

**SIMPANAN KARBON MANGROVE
DESA SAWAH LUHUR, KECAMATAN KASEMEN,
KABUPATEN SERANG, PROVINSI BANTEN**

SKRIPSI

Oleh

**CHOTIBUL UMAM
2054221006**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

**SIMPANAN KARBON MANGROVE
DESA SAWAH LUHUR, KECAMATAN KASEMEN,
KABUPATEN SERANG, PROVINSI BANTEN**

Oleh

CHOTIBUL UMAM

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

SIMPANAN KARBON MANGROVE DESA SAWAH LUHUR, KECAMATAN KASEMEN, KABUPATEN SERANG, PROVINSI BANTEN

Oleh

CHOTIBUL UMAM

Ekosistem mangrove di Desa Sawah Luhur memiliki potensi yang besar dengan luasan jalur hijau di Desa Sawah Luhur yang ditumbuhi mangrove sekitar 22,68 ha yang sebagian besar terletak di Cagar Alam Pulau Dua. Ekosistem mangrove berperan penting dalam mitigasi perubahan iklim melalui kemampuan menyerap dan menyimpan karbon. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karbon tersimpan pada bagian tegakan, nekromassa, serasah dan bagian substrat di ekosistem mangrove Desa Sawah Luhur, Kecamatan Kasemen, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Pengukuran karbon tersimpan dilakukan dengan melakukan perhitungan pada biomassa atas menggunakan allometrik dan menganalisis C-organik tanah pada biomassa bawah permukaan yang selanjutnya dikonversi sebagai karbon tersimpan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mangrove yang di temukan terdiri dari *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata*. Karbon tersimpan pada tegakan atau batang mangrove lebih tinggi dibandingkan pada nekromassa dan serasah, namun hasil tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan karbon tersimpan pada sedimen. Hal ini diduga karena karbon tersimpan pada sedimen berasal dari pelapukan tumbuhan dan hewan mati yang terdegradasi ke dalam sedimen, selain itu tegakan pohon yang menyerap karbon juga dapat mengalirkan simpanan karbon yang berlebihan ke dalam tanah. Penelitian ini menegaskan bahwa ekosistem mangrove di Desa Sawah Luhur memiliki potensi tinggi sebagai penyimpan karbon sehingga penting untuk dipertahankan sebagai kawasan mitigasi pemanasan global.

Kata Kunci : Biomassa, C-organik, Mangrove, Mitigasi, Karbon Tersimpan

ABSTRACT

MANGROVE CARBON STORAGE SAWAH LUHUR VILLAGE, KASEMEN SUB-DISTRICT, SERANG DISTRICT, BANTEN PROVINCE

By

Chotibul Umam

The mangrove ecosystem in Sawah Luhur Village has great potential with a green belt area in Sawah Luhur Village covered by mangroves of approximately 22.68 ha, most of which is located in the Pulau Dua Nature Reserve. Mangrove ecosystems play an important role in climate change mitigation through their ability to absorb and store carbon. This study aims to analyze the carbon stored in the stands, necromass, litter, and substrate in the mangrove ecosystem of Sawah Luhur Village, Kasemen District, Serang Regency, Banten Province. Carbon storage measurements were conducted by calculating above-ground biomass using allometric equations and analyzing soil organic carbon in below-ground biomass, which was then converted into stored carbon. The results showed that the mangroves found consisted of *Avicennia marina* and *Rhizophora apiculata*. Stored carbon in mangrove stands or trunks was higher than in necromass and litter, but lower than stored carbon in sediments. This is thought to be because the carbon stored in sediments comes from the decomposition of dead plants and animals that degrade into sediments. In addition, tree stands that absorb carbon can also drain excess carbon stores into the soil. This study confirms that the mangrove ecosystem in Sawah Luhur Village has high potential as a carbon sink, making it important to preserve it as a global warming mitigation area.

Keywords : Biomass, Organic Carbon, Mangroves, Mitigation, Stored Carbon

Judul skripsi

Simpanan karbon mangrove Desa Sawah Luhur,

Kecamatan Kasemen, Kabupaten Serang,

Provinsi Banten

Nama Mahasiswa

Chotibul Umam

Nomor Pokok Mahasiswa

2054221006

Program Studi

Ilmu Kelautan

Fakultas

Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Eko Efendi, S.T., M.Si.

NIP. 197803292003121001


Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si.

NIP. 99001202019031011

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan


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

NIP. 198309232006042001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Eko Efendi, S.T., M.Si.

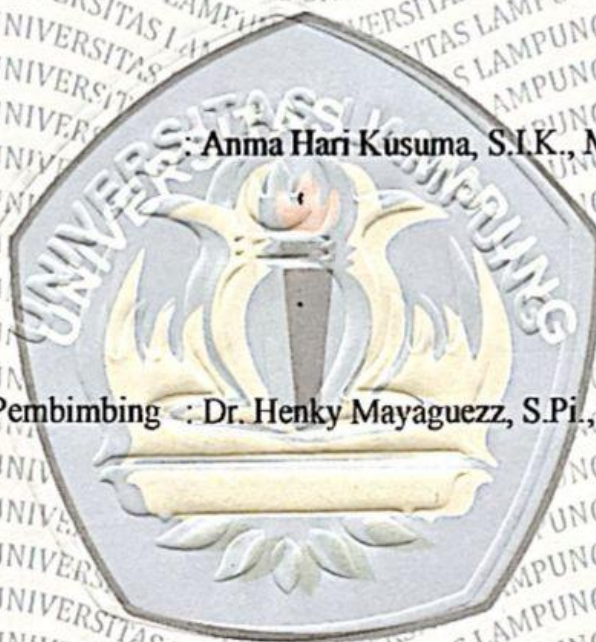


Sekretaris

: Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si.



Penguji Bukan Pembimbing : Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. H. Falsawanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi : 17 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 **"Simpanan karbon mangrove Desa Sawah Luhur, Kecamatan Kasemen, Kabupaten Serang, Provinsi Banten"** 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, 20 November 2025

Yang membuat pernyataan



Chotibul Umam
2054221006

RIWAYAT HIDUP

Chotibul Umam adalah nama lengkap penulis, lahir di Kecamatan Ambarawa, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung, pada tanggal 10 April 2002. Penulis lahir sebagai anak pertama dari sepasang suami istri, Bapak Warisno dan Ibu Istiqomah. Penulis menempuh pendidikan formal dari Taman Kanak Cinanggung Kota Serang pada tahun 2007 – 2008, lalu melanjutkan pendidikan dasar di SDN Cinanggung Kota Serang pada tahun 2008 – 2014, dilanjutkan ke pendidikan tingkat menengah di SMPN 4 Kota Serang pada tahun 2014 – 2017, dan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 4 Kota Serang pada tahun 2017 – 2020. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan jenjang perguruan tinggi di Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2020.

Penulis pernah aktif pada organisasi eksternal yaitu Himpunan Mahasiswa Banten (HMB) Sebagai anggota pada periode 2021 – 2022, kemudian menjadi kepala bidang Informasi dan Komunikasi (INFOKOM) pada periode 2022 – 2023. Selama masa studi, penulis pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah renang dan widyasela pada tahun 2024. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Karang Agung, Kecamatan Way Tenong, Kabupaten Lampung Barat. Selain itu, penulis pernah mengikuti kegiatan magang bersama rekan angkatan di Balai Taman Nasional Kepulauan Seribu, tepatnya di Pulau Harapan pada tahun 2022, dan pernah mengikuti kegiatan Praktik Umum (PU) di Desa Karang Anyar, Kecamatan Wonosobo, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung.

Kepada Allah SWT yang senantiasa memberikan kenikmatan, kekuatan dan rasa syukur tak terhingga, serta untuk keluarga terkasih khususnya kedua orang tua dan kedua adik yang tak pernah lupa memberikan semangat, do'a, kasih sayang dan cinta terbaik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan ucapan rasa syukur terpanjatkan kepada Allah SWT, atas segala nikmat, berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi dengan judul “ *Simpanan karbon mangrove Desa Sawah Luhur, Kecamatan Kasemen, Kabupaten Serang, Provinsi Banten*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini 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. Eko Efendi, S.T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama;
4. Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Pembantu/Sekretaris dan Dosen Pembimbing Akademik;
5. Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T. selaku Dosen Penguji Utama;
6. Kedua orang tua, Bapak Warisno dan Ibu Istiqomah;
7. Rekan – rekan Program Studi Ilmu Kelautan angkatan 2020 Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 27 November 2025

Chotibul Umam
2054221006

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	i
DAFTAR GAMBAR.....	ii
DAFTAR LAMPIRAN	iii
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. Pemanasan Global	6
2.2. Karbon	7
2.3. Mangrove.....	8
2.4. Kondisi Umum Mangrove Desa Sawah Luhur	10
III. METODELOGI PENELITIAN	11
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	11
3.2. Batasan Penelitian	12
3.3. Alat dan Bahan	12
3.4. Prosedur Penelitian.....	13
3.4.1. Penentuan Stasiun Pengamatan	13
3.4.2. Analisis Tinggi dan Kerapatan Mangrove	14
3.4.3. Pengukuran Karbon Tersimpan Pada Tegakan Mangrove	16
3.4.4. Pengukuran Karbon Tersimpan Pada Nekromassa.....	19
3.4.5. Pengukuran Karbon Tersimpan Pada Serasah	20
3.4.6. Pengukuran Fraksi Sedimen	22
3.4.7. Pengukuran C-organik Dengan Metode <i>Walkley and Black</i> ...	22
3.4.8. Pengukuran Serapan CO ₂ Terhadap Simpanan Karbon	24

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1. Gambaran Umum Kondisi Mangrove	25
4.2. Karbon Tersimpan Pada Tegakan Mangrove	28
4.3. Karbon Tersimpan Pada Nekromassa Mangrove	30
4.4. Karbon Tersimpan Pada Serasah Mangrove	31
4.5. Karbon Sedimen	32
4.6. Total Simpanan Karbon	34
4.7. Nilai Serapan Karbon Dioksida Pada Vegetasi Mangrove	35
V. SIMPULAN DAN SARAN	37
5.1. Simpulan	37
5.2. Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat yang digunakan dalam penelitian.....	13
2. Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	13
3. Kriteria baku kerusakan mangrove.	16
4. Total karbon tersimpan pada tegakan mangrove.	29
5. Total karbon tersimpan pada nekromassa mangrove.....	30
6. Karbon tersimpan pada serasah mangrove.....	31
7. Analisis C-organik Tanah.	33
8. Total simpanan karbon di Desa Sawah Luhur.	34
9. Nilai total serapan CO ₂ pada vegetasi mangrove.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran penelitian.	4
2. Diagram kandungan gas rumah kaca (GRK).	6
3. Siklus karbon dioksida (CO ₂).	8
4. Hutan mangrove Desa Sawah Luhur, Kecamatan Kasemen, Kabupaten Serang, Provinsi Banten.	9
5. Peta lokasi penelitian	11
6. Ilustrasi pengukuran tinggi pohon mangrove	14
7. Ilustrasi tegakan pohon di dalam dan di luar plot.	17
8. Ilustrasi pengukuran DBH pada berbagai kondisi tegakan pohon.	17
9. Ilustrasi Penampung Serasah Mangrove	21
10. Nilai-nilai pada kondisi mangrove di seluruh stasiun.	26
11. Kandungan tekstur substrat mangrove di Desa Sawah Luhur,	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data sampel tegakan mangrove stasiun 1	46
2. Data sampel tegakan mangrove stasiun 2	50
3. Data sampel tegakan mangrove stasiun 3	52
4. Data sampel tegakan mangrove stasiun 4	56
5. Data sampel tegakan mangrove stasiun 5	60
6. Data sampel nekromassa stasiun 1	64
7. Data sampel nekromassa stasiun 2	65
8. Data sampel nekromassa stasiun 3	66
9. Data sampel nekromassa stasiun 4	67
10. Data sampel nekromassa stasiun 5	68
11. Data rata-rata DBH, volume pohon mati dan jumlah nekromassa.....	69
12. Data sampel serasah mangrove	70
13. Data berat kering sampel serasah.....	71
14. Hasil analisis %C-organik tanah.....	72
15. Dokumentasi pengambilan data di lokasi penelitian.....	73
16. Dokumentasi penelitian di laboratorium	75

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem yang tumbuh di sepanjang garis pantai tropis maupun subtropis yang memiliki beberapa manfaat bagi lingkungan dan manusia (Ibrahim & Muhsoni, 2020). Manfaat ekosistem mangrove antara lain sebagai penyerap karbon dan menyimpan karbon lebih besar dengan tiga kali rata-rata penyimpanan karbon per hektar oleh hutan tropis daratan (Bachmid et al., 2018). Mangrove merupakan vegetasi paling efektif dalam menyerap dan menyimpan karbon dibandingkan dengan vegetasi darat lainnya dengan estimasi simpanan karbon sekitar 800 – 1200 ton C/ha (Rahmah et al., 2015). Penelitian yang dilakukan *Center for International Forestry Research* (CIFOR) menunjukkan bahwa penyimpanan karbon mangrove di sepanjang kawasan pesisir wilayah indo-pasifik, meski hanya memiliki luas 0,7% dari luasan hutan, akan tetapi mangrove dapat menyimpan sekitar 10% dari semua emisi. Pelepasan emisi ke udara pada hutan mangrove lebih kecil dari pada hutan di daratan, hal ini karena pembusukan serasah tanaman mangrove tidak melepaskan karbon ke udara (Nedhisa & Tjahjaningrum, 2019).

Vegetasi mangrove menyerap karbon dioksida (CO₂) dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan menyimpannya kedalam bentuk biomassa pada bagian tubuh mangrove seperti batang, daun, dan akar. Selain itu, mangrove memiliki kemampuan untuk menyimpan biomassa dalam sedimen di bawah permukaan tanah, yang dapat mencapai ketebalan beberapa meter (Irsadi et al., 2017). Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan mengenai biomassa tersimpan pada vegetasi mangrove, rata-rata simpanan biomassa pada vegetasi mangrove sebesar 115,09 ton/ha (Aprilita et al., 2024).

Hasil tersebut menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan penelitian yang dilakukan oleh Schaduw (2021), dengan rata-rata simpanan biomassa mangrove sebesar 75,91 ton/ha. Perbedaan tinggi atau rendahnya simpanan biomassa mangrove dipengaruhi oleh diameter pohon itu sendiri, hal ini dikarenakan semakin besar diameter suatu pohon maka nilai biomasnya juga akan semakin besar.

Ekosistem mangrove di Desa Sawah Luhur memiliki potensi simpanan karbon yang besar mengingat luasan jalur hijau di Desa Sawah Luhur yang ditumbuhi mangrove sekitar 22,68 ha yang sebagian besar terletak di Cagar Alam Pulau Dua yang merupakan kawasan konservasi dan tempat hidup atau berkembang biak flora dan fauna lainnya (Zen et al., 2012). Meskipun demikian ekosistem mangrove di Desa Sawah Luhur memiliki keanekaragaman vegetasi mangrove berkategori rendah dikarenakan ekosistem tersebut sedang mengalami tekanan atau kondisi pertumbuhan lingkungan yang menurun (Pratiwi et al., 2022). Menurut Rahayu et al., (2025), terjadi penurunan luasan mangrove yang dominan di Desa Sawah Luhur pada tahun 2011 dan 2021 sebesar 19,39 ha yang diakibatkan abrasi pantai sejauh 2 meter selama kurun waktu tersebut. Berkurangnya luasan mangrove juga diakibatkan oleh faktor manusia berupa peralihan lahan mangrove menjadi tambak dan pencemaran akibat tumpahnya minyak pertamina di wilayah tersebut sehingga menyebabkan kematian mangrove secara massal. Upaya konservasi dan restorasi mangrove terus dilakukan oleh pemerintah setempat namun kurangnya kesadaran masyarakat masih menjadi hambatan besar dalam upaya pelestarian mangrove di Desa Sawah Luhur (Saleha et al., 2023).

Penurunan luasan mangrove yang terjadi di Desa Sawah Luhur tentunya berpengaruh pada potensi simpanan karbon mangrove yang menjadikan penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui potensi simpanan karbon yang hilang pada ekosistem mangrove akibat faktor alam maupun faktor manusia, selain itu penelitian ini mampu menjadi salah satu sumber informasi mengenai simpanan karbon mangrove di wilayah tersebut dikarenakan belum ada penelitian yang membahas secara spesifik karbon tersimpan pada ekosistem mangrove.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karbon tersimpan pada bagian tegakan, nekromassa, serasah dan bagian substrat di ekosistem mangrove Desa Sawah Luhur, Kecamatan Kasemen, Kabupaten Serang, Provinsi Banten.

1.3. Manfaat Penelitian

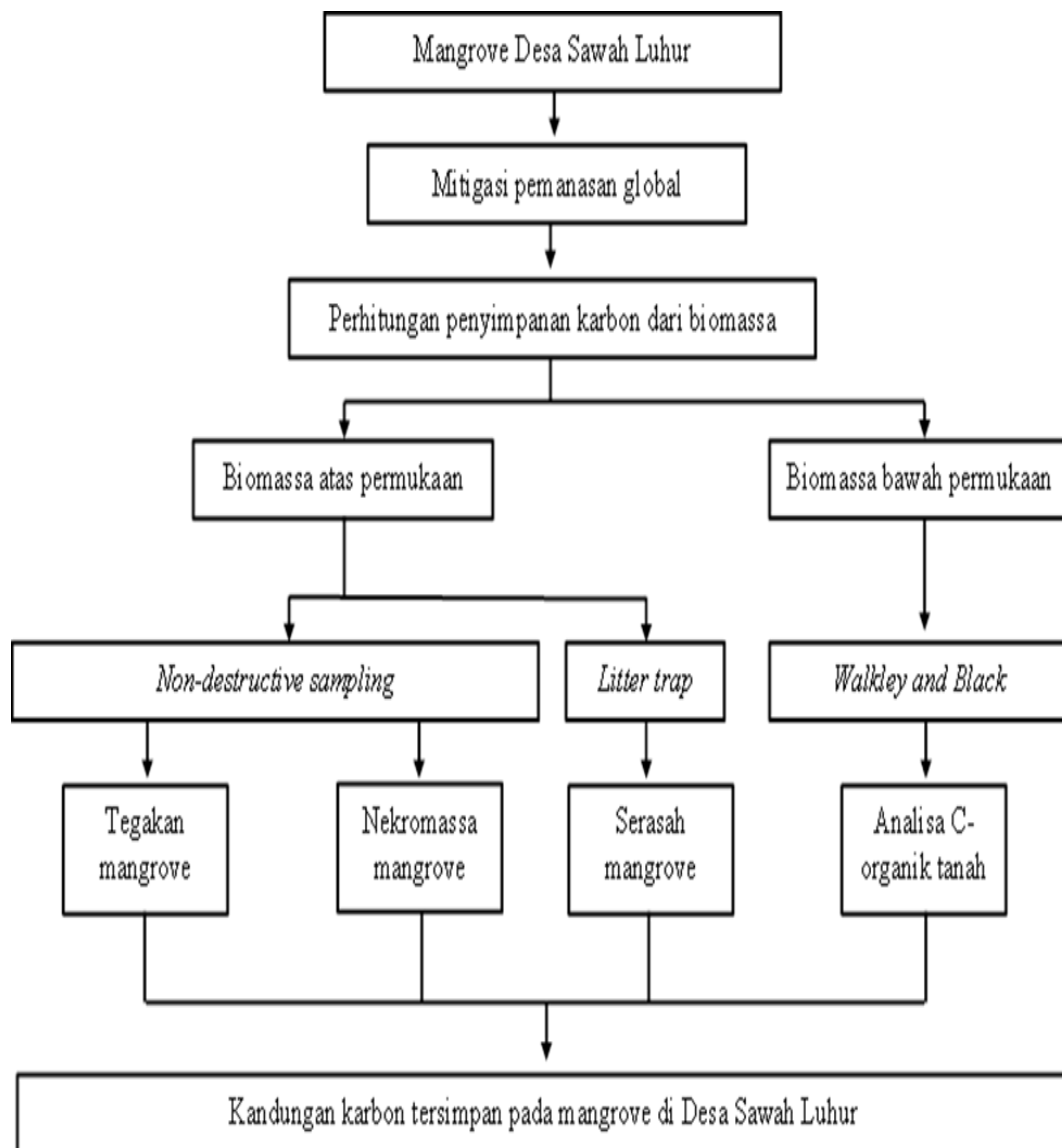
Manfaat penelitian yang dilakukan yaitu untuk memberikan informasi mengenai biomassa dan karbon tersimpan (*carbon stock*) sehingga usaha konservasi ekosistem mangrove dalam rangka mengurangi pemanasan global dapat lebih diperhatikan dan ditingkatkan di Desa Sawah Luhur Kecamatan kasemen Kabupaten Serang Provinsi Banten.

1.4. Kerangka Pemikiran

Ekosistem Mangrove di Desa Sawah Luhur merupakan salah satu kawasan mangrove terbesar di Kecamatan Kasemen, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Jenis mangrove di lokasi tersebut umumnya di dominasi oleh mangrove *Avicennia* sp. dan *Rhizophora* sp. Mangrove tersebut diduga membantu dalam upaya mitigasi pemanasan global dengan cara menyerap karbon dioksida dari udara di atmosfer melalui proses fotosintesis yang selanjutnya tersimpan dalam bentuk biomassa pohon (Rachmawati et al., 2014). Adapun pengukuran karbon tersimpan pada biomassa dibedakan menjadi dua yaitu biomassa atas dan biomassa bawah permukaan mangrove untuk mengetahui jumlah karbon yang dapat diserap oleh vegetasi mangrove.

Karbon yang tersimpan pada tegakan, nekromassa, dan serasah mangrove merupakan biomassa bagian atas permukaan mangrove. Tegakan mangrove dan nekromassa mangrove diambil menggunakan metode *non-destructive sampling* yaitu metode pengambilan sampel tanpa merusak bagian pohon dan bagian serasah mangrove diambil menggunakan metode *litter trap* yaitu pengambilan sampel

menggunakan perangkat jaring yang dilekatan di bawah pohon dengan ketinggian 1,5 m. Selain itu, karbon yang tersimpan di dalam biomassa di bawah permukaan terdapat di dalam substrat atau sedimen ekosistem mangrove yang diukur dengan metode *Walkley and Black* yang telah di modifikasi dengan menganalisa kandungan C-organik tanah menggunakan alat *Spektrofotometri UV-VIS*. Berdasarkan uraian diatas maka bagan kerangka pemikiran pada penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

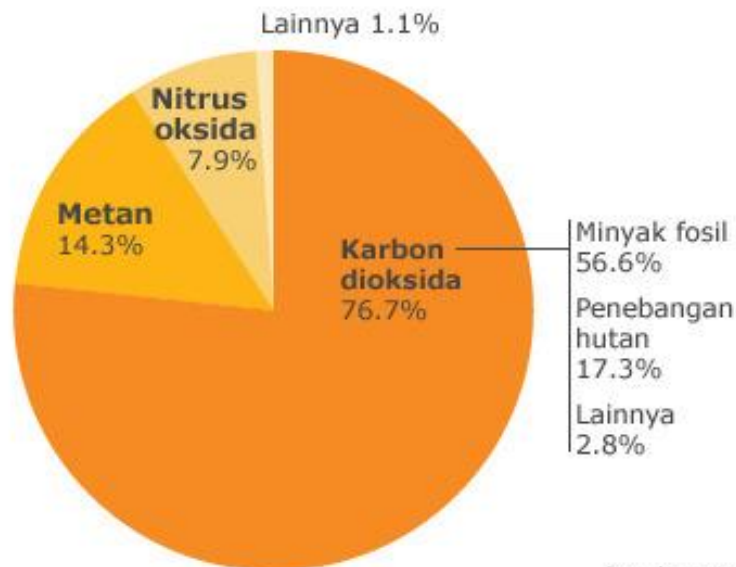
2.1. Pemanasan Global

Pemanasan global merupakan peningkatan suhu rata-rata di atmosfer, laut dan daratan bumi. Peningkatan suhu permukaan bumi dihasilkan oleh adanya radiasi sinar matahari menuju ke atmosfer bumi yang sebagian dari radiasi sinar matahari diubah menjadi energy panas dalam bentuk *infra merah* yang kemudian diserap oleh udara dan permukaan bumi (Muhsin et al., 2023). Selain itu, faktor lain yang menyebabkan peningkatan suhu bumi berasal dari berbagai aktivitas manusia, seperti proses pembakaran bahan bakar fosil dalam aktivitas industri dan transportasi, penggundulan hutan, serta praktik pertanian dan peternakan yang umum dilakukan oleh sebagian besar populasi manusia. Berbagai aktivitas manusia ini menghasilkan beberapa gas yang berkontribusi pada efek rumah kaca, seperti gas karbon dioksida (CO_2), gas metana (CH_4), dan nitrus oksida (N_2O) (Al-Ghussain, 2019).

Menurut Andarini & Sudarti (2023), efek rumah kaca adalah konsep yang menjelaskan bagaimana panas terperangkap di atmosfer bumi dan tidak dapat lepas ke luar angkasa. Ketika sinar matahari mencapai atmosfer dan permukaan bumi, 70 % energinya diserap oleh tanah, tumbuhan, lautan, dan benda lainnya. Sisanya, sekitar 30 % dipantulkan kembali melalui awan, hujan, dan permukaan yang reflektif. Namun, tidak semua panas yang diserap oleh benda-benda di bumi tetap sama. Sebagian panas itu disalurkan ke luar angkasa, di mana sebagian akan tetap di sana dan sebagian lainnya akan dipantulkan kembali ke bumi saat bertemu dengan zat-zat di atmosfer seperti karbon dioksida, gas metana, dan nitrus oksida.

Gas rumah kaca utama

Berdasarkan jenis gas rumah kaca global, 2004



Sumber: IPCC

Gambar 2. Diagram kandungan gas rumah kaca (GRK).

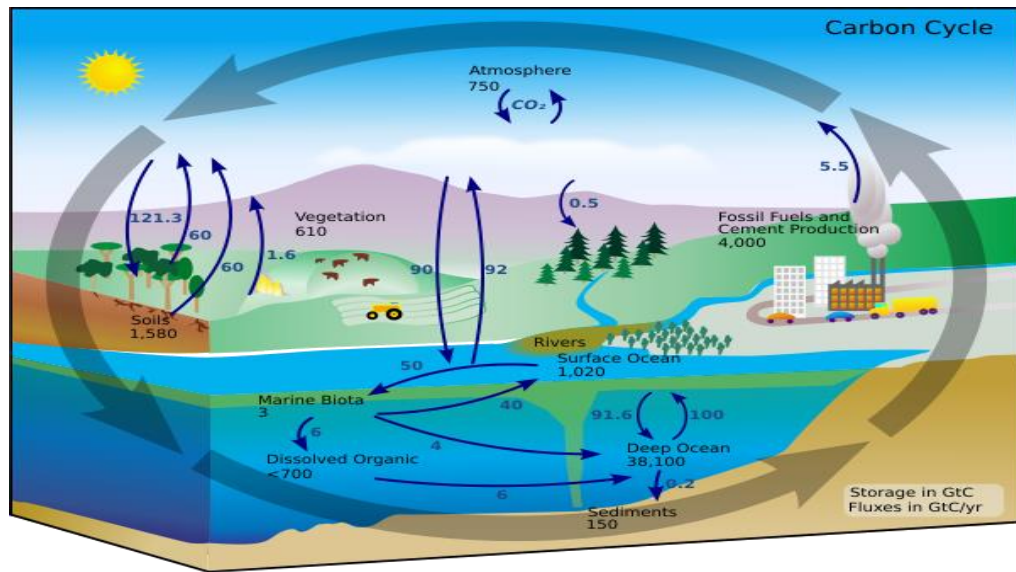
Sumber : *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), 2007.

Karbon dioksida (CO_2) merupakan gas rumah kaca yang memiliki konsentrasi paling besar dibandingkan dengan gas metana (CH_4) dan nitrus oksida (N_2O) sehingga berkontribusi secara signifikan terhadap pemanasan global (Gambar 2). Namun, pada jumlah yang sama gas metana dan nitrus oksida memiliki potensi pemanasan global lebih besar yaitu 25 kali lipat untuk gas metana dan 298 kali lipat untuk nitrus oksida (Irma & Gusmira, 2024). Menurut Surtani (2015), peningkatan efek rumah kaca berdampak pada kenaikan suhu global, naiknya permukaan air laut, intensifikasi fenomena cuaca ekstrem, dan perubahan dalam pola dan jumlah curah hujan. Selain itu, kenaikan suhu global diprediksi akan mengakibatkan berbagai perubahan tambahan, seperti peningkatan muka air laut, peningkatan kejadian cuaca ekstrem, dan perubahan dalam pola dan jumlah curah hujan. Selain itu, dampak pemanasan global juga akan dirasakan pada sektor pertanian, yang dapat mengakibatkan hilangnya bongkahan es atau *gletser* di kutub dan kepunahan berbagai spesies hewan.

2.2. Karbon

Karbon merupakan salah satu unsur yang paling melimpah di alam semesta. Di dalam tubuh manusia, karbon memiliki proporsi sebesar 18,5% dan menjadi unsur paling banyak kedua setelah oksigen. Karbon membentuk sebagian besar struktur organik yang ada di biosfer. Materi organik di biosfer yang diperkirakan sekitar 96% tersusun atas karbon (C) dan unsur esensial lainnya seperti oksigen (O), nitrogen (N) dan hidrogen (H). Karbon merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan oleh tumbuhan seperti mangrove untuk melakukan proses fotosintesis dengan bantuan sinar matahari sehingga menghasilkan oksigen yang akan digunakan oleh manusia dan hewan untuk bernapas. Karbon di alam mengalami suatu siklus materi yang disebut dengan istilah siklus karbon (Akbar et al., 2019).

Siklus karbon merupakan siklus biogeokimia yang mencakup pertukaran atau perpindahan antara reservoir biotik yaitu tumbuhan dan abiotik yang mencakup atmosfer, lautan dan daratan. Reservoir merupakan tempat karbon terakumulasi membentuk stok karbon dan tinggal selama kurun waktu tertentu. Stok karbon di atmosfer sebagian besar terdapat dalam bentuk senyawa karbon dioksida (CO_2). Siklus biogeokimia terdiri atas proses biologis, proses remineralisasi, dan proses kimia. Proses biologi meliputi ekosistem laut dan proses pertukaran energi antar organisme, sedangkan pada proses remineralisasi terjadi proses perubahan materi nutrisi serta sedimentasi (Firdaus & Wijayanti, 2019). Menurut Arfina et al. (2022), karbon dioksida (CO_2) memiliki dampak pemanasan global yang relatif kecil, namun konsentrasinya yang tinggi berakibat terhadap perubahan suhu yang lebih dominan daripada gas rumah kaca lainnya. Karbon dioksida (CO_2) merupakan gas dengan konsentrasi tinggi di atmosfer yang mengalami peningkatan sebanyak 35% dalam 300 tahun terakhir. Peningkatan tersebut disebabkan karena aktivitas alami seperti aktivitas gunung berapi, uap bumi, mata air panas, maupun uap air laut. Selain itu, aktivitas manusia juga menjadi faktor lain dari tingginya konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di atmosfer seperti kegiatan industri, pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, dan aktivitas keseharian lainnya (Gambar 3).



Gambar 3. Siklus karbon dioksida (CO_2).

Sumber : <https://www.gramedia.com/literasi/siklus-karbon/>

Tumbuhan seperti mangrove mampu menyerap dan menyimpan karbon sehingga mengurangi konsentrasi karbon di atmosfer. Proses penyimpanan karbon dalam tubuh tumbuhan hidup dinamakan proses sekuestrasi. Tumbuhan mengurangi karbon di atmosfer melalui proses fotosintesis dan menyimpannya ke dalam bagian tumbuhan seperti batang, ranting dan akar dalam bentuk biomassa organik sampai waktunya karbon tersebut dilepaskan kembali ke atmosfer (Edwin, 2016).

2.3. Mangrove

Indonesia merupakan suatu Negara kepulauan yang terdiri dari 13.667 pulau dan mempunyai wilayah pantai sepanjang 54.716 kilometer Wilayah pantai (pesisir) ini banyak ditumbuhi hutan mangrove. Hutan mangrove di Indonesia tersebar di beberapa provinsi di berbagai gugusan kepulauan. Luasan hutan mangrove di Indonesia lebih kurang 3,7 juta hektar yang merupakan hutan mangrove terluas yang ada di Asia dan bahkan di dunia (Karimah, 2017). Menurut Soegianto (2019), hutan mangrove adalah jenis hutan yang khas ditemukan di tepi pantai dan di muara sungai, yang dipengaruhi oleh perubahan pasang surut air laut. Mangrove memiliki ragam bentuk pertumbuhan yang secara umum mampu bertahan hidup di tanah yang terus-menerus tergenang air garam.

Ekosistem mangrove memiliki struktur vegetasi yang khas, menyusun beberapa karakteristik secara berurutan seperti pohon, pancang, tiang, semai dan perkecambah sehingga membentuk suatu rangkaian zona tertentu. Zonasi tersebut memiliki karakteristik yang menonjol di daerah struktur vegetasi mangrove diantaranya adalah jenis tanah berlumpur, berlempung atau berpasir, lahan tergenang air laut secara periodik, menerima pasokan air tawar yang cukup dari darat seperti dari sungai, mata air dan air tanah, memiliki akar yang kuat (Cahyanto & Kuraesin, 2013).



Gambar 4. Hutan mangrove Desa Sawah Luhur, Kecamatan Kasemen, Kabupaten Serang, Provinsi Banten.

Menurut Alnursa (2023), struktur vegetasi mangrove memiliki fungsi yang begitu penting bagi keberlangsungan makhluk hidup disana baik secara fisik, ekologi, dan ekonomi. Secara fisik, vegetasi mangrove berfungsi sebagai pelindung pantai dari pengaruh gelombang laut, membentuk daratan. Secara ekologi vegetasi mangrove berfungsi sebagai daerah asuhan (*nursery ground*), daerah pemijahan (*spawning ground*), dan tempat mencari makan (*feeding ground*) bagi beranekaragam biota perairan seperti ikan, udang, dan kepiting.

Selain memiliki fungsi fisik dan ekologi, vegetasi mangrove juga mempunyai fungsi ekonomi yaitu sebagai penghasil keperluan rumah tangga, penghasil

keperluan industri, dan penghasil bibit (Rositasari et al., 2011). Menurut Fikri et al., (2023), Faktor lingkungan yang turut mempengaruhi terjadinya pertumbuhan diantaranya adalah suplai air tawar dan salinitas, stabilitas substrat, pasokan nutrisi. Ciri pertumbuhan mangrove yang sangat baik adalah mempunyai tajuk yang tingginya 40 m dan membentuk suatu jalur yang lebarnya 40 m.

2.4. Kondisi Umum Mangrove Desa Sawah Luhur

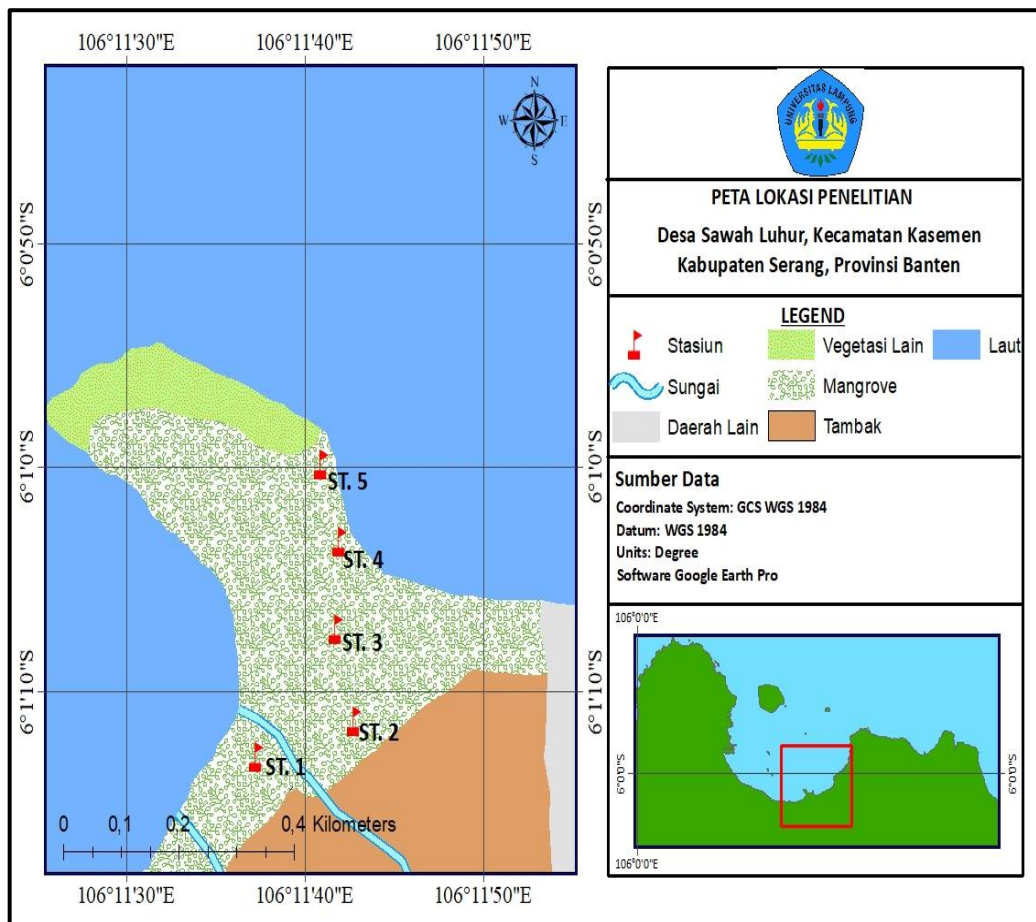
Desa Sawah Luhur merupakan salah satu wilayah Kabupaten Serang yang memiliki garis pantai dengan daratan relief yang rendah dan sempit. Desa ini memiliki panjang garis pantai 4,97 km yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Sawah Luhur memiliki daerah berhutan yang sekaligus berfungsi fungsi cagar alam, yaitu Cagar Alam Pulau Dua atau disebut pula Pulau Burung seluas 30 hektar (ha). Cagar alam ini memiliki fungsi ganda yaitu pelindung habitat berbagai macam burung pantai dan berfungsi sebagai daerah penyangga (Zen et al., 2012). Berdasarkan data Keputusan Presiden (Keppres) No. 32 Tahun 1990 tentang pengelolaan kawasan lindung, menerangkan bahwa lebar jalur hijau di wilayah pesisir Sawah Luhur adalah 91 m. Panjang garis pantai di Sawah Luhur adalah 4,97 km, sehingga dari lebar jalur hijau 91 m, memiliki luasan jalur hijau adalah 45,18 ha. Namun, dari luas jalur hijau 45,18 ha, wilayah yang ditumbuhi mangrove hanya 50,19% yakni seluas 22,68 ha yang sebagian besar berupa Cagar Alam Pulau Dua, dan sisanya berupa lahan kosong dan tambak.

Peraturan daerah (Perda) Kota Serang No. 6 Tahun 2011 tentang rencana tata ruang wilayah Kota Serang tahun 2010-2030 menerangkan bahwa lahan di Sawah Luhur saat ini banyak dimanfaatkan untuk lahan pertanian dan perikanan air payau. Khususnya Desa Sawah Luhur ditetapkan sebagai kawasan pertanian, perikanan air payau, kawasan perlindungan setempat yang merupakan sempadan sungai dan Cagar Alam Pulau Dua atau hutan mangrove.

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus - September 2024. Kegiatan penelitian dilakukan di Desa Sawah Luhur, Kecamatan Kasemen, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Pengambilan sampel dilakukan di 5 titik stasiun pengamatan yang disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta lokasi penelitian.

Lokasi penelitian yang diperoleh terbagi atas 5 stasiun dengan jumlah plot dimasing-masing sebanyak 6 plot yang diletakan secara acak di daerah stasiun. Adapun lokasi stasiun yang telah ditentukan, yaitu :

1. Stasiun 1 berlokasi di 106,19365° BT dan -6,02044° LS,
2. Stasiun 2 berlokasi di 106,19543° BT dan -6,01985° LS,
3. Stasiun 3 berlokasi di 106,19483° BT dan -6,01870° LS,
4. Stasiun 4 berlokasi di 106,19474° BT dan -6,01751° LS, dan
5. Stasiun 5 berlokasi di 106,19447° BT dan -6,01642° LS.

3.2. Batasan Penelitian

Desa sawah luhur memiliki luasan jalur hijau yang di tumbuh mangrove seluas 22,68 ha yang sebagian besar berupa Cagar Alam Pulau Dua/Burung yang berperan sebagai daerah penyangga dan habitat pelindung flora dan fauna seperti beragam jenis burung (Zen et al., 2012). Desa Sawah Luhur memiliki ekosistem mangrove yang didominasi oleh jenis mangrove *Avicennia* sp. dan *Rhizophora* sp. Pembatasan penelitian dilakukan oleh peneliti mengingat terbatasnya sumberdaya manusia dan faktor keamanan peneliti. Adapun pembatasan yang dilakukan yaitu:

1. Pengambilan data karbon pada tegakan dilakukan dengan mengukur diameter batang pohon setinggi dada orang dewasa (1,3 m) yang memiliki diameter batang pohon (DBH) ≥ 5 cm (Lestariningsih et al., 2018),
2. Mangrove yang di ukur hanya jenis mangrove yang paling banyak ditemukan dilokasi penelitian yaitu *Avicennia* sp. dan *Rhizophora* sp., dan
3. Pengambilan data karbon mangrove dilakukan pada daerah berpasir dan berlumpur dengan kedalaman < 50 cm.

3.3. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang di gunakan dalam 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>Plastic tailoring tape</i>
2	GPS	Penentuan titik koordinat.	<i>Android Oppo A74</i>
3	Timbangan digital	Pengukuran berat kering dan basah.	<i>MTE timbangan digital SF400</i>
4	Waring	Transek untuk sampel serasah.	Jaring
5	Gergaji	Pemotongan sampel nekromassa.	Gergaji kayu
6	<i>Oven</i>	Pengurangan kadar air sampel.	<i>RIO (OV-45L)</i>
7	<i>Core sampler</i>	Pengambilan sampel sedimen.	<i>PVC Rucika (3 inch)</i>
8	<i>Sieve shaker</i>	Pengayakan sampel sedimen.	<i>RETSCH</i>
9	Alat tulis	Pencatatan data sampel.	Newtop paper, 2B
10	Laptop	Pengolahan data.	<i>ASUS VivoBook Max</i>
11	Perangkat Lunak	Pengolahan data.	<i>MS. Excel 2010</i>
12	Perangkat Lunak	Pembuatan peta lokasi.	<i>Arc Map 10.3</i>

Tabel 2. Bahan yang digunakan dalam penelitian.

No	Bahan	Keterangan/Fungsi	Spesifikasi
1	Plastik	Peletakan sampel.	<i>Ziplock Plastic</i>
2	Tali rapia	Pembuatan transek pada sampel pohon.	Tali plastik
3	Data tegakan mangrove	Sampel penelitian.	
4	Serasah	Sampel penelitian.	Mangrove
5	Sedimen	Sampel penelitian.	
6	Nekromassa	Sampel penelitian.	

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Penentuan Stasiun Pengamatan

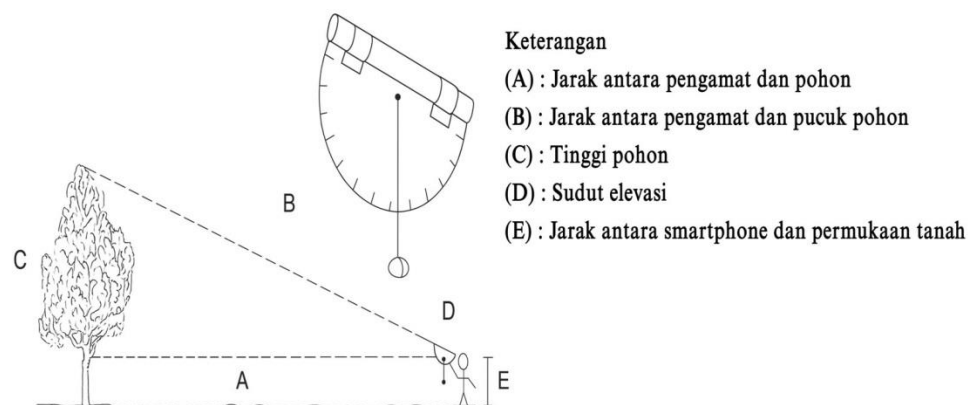
Penentuan stasiun penelitian dilakukan dengan metode *purposive sampling*, yaitu menentukan lokasi menggunakan pertimbangan serta memperhatikan kondisi daerah penelitian (Irsadi et al., 2017). Kriteria yang digunakan dalam penentuan stasiun pengamatan yaitu :

1. Stasiun 1 berlokasi pada daerah dengan petutupan mangrove *Avicennia* sp. yang rapat atau jumlah pohon mangrove yang berada pada daerah tersebut berjumlah banyak,
2. Stasiun 2 berlokasi pada daerah dengan penutupan mangrove *Avicennia* sp. yang jarang-jarang atau jumlah pohon mangrove yang berada pada daerah tersebut berjumlah sedikit,
3. Stasiun 3 berlokasi pada daerah dengan penutupan mangrove *Rhizophora* sp. yang jarang-jarang,
4. Stasiun 4 berlokasi pada daerah dengan penutupan mangrove *Rhizophora* sp. yang rapat, dan
5. Stasiun 5 berlokasi pada daerah dengan penutupan mangrove dari jenis *Avicennia* sp. dan *Rhizophora* sp yang rapat.

3.4.2. Analisis Tinggi dan Kerapatan Mangrove

1. Tinggi pohon mangrove

Tinggi pohon mangrove diukur menggunakan aplikasi *clinometer* pada *smartphone*, aplikasi ini memiliki cara kerja yang sama seperti alat *clinometer* yang asli. *Clinometer* memanfaatkan prinsip trigonometri untuk menghitung tinggi suatu objek berdasarkan sudut elevasi dan jarak tertentu (Nirmalasari et al., 2024). Tahapan penggunaan aplikasi clinometer disajikan dalam Gambar 6 mengacu pada Sultoni (2018) yaitu:



Gambar 6. Ilustrasi pengukuran tinggi pohon mangrove.

Sumber : Nirmalasari et al., (2024).

- a. Menentukan jarak antara pohon dengan pengamat (Gambar 6.A) minimal 2 m atau menyesuaikan dengan titik tertinggi pohon.
- b. Menentukan ketinggian *smartphone* yang digunakan (Gambar 6.E) dengan mengukur tinggi dari permukaan tanah.
- c. Selanjutnya, kamera *smartphone* diarahkan pada titik tertinggi pohon (Gambar 6.B) untuk mendapatkan nilai sudut elevasi (Gambar 6.D)
- d. Hasil pengukuran menggunakan *clinometer* digunakan untuk mendapatkan nilai tinggi pohon (Gambar 6.C) ditulis menggunakan rumus :

$$T = \tan \alpha \cdot j + t \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

T : Tinggi pohon
 α' : Sudut elevasi
 j : Jarak ke pohon
 t : tinggi dari permukaan tanah ke mata pengamat

2. Kerapatan jenis

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

$$Di = \frac{ni}{A} \times 10.000 \dots\dots\dots(2)$$

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 :

Tabel 3. Kriteria baku kerusakan mangrove.

Kriteria		Kerapatan (ind/ha)
Baik	Rapat	≥ 1500
Sedang	Sedang	$\geq 1000 - < 1500$
Rusak	Jarang	< 1000

3. Kerapatan relatif jenis

$$RD_i = \frac{N_i}{\sum n} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

RD_i : Kerapatan relatif jenis (%)

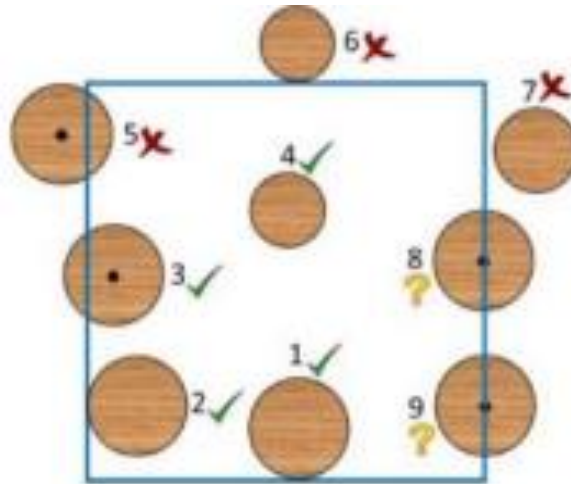
N_i : Kerapatan spesies ke-i

$\sum n$: Jumlah total kerapatan seluruh jenis

3.4.3. Pengukuran Karbon Tersimpan Pada Tegakan Mangrove

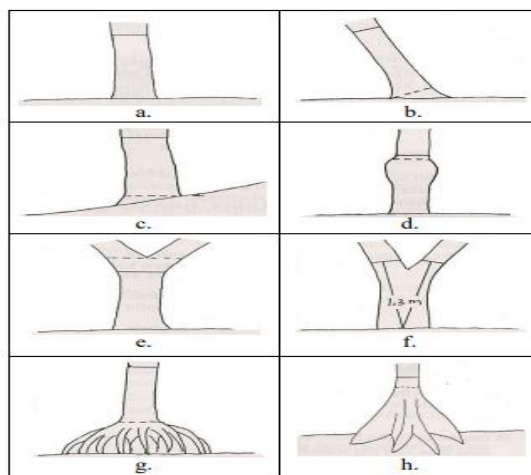
Biomassa karbon tersimpan pada tegakan mangrove diperoleh menggunakan metode *non-destructive sampling* yaitu metode pengambilan sampel tanpa merusak bagian pohon (Hairiah & Rahayu, 2007). Pengambilan sampel dilakukan dalam plot transek berukuran 10x10 m² dengan cara mengukur keliling tegakan pohon pada ketinggian 1,3 m atau setinggi dada orang dewasa. Pengukuran keliling pohon dilakukan untuk mendapatkan diameter pohon. Metode pengukuran tegakan mangrove dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Keliling batang mangrove diukur berdasarkan pada posisi tegakan di dalam transek pengamatan (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 (Gambar 7) mengacu pada Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Surabaya (2018), yaitu:
 - a. Tegakan no 1-4 adalah tegakan pohon yang berada di dalam plot
 - b. Posisi tegakan setengah/separuh bagian seperti no. 8 dan 9 dianggap berada di dalam plot.



Gambar 7. Ilustrasi tegakan pohon di dalam dan di luar plot.
Sumber : DLH Surabaya (2018).

2. Keliling pohon diukur pada tegakan yang memiliki diameter > 5 cm menggunakan pita ukur. Keliling pohon diukur pada posisi ketinggian pohon yang diukur setinggi dada orang dewasa atau *Diameter at Breast Height* (DBH).
Teknis pengukuran keliling batang pohon mengikuti Standar Nasional Indonesia 7724:2011 yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional tentang pengukuran dan perhitungan cadangan karbon hutan.



Gambar 8. Ilustrasi pengukuran DBH pada berbagai kondisi tegakan pohon mangrove.
Sumber : DLH Surabaya (2018).

- a. Jika posisi keliling pohon tegak normal, DBH diukur pada ketinggian 1,3 m dari permukaan tanah (Gambar 8.a).

- b. Jika posisi keliling pohon miring, DBH diukur pada ketinggian 1,3 m searah dengan kemiringan pohon (Gambar 8.b).
- c. Jika posisi keliling pohon tegak normal pada tanah yang miring, DBH diukur pada ketinggian 1,3 m dari permukaan tanah tertinggi (Gambar 8.c).
- d. Jika keliling pohon tegak dengan kondisi cacat, DBH diukur di ketinggian 1,3 m pada batas bagian yang mulai normal (Gambar 8.d).
- e. Jika keliling pohon pada ketinggian 1,3 m tepat berada pada awal batang percabangan, maka DBH diukur pada bagian bawah cabang yang masih normal (Gambar 8.e).
- f. Jika keliling pohon pada ketinggian 1,3 m berada di atas batang bercabang, maka DBH diukur di kedua cabang batang dan dianggap sebagai 2 batang utama (Gambar 8.f).
- g. Jika kondisi pohon dengan perakaran tunjang, maka DBH diukur pada ketinggian 1,3 m dari batas atas akar penunjang (Gambar 8.g).
- h. Jika kondisi pohon berakar banir, maka DBH diukur pada ketinggian 20 cm dari batas banir (Gambar 8.h).
- i. Hasil pengukuran batang pohon digunakan untuk mendapatkan nilai diameter yang ditulis dengan persamaan keliling lingkaran.

$$DBH = K / \pi \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

DBH : Diameter batang pohon setinggi dada (cm)
 K : Keliling batang (cm)
 π : 3,14

3. Analisis biomassa dihitung dari data tegakan pohon dengan menggunakan model persamaan *allometrik* (Lestari & Rahadian, 2017).

$$\text{Biomassa } Avicennia \text{ sp} = 0,308 * DBH^{2,11} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Biomassa } Rhizophora \text{ sp} = 0,235 * DBH^{2,4} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

DBH : Diameter batang pohon setinggi dada (cm)

4. Karbon tersimpan dihitung dengan konversi nilai kandungan biomassa dengan persamaan yang mengacu pada SNI 7724:2011 tentang pengukuran dan perhitungan cadangan karbon hutan :

$$C = B \times 0,47 \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

C : Kandungan karbon tersimpan dari biomassa (kg)
B : Total biomassa (kg)

5. Hasil pengukuran karbon tersimpan dikonversikan dengan menggunakan persamaan yang mengacu pada SNI 7724:2011 tentang pengukuran dan perhitungan cadangan karbon hutan yang telah dimodifikasi sebagai berikut:

$$Cn = \frac{Cx}{l_{plot}} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

Cn : Kandungan karbon tiap plot dalam kg C/m²
Cx : Kandungan karbon tiap plot dalam kg
l_{plot} : Luas plot (m²)

3.4.4. Pengukuran Karbon Tersimpan Pada Nekromassa

Pengukuran nekromassa dilakukan pada batang pohon mati baik yang masih tegak atau telah tumbang dan tegeletak di permukaan tanah. Nekromassa merupakan komponen penting dalam pengukuran karbon untuk memperoleh estimasi penyimpanan karbon yang akurat (Hairiah & Rahayu, 2007). Teknis pengukuran nekromassa mengacu pada SNI 7724:2011 tentang pengukuran dan perhitungan cadangan karbon hutan :

1. Mengukur diameter setinggi dada (DBH) pada pohon mangrove yang sudah mati (kondisi tegak/jatuh).
2. Mengukur tinggi pohon yang sudah mati secara keseluruhan dari permukaan tanah sampai bagian atas pohon.
3. Menggunakan persamaan yang mengacu pada SNI 7724:2011, untuk menghitung volume pohon yang sudah mati. Berikut adalah persamaannya :

$$V_{pm} = \frac{1}{4} \pi (DBH)^2 \times t \times f \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

- V_{pm} : Volume pohon mati (cm^3)
 π : $\frac{22}{7}$ atau 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. Apabila data faktor bentuk tidak tersedia, maka dapat digunakan faktor bentuk 0,6)

4. Menghitung kandungan bahan organik nekromassa menggunakan hasil persamaan (9) yang dikalikan dengan berat jenis pohon mati mengacu pada SNI 7724:2011:

$$B_{pm} = V_{pm} \times B_{Jpm} \dots \dots \dots (10)$$

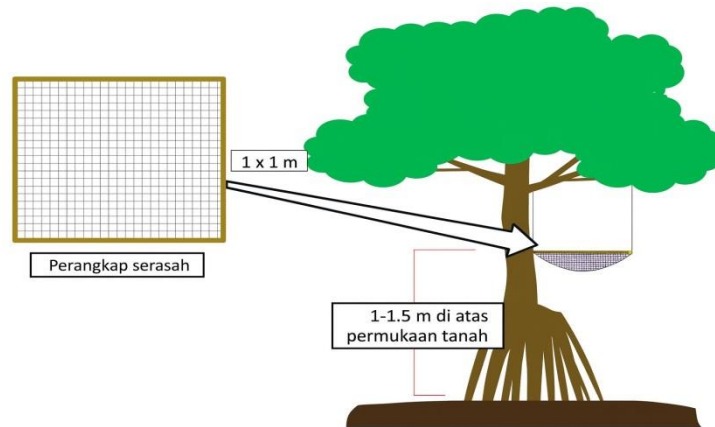
Keterangan:

- B_{pm} : Bahan organik pohon mati (g)
 V_{pm} : Volume pohon mati mengacu pada persamaan (9) (cm^3)
 B_{Jpm} : Berat jenis kayu pohon mati (Nilai berat jenis kayu pohon mati bervariasi tergantung pada kondisi pelapukannya. Namun jika B_{Jpm} tidak tersedia, maka dapat digunakan nilai $0,4 \text{ g/cm}^3$) (Hairiah & Rahayu, 2007).

5. Teknis perhitungan karbon tersimpan di dalam nekromassa menggunakan persamaan (7) dan dikonversi menjadi kg C/m^2 dengan membagi 1000.

3.4.5. 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 dari 6 penampung daun mangrove (*litter trap*) yang terbuat dari waring di masing-masing stasiun pengamatan dengan ukuran $1 \times 1 \text{ m}^2$ yang diletakan secara acak pada daerah stasiun. *Litter trap* tersebut dipasang dengan ketinggian 1,5 m dari permukaan tanah untuk menghindari pengaruh air laut ketika pasang (Farhaby et al., 2023) (Gambar 9).



Gambar 9. Ilustrasi Penampung Serasah Mangrove.
Sumber : Farhaby et al., (2023).

Perhitungan karbon yang terdapat dalam serasah mengacu pada Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon Hutan pada SNI 7724:2011 dengan tahapan sebagai berikut:

1. Sampel yang telah di ambil dipisahkan dari ranting atau kotoran lainnya,
2. Sampel yang telah bersih ditimbang untuk mendapatkan nilai berat basah sampel (BB),
3. Sampel serasah dikeringkan di bawah sinar matahari,
4. Selanjutnya, sampel serasah dikeringkan kembali menggunakan *oven* pada suhu 80°C selama 48 jam,
5. Kemudian, sampel yang telah kering didinginkan dan ditimbang untuk mengetahui berat keringnya (BK).
6. Kandungan bahan organik sampel serasah dihitung menggunakan persamaan mengacu pada SNI 7724:2011:

$$BT = \frac{BKS \times BBT}{BBS} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

BBT : Berat basah total (g)
BKS : Berat kering sub sampel (g)
BBS : Berat basah sub sampel (g)
BT : Biomassa (g)

7. Karbon tersimpan di dalam serasah dihitung dengan persamaan (7) dan dikonversi menjadi kg C/m² membagi 1000.

3.4.6. Pengukuran Fraksi Sedimen

Analisis fraksi sedimen dilakukan untuk mengetahui ukuran butir sedimen. Fraksi sedimen ditentukan dengan metode ayakan bertingkat (Triapriyasen et al., 2016). Berikut tahapan pengukuran fraksi sedimen:

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

$$\%BA = \frac{B1}{B0} \times 100\% \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan:

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

3.4.7. Pengukuran C-organik Dengan Metode *Walkley and Black*

Pengukuran kandungan C- organik pada tanah (substrat) di ekosistem mangrove diukur dengan metode *Walkley and Black* yang dimodifikasi dengan menggunakan alat *Spektrofotometri UV-VIS*. Metode ini merupakan versi terbaru dengan hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan metode klasik *Walkley and Black* yang masih melalui proses titrasi (Bahadori & Tofoghi, 2016). Adapun tahapan pengukuran C- organik menggunakan metode ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel sedimen sebanyak 0,5 g yang telah dikering anginkan kemudian dimasukkan kedalam labu ukur berukuran 100 ml,
2. Larutan $K_2Cr_2O_7$ 1N sebanyak 5 ml ditambahkan ke dalam labu ukur yang berisi sedimen kemudian digoyangkan sampai larutan $K_2Cr_2O_7$ tercampur dengan sedimen,
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.
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 SNI 7724 :2011 tentang pengukuran dan perhitungan cadangan karbon hutan.

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

Keterangan:

Ct : Karbon tersimpan di sedimen (g/cm^2)
 Kd : Kedalaman sampel (cm)
 p : Perbandingan dari berat kering (g) dan volume sampel (cm^3)

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

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

Keterangan:

C_{tanah} : Kandungan C-organik tanah per meter (kg/m^2)

10 : Faktor konversi dari g/cm^2 ke kg/m^2

3.4.8. Pengukuran Serapan CO_2 Terhadap Simpanan Karbon

Nilai estimasi serapan karbondioksida (CO_2) dapat diperoleh dengan mengalikan nilai kandungan karbon dengan hasil konversi dari unsur C ke CO_2 . Nilai serapan CO_2 dihitung menggunakan persamaan yang mengacu pada *Intergovernmental Panel on Climate Change* (2007), sebagai berikut :

$$W\text{CO}_2 = C_n \times 3,67 \dots \dots \dots (16)$$

Keterangan :

$W\text{CO}_2$: Kemampuan penyerapan CO_2

C_n : Kandungan karbon tiap plot

3,67 : Angka ekuivalen atau konversi dari unsur C ke CO_2

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Simpulan yang diperoleh untuk penelitian ini diketahui bahwa karbon tersimpan pada bagian pohon mangrove tertinggi berada pada bagian tegakan mangrove, namun hasil tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan karbon tersimpan pada sedimen. Hal ini diduga karena karbon tersimpan pada sedimen berasal dari pelapukan tumbuhan dan hewan mati yang terdegradasi ke dalam sedimen, selain itu tegakan pohon yang menyerap karbon juga dapat mengalirkan simpanan karbon yang berlebihan ke dalam tanah.

5.2. Saran

Penelitian mengenai simpanan karbon di vegetasi mangrove Desa Sawah Luhur, Kecamatan Kasemen, Kabupaten Serang, Provinsi Lampung memiliki beberapa kekurangan dikarenakan keterbatasan peneliti. Adapun aspek penting yang perlu diperhatikan guna penelitian yang lebih baik di kemudian hari yaitu :

1. Pada pengukuran serasah di dalam 1 plot pengamatan harus dilakukan pengulangan pengambilan sampel minimal 2 kali.
2. Pada analisis C-organik tanah di setiap stasiun minimal dilakukan pengulangan pengambilan sampel minimal 2 kali.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, C., Arsepta, Y., Dewiyanti, I., & Bahri, S. (2019). Dugaan serapan karbon pada vegetasi mangrove, di kawasan mangrove Desa Beureunut, Kecamatan Seulimum, Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Laot Ilmu Kelautan*, 1(2), 63–70. <https://core.ac.uk/download/pdf/328027811.pdf>
- Al-Ghussain, L. (2019). Global warming: review on driving forces and mitigation. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38(1), 13-21. <https://doi.org/10.1002/ep.13041>
- Alnursa, D. S. (2023). Manfaat hutan mangrove dalam kehidupan masyarakat di Kelurahan Guraping Kecamatan Oba Kabupaten Tidore Kepulauan. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(5), 116-124. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7728255>
- Alwidakdo, A., Azham, Z., & Kamarubayana, L. (2014). Studi pertumbuhan mangrove pada kegiatan rehabilitasi hutan mangrove di Desa Tanjung Limau Kecamatan Muara Badak kabupaten Kutai Kartanegara. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*, 13(1), 11-18. <https://doi.org/10.31293/af.v13i1.543>
- Arfina, N., Hidayat, M., & Nisa, K. (2022). Simpanan karbon pada tanah di kawasan Geothermal Ie Brok Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi, Teknologi dan Kependidikan, Banda Aceh*, 8(1), 71-77. <https://doi.org/10.22373/pbio.v8i1.9448>
- Andarini, S. Y., & Sudarti, S. (2023). Analisis efek global warming terhadap perubahan iklim. *Phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Terapan*, 9(2), 31-38. <https://doi.org/10.22373/p-jpft.v9i2.15549>
- Aprilita, D., Supratman, O., & Farhaby, A. M. (2024). Estimasi stok karbon ekosistem mangrove sebagai upaya pengelolaan blue carbon di Desa Riding Panjang Kabupaten Bangka. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 7(3), 173–189. <https://doi.org/10.26418/lkuntan.v7i3.81929>

- Bachmid, F., Sondak, C. F. A., & Kusen, J. D. (2018). Estimasi penyerapan karbon hutan mangrove Bahowo Kelurahan Tongkaina Kecamatan Bunaken. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 1(1), 8-13.
<https://doi.org/10.35800/jplt.6.1.2018.19463>
- Baderan, D. W. K. (2017). *Serapan karbon hutan mangrove gorontalo*. Deepublish.
- Bahadori, M., & Tofoghi, H. (2016). A modified Walkley and Black method based on Spectrophotometric procedure. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(2), 213-220.
<https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1118118>
- Cahyanto, T., & Kuraesin, R. (2013). Struktur vegetasi mangrove di Pantai Muara Marunda, Kota Administrasi Jakarta Utara, Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Istek*, 7(2), 73-88.
<https://journal.uinsgd.ac.id/index.php/istek/article/view/252>
- Darwati, H., & Astiani, D. (2021). Pertumbuhan tanaman bakau (*Rhizophora spp.*) di kawasan mangrove Kelurahan Setapak Besar Kota Singkawang. *Jurnal Hutan Lestari*, 9(4), 686-694.
<https://doi.org/10.26418/jhl.v9i4.53029>
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya. (2018). *Estimasi stok karbon di kawasan mangrove Pantai Utara Kota Surabaya*. Pemerintah Kota Surabaya.
- Edwin, M. (2016). Penilaian stok karbon tanah organik pada beberapa tipe penggunaan lahan di Kutai Timur Kalimantan Timur. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*, 15(2), 279-288.
<http://ejurnal.untag-smd.ac.id/index.php/AG/article/view/2083/2096>
- Farhaby, A. M., Henri, H., & Randiansyah, R. (2023). Analisis produksi karbon serasah mangrove di hutan mangrove Desa Kurau Timur Kabupaten Bangka Tengah. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 25(1), 11-19.
<https://doi.org/10.14710/vol%viss%ipp%p>
- Farahisah, H., & Yulianda, F. (2021). Struktur komunitas, cadangan karbon, dan estimasi nilai ekonomi mangrove di Muara Sungai Musi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 26(2), 228-234.
<https://doi.org/10.18343/jipi.26.2.228>

- Fikri, M. R. A., Sam'un, M., Lestari, Z. A., & Rahmawati, T. D. (2023). Pemanfaatan hutan mangrove sebagai sumber pendapatan alternative bagi masyarakat pesisir di Desa Sukakerta Karawang. *Jurnal Abditani*, 6(1), 6-10. <https://doi.org/10.31970/abditani.v6i1.182>
- Firdaus, M. R., & Wijayanti, L. A. S. (2019). Fitoplankton dan siklus karbon global. *Oseana*, 44(2), 35–48. <https://doi.org/10.14203/oseana.2019.Vol.44No.2.39>
- Hairiah, K & Rahayu, S. (2007). *Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan*. World Agroforestry Centre.
- Halidah. (2014). *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh jenis mangrove yang kaya manfaat. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 11(1), 37-44. <https://doi.org/10.20886/buleboni.5031>
- Ibrahim, A., & Muhsoni, F. F. (2020). Estimasi stok karbon pada ekosistem hutan mangrove di Desa Lembung Paseser, Kecamatan Sepuluh, Kabupaten Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 1(4), 498–507. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i4.8947>
- Intergovermental Panel on Climate Change. (2007). *Climate change 2007: the physical science basis*. Agenda.
- Irma, M. F., & Gusmira, E. (2024). Tingginya kenaikan suhu akibat peningkatan emisi gas rumah kaca di Indonesia, *JSSIT: Jurnal Sains dan Sains Terapan*, 2(1), 26 - 32. <https://doi.org/10.30631/jssit.v2i1.49>
- Irsadi, A., Martuti, N. K. T., & Nugraha, S. B. (2017). Estimasi stok karbon mangrove di Dukuh Tapak, Kelurahan Tugurego, Kota Semarang. *Sainteknologi: Jurnal Sains dan Teknologi*, 15(2), 119–128. <https://doi.org/10.15294/SAINTEKNOL.V15I2.12402>
- Ismail, R. E., Najamuddin, N. A., Inayah, E. S., Wibowo, A. A. S., & Harahap, Z. A. (2023). Simpanan karbon sedimen di bawah tegakan spesies mangrove alami dan mangrove rehabilitasi. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 6(1), 803-814. <https://doi.org/10.33387/jikk.v6i1.6517>
- Karimah. (2017). Peran ekosistem hutan mangrove sebagai habitat untuk organisme laut. *Jurnal Biologi Tropis*, 17(2), 51–57. <https://doi.org/10.29303/jbt.v17i2.497>

- 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. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i4.35605>
- Kusuma, A. H., Hutahaean, A. A., Siregar, A. M., Faisal, A. R., Yanvika, H., & Marpaung, E. M. (2023). Serapan dan stok karbon di vegetasi mangrove pantai Ketapang, Desa Batu Menyan, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. *Jurnal Perikanan Unram*, 13(3), 935-946. <https://doi.org/10.29303/jp.v13i3.616>
- Kusuma, A. H., Muhaemin, M., Yudha, I. G., Hudaidah, S., & Adiputra, Y. T. (2023). Simpanan karbon di vegetasi mangrove Desa Sungai Nibung, Kabupaten Tulang Bawang, Provinsi Lampung. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 14(1), 1-11. <https://doi.org/10.24319/jtpk.14.1-11>
- Lestariningsih, W. A., Soenardjo, N., & Pribadi, R. (2018). Estimasi cadangan karbon pada kawasan mangrove di Desa Timbulsloko, Demak, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(2), 121-130. <https://doi.org/10.14710/buloma.v7i2.19574>
- Lestari, T. A., & Rahadian, A. (2017). *Metode kuantifikasi pendugaan cadangan karbon ekosistem mangrove*. Mangroves for the Future Indonesia.
- 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>
- Muhsin, E. A., Hussain, B. A., & Hammadi, A. M. (2023). The climate change and biodiversity: A review on understanding the global and local impacts of warming on the ecosystems: A review. *Al-Kufa University Journal for Biology*, 15(2), 10–18. <https://doi.org/10.36320/ajb/v15.i2.11986>
- Nedhisa, P. I., & Tjahjaningrum, T. (2019). Estimasi biomassa, stok karbon dan sekuestrasi karbon mangrove pada *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya dengan persamaan alometrik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 8(2), 2337–3520. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v8i2.45838>

- Nirmalasari, N., Sihab, M. A., Cheren, A., Dinilah, R., Aidah, R. S., Suryanda, A., & Azrai, E. P. (2024). Pengukuran-pengukuran tinggi pohon menggunakan klinometer di taman Margasatwa Ragunan bagian Utara. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 24(1), 39-46.
<https://doi.org/10.35965/eco.v24i1.3894>
- Nunulaitta, 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), 217-266.
<https://doi.org/10.30598/jhppk.2019.3.2.217>
- Pratiwi, N. R., Amalia, F. N., Rahmawati, I. F., & Setyoko. (2022). Keanekaragaman flora mangrove pada tingkat pohon di cagar alam Pulau Dua Banten. *Bionature*, 23(1), 70–76.
<https://doi.org/10.35580/bionature.v23i1.35697>
- Rachmawati, D., Setyobudiandi, I., & Hilmi, E. (2014). Potensi estimasi karbon tersimpan pada vegetasi mangrove di wilayah Pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. *Jurnal Omni-Akuatika*, 13(19), 85 – 91.
<http://doi.org/10.20884/1.oa.2014.10.2.22>
- Rahayu, R. W., Yudha, I. G., Yuliana, D., & Damai, A. A. (2025). Perubahan luas dan kerapatan mangrove di kawasan pesisir Kota Serang, Banten. *Journal of Tropical Marine Science*, 8(1), 39-46.
<https://doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v8i1.4058>
- Rahmah, F., Basri, H., & Sufardi. (2015). Potensi karbon tersimpan pada lahan mangrove dan tambak di kawasan pesisir kota Banda Aceh. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 4(1), 527-534.
<https://jurnal.usk.ac.id/MSDL/article/download/7124/5835>
- Rahman, R., Sirajuddin, N. T., Lokollo, F. F., Pasanea, K., Fendjalang, S. N. M., & Hulopi, M. (2024). Potensi blue karbon pada tegakan pohon mangrove di Pesisir Muna Barat. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 8(2), 118 - 131.
<https://doi.org/10.36813/jplb.8.2.118-131>
- Rositasari, R., Setiawan, W. B., Supriadi, I. H., Hasanuddin., & Prayuda, B. (2011). Kajian dan prediksi kerentanan pesisir terhadap perubahan iklim: studi kasus di Pesisir Cirebon. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 3(1), 52–64.
<https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalikt/article/view/7834/6148>

- Saleha, A. N., Cahyadi, F. D., & Sansoko, A. S. (2023). Perubahan lahan mangrove di Pesisir Utara Teluk Banten. *Journal of Marine Research*, 12(4), 727 - 736. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i4.40294>
- Santoso, N., Sutopo., Pambudi, G. P., Danarta, V. F., Wibisono, R. A., Astuti, T. P., & Wicaksono, D. A. (2021). Pendugaan biomassa dan serapan karbon di beberapa areal Taman Hutan Kota Jakarta, Bekasi dan Bogor. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 18(1), 35-49. <https://doi.org/10.59465/jpht.v18i1.803>
- Sari, R., & Yusmah, R.A. (2023). Penentuan C-organik pada tanah untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan keberlanjutan umur tanaman dengan metode spektrofotometri uv-vis. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(1), 11–19. <https://doi.org/10.32520/jtp.v12i1.2598>
- Schaduw, J. N. W. (2021). Estimasi karbon tersimpan pada vegetasi mangrove pulau-pulau kecil Taman Nasional Bunaken. *Jurnal Ilmiah Platax*, 9(2), 289–295. <https://doi.org/10.35800/jip.v9i2.35746>
- Soegianto, I. A. (2019). *Ekologi perairan tawar*. Airlangga University Press.
- Sultoni, A. (2018). Pembelajaran trigonometri materi menentukan tinggi suatu benda berbantuan klinometer fleksibel. In *Prisma, Prosiding Seminar Nasional Matematika, Medan*, (1), 860–869. <https://journal.unnes.ac.id/sju/prisma/article/download/20385/9683/>
- Surtani, S. (2015). Efek rumah kaca dalam perspektif global (pemanasan global akibat efek rumah kaca). *Jurnal Geografi*, 4(1), 49-55. <http://geografi.ppj.unp.ac.id/index.php/geo/article/view/689/310>
- Tidore, F., Rumengan, A., Sondak, C. F. A., Mangindaan, R. E.P., Runtuwene, H. C.C., & Pratasik, S. B. (2018). Estimasi kandungan karbon (C) pada serasah daun mangrove di Desa Lansa, Kecamatan Wori Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Laut Pesisir dan Laut Tropis*, 2(1), 53-58. <https://doi.org/10.35800/jplt.6.2.2018.21529>
- Triapriyasen, A., Muslim, & Suseno, H. (2016). Analisis jenis ukuran butir sedimen di perairan Teluk Jakarta. *Journal of Oceanography*, 5(3), 309–316. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/joce/article/view/15350/14843>
- 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>

- Velati, Z. A., Suryono, S., & Pratikto, I. (2024). Jenis substrat dan tingkat kerapatan mangrove di kawasan konservasi mangrove Baros Yogyakarta. *Journal of Marine Research*, 13(4), 739-745. <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i4.43088>
- Zen, L. Z., Rahaju, S., & Hero, Y. (2012). Determination of mangrove green belt width based on the ecological and socio-economic aspect in Sawah Luhur Village, Serang City, Banten. *International Journal of Bonorowo Wetlands*, 2(2), 52–65. <https://doi.org/10.13057/wetlands/w020202>