

PENGEMBANGAN ALGORITMA DETEKSI KESEHATAN MANGROVE BERBASIS PENGINDERAAN JAUH DAN *MACHINE LEARNING* DI PULAU BINTAN

IMAM HAWARI OTOLUWA



**DEPARTEMEN MANAJEMEN HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI, SUMBER INFORMASI, PENGGUNAAN AI, DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pengembangan Algoritma Deteksi Kesehatan Mangrove Berbasis Penginderaan Jauh dan *Machine Learning* di Pulau Bintan” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dalam penyusunan karya ini, penulis menggunakan bantuan kecerdasan buatan *ChatGPT* dan *Google Gemini AI*, untuk meningkatkan kejelasan tulisan, memperbaiki gaya bahasa akademik, serta mendukung penyuntingan bahasa selama penyusunan skripsi. Setelah menggunakan alat/layanan tersebut, penulis meninjau dan menyunting konten sesuai kebutuhan serta bertanggung jawab penuh atas isi karya tugas akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Imam Hawari Otoluwa
E1401221115



ABSTRAK

IMAM HAWARI OTOLUWA. Pengembangan Algoritma Deteksi Kesehatan Mangrove Berbasis Penginderaan Jauh dan *Machine Learning* di Pulau Bintan. Dibimbing oleh I NENGAH SURATI JAYA dan QORI PEBRIAL ILHAM.

Penelitian ini mengembangkan algoritma untuk mendeteksi kondisi kesehatan hutan mangrove di Pulau Bintan dengan menggunakan pendekatan non-parametrik. Penelitian ini berfokus pada kombinasi beberapa indeks yang dibangun menggunakan data Sentinel-2A dan peubah sosio-geo-biofisik, seperti *proximity* sungai dan garis pantai, *proximity* jalan, *proximity* permukiman, ketinggian, kelerengan, dan substrat. Penelitian ini menunjukkan bahwa model terbaik diperoleh dengan menggunakan kriteria Information Gain dan memberikan akurasi keseluruhan sebesar 95,8% serta akurasi kappa sebesar 95%. SAVI dan Substrat menjadi peubah yang paling berpengaruh dalam memisahkan tutupan lahan, termasuk kelas kesehatan hutan mangrove. Algoritma tersebut berhasil memisahkan kelas kesehatan hutan mangrove dari kelas tutupan lahan lainnya dengan *precision* berkisar antara 95,6% hingga 98,2% dan *recall* antara 96,4% hingga 98,2%, serta menunjukkan keefektifan kombinasi peubah spektral dan sosio-geo-biofisik dalam mendeteksi kesehatan hutan mangrove menggunakan data penginderaan jauh di Pulau Bintan.

Kata kunci: kesehatan mangrove, penginderaan jauh, pohon keputusan

ABSTRACT

IMAM HAWARI OTOLUWA. Development of a Mangrove Health Detection Algorithm Using Remote Sensing and Machine Learning on Bintan Island. Supervised by I NENGAH SURATI JAYA and QORI PEBRIAL ILHAM.

This research aimed to develop an algorithm for detecting mangrove health conditions on Bintan Island by using a non-parametric approach. The study was focused on examining the combination of several indices derived from Sentinel-2A and socio-geo-biophysical factors such as, proximity to river and coastal line, road distance, proximity to village, elevation, slope, and substrate content. The study showed that the best model was obtained using the Information Gain criterion and provided an overall accuracy of 95.8% and a kappa accuracy of 95%. SAVI and Substrate were identified as the most influential variables in separating land covers which included the mangrove health classes. The algorithm successfully separated mangrove health classes from other land-cover classes having precision ranging from 95.6% to 98.2% and recall between 96.4% to 98.2%, and demonstrated the effectiveness of integrating spectral and socio-geo-biophysical variables for mangrove health detection using remote sensing data on Bintan Island.

Keywords: decision tree, mangrove health, remote sensing.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

PENGEMBANGAN ALGORITMA DETEKSI KESEHATAN MANGROVE BERBASIS PENGINDERAAN JAUH DAN *MACHINE LEARNING* DI PULAU BINTAN

IMAM HAWARI OTOLUWA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Manajemen Hutan

**DEPARTEMEN MANAJEMEN HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Prof. Dr. Ir. Jarwadi Budi Hernowo, M.Sc.F.Trop.
2. Prof. Dr. Ir. Hendrayanto, M.Agr.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

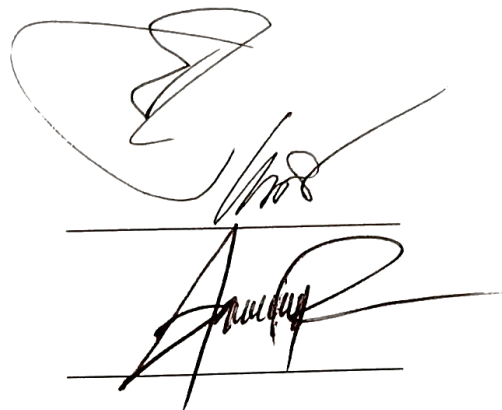
Judul Skripsi : Pengembangan Algoritma Deteksi Kesehatan Mangrove Berbasis
Penginderaan Jauh dan *Machine Learning* di Pulau Bintan
Nama : Imam Hawari Otoluwa
NIM : E1401221115

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. I Nengah Surati Jaya, M.Agr

Pembimbing 2:
Qori Pebrial Ilham, S.Hut., M.Si



Diketahui oleh

Ketua Departemen Manajemen Hutan:
Dr. Soni Trison, S.Hut., M.Si
NIP 197711232007011002



Tanggal Ujian: 28 Juli 2026

Tanggal Lulus: 06 AUG 2026

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2026 sampai bulan Juni 2026 ini berjudul “Pengembangan Algoritma Deteksi Kesehatan Mangrove Berbasis Penginderaan Jauh dan *Machine Learning* di Pulau Bintan”. Selama menempuh pendidikan sarjana termasuk menyelesaikan penelitian ini, penulis mendapatkan banyak manfaat dan pelajaran yang sangat berarti. Penulis juga mendapat berbagai bentuk dukungan dari berbagai pihak. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Imam Hawari Otoluwa



UCAPAN TERIMA KASIH

Selama pengerjaan penelitian ini, penulis mendapatkan banyak dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. I Nengah Surati Jaya, M.Agr dan Bapak Qori Pebrial Ilham, S.Hut., M.Si selaku dosen pembimbing yang senantiasa membimbing, menasehati dan memberikan nilai-nilai kehidupan yang berarti bagi penulis selama penyusunan skripsi ini.
2. Keluarga penulis yaitu Bapak Ir. Firdaus S. Otoluwa, Ibu Rahmawaty Dangkoa, Sarah Khairunnisa Otoluwa beserta keluarga barunya, dan Muthmainnah Indah Safitri Otoluwa, yang selalu menemani, memberikan doa, semangat, dan kasih sayang kepada penulis.
3. Keluarga besar Otoluwa-Dangkua, khususnya Ibu Nining, Ibu Moon, Ibu Tuti, Bapak Anang, Bapak Uto, Bapak Au, dan Bapak Ato, yang senantiasa memberikan dukungan selama masa pendidikan penulis.
4. Kementerian Lingkungan Hidup RI yang memberikan dukungan materil kepada penulis dalam penelitian di Pulau Bintan.
5. Keluarga besar Laboratorium *Remote Sensing* dan GIS, Bapak Uus Saepul Mukarom S.Hut, Donny, Alghan, Amati, Dandy, Anggie, Amelia, dan Risna yang selalu berbagi pengetahuan dan cerita selama penyusunan skripsi.
6. Keluarga SKMA/SMKKN di IPB yang menemani penulis sejak awal pendidikan sarjana di IPB.
7. Kawan seperjuangan Yudha, Irpan, Danau, Farly, Ujang, Apri, Rizik, Bagus, Ammar, Nova, Zaenal, Tanzi, Apis, Khadafy Nashuha, Apip, Apip L, kawan sebingingan Apiw, Firman, Maya, Marcel, Valen, Acel, yang menemani dari dekat perjalanan penyusunan skripsi dan pendidikan sarjana di IPB.
8. Teman-teman organisasi HRD FMSC Fahutan IPB, KemenLH BEM KM 2023, dan teman-teman se-kepanitiaan yang memberikan pengalaman berharga selama berkegiatan di IPB.
9. Seluruh keluarga Akrantara Semardana (Fahutan 59) dan Galanarya Dakusara (MNH 59) yang selalu kebersamai penulis dalam menempuh pendidikan sarjana.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat	4
2.2 Alat dan Bahan	4
2.3 Prosedur Kerja	6
III HASIL DAN PEMBAHASAN	24
3.1 Struktur Komunitas Mangrove di Pulau Bintan	24
3.2 Karakteristik Struktur Komunitas Mangrove Berdasarkan <i>Mangrove Health Index</i> (MHI) di Pulau Bintan	27
3.3 Seleksi Peubah Pohon Keputusan	28
3.4 Optimasi Parameter Terbaik	31
3.5 Uji Akurasi Model	36
3.6 Hasil Klasifikasi	39
IV SIMPULAN DAN SARAN	42
4.1 Simpulan	42
4.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	49
RIWAYAT HIDUP	53

DAFTAR TABEL

1	Data yang digunakan dalam penelitian	5
2	Karakteristik citra Sentinel-2A	5
3	Deskripsi, dokumentasi lapang, dan tampilan pada citra setiap kelas tutupan lahan	11
4	Peubah spektral yang digunakan dalam penelitian	13
5	Indeks nilai penting (INP) tingkat pertumbuhan semai di Pulau Bintan	24
6	Indeks nilai penting (INP) tingkat pertumbuhan pancang di Pulau Bintan	25
7	Indeks nilai penting (INP) tingkat pertumbuhan pohon di Pulau Bintan	26
8	Karakteristik struktur komunitas mangrove berdasarkan kelas kesehatan	27
9	Bobot peubah spektral	28
10	Bobot peubah sosio-geo-biofisik	29
11	Bobot peubah kombinasi spektral dan sosio-geo-biofisik	30
12	Optimasi parameter peubah spektral, peubah sosio-geo-biofisik, kombinasi peubah spektral dan sosio-geo-biofisik	31
13	<i>Confusion matrix</i> dan uji akurasi model dengan peubah spektral	37
14	<i>Confusion matrix</i> dan uji akurasi model dengan peubah sosio-geo-biofisik	37
15	<i>Confusion matrix</i> dan uji akurasi model kombinasi peubah spektral dan sosio-geo-biofisik	38

DAFTAR GAMBAR

1	Lokasi penelitian	4
2	Diagram alir penelitian	6
3	Peubah spektral berupa indeks vegetasi mangrove (a) CMRI, (b) NIMI, (c) EMI; indeks vegetasi (d) NDVI, (e) SAVI, (f) EVI; indeks lahan terbangun/terbuka (g) ENDBSI, (h) NDBI; indeks air (i) MNDWI, (j) NDWI	14
4	Peubah sosio-geo-biofisik: (a) Elevasi, (b) <i>Slope</i> , (c) <i>Proximity</i> permukiman, (d) <i>Proximity</i> jalan, (e) <i>Proximity</i> sungai, (f) <i>Proximity</i> pantai, (g) Substrat	17
5	Ilustrasi <i>decision tree</i> (a) SAVI > 0,307 dan substrat = pasir berlumpur, (b) SAVI ≤ 0,307, substrat = lumpur/lumpur berpasir/ <i>no data</i> , dan ENDBSI > 0,016, (c) SAVI > 0,307 dan substrat = lumpur/lumpur berpasir/ <i>no data</i> , (d) SAVI ≤ 0,307, substrat = lumpur/lumpur berpasir/ <i>no data</i> , dan ENDBSI ≤ 0,016	33
6	Perbandingan (a) Citra Sentinel-2A (komposit 8-11-4), (b) Hasil klasifikasi kelompok peubah spektral, (c) hasil klasifikasi kelompok peubah sosio-geo-biofisik, (d) Klasifikasi kombinasi peubah spektral dan sosio-geo-biofisik	40
7	Hasil klasifikasi kesehatan mangrove dengan model kombinasi peubah spektral dan sosio-geo-biofisik di wilayah (a) kesehatan mangrove bervariasi, (b) kesehatan mangrove didominasi mangrove sangat sehat	41



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.