

**POTENSI SIMPANAN KARBON MANGROVE
DI KAWASAN DESA SUMBERNADI
KECAMATAN KETAPANG KABUPATEN LAMPUNG SELATAN DAN
DESA GEBANG KECAMATAN TELUK PANDAN KABUPATEN PESAWARAN
PROVINSI LAMPUNG**

SKRIPSI

Oleh

**EDO FEBRYAN
NPM 2014221012**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**POTENSI SIMPANAN KARBON MANGROVE
DI KAWASAN DESA SUMBER NADI
KECAMATAN KETAPANG KABUPATEN LAMPUNG SELATAN DAN
DESA GEBANG KECAMATAN TELUK PANDAN KABUPATEN PESAWARAN
PROVINSI LAMPUNG**

Oleh

EDO FEBRYAN

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

POTENSI SIMPANAN KARBON MANGROVE DI KAWASAN DESA SUMBERNADI KECAMATAN KETAPANG KABUPATEN LAMPUNG SELATAN DAN DESA GEBANG KECAMATAN TELUK PANDAN KABUPATEN PESAWARAN PROVINSI LAMPUNG

Oleh

EDO FEBRYAN

Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang memiliki peranan penting bagi kehidupan makhluk hidup. Salah satu fungsi penting dari mangrove yaitu sebagai penyerap karbon. Desa Sumbernadi dan Desa Gebang merupakan desa yang memiliki potensi mangrove. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan karbon tersimpan pada bagian tegakan, nekromassa, serasah dan sedimen ekosistem mangrove Desa Sumbernadi Kecamatan Ketapang Kabupaten Lampung Selatan dan Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Pesawaran, Provinsi Lampung. Penelitian dilakukan dari bulan Agustus-September 2024. Pengukuran karbon tegakan, nekromassa, dan serasah menggunakan metode *non-destructive* sampling sedangkan sedimen dengan metode ayakan bertingkat. Rata-rata karbon tersimpan pada tegakan mangrove di Desa Gebang sebesar, 7.24 kg C/m^2 , sedangkan karbon tersimpan pada tegakan mangrove di Desa Sumbernadi sebesar, 6.06 kg C/m^2 . Rata-rata karbon tersimpan pada nekromassa mangrove di Desa Gebang sebesar, 0.029 kg C/m^2 , sedangkan karbon tersimpan pada nekromassa mangrove di Desa Sumbernadi sebesar 0.015 kg C/m^2 . Rata-rata karbon tersimpan pada serasah mangrove di Desa Gebang sebesar 0.088 kg C/m^2 , sedangkan karbon tersimpan pada serasah mangrove di Desa Sumbernadi sebesar 0.079 kg C/m^2 . Rata-rata karbon tersimpan pada sedimen mangrove di Desa Gebang sebesar 145.01 kg C/m^2 , sedangkan karbon tersimpan pada sedimen mangrove di Desa Sumbernadi sebesar 81.39 kg C/m^2 . Nilai simpanan karbon tertinggi ditemukan di Desa Gebang, yang didominasi oleh jenis *Rhizophora* sp., sedangkan Desa Sumbernadi yang didominasi oleh *Avicennia* sp. memiliki nilai simpanan karbon lebih rendah.

Kata Kunci: Mangrove, Nekromassa, Sedimen, Serasah, Tegakan

ABSTRACT

THE CARBON STORAGE POTENCY OF MANGROVES IN THE SUMBERNADI VILLAGE KETAPANG SUBDISTRICT SOUTH LAMPUNG REGENCY AND GEBANG VILLAGE TELUK PANDAN SUBDISTRICT PESAWARAN REGENCY LAMPUNG PROVINCE

By

EDO FEBRYAN

Mangrove was one of the coastal ecosystems that played an important role in supporting living organisms. One of its main functions was as a carbon absorber. Sumbernadi and Gebang Villages were areas with high mangrove potential. This study was intended to analyze and compare the stored carbon in the stand, necromass, litter, and sediment components of mangrove ecosystems in Sumbernadi Village, Ketapang District, South Lampung Regency, and Gebang Village, Teluk Pandan District, Pesawaran Regency, Lampung Province. The research was conducted from August to September 2024. Measurements of stand, necromass, and litter carbon were carried out using the non-destructive sampling method, while sediment carbon was analyzed using a sieving method. The average stored carbon in mangrove stands of Gebang Village was 7.24 kg C/m², while that in Sumbernadi Village was 6.06 kg C/m². In necromass, Gebang stored 0.029 kg C/m², and Sumbernadi stored 0.015 kg C/m². In litter, Gebang stored 0.088 kg C/m², while Sumbernadi stored 0.079 kg C/m². Sediment carbon storage was the highest, with 145.01 kg C/m² in Gebang and 81.39 kg C/m² in Sumbernadi. Overall, Gebang Village showed a higher total carbon storage than Sumbernadi Village. This difference was associated with the dominant mangrove species, where Gebang was dominated by *Rhizophora* sp., known for its dense root system and high biomass, while Sumbernadi was dominated by *Avicennia* sp., which contributed to a lower carbon storage value.

Keywords : Litter, Mangrove, Necromass, Sediment, Stand

LEMBAR PENGESAHAN

Judul skripsi : POTENSI SIMPANAN KARBON MANGROVE
DI KAWASAN DESA SUMBERNADI
KECAMATAN KETAPANG LAMPUNG
SELATAN DAN DESA GEBANG
KECAMATAN TELUK PANDAN KABUPATEN
PESAWARAN PROVINSI LAMPUNG

Nama Mahasiswa : Edo Febryan

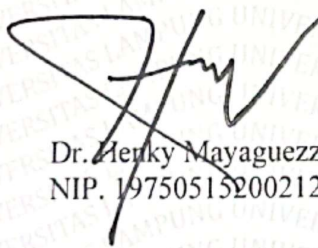
Nomor Pokok Mahasiswa : 2014221012

Program Studi : Ilmu Kelautan

Fakultas : Pertanian

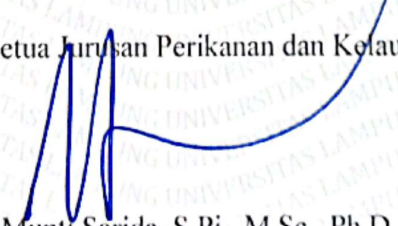
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T.
NIP. 197505152002121007


Anma Hari Kusuma, S.IK., M.Si.
NIP. 199001202019031011

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan


Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198309232006042001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T.



Sekretaris

: Anma Hari Kusuma, S.IK., M.Si.



Penguji Bukan Pembimbing : Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si.

2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi: 28 Juli 2025



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN PERIKANAN DAN KELAUTAN

Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145 Telp (0721) 704946 Fax (0721) 770347

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi yang berjudul **"Potensi Simpanan Karbon Mangrove di Kawasan Desa Sumbernadi Kecamatan Ketapang Lampung Selatan dan Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung"** tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah skripsi ini ditemukan dan terbukti terdapat unsur-unsur fabrikasi, falsifikasi, plagiat dan konflik kepentingan saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Bandar Lampung, 17 Oktober 2025

Yang membuat pernyataan



Edo Febryan
NPM. 2014221012

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Sukamarga, Kecamatan Abung Tinggi, Kabupaten Lampung Utara, Provinsi Lampung, pada tanggal 05 Juni 2002 sebagai anak dari pasangan suami istri Bapak Sunardi dan Ibu Masripah. Penulis menempuh pendidikan formal dari Taman Kanak-kanak Al Islam, Bukit Kemuning, Lampung Utara pada tahun (2007- 2008), lalu melanjutkan pendidikan dasar di SDN 01 Sukabumi Bandar Lampung pada tahun 2008 – 2014, dilanjutkan ke pendidikan menengah pertama di SMPN 31 Bandar Lampung pada tahun 2014 – 2017, dan pendidikan menengah atas di SMA Muhammadiyah 02 Bandar Lampung pada tahun 2017 – 2020.

Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang pendidikan tinggi di Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2020. Penulis aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (HIMAPIK) sebagai anggota komunikasi, informasi dan publikasi (Kominfo) pada tahun 2022 dan melanjutkan ke aktifan organisasi tersebut sebagai Ketua Umum Himapik pada tahun 2023.

Penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Maja, Kecamatan Kota Agung Barat, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung selama 40 hari pada bulan Januari-Februari 2023. Penulis juga telah melaksanakan kegiatan Praktik Umum di Desa Sumbernadi, Kecamatan Ketapang, Lampung Selatan.

Untuk orang tua tercinta, Mamah Masripah dan Papah Alm. Sunardi,
yang tiada henti selalu mendoakan yang terbaik. telah memberikan dukungan,
semangat, perhatian, serta selalu mendoakan kepada penulis untuk bisa
menyelesaikan tugas akhir skripsi ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “ *Potensi Simpanan Karbon Mangrove di Kawasan Desa Sumbernadi Kecamatan Ketapang Lampung Selatan dan Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana perikanan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan FP Unila.
2. Munti Sarida, S.Pi. M.Sc. Ph.D. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan.
3. Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama.
4. Anma Hari Kusuma, S.IK., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Pembantu/
Sekretaris dan Pembimbing Akademik.
5. Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si. selaku Penguji Utama.
6. Kedua orang tua ku tercinta Papah Alm. Sunardi Alfian dan Mamah Masripah yang telah memberikan dukungan, semangat, perhatian, serta selalu mendoakan kepada penulis untuk bisa menyelesaikan tugas akhir skripsi ini.

Bandar Lampung, Juli 2025

Edo Febryan
NPM. 2014221012

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Manfaat Penelitian.....	3
1.4. Kerangka Pemikiran	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Ekosistem Mangrove	6
2.2. Bagian Mangrove	7
2.3. Fungsi Mangrove.....	9
2.4. Pemanasan Global	10
2.5. Karbon	12
2.6. Kondisi Umum Mangrove Desa Sumbernadi dan Desa Gebang Provinsi Lampung.....	13
III. METODELOGI PENELITIAN	15
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	15
3.2. Batasan Penelitian	16
3.3. Alat dan Bahan	16

3.4. Prosedur Penelitian.....	17
3.4.1. Penentuan Stasiun Pengamatan.....	17
3.4.2. Pengukuran Karbon Tersimpan pada Tegakan Mangrove.....	18
3.4.3. Pengukuran Karbon Tersimpan pada Nekromassa	22
3.4.4. Pengukuran Karbon Tersimpan pada Serasah.....	23
3.4.5. Hasil Konversi Karbon Tersimpan.....	24
3.4.6. Pengukuran Fraksi Sedimen.....	24
3.4.7. Pengukuran C-organik dengan Metode <i>Spektrofotometri UV-VIS.</i> ..	25
 IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Perbandingan Kerapatan Mangrove	27
4.2. Perbandingan Karbon Tersimpan Pada Tegakan Mangrove	29
4.3. Perbandingan Simpanan Karbon pada Nekromassa Mangrove	31
4.4. Perbandingan Simpanan Karbon pada Serasah Mangrove.....	33
4.5. Perbandingan Fraksi Sedimen	35
4.6. Perbandingan Analisis C-organik Tanah.....	37
4.7. Perbandingan Simpanan Karbon Total Mangrove	39
 V. SIMPULAN DAN SARAN	41
5.1. Simpulan.....	41
5.2. Saran.....	41
 DAFTAR PUSTAKA	42

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat yang digunakan dalam penelitian.....	16
2. Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	17
3. Kerapatan tegakan mangrove di Desa Sumbernadi dan Desa Gebang	27
4. Rata-rata diameter dan karbon tersimpan pada tegakan di lokasi Desa Sumbernadi dan Desa Gebang	30
5. Pengukuran rata-rata diameter, volume pohon mati serta estimasi karbon tersimpan pada nekromassa mangrove di Desa Sumbernadi Kecamatan Ketapang Kabupaten Lampung Selatan dan Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung	32
6. Rata-rata berat kering sampel serasah mangrove dan estimasi karbon tersimpan pada serasah mangrove di Desa Sumbernadi Kecamatan Ketapang Kabupaten Lampung Selatan dan Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung	34
7. Analisis C-organik tanah di Desa Sumbernadi dan Desa Gebang	37
8. Total karbon tersimpan di Desa Sumbernadi dan Desa Gebang.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran.....	5
2. Anakan mangrove <i>Rhizophora</i> sp.	8
3. Tegakan mangrove <i>Avicennia marina</i>	8
4. Nekromassa mangrove	9
5. Serasah mangrove	9
6. Diagram gas rumah kaca.....	11
7. Siklus karbon.....	12
8. Kawasan Mangrove di Desa Sumbernadi Kecamatan Ketapang Kabupaten Lampung Selatan dan Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. (a) Kawasan Mangrove Desa Sumbernadi (b) Kawasan Mangrove Desa Gebang	14
9. Peta lokasi penelitian.....	15
10. Ilustrasi tegakan pohon didalam dan diluar plot	19
11. Ilustrasi Pengukuran DBH pada berbagai kondisi pohon mangrove	19
12. Skema penentuan plot	23
13. Tekstur sedimen mangrove di Desa Sumbernadi dan Desa Gebang.....	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data sampel tegakan mangrove Desa Sumbernadi stasiun 1	49
2. Data sampel tegakan mangrove Desa Sumbernadi stasiun 2	52
3. Data sampel tegakan mangrove Desa Sumbernadi stasiun 3	55
4. Data sampel tegakan mangrove Desa Sumbernadi stasiun 4	58
5. Data sampel tegakan mangrove Desa Sumbernadi stasiun 5	60
6. Data sampel tegakan mangrove Desa Gebang stasiun 1	62
7. Data sampel tegakan mangrove Desa Gebang stasiun 2	65
8. Data sampel tegakan mangrove Desa Gebang stasiun 3	68
9. Data sampel tegakan mangrove Desa Gebang stasiun 4	71
10. Data sampel tegakan mangrove Desa Gebang stasiun 5	73
11. Data sampel nekromassa Desa Sumbernadi stasiun 1	75
12. Data sampel nekromassa Desa Sumbernadi stasiun 2	75
13. Data sampel nekromassa Desa Sumbernadi stasiun 3	75
14. Data sampel nekromassa Desa Sumbernadi stasiun 4	76
15. Data sampel nekromassa Desa Sumbernadi stasiun 5	76
16. Data sampel nekromassa Desa Gebang stasiun 1	77
17. Data sampel nekromassa Desa Gebang stasiun 2	77
18. Data sampel nekromassa Desa Gebang stasiun 3	77
19. Data sampel nekromassa Desa Gebang stasiun 4	78
20. Data sampel nekromassa Desa Gebang stasiun 5	78
21. Data sampel serassah mangrove Desa Sumbernadi	79
22. Data sampel serassah mangrove Desa Gebang	79
23. Hasil analisis C-organik tanah Desa Sumbernadi	81
24. Hasil analisis C-organik tanah Desa Gebang	82

25. Dokumentasi pengambilan data di lokasi penelitian.....	83
26. Dokumentasi kegiatan praktik umum di laboratorium.....	85

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, terdiri atas 13.667 pulau dengan panjang garis pantai mencapai 54.716 km². Kawasan pesisir yang luas tersebut menjadi habitat ideal bagi pertumbuhan mangrove. Ekosistem ini tersebar secara luas di berbagai provinsi, mencakup gugusan kepulauan dari barat hingga timur Nusantara. Dengan cakupan area sekitar 3,7 juta hektar, mangrove Indonesia menempati posisi strategis sebagai kawasan mangrove terluas, tidak hanya di Asia, tetapi juga secara global (Karimah, 2017).

Salah satu kontribusi utama mangrove dalam menjaga keseimbangan iklim global adalah kemampuannya dalam menyerap dan menyimpan karbon dari atmosfer. Sebagai bagian dari konsep *blue carbon*, mangrove memiliki kemampuan menyerap karbon dioksida melalui proses fotosintesis, serta menyimpannya baik dalam jaringan vegetatif maupun lapisan sedimen. Kemampuan ini menjadikan ekosistem mangrove sebagai salah satu penyimpan karbon yang efisien, bahkan melebihi sebagian besar hutan hujan tropis dalam hal densitas karbon (Donato et al., 2011).

Penelitian menunjukkan bahwa berbagai jenis mangrove memiliki kapasitas penyimpanan karbon yang cukup besar. Misalnya, *Avicennia marina* dapat menyimpan karbon sekitar 18,2-19,7 kg C/m² (Dharmawan et al., 2008; Windarni et al., 2018), *Rhizophora mucronata* sebesar 3,86 kg C/m² (Dharmawan, 2010), dan *Rhizophora stylosa* hingga 23,25 kg C/m² (Imiliyana et al., 2012). Karbon ini tersimpan di bagian-bagian tanaman seperti batang, ranting, akar, daun, serta di dalam tanah.

Data ini sangat penting untuk pelestarian ekosistem, pengendalian emisi karbon, dan mitigasi perubahan iklim. Menurut Bachmid et al., (2018), mangrove memiliki efisiensi dalam menyerap karbon hingga 77,9%, menjadikannya aset penting dalam mengurangi gas rumah kaca. Suryono et al., (2018) juga menekankan pentingnya mekanisme penyimpanan karbon mangrove dalam menurunkan emisi karbon dioksida, yang terjadi di hampir seluruh bagian pohon (Kepel et al., 2017).

Di Provinsi Lampung, kawasan pesisir seperti Desa Sumbernadi, Kecamatan Ketapang, didominasi oleh spesies *Avicennia* sp., sedangkan wilayah Desa Gebang, Kecamatan Teluk Pandan, lebih banyak dihuni oleh *Rhizophora* sp. Berdasarkan data pemetaan, luas mangrove di Desa Sumbernadi tercatat sekitar 1.367.603,18 meter persegi atau setara dengan 136,76 hektar (Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung, 2024). Luasan ini menjadikan kawasan tersebut sebagai salah satu ekosistem mangrove terbesar di pesisir timur Provinsi Lampung.

Mangrove Petengoran yang berada di Desa Gebang, Kecamatan Padang Cermin, Kabupaten Pesawaran, memiliki luas sekitar 113 hektar, sebagaimana disahkan melalui Peraturan Desa No. 1 Tahun 2016. Kawasan ini telah dikelola sejak tahun 2018 oleh Kelompok Pelestari Mangrove Petengoran bersama Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) Makmur Jaya sebagai bagian dari program ekowisata berbasis pelestarian lingkungan.

Mengingat potensi ekologis kedua lokasi tersebut, maka kajian ilmiah terkait estimasi stok karbon melalui analisis biomassa mangrove menjadi penting untuk dilakukan. Hingga saat ini, belum terdapat studi mendalam yang mengukur kapasitas penyimpanan karbon mangrove secara spesifik di Desa Sumbernadi dan Desa Gebang. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kandungan karbon yang tersimpan dalam mangrove di kedua wilayah tersebut, sebagai kontribusi terhadap upaya mitigasi pemanasan global dan perumusan kebijakan konservasi lingkungan.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan karbon tersimpan pada tegakan, nekromassa, serasah dan substrat di kawasan mangrove Desa Sumbernadi Kecamatan Ketapang Kabupaten Lampung Selatan dan Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Pesawaran Provinsi Lampung.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah untuk menawarkan informasi terkait karbon yang disimpan (*carbon stock*), sehingga upaya konservasi ekosistem mangrove dalam rangka mengurangi pemanasan global dapat lebih diperhatikan dan ditingkatkan di Desa Sumbernadi Kecamatan Ketapang Kabupaten Lampung Selatan dan Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Pesawaran Provinsi Lampung.

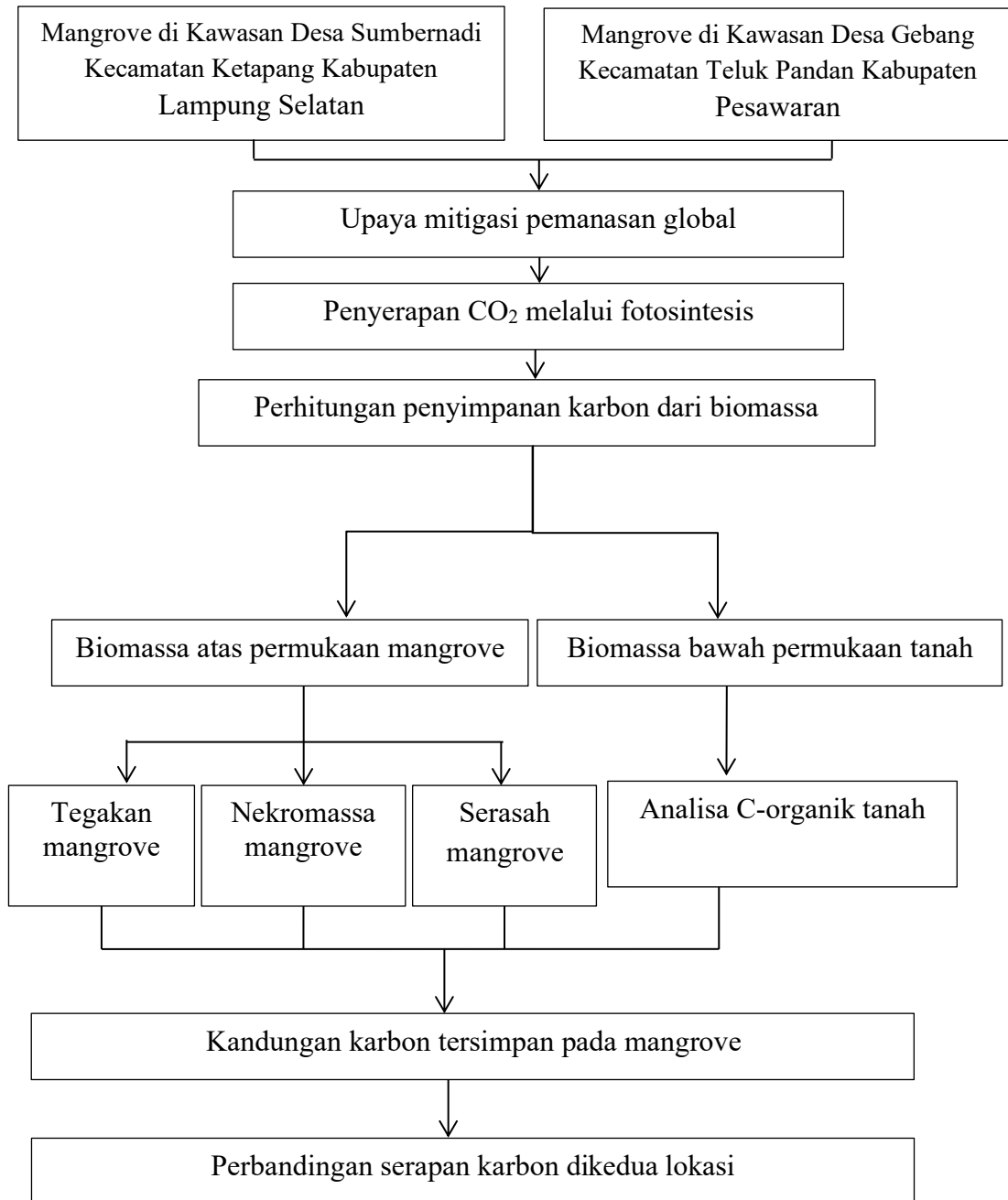
1.4. Kerangka Pemikiran

Kajian penyerapan karbon mangrove di Kecamatan Ketapang, Kabupaten Lampung Selatan dan Kecamatan Teluk Pandan dilakukan di kawasan Desa Sumbernadi dan Desa Gebang. Mangrove di kawasan tersebut didominasi jenis *Avicennia* sp. dan *Rhizophora* sp. Ekosistem mangrove berperan penting dalam upaya mitigasi pemanasan global dengan mengurangi konsentrasi CO₂. Pengukuran karbon tersimpan pada biomassa mangrove pada bagian tegakan, nekromassa, serasah dan bagian substrat mangrove, kita dapat mengetahui jumlah karbon yang diserap mangrove dalam upaya mengurangi emisi karbon pada atmosfer.

Mangrove diduga memiliki peran signifikan dalam mengurangi pemanasan global dengan menyerap karbon dioksida dari atmosfer melalui proses fotosintesis, kemudian menyimpannya dalam bentuk biomassa pohon. Dengan mengukur jumlah karbon yang tersimpan dalam berbagai komponen ekosistem mangrove seperti tegakan, nekromassa, serasah, dan substrat, kita dapat mengetahui seberapa

besar kemampuan mangrove dalam menyerap karbon serta kontribusinya dalam menurunkan emisi karbon ke atmosfer.

Tegakan, serasah, nekromassa, dan substrat mangrove merupakan indikator penting dalam menghitung cadangan karbon yang tersimpan dalam biomassa. Pengukuran biomassa karbon pada tegakan, nekromassa, dan serasah dilakukan melalui perhitungan dan konversi berat jenis serta berat kering vegetasi. Sementara itu, untuk mengetahui kandungan karbon pada substrat mangrove, diperlukan analisis terhadap kadar karbon organik dalam tanah. Data biomassa tersebut kemudian digunakan untuk menghitung total simpanan karbon dalam ekosistem mangrove. Selanjutnya, nilai simpanan karbon yang diperoleh dimanfaatkan untuk melakukan perbandingan antara kedua lokasi penelitian. Berdasarkan uraian tersebut, kerangka pemikiran dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ekosistem Mangrove

Ekosistem mangrove merupakan komunitas vegetasi pesisir tropis dan sub-tropis yang hidup di kondisi pasang surut air laut, sedimen berlumpur dan berpasir. Memiliki fungsi penting dalam upaya penyerapan kadar karbon melalui proses fotosintesisnya yang lebih baik dibandingkan vegetasi hutan lainnya. Mangrove merupakan suatu kelompok jenis tumbuhan yang tumbuh pada sepanjang garis pantai yang memiliki kandungan garam dengan reaksi tanah anaerob (Aswenty, 2021). Hutan mangrove juga suatu ekosistem yang berada di area pasang surut wilayah pesisir, maka demikian mangrove memiliki potensi sumber daya alam yang sangat potensial (Niapele et al., 2017). Hutan mangrove adalah hutan yang dapat tumbuh di daerah pesisir pantai atau hutan yang dekat dengan muara sungai. Hutan ini merupakan hutan yang dipengaruhi oleh keberadaan pasang surut air laut. Mangrove dapat dijumpai di wilayah tropis dan subtropis yang terlindungi dari hamparan ombak (Warsidi, 2017; Rahmad et al., 2020).

Ekosistem mangrove adalah suatu sistem yang terdiri atas lingkungan biotik dan abiotik yang saling berinteraksi di dalam suatu habitat mangrove. Mangrove adalah suatu komunitas tumbuhan atau suatu individu jenis tumbuhan yang membentuk komunitas tersebut di daerah pasang surut, hutan mangrove atau yang sering disebut hutan bakau merupakan sebagian wilayah ekosistem pantai yang mempunyai karakter unik dan khas dan memiliki potensi kekayaan hayati (Rejeki, 2024).

Jenis mangrove yang banyak di temukan di Indonesia antara lain adalah jenis api-api (*Avicennia* sp). bakau (*Rhizophora* sp). tanjang dan bogem atau pedada

(*Sonneratia* sp). merupakan tumbuhan mangrove utama yang banyak di jumpai. Jenis-jenis mangrove tersebut adalah kelompok mangrove yang menangkap, menahan endapan dan menstabilkan tanah habitatnya (Irwanto, 2006).

Ekosistem hutan mangrove dalam wilayah pesisir merupakan ekosistem yang khas dimana adanya proses timbal balik antara komponen abiotik seperti senyawa anorganik, organik dan iklim yang termasuk iklim pasang surut, salinitas dengan komponen biotik yaitu produsen seperti vegetasi, plankton, konsumen makro seperti serangga, ikan, dan burung. Keberadaan hutan mangrove penting sebagai area perlindungan dan pembibitan biota-biota laut, menghasilkan produk kayu dan non kayu. Hutan mangrove juga dapat menstabilkan garis pantai sebagai pelindung abrasi, angin topan, tsunami, dan mengendalikan kualitas air serta mitigasi perubahan iklim global (Ghufrona et al., 2015). Ekosistem mangrove dapat dikatakan suatu ekosistem prioritas yang mendukung kehidupan di wilayah pesisir (Fahrhan et al., 2015).

2.2. Bagian Mangrove

Anakan mangrove atau semai mangrove mengacu pada individu pohon mangrove muda yang baru tumbuh atau bertunas. Ini mewakili tahap awal siklus hidup mangrove, ketika benih yang tersebar di zona pasang surut berakar dan mulai tumbuh menjadi tanaman yang lebih besar (Spalding et al., 2010). Peran bibit mangrove sangat penting bagi ekosistem pesisir. Akarnya yang rumit melindungi pantai dari abrasi dan badai, sekaligus menyediakan habitat penting bagi berbagai kehidupan laut dan burung. Selain itu, bibit mangrove juga berperan dalam siklus nutrisi dan detoksifikasi serta membantu menjaga kualitas air di sekitar ekosistem mangrove. Karena ekosistem mangrove penting bagi manusia dan lingkungan, maka perlindungan dan restorasi bibit mangrove merupakan kunci untuk menjaga kelestarian ekosistem mangrove secara keseluruhan (Ghufrona et al., 2015).



Gambar 2. Anakan mangrove *Rhizophora* sp.

Tegakan mangrove adalah kumpulan pohon mangrove yang tumbuh di suatu area, baik secara alami maupun hasil penanaman. Tegakan ini memiliki ciri khas seperti jumlah pohon per hektar, tinggi dan diameter batang, serta jenis-jenis mangrove yang tumbuh. Struktur ini mencerminkan kondisi lingkungan suatu wilayah (Nuraini et al., 2021). Tegakan mangrove juga sangat penting dalam menyimpan karbon. Karena kemampuannya menyerap karbon dalam jumlah besar, pengelolaan tegakan mangrove sangat penting untuk menjaga lingkungan pesisir dan membantu mengurangi dampak perubahan iklim (Donato et al., 2011).



Gambar 3. Tegakan mangrove *Avicennia marina*

Nekromassa adalah batang pohon mati baik yang masih tegak maupun yang rebah (Masripatin et al., 2010). Pengukuran nekromassa dilakukan dalam plot pengamatan pohon, tiang, dan pancang. Data yang diambil berupa data diameter, tinggi/panjang, berat jenis nekromassa, dan tingkat keutuhan pohon mati.



Gambar 4. Nekromassa mangrove

Serasah mangrove merupakan bahan organik yang berasal dari guguran daun, ranting, bunga, dan buah pohon mangrove, yang memainkan peran penting dalam ekosistem pesisir sebagai sumber energi dan nutrisi bagi organisme detritivora serta dalam memperkaya kesuburan tanah melalui proses dekomposisi (Widhitama et al., 2016).



Gambar 5. Serasah mangrove

2.3. Fungsi Mangrove

Mangrove memiliki berbagai fungsi, termasuk sosio-ekologis, sosio-ekonomis, dan sosio-kultural (Latupapua et al., 2019). Menurut Leheng (2025), fungsi ekonomis mangrove secara umum adalah sebagai sumber pendapatan bagi masyarakat, industri, dan negara. Perhitungan nilai ekonomi mangrove bertujuan untuk menilai manfaat dan biaya sumber daya ini dalam konteks ekonomi dan lingkungan. Nilai ekonomi total digunakan untuk menghitung dampak terhadap kesejahteraan rumah tangga dari penggunaan sumber daya alam (Oktawati et al.,

2018). Mangrove memiliki dua fungsi utama, yaitu ekologis dan ekonomis. Fungsi ekologis mencakup perlindungan lingkungan daratan dan lautan, seperti mengendalikan intrusi air laut, mencegah abrasi, menyediakan habitat bagi berbagai biota laut, serta memelihara kualitas air. Fungsi ekonomis meliputi pemanfaatan kayu (seperti untuk konstruksi, kayu bakar, arang, dan tiang) serta hasil bukan kayu, seperti produk nipah, obat-obatan, perikanan, dan jasa lingkungan.

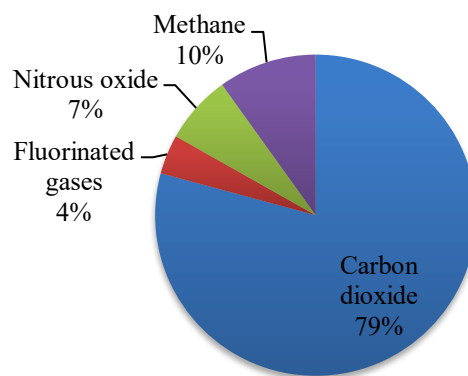
Ekosistem mangrove diketahui memiliki fungsi ganda dalam memelihara keseimbangan siklus biologi dalam suatu perairan laut, yaitu manfaat ekologis dan manfaat ekonomis (Nasution, 2023). Arifin & Satria (2020), menegaskan bahwa wilayah pesisir merupakan kawasan yang sangat penting bagi hampir 60% penduduk Indonesia yang tinggal dan beraktivitas di wilayah ini. Salah satu sumber daya alam yang cukup penting dalam ekosistem pesisir adalah ekosistem mangrove. Melihat lebih jauh bahwa pentingnya hutan mangrove bagi keberlangsungan makhluk hidup serta menghindari luasnya kerusakan hutan mangrove, oleh sebab itu untuk mempertimbangkan kelestariannya memerlukan suatu perencanaan pengelolaan. Segala potensi yang ada, baik berupa produk dan jasa lingkungan, harus digali seluas-luasnya secara bijaksana dan terencana untuk memberikan manfaat pada manusia dan pembangunan (Saputra & Setiawan, 2014).

2.4. Pemanasan Global

Global warming (pemanasan global) merupakan salah satu fenomena alam yang perlu diwaspadai dan harus mendapatkan perhatian serius, bukan hanya di Indonesia, tetapi juga secara global (Riani, 2012). Pemanasan global mengakibatkan terjadinya perubahan iklim yang dapat berdampak pada bidang perikanan (Badjeck et al., 2010). Beberapa perubahan yang muncul sebagai dampak dari perubahan iklim misalnya kenaikan suhu perairan, meningkatnya pH, salinitas, kecepatan angin, dan kenaikan muka laut yang secara signifikan berpengaruh terhadap kondisi ekologi atau penurunan jasa layanan ekosistem di laut maupun di perairan tawar (Wang et al., 2016).

Mangrove merupakan salah satu ekosistem dan tumbuhan pantai yang berperan penting dalam proses penyerapan gas rumah kaca. Sebagai sumber daya

alam tropis, ekosistem ini memiliki banyak manfaat, baik dari aspek ekologi seperti menjadi tempat mencari makanan, memijah, dan pengasuhan bagi biota perairan yang berasosiasi dengan mangrove maupun dari aspek ekonomi, seperti potensi obat-obatan berbahan dasar mangrove (Rahman et al., 2019). Selain fungsi-fungsi tersebut, ekosistem mangrove juga dikenal sebagai tipe ekosistem pesisir yang sangat efektif dalam menyimpan karbon dan mereduksi emisi karbon di atmosfer (Alongi, 2014). Namun, selain menyerap dan menyimpan karbon, mangrove juga melepaskan karbon melalui produksi serasah berupa dedaunan dan buah yang jatuh, ranting yang patah, kematian alami, maupun penebangan oleh manusia (Chen et al., 2014). Proses pelepasan karbon ini menjadi faktor pengurang sehingga dalam upaya estimasi simpanan dan serapan karbon pada tegakan mangrove, aspek ini tidak boleh diabaikan. Produksi serasah tersebut kemudian mengalami dekomposisi yang dipengaruhi oleh aktivitas bakteri, membentuk proses denitrifikasi dan nitrifikasi yang menghasilkan fluks gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan nitrous oksida (N_2O) (Chen et al., 2014). Hal ini menunjukkan bahwa proses-proses tersebut turut berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca yang berperan dalam pemanasan global.



Gambar 6. Diagram gas rumah kaca

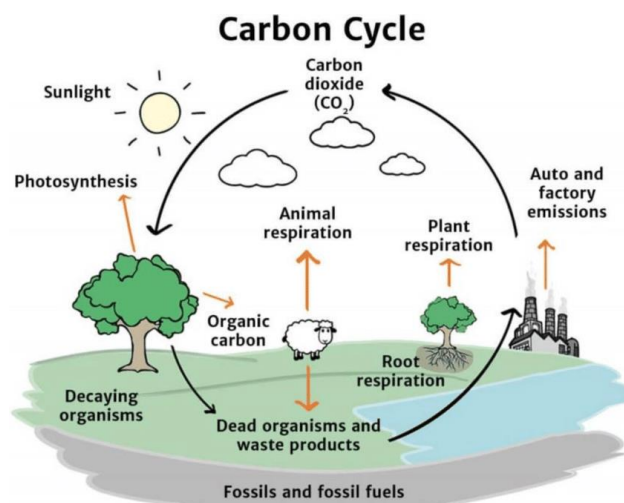
Sumber: *Indonesia Commodity & Derivative Exchange* (2024)

Salah satu gas rumah kaca yang menjadi kontributor pemanasan global adalah gas N_2O yang memiliki umur sangat panjang hingga mencapai 150 tahun. Selain itu N_2O berpotensi menimbulkan pemanasan global sebesar 298 kali dibandingkan CO_2 (IPCC 2001). Oleh karena itu, sekecil apapun konsentrasi N_2O ,

dapat meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer dengan laju peningkatan sebesar 0,2% per tahun (Lilitnuhwa et al., 2024). Gas N_2O yang dihasilkan oleh aktivitas mikroba yang terjadi di sedimen atau substrat sebagian besar akan dilepaskan ke atmosfer baik secara difusi melalui tanah maupun dilepaskan oleh tanaman sehingga akan meningkatkan konsentrasi GRK yang berefek pada peningkatan suhu muka bumi (Tullberg et al., 2018). Laju fluks gas N_2O yang berasal dari serasah mangrove secara umum dipengaruhi oleh jenis serasah, laju degradasi serasah, salinitas, suhu, serta input bahan organik yang dihasilkan dari aktivitas antropogenik (Rahman et al., 2017).

2.5. Karbon

Karbon merupakan suatu unsur utama yang diperlukan untuk pembentukan bahan organik termasuk organisme hidup. Karbon merupakan unsur alam dengan lambang (C) dan valensi 12. Karbon dan air merupakan bahan utama yang dibutuhkan makanan seperti bakau agar dapat memanfaatkan sinar matahari untuk melakukan fotosintesis, yang kemudian menghasilkan oksigen. Oksigen yang dihasilkan selama fotosintesis digunakan oleh manusia dan hewan untuk bernafas. Selain melepaskan oksigen, mangrove juga dapat melepaskan karbon selama berlangsungnya proses fotosintesis yang disebut dinamika karbon (Sutaryo, 2009).



Gambar 7. Siklus karbon
Sumber : Amelse, (2020)

Dinamika karbon dapat terjadi selama siklus karbon, yaitu salah satu dari siklus biogeokimia dimana karbon dipindahkan atau ditukar di atmosfer. Mangrove dan lamun dapat mengurangi kelebihan emisi karbon di atmosfer dengan cara menyerap karbon melalui proses fotosintesis (Gambar 7). Melalui proses fotosintesis, CO_2 diserap tanaman dan diubah menjadi bahan organik dalam bentuk biomassa. Setelah tanaman mati, proses selanjutnya adalah dekomposisi, yaitu melepaskan CO_2 ke atmosfer dan sebagian tertahan di dalam tanah menjadi bahan tanah organik (Hairiah, 2007 & Sutaryo, 2009).

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan variasi dalam nilai stok karbon mangrove, tergantung pada berbagai faktor seperti lokasi geografis, jenis spesies mangrove, usia hutan mangrove, dan kondisi lingkungan. Namun, secara umum, beberapa penelitian menunjukkan bahwa mangrove yang lebih tua dan lebih besar cenderung memiliki stok karbon yang lebih besar. Ini disebabkan oleh akumulasi biomassa yang lebih tinggi dalam pohon dan juga akumulasi endapan lumpur di bawah hutan mangrove yang lebih matang (Donato et al., 2011). Secara kuantitatif, stok karbon mangrove dapat diukur dalam ton karbon per hektar (ton/ha) atau megagram karbon per hektar (MgC/ha). Penelitian telah menunjukkan bahwa hutan mangrove yang sehat dan berkembang dengan baik dapat menyimpan hingga ratusan hingga ribuan ton karbon per hektar. Namun, angka ini dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor yang telah disebutkan sebelumnya. Studi-studi ini penting untuk mendukung kebijakan pelestarian mangrove dan manajemen berkelanjutan, karena mereka memberikan bukti ilmiah tentang kontribusi ekosistem mangrove terhadap mitigasi perubahan iklim melalui penyerapan dan penyimpanan karbon yang signifikan (Alongi et al., 2014).

2.6. Kondisi Umum Mangrove Desa Sumbernadi dan Desa Gebang Provinsi Lampung

Lokasi pertama kegiatan Penelitian dilaksanakan di Kawasan Mangrove di Desa Sumbernadi Kecamatan Ketapang Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung. Kecamatan Ketapang merupakan salah satu kecamatan yang terletak di Kabupaten Lampung Selatan dengan luas wilayah 14.429 Ha. Batas-batas wilayah

Kecamatan Ketapang yaitu: Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Seragi, Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Penengahan, Sebelah Timur berbatasan dengan Selat Sunda, Sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Penengahan. Mangrove di Desa Sumbernadi memiliki luasan antara 60 sampai 80 hektar. Pelestarian mangrove di Desa Sumbernadi yang saat ini sedang digalakan oleh pemerintah yang bertujuan untuk melestarikan hutan mangrove dan biota yang hidup disekitar ekosistem mangrove tetap terpelihara guna kelangsungan hidup.

Lokasi kedua kegiatan Penelitian dilaksanakan di Kawasan Mangrove di Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. Kecamatan Teluk Pandan. Desa Gebang memiliki total luas wilayah kurang lebih 1.198 hektar yang sebagian besar wilayahnya adalah perkebunan yang sisanya dipergunakan untuk pemukiman, pertambakan, dan kawasan lain. Untuk luas wilayah mangrove di Desa Gebang yaitu kurang lebih 88,7 hektar. Keragaman jenis vegetasi mangrove di Desa gebang cukup beragam yang sebagian besar jenisnya adalah jenis *Rhizophora* sp.



(a)



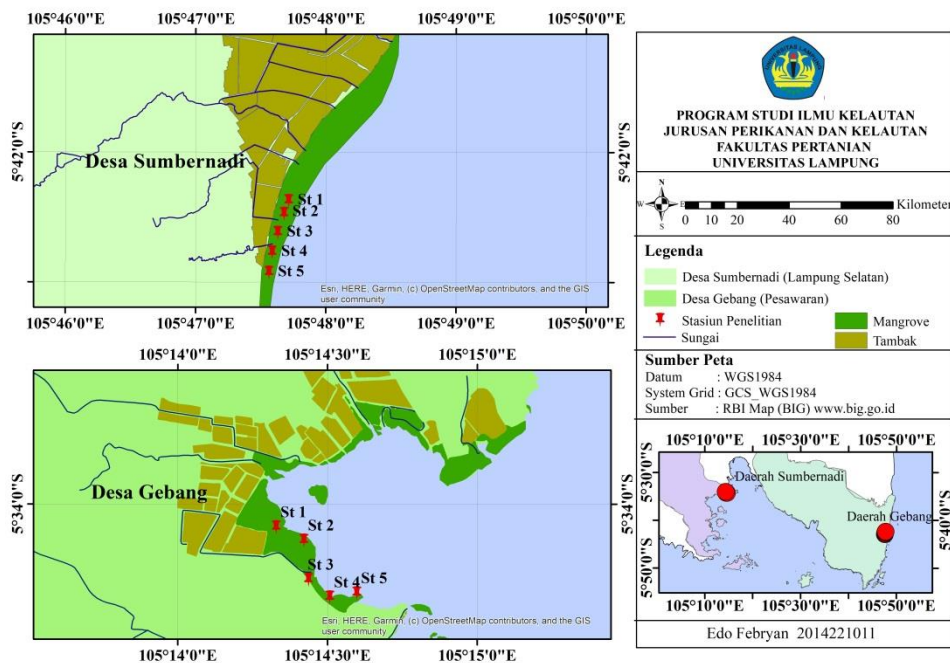
(b)

Gambar 8. Kawasan Mangrove di Desa Sumbernadi Kecamatan Ketapang Kabupaten Lampung Selatan dan Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. (a) Kawasan Mangrove Desa Sumbernadi (b) Kawasan Mangrove Desa Gebang

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan Agustus - September 2024. Penelitian dilakukan pada 2 lokasi, untuk lokasi pertama dilaksanakan di Desa Sumbernadi Kecamatan Ketapang Kabupaten Lampung Selatan. Sedangkan untuk lokasi kedua dilaksanakan di Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran. Pengambilan sampel dilakukan di 5 titik stasiun pengamatan yang di sajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Peta lokasi penelitian

3.2. Batasan Penelitian

Desa Sumbernadi Kecamatan Ketapang Kabupaten Lampung Selatan didominasi oleh mangrove *Avicennia* sp. sedangkan di Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran didominasi oleh *Rhizophora* sp. Pembatasan penelitian dilakukan oleh peneliti dengan melihat keterbatasan sumberdaya manusia. Berikut pembatasan yang dilakukan yaitu :

1. tegakan pohon yang diukur diameternya pada ketinggian setinggi dada (1,3 m) yang memiliki diameter batang pohon (DBH)
2. jenis mangrove yang diukur hanya jenis yang paling banyak di temukan, dilokasi pertama yaitu jenis *Avicennia* sp, lalu dilokasi kedua yaitu jenis *Rhizophora* sp.

3.3. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Alat yang digunakan dalam penelitian

No.	Alat	Keterangan/Fungsi	Spesifikasi
1	Meteran jahit	Pengukuran keliling batang.	<i>Ne Moto</i>
2	GPS	Penentuan titik koordinat.	<i>Android Redmi 10</i>
3	Timbangan digital	Pengukuran berat kering.	<i>MTE timbangan digital SF400</i>
4	Papan Kayu	Pembuatan transek pada sampel serasah.	<i>PVC Rucika</i>
5	Parang	Pemotongan sampel mangrove.	<i>Tramontina</i>
6	Oven	Pengurangan kadar air sampel.	<i>RIO (OV – 45L)</i>
7	Core sampler	Pengambilan sampel sedimen.	<i>PVC Rucika (3 inch)</i>
8	Sieve shaker	Pengayakan sedimen.	<i>RETSCH</i>
9	Alat tulis	Pencatatan sampel.	<i>SIDU (A4), 2B, dan Standard AE7</i>
10	Laptop	Pengolahan data.	<i>ASUS</i>
11	Perangkat Lunak	Pengolahan data.	<i>MS. Excel 2010</i>
12	Perangkat Lunak	Pembuatan peta lokasi.	<i>ArcGis 10.3</i>

Tabel 2. Bahan yang digunakan dalam penelitian

No.	Bahan	Keterangan/Fungsi	Spesifikasi
1	Plastik	Peletakan sampel.	NAF
2	Tali rapia	Pembuatan transek pada sampel pohon.	SWAN
3	Tegakan mangrove	Sampel penelitian.	Mangrove
4	Serasah	Sampel penelitian.	<i>Avicennia</i> sp. dan
5	Sedimen	Sampel penelitian.	<i>Rhizophora</i> sp.
6	Nekromassa	Sampel penelitian.	

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Penentuan Stasiun Pengamatan

Stasiun penelitian dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Metode *purposive sampling* ditentukan berdasarkan kriteria yang ditentukan oleh peneliti (Hazmi, 2017). Kriteria yang digunakan dalam penentuan stasiun pengamatan, yaitu:

1. stasiun 1 yang terletak di Desa Sumbernadi berada pada daerah dengan penutupan mangrove *Avicennia* sp. yang rapat dan stasiun 1 di Desa Gebang berada pada daerah penutupan mangrove *Rhizophora* sp. yang rapat atau jumlah pohon mangrove yang berada pada daerah tersebut berjumlah banyak,
2. stasiun 2 yang terletak di Desa Sumbernadi berada pada daerah dengan penutupan mangrove *Avicennia* sp. yang rapat dan stasiun 2 di Desa Gebang berada pada daerah penutupan mangrove *Rhizophora* sp. yang rapat dan jumlah pohon mangrove yang berada pada daerah tersebut berjumlah banyak,
3. stasiun 3 yang terletak di Desa Sumbernadi berada pada daerah dengan penutupan mangrove yang didominasi oleh jenis *Avicennia* sp. dengan jumlah banyak dan stasiun 3 yang terletak di Desa Gebang berada pada daerah penutupan mangrove *Rhizophora* sp. yang berjumlah sedang,
4. stasiun 4 yang terletak di Desa Sumbernadi berada pada daerah dengan penutupan mangrove *Avicennia* sp. yang sedang dan stasiun 4 terletak di Desa Gebang berada pada daerah penutupan mangrove *Rhizophora* sp. yang jarang, dan
5. stasiun 5 yang terletak di Desa Sumbernadi berada pada daerah dengan penutupan mangrove *Avicennia* sp. yang jarang dan stasiun 5 yang terletak di

Desa Gebang berada pada daerah penutupan mangrove *Rhizophora* sp. yang jarang.

Berdasarkan kriteria tersebut diatas, diperoleh 5 stasiun di masing-masing lokasi. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 15 plot di masing-masing lokasi plot penelitian tegak lurus dengan garis pantai yang terdiri atas 5 stasiun di masing-masing lokasi yang setiap stasiunnya terdapat 3 plot dengan jarak antar plot 10 meter (Gambar 9) yang dilakukan pada beberapa langkah, yaitu:

Desa Sumbernadi Kecamatan Ketapang Lampung Selatan

1. stasiun 1 berlokasi di 105.47604° BT dan -5.42931° LS,
2. stasiun 2 berlokasi di 105.47633° BT dan -5.42795° LS,
3. stasiun 3 berlokasi di 105.47669° BT dan -5.42632° LS,
4. stasiun 4 berlokasi di 105.47722° BT dan -5.42489° LS, dan
5. stasiun 5 berlokasi di 105.47745° BT dan -5.42387° LS.

Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran

1. stasiun 1 berlokasi di 105.47338° BT dan -5.42553° LS,
2. stasiun 2 berlokasi di 105.47352° BT dan -5.42462° LS,
3. stasiun 3 berlokasi di 105.47376° BT dan -5.42370° LS,
4. stasiun 4 berlokasi di 105.47404° BT dan -5.42286° LS, dan
5. stasiun 5 berlokasi di 105.47428° BT dan -5.42224° LS.

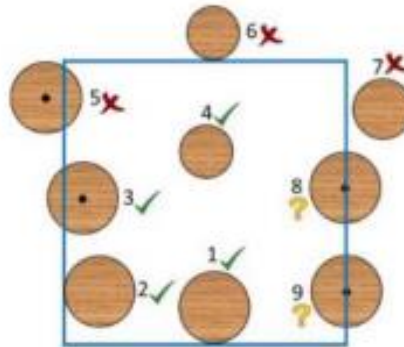
3.4.2. Pengukuran Karbon Tersimpan pada Tegakan Mangrove

Biomassa karbon tersimpan pada tegakan mangrove didapatkan dari pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan metode *non-destructive sampling*. Pengukuran tersebut dilakukan dengan cara mengukur keliling tegakan pohon pada ketinggian 1,3 m (setinggi dada orang dewasa). Pengukuran keliling pohon dilakukan untuk mendapatkan diameter pohon. Pengamatan di dalam plot transek berukuran $10 \times 10 \text{ m}^2$. Metode pengukuran tegakan mangrove dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. keliling pohon mangrove diukur berdasarkan pada posisi tegakan di dalam plot.
Tegakan pohon yang diukur harus berada di dalam plot maupun setengah

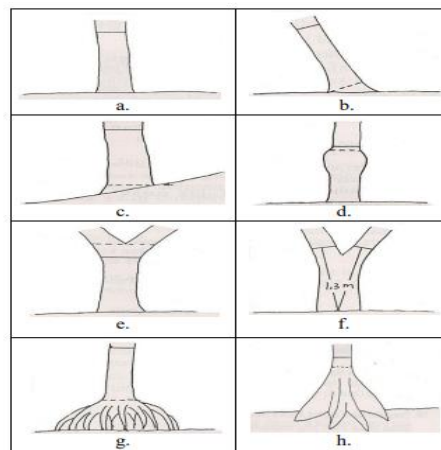
bagian dari tegakan pohon tersebut berada di dalam plot. Kriteria tegakan di dalam plot mengacu pada (Sutaryo, 2009), yaitu:

- pohon yang benar-benar berada di dalam plot seperti no. 1-4 (Gambar 10)
- pohon yang berada di dalam plot seperti no. 8 dan 9.
- pohon yang berada di luar plot seperti no. 5 dianggap pohon tersebut di luar plot sama seperti no. 8 dan 9.



Gambar 10. Ilustrasi tegakan pohon didalam dan diluar plot
Sumber: (Sutaryo, 2009)

- keliling pohon diukur pada tegakan yang memiliki diameter ≥ 5 cm menggunakan meteran jahit. Keliling pohon diukur pada posisi ketinggian pohon yang diukur setinggi dada orang dewasa (DBH). Pengukuran keliling batang pohon mengacu pada SNI 7724, (2011) tentang pengukuran dan perhitungan cadangan karbon hutan (BSN, 2011) (Gambar 11):



Gambar 11. Ilustrasi Pengukuran DBH pada berbagai kondisi pohon mangrove
Sumber: BSN, (2011)

- keliling pohon normal diukur pada ketinggian setinggi dada orang dewasa atau sekitar 1,3 m (Gambar 11.a)

- b. keliling pohon yang miring diukur pada ketinggian 1,3 m atau setinggi dada orang dewasa searah kemiringan pohon (Gambar 11.b)
- c. keliling pohon yang normal dengan kondisi tanahnya miring diukur dari permukaan tanah tertinggi (Gambar 11.c)
- d. keliling pohon yang 3 cacat diukur pada bagian pohon yang sudah normal (Gambar 11.d)
- e. keliling pohon yang bercabang diukur pada ketinggian 1,3 m di bagian bawah cabang masih normal (Gambar 11.e)
- f. keliling pohon yang cabang dengan ketinggian percabangannya lebih dari 1,3 m diukur pada semua percabangan (Gambar 11.f)
- g. keliling pohon dengan akar penunjang diukur dari batas atas akar penunjangnya (Gambar 11.g)
- h. keliling pohon berbanir diukur pada ketinggian 1,3 m dari atas banirnya (Gambar 11.h)
- i. hasil pengukuran keliling batang pohon digunakan untuk mendapatkan nilai diameter yang ditulis dengan persamaan keliling lingkaran:

$$DBH = K/\pi \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

DBH = Diameter pohon setinggi dada (cm)

K = keliling (cm²)

π = 3,14

3. analisis biomassa dihitung dari data tegakan pohon dengan menggunakan model persamaan allometrik (Lestari et al., 2017):

$$\text{Biomassa } Avicennia \text{ sp.} = 0,308 * DBH^{2.11} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Biomassa } Rhizophora \text{ sp.} = 0,235 * DBH^{2.4} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

DBH = Diameter batang pohon setinggi dada (cm)

4. karbon tersimpan dihitung dari konversi nilai kandungan biomassa berdasarkan persamaan yang mengacu pada SNI 7724(2011) tentang pengukuran dan perhitungan cadangan karbon hutan (BSN, 2011):

$$C = B \times 0,47 \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

C = Kandungan karbon tersimpan dari biomassa (g)

B = Total biomassa (g)

5. Hasil pengukuran karbon tersimpan dikonversikan dengan menggunakan persamaan yang mengacu pada pengukuran dan perhitungan cadangan karbon hutan (BSN, 2011) tentang SNI 7724:2011 yang dimodifikasi oleh Hidayatullah (2022), sebagai berikut:

$$Cn = \frac{Cx}{l_{plot}} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

Cn = Kandungan karbon tiap plot dalam kg C/m²

Cx = Kandungan karbon tiap plot dalam kg

l_{plot} = Luas plot (m²)

6. kerapatan jenis adalah jumlah tegakan mangrove dari jenis tertentu dalam suatu unit area atau kawasan. Analisis kerapatan jenis mangrove dihitung menggunakan rumus (Nunalaitta et al., 2019) :

$$Di = (ni/A) \times 10.000 \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

Di = Kerapatan Jenis (ind/ha)

ni = Jumlah total individu jenis ke-i

A = Luas total area pengamatan sampel (m²)

10.000 = Nilai konversi dari m² ke ha

kerapatan jenis mangrove dapat menjadi indikator untuk menilai kesehatan mangrove dalam suatu ekosistem. Pada Tabel 3 merupakan kriteria baku kerusakan mangrove mengacu pada Kepmen LH No. 201 Tahun 2004 :

7. kerapatan relatif jenis

$$RDi = \frac{Ni}{\sum n} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

RDi = Kerapatan relatif jenis (%)

Ni = Kerapatan spesies ke-i

∑n = Jumlah total kerapatan seluruh jenis

3.4.3. Pengukuran Karbon Tersimpan pada Nekromassa

Pengukuran biomassa pada nekromassa dilakukan pada pohon mangrove yang sudah mati saja. Pengukuran nekromassa mengacu pada SNI 7724:2011 tentang pengukuran dan perhitungan cadangan karbon hutan (BSN, 2011):

1. pohon mangrove yang sudah mati (tegak/jatuh) diukur diameter setinggi dada (DBH) ,
2. tinggi pohon yang sudah mati diukur secara keseluruhan dari permukaan tanah sampai bagian atas pohon,
3. volume pohon yang sudah mati dihitung menggunakan persamaan BSN, (2011):

$$V_{pm} = \frac{1}{4} \pi (DBH)^2 \times t \times f \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

V_{pm} = Volume pohon mati (cm^3)
 π = 3,14
 DBH = Diameter pohon pada ketinggian dada (1,3 meter) (cm)
 t = Tinggi total pohon mati (cm)
 f = Faktor bentuk (Nilai faktor bentuk bervariasi tergantung jenis kayu)

4. Kandungan bahan organiknya dihitung dari persamaan volume pohon mati dan Berat jenis pohon mati yang nilai standarnya telah ditentukan sebesar $0,4 \text{ g/cm}^3$ mengacu pada Hairiah & Rahayu (2007), selanjutnya di hitung menggunakan persamaan yang mengacu pada BSN, (2011):

$$B_{pm} = V_{pm} \times B_{jpm} \dots \dots \dots (9)$$

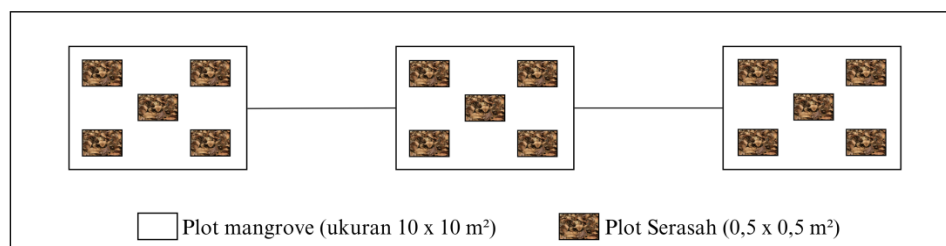
Keterangan:

B_{pm} = Bahan organik pohon mati (g)
 V_{pm} = Volume pohon mati mengacu pada persamaan (8) (cm^3)
 B_{jpm} = Berat jenis kayu pohon mati (g/cm^3)

5. teknis perhitungan karbon tersimpan di dalam nekromassa dihitung dengan persamaan (4) dan dikonversi menjadi kg C/m^2 dengan membagi 1000.

3.4.4. Pengukuran Karbon Tersimpan pada Serasah

Serasah merupakan bagian dari pohon yang telah gugur seperti daun yang tergeletak di permukaan tanah (Hairiah & Rahayu, 2007). Serasah mangrove diambil dalam plot pengamatan menggunakan transek dengan ukuran $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$ yang diletakkan secara acak di dalam plot besar yang disajikan pada Gambar 12.



Gambar 12. Skema penentuan plot
Sumber : Hidayatullah, (2022)

Perhitungan karbon yang tersimpan di dalam serasah dilakukan dengan mengacu pada SNI 7724 (2011) tentang Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon Hutan (BSN, 2011) dengan tahapan sebagai berikut:

1. serasah diambil dari plot ukuran $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$ (Gambar 12),
2. sampel dibersihkan dari lumpur maupun kotoran lainnya yang menempel,
3. sampel yang sudah dibersihkan, kemudian ditimbang untuk mendapatkan nilai berat basah sampel (BB),
4. sampel serasah dikeringkan di bawah sinar matahari,
5. sampel serasah yang sudah kering diambil sebanyak 100 g kemudian dikeringkan kembali menggunakan oven pada suhu 80°C selama 48 jam,
6. setelah 48 jam, sampel tersebut didinginkan dan ditimbang untuk mengetahui berat keringnya (BK),
7. kandungan bahan organik sampel serasah dihitung menggunakan persamaan BSN (2011):

$$BO = (BK \text{ sampel}) / (BB \text{ sampel}) \times BB \text{ Total} \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan:

BO = Berat bahan organik (g)
BK = Berat kering (g)
BB = Berat basah (g)

8. Karbon tersimpan di dalam serasah dihitung dengan persamaan (4) dan dikonversi menjadi kg C/m² dengan membagi 1000.

3.4.5. Hasil Konversi Karbon Tersimpan

Hasil pengukuran karbon tersimpan dikonversikan dengan menggunakan persamaan yang mengacu pada SNI 7724 (2011) tentang pengukuran dan perhitungan cadangan karbon hutan (BSN, 2011) yang dimodifikasi :

$$Cn = \frac{Cx}{1000} \times \frac{10000}{L_{plot}} \dots \dots \dots (11)$$

Keterangan:

Cn	= Kandungan karbon tiap plot dalam (kg C/m ²)
Cx	= Kandungan karbon tiap plot dalam (g)
1000	= Konversi kg menjadi g
10000	= Konversi m ² menjadi cm ²
L _{plot}	= Luas plot (m ²)

3.4.6. Pengukuran Fraksi Sedimen

Fraksi sedimen ditentukan dengan metode ayakan bertingkat (Triapriyasen et al., 2016):

1. sampel sedimen diambil dengan *core sampler* berukuran tinggi 30 cm dan diameter 3 *inch*,
2. sampel sedimen kemudian dipotong menjadi 3 bagian masing-masing 10 cm,
3. sampel dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80° C selama 24 jam,
4. sampel yang sudah kering dihaluskan dengan menggunakan mortar,
5. sampel diayak pada pan *sieve shaker* untuk klasifikasi ukuran butir sedimennya (pasir kasar berukuran 510 mm, pasir halus berukuran 315 mm, debu kasar berukuran 305 mm, debu halus berukuran 203 mm, liat kasar berukuran 200 mm, dan liat halus berukuran 100 mm), dan
6. pengukuran fraksi sedimen dilakukan dengan menimbang sedimen yang tertinggal di setiap ayakan dengan persamaan (Triapriyasen et al., 2016)

$$\%BA = \frac{BI}{BO} \times 100\% \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan:

BA = Berat total sedimen di setiap ayakan (%)
 B1 = Berat sedimen yang tertinggal disetiap ayakan (g)
 B0 = Berat sedimen sebelum diayak (g)

3.4.7. Pengukuran C-organik dengan Metode *Spektrofotometri UV-VIS*

Pengukuran C-organik pada tanah dilakukan dengan menggunakan metode *Spektrofotometri UV-VIS* (Sari & Yusmah, 2023). Tahapan pengukuran C-organik adalah :

1. sampel sedimen sebanyak 0,5 g yang telah dikering anginkan kemudian dimasukan kedalam labu ukur berukuran 100 ml,
2. sebanyak 5 ml larutan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) ditambahkan ke dalam labu ukur yang berisi sampel sedimen, kemudian dikocok hingga tercampur merata. Larutan $K_2Cr_2O_7$ berfungsi sebagai oksidator kuat untuk mengoksidasi bahan organik yang terkandung dalam sedimen, sehingga memungkinkan perhitungan kandungan karbon organik melalui reaksi redoks,
3. setelah sedimen dan larutan $K_2Cr_2O_7$ tercampur, selanjutnya ditambahkan larutan H_2SO_4 pekat sebanyak 7,5 ml. Labu ukur digoyangkan kembali dan setelah tercampur, sampel didiamkan selama 30 menit,
4. setelah 30 menit, dilakukan pengenceran dengan menambahkan air akua-des hingga batas tera labu ukur kemudian dihomogenkan, lalu didiamkan selama 24 jam sebelum dianalisis pada *Spektrofotometer UV-VIS*,
5. selanjutnya, diukur absorbansi larutan jernih dengan *Spektrofotometer UV-VIS* pada panjang gelombang 561 nm, Pengukuran absorbansi larutan jernih dilakukan pada panjang gelombang 561 nm karena pada panjang gelombang ini ion Cr^{3+} hasil reduksi dari kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) menunjukkan serapan maksimum. Pemilihan panjang gelombang ini bertujuan untuk memperoleh sensitivitas dan akurasi yang optimal dalam menentukan konsentrasi kromium, sehingga memungkinkan perhitungan kadar karbon organik dalam sampel sedimen secara tepat,
6. perhitungan C organik dilakukan menggunakan persamaan yang mengacu pada (Sari & Yusmah, 2023):

$$\%C\text{-organik} = C \times fp \times fk \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan :

C = Konsentrasi C-organik yang didapatkan dari kurva kalibrasi
 fp = Faktor pengenceran
 fk = Faktor koreksi kadar air

7. Setelah didapatkan nilai %C-organik, total karbon tersimpan di sedimen dihitung dengan menggunakan persamaan yang mengacu pada pengukuran dan perhitungan cadangan karbon hutan (BSN, 2011) tentang SNI 7724:2011.

$$C_t = \%C\text{-organik} \times p \times kd \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan:

C_t = Karbon tersimpan di sedimen (g/cm²)
 K_d = Kedalaman sampel (cm)
 ρ = Perbandingan dari berat kering (g) dan volume sampel (cm³)

8. Kemudian hasil perhitungan C-organik tanah per-meter dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$C_{\text{tanah}} = C_t \times 10 \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan :

C_{tanah} = Kandungan C-organik tanah per meter (kg/m²)
 10 = Faktor konversi dari g/cm² ke kg/m²

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ekosistem mangrove di Desa Sumbernadi dan Desa Gebang memiliki potensi yang signifikan dalam menyimpan karbon. Nilai simpanan karbon tertinggi ditemukan di Desa Gebang, yang didominasi oleh jenis *Rhizophora* sp., sedangkan Desa Sumbernadi yang didominasi oleh *Avicennia* sp. memiliki nilai simpanan karbon lebih rendah. Komponen sedimen merupakan penyumbang karbon terbesar dari keseluruhan ekosistem, menunjukkan pentingnya peran substrat dalam menyimpan karbon jangka panjang. Perbedaan jenis vegetasi, kerapatan, diameter pohon, dan kondisi lingkungan lokal menjadi faktor utama yang memengaruhi jumlah karbon yang tersimpan. Temuan ini menegaskan bahwa konservasi dan pengelolaan hutan mangrove secara berkelanjutan sangat penting sebagai upaya nyata dalam mitigasi perubahan iklim di wilayah pesisir.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, saran yang dapat dikemukakan sebagai berikut:

1. Penelitian ini telah mencakup komponen utama (tegakan, nekromassa, serasah, sedimen), namun untuk ke depan sebaiknya ditambahkan analisis akar bawah tanah (*root biomass*) dan pengukuran *fluks* gas rumah kaca (seperti CO₂ dan CH₄) secara langsung untuk menghasilkan estimasi *blue carbon* yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alongi, D., M. (2014). Carbon cycling and atorage in mangrove forests. *Marine Science Journal*, 6(1): 195–219. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135020>.
- Amelse, J. (2020). Achieving net zero carbon dioxide by sequestering biomass carbon. *Social Science Research Network Electronic Journal*, 2(36): 297-381. <https://ssrn.com/abstract=3715073>.
- Arifin, Z., & Satria, A., P. (2020). Analisis kritis pengelolaan perairan pesisir dan pulau-pulau kecil di Indonesia. *Ganec Swara*, 14(1): 521-525.
- Aswenty, M. (2021). Keanekaragaman mangrove di kawasan ekowisata hutan mangrove Petangoran, Gebang, Teluk Pandan, Pesawaran (No Publikasi 13516)[Skripsi, UIN Raden Intan Lampung]. Repository UIN Raden Intan Lampung.
- Bachmid, F., Sondak, C., & Kusen, J. (2018). Estimasi penyerapan karbon hutan mangrove bahowo Kelurahan Tongkaina Kecamatan Bunaken. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 6(1): 8–13. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jplt/article/view/19463>.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). *Pengukuran dan penghitungan cadangan carbon–pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan* (1nd ed). Badan Standarisasi Nasional.
- Baderan, D.W.K. (2017). *Serapan Karbon Hutan Mangrove Gorontalo* (1nd ed). Yogyakarta Deepublish.
- Badjeck, M., C., Allison, E., H., Halls, A., S., & Dulvy, N., K. (2010). Impacts of climate variability and change on fishery-based livelihoods. *Marine Policy Journal*, 34(1): 375-383. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2009.08.007>.
- Chen, G., C., Ulumuddin, Y., I., Pramudji, S., & Chen, S., Y. (2014). Rich soil carbon and nitrogen but low atmospheric greenhouse gas fluxes from North Sulawesi mangrove swamps in Indonesia. *Science Journal*, 48(7): 91-96. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.03.140>.

- Dharmawan, I., W., S., & Siregar, C., S. (2008). Karbon tanah dan pendugaan karbon tegakan *avicennia marina* (Forsk.) vierh di Ciasem Purwakarta. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(4): 317-328. <http://doi.org/10.20886/jphka.2008.5.4.317-328>.
- Dharmawan, I., W., S. (2010). Pendugaan biomasa karbon di atas tanah pada tegakan *Rhizophora mucronata* di Ciasem Purwakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 15(1): 50-56. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/JIPI/article/view/6587>.
- Dinas Lingkungan Hidup. (2018). *Estimasi Stok Karbon di Kawasan Mangrove Pantai Utara Kota Surabaya* (1nd ed). Pemerintah Kota Surabaya.
- Donato, D., C., Kauffman, J., B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Journal of Nature Geoscience*, 4(5): 293-297. <http://doi.org/10.1038/ngeo1123>.
- Fahrian, H., H., Sapto, P., Putro, S., P., & Muhammad, F. (2015). Potensi ekowisata di kawasan mangrove Desa Mororejo Kabupaten Kendal. *Jurnal Biosaintifika*, 2(2): 104-111. <http://doi.org/10.15294/biosaintifika.v7i2.3953>.
- Ghufrona, R., R., Kusmana, C., & Rusdiana, O. (2015). Komposisi jenis dan struktur hutan mangrove di Pulau Sebuk, Kalimantan Selatan. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 6(1): 15-26. <http://doi.org/10.29244/j-siltrop.6.1.15-26>.
- Hairiah, K., & Rahayu, S. (2007). *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan* (1nd ed). World Agroforestry Centre.
- Halidah, (2014). *Avicennia marina* (Forssk.) vierh jenis mangrove yang kaya manfaat. *Info Teknis Eboni*. 11(1): 37-44. <http://doi.org/10.20886/buleboni.5031>.
- Hanafi, N., & Bernardianto, R. B. (2012). Pendugaan Cadangan Karbon Pada Sistem Penggunaan Lahan di Areal PT. Sikatan Wana Raya. *Media Sains*, 4(2), 12-13. <https://academia.edu/download/37231465>.
- Hazmi, I. B. A. (2017). Penyerapan Karbon Dioksida (CO₂) pada Daun, Serasah Daun, dan Sedimen Mangrove *Sonneratia caseolaris* (L) Engler Kategori Tiang di Kawasan Mangrove Tlocor (No Publikasi 6997)[Disertasi, Universitas Brawijaya]. Respository Universitas Brawijaya. <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/6997>.

- Imiliyana, A., Muryono, M., & Purnobasuki, H. (2012). Estimasi stok karbon pada tegakan pohon *Rhizophora stylosa* di Pantai Camplong Sampang Madura. *Jurnal Biologi*, 1(1): 1-13. <https://researchgate.net/publication/257957226>.
- Irwanto. (2006). *Keanekaragaman Fauna pada Habitat Mangrove*. Eureka Media Aksara Yogyakarta. <https://doi.org/10.20527/aquatic.v4i1.1214>.
- Karimah, K. (2017). Peran ekosistem hutan mangrove sebagai habitat untuk organisme laut. *Jurnal Biologi Tropis*, 17(2): 51-58. <http://doi.org/10.29303/jbt.v17i2.497>.
- Kepel, T., L., Suryono, D., D., Ati, R., N., A., Salim, H., L., & Hutahaeen, A., A. (2017). Nilai penting dan estimasi nilai ekonomi simpanan karbon vegetasi mangrove di Kema Sulawesi Utara. *Jurnal Kelautan Nasional*, 12(1): 19-26. <http://doi.org/10.15578/jkn.v12i1.6170>.
- Kusuma, A.H. (2024). Study of carbon storage in mangrove vegetation at Sumbernadi Village, Ketapang Distric, South Lampung Regency, Province of Lampung. *Jurnal Biologi Tropis*. 24(2): 161-168. <http://doi.org/10.29303/jbt.v24i2.6719>.
- Kusuma, A.H., Effendi, E., Hidayatullah, M.S., & Susanti, O. (2022). Estimasi serapan karbon pada vegetasi mangrove register 15, Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. *Journal of Marine Research*. 11(4): 768-778. <http://doi.org/10.14710/jmr.v11i4.35605>.
- Kusuma, A.H., Hutahaeen, A.A., Siregar, A.M., Faisal, A.R., Yanvika, H., & Marpaung, E.M. (2023a). Serapan dan stok karbon di vegetasi mangrove Pantai Ketapang, Desa Batu Menyan, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. *Journal Perikanan*. 13(3): 935-946. <http://doi.org/10.29303/jp.v13i3.616>.
- Kusuma, A.H., Muhaemin, M., Yudha, I.G., Hudaidah, S., & Adiputra, Y.T. (2023b). Simpanan karbon di vegetasi mangrove Desa Sungai Nibung, Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*. 14(1): 1-11. <http://doi.org/10.24319/jtpk.14.1-11>.
- Latupapua, Y., T., Loppies, R., & Fara, F., D. (2019). Analisis kesesuaian kawasan mangrove sebagai objek daya tarik ekowisata di Desa Siahoni, Kabupaten Buru Utara Timur, Provinsi Maluku. *Jurnal Sylva Lestari*, 7(3): 267-276. <http://doi.org/10.23960/jsl37267-276>.
- Laheng, S., Putri, I. W., Putri, D. U., & Idris, S. (2025). Penguatan ekonomi masyarakat pesisir melalui pemberdayaan dan program mangrove berkelanjutan. *Jurnal Cendekia Mengabdikan Berinovasi dan Berkarya*, 3(3): 110-114. <https://doi.org/10.56630/jenaka.v3i3.894>.

- Lestari, T., A., & Rahadian, A. (2017). *Metode kuantifikasi pendugaan cadangan karbon ekosistem mangrove: Mangroves for the Future Indonesia*. Wetlands International Indonesia Programme.
- Lilitnuhua, M. K., Kesaulayaa, I., & Rahmana, R. (2024). Potensi pemanasan global emisi gas nitrous oksida (N₂O) pada kawasan mangrove Desa Poka, Kota Ambon Global warming potential of Nitrous Oxyde (N₂O) emissions in mangrove area of Poka Villages, Ambon City. *Jurnal Laut Pulau*, 3(1), 10-18. <https://doi.org/10.30598/jlpvol3iss1pp10-18>.
- Manafe, G., Kaho, M. R., Risamasu, F., & Adisucipto, J. (2016). Estimasi biomassa permukaan dan stok karbon pada tegakan pohon *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* di perairan pesisir oebelo Kabupaten Kupang. *Jurnal Bumi Lestari*, 16(2), 163-173. <https://academia.edu/download/66566797/25950>.
- Masripatin, N., Kirsfianti, G., Ari, W., Wayan, S. D., Chairil, AS., Mega, L., Indartik, W., Wening, W., Niken, S., & Retno. (2010). *Pedoman Pengukuran Karbon untuk Mendukung Penerapan REDD+ di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan.
- Masruroh, L., & Insafitri, I. (2020). Pengaruh jenis substrat terhadap kerapatan vegetasi *Avicennia marina* di Kabupaten Gresik. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 1(2): 151-159. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i2.7569>.
- Nasution, T. (2023). Daya dukung hutan mangrove pangkal babu pada kelimpahan sumberdaya ikan dan ekonomi masyarakat Desa Tungkal Satu Tanjung Jabung Barat. *Jurnal Natur Indonesia*, 21(1): 21-28. <https://doi.org/10.31258/jnat.21.1.21-28>.
- Niapele, S., & Hasan, M., H. (2017). Analisis nilai ekonomi hutan mangrove di Desa Mare Kofo Kota Tidore Kepulauan. *Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan*, 10(2): 7- 16. <https://doi.org/10.29239/j.agrikan.10.2.7-16>.
- Nunalaitta, E., M., Tulalessy, A., H., & Wakano, D. (2019) Analisis kerapatan mangrove sebagai salah satu indikator ekowisata di Perairan Pantai Dusun Alariano Kecamatan Amahai Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*. 3(2): 217-226. <https://doi.org/10.30598/jhppk.2019.3.2.217>.
- Nuraini, R. A. T., Pringgenies, D., Suryono, C. A., & Adhari, V. H. (2021). Stok karbon pada tegakan vegetasi mangrove di Pulau Karimunjawa. *Buletin Oseanografi Marina*. 10(2), 180–188. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i2.31616>.

- Oktawati, N., O., Sulistianto, E., Fahrizal, W., & Maryanto, F. (2018). Nilai ekonomi ekosistem lamun di Kota Bontang. *Enviroscientee Journal*, 14(3): 228-236. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/88088>.
- Rachmawati, D., Setyobudiandi, I., & Hilmi, E. (2014). Potensi estimasi karbon tersimpan pada vegetasi mangrove di Wilayah Pesisir Muara Gembong. Kabupaten Bekasi. *Jurnal Omni Akuatika*, 14(19): 89-91. <http://doi.org/10.20884/1.oa.2014.10.2.22>.
- Rahmad., Y., Mubarak, A., Elfrida, E., & Mawardi, M. (2020). Keanekaragaman tumbuhan mangrove di Desa Alur Dua tahun 2019. *Jurnal Jeumpa*, 7(1), 341-348. <https://doi.org/10.33059/Jj.V7i1.2976>.
- Rahman., Efendi, H., & Rusmana, I. (2017). Estimasi stok dan serapan karbon pada mangrove di Sungai Tallo Makassar. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, (11): 19-28. <https://doi.org/10.22146/jik.24867>.
- Rahman., Effendi, H., Rusmana, I., Wardiatno, Y., & Yulianda, F. (2020). Pengelolaan ekosistem mangrove untuk ruang terbuka hijau sebagai mitigasi gas rumah kaca. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 10(2): 320 – 328. <https://doi.org/10.29244/jpsl.10.2.320-328>.
- Rahman, Yulianda, F., Rusmana, I., & Wardiatno, Y. (2019). Production ratio of seedlings and density status of mangrove forests in coastal areas of Indonesia. *Environmental Biology Journal*, 13(6): 13-20. <https://doi.org/10.29244/jpsl.10.3.461-478>.
- Rejeki, S. (2024). Senyawa metabolit pada vegetasi sekunder dibawah kondisi ekologi karst Kabupaten Muna Sulawesi Tenggara. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*. 9(6). <https://doi.org/10.63071/58ar4229>.
- Riani, E. (2012). *Perubahan Iklim dan Kehidupan Biota Akuatik*. IPB Press. <https://doi.org/10.31219/osf.io/k2y6v>.
- Saputra, S., E., & Setiawan, A. (2014). Potensi ekowisata hutan mangrove di Desa Merak Belantung Kecamatan Kalianda Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Sylva Lestari*, 2(2):49-60. <https://doi.org/10.23960/jsl2249-60>.
- Sari, R., & Yusmah, R., A. (2023). Penentuan C-organik pada tanah untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan keberlanjutan umur tanaman dengan metoda spektrofotometri uv vis. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(1), 11-19. <https://doi.org/10.32520/jtp.v12i1.2598>.
- Spalding, M., Kainuma, M., Collins, L., (2010). *World Atlas of Mangroves*. Earthscan. <https://doi.org/10.4324/9781849776608>.

- Sondak, C., F., A., & Chung, I., K. (2015). Potential blue carbon from coastal ecosystems in The Republic of Korea. *Ocean Science Journal*, 50(1): 1-8. <http://doi.org/10.1007/s12601-015-0001-9>.
- Suryono., Soenardjo, N., Wibowo, E., Ario, R., & Rozy, E., F. (2018). Estimasi kandungan biomassa dan karbon di hutan mangrove perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Jurnal of Buletin Oseanografi Marina*, 7(1): 1-8. <https://doi.org/10.14710/buloma.v7i1.19036>.
- Susanti, P., D., & Halwany, W. (2017). Dekomposisi serasah dan keanekaragaman makro fauna tanah pada Hutan Tanaman Industri nyawai (*Ficus variegata*. Blume). *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 11(2), 212-223. <https://doi.org/10.22146/jik.28285>.
- Sutaryo, D. (2009). *Perhitungan Biomassa Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Wetlands International Indonesia Programme.
- Triapriyasen, A., Muslim, M., & Suseno, H. (2016). Analisis jenis ukuran butir sedimen di perairan Teluk Jakarta. *Journal of Oseanografi*, 5(3): 309-316. <http://doi.org/10.1007/s12601-015-0001-9>.
- Wang, H., Zhou, S., Li, X., Liu, H., Chi, D., & Xu, K. (2016). The influence of climate change and human activities on ecosystem service value. *Ecological Engineering Journal*, 87(2): 224-239. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.09.014>.
- Warsidi, (2017). Komposisi vegetasi mangrove di Teluk Betung Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Samarinda*, 17(2): 1-9. <http://sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198717301812>.
- Widhitama, S., Purnomo, P., W., & Suryanto, A. (2016). Produksi dan laju dekomposisi serasah mangrove berdasarkan tingkat kerapatannya di Delta Sungai Wulan, Demak, Jawa Tengah. *Diponegoro Journal of Maquares*. 5(4): 311-319. <https://doi.org/10.14710/marj.v5i4.14436>.
- Windarni, C., Setiawan, A., & Rusita. (2018). Estimasi karbon tersimpan pada hutan mangrove di Desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*. 6(1): 66-74. <https://doi.org/10.23960/jsl1667-75>.
- Wulandari, N., K., P., Ernawati, N., M., & Saraswati, N., L., G., R., A. (2024). Estimasi total simpanan karbon hutan mangrove Teluk Gilimanuk, Bali. *Buletin Oseanografi Marina*, 13(3), 424-436. <https://doi.org/10.14710/buloma.v13i3.63104>.
- Yuniarti, R., Masudin, I., Rusdiansyah, A., & Handayani, D., I. (2023). Model of multiperiod production-distribution for closed-loop supply chain considering carbon emission and traceability for agri-food

products. *International Journal of Industrial Engineering and Operations Management*, 5(3): 240-263. <https://doi.org/10.1108/IJIEOM-10-2022-0045>.

Yuniawati, Y. (2013). Pengaruh pemanenan kayu terhadap potensi karbon tumbuhan bawah dan serasah di lahan gambut (Studi Kasus Di Areal Hti Kayu Serat PT. Rapp Sektor Pelalawan, Propinsi Riau). *Jurnal Hutan Tropis*, 1(1): 24-31. <https://doi.org/10.20527/jht.v1i1.1480>.