

**ESTIMASI STOK KARBON MANGROVE DI ATAS PERMUKAAN  
MENGUNAKAN CITRA SENTINEL-1A**

*(Studi Kasus, Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali)*



**Disusun Oleh:  
I Made Wiradana  
2125010**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2026**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ESTIMASI STOK KARBON MANGROVE DI ATAS PERMUKAAN  
MENGUNAKAN CITRA SENTINEL-1A**

**SEKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Mencapai Gelar Sarjana  
Teknik (S.T.) Strata Satu (S-1) Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil Dan  
Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang**

**Disusun Oleh:**

**I Made Wiradana**

**2125010**

**Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing I**

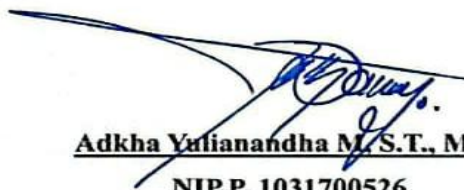


**Feny Arafah, S.T., M.T.**

**NIP.P. 1003500516**

**Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing II**



**Adkha Yulianandha M., S.T., M.T.**

**NIP.P. 1031700526**

**Menyetujui,**

**Ketua Program Studi Teknik Geodesi S-1**



**Dedy Kurnia Sunaryo, S.T., M.T.**

**NIP.Y 1039500280**



1. Jln. PERSERO MALANG  
DAN NINGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : J. Bendungan Sguregura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 352015 Malang 65143  
Kampus II : J. Raya Karangia, Km 2 Telp. (0341) 417036 Fax. (0341) 417034 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SEMINAR HASIL SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**NAMA** : I Made Wiradana  
**NIM** : 2125010  
**JURUSAN** : TEKNIK GEODESI S-1  
**JUDUL** : ESTIMASI STOK KARBON MANGROVE DI ATAS  
PERMUKAAN MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL 1-A (*Studi Kasus : Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali*)

Telah Dipertahankan di Hadapan Panitia Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 (S-1) Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang dan Diterima untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (S1) Bidang Teknik Geodesi

Pada Hari/Tanggal : \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
Dengan Nilai : \_\_\_\_\_

Panitia Ujian Skripsi  
Ketua Penguji

Dedy Kurnia Sunaryo, S.T., M.T.  
NIP.Y. 1039500280

Anggota Penguji

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III

I. Edwin Tjahjadi, S.T., M.Geom.Sc., Ph.D.  
NIP.P. 1039800320

Feny Arifah, S.T., M.T.  
NIP.P. 1031500516

Adkha Yuliananda N. S.T., M.T.  
NIP.P.1031700526

# ESTIMASI STOK KARBON MANGROVE DI ATAS PERMUKAAN MENGUNAKAN CITRA SENTINEL-1A

I Made Wiradana (2125010)

Dosen Pembimbing I: Feny Arafah, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II: Adkha Yulianandha Mabur, S.T., M.T.

## ABSTRAK

Ekosistem mangrove berperan penting dalam menyerap dan menyimpan karbon sehingga mendukung mitigasi perubahan iklim. Taman Hutan Raya (Tahura) Ngurah Rai Bali merupakan kawasan mangrove strategis yang menghadapi tekanan aktivitas antropogenik serta keterbatasan data kuantitatif stok karbon di atas permukaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi biomassa dan stok karbon mangrove menggunakan citra Sentinel-1 *Synthetic Aperture Radar* (SAR) berdasarkan nilai hamburan balik (*backscatter*). Metode penelitian dilakukan melalui analisis citra satelit yang dikombinasikan dengan data lapangan dari 30 plot pengamatan berukuran  $20 \times 20$  m untuk perhitungan *Above-Ground Biomass* (AGB). Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara nilai *backscatter* dan AGB dengan model regresi  $y = 19,421x + 384,91$ , koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,69. Hasil estimasi AGB berdasarkan citra Sentinel-1 pada polarisasi VH menunjukkan nilai rata-rata AGB sebesar 93,04 ton/ha, dengan total estimasi biomassa mangrove mencapai 1.332.601,56 ton pada tahun 2026. Uji akurasi  $R^2$  dan NMAE sebesar 18,99%. Model regresi tersebut digunakan untuk mengestimasi biomassa dan stok karbon mangrove secara spasial di Tahura Ngurah Rai Bali. Penelitian ini menunjukkan bahwa citra Sentinel-1 SAR efektif digunakan dalam estimasi stok karbon mangrove dan mendukung pengelolaan kawasan konservasi secara berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Biomassa di Atas Permukaan, Mangrove, Stok Karbon, Sentinel-1A, *Synthetic Aperture Radar* (SAR).

**ESTIMATION OF MANGROVE ABOVE-GROUND CARBON STOCK  
USING SENTINEL-1A IMAGERY**

I Made Wiradana (2125010)

Dosen Pembimbing I: Feny Arafah, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II: Adkha Yulianandha Mabror, S.T., M.T.

**ABSTRACT**

*Mangrove ecosystems play a crucial role in absorbing and storing carbon, thereby contributing to climate change mitigation. Ngurah Rai Grand Forest Park (Tahura Ngurah Rai), Bali, is a strategic mangrove area that faces increasing anthropogenic pressures and limited quantitative data on above-ground carbon stocks. This study aims to estimate mangrove biomass and carbon stocks using Sentinel-1 Synthetic Aperture Radar (SAR) imagery based on backscatter values. The research methodology involved satellite image analysis combined with field data collected from 30 observation plots measuring 20 × 20 m for the calculation of Above-Ground Biomass (AGB). The results indicate a strong relationship between backscatter values and AGB, represented by the regression model  $y = 19.421x + 384.91$ , with a coefficient of determination ( $R^2$ ) of 0.69. The AGB estimation derived from Sentinel-1 VH polarization imagery shows an average AGB value of 93.04 ton/ha, with a total estimated mangrove biomass of 1,332,601.56 tons in 2026. Accuracy assessment using  $R^2$  and NMAE resulted in an NMAE value of 18.99%. The developed regression model was subsequently applied to spatially estimate mangrove biomass and carbon stocks across Tahura Ngurah Rai, Bali. This study demonstrates that Sentinel-1 SAR imagery is effective for estimating mangrove carbon stocks and supports sustainable management of conservation areas.*

**Keywords:** *Aboveground Biomass, Carbon Stock, Mangrove, Sentinel-1A, Synthetic Aperture Radar (SAR).*

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : I Made Wiradana  
NIM : 2125010  
Program Studi : Teknik Geodesi  
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan yang sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul:

### **ESTIMASI STOK KARBON MANGROVE DI ATAS PERMUKAAN MENGUNAKAN CITRA SENTINEL-1A**

Adalah hasil karya saya sendiri dan bukan menjiplak atau menduplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, 11 September 2025

Yang Membuat Pernyataan



10000  
MALANG  
TEMPER  
KTA67ANX2041E3005

I Made Wiradana

2125010

## LEMBAR PERSEMBAHAN

### *Om Awighnam astu Namu Siddham*

"Ya Tuhan, semoga atas perkenan-Mu, tiada suatu halangan bagi hamba dan semoga berhasil"

### **Ida Sang Hyang Widhi Wasa**

#### **Tuhan Yang Maha Esa, Sumber Segala Inspirasi Dan Kebijakan.**

Segala kemampuan dan keberhasilan dalam menyelesaikan skripsi ini merupakan rahmat Ida Sang Hyang Widhi Wasa yang tak ternilai. Penulis berharap dapat mempersembahkan sebuah yadhnya kecil bagi alam. Semoga skripsi ini memberi manfaat bagi pelestarian lingkungan dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Berlandaskan rasa syukur yang mendalam, karya sederhana ini saya persembahkan dengan tulus sebagai ungkapan bhakti dan cinta kepada mereka yang selalu hadir dalam setiap langkah.

### **Bapak, I Made Arimbawa**

Untuk Ayah, terima kasih atas keteguhan, doa, dan pengorbanan yang mengiringi setiap langkah hingga tahap ini. Meski tidak menempuh pendidikan tinggi, Ayah berhasil mengantarkan anak - anaknya meraih gelar sarjana. Semoga atas *asung kertha wara nugraha* Ida Sang Hyang Widhi Wasa, Ayah senantiasa diberikan kesehatan, umur panjang, keselamatan, dan kelimpahan rezeki.

### **Ibu, Ni Putu Wiwik Kastini**

Untuk Ibu tercinta, terima kasih atas doa, cinta, kesabaran, dan pengorbanan yang tiada henti, serta maafkan anak ini yang sering membuat Ibu khawatir. Semoga Ibu selalu diberi kesehatan, kebahagiaan, dan umur panjang, karena rumah ternyaman akan selalu ada di pelukan Ibu.

### **Putu Ambara, Nyoman Surya, Ketut Agus**

Skripsi ini saya persembahkan untuk keempat saudara saya. Sebagai *Catur Sanak*, kalian selalu jadi bagian penting dalam setiap langkah saya. Terima kasih sudah selalu ada, saling dukung, dan tetap kompak sesuai makna *Menyama Braya*. Semoga kita selalu sehat, rukun, dan terus bareng menghadapi apa pun ke depan.

### **Teman – Teman**

Skripsi ini saya persembahkan untuk teman-teman di rumah dan teman - teman angkatan di kampus yang telah menemani dan mendukung selama masa perkuliahan. Terima kasih khususnya untuk Prayoga, Galih, Ilham, Robby yang menemani pada saat skripsian, dan *say Thanks* buat Intan Aristya, Jungta, Gung Yoga, Mobz, Rizqi M, Novan, Wahyu, Nawra, Widi, Akbar, Maria, Gilang, Zulkarnain yang sudah menjadi support sistem. serta teman-teman Angkatan 2021 yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu. Semoga kebersamaan ini menjadi kenangan baik dan langkah kita ke depan selalu dimudahkan.

***“Om sarve bhavantu sukhinah,  
sarve santu nirāmayāḥ.  
Sarve bhadraṇi paśyantū,  
mā kaścidduḥkhabhāgbhavet.  
Om śāntiḥ, śāntiḥ, śāntiḥ”***

Semoga semua makhluk hidup berbahagia,  
Semoga semuanya terbebas dari penyakit dan penderitaan.  
Semoga semua melihat dan mengalami kebaikan,  
dan Semoga tidak ada satu pun yang mengalami kesengsaraan.  
Semoga kedamaian tercipta di dalam diri, di alam, dan di seluruh semesta.

## KATA PENGANTAR

Dengan Mengucap Syukur kepada Ida Sang Hiyang Widhi Wasa yang telah memberikan petunjuk, kemudahan, dan nikmat serta limpahan rahmat karunia-Nya, sehingga skripsi yang berjudul “Visualisasi 3d Menggunakan Pengukuran Topografi Dan Foto Udara Drone Dalam Pembuatan Masterplan Bali International Hospital (Studi Kasus: Grand Inna Bali Beach, Sanur-Denpasar)” dapat terselesaikan dengan baik. Doa dan kekuatan yang selalu dipanjatkan kepada Ida Sang Hiyang Widhi Wasa. Ungkapan terima kasih dari penulis disampaikan kepada

1. Orang tua dan keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan materi, moril serta do'a yang berlimpah.
2. Ibu Feny Arafah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang dengan baik dan sabar membimbing penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Adkha Yuliananda Maburr, ST., MT. selaku dosen pembimbing pendamping, yang telah memberikan bimbingan penulisan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
4. Seluruh Bapak/Ibu dosen beserta staf karyawan Program Studi Teknik Geodesi atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan selama masa studi.
5. Teman – teman Teknik Geodesi angkatan 2021, terima kasih atas kebersamaan, canda, dan perjuangan yang kita lalui bersama selama masa perkuliahan.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam penyusunan skripsi. Maka dari itu, penulis memohon kritik dan masukan yang membangun demi perbaikan penelitian ini. Demikian yang dapat penulis sampaikan dalam laporan ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk banyak pihak. Terima kasih atas perhatiannya.

Malang, 4 Februari 2026

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>II</b>
<b>BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>IV</b>
<b><i>ABSTRACT</i> .....</b>	<b>V</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....</b>	<b>VI</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>IX</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>X</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>XIII</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>XV</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	2
1.3    Tujuan dan Manfaat .....	3
1.3.1 Tujuan .....	3
1.3.1 Manfaat.....	3
1.4    Batasan Masalah.....	3
1.5    Sistematika Penulisan.....	4
1.6    Penelitian Terdahulu.....	4
<b>BAB II DASAR TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1    Mangrove.....	6
2.2    Manfaat dan Fungsi Mangrove.....	7
2.3    Biomassa.....	7
2.4    Stok Karbon.....	8
2.4.1 Siklus Karbon .....	9
2.4.2 Simpanan Karbon .....	10
2.5    Pengindraan Jauh.....	10
2.6    Hamburan Balik ( <i>Backscatter</i> ) .....	11
2.7    Koreksi Citra.....	12
2.8    Metode Transek .....	13

2.9	Metode <i>Purposive Sampling</i> .....	14
2.10	Ukuran Plot.....	15
2.11	Jumlah Sampel dan Plot .....	16
2.12	Persamaan Allometrik .....	17
2.13	Koefisien Korelasi Determinasi ( $R^2$ ).....	19
2.14	<i>Synthetic Aperture Radar</i> (SAR).....	20
2.15	Citra Sentinel-1A.....	20
2.16	Uji Akurasi.....	21
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN .....</b>		<b>23</b>
3.1	Lokasi Penelitian .....	23
3.2	Alat dan Bahan .....	23
3.3	Diagram Alir.....	25
3.4	<i>Pre-processing</i> Data Cita.....	28
3.4.1	<i>Subset</i> Citra.....	28
3.4.2	<i>Apply Orbit File</i> .....	28
3.4.3	Koreksi Geometrik.....	29
3.4.4	Kalibrasi Radiometrik.....	29
3.4.5	<i>Speckle Filtering</i> .....	30
3.4.5	<i>Mask Land/Sea Mask</i> .....	30
3.5	Pengambilan Data Lapangan.....	31
3.6	Pengolahan Data Lapangan .....	34
3.7	Analisis Hubungan Citra dan Data Lapangan .....	36
3.8	Menghubungkan Data Citra Dengan Model Regresi Linier.....	37
3.9	Uji Akurasi Karbon Citra dan Data Lapangan .....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>40</b>
4.1	Jumlah Total Mangrove Dari Plot Pengamatan.....	40
4.2	Hasil AGB ( <i>Above Ground Biomass</i> ) Lapangan.....	41
4.3	Hasil Hamburan Balik Citra Sentinel 1A .....	42
4.4	Hasil Analisis Hubungan Citra dan Data Lapangan.....	44
4.5	Hasil Uji Akurasi .....	45
4.6	Hasil Citra AGB Terkoreksi .....	46
4.7	Hasil Estimasi Stok Karbon di TAHURA Ngurah Rai Bali, Tahun 2026 .....	47
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>51</b>

5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN (A) .....</b>	<b>56</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis Mangrove. ....	6
Gambar 2. 2 Pengukuran Diameter Pohon Setinggi Dada .....	8
Gambar 2. 4 Siklus Karbon.....	9
Gambar 2. 5 Ilustrasi Pengindraan Jauh.....	11
Gambar 2. 6 Bentuk Dan Ukuran Plot .....	14
Gambar 2. 7 Plot Bujur Sangkar .....	15
Gambar 2. 8 Bentuk Plot Lingkaran .....	16
Gambar 2. 9 Satelit Sentinel.....	21
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian.....	23
Gambar 3. 2 Diagram Alir.....	25
Gambar 3. 3 Citra Sebelum Di <i>Subset</i> . B). Citra Yang Sudah Di <i>Subset</i> .....	28
Gambar 3. 4 Hasil Citra Yang Telah Dilakukan Proses <i>Apply Orbit File</i> .....	29
Gambar 3. 5 (A) Tampilan Yang Belum Di Koreksi Geometrik. (B) Tampilan Citra Yang Sudah Dilakukan Koreksi Geometrik .....	29
Gambar 3.6 Hasil Citra Yang Sudah Dilakukan Koreksi Radiometrik Dan Mengubah Nilai DN Menjadi Nilai Desibel. ....	30
Gambar 3. 7 Hasil Citra <i>Backscatter</i> Yang Sudah Di Potong Menggunakan <i>Buffer</i> .....	31
Gambar 3. 8 Plot Sampel Lapangan.....	31
Gambar 3. 9 Observasi Lapangan.....	32
Gambar 3. 10 Mengukur Area Plot Dengan Ukuran 20x20.....	32
Gambar 3. 11 (A.) Pengukuran Diameter Setinggi Dada. (B.) Pengukuran Diameter Pohon.....	33
Gambar 3. 12 Pengambilan Koordinat Lapangan.....	34
Gambar 3. 13 Hasil Memasukan Diameter Pohon Dan Jenis Pohon Ke Tabel. ...	34
Gambar 3. 14 Hasil Nilai Biomassa Yang Telah Dihitung Menggunakan Rumus Allomatrik. ....	35
Gambar 3. 15 Hasil Perhitungan Konsentrasi Karbon.....	35
Gambar 3. 16 Hasil Dari Perhitungan Ton/Ha .....	36
Gambar 3. 17 Proses <i>Band Maths</i> Di <i>Software SNAP</i> Untuk Mendapatkan Citra AGB. ....	38

Gambar 3. 18 Hasil Citra AGB .....	38
Gambar 4. 1 Persentase Janis Mangrove.....	40
Gambar 4. 2 Perbandingan Potensi <i>Above Ground Biomass</i> Pada Masing-Masing Plot .....	42
Gambar 4. 3 Nilai Hamburan Balik Dalam Survei Plot Lapangan.....	43
Gambar 4. 4 Hasil Model Regrasi Citra <i>Backscatter</i> Dengan Data Lapangan.....	44
Gambar 4. 5 Hasil Validasi Regrasi AGB Citra Dengan AGB Lapangan.....	45
Gambar 4. 6 Hasil Citra AGB Yang Sudah Tervalidasi .....	46
Gambar 4. 7 Peta Estimasi Stok Karbon Tahura Ngurah Rai Bali Tahun 2026.....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jumlah Titik Sampel Berdasarkan Skala Peta .....	16
Tabel 2. 2 Contoh Perhitungan Penentuan Jumlah Plot Sampel .....	17
Tabel 2. 3 Model Allometrik Biomassa.....	17
Tabel 2. 4 Nilai Koefisien determinasi ( $R^2$ ). .....	19
Tabel 2. 5 Karakteristik Sentinel-1A mode perekaman IW .....	21
Tabel 4. 1 Hasil Jumlah Individu Yang Terdapat Pada Plot Lapangan .....	40
Tabel 4. 2 Nilai AGB Per-Plot.....	41
Tabel 4. 3 Nilai Desibel Pada Masing-Masing Plot.....	43
Tabel 4. 4 Nilai Negatif Pada Citra AGB.....	47