bapak Dr. Sri Cahyo Wahyono, S.Si., M.Si. yang telah memberikan arahan, masukan, dan koreksi yang sangat berharga selama proses penulisan. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Koordinator Prodi Magister Fisika Ibu Dr. Tetti Novalina Manik, S.Si., M.T., Bapak Prof. Dr. Ichsan Ridwan, S.Si, M.Kom serta seluruh dosen, staf pengajar, dan pihak fakultas yang telah memberikan ilmu dan fasilitas dalam menunjang proses studi.

Penulis juga mengapresiasi dukungan moral dan motivasi dari Bapak Arham Putra (suami penulis), orang tua, seluruh keluarga penulis serta rekan-rekan seperjuangan yang senantiasa memberikan semangat dalam menyelesaikan penelitian dan laporan tesis ini. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu segala bentuk saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penelitian selanjutnya.

Akhir kata, semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi ilmiah dan menjadi referensi dalam pengelolaan serta pelestarian ekosistem hutan mangrove di Indonesia.

Banjarbaru, Januari 2026

Penulis,

## DAFTAR ISI

### Halaman

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
RINGKASAN.....	iii
SUMMARY .....	iv
RIWAYAT HIDUP PENULIS .....	v
PRAKATA .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	7
1.4 Manfaat Penelitian .....	8
1.4.1 Manfaat Ilmiah (Akademik) .....	8
1.4.2 Manfaat Metodologis.....	9
1.4.3 Manfaat Praktis.....	9
1.4.4 Manfaat Kebijakan dan Pengelolaan Lingkungan.....	10
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Mangrove.....	11
2.2 Suaka Alam Kuala Lupak .....	15
2.3 Degradasi Mangrove.....	18
2.4 Degradasi dan Keadaan Mangrove di Suaka Alam Kuala Lupak .....	20
2.5 Penginderaan Jauh .....	22
2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG).....	24
2.7 Satelit Landsat.....	27
2.8 Indeks Vegetasi .....	28
2.9 Indeks Spesifik Mangrove.....	29
2.10 Pentingnya Integrasi Multitemporal .....	30

III. METODE PENELITIAN.....	32
3.1 Waktu, Tempat, dan Objek Penelitian .....	32
3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian .....	33
3.2.1 Peralatan Penelitian .....	33
3.2.2 Bahan Penelitian .....	34
3.3 Batasan Penelitian dan Desain Operasional .....	35
3.3.1 Batasan Penelitian .....	36
3.3.2 Desain Operasional Penelitian .....	37
3.4 Prosedur Pengumpulan Data .....	39
3.4.1 Jenis dan Sumber Data .....	39
3.4.2 Teknik Pengumpulan Data .....	40
3.4.3 Metode Penentuan Sampel (Training dan Validation Samples) .....	41
3.5 Analisis Data.....	42
3.5.1 Perhitungan Indeks Vegetasi .....	43
3.5.2 Klasifikasi Tutupan Mangrove.....	44
3.5.3 Evaluasi Akurasi Klasifikasi .....	45
3.5.4 Analisis Perbandingan Kinerja Indeks Vegetasi.....	45
3.5.5 Analisis Perubahan Spasial Mangrove.....	46
3.5.6 Analisis Metrik Lanskap Mangrove.....	46
3.6 Kerangka Pikir Penelitian .....	47
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	51
4.1 Gambaran Umum Data dan Alur Analisis .....	51
4.2 Hasil Perhitungan Indeks Vegetasi .....	53
4.2.1 Indeks Vegetasi Umum (IV) .....	53
4.2.2 Indeks Spesifik Mangrove (ISM).....	68
4.3 Hasil Klasifikasi <i>Random Forest</i> (RF).....	96
4.3.1 Hasil Klasifikasi Berbasis Indeks Vegetasi (IV) .....	96
4.3.2 Hasil Klasifikasi Berbasis Indeks Spesifik Mangrove (ISM).....	104
4.4 Perbandingan Kinerja Indeks Vegetasi (IV) dan Indeks Spesifik Mangrove (ISM) .....	115
4.4.1 Perbandingan Visual Hasil Klasifikasi.....	115
4.4.2 Perbandingan Kinerja Berdasarkan Akurasi Klasifikasi .....	117
4.4.3 Penentuan Indeks Paling Representatif untuk Pemetaan Perubahan Mangrove.....	122
4.5 Analisis Perubahan Spasial Mangrove (1990–2020).....	125

4.5.1	Perubahan Luasan Mangrove dan Non-Mangrove (1990–2020) .....	126
4.5.2	Pola Perubahan Spasial Mangrove (1990–2020) .....	128
4.5.3	Diskusi Faktor Pengendali Perubahan Mangrove (1990–2020) .....	134
4.6	Analisis Metrik Lanskap Mangrove .....	137
4.6.1	Perubahan Fragmentasi Lanskap Mangrove (NP, PD, dan MPS).....	138
4.6.2	Perubahan Kompleksitas Tepi dan Bentuk Lanskap (ED dan LSI) .....	142
4.6.3	Tingkat Agregasi Lanskap Mangrove (AI) .....	143
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	146
5.1	Kesimpulan .....	146
5.2	Saran .....	149
	DAFTAR PUSTAKA.....	150

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
3. 1 Indeks Vegetasi (IV) dan Indeks Spesifik Mangrove (ISM) yang digunakan untuk pemetaan mangrove. Semua indeks tersebut telah digunakan pada citra Landsat.....	44
4. 1 Tabel akurasi klasifikasi dari masing-masing Indeks Vegetasi (IV) tahun 1990-2020.....	118
4. 2 Tabel akurasi klasifikasi dari masing-masing Indeks Spesifik Mangrove (ISM) tahun 1990-2020 .....	118
4. 3 Luasan Mangrove dan Non-Mangrove tahun 1990-2020 .....	126
4. 4 Luasan Perubahan Mangrove Tahun 1990–2020.....	131
4. 5 Nilai Metrik Lanskap Mangrove Tahun 1990–2020.....	138