

PEMBANGUNAN ALGORITMA PEMBELAJARAN MESIN DALAM DETEKSI AGROFORESTRI KAKAO: Studi Kasus di Kabupaten Luwu Utara, Provinsi Sulawesi Selatan

RIVANTI SALMA NUR RAMADHANIA



**PROGRAM STUDI PASCASARJANA ILMU PENGELOLAAN HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis dengan judul “Pembangunan Algoritma Pembelajaran Mesin dalam Deteksi Agroforestri Kakao: Studi Kasus di Kabupaten Luwu Utara, Provinsi Sulawesi Selatan” 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 karya tulis ini.

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

Bogor, Januari 2025

Rivanti Salma Nur Ramadhania
E1501202018



RINGKASAN

RIVANTI SALMA NUR RAMADHANIA. Pembangunan Algoritma Pembelajaran Mesin dalam Deteksi Agroforestri Kakao: Studi Kasus di Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan. Dibimbing oleh I NENGAH SURATI JAYA dan MUHAMMAD BUCE SALEH.

Agroforestri merupakan sektor strategis dalam bisnis kehutanan yang mendukung kesejahteraan masyarakat. Produksi kakao di Indonesia lebih dari 90% berasal dari Pulau Sulawesi, namun data distribusi spasial kakao masih sulit diperoleh. Penelitian ini mengkaji penggunaan algoritma pohon keputusan dalam pembelajaran mesin untuk mendeteksi agroforestri kakao (CAF) dan perkebunan monokultur kakao (CNF) di Kabupaten Luwu Utara, Provinsi Sulawesi Selatan. Tujuan utama penelitian adalah mengidentifikasi algoritma pohon keputusan terbaik untuk mendeteksi agroforestri kakao dan perkebunan monokultur kakao.

Keterbatasan resolusi spasial menjadi salah satu pertimbangan dalam penelitian ini, yang mengeksplorasi kombinasi variabel dari: (1) Landsat 8 OLI, seperti NDVI, NRG, NBR, NDWI, MNDWI, dan VDI; serta (2) variabel sosio-geo-biofisik meliputi elevasi, kemiringan lereng, jarak dari permukiman, jarak dari sungai, dan penutup lahan berbasis interpretasi visual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel paling berpengaruh dalam mendeteksi CAF dan CNF adalah variabel dengan bobot signifikan berdasarkan analisis brute force, information gain, dan indeks Gini.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa deteksi tanaman kakao agroforestri dan monokultur dapat dilakukan secara efektif menggunakan algoritma pembelajaran mesin *decision tree* dengan tingkat akurasi keseluruhan sebesar 85,6%. Algoritma ini menghasilkan nilai PA (*Producer Accuracy*) dan UA (*User Accuracy*) untuk kelas tanaman kakao agroforestri masing-masing sebesar 75% dan 85%, serta untuk kelas kakao monokultur masing-masing sebesar 83% dan 81%. Algoritma terbaik dihasilkan dengan menggunakan parameter *information gain*, dikombinasikan dengan variabel spektral dan sosio-geo-biofisik, yaitu *visual-based land use land cover* (TL visual), NDVI, NDWI, NBR, VDI, jarak dari pemukiman, dan elevasi. Keberadaan pemukiman dan ketinggian memengaruhi lokasi keberadaan tanaman kakao. Sementara itu, atribut lain seperti MNDWI, NRG, kemiringan, dan sungai tidak memengaruhi hasil klasifikasi.

Kata Kunci: agroforestri kakao, algoritma pohon keputusan, indeks vegetasi, Landsat 8 OLI, pembelajaran mesin

SUMMARY

RIVANTI SALMA NUR RAMADHANIA. Developing Machine Learning Algorithm for Identifying Cocoa Agroforestry: A Case Study in North Luwu Regency, South Sulawesi Province. Supervised by I NENGGAH SURATI JAYA and MUHAMMAD BUCE SALEH.

In the forestry business, agroforestry is a strategic sector supporting people's welfare. Although more than 50% of Indonesia's cocoa production comes from Sulawesi Island, data on the spatial distribution of cocoa is complicated to obtain. This study describes using the decision tree of a machine learning algorithm for detecting cocoa agroforestry (CAF) and cocoa monoculture plantations (CNF) in North Luwu District, South Sulawesi Province. The primary objective was to identify the best decision tree algorithm for identifying cocoa agroforestry cocoa monoculture plantations.

For the spatial resolution limitation consideration, the study explores the combination of variables derived from (1) Landsat 8 OLI, such as NDVI, NRGI, NBR, NDWIG, MNDWIM, and VDMI and (2) socio-geo-biophysical variables such as elevation, slope, distance from settlements, distance from the river, and existing visual-interpretation-based land-use land cover).

This study concludes that the detection of agroforestry and monoculture cocoa plantations can be effectively achieved using a decision tree machine learning algorithm, with an overall accuracy rate of 85.6%. The algorithm produced a Producer Accuracy (PA) and User Accuracy (UA) of 75% and 85%, respectively, for the agroforestry cocoa class, and 83% and 81%, respectively, for the monoculture cocoa class. The optimal algorithm was achieved by employing the information gain parameter combined with spectral and socio-geo-biophysical variables, including visual-based land use/land cover (TL visual), NDVI, NDWIG, NBR, VDMI, distance from settlements, and elevation. The presence of settlements and elevation were significant factors influencing the location of cocoa plantations. Meanwhile, other attributes such as MNDWIM, NRGI, slope, and rivers did not significantly affect the classification results.

Keywords: cocoa agroforestry, decision tree algorithm, Landsat 8 OLI, machine learning, vegetation indices



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 2025
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.

**PEMBANGUNAN ALGORITMA PEMBELAJARAN MESIN
DALAM DETEKSI AGROFORESTRI KAKAO: Studi Kasus di
Kabupaten Luwu Utara, Provinsi Sulawesi Selatan**

RIVANTI SALMA NUR RAMADHANIA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Ilmu Pengelolaan Hutan

**PROGRAM STUDI PASCASARJANA ILMU PENGELOLAAN HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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 Tesis:

1. Dr. Dra. Nining Puspaningsih, M.Si



Judul Tesis : Pembangunan Algoritma Pembelajaran Mesin
dalam Deteksi Agroforestri Kakao: Studi Kasus di
Kabupaten Luwu Utara, Provinsi Sulawesi Selatan

Nama : Rivanti Salma Nur Ramadhania

NIM : E1501202018

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

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

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Muhammad Buce Saleh, M.S

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Hendrayanto, M.Agr.Sc
NIP 196111261986011001

Dekan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan:
Prof. Dr. Ir. Naresworo Nugroho, M.S
NIP 196501221989031002

Tanggal Ujian: 13 Januari 2025

Tanggal Lulus: 16 JAN 2025



- 

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya tulis yang berjudul “Pembangunan Algoritma Pembelajaran Mesin dalam Deteksi Agroforestri Kakao: Studi Kasus di Kabupaten Luwu Utara, Provinsi Sulawesi Selatan” ini dapat diselesaikan.

Proses penyusunan karya tulis ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua (Mama Eva dan Bapak Arief), suami (M. Raihan Rahmadayansya), kedua mertua (Mama Syafrida dan Ayah Mawardy), dan adik-adik (Ina, Ica, Iza, dan Maryam) yang saya sayangi dan cintai, yang selalu memberikan motivasi, dukungan, serta doa tiada henti.
2. Prof. Dr. Ir. I Nengah Surati Jaya, M.Agr, selaku ketua komisi pembimbing yang saya hormati, yang telah mencurahkan waktu, ilmu, dan perhatiannya untuk memberikan bimbingan, arahan, dan motivasinya dengan sabar kepada penulis, sejak S-1 hingga saat ini.
3. Prof. Dr. Ir. Muhammad Buce Saleh, M.S, selaku anggota komisi pembimbing yang saya hormati, yang telah mencurahkan waktu, ilmu, dan perhatiannya untuk memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis.
4. Penelitian TEEB Agrifood Indonesia yang telah memberikan saya kesempatan untuk bergabung dan menjadi sponsor saya dalam pengambilan data.
5. Segenap *stakeholders* Program Studi Ilmu Pengelolaan Hutan, khususnya Dr. Ir. Hendrayanto, M.Agr.Sc selaku Ketua Program Studi, yang telah memberikan waktu, arahan, serta ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
6. Keluarga besar Lab Remote Sensing dan GIS IPB, kepada Bapak Uus Saepul Mukarom, S.Hut, serta adik-adik yang telah membantu penulis dalam pengambilan dan pengolahan data.
7. M. Iqbal Firdaus, Yudha Kristanto, dan Agasta Adhiguna, sahabat-sahabat yang telah menemani dan kebersamai selama menempuh studi S-2 di IPB, dan dengan sabar mencurahkan waktu serta pemikirannya dalam membantu menyelesaikan penelitian dan karya tulis ini.
8. Sahabat-sahabat saya semasa studi S1 dan SMA yang hingga saat ini masih selalu mendukung, memberikan semangat, dan doa tiada henti.
9. Dr. Dra. Nining Puspaningsing, M.Si selaku penguji luar komisi, dan Dr. Tatang Tiryana, S.Hut, M.Sc selaku ketua ujian, yang telah memberikan ilmu, saran, dan masukan untuk melengkapi karya ilmiah penulis.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2025

Rivanti Salma Nur Ramadhania



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Kerangka Berpikir	4
II METODE	6
2.1 Waktu dan Tempat	6
2.2 Alat dan Bahan	6
2.3 Pengolahan dan Analisis Data	7
2.4 Prosedur Kerja	19
III HASIL DAN PEMBAHASAN	21
3.1 Pengaruh Seleksi Atribut terhadap Model	21
3.2 Parameter <i>Decision Tree</i> Terpilih	28
3.3 Hasil Uji Akurasi	28
3.4 Identifikasi Agroforestri Kakao dan Algoritma Terbaik	31
IV SIMPULAN DAN SARAN	33
4.1 Simpulan	33
4.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	38
RIWAYAT HIDUP	49



DAFTAR TABEL

1	Data utama dan pendukung	7
2	Skema klasifikasi penggunaan lahan	8
3	Jumlah <i>training area</i> menurut setiap kelas yang dianalisis	10
4	Indeks vegetasi yang digunakan dalam penelitian	12
5	Matriks konfusi	18
6	Akurasi kappa	18
7	Hasil nilai bobot dari setiap fitur pada kombinasi spektral	22
8	Hasil nilai bobot dari setiap fitur pada kombinasi sosio-geo-biofisik	23
9	Hasil nilai bobot dari setiap fitur pada kombinasi spektral dan sosio-geo-biofisik	24
10	Hasil nilai bobot dari setiap fitur pada kombinasi spektral, sosio-geo-biofisik, dan tutupan lahan visual	25
11	Parameter <i>decision tree</i> terpilih	28
12	Perbandingan hasil uji akurasi setiap kombinasi	28
13	Uji <i>overall accuracy</i> kombinasi spektral, sosio-geo-biofisik, dan tutupan lahan visual	30

DAFTAR GAMBAR

1	Bagan alir kerangka pemikiran	5
2	Peta lokasi kajian Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan	6
3	Pratinjau citra Landsat 8 OLI minim awan tahun 2020	7
4	Peta sebaran <i>training area</i>	11
5	Visualisasi indeks vegetasi (a) NDVI, (b) NBR, (c) NRGI, (d) MNDWIM, (e) NDWIG, (f) VDWI	13
6	Diagram alir penelitian	20
7	Sebaran nilai empat peubah terbaik , dengan perbandingan (a) TL visual dan NDVI, (b) TL visual dan NDWIG, (c) TL visual dengan MNDWIM, (d) NDVI dan NDWIG, (e) NDVI dan MNDWIM, dan (f) NDWIG dan MNDWIM	27
8	Peta sebaran tutupan lahan Kabupaten Luwu Utara tahun 2020	31
9	Peta sebaran agroforestri kakao Kabupaten Luwu Utara tahun 2020	32

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Algoritma pohon keputusan kombinasi spektral, sosio-geo-biofisik, dan tutupan lahan visual	38
2	Lampiran 2 Uji <i>overall accuracy</i> peubah spektral	46
3	Lampiran 3 Uji <i>overall accuracy</i> peubah sosio-geo-biofisik	47



4	Lampiran 4 Uji <i>overall accuracy</i> kombinasi spektral dan sosio-geo-biofisik	48
---	--	----