

**MODEL PENDUGAAN CADANGAN KARBON TEGAKAN PINUS DI KAWASAN
HUTAN PENDIDIKAN UNIVERSITAS HASANUDDIN**



**RINNI
M011201020**

**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**MODEL PENDUGAAN CADANGAN KARBON TEGAKAN PINUS DI KAWASAN
HUTAN PENDIDIKAN UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**RINNI
M011 20 1020**



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**MODEL PENDUGAAN CADANGAN KARBON TEGAKAN PINUS DI KAWASAN
HUTAN PENDIDIKAN UNIVERSITAS HASANUDDIN**

RINNI

M011201020

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Kehutanan

pada

**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
DEPARTEMEN KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI
MODEL PENDUGAAN CADANGAN KARBON TEGAKAN PINUS DI KAWASAN
HUTAN PENDIDIKAN UNIVERSITAS HASANUDDIN

RINNI
M011201020

Skripsi,

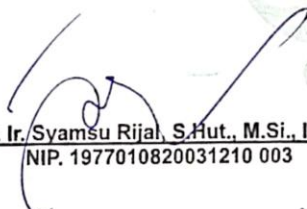
telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana S-1 Kehutanan pada 15 Juli 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan pada

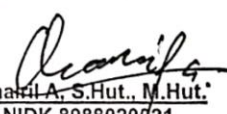
Program Studi Kehutanan
Departemen Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin
Makassar

Menyetujui


Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU.
NIP. 1977010820031210 003


Chairi A., S.Hut., M.Hut.
NIDK.8988020721

Ketua Program Studi


Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P.
NIP. 19680410199512 2 001

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul, "Model Pendugaan Cadangan Karbon Tegakan Pinus di Kawasan Hutan Pendidikan Universitas Hasanuddin" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Bapak Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU. sebagai Pembimbing Utama dan Bapak Chairil A, S.Hut., M.Hut. sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau kutipan dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 15 juli 2024


Rinni
M011201020

Ucapan Terima kasih

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa., karena berkat, rahmat dan karunia-Nyalah, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Model Pendugaan Cadangan Karbon Tegakan Pinus Di Kawasan Hutan Pendidikan Universitas Hasanuddin**”, sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mendapatkan gelar sarjana pada Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.

Penghargaan dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada kedua orang tua Saya, Bapak **Kamistang** yang turut terlibat dalam proses pengambilan data penelitian Saya, selalu memberikan *support* dan semangat, dan Ibu **Umi** yang tiada henti-hentinya memanjatkan do'a, memberikan semangat dan selalu memberikan dukungan, serta kasih sayang. Terima kasih sudah menjadi tempat mengeluh dan bercerita yang baik. Terima kasih juga untuk adik Saya **Ahmad Gibran** yang turut memberikan warna dalam hidup Saya baik itu keceriaan, dan gangguannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak **Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU. dan Chairil A, S.Hut., M.Hut.**, selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan ilmu, bimbingan dan arahan serta saran dari awal perancangan penelitian hingga penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak **Prof. Dr. Ir. Daud Malamassam, M.Agr.IPU. dan Dr. Ir. Syamsuddin Millang, M.S.**, selaku dosen penguji yang bersedia memberikan banyak kritik, saran dan masukan demi kesempurnaan tugas akhir ini.
3. Ibu **Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P** selaku Ketua Program Studi Kehutanan dan seluruh staf pengajar Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan, serta staf pegawai Fakultas Kehutanan yang telah memudahkan penulis dalam pengurusan administrasi.

4. Seluruh staf pengajar Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan, serta staf pegawai Fakultas Kehutanan terkhusus Ibu **Inha Sumartina** dan bapak **Yosef** yang telah memudahkan penulis dalam pengurusan administrasi.
5. Bapak **Prof. Dr. Ir. Samuel Arung Paembonan, IPU.**, selaku dosen penasehat akademik atas segala motivasi dan bimbingannya selama ini sejak awal mulai menjadi mahasiswa di Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.
6. Teman-teman yang telah membantu dan memotivasi selama proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini, yaitu **Mutmainna, Nurzamzam Arafah, Dewi Najmiah, Oktavia Dwiana Lewa, Yolanda Eka Puteri, Khusnul Khatimah, Musdalipa, Nilam Cahyani, Susi Rahmadani, Riswandi, Muh. Idris, Hafid Fajar Mahendra, Muhammad Fattah Al Ghaniy Tahir, Reynaldi, Haspian, Asri, Muh. Rafli dan Muhammad Khairil Muhtar.**
7. Bapak **Husein Tappa** yang sudah senantiasa menemani dalam proses pengambilan data.
8. **Teman-teman mahasiswa Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan angkatan 2020** atas bantuan dan dukungannya dalam penulisan tugas akhir ini maupun selama perkuliahan.
9. Teman-teman **Bissoloro, Keluarga Ronggong, dan IMPERIUM 2020** yang telah memberi dukungan dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini, serta teman-teman dan semua pihak yang telah mendukung, mendoakan dan membantu penelitian ini yang tidak sempat disebutkan satu per satu.

Penulis,

Rinni

ABSTRAK

RINNI. Model Pendugaan Cadangan Karbon Tegakan Pinus Di Kawasan Hutan Pendidikan Universitas Hasanuddin (dibimbing oleh Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU., dan Chairil A, S.Hut., M.Hut.).

Latar Belakang. Jumlah emisi karbon di Indonesia mencapai 1.866.552 Gg karbon dioksida ekuivalen pada tahun 2019. Tingginya emisis CO₂ ini salah satunya disumbang oleh sektor penggunaan lahan dan hutan. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk membangun model pendugaan cadangan karbon serta menghitung nilai cadangan karbon pada tegakan pinus di KHDTK Universitas Hasanuddin. **Metode.** Penelitian ini dibagi menjadi 4 tahap, yakni: 1) pengumpulan data citra sentinel, data *shapefile* administrasi KHDTK Universitas Hasanuddin dan data sebaran pinus; 2) transformasi indeks vegetasi; 3) pengukuran data lapangan; dan 4) analisis data. **Hasil.** Klasifikasi tutupan lahan dibagi menjadi lima kelas kerapatan yaitu dengan nilai *digital number* 0,20938 – 0,62223 (sangat rendah), 0,62234 – 0,73864 (rendah), 0,73865 – 0,799597 (sedang), 0,799598 – 0,84115 (tinggi), dan 0,84116 – 0,91597 (sangat tinggi), dimana pada lokasi penelitian didominasi oleh kerapatan tinggi. Berdasarkan perhitungan data lapangan didapatkan nilai karbon terendah yaitu 28,39 ton C/ha dan nilai karbon tertinggi yaitu 65,07 ton C/ha. Dari empat model matematika yang dibangun (linear, logaritmik, eksponensial, dan polynominal) model polynominal memiliki nilai koefisien korelasi dan koefisien determinan lebih tinggi dibanding dengan model lainnya. **Kesimpulan.** Model terbaik yang dapat digunakan untuk mengestimasi nilai cadangan karbon pada tegakan pinus KHDTK Universitas Hasanuddin adalah model *polynominal* dengan persamaan $y = -72.059x^2 + 194.6x - 63.068$ yang memiliki nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,730 dengan koefisien determinasi (R²) sebesar 0,488. Nilai cadangan karbon pada tegakan pinus KHDTK Universitas Hasanuddin dengan luas 399,52 ha berdasarkan model yang telah dibangun sebesar 13.681,19 ton.

Kata kunci: pinus, biomassa, karbon, NDVI

ABSTRACT

RINNI. Model for Estimating Carbon Stocks of Pine Stands in Hasanuddin University Educational Forest Areas (supervised by Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU., and Chairil A, S.Hut., M .Hut.).

Background. Total carbon emissions in Indonesia reached 1,866,552 Gg of carbon dioxide equivalent in 2019. One of the reasons for this high CO₂ emissions is the land and forest use sector. **Aim.** This research aims to build a carbon stock estimation model and calculate the value of carbon stocks in pine stands at KHDTK Hasanuddin University. **Method.** This research is divided into 4 stages, namely: 1) collecting sentinel image data, Hasanuddin University KHDTK administration shapefile data and pine distribution data; 2) vegetation index transformation; 3) field data measurements; and 4) data analysis. **Results.** Land cover classification is divided into five density classes, namely with digital number values 0.20938 – 0.62223 (very low), 0.62234 – 0.73864 (low), 0.73865 – 0.799597 (medium), 0.799598 – 0.84115 (high), and 0.84116 – 0.91597 (very high), where the research location is dominated by high density. Based on field data calculations, the lowest carbon value was obtained, namely 28.39 tons C/ha and the highest carbon value was 65.07 tons C/ha. Of the four mathematical models built (linear, logarithmic, exponential, and polynomial), the polynomial model has higher correlation coefficient and determinant coefficient values than the other models. **Conclusion.** The best model that can be used to estimate the value of carbon stocks in Hasanuddin University KHDTK pine stands is a polynomial model with the equation $y = -72.059x^2 + 194.6x - 63.068$ which has a correlation coefficient (R) of 0.730 with a coefficient of determination (R²) of 0.488. The value of carbon reserves in the KHDTK pine stands at Hasanuddin University with an area of 399.52 ha based on the model that has been built is 13,681.19 tons.

Keywords: pine, biomass, carbon, NDVI

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Tujuan dan manfaat.....	3
BAB II. METODE PENELITIAN	4
2.1. Waktu dan tempat.....	4
2.2. Alat dan bahan	4
2.3. Prosedur penelitian.....	5
2.4. Analisis Data.....	7
2.5. Pengamatan dan pengukuran.....	10
BAB III. HASIL DAN PEMBAHASAN	11
3.1. Hasil	11
3.2. Pembahasan	11
BAB IV KESIMPULAN	20
DAFTAR PUSTAKA.....	21
LAMPIRAN	25

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1. Klasifikasi tutupan lahan berdasarkan NDVI dan observasi lapangan	12
2. Hasil pendugaan biomassa berdasarkan pengukuran lapangan	13
3. Nilai <i>digital number</i> dan cadangan karbon per plot yang diregresikan.....	15
4. Hasil analisis model pendugaan cadangan karbon	16
5. Uji akurasi model	17
6. Sebaran cadangan karbon pada tegakan pinus di KHDTK Universitas Hasanuddin	18

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Peta lokasi penelitian	4
2. Script pengunduhan citra	6
3. Perhitungan nilai NDVI.....	6
4. Peta titik sampel.....	7
5. Alur penelitian	10
6. Hasil Interpretasi Pinus Hutan Pendidikan Universitas Hasanuddin	11
7. Indeks vegetasi NDVI pada tegakan pinus di kawasan hutan pendidikan Universitas Hasanuddin	12
8. Sebaran cadangan karbon tegakan pinus di kawasan hutan pendidikan Universitas Hasanuddin	18

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1. Titik koordinat plot sampel inventarisasi	25
2. Data hasil inventarisasi dan perhitungan biomassa per plot	26
3. Grafik hasil analisis regresi	39

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perdagangan karbon merupakan sistem yang memungkinkan negara-negara untuk mengimbangi emisi gas rumah kaca mereka dengan cara membeli dan menjual kredit karbon. Negara-negara yang berhasil mengurangi emisi gas rumah kaca dapat menjual kredit karbon ke negara lain yang masih mengeluarkan emisi dalam jumlah besar. Oleh karena itu perdagangan karbon diharapkan dapat memberikan jawaban bagi negara-negara dalam menjaga kondisi ekologi yang berkelanjutan. Perdagangan karbon sendiri mempunyai dampak yang signifikan terhadap fenomena pemanasan global dan perubahan iklim, karena hal ini menjadi perhatian utama masyarakat internasional (Samasta, 2023).

Dari data yang dihimpun Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, besarnya emisi karbon di Indonesia mencapai 1.866.552 gigagram karbon dioksida pada tahun 2019. Salah satu penyebab tingginya emisi CO₂ adalah sektor kehutanan. Pemanfaatan lahan dan hutan hasil deforestasi besar-besaran untuk membuka lahan kelapa sawit, rata-rata sekitar 498.000 ha hutan hilang setiap tahunnya, dengan dilakukannya penerapan pajak terhadap barang yang mengandung karbon atau aktivitas yang menghasilkan emisi karbon memiliki potensi besar dalam meningkatkan penerimaan negara (Cadizza, dkk., 2024).

Pemanasan global merupakan isu lingkungan yang menjadi perhatian saat ini. Dimana pemanasan global ini mengakibatkan terjadinya peningkatan suhu rata-rata laut dan daratan yang disebabkan adanya kegiatan industri dan berkurangnya penutupan lahan khususnya hutan. Menurut Departemen Kehutanan (2007) efek gas rumah kaca merupakan penyebab dari pemanasan global. Dimana gas rumah kaca ini menyerap radiasi infra merah yang kemudian terperangkap pada atmosfer dalam bentuk energi panas. Mempertahankan keberadaan dan memperluas areal hutan dapat menjadi solusi untuk pemanasan global ini (Grace, 2021).

Polosakan (2014) menyatakan bahwa pinus merupakan salah satu pohon yang berkontribusi dalam menyerap dan menyimpan karbon. Jumlah karbon yang tersimpan dalam pohon berbanding linear dengan pertambahan nilai biomassa pohon yaitu dengan bertambahnya tinggi, diameter serta umur pohon, dan mencapai kondisi stabil ketika umur pohon mencapai masa tebang. Perhitungan potensi karbon ini diperlukan dalam memasuki era perdagangan karbon, dimana negara maju akan memberikan bantuan pembiayaan dan teknologi kepada negara berkembang yang terbukti dapat mengurangi emisinya, dengan mekanisme yang dapat diukur, dilaporkan, dan diverifikasi (Widiatmaka 2013, dalam Grace 2021).

Meskipun kayu merupakan kebutuhan manusia, pemanfaatan hutan seperti penebangan kayu tidak dapat dihindari. Hal ini dikarenakan pohon-pohon yang hidup dapat menyerap dan menyimpan cadangan karbon yang meningkat seiring

berjalannya waktu. Untuk menjaga keseimbangan ini, penting untuk mengembangkan perhitungan serapan karbon yang dapat memprediksi tingkat karbon atmosfer yang dapat diserap tanaman (Farmen, dkk., 2014). Beberapa faktor yang mempengaruhi siklus karbon, seperti kondisi vegetasi, kondisi pertumbuhan, pengelolaan hutan dan gangguan terhadap hutan memperlihatkan bahwa kapasitas hutan dalam menyerap dan menyimpan karbon bervariasi tergantung pada tipe hutan dan keragaman pohon. Oleh karena itu, adanya informasi mengenai cadangan karbon di berbagai tipe hutan, jenis pohon, dan lingkungan tumbuhan sangat penting (Masripatin, dkk., 2010).

Selain peningkatan aktivitas pembangunan manusia, deforestasi dan konversi lahan juga terus bertambah sehingga menyebabkan penambahan emisi karbon ke atmosfer. Kegiatan penggundulan hutan ini menyebabkan perubahan jenis dan komposisi spesies di darat, sehingga mengurangi fungsi ekologis hutan sebagai penyerap karbon di atmosfer. Oleh karena itu, jumlah cadangan karbon yang tersimpan di kawasan hutan menjadi informasi penting dalam mendukung upaya perlindungan dan restorasi hutan dengan tujuan meningkatkan serapan karbon dan mengurangi emisi karbon dioksida (Masripatin, dkk., 2010).

Data penginderaan jauh memberikan berbagai informasi yang digunakan untuk ekstraksi informasi mulai dari informasi penggunaan lahan, indeks vegetasi, indeks tanah, dan sebagainya (Hidayati, 2013, dalam Herzegovina dkk, 2018). Pemanfaatan data penginderaan jauh lainnya dapat melalui ekstraksi data yang banyak dilakukan seperti pemanfaatan transformasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). NDVI merupakan kombinasi dari teknik penisbahan dengan teknik pengurangan citra bagian dari produk standar *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) (Tucker, 1988, dalam Herzegovina dkk, 2018).

Indeks vegetasi dapat digunakan untuk memperkirakan kandungan cadangan karbon, seperti NDVI (*Normalized Differential Vegetation Index*). NDVI merupakan perhitungan citra yang digunakan untuk menentukan tingkat klorofil. NDVI dapat memperlihatkan parameter yang berkaitan dengan parameter vegetasi, seperti biomassa tanaman serta luas kanopi daun (Nurjannah, 2023).

Google Earth Engine (GEE) merupakan platform berbasis cloud yang memungkinkan pengguna untuk mengakses dan memproses data geospasial berskala besar dengan mudah untuk analisis dan pengambilan keputusan. Platform ini memungkinkan pengguna untuk membangun dan menjalankan algoritma khusus dan perhitungan cepat, sehingga memudahkan untuk melakukan analisis dalam skala global. Pengguna akan dapat membuat peta dan memantau vegetasi tahunan secara akurat dan cepat (Salsabila dan Dessy, 2022).

Pendugaan kandungan biomassa dapat dilakukan melalui analisis regresi dengan menggunakan teknik penginderaan jauh dan dikorelasikan dengan biomassa hutan sebenarnya. Hubungan antara penginderaan jauh dan biomassa adalah bahwa penginderaan jauh merupakan salah satu pendekatan terbaik untuk memperkirakan biomassa. Pada prinsipnya perhitungan biomassa untuk inventarisasi, pemantauan, dan pengelolaan hutan dapat dilakukan melalui sampel,

yaitu pengukuran lapangan berdasarkan diameter pohon setinggi dada (Fatoyinbo, 2012 dan Krisnawati, 2014).

Mengukur cadangan karbon menentukan berapa banyak karbon yang tersimpan di hutan. Hal ini memungkinkan kita untuk mengetahui kapasitas penyerapan karbon hutan dan perannya dalam mengurangi emisi gas rumah kaca. Data cadangan karbon yang diperoleh diubah menjadi persamaan alometrik menggunakan model regresi dengan tujuan untuk memperkirakan besarnya pengaruh kuantitatif suatu parameter terhadap parameter lainnya (Martono dan Rahayu, 2017). Berdasarkan penelitian sebelumnya pada Kawasan Hutan Pendidikan Universitas Hasanuddin terkait estimasi cadangan karbon pada beberapa tutupan hutan, penelitian ini dilakukan lebih spesifik yaitu menduga cadangan karbon pada tegakan yang paling mendominasi, yaitu tegakan pinus di KHDTK Universitas Hasanuddin.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan penelitian ini yaitu :

1. Membangun model pendugaan cadangan karbon pada tegakan pinus di KHDTK Universitas Hasanuddin.
2. Menghitung nilai cadangan karbon pada tegakan pinus di KHDTK Universitas Hasanuddin.

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk menjadi data dan informasi baru terkait nilai cadangan karbon pada tegakan pinus di KHDTK Universitas Hasanuddin yang diharapkan dapat berguna bagi pihak Universitas Hasanuddin untuk pengembangan KHDTK kedepannya.