



DINAMIKA SPATIO-TEMPORAL AGROFORESTRI KAKAO : Studi Kasus Luwu Utara, Sulawesi Selatan

MUHAMMAD IQBAL FIRDAUS



**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 tesis dengan judul “Dinamika Spatio-Temporal Agroforestri Kakao : Studi Kasus Luwu Utara, 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 tesis ini.

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

Bogor, Januari 2025

Muhammad Iqbal Firdaus
E1501202016

- 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

MUHAMMAD IQBAL FIRDAUS. Dinamika Spatio-Temporal Agroforestri Kakao: Studi Kasus Luwu Utara, Sulawesi Selatan. Dibimbing oleh I NENGGAH SURATI JAYA dan MUHAMMAD BUCE SALEH.

Konsep pengelolaan lanskap hutan multifungsi di Indonesia telah diinternalisasi melalui kebijakan Multi-usaha Kehutanan yang mana telah membuka peluang berbagai macam pemanfaatan kawasan hutan. Salah satu bentuk pemanfaatan kawasan yang potensial adalah pengembangan agroforestri pada wilayah Kabupaten Luwu Utara dengan kakao sebagai komoditas utamanya. Perencanaan pengembangan kakao agroforestri memerlukan informasi dinamika penggunaan lahan yang bersifat eksplisit spasial dan spesifik komoditas. Dalam konteks perencanaan pengembangan kakao agroforestri, informasi mengenai dinamika penggunaan lahan mutlak diperlukan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan oleh pembuat kebijakan. Informasi tersebut dapat diperoleh dengan mengintegrasikan data-data penginderaan jauh dan pendekatan sistem informasi geografis. Walaupun studi pemodelan dinamika penggunaan lahan telah banyak dilakukan, studi yang memiliki fokus spesifik pada tingkat komoditas kakao masih relatif terbatas dan perlu diperkaya.

Kajian ini bertujuan untuk membangun model spasial dinamis penggunaan lahan di Kabupaten Luwu Utara guna mengidentifikasi dinamika kelas kakao agroforestri pada tahun 2050. Stratifikasi wilayah dengan pendekatan Ward AHC dilakukan pada tahap awal analisis guna menyederhanakan variabilitas karakteristik biofisik pada wilayah kajian yang luas. Selanjutnya, informasi penggunaan lahan diperoleh berdasarkan berdasarkan algoritma klasifikasi pembelajaran mesin pada tahun 1990, 2005, dan 2020. Kajian ini kemudian mengintegrasikan model ANN-MLP dan faktor-faktor biofisik serta antropogenik yang berpengaruh terhadap dinamika kelas kakao agroforestri dan monokultur guna menduga potensi perubahan kedua kelas di masa yang akan datang. Prediksi sebaran spasial kelas kakao agroforestri dan monokultur selanjutnya dilakukan hingga tahun 2050 dengan interval waktu lima tahun.

Hasil identifikasi sebaran spasial penggunaan lahan historis pada tahun 1990 – 2020 menunjukkan dominansi kelas kakao agroforestri dan monokultur pada wilayah tipologi 1 dan 3. Wilayah tersebut memiliki karakteristik biofisik yang sesuai dengan syarat tumbuh kakao sehingga menjadi preferensi utama petani. Namun demikian, tren menunjukkan kecenderungan migrasi kelas kakao agroforestri menuju wilayah dengan elevasi yang lebih tinggi, sementara kakao monokultur dilaporkan lebih resisten terhadap tekanan persaingan penggunaan lahan di wilayah berelevasi rendah. Hasil simulasi pada tahun 2050 menunjukkan bahwa wilayah yang dikategorikan sebagai kelas Vegetasi Sedang-Tinggi mengalami tren perubahan luas yang signifikan menjadi Kakao Agroforestri karena persaingan penggunaan lahan yang ketat pada wilayah tipologi 1 dan 3. Total luas kelas agroforestri kakao berfluktuasi namun cenderung berkurang dari 56.422 ha pada tahun 2025 menjadi 55.523 ha pada tahun 2050. Informasi yang diperoleh dari pemodelan dinamika penggunaan lahan dapat dijadikan sebagai bukti empiris dalam perencanaan penggunaan ruang yang menunjang aspek pemanfaatan multifungsi hutan di tingkat regional.

Kata kunci: Artificial Neural Network, Dinamika Spatio-Temporal, Kakao Agroforestri, Landsat, Markov Cellular Automata.

SUMMARY

MUHAMMAD IQBAL FIRDAUS. Spatio-Temporal Dynamics of Cacao Agroforestry. Supervised by I NENGAH SURATI JAYA and MUHAMMAD BUCE SALEH.

The concept of multi-function forest landscape management has been internalized in Indonesia through Multi-Forestry Bussiness policy, which allows several options of state forest area utilization to be implemented. One potential form of state forest area utilization is the development of agroforestri in North Luwu Regency with cacao as its main commodity. However, the cacao agroforestri development planning requires spatially explicit and commodity-specific information regarding land use dynamics. In this context, the information of land use dynamics is considered fundamental as a basis of decision-making by the policy-maker. Through integrating remote sensing data and geographic information system approaches, the information of land use dynamics can be derived. Despite the land use dynamics has been widely studied, there is a relative scarcity of studies focusing on cacao at commodity level, highlighting an opportunity for further research.

This study aims to the develop the spatial land-use dynamic model, focusing on cacao agroforestri, to identify the potential areas for its development in 2050. Land stratification based on Ward AHC will be employed on the early stage of analysis to reduce the variabilities of biophysical characteristics in a large study area. Subsequently, the information of historical land use distribution is derived by the use of machine learning algorithm in 1990, 2005, and 2020. This study then integrates ANN-MLP model and both biophysical and anthropogenic factors which drive the cacao land use dynamics to estimate the transition potentials in the future. The simulation of cacao agroforestri and monoculture dynamics will be carried out to predict the distribution in 2050 with a 5-years interval.

The result of historical land use classification from 1990 to 2020 exhibits the dominance of cacao agroforestri and monoculture on areas classified as typology 1 and 3. These areas feature suitable biophysical characteristics for cacao; hence, become the main preferences for the farmers. However, overall trends show the tendency of cacao agroforestri migrating to higher elevation areas, while cacao monoculture is reported to be more resistant to the pressure of land use competition in lower elevation areas. The results of simulation in 2050 aligns with historical trajectories of change which depicts the significant portions of Medium-High Vegetation class being altered to cacao agroforestri. This the mainly caused by the pressure of other competing land uses which push cacao agroforestri towards higher elevation areas. The total area of cacao agroforestri is expected to slightly decrease from 56.422 ha in 2025 to 55.523 in 2050. These results provide critical spatio-temporal insights into cacao land use, informing local authorities for sustainable landscape management.

Keywords: Artificial Neural Network, Cacao Agroforestry, Landsat, Markov Cellular Automata, Spatio-temporal Dynamics



@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.

© 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.

DINAMIKA SPATIO-TEMPORAL AGROFORESTRI KAKAO : Studi Kasus Luwu Utara, Sulawesi Selatan

MUHAMMAD IQBAL FIRDAUS

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 : Dinamika Spatio-Temporal Agroforestri Kakao: Studi Kasus
Luwu Utara, Sulawesi Selatan
Nama : Muhammad Iqbal Firdaus
NIM : E1501202016

Disetujui oleh

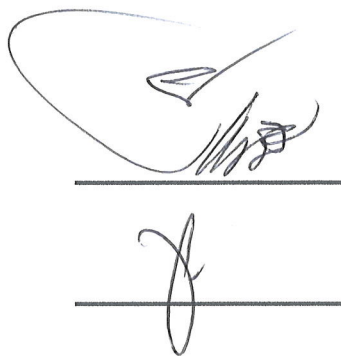
Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. I Nengah Surati Jaya, M.Agr

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 ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Oktober 2021 sampai bulan Juni 2024 ini ialah pemodelan spasial dinamis perubahan penggunaan lahan, dengan judul “Dinamika Spatio-Temporal Agroforestri Kakao: Studi Kasus Luwu Utara, Sulawesi Selatan”.

Karya ilmiah ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar master pada Program Studi Pengelolaan Hutan Pascasarjana IPB. Sebagian dari tesis ini juga dipublikasikan secara ilmiah dalam jurnal ilmiah internasional yang bereputasi yang ditulis bersama-sama dengan komisi pembimbing.

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

1. Ayahanda Suratman dan Ibunda Sumarti yang memberikan dukungan moril dan doa yang tulus
2. Istri yang tercinta, Aulia Ranti yang memberikan kasih sayang dan kesabaran selama menjalani masa studi.
3. Prof. Dr. Ir. I Nengah Surati Jaya, M.Agr selaku ketua komisi pembimbing yang telah mencurahkan ilmu, masukan, waktu, dan perhatiannya kepada penulis semenjak menempuh studi S1 hingga saat ini. Semoga bapak dikaruniai kebahagiaan dan kesehatan.
4. Prof. Dr. Ir. Muhammad Buce Saleh, M.S. selaku anggota komisi pembimbing yang telah mencurahkan ilmu, masukan, waktu, dan perhatiannya kepada penulis. Semoga bapak dikaruniai kesehatan dan umur panjang.
5. Prof. Dr. Ir. Nunung Nuryartono, M.Si selaku ketua TEEB-Agrifood Indonesia yang telah memberikan kontribusi finansial pada riset ini.
6. Dr. Ir. Hendrayanto, M.Agr.Sc selaku Ketua Program Studi Ilmu Pengelolaan Hutan yang telah memberikan dukungan moril dan dedikasinya. Semoga bapak selalu diberikan kesehatan dan kebahagiaan.
7. Sahabat-sahabat penulis Yudha Kristanto, Rivanti Salma NR dan Agasta Adhiguna yang telah mencurahkan pemikiran, perhatian, dan kesediaannya untuk selalu mendengarkan curahan hati. Semoga kelulusan tidak menjadi akhir dari persahabatan.
8. Segenap keluarga Laboratorium Remote Sensing dan GIS Departemen Manajemen Hutan
9. Dr. Ir. Muhdin, M.Sc.F.Trop dan Dr. Dra. Nining Puspaningsih, M.Si selaku pimpinan sidang dan penguji luar komisi yang telah memberikan masukan berharga dalam penyusunan karya ilmiah ini

Semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan atas jasa dan kebaikan yang telah para pihak berikan. Penulis berharap karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2025

Muhammad Iqbal Firdaus



@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.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	4
2.2 Data	5
2.3 Perangkat Keras dan Lunak	5
2.4 Pengolahan dan Analisis data	6
III HASIL DAN PEMBAHASAN	15
3.1 Tipologi Spasial	15
3.2 Sebaran Spasial Penggunaan Lahan dan Tren Perubahan Historis	16
3.3 Pemodelan Potensi Transisi	21
3.4 Simulasi Sebaran Spasial Kakao pada Masa Depan	25
IV SIMPULAN DAN SARAN	31
4.1 Simpulan	31
4.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	38
RIWAYAT HIDUP	45

DAFTAR TABEL

1	Data utama yang digunakan dalam kajian	5
2	Koefisien <i>intercept</i> dan <i>slope</i> dari setiap persamaan regresi	6
3	Parameter model pohon keputusan terpilih	9
4	Skema kelas penggunaan lahan yang digunakan	9
5	Kemungkinan perubahan penggunaan lahan yang dianalisis dan keterangan arah perubahan	10
6	Peubah pendorong perubahan penggunaan lahan di Kab. Luwu Utara	11
7	Statistik rata-rata (persen) dan luas per tipologi (hektar)	16
8	Parameterisasi model ANN-MLP	21
9	Pemeringkatan setiap peubah berdasarkan pengaruhnya terhadap model ANN-MLP	25

DAFTAR GAMBAR

1	Peta lokasi kajian di Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan	4
2	Pratinjau citra terkoreksi (a) Landsat 8 tahun 2020, (b) Landsat 7 tahun 2005 dan (c) Landsat 4 tahun 1990	7
3	Struktur dasar model ANN (Li dan Yeh 2002)	12
4	Ilustrasi model <i>Cellular Automata</i> (Yang <i>et al.</i> 2016a)	13
5	Bagan alir kajian	14
6	Hasil analisis (a) tipologi spasial wilayah Kabupaten Luwu Utara, (b) tumpang-susun dengan kawasan hutan dan (c) hutan tahun 2020	16
7	Tren retrospektif perubahan luas kakao agroforestri, kakao monokultur dan kelas penggunaan lahan lainnya	17
8	Peta penggunaan Kabupaten Luwu Utara tahun (a) 2020, (b) 2005, dan (c) 1990	19
9	Sebaran luas kakao (ha) pada setiap tipologi	20
10	Penambahan dan pengurangan yang dialami oleh kelas kakao monokultur (a) dan agroforestri (b)	20
11	Kurva ROC rata-rata yang menunjukkan nilai AUC sebesar 0,76	22
12	Potensi transisi perubahan penggunaan lahan berdasarkan algoritma ANN-MLP	23
13	Dinamika penggunaan lahan historis (a) kakao agroforestri dan (b) kakao monokultur terhadap kelas elevasi	24
14	Prediksi tren dinamika kelas kakao agroforestri dan kakao monokultur (a) tipologi 1, (b) tipologi 2, (c) tipologi 3, dan (d) keseluruhan	28
15	Prediksi sebaran spasial kelas Kakao Agroforestri dan Kakao Monokultur	30

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Dokumentasi lapang kelas kakao agroforestri dan kakao monokultur	39
2	Lampiran 2 Pratinjau peubah pendorong perubahan penggunaan lahan yang telah di- <i>rescale</i> menjadi data 8-bit	40
3	Lampiran 3 Rekapitulasi nilai parameter dan performa model ANN-MLP	41
4	Lampiran 4 Matriks probabilitas transisi dan luas transisi pada tahun 2050	42
5	Lampiran 5 Prediksi luas (ha) berbagai kelas penggunaan lahan per tipologi	43