

TESIS

**MODEL SENSITIVITAS EKOLOGI SEBAGAI DASAR PENENTUAN
NILAI EKONOMI STOK KARBON DI KAWASAN HUTAN DENGAN
TUJUAN KHUSUS (KHDTK) ULM**

ADITYA RAMADHAN



**PRODI STUDI MAGISTER ILMU KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
2026**

TESIS

**MODEL SENSITIVITAS EKOLOGI SEBAGAI DASAR PENENTUAN
NILAI EKONOMI STOK KARBON DI KAWASAN HUTAN DENGAN
TUJUAN KHUSUS (KHDTK) ULM**

**ADITYA RAMADHAN
2420626310004**

Tesis

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister pada
Program Studi Magister Kehutanan

**PRODI STUDI MAGISTER ILMU KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
2026**

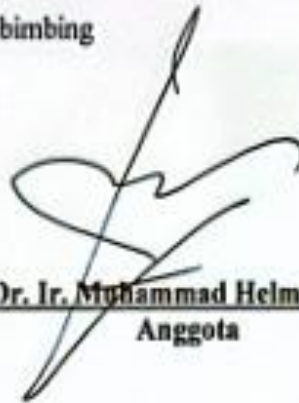
Judul Tesis : Model Sensitivitas Ekologi Sebagai Dasar
Penentuan Nilai Ekonomi Stok Karbon di
Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus
(KHDTK) ULM
Nama : Aditya Ramadhan
NIM : 2420626310004

Disetujui

Komisi Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Ahmad Jauhari, M.P.
Ketua



Dr. Ir. Muhammad Helmi, M.M
Anggota

Diketahui

Koordinator Program Studi
Magister Kehutanan



Dr.Hj. Arfa Agustina Rezekiah, S.Hut., M.P.

Dekan Fakultas Kehutanan
Universitas Lambung Mangkurat



Dr. H. Kissinger, S.Hut., M.Si.

Tanggal Lulus :

Tanggal Yudisium :

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, didalam Naskah TESIS ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademis di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah tesis ini dapat di buktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia TESIS ini di gugurkan dan gelar Akademik yang telah saya peroleh (MAGISTER) dibatalkan, serta di proses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Banjarbaru, Juli 2026

Mahasiswa,



Nama : Aditya Ramadhan

NIM : 2420626310004

Program Studi : Magister Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRAK

ADITYA RAMADHAN. 2026. “Model Sensitivitas Ekologi Sebagai Dasar Penentuan Nilai Ekonomi Stok Karbon di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) ULM”. Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Ahmad Jauhari, M.P dan Dr. Ir. Muhammad Helmi, M.M.

Kata Kunci: Kelas Sensitivitas Ekologi, Stok Karbon, Kegagalan Pasar dan Ketidakseimbangan Informasi, Nilai Ekonomi

Hutan yang berfungsi menyimpan dan menyerap karbon menghasilkan eksternalitas positif, namun nilai jasa lingkungan tersebut tidak tercermin dalam harga pasar akibat kegagalan pasar (market failure) yang muncul karena ketidakseimbangan informasi (asymmetric information) mengenai kualitas dan risiko stok karbon. Penelitian ini bertujuan menghasilkan model sensitivitas ekologi dan mengestimasi nilai ekonomi stok karbon di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) ULM Blok Mandiangin. Metode penelitian menggunakan skoring dan pembobotan (weighted overlay) terhadap tujuh parameter, yaitu curah hujan, Land Surface Temperature (LST), Normalized Difference Moisture Index (NDMI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), serta jaringan jalan (cabang, sub cabang, setapak). Penentuan titik sampel menggunakan stratified sampling dan purposive sampling dengan ukuran plot 20 m × 20 m berjumlah 80 titik sampel untuk pengukuran biomassa tegakan, tumbuhan bawah, semai, dan seresah. Hasil penelitian menunjukkan model sensitivitas ekologi terbagi menjadi lima kelas dengan luasan berkisar 1,82–257,21 ha. Dari 49 sampel yang digunakan, dibangun model regresi linier ($22279x - 7793,6$) dengan R^2 0,801 dan RMSE 1.500,69 kg/pixel. Model tersebut menunjukkan peningkatan stok karbon KHDTK ULM sebesar 17.081,300 ton CO₂e antara tahun 2024 dan 2025, dengan total valuasi ekonomi mencapai Rp4.727.706.199,72 berdasarkan harga per kelas sensitivitas ekologi.

ABSTRACT

ADITYA RAMADHAN. 2026. "Ecological Sensitivity Model as a Basis for Determining the Economic Value of Carbon Stock in the Special Purpose Forest Area (KHDTK) of Universitas Lambung Mangkurat". Supervised by Prof. Dr. Ir. Ahmad Jauhari, M.P and Dr. Ir. Muhammad Helmi, M.M.

Keywords: Ecological Sensitivity Class, Carbon Stock, Market Failure and Asymmetric Information, Economic Value

Forests that store and sequester carbon generate positive externalities. However, the value of this environmental service is often not fully reflected in market prices due to market failures caused by asymmetric information regarding the quality and risk of carbon stocks. This study aims to develop an ecological sensitivity model and estimate the economic value of carbon stocks in the Special Purpose Forest Area (KHDTK) of Universitas Lambung Mangkurat (ULM), Mandiangan Block. The research employed a scoring and weighting approach (weighted overlay) across seven parameters: rainfall, Land Surface Temperature (LST), Normalized Difference Moisture Index (NDMI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), and road networks (branch, sub-branch, and footpath). Sampling points were determined using stratified and purposive sampling, comprising 80 sample points measured within 20 m × 20 m plots for stand, understory, seedling, and litter biomass. The results indicate that the ecological sensitivity model is classified into five classes, with areas ranging from 1.82 to 257.21 ha. Using 49 samples, a linear regression model of ($y = 22279x - 7793.6$) was developed, yielding an R^2 of 0.801 and an RMSE of 1,500.69 kg/pixel. This model demonstrates an increase in carbon stock within the KHDTK ULM of 17,081,300 tons of CO_{2e} between 2024 and 2025, with a total economic valuation of Rp4.727.706.199,72 based on carbon prices differentiated by ecological sensitivity class.

RINGKASAN

Aditya Ramadhan. 2026. “Model Sensitivitas Ekologi Sebagai Dasar Penentuan Nilai Ekonomi Stok Karbon di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) ULM”. Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Ahmad Jauhari, M.P dan Dr. Ir. Muhammad Helmi, M.M. Penelitian ini bertujuan untuk Mengembangkan Model Biomassa Berdasarkan Nilai NDVI dan Citra Sentinel-2 di KHDTK ULM dan Data Lapangan. Selain itu, Mengestimasi Serapan Karbon Hutan di KHDTK ULM.

Penelitian ini berfokus pada estimasi nilai ekonomi stok karbon berbasis sensitivitas ekologi di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) ULM Blok Mandiangin, Kalimantan Selatan. Pendekatan penelitian menggunakan metode skoring dan pembobotan (weighted overlay) terhadap parameter curah hujan, Land Surface Temperature (LST), Normalized Difference Moisture Index (NDMI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), dan jaringan jalan, yang diintegrasikan dengan pengukuran biomassa lapangan serta analisis citra Sentinel-2. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh menghasilkan pemetaan kelas sensitivitas ekologi secara presisi di seluruh kawasan seluas 644 hektare. Data empiris yang dihasilkan menjadi dasar penentuan harga stok karbon secara diferensial guna mendukung mekanisme perdagangan karbon yang lebih adil, akurat, dan transparan.

Tujuan penelitian mencakup penyusunan model sensitivitas ekologi berdasarkan parameter biofisik dan aksesibilitas jalan, estimasi stok karbon melalui pengukuran biomassa vegetasi, serta konversi stok karbon menjadi nilai ekonomi (CO₂e) dengan dasar penentuan dari kelas sensitivitas ekologi yang dihasilkan. Kerangka analisis mengintegrasikan aspek ekologi, penginderaan jauh, dan ekonomi lingkungan sebagai dasar penetapan harga karbon yang berkeadilan. Hasil analisis diarahkan untuk memperkuat mekanisme valuasi karbon yang mampu mengatasi kegagalan pasar akibat ketidakseimbangan informasi (asymmetric information).

Model sensitivitas ekologi yang dihasilkan terbagi menjadi lima kelas dengan luasan masing-masing sangat tidak sensitif 8,82 ha, tidak sensitif 257,21 ha, sedang 219,21 ha, sensitif 157,11 ha, dan sangat sensitif 1,82 ha, dengan kelas tidak sensitif mendominasi kawasan yang dicirikan oleh tutupan vegetasi rapat dan jarak jauh dari jaringan jalan. Persamaan regresi linier antara biomassa lapangan dan NDVI ($22279x - 7793,6$) dengan R^2 sebesar 0,801 dan RMSE 1.500,69 terbukti layak digunakan untuk mengestimasi cadangan karbon di seluruh Blok Mandiangin. Berdasarkan selisih cadangan karbon citra Sentinel-2 tahun 2024 dan 2025, tercatat peningkatan stok karbon (net carbon stock) sebesar 17.081,300 ton CO₂e dengan total valuasi ekonomi mencapai Rp4.727.706.199,72, di mana kontribusi terbesar berasal dari kelas tidak sensitif (Rp2.918.319.232,41 atau 61,73%) dan terkecil dari kelas sangat sensitif (Rp2.904.397,49 atau 0,06%).

Pendekatan penetapan harga berbasis kelas sensitivitas ekologi ini terbukti menghasilkan nilai ekonomi stok karbon yang lebih akurat dan transparan

dibandingkan skema harga tunggal, sekaligus mampu mengurangi kegagalan pasar akibat ketidakseimbangan informasi dalam mekanisme perdagangan karbon. Kondisi tersebut menuntut penerapan skema harga diferensial berbasis VCS secara lebih luas, penguatan basis data sensitivitas ekologi, serta pemantauan berkala terhadap perubahan tutupan vegetasi dan aksesibilitas kawasan. Upaya tersebut diarahkan untuk menjaga akurasi valuasi karbon jangka panjang serta memperkuat kredibilitas KHDTK ULM dalam mekanisme perdagangan karbon nasional maupun sukarela.

RIWAYAT HIDUP



Aditya Ramadhan, Lahir pada tanggal 17 Desember 2000 di Pekanbaru, Provinsi Riau dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Ayah bernama Gupri dan Ibu bernama Musdalifah. Penulis menempuh pendidikan formal di TK AISYIYAH BUSTANUL ATHFAL 39 AL-UMMAH pada tahun 2006, lalu penulis melanjutkan pendidikan di SD Negeri Pemurus Dalam 8 pada tahun 2007. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 19 Banjarmasin pada tahun 2013. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 13 Banjarmasin pada tahun 2016 dan lulus pada tahun 2019. Penulis melanjutkan pendidikan Starta - 1 di Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat pada tahun 2019 sampai 2023 dengan minat Manajemen Hutan dan Lulus sebagai sarjana kehutanan pada tahun 2024.

Selama menempuh pendidikan di Perguruan Tinggi Magister Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat, penulis mengikuti kegiatan Studi Literatur ke Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, Makassar. Penulis juga mengikuti kegiatan project di berbagai tempat, baik instansi pemerintahan maupun swasta, dalam rangka kegiatan pengukuran dan perhitungan potensi kayu dan cadangan karbon pada kawasan hutan, yang dilakukan hingga saat ini. Melalui berbagai kegiatan tersebut, penulis memperoleh pengalaman praktis di lapangan yang memperkaya wawasan keilmuan penulis, khususnya dalam bidang inventarisasi hutan dan penghitungan cadangan karbon, sekaligus menjadi bekal dalam penyusunan tesis ini.

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Magister Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat maka penulis melakukan penelitian dan menyusun karya ilmiah dengan judul “Model Sensitivitas Ekologi Sebagai Dasar Penentuan Nilai Ekonomi Stok Karbon di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) ULM”, dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Ahmad Jauhari, M.P dan Dr. Ir. Muhammad Helmi, M.M.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Model sensitivitas ekologi sebagai dasar penentuan nilai ekonomi stok karbon di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) ULM”. Tesis ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister pada Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Ahmad Jauhari, M.P. selaku Dosen pembimbing I
2. Dr. Ir. H. M. Helmi, M.M. selaku Dosen pembimbing II
3. Bapak Gupri dan Ibu Musdalifah selaku orang tua penulis, serta saudara/(i) penulis Maysyaroh Billah, Arifah Pagis, Azizah Oktavia. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada teman-teman yang turut memberikan dukungan yang senantiasa memberikan doa, nasihat, dan dukungan yang luar biasa.

Saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tesis ini. Penulis berharap tesis ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca serta pihak-pihak yang memerlukan. Akhir kata, semoga tesis penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan upaya pelestarian lingkungan di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus ULM.

Banjarbaru, Juli 2026

Aditya Ramadhan

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
RINGKASAN	v
RIWAYAT HIDUP	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Karbon Hutan	7
B. Nilai Ekonomi Karbon	8
C. Sensitivitas Ekologi	11
D. Sistem Informasi Geografis	14
III. KEADAAN UMUM LOKASI PENELITIAN	17

A. Letak, Luas dan Jaringan Wilayah	17
B. Keadaan Topografi	17
C. Tanah.....	17
D. Flora dan Fauna	18
E. Sosial Ekonomi Masyarakat	18
IV. METODE PENELITIAN	20
A. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	20
B. Alat dan Bahan	20
C. Batasan Penelitian	22
D. Definisi Operasional.....	22
E. Prosedur Penelitian.....	24
F. Analisis Data.....	31
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	49
A. Model Sensitivitas Ekologi	49
B. Estimasi Stok Karbon.....	74
VI. PENUTUP	90
A. Kesimpulan.....	90
B. Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN.....	101

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Jenis dan Sumber Data.....	25
2. Teknik Pengumpulan Data	28
3. Kelas Index Vegetasi Berdasarkan NDVI	33
4. Skoring dan Pembobotan Parameter Sensitivitas Ekologi	36
5. Kelas Sensitivitas Ekologi	40
6. Interval Koefisien Korelasi dan Tingkat Hubungan.....	45
7. Kelas Nilai Tukar Ekonomi Stok Karbon	48
8. Curah Hujan Tahunan Blok Mandiingin	50
9. Luasan kelas NDMI	56
10. Luas kelas NDVI.....	60
11. Luasan Kelas Sensitivitas Ekologi di KHDTK ULM Blok Mandiingin ...	72
12. Hasil Hubungan Regresi Nilai NDVI Terhadap Cadangan Karbon.....	78
13. Hasil Pengukuran Nilai RMSE	79
14. Selisih Serapan Stok Karbon Tahun 2025 dan 2024.....	85
15. Valuasi Ekonomi Stok Karbon Berdasarkan Sensitivitas Ekologi di Blok Mandiingin	87

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Peta Lokasi Penelitian.....	20
2. Contoh Plot Bentuk Persegi.....	27
3. Diagram Alur Penelitian	30
4. Rata-rata Curah Hujan Dalam 10 Tahun di Blok Mandiingin	50
5. LST Blok Mandiingin	52
6. NDMI Blok Mandiingin	55
7. Grafik Hubungan Korelasi Antara NDMI dan RH Lapangan	57
8. NDVI Blok Mandiingin	59
9. Grafik Hubungan Regresi Nilai NDVI Terhadap Konsentrasi CO2 (ppm)....	63
10. Buffer Jalan Cabang.....	65
11. Buffer Jalan Sub Cabang	67
12. Buffer Jalan Setapak	69
13. Sensitivitas Ekologi Blok Mandiingin.....	71
14. Grafik Hubungan Regresi Nilai NDVI Terhadap Cadangan Karbon.....	77
15. NDVI dan Cadangan Karbon Tahun 2025	82
16. NDVI dan Cadangan Karbon Tahun 2024	83

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Perbandingan Suhu LST dan Lapangan.....	102
2. Perbandingan NDMI dan Relative Humadity Lapangan.....	103
3. Perbandingan NDVI dan Konsentrasi CO2 Lapangan.....	105
4. Model Sensitivitas Ekologi Berdasarkan Titik Pengamatan Penelitian	106
5. Titik Lokasi Pengamatan.....	109
6. Data Acuan Permodelan Regresi Linier	111
7. Jenis Vegetasi dan Cadangan Karbon Perjenis Tegakan	112
8. Data Hasil Pengukuran Estimasi Biomassa dan Cadangan Karbon	
Tingkat Semai dan Tumbuhan Bawah.....	114
9. Data Hasil Pengukuran Estimasi Biomassa dan Cadangan Karbon	
Tingkat Seresah	116
10. Data Hasil Pengukuran Estimasi Biomassa dan Cadangan Karbon	
Nekromassa	118
11. Kualitas Lingkungan.....	119
12. Rekapitulasi Hasil Olah Data Lapangan	121
13. Hasil Perbandingan Cadangan Carbon Tahun 2025 dan 2024	123
14. Titik Lokasi Penelitian.....	124
15. Dokumentasi Kegiatan Penelitian	125