



TINJAUAN PUSTAKA SISTEMATIS: PENDUGAAN CADANGAN KARBON DI ATAS PERMUKAAN TANAH MANGROVE GLOBAL BERBASIS PENGINDERAAN JAUH

@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.

DAFFA RIZQ SULTHAN



**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

IPB University



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Tinjauan Pustaka Sistematis: Pendugaan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah Mangrove Global berbasis Penginderaan Jauh” 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, April 2025

Daffa Rizq Sulthan
G2401211002

- 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 mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

DAFFA RIZQ SULTHAN. Tinjauan Pustaka Sistematis: Pendugaan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah Mangrove Global berbasis Penginderaan Jauh. Dibimbing oleh DANIEL MURDIYARSO.

Ekosistem mangrove menyediakan jasa lingkungan berupa penyimpanan karbon dalam jumlah yang signifikan. Namun, terdapat ancaman degradasi dan deforestasi yang dapat menganggu fungsi penyimpanan mangrove terutama kantong penyimpanan karbon di atas permukaan tanah (AGC). Oleh karena itu, penelitian ini melakukan peninjauan dan sintesis nilai AGC yang diestimasi menggunakan penginderaan jauh. Studi ini secara sistematis meninjau literatur dengan menyaring judul, abstrak, dan teks lengkap. Artikel diperoleh melalui *Web of Science* dan *Scopus*, 99 artikel terpilih dari 766 artikel yang diterbitkan antara tahun 2000 sampai 2024. Hasil sintesis menunjukkan bahwa rata-rata AGC mangrove global sebesar $67,85 \pm 22,58 \text{ Mg C ha}^{-1}$. Rentang rata-rata nilai AGC mangrove berdasarkan benua cenderung berbeda, Benua Asia berada pada rentang 20,06 sampai 103,65 Mg C ha^{-1} , Afrika 27,31 sampai 83,23 Mg C ha^{-1} , Amerika 18,22 sampai 130,75 Mg C ha^{-1} , dan Oseania 33,20 sampai 86,01 Mg C ha^{-1} . Penelitian ini menemukan bahwa data multi-sensor menjadi sumber data yang paling banyak digunakan (59%). Platform citra satelit yang paling diminati adalah Sentinel-2. Fitur vegetasi yang paling banyak digunakan adalah fitur spektral. Model yang dibangun untuk mengestimasi AGC didominasi oleh regresi linear dan algoritma *random forest*. Penelitian ini menemukan bahwa model non-parametrik *machine learning* menjadi model yang optimal untuk mengestimasi AGC.

Kata kunci: cadangan karbon, ekosistem mangrove, jasa lingkungan, mitigasi perubahan iklim, penginderaan jauh

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 mengurangi kepentingan wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRACT

DAFFA RIZQ SULTHAN. Systematic Literature Review of Estimation Global Mangrove Aboveground Carbon Stock Using Remote Sensing. Supervised by DANIEL MURDIYARSO.

Mangrove ecosystems provide significant environmental services in the form of carbon storage. However, threats of degradation and deforestation can disrupt the storage function of mangroves, especially the aboveground carbon stock (AGC). Therefore, this study reviewed and synthesized AGC values estimated using remote sensing. This study systematically reviewed the literature by screening titles, abstracts, and full texts. Articles were obtained through Web of Science and Scopus. Ninety-nine articles were selected from 766 articles published between 2000 and 2024. The average global mangrove AGC was $67,85 \pm 22,58 \text{ Mg C ha}^{-1}$. The average range of mangrove AGC values by continent tends to differ, with Asia ranging from 20,06 to 103,65 Mg C ha^{-1} , Africa from 27,31 to 83,23 Mg C ha^{-1} , the Americas from 18,22 to 130,75 Mg C ha^{-1} , and Oceania from 33,20 to 86,01 Mg C ha^{-1} . The study found that multi-sensor data was the most widely used source (59%). The most popular satellite imagery platform was Sentinel-2. The most commonly used vegetation feature was the spectral feature. The models built to estimate AGC are dominated by linear regression and random forest algorithms. This study also found that the non-parametric-based machine learning model is optimal for estimating AGC.

Keywords: carbon stock, climate change mitigation, environmental services, mangrove ecosystem, remote sensing



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 apa pun tanpa izin IPB.



TINJAUAN PUSTAKA SISTEMATIS: PENDUGAAN CADANGAN KARBON DI ATAS PERMUKAAN TANAH MANGROVE GLOBAL BERBASIS PENGINDERAAN JAUH

@Hak cipta milik IPB University

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Meteorologi Terapan

DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

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 mengurangi 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. Nyoto Santoso, M.S.
2. Dr. I Putu Santikayasa, S.Si., M.Sc.

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 Skripsi : Tinjauan Pustaka Sistematis: Pendugaan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah Mangrove Global berbasis Penginderaan Jauh

Nama : Daffa Rizq Sulthan
NIM : G2401211002



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 mengujikan 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 karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Oktober 2024 sampai bulan Mei 2025 ini yaitu “Tinjauan Pustaka Sistematis: Pendugaan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah Mangrove Global berbasis Penginderaan Jauh”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Terkhusus Mama dan Papa, saudara kandung, keponakan serta seluruh keluarga lainnya, terimakasih telah memberi banyak cinta, kasih sayang, dukungan, dan doa kepada penulis.
2. Dosen Pembimbing, Bapak Prof. Dr. Ir. Daniel Murdiyarno, yang telah memberi banyak kesempatan berharga untuk menjadi mahasiswa bimbingan Bapak. Terimakasih atas segala saran, motivasi, dukungan dan kepercayaan kepada penulis sehingga karya ilmiah ini dapat selesai dengan baik.
3. CIFOR-ICRAF, khususnya Kak Sita, Kak Royna, Kak Kania, Bu Rosita, dan staff lain yang telah memberikan banyak kesempatan untuk belajar, berdiskusi, dan turut membimbing penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini dengan baik.
4. Rekan seperbimbingan, Inez dan Salma yang telah menjadi tempat diskusi dan bercerita atas banyak hal.
5. Rekan-rekan GFM 58 khususnya Ade, Salsa, Eynina dan Naurah, adik-kakak asuh 002 (Kak Alfina, Bang Azriel, Nadyah, Ikmal), serta rekan tim lomba mahasiswa (tim Momconnect, Pancatara, dan Netigen) yang telah bersama-sama perkuliahan dengan menyenangkan dan penuh makna.
6. Seluruh sahabat lain yang setia menemani dan membantu penulis sehari-hari, dalam perkuliahan, maupun dalam penyelesaian tugas akhir ini.

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

Bogor, April 2025

Daffa Rizq Sulthan



DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Cadangan Karbon Mangrove	3
2.2 Penginderaan Jauh	4
III METODE	6
3.1 Alat dan Bahan	6
3.2 Prosedur Penelitian	6
IV HASIL	11
4.1 Ikhtisar Sebaran Pustaka Terpilih	11
4.2 Distribusi Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah Mangrove Global	12
4.3 Distribusi Komponen Penginderaan Jauh dalam Pemodelan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah Mangrove	15
V PEMBAHASAN	19
5.1 Estimasi Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah Mangrove Global	19
5.2 Evaluasi Penggunaan Penginderaan Jauh	21
VI SIMPULAN DAN SARAN	23
6.1 Simpulan	23
6.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	29
RIWAYAT HIDUP	65

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
- Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

1	Kata kunci untuk pencarian literatur	7
2	<i>Search string</i> yang digunakan dalam pencarian pustaka	7

DAFTAR GAMBAR

1	Komponen ekosistem mangrove untuk menguantifikasi biomassa dan cadangan karbon (dimodifikasi dari Kauffman dan Donato (2012)). DBH mengacu pada <i>Diameter At Breast Height</i>	3
2	Perluasan diagram spektrum elektromagnetik beserta gelombang yang direkam oleh sistem penginderaan jauh (dimodifikasi dari Jr dan Ellis (2020))	4
3	Hasil penyaringan literatur	10
4	Akumulasi artikel terpilih berdasarkan tahun	11
5	Lokasi penelitian (n=178 dengan beberapa titik sampel saling tumpang tindih)	12
6	Jumlah pustaka terpilih berdasarkan persebaran lokasi studi di 49 negara. Angka di belakang koma menunjukkan jumlah artikel	12
7	Rata-rata cadangan karbon di atas permukaan tanah mangrove ($Mg\ C\ ha^{-1}$) beserta distribusi penggunaan penginderaan jauh di Benua (a) Oseania, (b) Amerika, (c) Asia, (d) Afrika	14
8	Sebaran penggunaan penginderaan jauh berdasarkan jenis platform pada penelitian terdahulu. Angka di belakang koma menunjukkan jumlah artikel (n=171)	16
9	Sebaran cadangan karbon di atas permukaan tanah mangrove global berdasarkan model pengestimasi AGC yang disintesis dalam tinjauan pustaka sistematis ini. Batang berwarna biru menunjukkan model non-parametrik <i>machine learning</i> , sedangkan batang berwarna jingga menunjukkan model parametrik regresi.	17

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Pencarian literatur	30
2	Lampiran 2 Daftar jurnal ilmiah yang digunakan	31
3	Lampiran 3 Rata-rata cadangan karbon di atas permukaan tanah mangrove global pada hasil penelitian ini	33
4	Lampiran 4 Keragaman penggunaan penginderaan jauh berdasarkan <i>platform</i>	35
5	Lampiran 5 Keragaman penggunaan kombinasi fitur vegetasi	36
6	Lampiran 6 Pengelompokan penggunaan model	37
7	Lampiran 7 Rincian sebaran model pengestimasi	38
8	Lampiran 8 Rincian literatur yang digunakan	37