

PENGEMBANGAN ALGORITMA POHON KEPUTUSAN UNTUK DETEKSI AGROFORESTRI KOPI BERBASIS CITRA LANDSAT 8 DI KABUPATEN BANDUNG, JAWA BARAT

AGASTA ADHIGUNA



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

- 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 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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pengembangan Algoritma Pohon Keputusan untuk Deteksi Agroforestri Kopi Berbasis Citra Landsat 8 di Kabupaten Bandung, Jawa Barat” 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 tesis ini.

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

Bogor, Januari 2025

Agasta Adhiguna
E1501202019

- 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.



RINGKASAN

AGASTA ADHIGUNA. Pengembangan Algoritma Pohon Keputusan untuk Deteksi Agroforestri Kopi Berbasis Citra Landsat 8 di Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Dibimbing oleh I NENGAH SURATI JAYA dan NINING PUSPANINGSIH.

Pengembangan komoditas tanaman kopi di Kabupaten Bandung perlu perencanaan yang komprehensif dan spesifik komoditas agar dapat dimanfaatkan secara optimal. Akan tetapi, permasalahan yang dihadapi saat ini adalah ketidaktersediaan data sebaran spasial tanaman kopi baik yang ditanam dengan sistem agroforestri maupun monokultur. Data tabular tentang luas tanaman kopi yang dipublikasikan oleh instansi pusat masih terdapat perbedaan dengan data yang ditemukan pada instansi daerah. Data potensi komoditas kopi yang ada di Kabupaten Bandung masih tercampur dengan data komoditas lain. Oleh karena itu, guna mendukung perencanaan spasial pengelolaan kopi, maka diperlukan informasi spasial tanaman kopi. Pemetaan tanaman kopi dengan metode terestris membutuhkan waktu, tenaga, dan biaya yang besar, sementara pembaharuan lokasi dan luas tanaman kopi perlu dilakukan secara periodik. Oleh karena itu perlu mencari solusi berupa pengembangan metode pemetaan spasial tanaman kopi secara cepat, murah, dan tetap akurat.

Pemanfaatan teknologi terkini dengan pemetaan tutupan lahan berbasis citra satelit lebih mudah dilakukan karena data citra satelit resolusi sedang tersedia secara bebas, mudah diakses, dan kualitas baik. Salah satu metode semi otomatis yang dapat digunakan untuk mendeteksi tanaman kopi agroforestri dan monokultur adalah menggunakan pendekatan berbasis citra satelit dikombinasikan dengan kecerdasan buatan *machine learning*. *Decision tree of machine learning* adalah salah satu metode *machine learning* yang dapat diterapkan dalam analisis data dengan keunggulan mudah dipahami, praktis, sederhana, efisien, dan dapat diaplikasikan dalam berbagai platform pengolah data. Penelitian ini menggunakan integrasi berbagai peubah bio-geofisik dan peubah spektral berupa indeks vegetasi yang berpengaruh pada pola sebaran kopi di lokasi penelitian.

Latar belakang tersebut mendasari peneliti untuk mengembangkan algoritma pohon keputusan sebagai metode dalam mendeteksi agroforestri kopi dan monokultur kopi di Kabupaten Bandung. Penggunaan citra satelit Landsat 8-OLI, *training dataset*, *predictors*, dan algoritma *decision tree of machine learning* diharapkan dapat memberikan metode klasifikasi terbaik yang handal untuk digunakan dalam mendeteksi agroforestri kopi dan monokultur kopi pada penelitian ini. Tujuan utama penelitian adalah membangun algoritma berbasis *decision tree machine learning* menggunakan data biogeofisik dan data citra satelit Landsat 8.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup metode pengumpulan data, metode pra-pengolahan data, dan metode analisis data. Tahap pertama yang dilakukan adalah pengumpulan data menggunakan metode *purposive sampling*. Pengumpulan data di lapangan dengan menggunakan titik *geotagging* sebanyak 300 titik yang tersebar di Kecamatan Cimaung, Kecamatan Ciwidey, Kecamatan Ibum, Kecamatan Kertasari, Kecamatan Pangalengan, Kecamatan Paseh, dan Kecamatan Rancabali. Plot contoh untuk pengambilan data keseluruhan di lapangan sebanyak 60 plot contoh dari 300 titik yang sudah diambil. Plot contoh yang berjumlah 60

plot tersebar di 7 kecamatan yang berada di Kabupaten Bandung dan mewakili tutupan lahan agroforestri kopi dan monokultur kopi.

Tahap kedua merupakan pra-pengolahan data dilakukan untuk mempersiapkan data yang akan digunakan sebagai bahan dalam analisis. Pra-pengolahan data pada penelitian ini merupakan tahapan untuk mempersiapkan citra Landsat 8, membuat skema kelas tutupan lahan pada wilayah kajian, membuat *training area* untuk setiap tutupan lahan di wilayah kajian, dan membuat citra sintetis dari citra Landsat 8. Citra Landsat 8 akan dilakukan koreksi awan dengan metode algoritma *cloud masking quality assessment pixel*. Citra sintetis didapatkan dari operasi matematis dengan piksel pada kanal citra Landsat 8. Citra sintetis yang digunakan berupa indeks vegetasi, diantaranya: indeks *atmospherically resistant vegetation index*, *enhanced vegetation index*, *green atmospherically resistant index*, *modified normalized differencesd wetness index*, *green based*, *normalized red-green vegetation index*, dan *visible difference vegetation index*.

Analisis data dilakukan pada tahap ketiga penelitian dengan analisis pembelajaran mesin pohon keputusan dan uji akurasi. Pohon keputusan (*decision tree*) adalah salah satu metode klasifikasi yang menggunakan struktur pohon dengan simpul akar (*root node*), simpul cabang (*sub-tree*), dan simpul daun (*leaf node*). Analisis dilakukan dengan pemilihan optimasi *brute force* dan melihat tingkat pengaruh peubah terhadap keputusan melalui nilai *information gain*, *gini index* dan *gain ratio*. Analisis dilanjutkan dengan optimasi parameter model untuk mendapatkan klasifikasi dengan akurasi terbaik. Kriteria yang digunakan yaitu pohon keputusan, maximal depth, minimal leaf size, pruning, dan pre-pruning. Uji akurasi digunakan untuk menguji tingkat keberhasilan dalam mengklasifikasikan objek menggunakan metode pohon keputusan. Uji akurasi yang umum digunakan adalah akurasi *overall accuracy* dan *kappa accuracy*. Uji *overall accuracy* dan *kappa accuracy* menggunakan prinsip matrik konfusi sebagai pembandingan yang memuat data referensi dan data hasil klasifikasi.

Hasil penelitian ini adalah pengembangan algoritma pohon keputusan untuk mendeteksi agroforestri kopi dan perkebunan monokultur dapat dilakukan dengan kombinasi terbaik yang dipilih, yaitu kombinasi spektral-biogeofisik-tutupan lahan. Variabel kombinasi spektral-biogeofisik-tutupan lahan memiliki akurasi keseluruhan dan akurasi kappa masing-masing sebesar 84,65% dan 82,60%. *Information gain* merupakan kriteria yang dipilih untuk mendeteksi penanaman kopi dan variabel tutupan lahan (PL Vis) berfungsi sebagai simpul akar dalam pohon keputusan. Variabel yang paling berpengaruh dalam model secara berurutan adalah tutupan lahan *atmospherically resistant vegetation index*, *enhanced vegetation index*, *green atmospherically resistant index*, *modified normalized differencesd wetness index*, *green based*, *normalized red-green vegetation index*, dan *visible difference vegetation index*, ketinggian, kemiringan, kedekatan jalan, dan kedekatan sungai, Peta sebaran spasial tanaman kopi menunjukkan agroforestri kopi sering ditemukan berdekatan dengan hutan alam dan hutan tanaman pada ketinggian yang semakin tinggi. Di sisi lain, monokultur kopi tersebar dekat dengan lahan yang dibudidayakan oleh masyarakat.

Kata kunci: agroforestri kopi, Landsat 8, monokultur kopi, pembelajaran mesin, pohon keputusan



SUMMARY

AGASTA ADHIGUNA. Developing Decision Tree Algorithm for Detecting Agroforestry Coffee based on Landsat 8 Imagery in Bandung Regency, West Java. Supervised by I NENGAH SURATI JAYA and NINING PUSPANINGSIH.

The development of coffee commodities in Bandung Regency needs comprehensive and commodity-specific planning to be optimally leveraged. Current problem is the unavailability of data on the spatial distribution of coffee plantations, both those grown under agroforestry and monoculture systems. Tabular data on the area of coffee plants published by central agencies have differences with data found in regional agencies. Data on the potential of coffee commodities in Bandung Regency is still mixed with data on other commodities. Therefore, in order to support spatial planning of coffee management, spatial information on coffee plantations is required. Mapping coffee plantations using terrestrial methods requires a lot of time, energy, and money, while updating the location and area of coffee plants needs to be done periodically. Therefore, it is necessary to find a solution in the form of developing a spatial mapping method for coffee plantations that is fast, cheap, and still accurate.

Utilizing the latest technology with satellite image-based land cover mapping is easier to do because medium-resolution satellite imagery data is freely available, easily accessible, and good quality. One of semi-automated method that can be used to detect agroforestry and monoculture coffee plantations is using a satellite image-based approach combined with artificial intelligence machine learning. Decision tree of machine learning is one of the machine learning methods that can be applied in data analysis with the advantages of being easy to understand, practical, simple, efficient, and can be applied in various data processing platforms. This research uses the integration of various bio-geophysical variables and spectral variables in the form of vegetation indices that affect the distribution pattern of coffee in the research location.

Background state underlies the researcher to develop a decision tree algorithm as a method for detecting coffee agroforestry and coffee monoculture in Bandung Regency. The use of Landsat 8-OLI satellite images, training dataset, predictors, and decision tree algorithm of machine learning is expected to provide the best classification method that is reliable to be used for detecting coffee agroforestry and coffee monoculture in this study. The main objective of the research is to build a decision tree machine learning-based algorithm using bio-geophysical data and Landsat 8 satellite imagery data.

The methods used in this research include data collection methods, data pre-processing methods, and data analysis methods. The first stage is data collection using purposive sampling method. Data collection in the field using geotagging points as many as 300 points spread across Cimaung District, Ciwidey District, Ibun District, Kertasari District, Pangalengan District, Paseh District, and Rancabali District. Sample plots for whole data collection in the field were 60 sample plots from 300 points that had been taken. The 60 sample plots were spread across 7 districts in Bandung Regency and represented coffee agroforestry and coffee monoculture land cover.

The second stage of data pre-processing is carried out to prepare the data that will be used as material in the analysis. Data pre-processing in this research is a stage to prepare the Landsat 8 image, create a land cover class scheme in the study area, create a training area for each land cover in the study area, and create a synthetic image

from the Landsat 8 imagery. The Landsat 8 imagery will be cloud corrected using the quality assessment pixel algorithm method. The synthetic imagery is obtained from mathematical operations with pixels in the Landsat 8 imagery channel. The synthetic imagery used is in the form of vegetation indices, including: atmospherically resistant vegetation index, enhanced vegetation index, green atmospherically resistant index, modified normalized differences wetness index, green based, normalized red-green vegetation index, and visible difference vegetation index.

Data analysis was carried out in the third stage of the research by analyzing decision tree machine learning and accuracy testing. A decision tree is a classification method that uses a tree structure with a root node, sub-tree, and leaf nodes. The analysis is carried out by selecting brute force optimization and looking at the level of influence of variables on decisions through the value of information gain, gini index and gain ratio. The analysis continued with optimization of model parameters to get the classification with the best accuracy. The criteria used are decision tree, maximal depth, minimum leaf size, pruning, and pre-pruning. The accuracy test is used to test the success rate in classifying objects using the decision tree method. Commonly used accuracy tests are overall accuracy and kappa accuracy. The overall accuracy and kappa accuracy tests use the principle of confusion matrices as a comparison that contains reference data and classification result data.

The result of this research is the development of a decision tree algorithm to detect coffee agroforestry and monoculture plantations can be done with the best combination chosen, namely the combination of spectral-biogeophysical-land cover. The spectral-biogeophysical-land cover combination variable has an overall accuracy and kappa accuracy of 84.65% and 82.60%, respectively. Information gain is the criterion chosen to detect coffee planting and the land cover variable (PL Vis) serves as the root node in the decision tree. The most influential variables in the model in order are land cover atmospherically resistant vegetation index, enhanced vegetation index, green atmospherically resistant index, modified normalized differences wetness index, green based, normalized red-green vegetation index, and visible difference vegetation index, altitude, slope, road proximity, and river proximity. The spatial distribution map of coffee plants shows that coffee agroforestry often found close to natural and plantation forests at increasingly higher elevations. In the other hand, coffee monoculture is spread close to community-cultivated land.

Keywords: *coffee agroforestry, coffee monoculture, decision tree, Landsat 8, machine learning*



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 2025¹
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 POHON KEPUTUSAN UNTUK DETEKSI AGROFORESTRI KOPI BERBASIS CITRA LANDSAT 8 DI KABUPATEN BANDUNG, JAWA BARAT

AGASTA ADHIGUNA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister 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.



Judul Tesis : Pengembangan Algoritma Pohon Keputusan untuk Deteksi Agroforestri Kopi Berbasis Citra Landsat 8 di Kabupaten Bandung, Jawa Barat

Nama : Agasta Adhiguna

NIM : E1501202019

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.

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. I Nengah Surati Jaya, M.Agr

Pembimbing 2:

Dr. Dra. Nining Puspaningsih, M.Si

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: 14 Januari 2025

Tanggal Lulus: 17 JAN 2025



- 

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah atas segala karunia-Nya, sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian yang telah dilaksanakan sejak Juni 2023 hingga Juli 2024 bertema *Desicion Tree Machine Learning* dan Penginderaan Jauh dengan judul yang dipilih oleh penulis ialah “Pengembangan Algoritma Pohon Keputusan untuk Deteksi Agroforestri Kopi Berbasis Citra Landsat 8 di Kabupaten Bandung Jawa Barat”. Karya ilmiah ini disusun dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Sains di Program Studi Ilmu Pengelolaan Hutan Institut Pertanian Bogor (IPB) University.

Penulis memperoleh bantuan dari banyak pihak dalam penyelesaian karya ilmiah ini, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. I Nengah Surati Jaya, M. Agr dan Ibu Dr. Dra. Nining Puspaningsih, M.Si selaku komisi pembimbing yang telah banyak membimbing dan memberikan saran kepada penulis.
2. Moderator seminar dan penguji luar komisi pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan kemudahan.
3. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Agriculture and Food Initiative in Indonesia* (TEEB Agrifood Indonesia) *project* yang merupakan kerja sama antara IPB University dengan *the United Nations Environment Program* (UNEP) dan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) yang telah memberi izin penelitian serta dukungan melalui penyediaan pendanaan dan kerangka kerja.
4. Bapak Uus Saepul Mukarom, S.Hut beserta teman-teman Laboratorium *Remote Sensing* dan GIS IPB yang telah membantu selama pengolahan data dan komputasi.
5. Teman-teman sejawat penulis Yudha Kristanto, Fahri Suryandika, Fitrianto, Iqbal Firdaus, Rivanti, Made, Jawi, Figo, dan Ricky Ferdinan yang telah memberikan dukungan, bantuan dan masukan kepada penulis.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada istri tercinta Mesi Octavia Damayanti, ayah, ibu, adik, serta seluruh keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan.

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

Bogor, Januari 2025

Agasta Adhiguna



- 



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
II METODE	5
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	5
2.2 Alat dan Data	5
2.3 Prosedur Kerja	6
2.4 Analisis Data	14
III HASIL DAN PEMBAHASAN	19
3.1 Pemilihan Peubah dan Model Terbaik	19
3.2 Optimasi Parameter Model	24
3.3 Uji Akurasi Model Klasifikasi	25
3.4 Sebaran Spasial Tanaman Kopi dengan Model Terbaik	28
IV SIMPULAN DAN SARAN	36
4.1 Simpulan	36
4.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	42
RIWAYAT HIDUP	48



DAFTAR TABEL

1	Karakteristik band citra satelit Landsat 8	6
2	Monogram kelas tutupan lahan	8
3	Indeks vegetasi dan operasi matematis	13
4	Matriks konfusi	17
5	Bobot setiap peubah untuk kombinasi bio-geofisik	19
6	Bobot setiap peubah untuk kombinasi spektral	20
7	Bobot setiap peubah untuk kombinasi spektral-biogeofisik	21
8	Bobot setiap peubah kombinasi spektral-biogeofisik-tutupan lahan	22
9	Optimasi parameter model algoritma pohon keputusan terbaik	24
10	Perbandingan performa model dan peubah terpilih	25
11	Matrik konfusi hasil klasifikasi tutupan lahan dengan algoritma <i>decision tree</i> terbaik	32
12	Perbandingan visualisasi agroforestri kopi	34
13	Perbandingan visualisasi monokultur kopi	35

DAFTAR GAMBAR

1	Bagan alir kerangka pemikiran	4
2	Peta lokasi penelitian di Kabupaten Bandung, Jawa Barat	5
3	Pratinjau citra Landsat 8 perekaman tahun 2022 bebas awan	7
4	Skema kelas tutupan lahan	7
5	Pratinjau indeks vegetasi yang digunakan	12
6	Contoh struktur aturan pohon keputusan.	15
7	Bagan alir penelitian	18
8	Diagram pencar nilai spektral tutupan lahan	23
9	Contoh aturan <i>decision tree</i> dari sebagian algoritma terbaik	27
10	Peta klasifikasi tutupan lahan hasil pengembangan algoritma <i>decision tree</i>	29
11	Luas tutupan lahan hasil klasifikasi algoritma pohon keputusan terbaik	30
12	Peta sebaran spasial agroforestri dan monokultur kopi di Kabupaten Bandung	31

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Model pohon keputusan terbaik	43
---	--	----