

PENGEMBANGAN ALGORITMA *MACHINE LEARNING* UNTUK DETEKSI KESEHATAN MANGROVE BERBASIS CITRA SENTINEL-2 DI KEPULAUAN NATUNA

INTAN RACHELLIA SIMANJUNTAK



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



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pengembangan Algoritma *Machine Learning* untuk Deteksi Kesehatan Mangrove Berbasis Citra Sentinel-2 di Kepulauan Natuna” 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.

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

Bogor, Juli 2026

Intan Rachellia Simanjuntak
E1401221034



ABSTRAK

INTAN RACHELLIA SIMANJUNTAK. Pengembangan *Machine Learning* untuk Deteksi Kesehatan Mangrove Berbasis Citra Sentinel-2 di Kepulauan Natuna. Dibimbing oleh I NENGGAH SURATI JAYA.

Penelitian ini mendeskripsikan pengembangan algoritma deteksi kesehatan mangrove dengan mengintegrasikan data penginderaan jauh dan peubah sosio-geo-biofisik menggunakan pendekatan *machine learning* di Kepulauan Natuna, Indonesia. Penelitian ini berfokus pada pengujian kombinasi peubah spektral yang diturunkan dari citra Sentinel-2 dan peubah sosio-geo-biofisik, meliputi substrat, elevasi, jarak dari jalan, jarak dari permukiman, jarak dari sungai, dan jarak dari garis pantai. Model dikembangkan menggunakan algoritma *decision tree* melalui seleksi peubah dan optimasi parameter untuk memperoleh model klasifikasi terbaik. Hasil penelitian menunjukkan model terbaik menghasilkan *overall accuracy* sebesar 95,4%, koefisien kappa sebesar 0,95, *user's accuracy* berkisar antara 91,6-99,9%, serta *producer's accuracy* antara 90-100%. *Enhanced Vegetation Index* (EVI) merupakan peubah yang paling berpengaruh dalam algoritma. Model yang dikembangkan mampu mengidentifikasi kondisi kesehatan mangrove dengan akurasi yang tinggi, sehingga berpotensi mendukung kegiatan pemantauan dan pengelolaan ekosistem mangrove di Kepulauan Natuna.

Kata kunci: *Decision tree*, kesehatan mangrove, *machine learning*, peubah sosio-geo-biofisik

ABSTRACT

INTAN RACHELLIA SIMANJUNTAK. Development of a Machine Learning Algorithm for Mangrove Health Detection Using Sentinel-2 Imagery in the Natuna Islands. Supervised by I NENGGAH SURATI JAYA.

This research describes the development of a mangrove health detection algorithm by integrating remotely sensed and socio-geo-biophysical data using a machine learning approach in the Natuna Islands, Indonesia. The research focused on examining the combination of spectral variables derived from sentinel-2 imagery and socio-geo-biophysical variables, including substrate, elevation, distance from roads, settlements, rivers, and the coastline. A decision tree algorithm was developed using feature selection and parameter optimization to identify the optimal classification model. The research showed that the best-performing model provided an overall accuracy of 95.4%, a Kappa coefficient of 0.95, user's accuracy ranging from 91.6% to 99.9%, and producer's accuracy ranging from 90.0% to 100%. The Enhanced Vegetation Index (EVI) was the most important variable in the developed algorithm. The developed model was able to identify mangrove health conditions with high classification accuracy, demonstrating the potential of integrating spectral and socio-geo-biophysical variables to support mangrove health monitoring and management in the Natuna Islands.

Keywords: Decision tree, machine learning, mangrove health, socio-geo-biophysical variables



@Hak cipta milik IPB University

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.

© 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 *MACHINE LEARNING* UNTUK DETEKSI KESEHATAN MANGROVE BERBASIS CITRA SENTINEL-2 DI KEPULAUAN NATUNA

INTAN RACHELLIA SIMANJUNTAK

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

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Wayan Darmawan, MSc.F.Trop.
- 2 Prof. Dr. Efi Yuliati Yovi, S.Hut., M.Life. Env.Sc.



IPB University
— Bogor Indonesia —

Perpustakaan IPB University



Judul Skripsi: Pengembangan Algoritma *Machine Learning* untuk Deteksi Kesehatan Mangrove Berbasis Citra Sentinel-2 di Kepulauan Natuna

Nama : Intan Rachellia Simanjuntak
NIM : E1401221034

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

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

Diketahui oleh

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





@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

Perpustakaan IPB University



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang sudah dilakukan dengan judul “Pengembangan Algoritma *Machine Learning* untuk Deteksi Kesehatan Mangrove Berbasis Citra Sentinel-2 di Kepulauan Natuna”. Penelitian ini memanfaatkan teknologi penginderaan jauh melalui citra Sentinel-2A. Selama menempuh pendidikan sarjana hingga penyelesaian penelitian ini, penulis memperoleh berbagai pengetahuan dan pengalaman yang berharga. Penulis juga mendapatkan dukungan dari berbagai pihak, baik dalam bentuk dorongan, bimbingan, maupun bantuan lainnya yang sangat berarti. Karya ilmiah ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak.

Bogor, Juli 2026

Intan Rachellia Simanjuntak



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

Perpustakaan IPB University



UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan skripsi ini tentunya tidak dapat diselesaikan tanpa dukungan serta bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. I Nengah Surati Jaya, M.Agr selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah membimbing, memberikan arahan, nasehat, dan meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran yang membantu penulis menyelesaikan penelitian.
2. Keluarga penulis, yaitu Bapak Tongam Simanjuntak, Ibu Sarmauli Nababan, Christine Octaria, Yosephine Anggi Orinda, Parlindungan Ozora, dan Gebiella Marsaulina yang senantiasa menjadi sumber kekuatan melalui doa, kasih sayang, dukungan, dan kepercayaan yang tidak pernah putus kepada penulis selama menempuh pendidikan dan menyelesaikan penelitian ini.
3. Kementerian Lingkungan Hidup dan Pusat Penelitian Lingkungan Hidup yang telah memberikan dukungan kepada penulis selama penyusunan skripsi.
4. Bapak Uus Saepul Mukarom, S.Hut. yang telah memberikan arahan dan dukungan kepada penulis selama berada di Laboratorium *Remote Sensing*.
5. Keluarga SKMA, yaitu Acid, Chandra, Fadil, Ikram, Khairy, dan Ganden, yang telah menjadi keluarga kedua bagi penulis. Terima kasih atas segala dukungan, canda tawa, perhatian, dan kebersamaan yang selalu menguatkan penulis selama menjalani perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
6. Amati, Donny, Amelia, Anggie, Ganta, Dandy, Risna, Erika, Cinta dan Allisya atas kerja sama, bantuan, dan dedikasi yang diberikan melalui berbagai diskusi, masukan, dan pemikiran yang turut mendukung penyelesaian penelitian ini.
7. Sahabat – sahabat penulis, Olga, Njimou, Puthel, Nova, Ujang, dan Keisya yang senantiasa memberikan dukungan, kebersamaan, serta semangat selama proses penyusunan skripsi.
8. Teman-teman sebangkisan penulis, Firman, Marcel, Maya, Valen, Iqbal dan Imam yang senantiasa menjadi rekan dalam bertukar pengetahuan serta berbagai pengalaman selama proses penyusunan skripsi.
9. Seluruh keluarga besar Fahutan 59 terutama Manajemen Hutan 59 yang senantiasa menemani dan memberikan ruang kebersamaan kepada penulis selama menempuh pendidikan sarjana.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

Perpustakaan IPB University



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat	4
2.2 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	4
2.3 Data	5
2.4 Pengolahan dan Analisis Data	6
III HASIL DAN PEMBAHASAN	28
3.1 Struktur Vegetasi Mangrove di Kepulauan Natuna	28
3.2 Struktur Vegetasi Mangrove Berdasarkan <i>Mangrove Health Index</i> di Kepulauan Natuna	30
3.3 Pemilihan Peubah Pohon Keputusan Terbaik	32
3.4 Pemilihan Optimasi Model Terbaik	37
3.5 Pemilihan Model Pohon Keputusan Terbaik	38
3.6 Klasifikasi Model	41
IV SIMPULAN DAN SARAN	45
4.1 Simpulan	45
4.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	52
RIWAYAT HIDUP	58



DAFTAR TABEL

1	Data utama dan pendukung penelitian	5
2	Karakteristik citra Sentinel- 2	6
3	Klasifikasi kelas kerapatan dan penutupan tajuk	9
4	Skema kelas tutupan lahan untuk klasifikasi kesehatan mangrove	12
5	Persamaan indeks vegetasi	18
6	Indeks nilai penting (INP) vegetasi mangrove tingkat pertumbuhan semai di Kepulauan Natuna	28
7	Indeks nilai penting (INP) vegetasi mangrove tingkat pertumbuhan pancang di Kepulauan Natuna	29
8	Indeks nilai penting (INP) vegetasi mangrove tingkat pertumbuhan pohon di Kepulauan Natuna	29
9	Nilai statistik parameter dan skor penyusun MHI pada setiap kelas kesehatan mangrove	30
10	Karakteristik struktur vegetasi mangrove berdasarkan kelas kesehatan	31
11	Seleksi peubah spektral	32
12	Seleksi peubah sosio-geo-biofisik	33
13	Seleksi peubah kombinasi spektral dan sosio-geo-biofisik	33
14	Optimasi parameter setiap skenario	37
15	Matriks konfusi model kesehatan mangrove berbasis peubah spektral (skenario I)	38
16	Matriks konfusi model kesehatan mangrove berbasis peubah sosio-geo-biofisik (skenario II)	39
17	Matriks konfusi model kesehatan mangrove dengan kombinasi peubah spektral dan sosio-geo- biofisik (skenario III)	40
18	Perbandingan performa model dari setiap skenario	40

DAFTAR GAMBAR

1	Lokasi Penelitian	4
2	Diagram alir penelitian	7
3	Sebaran area latih di lokasi penelitian	14
4	Peubah sosio-geo-biofisik: (a) jarak dari jalan, (b) jarak dari permukiman, (c) jarak dari sungai, (d) jarak dari garis pantai, (e) elevasi, (f) substrat	17
5	Indeks vegetasi: (a) NDVI, (b) CMRI, (c) EVI, (d) NDWI, (e) NDBI, (f) SAVI, (g) NDMI	22
6	Ilustrasi pohon keputusan menggunakan kombinasi terpilih	35
7	Keterbatasan hasil klasifikasi yang menunjukkan (a dan c) <i>noise</i> pada skenario I dan hasil klasifikasi (b dan d) <i>overfitting</i> pada skenario II	41
8	Hasil klasifikasi skenario III dengan kombinasi peubah spektral dan sosio-geo-biofisik	42
9	Perbandingan tampilan (a) citra komposit 11-8-4, (b) skenario I peubah spektral (c), skenario II peubah sosio-geo-biofisik, (d) skenario III kombinasi spektral dan sosio-geo-biofisik	43



- 10 Peta hasil klasifikasi terbaik (skenario III) : (a) Kondisi mangrove di Kecamatan Bunguran Timur, (b) Kondisi mangrove di Kecamatan Bunguran Barat 44

DAFTAR LAMPIRAN

- 1 Lampiran 1 Algoritma *decision tree* terbaik kombinasi III 53
2 Lampiran 2 Sebaran nilai *zonal statistics* seluruh peubah yang digunakan dalam penelitian 56