

SKRIPSI

**PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN (2018 dan 2022) DAN
ESTIMASI KARBON BIRU PADA EKOSISTEM MANGROVE DI
DESA BONTOBahari KECAMATAN BONTOA KABUPATEN
MAROS**

Disusun dan diajukan oleh:

NUR AINUL HIDAYAT KASIM

L011 19 1112



DEPARTEMEN ILMU KELAUTAN

FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

**PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN (2018 dan 2022) DAN
ESTIMASI KARBON BIRU PADA EKOSISTEM MANGROVE DI
DESA BONTOLAHARI KECAMATAN BONTOLAHARI KABUPATEN
MAROS**

NUR AINUL HIDAYAT KASIM

L011191112

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Ilmu
Kelautan dan Perikanan



**DEPARTEMEN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**Perubahan Tutupan Lahan (2018 Dan 2022) Dan Estimasi Karbon Biru
Pada Ekosistem Mangrove Di Desa Bontobahari Kecamatan Bontoa
Kabupaten Maros**

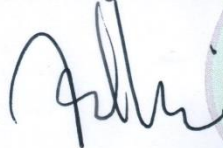
Disusun dan diajukan oleh

**NUR AINUL HIDAYAT KASIM
L011191112**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin pada tanggal 4 Agustus 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Supriadi, S.T., M.Si
NIP: 19691201 199503 1 002

Pembimbing Pendamping,



Dr. Ir. Muh. Rijal Idrus, M.Sc
NIP: 19651219 199002 1 001

Mengetahui

Ketua Program Studi,



Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc.Stud.

NIP: 19690706 199512 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Ainul Hidayat Kasim
NIM : L011191112
Program Studi: Ilmu Kelautan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis yang berjudul:

“Perubahan Tutupan Lahan (2018 Dan 2022) Dan Estimasi Karbon Biru Pada Ekosistem Mangrove Di Desa Bontobahari Kecamatan Bontoa Kabupaten Maros”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain, dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 4 Agustus 2023



Nur Ainul Hidayat Kasim

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Ainul Hidayat Kasim

NIM : L011191112

Program Studi : Ilmu Kelautan

Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi skripsi/tesis/disertasi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai *author* dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan skripsi), saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan skripsi ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, 4 Agustus 2023

Mengetahui,

Ketua Program Studi




Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc.Stud.
NIP: 19690708 199512 1 002

Penulis



Nur Ainul Hidayat Kasim
NIM: L011191112

ABSTRAK

Nur Ainul Hidayat Kasim L011191112. “Perubahan Tutupan Lahan (2018 Dan 2022) Dan Estimasi Karbon Biru Pada Ekosistem Mangrove Di Desa Bontobahari Kecamatan Bontoa Kabupaten Maros”, dibimbing **Supriadi** selaku sebagai Pembimbing Utama dan **Muh. Rijal Idrus** sebagai Pembimbing Anggota.

Ekosistem mangrove di Kabupaten Maros Kecamatan Bontoa Desa bontobahari memiliki daya emisi karbon yang berbeda-beda dengan beberapa jenis mangrove yaitu, *Rhizophora sp.*, *Avicennia sp.* Dengan potensi mangrove sebagai upaya mitigasi perubahan iklim yang dapat menyimpan stok karbon. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2023 Di Kecamatan Bontoa Desa Bontobahari. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk melihat tutupan lahan Desa dan Mangrove untuk mengetahui estimasi stok karbon di Desa Bontobahari. Penelitian dilakukan dengan menganalisis luas lahan dengan citra sentinel 2A dan pengambilan data ekosistem langsung dilapangan untuk melihat kesesuaian data di lapangan dan citra. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terjadi pengurangan luas lahan ekosistem mangrove dan stok karbon secara temporal pada tahun 2018 dengan luas 9,63 Ha dan stok karbon sebesar 1637,0 ton C/Ha menjadi 7,26 Ha dan stok karbon sebesar 1234,2 ton C/Ha pada tahun 2022 yang disebabkan konversi lahan menjadi tambak 1,44 Ha dan lahan terbuka 1,57 Ha. Hasil analisis regresi pada kerapatan mangrove dengan stok karbon memiliki hubungan yang erat dengan koefisien determinasi sebesar 89,29 persen berbanding terbalik dengan hubungan antara tutupan kanopi mangrove dengan stok karbon dengan koefisien determinasi sebesar 6,71 persen.

Kata Kunci : Mangrove, Karbon, Citra Sentinel 2A

ABSTRACT

Nur Ainul Hidayat Kasim L011191112. "Land Cover Change (2018 and 2022) and Estimation of Blue Carbon in Mangrove Ecosystems in Bontobahari Village, Bontoa District, Maros Regency", supervised by **Supriadi** as the Main Supervisor and **Muh. Rijal Idrus** as Co-Supervisor.

Mangrove ecosystems in Maros Regency, Bontoa District, Bontobahari Village have different carbon emission power with several types of mangroves, namely, *Rhizophora* sp., *Avicennia* sp. With the potential of mangroves as a climate change mitigation effort that can store carbon stocks. This research was conducted in March 2023 in Bontoa District, Bontobahari Village. The purpose of this research is to see the Village land cover and Mangroves to determine the estimation of carbon stocks in Bontobahari Village. The research was conducted by analyzing land area with sentinel 2A imagery and taking ecosystem data directly in the field to see the suitability of data in the field and imagery. From the results of the research that has been done there is a temporal reduction in mangrove ecosystem land area and carbon stock in 2018 with an area of 9.63 Ha and carbon stock of 1637.0 tons C / Ha to 7.26 Ha and carbon stock of 1234.2 tons C / Ha in 2022 due to land conversion into ponds 1.44 Ha and open land 1.57 Ha. The results of regression analysis on mangrove density with carbon stocks have a close relationship with the coefficient of determination of 89.29 percent inversely proportional to the relationship between mangrove canopy cover with carbon stocks with a coefficient of determination of 6.71 percent.

Keyword : Mangrove, Carbon, Sentinel 2A Imagery

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan kelancaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Perubahan Tutupan Lahan (2018 Dan 2022) Dan Estimasi Karbon Biru Pada Ekosistem Mangrove Di Desa Bontobahari Kecamatan Bontoa Kabupaten Maros”**. Skripsi ini disusun berdasarkan kajian pustaka yang telah dibaca dan hasil konsultasi dengan pembimbing. Skripsi ini juga menjadi syarat untuk lulus pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dikarenakan terbatasnya ruang untuk melakukan survei langsung ke lapangan dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Melalui skripsi ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya sebagai bentuk penghargaan dan penghormatan kepada pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan, bantuan, dukungan, serta doa selama melakukan penelitian dan penyelesaian skripsi. Ucapan ini penulis berikan kepada:

1. Semua cinta yang saya miliki untuk keluarga saya, Bapak Kasim, Ibu Suriyani, Kakak Alif, dan Adik Fitra yang selalu mendoakan kebaikan, kemudahan dan kelancaran, serta memberikan segalanya agar menyelesaikan perkuliahan.
2. Bapak Dr. Supriadi, ST, M.Si. selaku pembimbing utama dan juga selaku penasehat akademik penulis, yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dukungan serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Dr. Ir. Muh. Rijal Idrus, M.Sc. selaku pembimbing pendamping yang membantu bimbingan dan arahan agar penulisan skripsi ini berjalan lancar.
4. Bapak Prof. Dr. Amran Saru, S.T., M.Si, selaku penguji yang telah memberi arahan dan masukan sehingga terselesaikan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Muhammad Banda Selamat, S.Pi., M.T.selaku penguji yang selalu memberikan saran dan arahan hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Para Dosen Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingan serta ilmu pengetahuan sejak masuk menjadi mahasiswa baru hingga terselesaikannya skripsi ini.
7. Teman-teman yang membantu turun lapangan Krib, Lutpi, Bagas, Ima, Leha, Liana.
8. Teman-teman se-Angkatan MARIANAS yang selalu membantu kehidupan dikampus.
9. Seluruh Keluarga Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan (KEMAJIK FIKP-UH) yang terus bergemuruh.

Semoga Allah SWT selalu memberikan anugerah-Nya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Akhir kata penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca untuk meningkatkan kemampuan penulis dalam menulis skripsi dan karya ilmiah.

Terima Kasih

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 4 Agustus 2023

Penulis

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping letters that appear to be 'Nur' and 'Kasim'.

Nur Ainul Hidayat Kasim

BIODATA PENULIS



Nur Ainul Hidayat Kasim, dilahirkan pada tanggal 2 September 2000 di Makassar. Penulis merupakan anak kedua dari tiga orang bersaudara dari pasangan suami istri **Kasim** dan **Suriyani**. Penulis menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-kanak Nurul Taqwa Makassar pada tahun 2006, SDN Mangkura 1 Makassar pada tahun 2012, SMPN 24 Makassar tahun 2015, dan SMAN 14 Makassar tahun 2018

Pada tahun 2019 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan, Prodi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjalani perkuliahan penulis melakukan kegiatan organisasi kemahasiswaan, di antaranya adalah telah mengikuti Latihan Kepemimpinan Manajemen Mahasiswa (LK1) pada tahun 2019. Adapun untuk memperoleh gelar sarjana ilmu kelautan, penulis melakukan penelitian yang berjudul “Perubahan Tutupan Lahan (2018 dan 2022) Dan Estimasi Karbon Biru Pada Ekosistem Mangrove Di Desa Bontobahari Kecamatan Bontoa Kabupaten Maros” pada tahun 2022-2023 yang dibimbing oleh Dr. Supriadi, ST, M.Si. selaku pembimbing utama dan Dr. Ir. Muh. Rijal Idrus, M.Sc selaku pembimbing pendamping.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERNYATAAN AUTHORSHIP	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
BIODATA PENULIS	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan dan Kegunaan	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Pemanasan Global	3
B. Ekosistem Mangrove	3
1. Pengertian Ekosistem Mangrove	3
2. Fungsi Ekosistem Mangrove.....	4
3. Peranan Mangrove Pada Pemanasan Global.....	5
C. Biomassa Mangrove	5
D. Stok Karbon Mangrove	6
E. Tutupan Kanopi Mangrove	8
F. Penginderaan Jauh Untuk Mangrove.....	8
1. Citra Sentinel - 2A	9
2. Kelas Tutupan Lahan	10
III. METODE PENELITIAN	12
A. Waktu dan Lokasi Penelitian	12
B. Alat dan Bahan	13
1. Alat	13
2. Bahan	14
C. Prosedur Penelitian	14
1. Tahap Persiapan.....	14
2. Survei Lapangan	20

3.	Tahap Pengambilan Data	20
4.	Tahap Pengolahan Data	22
5.	Analisis Data	23
IV.	HASIL	24
A.	Gambaran Umum Lokasi	24
B.	Analisis Citra Penggunaan Lahan	25
1.	Pra Pemrosesan Citra	25
2.	Pengklasifikasian Citra	27
3.	Kelas Tutupan Lahan	28
4.	Stok Karbon Pada Citra	30
C.	Ekosistem Mangrove	31
1.	Struktur Komunitas Vegetasi Mangrove Desa Bonto Bahari	31
2.	Presentasi Tutupan Kanopi di Lapangan	31
3.	Biomassa dan Stok Karbon di Lapangan	31
4.	Hubungan Kerapatan dan Tutupan Kanopi Terhadap Stok Karbon di Lapangan	32
V.	PEMBAHASAN	34
A.	Analisis Citra Tutupan Lahan	34
1.	Pra Pemrosesan Citra	34
2.	Pengklasifikasian Citra	34
B.	Ekosistem Mangrove	34
1.	Tutupan Kanopi Mangrove	34
2.	Biomassa dan Stok Karbon Pada Lapangan dan Citra	35
3.	Hubungan Kerapatan dan Tutupan Kanopi Terhadap Stok Karbon di Lapangan	36
VI.	PENUTUP	37
A.	Kesimpulan	37
B.	Saran	38
	DAFTAR PUSTAKA	38
	LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Baku Mutu	8
Tabel 2. Definisi Kelas Tutupan Lahan	10
Tabel 3. Alat	13
Tabel 4. Bahan.....	14
Tabel 5. Matrix Error.....	16
Tabel 6. Kalkulator GRK.....	16
Tabel 7. Kategori Hutan	17
Tabel 8. Excel Perubahan Lahan Menurut IPCC GL 2006	18
Tabel 9. Tabel Alometrik	22
Tabel 10. Perubahan Luas Lahan.....	23
Tabel 11. Tabel Regresi	23
Tabel 12. Hasil Groundtruth	28
Tabel 13. Kelas Tutupan Lahan.....	30
Tabel 14. Perubahan Kelas Lahan	30
Tabel 15. Jenis Mangrove	31
Tabel 16. Tutupan Kanopi Mangrove.....	31
Tabel 17. Biomassa dan Stok Karbon Lapangan	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lokasi Penelitian.....	13
Gambar 2. Titik Penelitian Unsupervised	20
Gambar 3. Pengambilan Data	21
Gambar 4. Citra Tahun 2018	26
Gambar 5. Citra Tahun 2022	26
Gambar 6. Klasifikasi Tidak Terbimbing.....	27
Gambar 7. Kelas Tutupan Lahan 2018 (a) dan 2022 (b)	29
Gambar 8. Analisis Regresi	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Diameter Batang Stasiun 1	43
Lampiran 2. Data Diameter Batang Stasiun 2	45
Lampiran 3. Data Diameter Batang Stasiun 3	47
Lampiran 4. Biomassa dan Stok Karbon	50
Lampiran 5. Perhitungan Persen Kanopi	50
Lampiran 6. Groundtruth Mangrove	51
Lampiran 7. Groundtruth Pemukiman	54
Lampiran 8. Groundtruth Tambak	54
Lampiran 9. Dokumentasi Lapangan	55

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perubahan iklim yaitu perubahan panas bumi yang disebabkan peningkatan CO₂ di udara yang menyebabkan pemanasan global yang tidak merata mengakibatkan naiknya permukaan air laut disebabkan pola arus yang berubah dan pencairan es kutub serta gejala alam seperti intensitas kebakaran hutan yang meningkat yang semua memiliki dampak pada ekosistem yang dapat menyebabkan bencana alam (Nedhisa & Tjahjaningrum, 2019).

Banyak tindakan yang telah dilakukan untuk mencegah perubahan iklim tetapi tidak cukup untuk menghentikan gas-gas rumah kaca pada atmosfer. Penyebab utama terjadinya global warming adalah meningkatnya emisi gas rumah kaca seperti CO₂ di atmosfer yang dihasilkan oleh berbagai aktivitas masyarakat seperti perindustrian, transportasi, maupun pertanian. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi karbon di udara adalah dengan memanfaatkan beberapa ekosistem laut. Bukti ilmiah menunjukkan bahwa ekosistem laut tertentu dapat berperan sebagai karbon *sinks*, yang dapat menyerap karbon lebih dari 55 persen karbon dunia, lebih besar dari hutan di daratan (Hanjaniputri *et al.*, 2016).

Ekosistem-ekosistem yang terdiri dari, ekosistem mangrove, padang lamun, dan rawa payau yang disebut sebagai ekosistem karbon biru (Hanjaniputri *et al.*, 2016). Ekosistem mangrove adalah ekosistem hidup disepanjang pantai atau perairan yang dipengaruhi oleh pasang surut. Fungsi ekologi dari mangrove sebagai tempat hidup bagi ikan dan biota laut memijah (*spawning*), mencari makan (*feeding*), dan berkembang biak (*nursing*) serta 75% ikan komersial menghabiskan siklus hidupnya pada area mangrove dan melindungi wilayah pesisir dari badai dan tsunami serta sebagai penyerap karbon terbesar di wilayah hutan tropis. Indonesia merupakan negara yang memiliki hutan mangrove terluas di dunia, yaitu sekitar 3.12 juta ha atau 22 % dari total mangrove dunia.

Hal inilah yang menunjukkan bahwa ekosistem mangrove juga mampu berperan upaya mitigasi dan perubahan iklim dunia (Suryono *et al.*, 2018). Pemetaan ekosistem karbon biru salah satunya ekosistem mangrove tersebut dapat dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi dari ekosistem tersebut. Pemetaan dapat memperlihatkan informasi penting dari ekosistem tersebut skala yang besar (Schägner *et a.l.*, 2013). Hal ini akan mempermudah para pengambil kebijakan dan stakeholder untuk memahami kondisi terkini dari ekosistem yang dipetakan. Berdasarkan Peta Sebaran Mangrove di Indonesia Bakosurtanal pada tahun 2009, luas hutan mangrove di Kabupaten Maros

sebesar 814,20 ha, sedangkan berdasarkan hasil penelitian dari Pranata *et al.*,(2016), luas hutan mangrove di Kabupaten Maros sebesar 457,75 ha. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa luas hutan mangrove di Kabupaten Maros terus berkurang kurun waktu 5 tahun. Hal ini disebabkan oleh aktivitas warga sekitar untuk perluasan lahan tambak serta keperluan lainnya. Kecamatan Bontoa sendiri memiliki luas wilayah sebesar 93,52 km² dengan luas kawasan pesisir sebesar 53,38 km² yang terdiri dari 4 desa. Salah satu desa pada kecamatan ini, yaitu Desa Bonto Bahari yang memiliki luasan mangrove sebesar 15,71 ha. Beberapa jenis mangrove yang dapat ditemukan di Kecamatan Bontoa, yaitu *Rhizophora sp.*, *Avicennia sp.*, *Sonneratia sp.*, dan *Bruguiera sp.*, namun yang dominan adalah *Rhizophora sp.*, dan *Avicennia sp.*, (Saru *et al.*, 2018).

Adanya pengurangan luas hutan mangrove kurun waktu beberapa tahun ini menandakan bahwa keberadaan hutan mangrove sekarang cukup mengkhawatirkan. Hal ini dikarenakan oleh ulah manusia guna kepentingan konversi lahan sebagai tambak, permukiman, ataupun tempat wisata. Adanya aktivitas penebangan hutan mangrove secara legal maupun ilegal pun mampu menurunkan populasi mangrove di masa depan. Maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penggunaan lahan serta alokasi lahan yang berpengaruh pada serapan emisi karbon pada ekosistem mangrove di Desa Bontobahari Kecamatan Bontoa dengan bantuan citra satelit Sentinel 2-A untuk mengetahui luas pada tiap lahan yang masing-masing memiliki daya emisi karbon yang berbeda-beda.

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perubahan tutupan lahan tahun 2018 dan 2022 pada Desa Bontobahari Kecamatan Bontoa
2. Mengetahui perubahan luasan mangrove antara tahun 2018 dan 2022 pada Desa Bontobahari Kecamatan Bontoa
3. Mengestimasi jumlah biomassa dan stok karbon yang tersimpan pada vegetasi mangrove di kawasan Ekosistem Mangrove Desa Bontobahari Kecamatan Bontoa

Kegunaan dari penelitian ini yaitu agar dapat memberikan data atau informasi dasar mengenai perubahan lahan pada kawasan Ekosistem Mangrove Desa Bontobahari Kecamatan Bontoa dan Estimasi Karbon Wilayah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pemanasan Global

Pemanasan global merupakan kondisi meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan bumi. Peneliti dari *Center for International Forestry Research* (CIFR) menjelaskan bahwa pemanasan global adalah kejadian terperangkapnya radiasi gelombang panjang matahari (gelombang panas atau infra merah) yang dipancarkan ke bumi oleh gas rumah kaca (Mulyani, 2021). Gas rumah kaca dapat secara natural terdapat pada atmosfer sedangkan efek rumah kaca yaitu kondisi terperangkapnya panas di alam atmosfer dan tidak bisa merata ke semua tempat (Vivi Triana, 2008).

Pemanasan global disebabkan oleh kegiatan antropogenik manusia seperti industri yang mengeluarkan gas-gas karbon dioksida (CO₂) di udara yang terakumulasi pada udara atmosfer sehingga kondisi pemanasan yang semakin meningkat yang disebut efek rumah kaca (*greenhouse effect*) (Mulyani, 2021). Ekosistem mangrove yang merupakan salah satu ekosistem yang dapat menyerap karbon pada udara terutama pada daerah pesisir karena ekosistem ini dapat hidup dengan sehat dikondisi pesisir makanya disebut dengan ekosistem karbon biru yang merupakan salah satu alternatif untuk mencegah pemanasan global serta efek rumah kaca.

B. Ekosistem Mangrove

1. Pengertian Ekosistem Mangrove

Ekosistem mangrove merupakan formasi tumbuhan yang spesifik, dan umumnya dijumpai tumbuh dan berkembang pada kawasan pesisir yang terlindung di daerah tropis dan subtropis. Kata mangrove sendiri berasal dari perpaduan antara bahasa Portugis yaitu *mangue*, dan bahasa Inggris yaitu *grove* (Dharmawan, 2020). Mangrove sebagai sumberdaya lahan basah pada wilayah pesisir serta sistem penyangga kehidupan bagi masyarakat setempat dengan nilai kekayaan alam yang tinggi. Mangrove juga dapat tumbuh didaerah dengan faktor pembatas lingkungan yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut dan berlumpur. Ciri terpenting dari mangrove terlepas dari habitatnya memiliki pohon yang jarang, akar yang tidak beraturan, memiliki biji (propagul) yang sifatnya vivipar atau dapat berkecambah di pohonnya, dan mempunyai banyak lentisel pada kulit pohonnya (Baharuddin, 2019).

Indonesia memiliki 87 spesies pohon mangrove baik berupa pohon, semak, liana, serta epifit. Spesies yang ditemui yaitu *Bruguiera gymnorhiza*, *B. Cylindrica*, *Rhizophora*

mucronata, *R. Apiculata*, *R. Stylosa*, *Intsia sp*, dan *Xylocarpus*. Spesies yang paling sering dijumpai yaitu *Avicennia marina*, *A. alba*, *Sonneratia alba*, *S.acida* serta *Nypa fruticans*, sedangkan famili yang paling sering dijumpai pada wilayah Hutan mangrove yaitu *Rhizophoraceae* yang dominan diseluruh pantai Indonesia (Baharuddin, 2019).

2. Fungsi Ekosistem Mangrove

Kawasan hutan mangrove ini penting, baik dari segi fisik dan biologi maupun penguatan ekonomi masyarakat pesisir. Ada enam manfaat mangrove dari sisi fisik, yaitu (Siburian & Haba, 2016):

1. Menjaga agar garis pantai tetap stabil
2. Melindungi pantai dan sungai dari bahaya erosi dan abrasi
3. Menahan badai atau angin kencang dari laut
4. Menahan hasil proses penimbunan lumpur sehingga memungkinkan terbentuknya lahan baru
5. Berfungsi menyaring air laut menjadi air daratan yang tawar
6. Mengolah limbah beracun, penghasil O₂, penyerap CO₂.

Sementara itu, ada empat manfaat biologi mangrove, yaitu (Siburian & Haba, 2016):

1. Menghasilkan bahan pelapukan yang menjadi sumber makanan penting bagi plankton sehingga penting pula bagi keberlanjutan rantai makanan
2. Tempat memijah dan berkembangbiaknya ikan-ikan, kerang, kepiting dan udang
3. Tempat berlindung, bersarang, dan berkembang biak burung dan satwa liar
4. Sumber plasma nutfah dan sumber genetik, serta habitat alami berbagai jenis biota Sebagai penguatan ekonomi masyarakat pesisir, mangrove memiliki empat manfaat, yakni (Siburian & Haba, 2016):

- Sebagai penghasil kayu untuk kayu bakar, bahan baku arang, dan bahan bangunan
- Penghasil bahan baku industri: *pulp*, kertas, tekstil, makanan, obat-obatan, kosmetik
- Penghasil bibit ikan, nener, kerang, kepiting, bandeng, melalui pola tambak *silvofishery*
- Potensi ekowisata

3. Peranan Mangrove Pada Pemanasan Global

Peningkatan Karbon Dioksida atmosfer merupakan penyebab terbesar terjadinya pemanasan global (Senoaji, 2016). Ekosistem mangrove berperan aktif terhadap total karbon, seperti tiap tegakan mangrove mengalami proses fotosintesis menyerap karbon dioksida dari atmosfer yang diubahnya menjadi bentuk biomassa serta mengubah menjadi bahan organik dan disimpan pada tubuh tiap pohon seperti akar, batang, daun, dan bagian lainnya sehingga pelestarian mangrove dapat dijadikan mitigasi perubahan iklim (Senoaji, 2016).

Ekosistem mangrove berperan memberikan jasa lingkungan penyimpanan karbon yang berdampak baik bagi lingkungan dan manusia. Dampak pemanasan global karena meningkatnya konsentrasi gas-gas di atmosfer seperti CO₂ akan mempengaruhi peningkatan temperatur bumi. Peningkatan ini mengakibatkan iklim global berubah seperti perubahan curah hujan dan naiknya intensitas frekuensi badai, naiknya pasang surut laut akibat memuainya air laut pada temperatur yang lebih tinggi. Dampak pemanasan global lainnya seperti, es abadi akan mencair di kawasan kutub bumi, salinitas menurun dan sedimentasi meningkat di kawasan pesisir dan lautan, sehingga semakin mengancam keberlanjutan sumber daya alam pesisir dan laut sebagai penyangga kehidupan manusia (Dinilhuda *et al.*, 2018).

C. Biomassa Mangrove

Biomassa adalah total berat atau volume organisme suatu area atau volume tertentu (a glossary by the IPCC, 1995). Biomassa juga didefinisikan sebagai total jumlah materi hidup di atas permukaan pada suatu pohon dan dinyatakan dengan satuan ton berat kering per satuan luas (Sutaryo, 2009). Komponen yang diukur untuk pendugaan biomassa biasanya berada di atas tanah karena merupakan bagian yang besar dari berat jumlah keseluruhan biomassa. Kandungan karbon utamanya di hutan terdiri dari biomassa bahan hidup, biomassa bahan mati, tanah, dan produk kayu. Umumnya karbon menyusun 45-50% bahan kering dari tanaman (Akbar *et al.*, 2019). IPCC (2010) menyebutkan bahwa nilai karbon yang terkandung di bahan organik yaitu 47%, maka rumus hitung perkiraan jumlah karbon tersimpan yaitu dengan mengalikan 47% dari nilai biomassa (Rifandi, 2021)

Nilai kandungan biomassa pada suatu tegakan pohon mengikuti seiring dengan pertumbuhan, hal tersebut dikarenakan biomassa merupakan hasil dari proses fotosintesis tumbuhan yang kemudian dialokasikan ke daun, ranting, batang dan akar yang mengakibatkan penambahan diameter batang serta tinggi pohon (Tsani *et al.*,

2022). Biomassa juga hasil dari fotosintesis berbentuk selulosa, lignin, gula bersama dengan lemak, pati, protein, damar, fenol, ataupun senyawa lainnya. Biomassa inilah yang merupakan keperluan makhluk di atas bumi melalui mata rantai antara binatang dan manusia proses kebutuhan CO₂ yang diikat dan O₂ yang dilepaskan (Dewi, 2021). Merosotnya penyerapan atau penyimpanan karbon dioksida berhubungan erat dengan biomassa tegakan, jumlah biomassa suatu kawasan diperoleh dari produksi dan kerapatan biomassa yang diduga dari pengukuran diameter, tinggi, berat jenis dan kepadatan setiap jenis pohon. Penurunan luas ekosistem hutan mangrove berhubungan dengan penyerapan dan penyimpan karbon guna pengurangan kadar CO₂ di udara (Dharmawan & Samsuedin, 2012). Secara prinsip, teknis prosedur pengukuran biomassa pada suatu tegakan pohon dapat dihitung dengan (Anggraeni et al., 2017):

- *Aboveground* sering disebut biomassa bagian atas, pada bagian ini yang digunakan untuk perhitungan *C-Stock* adalah daun, ranting, cabang dan juga batang utama; ke-empat bagian tersebut akan diakumulasi menjadi biomassa bagian atas (BBA) atau Biomassa atas permukaan dan kemudian dianalisis lanjut untuk diperoleh prediksi kandungan karbon yang disimpan.
- *Belowground* disebut juga dengan biomassa bagian bawah (BB), bagian ini meliputi akar utama, akar cabang (diatas permukaan tanah) dan akar yang berada dibawah permukaan tanah (khusus biomassa ini hanya akan diperoleh jika metode yang dilakukan adalah destruktif).
- *Litter* termasuk litter adalah seresah dan kayu/ranting mati (*necromass biomass*). Untuk ekosistem mangrove seresah tidak dihitung karena dipengaruhi oleh pasang surut.
- *Soil* selain BBA dan BBB, maka tanah/sedimen dimana tegakan berada juga dilakukan sampling dengan menggunakan teknis gradasi per kedalaman (menyesuaikan). Pada kegiatan ini disepakati per 10 cm gradasi kedalaman.

D. Stok Karbon Mangrove

Karbon yaitu materi penyusun awal dari seluruh senyawa organik dan mobilitasnya melewati suatu ekosistem bersamaan dengan mobilitas energi melewati unsur kimia lain, misalnya karbohidrat yang dihasilkan selama proses fotosintesis berlangsung kemudian karbondioksida dilepaskan bersamaan dengan energi sewaktu respirasi (Dewi, 2021). Karbon yang terdapat di daratan bumi tersimpan bentuk makhluk hidup (tumbuhan dan hewan), bahan organik mati ataupun sedimen seperti fosil tumbuhan dan hewan. Hutan merupakan bagian yang sangat besar sebagai penghasil karbon

dari makhluk hidup. Kerusakan hutan yang terjadi saat ini mengakibatkan pelepasan karbon dioksida (CO_2) ke atmosfer jumlah yang banyak, setingkat dengan kerusakan hutan yang terjadi (Akbar et al., 2019).

Karbon merupakan salah satu unsur yang terdapat bentuk padat maupun cairan di perut bumi, di batang pohon, atau bentuk gas di udara. menjelaskan bahwa karbon yang terdapat di atas permukaan tanah terdiri atas biomassa pohon, biomassa tumbuhan bawah (semak belukar, tumbuhan menjalar, rumput-rumputan atau gulma), nekromassa (batang pohon mati) dan serasah. Terdapat 2 tipe karbon berdasarkan keberadaannya di alam (Febrianto et al., 2019) :

1. Karbon di atas permukaan tanah, meliputi :

- Biomassa pohon. Proporsi terbesar cadangan karbon di daratan umumnya terdapat pada komponen pepohonan. Untuk mengurangi tindakan perusakan selama pengukuran, biomassa pohon dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan allometrik yang didasarkan pada pengukuran diameter batang (dan tinggi pohon, jika ada)
- Biomassa Tumbuhan bawah. Tumbuhan bawah meliputi semak belukar yang berdiameter batang < 5 cm, tumbuhan menjalar, rumput-rumputan atau gulma. Estimasi biomassa tumbuhan bawah dilakukan dengan mengambil bagian tanaman (melibatkan perusakan)
- Nekromassa, batang pohon mati baik yang masih tegak atau telah tumbang dan tergeletak di permukaan tanah, yang merupakan komponen penting dari C dan harus diukur pula agar diperoleh estimasi cadangan karbon yang akurat.
- Serasah, meliputi bagian tanaman yang telah gugur berupa daun dan ranting-ranting yang terletak di permukaan tanah

2. Karbon di tanah, meliputi :

- Biomassa akar. akar mentransfer karbon jumlah besar langsung ke tanah, dan keberadaannya tanah bisa cukup lama. Pada tanah hutan biomassa akar lebih didominasi oleh akar-akar besar (diameter > 2 mm), sedangkan pada tanah pertanian lebih didominasi oleh akar-akar halus yang lebih pendek daur hidupnya. Biomassa akar dapat pula diestimasi berdasarkan diameter akar (akar utama), sama dengan cara untuk mengestimasi biomassa pohon yang didasarkan pada diameter batang.
- Biomassa organik tanah. Sisa tanaman, hewan dan manusia yang ada di permukaan dan di tanah, sebagian atau seluruhnya dirombak oleh organisme tanah sehingga melapuk dan menyatu dengan tanah, dinamakan bahan organik tanah.

E. Tutupan Kanopi Mangrove

Kanopi mangrove merupakan bagian atas dari tegakan yang terdiri dari struktur ranting/kayu dan daun. Parameter kanopi ini dapat digunakan untuk merepresentasikan kondisi kesehatan komunitas mangrove berdasarkan nilai persentase tutupan kanopi mangrove. Persentase tutupan kanopi komunitas mangrove menggunakan metode *hemispherical photography*. Metode ini membutuhkan kamera berlensa *fish eye* dengan sudut pandang 180° pada 1 titik pengambilan foto yang dilanjutkan dengan analisis foto menggunakan software ImageJ. Teknik ini masih cukup baru digunakan di Indonesia pada hutan mangrove, penerapannya mudah dan menghasilkan data yang lebih akurat (Azzahra *et al.*, 2020). Dalam pelaksanaan monitoring COREMAP CTI seluruh lokasi menggunakan kamera saku atau ponsel pintar dengan batas minimal resolusi 3 MP. Pilihan kamera yang dapat digunakan, yaitu: kamera DSLR/SLR; kamera HP; kamera aksi dan kameradengan geotagging.

Pada kegiatan C-Stock, data kerapatan digunakan untuk menghitung prediksi C-Stock secara keseluruhan sebagai representasi lokasi penelitian. Oleh karena itu, data AnVeg (Analisis Vegetasi) juga dibutuhkan untuk kegiatan pengelolaan wilayah pesisir oleh Dinas Lingkungan Hidup bisa bermanfaat dan digunakan untuk kegiatan C-Stock. Seluruh pohon dalam plot tetap dihitung jumlahnya dengan menggunakan mekanisme Analisis Vegetasi dan mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201/2004 tentang Kriteria Baku Kerusakan Mangrove yang terdapat pada Tabel satu (Anggraeni *et al.*, 2017):

Tabel 1. Baku Mutu

Kriteria		Penutupan (%)	Kerapatan (pohon/Ha)
Baik	Sangat padat	≥75	≥ 1500
	Padat	≥50 - < 75	≥ 1000 - < 1500
Rusak	Jarang	< 50	< 1000

F. Penginderaan Jauh Untuk Mangrove

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni memperoleh informasi mengenai suatu objek, area, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan alat tanpa suatu kontak langsung (Mahar *et al.*, 2022). Penginderaan Jauh dan Sistem Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan salah satu ilmu dan teknologi informasi

yang sangat berperan berbagai bidang (Mahar *et al.*, 2022). Satelit penginderaan jauh berdasarkan misinya dikelompokkan menjadi satelit cuaca dan satelit sumberdaya. Sedangkan berdasarkan cara pengorbitannya dibagi atas satelit geostasioner dan satelit sinkron matahari. Satelit geostasioner diorbitkan pada ketinggian 36.000 km di atas bumi, pada posisi geostasioner. Teknologi penginderaan jauh dapat mengatasi keterbatasan tersebut, mengingat kemajuan teknologi penginderaan jauh yang berkembang pesat (Waru *et al.*, 2021).

Penelitian mengenai kerapatan mangrove menggunakan citra satelit Sentinel-2 sebagai data utama mendeteksi kawasan bervegetasi mangrove. Citra Sentinel-2 merupakan citra satelit berjenis MSI (MultiSpectral Instrument) yang diluncurkan oleh ESA (European Space Agency) dengan misi untuk memantau permukaan bumi (Kushardono *et al.*, 2017). Citra ini memiliki beragam jenis band dengan jumlah 13 band dan mempunyai resolusi spasial 10 meter hingga 60 meter. Menjelaskan bahwa Sentinel-2 MSI menyediakan kanal spektral dengan resolusi yang berbeda-beda, termasuk Pita RGB dan *Near-Infra-Red* (NIR) dengan resolusi 10 meter dan kanal *Short-Wavelength Infra-Red* (SWIR) dengan resolusi spasial 20 m, serta berkaitan erat dengan informasi air permukaan (Rahmawati & Rahmat, 2021).

1. Citra Sentinel - 2A

Sentinel-2 merupakan satelit yang diluncurkan oleh kerjasama antara *The European Commission* dan *European Space Agency* di program *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES). Satelit ini diluncurkan untuk memantau kondisi permukaan bumi, sehingga mampu memberikan informasi kondisi terkini bumi dari angkasa untuk aplikasi lingkungan dan keamanan. Sentinel-2 dibuat dengan tujuan untuk memastikan kelanjutan misi Landsat 5/7, SPOT-5, SPOT-*Vegetation* dan Envisat MERIS yang sebentar lagi akan berakhir masa operasinya. Misi Sentinel-2 memastikan komitmen Eropa membantu dunia kegiatan observasi bumi tetap berlanjut dengan menggunakan beberapa instrumen yang memiliki resolusi spasial dan spektral yang berbeda dengan resolusi temporal yang lebih cepat, serta area yang tercakup secara global.

Keberadaan Sentinel-2 didesain secara khusus untuk membantu ilmuwan mempelajari dan memantau interaksi dan proses yang ada di bumi; menyiapkan strategi menghadapi tantangan perubahan global yang sedang terjadi; serta mencapai tujuan pengembangan masyarakat (*Societal Development Goals*). Sentinel-2 memanfaatkan teknologi dan pengalaman yang diperoleh di Eropa dan Amerika Serikat untuk mendukung pasokan data operasional untuk layanan seperti manajemen resiko (banjir dan kebakaran hutan, penurunan dan tanah longsor), penggunaan/perubahan lahan,

pemantauan hutan, keamanan pangan/ sistem peringatan dini, pengelolaan air dan perlindungan tanah, pemetaan perkotaan, bahaya alam, pemetaan terestrial untuk bantuan kemanusiaan dan pembangunan, serta pemantauan kondisi perairan darat dan laut (Oktaviani, 2017).

1. Klasifikasi citra

Klasifikasi citra adalah metode untuk mengelompokkan atau segmentasi terhadap kenapakan-kenapakan yang homogen dengan menggunakan teknik kuantitatif. Perbedaan tipe kenampakan menunjukkan perbedaan kombinasi dasar nilai digital piksel pada sifat pantulan (reflektansi) dan pancaran (emisi) spektral yang dimiliki. Klasifikasi citra secara digital dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dan klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised classification*).

- Klasifikasi terbimbing adalah metode klasifikasi yang didahului dengan pembuatan contoh (*training area*) pada tiap kategori tutupan lahan berdasarkan hasil survei (*ground check*)
- Klasifikasi tidak terbimbing merupakan metode klasifikasi *clustering* atau klasifikasi yang dilakukan tanpa adanya *training area* tidak tersedia dan tidak memungkinkan untuk melakukan *ground check*, metode klasifikasi ini adalah pilihan terbaik apabila *training area* tersedia dan memungkinkan untuk melakukan *ground check*, penggunaan klasifikasi terbimbing lebih diutamakan

2. Kelas Tutupan Lahan

Tutupan lahan merupakan suatu wilayah pada citra yang memiliki karakteristik tersendiri berdasarkan karakternya, salah satu kelas tutupan lahan adalah dengan memberi indikasi pada citra satelit yang divalidasi dilapangan. Menurut Fitrianto (2022) mendefinisikan klasifikasi lahan berdasarkan tampilan visualisasi dari peta yang divalidasi. Berdasarkan klasifikasi telah dibedakan berdasarkan kriteria dan kelas disertai dengan pengertiannya seperti pada tabel dua (Fitrianto *et al.*, 2022) :

Tabel 2. Definisi Kelas Tutupan Lahan

Kelas Tutupan Hutan dan Lahan	Deskripsi
Hutan Mangrove Primer	Vegetasi hutan ini termasuk hutan bakau, nipah dan nibung yang berada di sekitar pantai yang belum ditebang

Hutan Tanaman	Vegetasi tutupan lahan hasil penanaman pada kawasan hutan, baik yang sudah ditanami maupun yang belum (masih berupa lahan kosong)
Semak/ belukar	Vegetasi semak atau belukar pada hutan lahan kering yang telah tumbuh kembali, didominasi vegetasi rendah dan tidak menampakkan lagi bekas alur/bercak penebangan
Perkebunan	Areal kawasan perkebunan, baik yang sudah ditanami maupun yang belum (masih berupa lahan kosong). Identifikasi dapat diperoleh pada Peta Persebaran Perkebunan (Perkebunan Besar)
Sawah	Penutupan lahan di mana semua aktivitas pertanian di lahan basah yang dicirikan oleh pola pematang
Tambak	Penutupan lahan yang dicirikan oleh adanya aktivitas perikanan yang tampak sejajar pantai
Pertanian Lahan Kering	Didefinisikan sebagai pusat tutupan vegetasi hasil aktivitas pertanian di lahan kering seperti tegakan, kebun campuran dan ladang
Lahan Terbuka	Tutupan lahannya didominasi oleh lahan terbuka dengan hanya sedikit atau tanpa vegetasi. Tanah terbuka bekas kebakaran dan tanah terbuka yang ditumbuhi rumput/alang-alang merupakan bagian dari lahan kosong
Pemukiman	Tutupan lahan di mana kawasan pemukiman baik bagaimana di perkotaan, pedesaan, pelabuhan, bandara, serta industri yang memperlihatkan pola alur yang rapat