



@Hak cipta milik IPB University

TEKNOLOGI DRONE DALAM ESTIMASI CADANGAN KARBON PADA STRUKTUR TEGAKAN VEGETASI DI KHDTK WANAGAMA, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

SIDQI FATHI LINGGA AZUARDHI



DEPARTEMEN KONSERVASI SUMBERDAYA HUTAN DAN EKOWISATA
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.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

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.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Teknologi Drone dalam Estimasi Cadangan Karbon pada Struktur Tegakan Vegetasi di KHDTK Wanagama, Daerah Istimewa Yogyakarta” 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 skripsi ini.

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

Bogor, September 2025

Sidqi Fathi Lingga Azuardhi



@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.

ABSTRAK

SIDQI FATHI LINGGA AZUARDHI. Teknologi Drone dalam Estimasi Cadangan Karbon pada Struktur Tegakan Vegetasi di KHDTK Wanagama, Daerah Isitmewa Yogyakarta. Dibimbing oleh LILIK BUDI PRASETYO dan ARIF KURNIA WIJAYANTO.

Perubahan iklim akibat meningkatnya emisi gas rumah kaca, khususnya CO₂, menuntut strategi mitigasi yang efektif. Hutan memiliki peran penting sebagai penyerap dan penyimpan karbon melalui biomassa dan tanah. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas teknologi drone dalam mengestimasi cadangan karbon pada tegakan vegetasi di Hutan KHDTK Wanagama, Yogyakarta. Pengambilan data dilakukan menggunakan drone DJI Air 2S dengan sensor RGB resolusi tinggi. Data tinggi pohon diperoleh melalui pemodelan *Structure from Motion (SfM)* untuk menghasilkan peta *orthophoto*, *Digital Terrain Model (DTM)*, *Digital surface model (DSM)*, dan *Canopy Height Model (CHM)*. Variabel pendukung meliputi diameter dan tinggi pohon yang diolah menggunakan persamaan alometrik dan model regresi. Akurasi estimasi dievaluasi dengan uji statistik Root Mean Square Error (RMSE) dan Mean Absolute Error (MAE). Hasil penelitian menunjukkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,7171 dengan deviasi cadangan karbon sebesar 6,64 ton/ha (~10,18%).

Kata kunci : alometrik, karbon, perubahan iklim, *SfM*, teknologi drone.

ABSTRACT

SIDQI FATHI LINGGA AZUARDHI. Drone Technology in Estimating Carbon Stocks in Vegetation Stand Structures in the Wanagama forest, Special Region of Yogyakarta. Supervised by LILIK BUDI PRASETYO and ARIF KURNIA WIJAYANTO.

Climate change due to the increasing emissions of greenhouse gases, particularly CO₂, requires effective mitigation strategies. Forests play a crucial role as carbon absorbers and storages through biomass and soil. This study aims to analyze the effectiveness of drone technology in estimating carbon reserves in vegetation stands at Wanagama KHDTK Forest, Yogyakarta. Data collection was carried out using the DJI Air 2S drone with high-resolution RGB sensors. Tree height data was obtained through Structure from Motion (SfM) modeling to produce orthophoto maps, Digital Terrain Models (DTM), Digital surface models (DSM), and Canopy Height Models (CHM). Supporting variables included tree diameter and height which were processed using allometric equations and regression models. Estimation accuracy was evaluated using statistical tests of Root Mean Square Error (RMSE) and Mean Absolute Error (MAE). The results showed a coefficient of determination (R^2) value of 0,7171 with a carbon reserve deviation of 6,64 ton/ha (~10,18%).

Keywords : *allometric, carbon, climate change, drone technology, SfM*



@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 apapun tanpa izin IPB

TEKNOLOGI DRONE DALAM ESTIMASI CADANGAN KARBON PADA STRUKTUR TEGAKAN VEGETASI DI KHDTK WANAGAMA, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

SIDQI FATHI LINGGA AZUARDHI

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada
Program Studi Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata

**DEPARTEMEN KONSERVASI SUMBERDAYA HUTAN DAN EKOWISATA
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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Ir. Gunawan Santosa, M.S.
2. Dr. Ir. Siti Badriyah Rushayati, M.Si

Judul Skripsi : Teknologi Drone dalam Estimasi Cadangan Karbon pada Struktur Tegakan Vegetasi di Hutan Wanagama, Daerah Istimewa Yogyakarta
Nama : Sidqi Fathi Lingga Azuardhi
NIM : E3401211123

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Lilik Budi Prasetyo, M.Sc



Pembimbing 2:
Arif Kurnia Wijayanto, S.TP. M.Sc



Diketahui oleh

Ketua Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata:
Dr. Ir. Nyoto Santoso, M.S
NIP 196203151986031002



Tanggal Ujian: 19 Agustus 2025

Tanggal Lulus: 30 SEP 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.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga skripsi berjudul “Teknologi Drone dalam Estimasi Cadangan Karbon pada Struktur Tegakan Vegetasi di KHDTK Wanagama, Daerah Istimewa Yogyakarta” berhasil diselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lilik Budi Prasetyo, M.Sc dan Arif Kurnia Wijayanto, S.TP. M.Sc sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Pihak KHDTK Wanagama atas perizinan penelitian yang telah diberikan, Sukardiyono atas pendampingan selama di lapangan serta bantuannya dalam pengumpulan data selama di lapangan.
3. Bapak Kresno Dwi Santosa dan Ibu Rima Handini selaku orangtua penulis, Nathania Belva Azalia selaku adik kandung penulis, dan seluruh anggota keluarga yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas do'a dan dukungannya.
4. Dr. Ir. Siti Badriyah Rushayati, M.Sc, sebagai dosen yang sangat berkontribusi dalam penyusunan penulisan skripsi bagi sang penulis serta kontribusi dalam pendidikan sang penulis.
5. RATIKAPE (C1-066) yang senantiasa selalu meluangkan waktunya untuk berkontribusi dan membantu dalam memberi dukungan bagi sang penulis untuk terus bersemangat dalam proses penyusunan skripsi hingga tuntas.
6. Seluruh teman-teman Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata angkatan 58 “*Eucalyptus Deglupta*” atas dukungan dan semangat yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini, sehingga kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat diharapkan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, September 2025

Sidqi Fathi Lingga Azuardhi

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	
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 Lokasi dan Waktu Penelitian	4
2.2 Alat dan Objek Penelitian	5
2.3 Jenis Data	5
2.4 Metode Pengumpulan Data	6
2.5 Analisis Data	8
III HASIL DAN PEMBAHASAN	16
3.1 Pengukuran Lapangan	16
3.2 <i>Orthophoto</i>	17
3.3 <i>Digital surface model</i> (DSM) dan <i>Digital Terrain Model</i> (DTM)	20
3.4 <i>Canopy Height Model</i> (CHM)	23
3.5 Model Regresi	25
3.6 Uji Statistika <i>Root Mean Square Error</i> dan <i>Mean Absolute Error</i>	26
3.7 Total Akumulasi Biomassa	28
3.8 Akumulasi Cadangan Karbon	30
IV SIMPULAN DAN SARAN	35
4.1 Simpulan	35
4.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	38
RIWAYAT HIDUP	48



DAFTAR TABEL

1	Alat yang digunakan untuk penelitian	5
2	Jenis metode, dan analisis data	5
3	Persamaan alometrik spesies vegetasi	10
4	Klasifikasi nilai %RMSE	14
5	Klasifikasi nilai rMAE	16
6	Rata – rata DBH dan tinggi vegetasi	16
7	<i>Ground sampling distance</i> (GSD)	18
8	Ekstraksi DSM – DTM	21
9	Distribusi tinggi kanopi CHM	24
10	Perbandingan uji RMSE dan MAE	27

DAFTAR GAMBAR

1	Peta lokasi KHDTK Wanagama	4
2	Peta lokasi pengambilan plot karbon	9
3	Plot sampling pengambilan variabel cadangan karbon	9
4	Ilustrasi pengukuran tinggi tiang dan pohon	10
5	Kanopi rapat	19
6	Kanopi sedang	20
7	Kanopi tidak rapat	20
8	DSM rapat	22
9	DSM sedang	22
10	DSM tidak rapat	22
11	DTM rapat	23
12	DTM sedang	23
13	DTM tidak rapat	23
14	CHM rapat	25
15	CHM sedang	25
16	CHM tidak rapat	25
17	Model regresi	26
18	Akumulasi biomassa pengukuran lapangan	28
19	Akumulasi biomassa metode <i>structure from motion</i>	29
20	Akumulasi cadangan karbon pengukuran lapangan	30
21	Akumulasi cadangan karbon metode <i>structure from motion</i>	31
22	Akumulasi perbandingan cadangan karbon	33

DAFTAR LAMPIRAN

1	Analisis model regresi	38
2	Hubungan biomassa dari model regresi dan pengukuran lapangan	39
3	<i>Canopy height model</i> (CHM) pada setiap plot sampling	39
4	Dokumentasi lapangan pada tutupan kanopi rapat	39
5	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 1 dan 9	40
6	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 5	40
7	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 2, 31, dan 32	41
8	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 3 dan 4	41
9	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 6	42
10	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 7	42
11	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 8	43
12	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 10,11,13, dan 24	43
13	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 12,14 , dan 25	44
14	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 15,16,17,23 dan 27	44
15	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 18,20, dan 35	45
16	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 19 dan 34	45
17	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 21 dan 33	46
18	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 22	46
19	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 26	47
20	Peta <i>canopy height model</i> (CHM) plot 28,29 dan 30	47