

SKRIPSI

**ESTIMASI CADANGAN KARBON TANAMAN KARET (*Hevea brasiliensis*
Muell Arg.) BERBASIS *UNMANNED AERIAL VEHICLE* DAN *MACHINE*
*LEARNING***

Oleh

RR DIELLA KARTIKA PUTRI



FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT

BANJARBARU

2024

SKRIPSI

**ESTIMASI CADANGAN KARBON TANAMAN KARET (*Hevea brasiliensis*
Muell Arg.) BERBASIS *UNMANNED AERIAL VEHICLE* DAN *MACHINE*
*LEARNING***

Oleh

**RR DIELLA KARTIKA PUTRI
1810611320042**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Kehutanan
Program Studi Kehutanan

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT

BANJARBARU

2024

Judul Penelitian : Estimasi Cadangan Karbon Tanaman Karet (*Hevea Brasiliensis* Muell Arg.) berbasis *Unmanned Aerial Vehicle* dan *Machine Learning*

Nama Mahasiswa : Rr Diella Kartika Putri

NIM : 1810611320042

Minat Studi : Manajemen Hutan

Telah dipertahankan di hadapan dewan penguji

Pada tanggal 17 April 2024

Pembimbing I

Pembimbing II



Syam'ani, S. Hut., M.Sc
NIP. 198002122005011004



Dr. Arfa Agustina Rezekiah, S. Hut., M. P
NIP. 197408202002122001

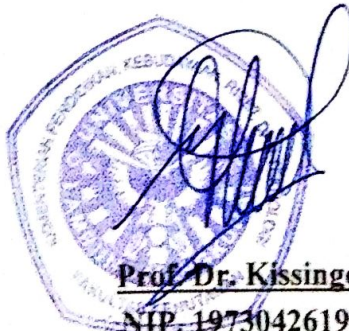
Mengetahui,

Koordinator
Program Studi Kehutanan

Dekan
Fakultas Kehutanan



Yuniarti S.Hut., M. Si
NIP. 197803022003122004



Prof. Dr. Kissinger, S.Hut, M.Si
NIP. 197304261998031001

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa skripsi ini bukan merupakan karya ilmiah yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain. Skripsi ini tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, terkecuali secara tertulis diacu dalam naskah dalam daftar pustaka. Apabila di kemudian hari dijumpai hal-hal yang bertentangan dengan hal tersebut, maka hal tersebut bukan merupakan tanggung jawab pembimbing

Banjarbaru, April 2024



Rr Diella Kartika Putri

RIWAYAT HIDUP

Roro Diella Kartika Putri lahir pada 21 April 2000 di Kota Kuala Kapuas, Kalimantan Tengah, adalah anak pertama dari pasangan Raden Agung Djoko Nawanto S. AP dan Alfisah. Penulis melanjutkan pendidikan ke Raudhatul Athfal Busthanul Furqon. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan formal di Madrasah Ibtidaiyah Negeri Model Martapura. Jenjang pendidikan menengah pertama dilanjutkan di Madrasah Tsanawiyah Negeri Model Martapura. Jenjang menengah atas dilanjutkan pada Madrasah Aliyah Negeri 4 Banjar. Penulis mendaftar di Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat Strata I melalui Jalur Mandiri dan memilih minat studi Manajemen Hutan

Kegiatan wajib yang dilaksanakan penulis saat berkuliah adalah mengikuti PKL di Kawasan Miniatur Hutan Hujan Tropis (MH2T) Kota Banjarbaru, melaksanakan PHT di KPH Madiun dan KPH Saradan Perum Perhutani II serta KPH Lawu DS pada dan menyelesaikan kegiatan magang di PT Rajawali Putra Pannjalu. Penulis berpartisipasi dalam organisasi juga merupakan anggota FSI Al-Manar tahun pengurusan 2018-2020 dan merupakan anggota Divisi Komunikasi, Informasi dan Literasi dari Dewan Perwakilan Mahasiswa tahun pengurusan 2022. Penulis juga mengikuti Lomba Karya Tulis Ilmiah (KTI) berskala nasional yang diselenggarakan oleh Universitas Mulawarman dan memperoleh peringkat III tahun 2019

Penelitian yang dilakukan penulis berjudul “Estimasi Cadangan Karbon Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg) berbasis *Unmanned Aerial Vehicle* dan *Machine Learning*”. Penelitian ini menjadikan penulis mengikuti pelatihan seperti “Pemetaan menggunakan Drone” berbasis nasional yang diadakan oleh *Indonesian Mapping Community* (IMC) dan pelatihan berskala internasional “*Machine Learning and Deep Learning Bootcamp in Python*” oleh Holczer Balazs dari Eotvos Lorand University (ELTE), Hungaria. Peneliti mengimplementasikan bahasa pemrograman *python* dalam menyelesaikan penelitian tersebut. Penggunaan *python* dalam penelitian ini dititikberatkan pada cabang keilmuan *data science* dalam mengumpulkan, mengekstraksi dan penyajian data berbasis ilmu komputer dalam bidang kehutanan.

RINGKASAN

Pembuat skripsi bernama Rr Diella Kartika Putri. Judul skripsi “Estimasi Cadangan Karbon Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg) berbasis *Unmanned Aerial Vehicle* dan *Machine Learning*” dengan bimbingan dari Bapak Syam’ani., S. Hut., M. Sc selaku dosen pembimbing I dan dari Ibu Dr. Hj. Arfa Agustina Rezekiah., S. Hut., M. P selaku dosen pembimbing II

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi cadangan karbon pada jenis Karet milik Masyarakat Desa Cempaka, membangun model estimasi berbasis UAV dan *machine learning regressor* dan menentukan nilai valuasi ekonomi cadangan karbon. Pendekatan yang digunakan mengaplikasikan UAV untuk pengambilan citra orthophoto dan menggunakan metode *machine learning regressor* yaitu *Random Forest* (RF), *Support Vector Machine* (SVM) dan *K-Nearest Neighbor* (KNN) serta menggunakan mengimplementasikan *Artificial Neural Network* (ANN) yang dianalisa dengan parameter uji metrik R^2 , *adjust R^2*, MSE dan RMSE

Hasil penelitian menunjukkan bahwa cadangan karbon pada Karet Masyarakat Desa Cempaka sebesar 53540,318 kg/ha atau setara dengan 53,540 ton/ha. Model estimasi untuk pendugaan cadangan karbon menggunakan variabel diameter pohon dan tinggi pohon adalah $\ln Y = 0,5743 + (0,7189 \cdot \ln D \cdot H)$ dengan optimalisasi SVM dan menunjukkan R^2 sebesar 82,73%, *adjust R^2* sebesar 81,77%, MSE sebesar 0.0223 dan RMSE sebesar 0.1493. Model estimasi untuk pendugaan cadangan karbon menggunakan variabel tinggi pohon dan diameter kanopi adalah $\ln Y = 1,877 + (0,6016 \cdot \ln C \cdot H)$ dengan optimalisasi ANN dan menunjukkan R^2 sebesar 70,90%, *adjust R^2* sebesar 69,28%, MSE sebesar 0.0287 dan RMSE sebesar 0.1694. Besaran valuasi ekonomi cadangan karbon pada Karet berdasarkan rumus NPK sebesar Rp. 3.286.305

Kata Kunci : Cadangan Karbon, Karet, *Unmanned Aerial Vehicle*, *Machine Learning*, Valuasi Ekonomi

ABSTRACT

UNMANNED AERIAL VEHICLE AND MACHINE LEARNING-BASED CARBON STOCK ESTIMATION OF RUBBER PLANT (By: Rr Diella Kartika Putri; Supervisor Syam'ani, Dr Hj. Arfa Agustina Rezekiah ; 2024 ; 212 Pages)

Climate change which is a global problem for modern humans due to anthropological activities, comes from greenhouse gas emissions such as carbon dioxide. Carbon mapping is important to prevent significant climate damage. The research aims to estimate carbon stocks in rubber species by building a UAV-based estimation model and machine learning regressor and determining the economic valuation value of carbon stocks. The method used for dendrometric variables is stratified sampling method on 100 trees at the age of 21, 27, 33 and 39 years at a spacing of 3 x 4 m and measurement of canopy diameter using the Trimble e-cognition application. Analysis using machine learning regressors used are Random Forest, Support Vector Machine, K-Nearest Neighbour and Artificial Neural Network with metric test parameters R^2 , adjust R^2 , MSE and RMSE. The correlation between carbon stock and stem diameter adjust R^2 is 61.40% with an error of 0.1795. The correlation between tree height and carbon stocks with a large adjust R^2 in this relationship is 21.60 % to carbon stocks with an error of 0.2345. The correlation in canopy diameter contributed 29% to explain carbon stocks with an error of 0.2509. Unlike the previous variables, the density variable was not able to explain the relationship between wood density and carbon stocks.

Keywords: Carbon Stocks; Rubber; Unmanned Aerial Vehicle; Machine Learning; Economic Valuation

ABSTRAK

ESTIMASI CADANGAN KARBON TANAMAN KARET BERBASIS UNMANNED AERIAL VEHICLE DAN MACHINE LEARNING (Oleh : Rr Diella Kartika Putri; Pembimbing Syam'ani, Dr. Hj. Arfa Agustina Rezekiah ; 2024 ; 212 Halaman)

Perubahan iklim yang menjadi permasalahan global manusia modern akibat kegiatan antropologi berasal dari emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida. Pemetaan karbon menjadi penting untuk mencegah dampak kerusakan iklim yang signifikan. Tujuan penelitian untuk mengestimasi cadangan karbon pada jenis karet dengan membangun model estimasi berbasis UAV dan *machine learning regressor* dan menentukan nilai valuasi ekonomi cadangan karbon tersebut. Metode yang digunakan untuk variabel dendrometrik adalah *stratified sampling method* pada 100 pohon di umur 21, 27, 33 dan 39 tahun pada jarak tanam 3 x 4 m dan pengukuran diameter kanopi menggunakan aplikasi *trimble e-cognition*. Analisa menggunakan *machine learning regressor* yang digunakan yaitu *Random Forest*, *Support Vector Machine*, *K-Nearest Neighbor* dan *Artificial Neural Network* dengan parameter uji metrik R^2 , *adjust R²*, MSE dan RMSE. Korelasi antara cadangan karbon dengan diameter batang *adjust R²* sebesar 61,40 % dengan error yang sebesar 0,1795. Korelasi antara tinggi pohon dengan cadangan karbon dengan besar *adjust R²* pada hubungan ini adalah 21,60% terhadap cadangan karbon dengan error sebesar 0,2345. Korelasi pada diameter kanopi berkontribusi sebesar 29% mampu menjelaskan cadangan karbon dengan error sebesar 0,2509. Berbeda dengan variabel sebelumnya, variabel kerapatan tidak mampu menjelaskan hubungan kerapatan kayu dengan cadangan karbon

Kata Kunci: Cadangan Karbon;Karet;*Unmanned Aerial Vehicle*;*Machine Learning* ;Valuasi Ekonomi

PRAKATA

Puji dan syukur senantiasa terhaturkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas limpahan berkat, rahmat dan karunia-Nya peneliti dapat merampungkan penulisan skripsi yang berjudul “**Estimasi Cadangan Karbon Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) berbasis *Unmanned Aerial Vehicle* dan *Machine Learning***” disusun untuk memenuhi syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

Peneliti menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak dan dalam kesempatan ini peneliti ingin menghaturkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Raden Agung Djoko Nawanto, S. AP dan Alfisah selaku Ayahanda dan Ibunda dari peneliti yang selalu memberikan dukungan penuh baik rill maupun materiil,
2. Syam'ani, S. Hut., M. Sc., selaku Dosen Pembimbing Pertama,
3. Dr. Hj. Arfa Agustina Rezekiah, S. Hut, M. P selaku Dosen Pembimbing Kedua,
4. Dr. H. Hafizianor, S.Hut, M.P selaku Dosen Pembimbing Akademik,
5. Kepada semua pihak yang memberikan bantuan dalam perampungan skripsi ini khususnya pada teman-teman dari Laboratorium Geospasial Fakultas Kehutanan ULM dan teman-teman angkatan 2018

Peneliti menyadari keterbatasan ilmu pengetahuan dan penulisan sehingga sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kebermanfaatan skripsi ini. Akhir kata, peneliti berharap penelitian ini bermanfaat untuk banyak pihak

Banjarbaru, April 2024



Rr Diella Kartika Putri

DAFTAR ISI

Nomor	Halaman
PERNYATAAN	i
RIWAYAT HIDUP	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI.....	.v
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iiii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN .....	.1
A. Latar Belakang.....	.1
B. Tujuan .....	.4
C. Manfaat .....	.4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Cadangan Karbon .....	.5
B. Karet (<i>Hevea brasiliensis</i> Muell Arg.) .....	.6
C. UAV (<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>) .....	.9
D. Pembelajaran Mesin	11
E. Valuasi Ekonomi.....	.14
III. LOKASI PENELITIAN	66
A. Keadaan Geografi dan Iklim.....	66
B. Pertanian dan Kehutanan	18

IV. METODE PENELITIAN	100
A. Waktu dan Tempat	100
B. Bahan dan Alat	111
C. Pelaksanaan Kegiatan	133
1. Pengukuran Variabel Observasi	133
2. Analisis Cadangan Karbon	155
3. Analisis Uji Permodelan	126
4. Penentuan Valuasi Karbon	100
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	111
A. Analisis Cadangan Karbon	111
B. Analisis Uji Permodelan Alometrik.....	140
1. Permodelan dengan Diameter dan Tinggi Pohon.....	146
2. Permodelan dengan Tinggi dan Diameter Kanopi	150
3. Permodelan Variabel lain terhadap Kerapatan.....	153
C. Analisis Valuasi Karbon	159
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	161
A. Kesimpulan.....	111
B. Saran	112
DAFTAR PUSTAKA	163
LAMPIRAN	133

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Rekapitulasi Iklim Kecamatan Cempaka	77
3. Rekapitulasi Jumlah Kelompok Tani, Jumlah Anggota dan Luas Garapan menurut Kelurahan	18
4. Luas Areal dan Hasil Produksi Perkebunan di Kecamatan Cempaka.....	19
5. Model Persamaan Alometrik, Sifat dan Sumber	28
6. Rekapitulasi Proses dan Parameter UAV	31
8. Rekapitulasi Analisis Regresi Linear Terhadap Persamaan Alometrik	42
9. Rekapitulasi Error ML Regressor terhadap Model	44
10. Rekapitulasi Hubungan Estimasi dan Tapak dalam ML Regressor	45

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Kenampakan Pohon Para	7
2. Kenampakan UAV tipe DJI Phantom 4 Pro	9
3. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	20
4. Sebaran Titik Sampel	33
5. Gambar Titik Tinggi dan Elevasi pada Dense Cloud.....	33
6. Gambar Model 3D dari Build Mesh.....	34
7. Orthophoto	35
8. Digital Surface Model	36
9. Digital Terrain Model	36
10. Canopy Height Model.....	36
11. Proses Deliniasi Kanopi	37
12. Sebaran Kanopi Individu Pohon Observasi	37
13. Tampilan Anaconda Prompt dan Jupyter Notebook	41

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Kondisi Tapak di Desa Cempaka .....	.74
2. Batang Para .....	.74
3. Persiapan Penerbangan UAV .....	.74
4. Pengukuran Tinggi Pohon dan Penentuan Jarak Ukur.....	.75
5. Pengambilan Titik Sampel dan Titik Koordinat .....	.75
6. Rekapitulasi Koordinat pada ArcGIS dan Tapak.....	76
7. Rekapitulasi Besaran Variabel Independen .....	.79
8. Rekapitulasi Besar Biomassa, Cadangan Karbon dan NPK .....	.82
9. Dokumentasi Kernel Anaconda Prompt.....	.85
10. Laporan Pengolahan UAV .....	.92
11. Analisis Variabel dengan Coding.....	.99