

# **PENDUGAAN CADANGAN KARBON TEGAKAN EKALIPTUS HIBRIDA BERBASIS LANDSAT 8 DI SUMATERA UTARA**

**RONALD HOT MARNAEK**



**PROGRAM STUDI KONSERVASI BIODIVERSITAS TROPIKA  
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**



## @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.

## PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pendugaan Cadangan Karbon Tegakan Ekaliptus Hibrida Berbasis Landsat 8 Di Sumatera Utara” 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, Agustus 2024

Ronald Hot Marnaek  
E3501212034

- 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

## RINGKASAN

RONALD HOT MARNAEK. Pendugaan Cadangan Karbon Tegakan Ekaliptus Hibrida Berbasis Landsat 8 di Sumatera Utara. Dibimbing oleh YUDI SETIAWAN, RACHMAD HERMAWAN dan MUHDIN.

Eucalyptus hibrida memegang peranan penting dalam siklus karbon global karena pertumbuhannya yang sangat cepat sehingga perlu diketahui berapa banyak biomassa dan karbon yang dapat dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan persamaan alometrik untuk menaksir biomassa dan kandungan karbon yang tersimpan dalam tegakan ekaliptus. Data diperoleh melalui pengambilan sampel secara destruktif sebanyak 75 pohon kemudian sampel dari beberapa bagian pohon dikeringkan dalam oven dan dianalisis untuk memperoleh nilai biomassa dan model alometrik yang cukup akurat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model polynomial hubungan antara DBH dengan biomassa pohon memiliki korelasi yang baik dengan R-kuadrat sebesar 97,50%. Umur 1 tahun dengan rata-rata diameter 3,23 cm = 2,50 ton C/ha atau 9,17 ton CO<sub>2</sub>e, umur tahun 2 dengan rata-rata diameter 9,33 = 21,30 ton C/ha atau 78,16 ton CO<sub>2</sub>e, umur tahun 3 dengan rata-rata diameter 9,49 = 22,50 ton C/ha atau 82,57 ton CO<sub>2</sub>e, umur tahun 4 dengan rata-rata diameter 11,62 = 38,61 ton C/ha atau 141,68 ton CO<sub>2</sub>e, umur 5 tahun dengan rata-rata diameter 12,63 = 46,42 ton C/ha atau 170,37 ton CO<sub>2</sub>e. Hasil cadangan karbon menunjukkan bahwa semakin bertambah umur tegakan, maka cadangan karbon yang tersimpan juga semakin bertambah. Teknologi penginderaan jauh merupakan salah satu solusi untuk pemantauan hutan dalam skala luas. Metode yang digunakan adalah metode *Forest Canopy Density* (FCD) yang terdiri dari empat indeks biofisik yaitu AVI, BSI, SI, dan TI yang diperoleh dari citra Landsat 8 dan 9 OLI TIRS tahun 2023. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan eksponensial antara nilai FCD dengan biomassa tegakan dengan R-kuadrat yaitu 34,15%. Daur tebang terbaik adalah daur tebang 5 tahun. Peningkatan waktu penyelesaian komplrit tanam mampu meningkatkan cadangan karbon dan kemampuan daya serap. Untuk menyeimbangkan daya serap serap karbon dengan yang dilepas, kawasan lindung memiliki peran yang vital yang dapat membantu menyerap karbon.

Kata kunci: model alometrik, biomassa, ekaliptus hybrid, FCD, karbon

## SUMMARY

RONALD HOT MARNAEK. Estimation of Carbon Stock of Hybrid Eucalyptus Standings Based On Landsat 8 in North Sumatera. Supervised by YUDI SETIAWAN, RACHMAD HERMAWAN dan MUHDIN.

Hybrid eucalyptus plays an important role in the global carbon cycle because of its rapid growth, so it is necessary to know how much biomass and carbon can be produced. This study aims to develop an allometric equation to estimate the biomass and carbon content stored in the eucalyptus stand. Data was obtained through destructive sampling of 75 trees then samples from several parts of the tree were dried in an oven and analyzed to obtain biomass values and allometric models that were quite accurate. The results showed that the polynomial model of the relationship between DBH and tree biomass had a good correlation with R-squared of 97.50%. 1 year old with an average diameter of 3.23 cm = 2.50 tons C/ha or 9.17 tons of CO<sub>2</sub>e, 2 years old with an average diameter of 9.33 = 21.30 tons C/ha or 78.16 tons of CO<sub>2</sub>e, 3 years old with an average diameter of 9.49 = 22.50 tons C/ha or 82.57 tons of CO<sub>2</sub>e, 4 years old with an average diameter of 11.62 = 38.61 tons C/ha or 141.68 tons of CO<sub>2</sub>e, 5 years old with an average diameter of 12.63 = 46.42 tons C/ha or 170.37 tons of CO<sub>2</sub>e. The results of carbon reserves show that the older the stands, the more the stored carbon reserves also increase. Remote sensing technology is one solution for forest monitoring on a large scale. The method used is the Forest Canopy Density (FCD) method which consists of four biophysical indices, namely AVI, BSI, SI, and TI obtained from Landsat 8 and 9 OLI TIRS images in 2023. The results of this study show that there is an exponential relationship between the FCD value and the standing biomass with R-squared, which is 34.15%. The best logging cycle is a 5-year cutting cycle. Increasing the time to complete the planting is able to increase carbon storage and absorption capacity. To balance the carbon sequestration with the one released, protected areas have a vital role that can help absorb carbon

**Keywords:** allometric model, biomass, carbon, eucalyptus hybrid, FCD



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 2024  
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.*

# **PENDUGAAN CADANGAN KARBON TEGAKAN EKALIPTUS HIBRIDA BERBASIS LANDSAT 8 DI SUMATERA UTARA**

**RONALD HOT MARNAEK**

Tesis  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister Sains pada  
Program Studi Konservasi Biodiversitas Tropika

**PROGRAM STUDI KONSERVASI BIODIVERSITAS TROPIKA  
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**



## @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 : Pendugaan Cadangan Karbon Tegakan Ekaliptus Hibrida Berbasis Landsat 8 di Sumatera Utara  
Nama : Ronald Hot Marnaek  
NIM : E3501212034

@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.

Disetujui oleh

Pembimbing 1 :  
Dr. Yudi Setiawan, S.P., M.Env.Sc.

Pembimbing 2 :  
Dr. Ir. Rachmad Hermawan, M.Sc.F.Trop

Pembimbing 3 :  
Dr. Ir. Muhdin, M.Sc.F.Trop

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:  
Prof. Dr. Ir. Yanto Santosa, DEA  
NIP 196010041985011001

Dekan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan:  
Prof. Dr. Ir. Naresworo Nugroho, MS.  
NIP 196501221989031002



Tanggal Ujian:  
23 Agustus 2024

Tanggal Lulus:  
09 SEP 2024



- 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 Tuhan Yang Maha Kuasa sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema penelitian membahas mengenai cadangan karbon dengan judul "Pendugaan Cadangan Karbon Tegakan Ekaliptus Hibrida Berbasis Landsat 8 di Sumatera Utara".

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing Dr. Yudi Setiawan, S.P., M.Env.Sc., Dr. Ir. Rachmad Hermawan, M.Sc.F.Trop, dan Dr. Ir. Muhdin, M.Sc.F.Trop. yang telah membimbing dan banyak memberi saran selama penyusunan karya ilmiah ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada jajaran manajemen PT Toba Pulp Lestari, Tbk yang telah memberikan kesempatan tugas belajar ke IPB University. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada bapak Arief beserta staf Laboratorium ALGM, rekan-rekan KVT dan *Countoures* serta staf administrasi KVT yang telah banyak membantu dan memberi dukungan sampai karya ilmiah ini selesai. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada istri dan orang yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2024

*Ronald Hot Marnaek*



## @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 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## DAFTAR ISI

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| DAFTAR TABEL                                       | ii  |
| DAFTAR GAMBAR                                      | ii  |
| DAFTAR LAMPIRAN                                    | iii |
| I PENDAHULUAN                                      | 1   |
| 1.1 Latar Belakang                                 | 1   |
| 1.2 Rumusan Masalah                                | 2   |
| 1.3 Tujuan                                         | 3   |
| 1.4 Manfaat                                        | 3   |
| 1.5 Kerangka Berpikir                              | 3   |
| II TINJAUAN PUSTAKA                                | 5   |
| 2.1 Ekosistem Hutan                                | 5   |
| 2.2 Ekaliptus                                      | 5   |
| 2.3 Biomassa                                       | 5   |
| 2.4 Alometrik                                      | 7   |
| 2.5 <i>Forest Canopy Density</i> (FCD)             | 7   |
| 2.6 <i>Leaf Area Index</i> (LAI)                   | 8   |
| III METODE                                         | 9   |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian                    | 9   |
| 3.2 Alat dan Bahan                                 | 9   |
| 3.3 Pengumpulan Data                               | 10  |
| 3.4 Analisis data                                  | 15  |
| IV HASIL DAN PEMBAHASAN                            | 20  |
| 4.1 Kondisi Areal Tanaman Eucalyptus               | 20  |
| 4.2 Model Alometrik Biomassa dan Cadangan Karbon   | 20  |
| 4.3 Model Korelasi FCD dengan LAI, CC dan Biomassa | 24  |
| 4.4 Estimasi Biomassa dan Cadangan Karbon          | 28  |
| 4.5 Manajemen Cadangan Karbon                      | 30  |
| V SIMPULAN DAN SARAN                               | 40  |
| 5.1 Simpulan                                       | 40  |
| 5.2 Saran                                          | 40  |
| DAFTAR PUSTAKA                                     | 41  |
| LAMPIRAN                                           | 48  |
| RIWAYAT HIDUP                                      | 65  |

## DAFTAR TABEL

|    |                                                                                  |    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Alat Penelitian                                                                  | 10 |
| 2  | Bahan Penelitian                                                                 | 10 |
| 3  | Jenis data yang digunakan                                                        | 12 |
| 4  | Kelas tutupan tajuk                                                              | 18 |
| 5  | Biomassa setiap bagian ekaliptus hibrida <i>E. grandis</i> x <i>E. Urophylla</i> | 21 |
| 6  | Model Estimasi                                                                   | 22 |
| 7  | Peringkat Model Estimasi                                                         | 22 |
| 8  | Estimasi cadangan karbon                                                         | 23 |
| 9  | Model Estimasi FCD dan Biomassa                                                  | 27 |
| 10 | Peringkat Model Estimasi FCD dan biomassa                                        | 27 |
| 11 | Biomassa dan cadangan karbon tanaman ekaliptus                                   | 29 |
| 12 | Kondisi awal cadangan karbon                                                     | 32 |
| 13 | Skenario pada waktu komplit tanam dan tingkat kematian                           | 36 |

## DAFTAR GAMBAR

|    |                                                                             |    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Kerangka Berpikir                                                           | 4  |
| 2  | Peta lokasi penelitian                                                      | 9  |
| 3  | Proses penelitian                                                           | 11 |
| 4  | Penentuan plot penelitian                                                   | 12 |
| 5  | Pembagian batang pohon sampel (dimodifikasi dari Martin <i>et al.</i> 2020) | 13 |
| 6  | <i>Canopy coverage</i> (dimodifikasi dari Dharmawan, 2020)                  | 14 |
| 7  | Titik pengambilan foto (dimodifikasi dari Dharmawan, 2020)                  | 15 |
| 8  | Biomassa ekaliptus hibrida <i>E. grandis</i> x <i>E. Urophylla</i>          | 20 |
| 9  | Hasil Model Polinomial Biomassa dengan Diameter (DBH)                       | 23 |
| 10 | Nilai FCD                                                                   | 24 |
| 11 | Nilai <i>canopy coverage</i> dan LAI                                        | 25 |
| 12 | Korelasi FCD dan LAI                                                        | 26 |
| 13 | Korelasi FCD dan <i>Canopy Coverage</i>                                     | 26 |
| 14 | Korelasi FCD dan Biomassa                                                   | 27 |
| 15 | Peta Forest Canopy Density Aek Nauli 1                                      | 28 |
| 16 | Peta Forest Canopy Density Aek Nauli 2                                      | 29 |
| 17 | Perbandingan jumlah biomassa dan cadangan karbon                            | 30 |
| 18 | Biomassa dan cadangan karbon per hektar                                     | 30 |
| 19 | <i>Causal loop</i> diagram model                                            | 31 |
| 20 | Grafik kondisi awal cadangan karbon                                         | 33 |
| 21 | Penyerapan dan pelepasan karbon pada daur 4                                 | 33 |
| 22 | Penyerapan dan pelepasan karbon pada daur 5                                 | 34 |
| 23 | Penyerapan dan pelepasan karbon pada daur 6                                 | 35 |
| 24 | Penyerapan dan pelepasan karbon pada daur 7                                 | 35 |
| 25 | Peningkatan cadangan karbon                                                 | 36 |
| 26 | Penyerapan karbon                                                           | 37 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|    |                                                           |    |
|----|-----------------------------------------------------------|----|
| 27 | Foto kondisi lapangan dan hemispherical setiap kelas umur | 49 |
| 28 | Hasil analisa sampel ranting                              | 52 |
| 29 | Hasil analisa sampel kulit kayu                           | 54 |
| 30 | Hasil analisa sampel daun                                 | 56 |
| 31 | Hasil analisa sampel batang                               | 62 |
| 32 | Simulasi perhitungan cadangan karbon daur 4 tahun         | 64 |

