

TUGAS AKHIR

**ESTIMASI SERAPAN KARBON HUTAN MANGROVE DI
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA DAN JAWA TENGAH**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



ANNISA AULIYA

20513179

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2024

TUGAS AKHIR

ESTIMASI SERAPAN KARBON HUTAN MANGROVE DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA DAN JAWA TENGAH

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**ANNISA AULIYA
20513179**

Disetujui,
Dosen Pembimbing

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

NIK. 185130401

Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Ani Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.

NIK. 045130401

Tanggal: 16/10²⁰²⁴

HALAMAN PENGESAHAN

ESTIMASI SERAPAN KARBON HUTAN MANGROVE DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA DAN JAWA TENGAH

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin

Tanggal : 14 Oktober 2024

Disusun Oleh:

ANNISA AULIYA

20513179

Tim Penguji:

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

()
16/10/24

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., Ph.D.

()
14/10/2024

Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini merupakan hasil orisinal dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di lembaga perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, pemikiran, perumusan, dan penelitian saya sendiri, dengan panduan dan bimbingan dari Dosen Pembimbing, tanpa melibatkan pihak lain.
3. Dalam karya tulis ini, tidak ada penggunaan karya atau pandangan orang lain, kecuali jika diakui secara jelas dan dicantumkan sebagai acuan dalam teks dengan menyebutkan nama penulisnya dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di masa mendatang terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 20 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,



Annisa Auliya

NIM: 20513179

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis memiliki kesempatan untuk menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul “Estimasi Serapan Karbon Hutan Mangrove di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah” dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dengan maksud dan tujuan agar pembaca dapat menerima pengetahuan mengenai jumlah dan pentingnya karbon yang tersimpan pada Mangrove Baros yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Mangrove Morosari yang berada di Jawa Tengah. Selain itu, Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan dari Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Begitu banyak bimbingan, dukungan dan bantuan baik secara moral maupun material. Serta doa restu dari semua pihak yang telah penulis dapatkan selama penyelesaian Tugas Akhir. Maka dengan segala kerendahan hati, perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa melimpahkan nikmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
2. Kedua orang tua dan keluarga yang tiada henti memberikan dukungan dan doa yang membuat penulis bisa sampai dititik ini;
3. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan saran dan arahan dalam penyelesaian tugas akhir ini;
4. Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., Ph.D. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini;
5. Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini;

6. Dosen dan staff teknik lingkungan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat terhadap penulis hingga penulis dapat sampai dititik terakhir dimasa perkuliahan;
7. Seluruh Laboran di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan yang banyak membantu penelitian di laboratorium;
8. Orang-orang terdekat penulis., Ameng, Handryan, Aul, Alia, Padluy, Lupis yang telah menjadi *support system* dan membantu selama menyelesaikan tugas akhir ini;
9. Teman-teman Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia angkatan 2020 yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam membantu penulis selama proses perkuliahan.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan penelitian. Semoga laporan Tugas Akhir yang telah disusun oleh penulis dapat bermanfaat bagi berbagai pihak.

Yogyakarta, 20 Agustus 2024

Annisa Auliya

ABSTRAK

Hutan Mangrove memiliki peran penting dalam mitigasi pemanasan global karena kemampuannya dalam menyerap dan menyimpan karbon dari atmosfer. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi stok karbon pada hutan mangrove, dengan menganalisis kandungan biomassa pada vegetasi dan kandungan karbon organik pada tanah mangrove. Metode yang digunakan untuk mengukur biomassa vegetasi yaitu metode alometrik yang dilakukan dengan mengukur diameter pohon mangrove setinggi dada. Selain itu metode yang digunakan untuk mengukur karbon organik tanah yaitu metode *Walkley and Black* dengan melakukan analisis di laboratorium. Dari hasil estimasi stok karbon dapat diestimasi serapan CO₂ pada hutan mangrove. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Mangrove Baros di Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki serapan karbon lebih rendah dibandingkan Mangrove Morosari di Jawa Tengah. Mangrove Baros memiliki nilai total stok karbon rata-rata sebesar 189,31 ton/ha dan nilai total serapan CO₂ rata-rata sebesar 694,76 ton/ha. Sedangkan Mangrove Morosari memiliki nilai total stok karbon rata-rata sebesar 309,77 ton/ha dan nilai total serapan CO₂ rata-rata sebesar 1.135,81 ton/ha. Perbedaan hasil estimasi karbon dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya usia mangrove, kesuburan tanah, kepadatan tanah, dan komposisi tanah.

Kata kunci : Biomassa, Karbon, Mangrove, Serapan CO₂

ABSTRACT

Mangrove forests have an important role in mitigating global warming due to their ability to absorb and store carbon from the atmosphere. This study aims to estimate carbon stocks in mangrove forests, by analyzing the biomass content of vegetation and organic carbon content in mangrove soil. The method used to measure vegetation biomass is the allometric method which is done by measuring the diameter of mangrove trees at chest height. In addition, the method used to measure soil organic carbon is the Walkley and Black method by conducting laboratory analysis. From the results of carbon stock estimation can be estimated CO₂ uptake in mangrove forests. The results showed that Baros Mangrove in Yogyakarta Special Region has lower carbon uptake than Morosari Mangrove in Central Java. Mangrove Baros has an average total carbon stock value of 189.31 tons/ha and an average total CO₂ uptake value of 694.76 tons/ha. While Morosari Mangrove has an average total carbon stock value of 309.77 tons/ha and an average total CO₂ sequestration value of 1,135.81 tons/ha. The difference in carbon estimation results is influenced by several factors including mangrove age, soil fertility, soil density, and soil composition.

Keywords: *Biomassa, Carbon, CO₂ Sequestration, Mangrove*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Ekosistem Mangrove.....	6
2.2 Karakteristik Jenis Mangrove	7
2.3 Karbon.....	10
2.3.1 Karbon Organik.....	11
2.3.2 Karbon Anorganik.....	12
2.4 Biomassa	13
2.5 Serapan Karbon	14
2.6 Peranan Hutan Mangrove Sebagai Penyerap Karbon	15
2.7 Prinsip Kerja Spektrofotometer.....	17
2.8 Penelitian Terdahulu.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Waktu dan Lokasi.....	21
3.2 Alat dan Bahan	23
3.3 Diagram Alir Penelitian	24

3.4 Pengamatan dan Pengambilan Sampel di Lokasi.....	25
3.5 Analisis Stok Karbon pada Mangrove.....	31
3.5.1 Analisis Stok Karbon Organik pada Tanah Mangrove	31
3.5.2 Analisis Stok Karbon Biomassa pada Vegetasi Mangrove.....	36
3.5.3 Analisis Stok Karbon Total.....	38
3.6 Analisis Serapan Karbon Dioksida.....	38
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA	39
4.1 Identifikasi Mangrove	39
4.1.1 Jenis Vegetasi Mangrove	39
4.1.2 Kerapatan Jenis	39
4.2 Biomassa Vegetasi Mangrove.....	41
4.3 Kadar C-Organik pada Tanah Mangrove.....	43
4.4 Stok Karbon pada Mangrove	44
4.5 Serapan Karbon Dioksida pada Mangrove	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir Penelitian.....	4
Gambar 2. 1 (a) Daun <i>Avicennia marina</i> , (b) Pohon <i>Avicennia marina</i> , (c) Akar <i>Avicennia marina</i>	8
Gambar 2. 2 (a) Daun <i>Rhizophora mucronata</i> , (b) Pohon <i>Rhizophora mucronata</i> , (c) Akar <i>Rhizophora mucronata</i>	9
Gambar 2. 3 (a) Daun <i>Bruguiera gmnorrhiza</i> , (b) Pohon <i>Bruguiera gmnorrhiza</i>	10
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian Mangrove Baros	21
Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian Mangrove Morosari.....	22
Gambar 3. 3 Diagram Alir Prosedur Analisis Data.....	24
Gambar 3. 4 Bentuk Plot Pengambilan Sampel.....	25
Gambar 3. 5 Plot Pengambilan Data dan Sampel pada Mangrove Baros.....	26
Gambar 3. 6 Plot Pengambilan Data dan Sampel pada Mangrove Morosari.....	26
Gambar 3. 7 Pengambilan Sampel Tanah menggunakan <i>ring sample</i> pada Mangrove Baros.....	27
Gambar 3. 8 Pengambilan Sampel Tanah menggunakan <i>ring sample</i> pada Mangrove Morosari.....	27
Gambar 3. 9 Pengukuran Diameter Mangrove	28
Gambar 3. 10 Penentuan Titik DBH.....	29
Gambar 3. 11 Posisi tegakan pohon tampak atas dan penentuan tegakan di dalam plot dan luar plot	30
Gambar 3. 12 (a) Pengukuran dan Pembuatan Plot, (b) Pengukuran Lingkar Pohon.....	31
Gambar 3. 13 Diagram Alir Penetapan C-Organik.....	33
Gambar 3. 14 Kurva Standar C-Organik.....	34
Gambar 4. 1 Diagram Biomassa Rata-Rata Mangrove.....	42
Gambar 4. 2 Diagram Kadar C-Organik Rata-Rata pada Tanah Mangrove	43
Gambar 4. 3 Diagram Stok Karbon Rata-Rata pada Mangrove.....	44
Gambar 4. 4 Diagram Serapan CO ₂ Rata-Rata pada Mangrove	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	18
Tabel 3. 1 Sebaran Titik Pengambilan Data dan Sampel Berdasarkan Koordinat	22
Tabel 3. 2 Data Hasil Kalibrasi Larutan Standar	34
Tabel 3. 3 Model Alometrik <i>Above Ground Biomass</i> Mangrove	37
Tabel 4. 1 Komposisi Jenis Vegetasi Mangrove pada Tiap Titik Pengamatan.....	39
Tabel 4. 2 Kerapatan Mangrove.....	40
Tabel 4. 3 Data Jumlah Tegakan dan Diameter Rata-Rata Vegetasi Mangrove...	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Stok Karbon Biomassa Hutan Mangrove Baros dan Mangrove Morosari.....	59
Lampiran 2. Perhitungan Stok Karbon Tanah pada Mangrove Baros dan Mangrove Morosari.....	65
Lampiran 3. Perhitungan Serapan CO ₂ Mangrove Baros dan Mangrove Morosari	74
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian.....	76

DAFTAR SINGKATAN

BAU	: <i>Bussines As Ussual</i>
DBH	: <i>Diameter Breast Height</i>
E	: <i>East</i>
GPS	: <i>Global Possitioning System</i>
ha	: Hektar
Ind	: Individu
S	: <i>South</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanasan global adalah kenaikan suhu rata-rata di permukaan bumi karena efek gas rumah kaca, seperti karbon dioksida yang dilepaskan dari pembakaran bahan bakar fosil atau karena deforestasi. Dampaknya sangat besar bagi kehidupan di planet ini dan dirasakan oleh semua makhluk hidup. Selain mempengaruhi iklim global, pemanasan global juga dapat menyebabkan naiknya permukaan air laut, yang berujung pada berbagai bencana alam seperti erosi, banjir, perubahan lahan basah, dan perubahan kualitas air (Asadi, dkk., 2019).

Hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang memiliki kemampuan untuk menyerap dan menyimpan karbon dari atmosfer sehingga dapat berperan dalam upaya mitigasi pemanasan global. Hutan mangrove yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah, merupakan mangrove alami yang telah dikonservasi dan beberapa diantaranya dikembangkan sebagai destinasi wisata (Windarsih, 2018). Sehingga, kondisi mangrove tersebut dapat dikatakan relatif baik karena adanya beberapa upaya konservasi dan pengembangan yang telah dilakukan, tetapi masih terdapat beberapa kendala yang perlu diatasi untuk menjaga kelestarian ekosistem mangrove. Menurut Rahmadhani, dkk (2021) seperti banyak di wilayah lain di dunia, beberapa area mangrove mungkin telah mengalami kerusakan atau degradasi karena berbagai aktivitas manusia, dan upaya-upaya pelestarian dan rehabilitasi mungkin telah dilakukan untuk memulihkan atau memperbaiki kondisi mangrove di wilayah tersebut.

Fungsi ekologis mangrove adalah sebagai penyerap dan penyimpan karbon dalam upaya mitigasi pemanasan global (Rachmawati, dkk., 2014). Menurut Donato, dkk (2012) Ekosistem mangrove memiliki kapasitas yang lebih besar sekitar tiga kali rata-rata penyimpanan karbon per hektar dalam menyerap karbon jika dibandingkan dengan hutan daratan dan hutan hujan tropis. Di kawasan Indo-

Pasifik khususnya, jumlah karbon yang tersimpan dalam ekosistem mangrove melebihi dua kali lipat dari yang terdapat di hutan daratan. Bachmid, dkk (2018) menyatakan bahwa Mangrove mencapai tingkat optimal penyerapan karbon hingga mencapai 77,9%, dengan karbon yang diserap disimpan dalam berbagai bagian biomassa mangrove, termasuk batang, daun, dan tanah.

Biomassa yang terletak di bagian atas mangrove disimpan dalam batang, daun, cabang, dan bagian mangrove lainnya yang berada di atas tanah. Batang mangrove menjadi tempat penyimpanan terbesar bagi biomassa di atas permukaan, dengan peningkatan nilai *Diameter Breast Height* (DBH) yang berdampak pada peningkatan kapasitas penyerapan karbon. Di bagian bawah mangrove, kontribusi terbesar dalam penyerapan dan penyimpanan karbon terletak pada tanah, karena di situlah banyaknya bahan organik yang tersimpan di dalamnya. (Pratiwi, dkk., 2023).

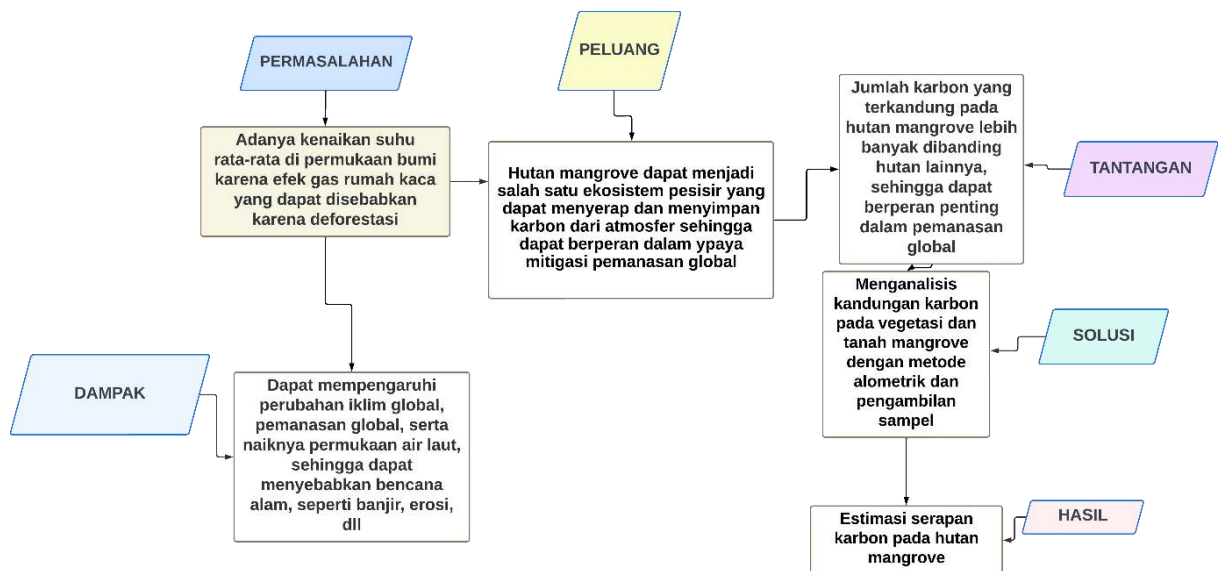
Menurut Donato, dkk (2012) bahwa jika dibandingkan dengan hutan terrestrial, ekosistem mangrove dapat menyerap dan menyimpan karbon lebih banyak sejalan dengan fungsinya sebagai *blue carbon*. Tanah pada ekosistem mangrove dapat menyimpan lebih banyak karbon dalam jangka panjang, yang juga bermanfaat bagi ekosistem mangrove dan spesies terkait vegetasi dan sumber daya habis karena aktivitas manusia, yang secara langsung berdampak pada penyerapan karbon di ekosistem. Studi ini mengungkapkan bahwa ekosistem mangrove yang dilestarikan memiliki potensi penyerapan karbon tertinggi dibandingkan dengan ekosistem mangrove yang mengalami gangguan antropogenik.

Penelitian mengenai analisis serapan karbon pada hutan Mangrove Baros dan Hutan Mangrove Morosari Demak sudah pernah dilakukan sebelumnya. Menurut Budiadi (2020) total kandungan karbon tersimpan di Mangrove Baros, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta pada tahun 2020 sebesar 248,51 mg/ha atau sebesar 2,73 ton/ha. Adapun menurut Azzahra, dkk (2020) kandungan karbon pada tegakan mangrove yang berada di Desa Bedono, Demak, Jawa Tengah pada tahun 2020 yaitu sebesar 190,25 ton/ha, dengan kemampuan penyerapan CO₂ sebesar 697,607 ton/ha, dan kandungan karbon pada tanah mangrove sebesar 480,608 ton/ha, dengan kemampuan penyerapan CO₂ sebesar 1762,218 ton/ha. Penelitian terkait

simpanan karbon di Pulau Jawa belum banyak dilakukan dan perannya terhadap mitigasi perubahan iklim, terutama di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Hutan Mangrove Baros merupakan salah satu hutan mangrove yang berada di wilayah Pesisir Selatan Pulau Jawa, tepatnya di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Hutan ini diketahui masih dalam tahap perkembangan (konservasi) yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan No. 17 Tahun 2008. Menurut Arijaya, dkk (2024), luas Mangrove Baros pada tahun 2018 sebesar 7,45 ha dan mengalami penurunan menjadi 7,01 ha pada tahun 2023, hal tersebut disebabkan oleh abrasi pantai dan pasang surut air laut. Hutan Mangrove Morosari merupakan salah satu hutan mangrove yang berada di pesisir Utara Pulau Jawa, lokasi tepatnya berada pada Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Mangrove ini berperan penting dalam melindungi garis pantai dari abrasi. Menurut Ramadhani, dkk (2021), bahwa vegetasi mangrove yang tumbuh di pesisir Kabupaten Demak kini mengalami perubahan luas wilayah daratan akibat fenomena rob atau banjir pasang yang terjadi di sepanjang garis pantai. Kondisi ini telah mengakibatkan berkurangnya luas daratan di wilayah pesisir Kabupaten Demak sebesar 141,94 ha. Agung, dkk (2022) juga melaporkan bahwa pengurangan luas daratan tersebut juga berdampak pada bergesernya garis pantai di Kabupaten Demak sejauh 2 kilometer, karena daratan yang terendam air laut. Akibatnya, lahan yang sebelumnya digunakan untuk pertanian berubah fungsi menjadi tambak. Menurut data dari Akbaruddin, dkk (2020), perubahan garis pantai juga berdampak pada perubahan luas lahan mangrove di wilayah pesisir Kabupaten Demak, dengan penurunan sebesar 637,28 ha dan luas mangrove tetap sebesar 748,07 ha dalam periode 2016 hingga 2019. Menurut Partaya & Setiati (2023) keadaan Mangrove Morosari saat ini semakin memburuk, dan luas area mangrove terus menyusut akibat erosi parah yang disebabkan oleh gelombang. Selain itu, pembangunan tambak yang tidak sesuai dengan sistem pengelolaan hutan mangrove, serta aktivitas merusak lainnya oleh manusia. Untuk mencegah kerusakan lebih lanjut pada hutan mangrove, perlu dilakukan upaya pengelolaan yang serius dan berkelanjutan, karena mengetahui pentingnya hutan mangrove sebagai penyimpan dan penyerap karbon, oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui

nilai biomassa dan simpanan karbon pada vegetasi mangrove dan nilai simpanan karbon organik tanah pada mangrove yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah.



Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir Penelitian

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka rumusan masalah yang akan di teliti dalam penelitian ini yaitu bagaimana estimasi dan perbandingan total serapan karbon yang tersimpan pada vegetasi dan tanah pada Hutan Mangrove yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu menganalisis estimasi dan perbandingan total serapan karbon yang tersimpan pada vegetasi dan tanah di Hutan Mangrove yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diambil dari penelitian ini antara lain :

1. Diharapkan mampu menjadi sumbangan pemikiran ilmiah dan mampu memperkaya dunia ilmu pengetahuan dan menambah ilmu bagi peneliti mengenai perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mengenai jumlah dan pentingnya karbon yang tersimpan pada mangrove yang terdapat di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah.
2. Diharapkan dapat menjadi pertimbangan masyarakat untuk tidak melakukan alih fungsi lahan mangrove dan memperbanyak lahan mangrove di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah.

1.5 Ruang Lingkup

Batasan pada penelitian ini, antara lain :

1. Sampel tanah dan data vegetasi mangrove diambil dari lokasi mangrove yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah, antara lain Mangrove Baros (Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta), Mangrove Morosari (Demak, Jawa Tengah),
2. Parameter yang diuji pada tanah yaitu kandungan C-Organik untuk mengukur serapan karbon pada tanah mangrove.
3. Pengambilan data *diameter breast height* (DBH) pada vegetasi mangrove untuk mengukur nilai biomassa karbon menggunakan metode alometrik dan serapan karbon pada vegetasi mangrove.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Mangrove

Ekosistem mangrove berada pada lingkungan pesisir yang terletak di daerah tropis dan subtropis, di mana daratan bertemu dengan laut. Ekosistem ini dikenal karena keberadaan hutan mangrove, yang terdiri dari berbagai jenis pohon dan tanaman yang dapat tumbuh di lingkungan berair payau atau asin. Hutan mangrove adalah salah satu sumber daya alam unik yang terdapat di daerah pesisir tropis. Hutan ini memainkan peran penting dalam ekosistem pantai, terutama sebagai ekosistem produktif yang menghasilkan serasah dalam jumlah besar, yang mendukung tingkat produktivitas primer yang tinggi. Kata mangrove berasal dari kata "*mangal*" yang merujuk pada komunitas tumbuhan, atau dari "*mangro*" sebagai nama umum untuk *Rhizophora mangle* yang digunakan di Suriname. Ekosistem mangrove merupakan sebuah lingkungan yang memiliki ciri khusus, dengan lantai hutan yang digenangi air dan salinitas serta fluktuasi permukaan air yang sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Ekosistem mangrove ini masuk ke dalam lingkup ekosistem pantai karena terletak di kawasan perbatasan laut dan darat, di wilayah pantai dan muara sungai. Hutan mangrove, yang tumbuh di wilayah pasang dan surut, akan tergenang air pada masa pasang dan bebas dari genangan air pada saat air surut. Komunitas di dalam hutan mangrove sangat adaptif terhadap kadar garam air laut (supriyanto, dkk., 2014).

Produktivitas hutan mangrove ditentukan oleh guguran daun (serasah) yang akan mengalami dekomposisi, sehingga menjadi stok unsur hara yang penting bagi kelangsungan ekosistem. Menurut Dharmawan dkk. (2016), serasah daun merupakan komponen utama dalam produktivitas primer bakau dan berfungsi sebagai sumber karbon yang signifikan dalam proses dekomposisi. Stok karbon yang tinggi, baik dalam tanah maupun biomassa vegetasi, menyediakan sumber karbon yang melimpah untuk mendukung proses dekomposisi yang berlangsung di dalam ekosistem tersebut.

Menurut Bengen (2001) mangrove memiliki kemampuan dalam beradaptasi dengan lingkungan, bentuk adaptasi tersebut dalam bentuk :

1. Mangrove telah mengembangkan adaptasi khusus untuk menghadapi kadar oksigen yang rendah di lingkungan mereka, sehingga mereka memiliki bentuk perakaran yang unik, seperti :
 - a. Tipe akar cakar ayam, seperti pada *Avicennia sp.*, *Xylocarpus sp.*, dan *Sonneratia sp.*, memiliki struktur yang disebut pneumatofora. Akar-akar ini menjulur ke permukaan tanah untuk menyerap oksigen dari udara.
 - b. Tipe akar penyangga atau tongkat, seperti yang ditemukan pada *Rhizophora sp.*, memiliki lentisel, yang berfungsi untuk pertukaran gas dengan lingkungan.
2. Adaptasi mangrove terhadap kadar garam yang tinggi meliputi :
 - a. Memiliki sel-sel khusus di daun yang berfungsi sebagai menyimpan garam.
 - b. Memiliki daun yang tebal dan kuat, kaya akan kandungan air, untuk membantu mengatur keseimbangan garam.
 - c. Struktur stomata pada daunnya dirancang khusus untuk mengurangi penguapan
3. Adaptasi mangrove terhadap kondisi tanah yang tidak stabil dan perubahan pasang surut melibatkan pengembangan akar yang sangat luas dan membentuk jaringan horizontal yang lebar. Selain memperkuat pohon, akar ini juga berfungsi untuk menyerap unsur hara dan menahan sedimen.

2.2 Karakteristik Jenis Mangrove

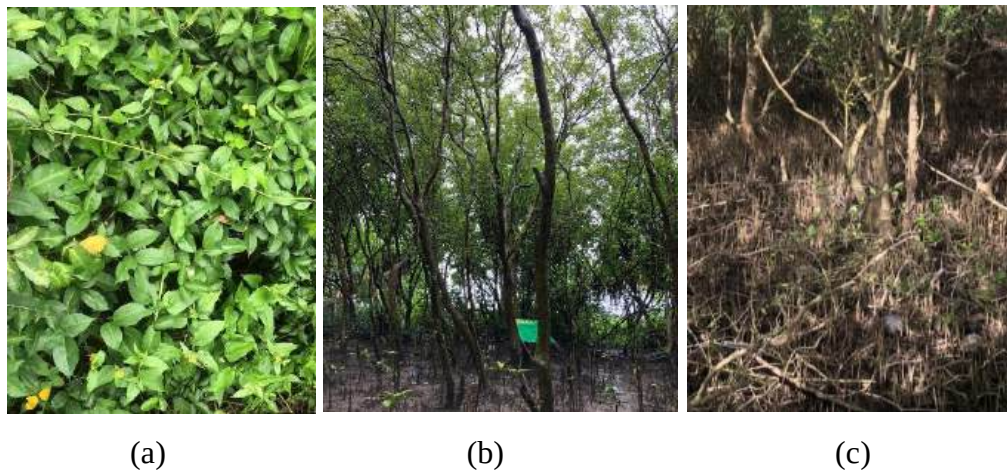
Jenis mangrove yang paling umum ditemukan pada hutan mangrove yaitu *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*. Kebanyakan jenis mangrove tumbuh optimal di tanah berlumpur, terutama di area yang mengalami akumulasi lumpur. Di Indonesia, substrat berlumpur ini sangat mendukung pertumbuhan *Rhizophora mucronata*, yang dikenal secara lokal sebagai bakau, dan dapat mencapai tinggi hingga 25 meter. Selain itu, *Avicennia marina*, salah satu genus mangrove, memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik terhadap berbagai tingkat salinitas

dibandingkan jenis mangrove lainnya (Octaviani, 2011). Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan tiga jenis mangrove yaitu *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, dan *Bruguiera gymnorhiza*. Karakteristik pada jenis mangrove tersebut sebagai berikut :

a. *Avicennia marina*

Mangrove jenis *Avicennia marina* atau yang biasa disebut api-api merupakan salah satu jenis mangrove dari genus *Avicennia* yang termasuk dalam famili *Acanthaceae*. Jenis mangrove ini mampu tumbuh di wilayah pesisir atau garis pantai dan merupakan bagian dari ekosistem hutan bakau. Salah satu karakteristik mangrove api-api adalah kemampuannya beradaptasi di daerah berlumpur dengan tingkat salinitas yang tinggi dibandingkan jenis mangrove lainnya (Risma, 2020). Adapun ciri-ciri mangrove jenis *Avicennia marina* menurut Sidik, dkk (2021) sebagai berikut :

- Memiliki akar yang menonjol ke atas berbentuk pensil
- Memiliki bunga berukuran kecil bertekstur malai, berwarna putih atau kuning pucat, memiliki tangkai pendek berwarna jingga, dan muncul dalam kelompok-kelompok kecil
- Memiliki daun berbentuk elips atau menjorong dengan pangkal melancip, tebal, dan berwarna hijau keabu-abuan



Gambar 2. 1 (a) Daun *Avicennia marina*, (b) Pohon *Avicennia marina*, (c) Akar *Avicennia marina*

b. *Rhizophora mucronata*

Rhizophora mucronata merupakan jenis tanaman bakau yang dikenal dengan sebutan bakau bandul, bakau genjah, atau bangko. Tanaman ini termasuk dalam famili *Rhizophoraceae* dan sering dijumpai di wilayah pesisir dengan pasang surut air laut. Biasanya, tumbuhan ini tumbuh di tanah berlumpur yang halus, dalam, dan terendam saat air pasang normal. Adapun ciri-ciri dari tanaman *Rhizophora mucronata* menurut Sidik, dkk (2021) sebagai berikut :

- Memiliki akar tunjang atau akar yang menonjol dari batang utama dan masuk ke dalam tanah.
- Memiliki rangkaian bunga berstruktur tandan, berukuran kecil, berwarna putih atau kekuningan dan mahkota berjumlah 4
- Memiliki buah yang berbentuk kapsul yang memanjang, berwarna hijau kekeklatan
- Memiliki daun berbentuk elips, jorong melebar, dan ujungnya runcing, berwarna hijau gelap dan mengkilap pada daun bagian atas dan berwarna lebih pucat pada daun bagian bawah



(a)

(b)

(c)

Gambar 2. 2 (a) Daun *Rhizophora mucronata*, (b) Pohon *Rhizophora mucronata*, (c) Akar *Rhizophora mucronata*

c. *Bruguiera gymnorhiza*

Bruguiera gymnorhiza, atau yang dikenal sebagai pohon pancang termasuk dalam famili *Rhizophoraceae* yang merupakan jenis mangrove yang dominan di hutan mangrove tinggi. Tanaman ini tumbuh di area dengan salinitas rendah

dan kondisi kering, serta pada tanah yang memiliki aerasi yang baik. Spesies ini mampu bertahan baik di daerah yang terlindung maupun yang terkena sinar matahari langsung. Pohon ini juga dapat tumbuh di tepi daratan mangrove, di sepanjang tambak, serta di sekitar sungai pasang surut dan kawasan payau. Substrat yang mendukung pertumbuhannya meliputi lumpur, pasir, dan kadang-kadang tanah gambut hitam (Noor, dkk., 2006). Menurut Bei (2021) tanaman jenis *Bruguiera gmnorrhiza* memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- Memiliki akar yang tumbuh melengkung dari batang dan kemudian masuk ke tanah
- Memiliki bunga berbentuk lonceng, berkelompok, dengan kelopak berwarna merah berukuran 3 – 5 cm
- Memiliki buah berbentuk kapsul yang memanjang dan berwarna hijau kecokelatan
- Memiliki daun berebentuk elips dengan ujung yang runcing, berwarna hijau gelap dan mengkilap di daun bagian atas dan berwarna lebih pucat di daun bagian bawah



(a)

(b)

Gambar 2. 3 (a) Daun *Bruguiera gmnorrhiza*, (b) Pohon *Bruguiera gmnorrhiza*

2.3 Karbon

Karbon adalah sebuah unsur non-logam alami yang sangat melimpah dan merupakan dasar dari kehidupan bagi sebagian besar organisme di Bumi. Dalam tabel periodik, karbon dilambangkan dengan simbol "C" dan memiliki nomor atom

6. Sebagai unsur keempat yang paling melimpah di alam semesta, karbon memegang peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan dan stabilitas planet melalui siklus karbon. Sifat-sifatnya yang unik sering kali berubah tergantung pada cara dan dengan apa ia membentuk ikatan, menjadikannya unsur yang sangat istimewa (Anugerah, 2018). Arupa (2014) mendefinisikan bahwa sebagian besar makhluk hidup terdiri dari karbon karena unsur ini secara alami tersimpan lebih banyak di bumi, baik di darat maupun di laut, dibandingkan di atmosfer. Karbon dapat ditemukan baik pada makhluk hidup maupun yang sudah mati. Dalam ekosistem hutan, karbon terdapat pada pohon, baik yang masih hidup maupun yang telah mati serta pada tumbuhan bawah, serasah, dan tanah. Karbon dalam tumbuhan terbentuk melalui fotosintesis dan umumnya menyusun 45%-50% dari bahan kering tanaman.

Kandungan bahan organik (C-organik) dalam tanah merupakan indikator penting yang mencerminkan kualitas tanah dan berperan signifikan dalam pengelolaan lahan. Karbon organik, yang membentuk sekitar 45-60% dari massa bahan organik tanah, memiliki peran vital dalam siklus karbon global karena tanah merupakan penyimpanan karbon terbesar di permukaan bumi. Tergantung pada cara lahan digunakan dan dikelola, tanah dapat berkontribusi pada emisi gas rumah kaca seperti CO₂, CH₄, dan N₂O, namun juga dapat berfungsi sebagai penyerap CO₂, CH₄, dan gas rumah kaca lainnya (Lal, 2016).

2.3.1 Karbon Organik

Karbon organik (C-Organik) adalah elemen penting dalam tanah yang berperan dalam mempertahankan kesuburannya. Kadar C-Organik memengaruhi berbagai karakteristik tanah, seperti struktur, kapasitas penyimpanan air, ketersediaan unsur hara, dan aktivitas mikroorganisme. Kualitas tanah mineral sangat dipengaruhi oleh kandungan C-organik; semakin tinggi kandungan C-organik, semakin baik kualitas tanah tersebut. Bahan organik dalam tanah merupakan sistem yang kompleks dan dinamis, yang berasal dari proses dekomposisi tumbuhan dan organisme lainnya, serta dipengaruhi oleh faktor-faktor organik, fisik, dan kimia (Riski, dkk., 2023)

Nilai C-organik berkorelasi positif dengan kandungan bahan organik. Semakin tinggi bahan organik, semakin tinggi pula nilai C-organiknya, karena C-organik merupakan salah satu komponen utama dalam bahan organik. Bahan organik berasal dari sisa-sisa makhluk hidup yang mengandung berbagai unsur hara penting, termasuk karbon, yang sangat bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman (Ginting, dkk., 2013)

2.3.2 Karbon Anorganik

Mangrove berperan penting dalam penyerapan karbon melalui proses fotosintesis, yang mengubah karbon anorganik (CO_2) menjadi karbon organik dalam bentuk vegetasi. Pemanasan global menjadi salah satu isu utama di dunia saat ini, yang ditandai dengan kenaikan suhu bumi yang erat kaitannya dengan peningkatan gas rumah kaca. Beberapa kontributor utama pemanasan global adalah gas karbon dioksida (CO_2) dan metana (CH_4) (Soemarwoto, 1998).

Perubahan iklim yang signifikan akibat meningkatnya gas rumah kaca kini menjadi perhatian global. Karbon dioksida (CO_2) adalah salah satu komponen utama gas rumah kaca yang terus menumpuk di atmosfer, memberikan kontribusi terbesar terhadap pemanasan global. Konsentrasi CO_2 di atmosfer terus meningkat dari waktu ke waktu. Sayangnya, jumlah vegetasi yang mampu menyerap CO_2 juga semakin menurun akibat ulah manusia, seperti pembakaran hutan, pembukaan lahan baru, dan deforestasi. Meskipun lautan dan proses alami lainnya dapat membantu menyerap CO_2 dari atmosfer, aktivitas manusia melepaskan CO_2 ke udara dengan kecepatan yang jauh melebihi kapasitas alam untuk menanggulangnya (Afdal, 2007)

Selain menyerap karbon, pada ekosistem mangrove juga terjadi fluks gas rumah kaca seperti CH_4 , CO_2 maupun N_2O . Secara umum, emisi CH_4 pada tanah mangrove sangat rendah (Dunne, dkk., 2013). Menurut IPCC (2001), bahwa emisi gas CH_4 yang terdapat di atmosfer sekitar 70% berasal dari aktivitas antropogenik dan 30% berasal dari alam. Produksi CH_4 pada mangrove terjadi melalui proses metanogenesis, yaitu aktivitas mikroorganisme anaerob yang mengurai bahan organik di bawah kondisi tanpa oksigen, yang sering terjadi di tanah mangrove yang jenuh air.

2.4 Biomassa

Menurut Clark (1979) biomassa adalah total jumlah bahan organik hidup di atas tanah pada pohon, termasuk daun, ranting, cabang, batang utama, dan kulit pohon, yang dinyatakan dalam berat kering per satuan luas (ton/ha). Dalam penelitian biomassa, terdapat banyak istilah yang berkaitan dengan penelitian ini. Beberapa istilah tersebut yang disebutkan dalam Clark (1979), sebagai berikut.

- a. Biomassa Hutan (*Forest Biomass*) merupakan total volume organisme hidup dari semua spesies pada suatu waktu tertentu dan dapat dibagi menjadi tiga kelompok utama: pohon, semak, dan vegetasi lainnya.
- b. Pohon secara lengkap (*Complete Tree*) mencakup semua komponen dari pohon, mulai dari akar, tunggul, batang, cabang, hingga daun-daun.
- c. Tunggul dan akar (*Stump And Roots*) mengacu pada tunggul dengan ketinggian tertentu serta seluruh bagian akar. Akar dengan diameter yang sangat kecil sering kali diabaikan.
- d. Batang di atas tunggul (*Tree Above Stump*) mencakup semua bagian pohon kecuali akar dan tunggul.
- e. Batang (*Stem*) adalah bagian komponen pohon dari atas tunggul hingga ke pucuk, tidak termasuk cabang dan daun.
- f. Batang komersial adalah bagian pohon di atas tunggul yang memiliki diameter minimal tertentu.
- g. Tajuk pohon (*Stem Top Wood*) adalah bagian dari batang yang dimulai dari diameter ujung tertentu hingga ke pucuk.
- h. Cabang (*Branches*) mencakup semua dahan dan ranting, tetapi tidak termasuk daun.
- i. Dedaunan (*Foliage*) meliputi duri, daun, bunga, dan buah.

Menurut Sutaryo (2009) dalam penilaian inventarisasi karbon di hutan, terdapat minimal empat kantong karbon yang dipertimbangkan. Kantong karbon mengacu pada kompartemen yang mampu menyimpan dan mengeluarkan karbon. Keempat kantong karbon ini meliputi biomasa di atas permukaan, biomasa di bawah permukaan, bahan organik yang telah mati, dan karbon organik dalam tanah.

Setiap kantong karbon memiliki peran khusus dalam menyimpan dan memengaruhi keseimbangan karbon di ekosistem hutan. Adapun pengertian dari masing-masing karbon tersebut, sebagai berikut :

- a. Biomassa di atas permukaan tanah mencakup semua material hidup yang terletak di atas permukaan tanah. Ini melibatkan berbagai bagian tumbuhan, termasuk batang, batang utama, cabang, kulit kayu, biji, dan daun, yang berasal dari berbagai jenis vegetasi, baik dari tumbuhan tinggi maupun tumbuhan rendah di lantai hutan.
- b. Biomassa di bawah permukaan tanah mencakup seluruh biomassa dari akar tumbuhan yang masih hidup. Pengertian tentang akar ini biasanya mencakup diameter tertentu untuk membedakannya dari bahan organik tanah dan serasah, karena akar dengan diameter yang lebih kecil dari batas yang ditetapkan cenderung sulit dibedakan secara jelas.
- c. Bahan organik mati mencakup kayu mati dan serasah. Serasah merujuk pada segala bahan organik mati dengan beragam tingkat dekomposisi yang berada di permukaan tanah. Sementara itu, kayu mati, akar mati, dan tunggul dengan diameter yang melebihi batas yang ditetapkan merupakan bagian dari bahan organik mati yang tidak termasuk dalam kategori serasah, baik dalam keadaan tegak maupun terjatuh di tanah.
- d. Karbon organik tanah mencakup karbon pada tanah mineral dan tanah organik termasuk gambut.

2.5 Serapan Karbon

Penyerapan karbon untuk mengurangi emisi harus jelas, terukur, berkelanjutan, dan permanen, serta tidak menimbulkan kebocoran atau emisi tambahan. Konsep tambahan karbon diukur dengan membandingkan dengan apa yang terjadi dalam skenario bisnis sebelumnya atau BAU (*business as usual*). Besarnya tambahan karbon dihitung dengan mempertimbangkan tingkat karbon yang ada sebelumnya (*baseline*), dengan memperhitungkan potensi kebocoran dan penambahan emisi baru, serta memastikan keberlangsungan karbon tersebut dalam jangka waktu yang ditentukan (IGES, 2006)

Karbon membentuk sekitar 45-50% dari berat kering pertumbuhan pohon. Dengan meningkatnya kadar karbondioksida di atmosfer karena aktivitas pembakaran bahan bakar fosil, yang dikenal sebagai masalah lingkungan global, para ahli ekologi tertarik untuk mengukur jumlah karbon yang disimpan di dalam hutan. Hutan tropis khususnya mengandung jumlah biomassa yang besar, memungkinkan mereka menyerap karbon dalam jumlah yang signifikan. Selain dari pohon hidup, karbon juga disimpan dalam materi mati seperti serasah, batang pohon yang telah jatuh ke tanah, serta sebagai materi organik yang terdekomposisi lambat di dalam tanah (Handoko, 2007)

Sumber emisi terbesar di Indonesia berasal dari sektor kehutanan, khususnya akibat deforestasi dan perubahan tata guna lahan. Perubahan dalam pola penggunaan lahan memengaruhi iklim global dengan mengubah kemampuan ekosistem darat untuk menyerap atau memantulkan radiasi matahari serta kemampuan mereka untuk menyimpan unsur-unsur tersebut dalam biomassa di atas tanah, termasuk serasah dan vegetasi rendah, serta biomassa di dalam tanah (Aminudin, 2008)

Gas-gas seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrogen dioksida (N_2O), hidrofluorokarbon (HFCs), perfluorokarbon (PFCs), dan sulfur hexafluoride (SF_6) memiliki efek rumah kaca, yaitu dapat menghalangi radiasi gelombang panjang dari bumi dan menyebabkan peningkatan suhu global. Perubahan dalam konsentrasi CO_2 di atmosfer memainkan peran utama dalam memicu perubahan suhu global (Handoko, 2007).

2.6 Peranan Hutan Mangrove Sebagai Penyerap Karbon

Hutan mangrove adalah jenis hutan yang berkembang di wilayah pasang surut, terutama di daerah perlindungan, laguna, atau muara sungai yang tergenang saat air surut, dengan komunitas tanaman yang toleran terhadap kadar garam. Mangrove merupakan pohon yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut (*intertidal trees*), ditemukan di sepanjang pantai tropis di seluruh dunia. Pohon mangrove memiliki adaptasi fisiologis secara khusus untuk menyesuaikan diri dengan garam yang ada di dalam jaringannya. Mangrove juga memiliki adaptasi melalui sistem perakaran

untuk menyokong dirinya di tanah lumpur yang halus dan mentransportasikan oksigen dari atmosfer ke akar. Sebagian besar mangrove memiliki benih terapung yang diproduksi setiap tahun dalam jumlah besar dan terapung hingga berpindah ke tempat baru untuk berkelompok (Kusmana, dkk., 2002).

Salah satu peran penting mangrove adalah sebagai penyimpan dan penyerap karbon. Mangrove memiliki kapasitas penyimpanan karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan hutan lainnya. Penelitian oleh para ahli dari CIFOR menunjukkan bahwa meskipun mangrove hanya mencakup 0,7% dari luas hutan di wilayah pesisir Indo-Pasifik, mereka mampu menyimpan sekitar 10% dari total emisi. Hutan mangrove, yang termasuk dalam ekosistem lahan basah, dapat menyimpan karbon sebanyak 800-1.200 ton per hektar. Emisi yang dilepaskan ke udara oleh hutan mangrove lebih rendah dibandingkan dengan hutan daratan karena pembusukan serasah tanaman akuatik tidak melepaskan karbon ke udara. (Fajar, dkk., 2014)

Hutan memegang peran penting dalam mengurangi kadar CO₂ di atmosfer melalui proses fotosintesis, di mana tanaman menggunakan cahaya matahari dan air untuk menyerap CO₂ dan mengubahnya menjadi biomassa. Proses ini memungkinkan vegetasi untuk terus tumbuh dan menyerap CO₂ selama masa pertumbuhannya. Hutan yang terus tumbuh, terutama dengan pohon-pohon yang sedang dalam fase pertumbuhan aktif, memiliki kemampuan yang lebih besar untuk menyerap CO₂ daripada hutan dewasa yang pertumbuhannya telah melambat. Melalui kegiatan penanaman kembali atau rehabilitasi hutan yang terdegradasi, kita dapat membantu meningkatkan penyerapan CO₂ di atmosfer. Ini karena hutan yang lestari memiliki potensi untuk menyimpan lebih banyak karbon dari udara seiring berjalannya waktu. Dengan demikian, upaya-upaya ini dapat membantu mengurangi jumlah CO₂ berlebih di atmosfer (Adinugroho, dkk., 2010).

Tanaman atau pohon yang tumbuh dalam hutan atau sistem agroforestri memiliki kemampuan penyimpanan karbon yang jauh lebih besar daripada tanaman semusim. Hutan alami yang kaya akan keragaman jenis pohon dan lapisan serasahnya merupakan tempat penyimpanan karbon yang paling besar. Meskipun hutan juga melepaskan CO₂ melalui proses respirasi dan dekomposisi serasah, hal

ini terjadi secara bertahap dan jumlahnya tidak sebesar yang dilepaskan melalui pembakaran. Ketika hutan dikonversi menjadi lahan pertanian atau perkebunan, jumlah karbon yang disimpan akan menurun (Manuri, dkk., 2011).

Menurut Brown (1997) besarnya karbon tersimpan pada hutan mangrove mencapai 50% dari biomasanya. Sutaryo (2009) menegaskan bahwa sekitar 50% dari total karbon disimpan dalam vegetasi mangrove. Hal ini menyoroti pentingnya menentukan nilai biomassa dalam memperkirakan cadangan karbon di suatu area hutan. Pengukuran biomassa di atas permukaan tanah dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan allometrik atau metode destruktif. Persamaan allometrik adalah studi tentang hubungan antara pertumbuhan dan ukuran bagian tertentu dari organisme dengan pertumbuhan atau ukuran keseluruhan organisme. Dalam konteks biomassa hutan atau pohon, persamaan allometrik digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara ukuran pohon (seperti diameter atau tinggi) dengan berat kering keseluruhan pohon. Keunggulan menggunakan persamaan allometrik berdasarkan Tresnawan & Rosalina (2002) yaitu dapat mempersingkat waktu pengambilan di lapangan, mengurangi biaya, dan dapat mengurangi kerusakan pohon.

Hairiah & Rahayu (2007) menyatakan bahwa jumlah karbon tersimpan antar lahan berbeda-beda, tergantung pada keragaman dan kepadatan tumbuhan yang ada, jenis tanahnya serta cara pengelolaannya. Penyimpanan karbon suatu lahan menjadi lebih besar bila kondisi kesuburan tanahnya baik, atau dengan kata lain jumlah karbon tersimpan di atas tanah (biomassa tanaman) ditentukan oleh besarnya jumlah karbon tersimpan di dalam tanah (bahan organik tanah).

2.7 Prinsip Kerja Spektrofotometer

Kandungan bahan organik dalam tanah diukur melalui kadar karbon organik (C-organik), yang menjadi indikator kesuburan tanah. Pengukuran kadar C-organik penting untuk mengevaluasi kondisi kesuburan tanah serta mendukung praktik pengelolaan tanah yang berkelanjutan. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan kadar C-organik adalah spektrofotometri. Spektrofotometri merupakan teknik yang digunakan untuk menganalisis komposisi suatu sampel

secara kuantitatif dan kualitatif melalui interaksi antara materi dengan cahaya (Kamisah & Kartika, 2024).

Spektrofotometer UV-Vis adalah metode spektroskopi yang menggunakan radiasi elektromagnetik ultraviolet (190-380 nm) dan cahaya tampak (380-780 nm) dengan alat spektrofotometer. Prinsip utama dari metode ini adalah mengukur seberapa banyak cahaya yang diserap atau diteruskan oleh partikel dalam suatu sampel. Ketika cahaya dengan frekuensi tertentu melewati sampel, sebagian energinya akan diserap. Kemampuan partikel dalam sampel untuk menyerap cahaya pada frekuensi tersebut disebut absorbansi (A), yang berkaitan dengan konsentrasi zat dan panjang lintasan cahaya (biasanya 1 cm dalam spektrofotometri). Jumlah cahaya yang diserap kemudian diukur menggunakan tabung fotoelektrik (phototube) (Susanti, 2010).

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dijadikan sebagai referensi dan pembanding terhadap penelitian yang dilakukan. Berikut ini daftar penelitian terdahulu yang dijadikan referensi dan pembanding, dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Penulis	Tujuan	Hasil
1	Potensi Serapan Karbon Hutan Mangrove, Kulon Progo, Yogyakarta	Pratiwi, dkk., 2023	Menganalisis simpanan karbon pada Hutan Mangrove Kulon Progo.	Estimasi Serapan Karbon pada batang sebesar 45,87 ton/ha dan pada sedimen sebesar 37,47 ton/ha.
2	Estimasi Serapan Karbon pada Hutan	Azzahra, dkk., 2020	Menganalisis kandungan karbon pada tegakan	Kandungan karbon pada tegakan mangrove sebesar

	Mangrove Desa Bedono, Demak, Jawa Tengah		mangrove, sedimen mangrove, serasah daun mangrove, dan kemampuan penyerapan karbon dioksida dari atmosfer.	190,257 ton/ha dengan tingkat kemampuan penyerapan CO ₂ sebesar 697,607 ton/ha. Kandungan karbon pada sedimen sebesar 480,608 ton/ha dengan kemampuan menyerap CO ₂ sebesar 1762,218 Kandungan karbon pada serasah daun mangrove sebesar 0,00165 ton/ha/hari dengan kemampuan penyerapan CO ₂ sebesar 0,00606 ton/ha/hari
3	Estimasi Serapan Karbon Hutan Mangrove Baros di Bantul Yogyakarta	Aliman & Yudiasih., 2020	Menganalisis kandungan karbon organik pada daun dan batang mangrove, dan serapan CO ₂	Kandungan karbon organik pada daun mangrove sebesar 0,095 kg, pada batang mangrove sebesar 0,979, dan

			pada Hutan Mangrove Baros	serapan CO ₂ sebesar 862,89 kg.
4	Pendugaan Simpanan Karbon pada kawasan Rehabilitasi Pesisir Selatan Pulau Jawa	Budiadi, 2020	Menganalisis potensi simpanan karbon pada lahan pesisir selatan Pulau Jawa	Total kandungan karbon tersimpan pada ekosistem pesisir Selatan Pulau Jawa sebesar 248,51 mg/ha

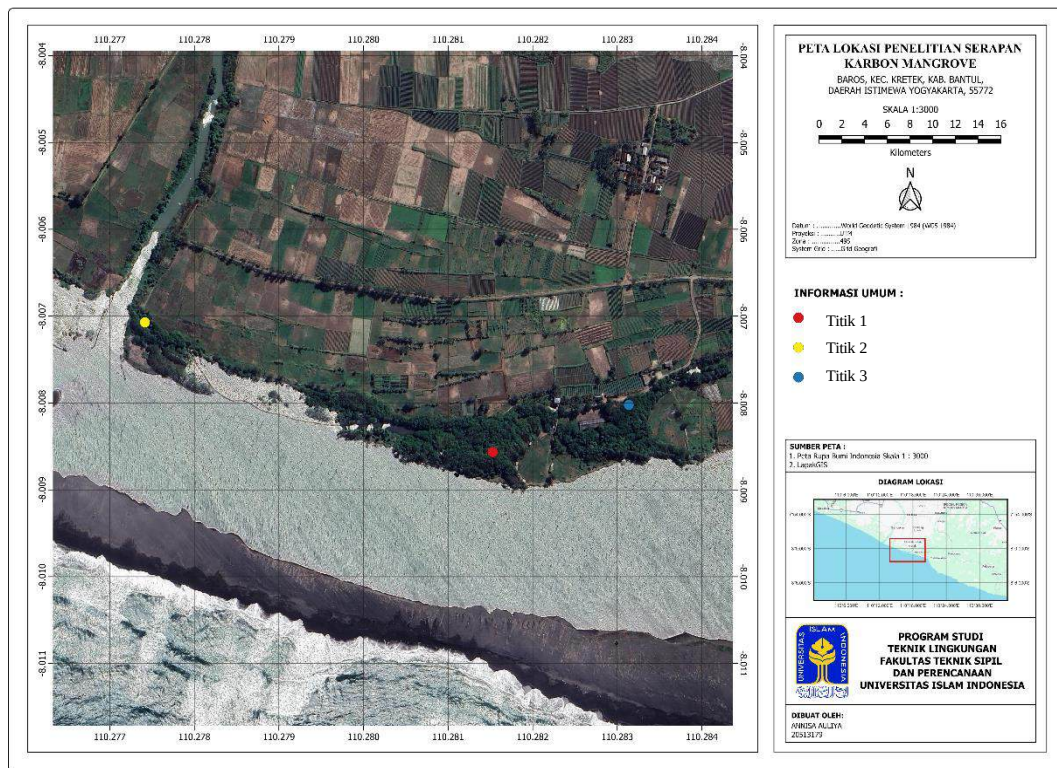
Berdasarkan penelitian yang sudah pernah dilakukan mengenai analisis stok karbon pada hutan mangrove, dapat disimpulkan bahwa mangrove memiliki kemampuan dalam menyimpan karbon yang berbeda-beda, hal tersebut dapat disebabkan karena kondisi geografis, jenis vegetasi, umur mangrove, faktor lingkungan, dan lainnya.

BAB III

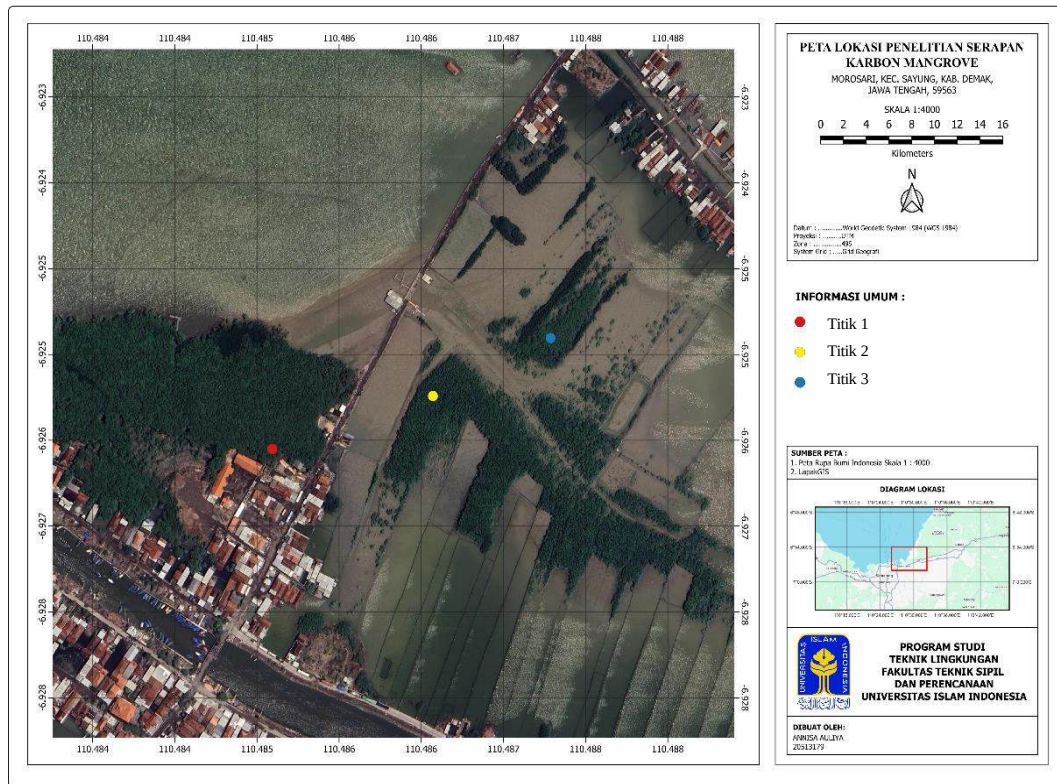
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian mangrove di Daerah Istimewa Yogyakarta dilakukan pada bulan Maret 2024 dan penelitian mangrove di daerah Jawa Tengah dilakukan pada bulan Mei 2024. Pengambilan sampel pada penelitian kali ini dilakukan di dua lokasi Mangrove. Lokasi pertama yaitu pada Mangrove Baros yang terletak di Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi kedua yaitu Mangrove Morosari yang terletak di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Peta lokasi penelitian Mangrove Baros dan Mangrove Morosari dapat dilihat pada gambar 3.1 dan 3.2 di bawah ini.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian Mangrove Baros



Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian Mangrove Morosari

Setiap lokasi penelitian terdapat 3 titik pengambilan data dan sampel, titik koordinat setiap titik pengambilan data dan sampel pada Mangrove Baros dan Mangrove Morosari dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Sebaran Titik Pengambilan Data dan Sampel Berdasarkan Koordinat

Lokasi Penelitian	Titik	S	E
Baros	1	-8.008747°	110.281476°
	2	-8.007157°	100.277406°
	3	-8.008098°	110.283080°
Morosari	1	-6.926124°	110.484954°
	2	-6.925669°	100.486540°
	3	-6.925337°	110.487364°

Pemilihan titik lokasi pengambilan data dan sampel dilakukan berdasarkan kondisi ekologis dan pemanfaatan lahan. Pada Mangrove Baros, titik 1 terletak di pinggiran Kali Opak, titik ini merupakan kawasan konservasi sehingga banyak ditanami tanaman baru. Titik 2 juga terletak di pinggiran Kali Opak yang memiliki radius ± 500 m dengan titik 1, pada titik 2 memiliki kondisi yang baik karena letaknya yang jauh dari pemukiman warga sehingga tidak adanya gangguan dari aktivitas manusia, dan titik 3 terletak di sekitar pemukiman warga, titik ini kondisinya paling tidak terawat dan terdapat banyak limbah domestik. Titik 1 dengan titik 3 memiliki radius ± 200 meter dan titik 2 dengan titik 3 memiliki radius ± 700 meter. Pada Mangrove Morosari, titik 1 dulunya merupakan kawasan ekowisata, namun karena kondisi lingkungan yang sudah tidak memungkinkan karena kurangnya perawatan dan pengelolaan serta adanya pembangunan tol di sekitar kawasan tersebut, maka ekowisata mangrove sudah ditutup dan menjadi kawasan yang tidak terawat dan mengalami kerusakan. Titik 1 dengan titik 2 memiliki radius ± 200 meter. Titik 2 terletak di area sekitar tambak milik warga setempat, titik 2 dengan titik 3 memiliki radius ± 100 meter. Berdasarkan pengamatan, pada titik 3 banyak ditanami tanaman baru. Kondisi pada titik 2 dan titik 3 cukup baik karena tidak adanya kerusakan dan pencemaran yang disebabkan oleh limbah domestik.

3.2 Alat dan Bahan

- **Alat**

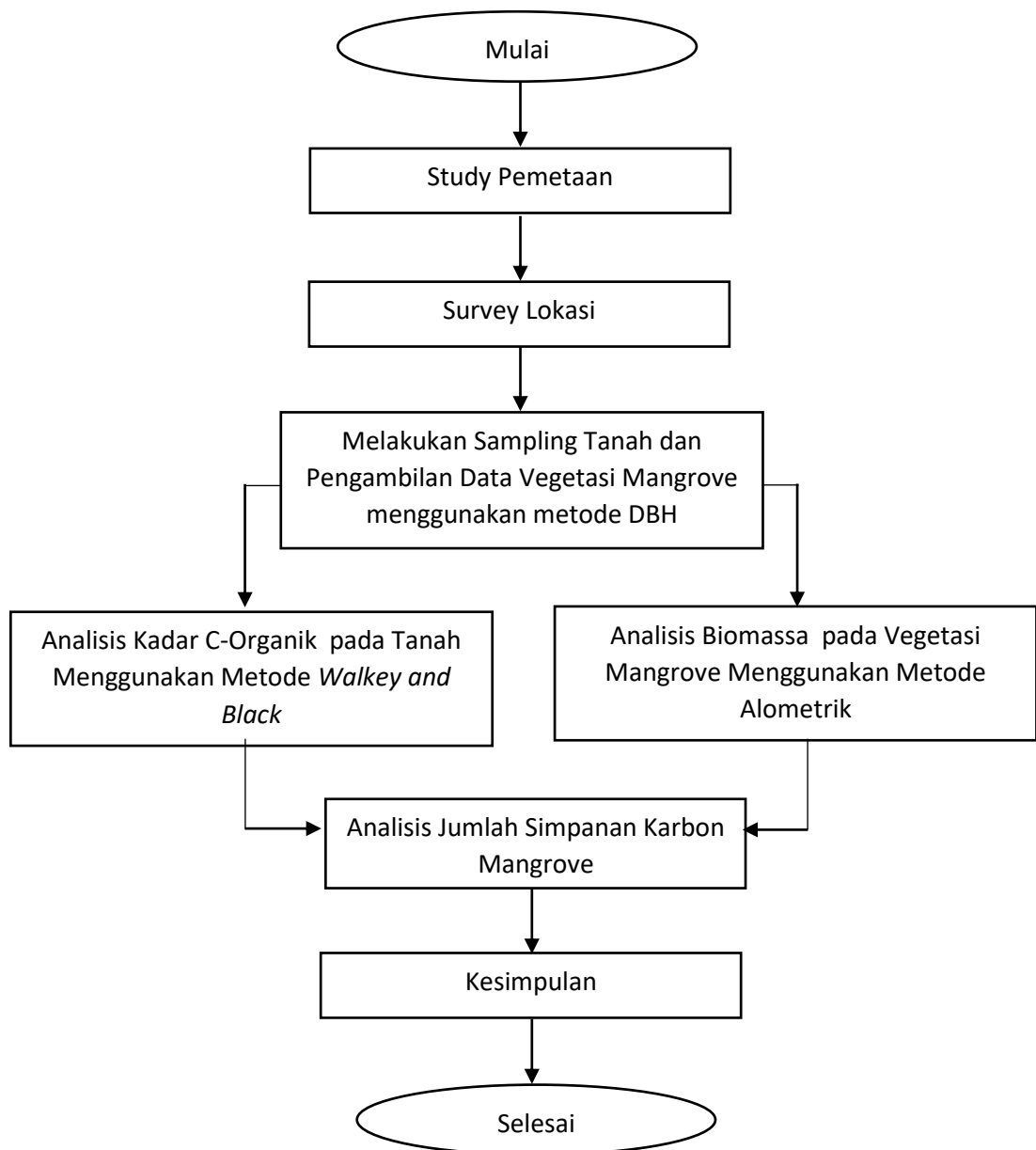
Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut : *ring sample*, kantong sampel, GPS, palu, cetok, meteran jahit, tali rafia, roll meter, kertas label, pisau, buku, alat tulis, oven, timbangan digital, timbangan analitik, cawan sampel, aluminium foil, spektrofotometer, labu ukur, gelas beaker, pipet volume, dan corong.

- **Bahan**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut : 0,5 gram sampel tanah yang sudah diayak, $K_2Cr_2O_7$ 1 N, H_2SO_4 pekat, dan aquades.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Secara umum penelitian ini memiliki beberapa tahapan. Mulai dari persiapan bahan sampai mendapatkan hasil hingga di tarik kesimpulan. Adapun alur tahapan peneliti dapat dilihat pada gambar 3.3 sebagai berikut:



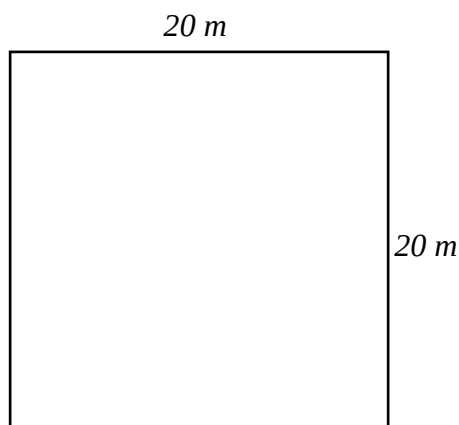
Gambar 3. 3 Diagram Alir Prosedur Analisis Data

3.4 Pengamatan dan Pengambilan Sampel di Lokasi

A. Pengamatan Sampel

Pengumpulan data primer yaitu dengan menggunakan metode survei yaitu melakukan pengamatan, pengambilan data, dan pengambilan sampel langsung di lapangan. Untuk penentuan titik lokasi sampling menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu menentukan lokasi penelitian secara sengaja dengan mempertimbangkan dan memperhatikan kondisi daerah penelitian. Pengumpulan data sekunder yaitu berkaitan dengan luasan lokasi penelitian dan peta lokasi penelitian berupa laporan dan publikasi ilmiah dari berbagai instansi atau lembaga yang berkaitan dengan penelitian ini.

Untuk pemasangan plot pada setiap titik pengambilan data dan sampel menggunakan metode pemetakan yang diambil sesuai kondisi lapangan. Petak pengamatan diambil ukuran 20 x 20 m². Bentuk sampling yang digunakan yaitu plot persegi. Ilustrasi petak 20 x 20 m² dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Bentuk Plot Pengambilan Sampel

Gambar plot pengambilan data dan sampel yang dilakukan pada petak ukur berukuran 20 x 20 m² di setiap titik pada Mangrove Baros dan Mangrove Morosari dapat dilihat pada gambar 3.5 dan 3.6 di bawah ini.



Gambar 3. 5 Plot Pengambilan Data dan Sampel pada Mangrove Baros



Gambar 3. 6 Plot Pengambilan Data dan Sampel pada Mangrove Morosari

B. Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil menggunakan *ring sample*, sampel tanah tersebut digunakan untuk menganalisis kadar C-Organik pada mangrove tersebut. Cara pengambilan sampel menggunakan *ring sample* sebagai berikut :

- Dibersihkan terlebih dahulu sampah organik maupun daun hidup yang berada di atas permukaan tanah
- Menyiapkan 3 *ring sample* dan kantong sampel untuk satu petak ukur (20 x 20 meter)

- *Ring sample* dimasukkan ke dalam tanah dan ditekan dengan ring sampel yang lain menggunakan palu
- *Ring sample* diambil secara perlahan dari dalam tanah agar sampel yang diambil tetap penuh, lalu sisi atas dan bawah *ring sample* diratakan menggunakan pisau
- *Ring sample* ditutup kemudian dimasukkan ke dalam kantong sampel dan diberi label pada setiap kantong untuk memudahkan identifikasi dan analisis di laboratorium
- Sampel disimpan di dalam kulkas hingga waktu analisis

Pengambilan sampel tanah menggunakan *ring sample* pada Mangrove Baros dan Mangrove Morosari dapat dilihat pada gambar 3.7 dan 3.8.



Gambar 3. 7 Pengambilan Sampel Tanah menggunakan *ring sample* pada Mangrove Baros



Gambar 3. 8 Pengambilan Sampel Tanah menggunakan *ring sample* pada Mangrove Morosari

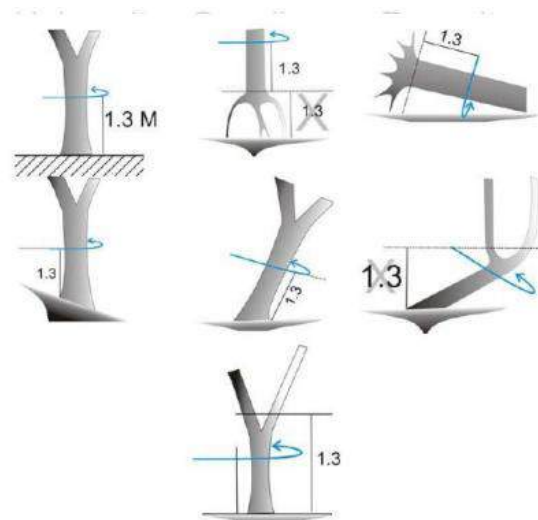
C. Pengambilan Data Vegetasi Mangrove

Untuk mendapatkan nilai biomassa pada vegetasi mangrove, data vegetasi diambil menggunakan metode *diameter breast height* (DBH) atau kurang lebih 1,3 m dari permukaan tanah yang diperoleh dari ukuran lingkaran tegakan, data diameter vegetasi mangrove diambil pada plot 20 x 20 m². Cara pengukuran biomassa sebagai berikut :

1. Untuk mengidentifikasi jenis vegetasi mangrove, dapat dilakukan dengan mengamati bentuk daun, bentuk akar, serta karakteristik buah dan bunga. Hal tersebut dilakukan karena setiap jenis pohon mempunyai kemampuan yang berbeda dalam penyerapan karbon.
2. Untuk mengukur diameter pohon, pertama-tama ukur keliling pohon mangrove. Kemudian, konversikan keliling tersebut menjadi diameter menggunakan persamaan :

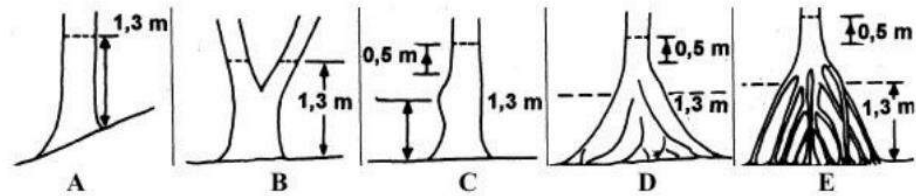
$$diameter\ pohon = \frac{keliling\ pohon}{\pi}$$

3. Pada saat mengukur diameter mangrove, penting untuk memperhatikan bentuk pertumbuhan pohon tersebut. Metode pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Pengukuran Diameter Mangrove (Sutaryo, 2009)

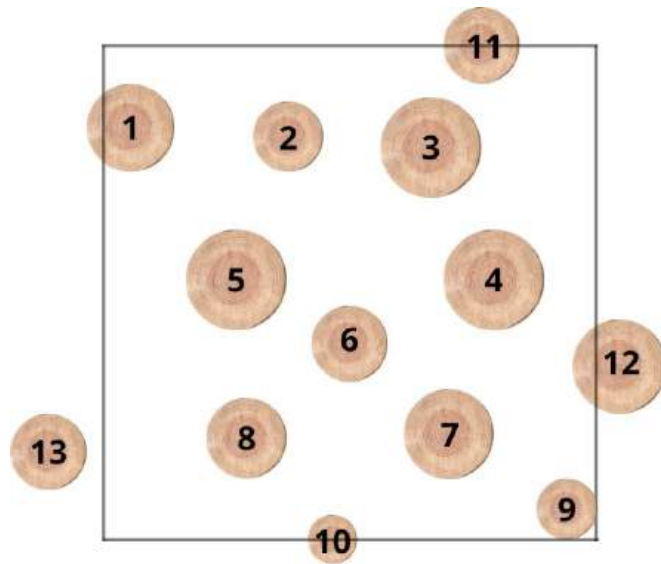
4. Pengukuran diameter pohon dilakukan pada ketinggian DBH (*diameter breast height*), yaitu sekitar 130 cm dari permukaan tanah. Contoh penentuan titik pengukuran DBH dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Penentuan Titik DBH (Hairiah & Rahayu, 2007)

Keterangan :

- A. Pada pohon yang berada di lereng, titik pengukuran DBH ditentukan di bagian atas lereng.
 - B. Untuk pohon yang memiliki cabang di bawah ketinggian 130 cm, diameter diukur pada semua cabang yang ada.
 - C. Pada pohon yang memiliki benjolan pada ketinggian 130 cm, pengukuran diameter dilakukan pada ketinggian 50 cm di atas benjolan.
 - D. Pada pohon yang memiliki banir pada ketinggian 130 cm, titik pengukuran diameter dilakukan pada ketinggian 50 cm di atas banir.
 - E. Untuk pohon yang memiliki akar tunjang pada ketinggian 130 cm, pengukuran diameter dilakukan pada ketinggian 50 cm di atas akar tunjang.
5. Posisi tegakan vegetasi mangrove harus masuk di dalam batas plot, ilustrasi posisi tegakan dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Posisi tegakan pohon tampak atas dan penentuan tegakan di dalam plot dan luar plot

Keterangan :

- Tegakan no 1-9 secara absolut dianggap di dalam plot
 - Tegakan no 10 & 11 dianggap masuk di dalam plot karena sebagian atau separuh dari tegakannya berada di dalam plot
 - Tegakan no 12 dianggap di luar plot karena Sebagian besar tegakan berada di luar plot
 - Tegakan no 13 sudah jelas berada di luar plot sehingga tidak dihitung
6. Pohon yang telah diukur diameternya diberi tanda untuk mencegah pencatatan data yang sama secara berulang.
 7. Nilai keliling pohon mangrove yang telah diukur dicatat dalam lembar data untuk setiap spesies mangrove yang ditemukan.

Pada penelitian ini, pengukuran dan pembuatan plot menggunakan *roll meter* dan tali rafia dan pengukuran lingkaran pohon menggunakan meteran jahit, seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.12.



(a)

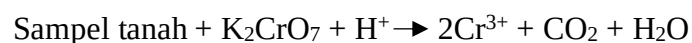
(b)

Gambar 3. 12 (a) Pengukuran dan Pembuatan Plot, (b) Pengukuran Lingkaran Pohon

3.5 Analisis Stok Karbon pada Mangrove

3.5.1 Analisis Stok Karbon Organik pada Tanah Mangrove

Metode yang digunakan untuk mengetahui serapan karbon pada tanah yaitu metode *destructive sampling* dengan pengambilan sampel di lapangan dan melalui pengujian di laboratorium. Analisis yang dilakukan di laboratorium yaitu pengujian kandungan C-Organik, pengujian ini merujuk pada Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (2023). Pada sumber tersebut, analisis C-Organik tanah dilakukan menggunakan Metode *Walkley and Black*, metode ini menggunakan $K_2Cr_2O_7$ 1 N dan H_2SO_4 pekat yang kemudian akan tereduksi ketika bereaksi dengan tanah. Reaksi yang terjadi pada proses analisis karbon organik yaitu :



Dari reaksi diatas menunjukkan bahwa karbon organik dalam sampel tanah dioksidasi menjadi karbon dioksida (CO_2), sedangkan ion dikromat ($Cr_2O_7^{2-}$) direduksi menjadi ion Cr^{3+} .

Tahap pertama yang dilakukan dalam menganalisis stok karbon organik pada tanah yaitu melakukan preparasi sampel tanah dan bahan yang digunakan,

kemudian melakukan pengujian kadar C-Organik pada tanah. Adapun tahapan preparasi sampel dan bahan, sebagai berikut.

a. Persiapan Sampel Tanah

Persiapan sampel tanah dimulai dengan membersihkan akar, kerikil, dan kotoran lainnya yang ada pada sampel tanah, kemudian tanah dioven hingga kering. Setelah sampel tanah kering, tanah digerus menggunakan lumpang dan alu, setelah dihaluskan, tanah kemudian diayak hingga ukuran <0.5 mm.

b. Pembuatan Kalium Dikromat (K_2CrO_7) 1 N

Pembuatan larutan kalium dikromat 1N dimulai dengan menimbang 98,1 gram kalium dikromat. Selanjutnya, kalium dikromat tersebut dilarutkan dalam 600 mL air bebas ion di dalam gelas beker, lalu ditambahkan 100 mL asam sulfat pekat. Campuran tersebut dipanaskan hingga larut sepenuhnya, kemudian didinginkan, dan diencerkan dalam labu ukur 1 liter menggunakan air suling hingga mencapai tanda batas.

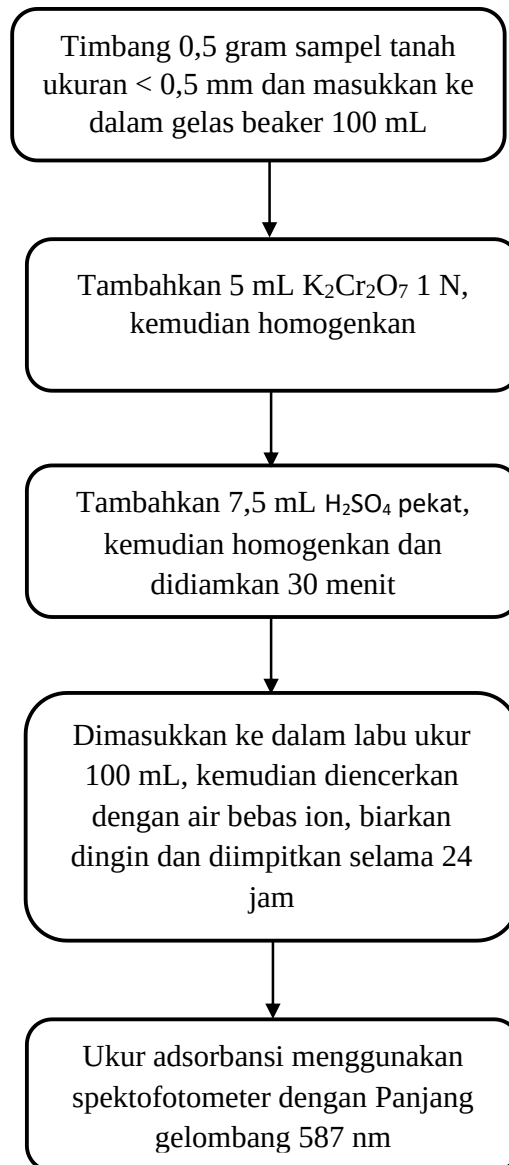
c. Pembuatan Larutan Blanko

Pembuatan larutan blanko dimulai dengan mengambil 5 mL larutan $K_2Cr_2O_7$ menggunakan pipet dan memindahkannya ke dalam labu ukur 100 mL. Selanjutnya, ditambahkan 7,5 mL H_2SO_4 pekat dan dicampur hingga homogen. Larutan tersebut dibiarkan selama 30 menit, kemudian diencerkan dengan air suling hingga mencapai tanda batas pada labu ukur 100 mL dan dihomogenkan kembali.

d. Pembuatan Larutan Standar 5000 ppm C

Pembuatan larutan standar induk 5000 ppm dimulai dengan menimbang 12,510 gram glukosa pa, yang kemudian dilarutkan dalam air bebas ion. Larutan tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 1 liter dan diencerkan hingga mencapai tanda batas.

Setelah melakukan preparasi sampel dan bahan, kemudian dilakukan pengujian kadar C-Organik pada tanah. Diagram alir pengujian kadar C-Organik dapat dilihat pada gambar 3.13.



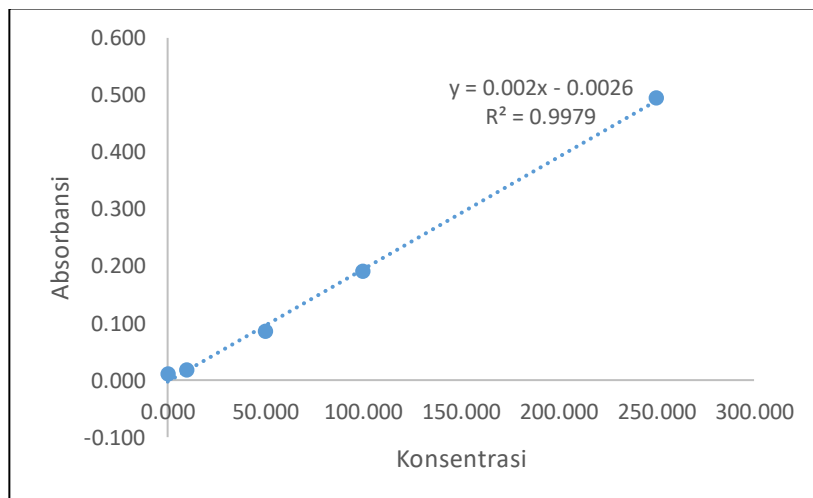
Gambar 3. 13 Diagram Alir Penetapan C-Organik

Setelah mengetahui nilai adsorbansi, selanjutnya menentukan konsentrasi atau ppm kurva menggunakan kurva standar kalibrasi yang merupakan kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikorelasi dengan blanko. Ppm kurva berperan dalam memastikan bahwa hasil pengujian tetap konsisten dan dapat dipercaya. Pembuatan kurva standar didapatkan dari plot data adsorbansi terhadap konsentrasi larutan standar. Data hasil kalibrasi

larutan standar C-Organik dapat dilihat pada tabel 3.2 dan kurva standar C-Organik dapat dilihat pada gambar 3.14.

Tabel 3. 2 Data Hasil Kalibrasi Larutan Standar

Sampel	Konsentrasi	Absorbansi
Standar 1	0,000	0,010
Standar 2	10,000	0,017
Standar 3	50,000	0,084
Standar 4	100,000	0,189
Standar 5	250,000	0,494
Slope		0,001968708
Intercept		-0,002634041



Gambar 3. 14 Kurva Standar C-Organik

Persamaan garis pada kurva standar didapatkan dari persamaan linier sederhana sebagai berikut :

$$y = mx + b$$

Keterangan :

y : adsorbansi

x : konsentrasi

m : kemiringan (slope)

b : titik potong (intercept) pada sumbu y

Koefisien determinasi (R^2) dapat digunakan untuk memastikan linearitas kurva. Jika R^2 mendekati 1, maka kurva standar memiliki hubungan linear yang baik antara konsentrasi dan adsorbansi. Dari kurva standar pada gambar 3.14 didapatkan nilai R^2 yaitu 0,9979, maka kurva standar dapat dikatakan memiliki linear yang baik.

Jika diketahui nilai adsorbansinya 0,174, berikut contoh perhitungan konsentrasinya :

$$y = 0,002x - 0,0026$$

$$0,174 = 0,002x - 0,0026$$

$$0,174 + 0,0026 = 0,002x$$

$$0,1766 = 0,002x$$

$$x = \frac{0,1766}{0,002} = 90,650 \text{ ppm}$$

Perhitungan kadar C-Organik menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C - \text{Organik}(\%) = \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak } 1000 \text{ ml}^{-1} \times 100 \text{ mg contoh}^{-1} \times fk$$

$$C - \text{Organik}(\%) = \text{ppm kurva} \times 100 \text{ } 1000^{-1} \times 100 \text{ } 500^{-1} \times fk$$

$$C - \text{Organik}(\%) = \text{ppm kurva} \times 10 \text{ } 500^{-1} \times fk$$

Keterangan:

ppm kurva : Kadar contoh yang didapat dari kurva regresi hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikurangi blanko.

100 : Konversi ke %

fk : Faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

Menurut Howard, dkk (2014) densitas tanah merupakan berat partikel persatuan volume tanah beserta porinya. Perhitungan densitas tanah/ *bulk density* (BD) menggunakan rumus berikut :

$$\text{Bulk density (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{berat sampel (g)}}{\text{volume sampel (cm}^3\text{)}}$$

Keterangan :

Bulk Density (BD) / ρ : kadar isi substrat (g/cm³)

Selanjutnya, perhitungan karbon organik tanah yang mengacu pada Badan Standarisasi Nasional (2011) yaitu :

1. Stok Karbon Organik Tanah

$$Ct = Kd \times \rho \times \%C \text{ Organik}$$

Keterangan :

Ct : Stok karbon organik tanah (g/cm²)

Kd : Kedalaman tanah (cm)

ρ : Bulk Density (g/cm³)

2. Stok Karbon Tanah per Hektar

$$Cth = Ct \times 100$$

Keterangan :

Cth : Stok Karbon tanah per hektar (ton/ha)

Ct : Stok karbon organik tanah (g/cm²)

100 : Faktor konversi gr/cm² ke ton/ha

3.5.2 Analisis Stok Karbon Biomassa pada Vegetasi Mangrove

Data yang digunakan dalam mengukur biomassa vegetasi mangrove ialah data *diameter breast height* (DBH) atau diameter batang setinggi dada. Pengambilan data diameter pohon mangrove digunakan untuk pengukuran biomassa. Berdasarkan penelitian Murdiyarso, dkk (2010); Kauffman dan Donato (2012); SNI 7724:2011, metode pengukuran diameter pohon dilakukan dengan cara mengukur diameter *breast height* (DBH) atau kurang lebih 1,3 m dari permukaan menggunakan meteran jahit.

Pengukuran simpanan karbon pada batang menggunakan metode *non-destructive* yaitu dengan menggunakan persamaan alometrik yang sudah ada. Data diameter mangrove diolah menggunakan persamaan alometrik untuk mengetahui biomassa tegakan. Persamaan alometrik biomassa pohon yang digunakan pada penelitian ini merupakan model yang sudah tersedia dan telah dikembangkan di lokasi lain. Persamaan alometrik biomassa yang digunakan pada tegakan mangrove tersaji dalam tabel 3.3 :

Tabel 3. 3 Model Alometrik *Above Ground Biomass* Mangrove

Jenis Spesies	Model Alometrik Batang	Referensi
<i>Avicennia marina</i>	$B = 0,1848 \times D^{2,3524}$	Dharmawan & Siregar, 2008
<i>Rhizophora mucronata</i>	$B = 0,1466 \times D^{2,3136}$	Dharmawan, 2013
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	$B = \rho \times 0,0754 \times D^{2,505}$	Kauffman, dkk., 2012

Keterangan: B = Biomassa (kg); D = Diameter (cm); ρ = wood density(gr/cm²)

Setelah mendapatkan data biomassa mangrove, selanjutnya melakukan pengumpulan data stok karbon mangrove dengan merujuk pada Badan Standar Nasional (2011). Berikut perhitungannya:

1. Stok Karbon Mangrove

$$Cb = B \times \%C \text{ Organik}$$

Keterangan :

Cb : Stok karbon mangrove (kg)

B : Total Biomassa (kg)

%C Organik : Nilai *Presentase* Karbon Sebesar 0,47

2. Stok Karbon Mangrove per Hektar

$$Cbh = \frac{Cx}{1.000} \times \frac{10.000}{Lplot}$$

Keterangan :

Cbh : Stok karbon mangrove per ha (ton/ha)

Cx : Stok karbon (kg)

Lplot : Luas plot (m³)

3.5.3 Analisis Stok Karbon Total

Stok karbon total merupakan jumlah karbon yang tersimpan pada tanah mangrove per hektar dan karbon yang tersimpan pada vegetasi mangrove yang merujuk pada Badan Standarisasi Nasional (2011). Berikut rumus perhitungannya :

$$C\ total = Cth + Cbh$$

Keterangan :

C total : Cadangan karbon total (ton/ha)

Cth : Kandungan karbon tanah per hektar (ton/ha)

Cbh : Kandungan Karbon tanah per hektar (ton/ha)

3.6 Analisis Serapan Karbon Dioksida

Dari perhitungan stok karbon yang diperoleh dapat diketahui nilai serapan karbon dioksida (CO₂) pada mangrove. Konversi stok karbon ke serapan CO₂ menggunakan perbandingan massa atom relatif C. Rumus perhitungan serapan CO₂ menggunakan rumus yang mengacu pada Kauffman, dkk (2012) sebagai berikut :

$$S\ CO_2 = \frac{Mr.\ CO_2}{Ar\ C} \times Kc$$

Keterangan :

S CO₂ : Serapan gas karbon dioksida (ton/ha)

Mr.CO₂ : Berat molekul relatif senyawa CO₂ (44)

Ar C : massa atom C (12)

Kc : stok karbon (ton/ha)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Identifikasi Mangrove

4.1.1 Jenis Vegetasi Mangrove

Jenis yang paling umum ditemukan pada mangrove yaitu *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*. Dari hasil observasi di lapangan, Mangrove Baros dan Mangrove Morosari memiliki jenis vegetasi yang sama. Ditemukan 3 jenis vegetasi mangrove antara lain *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, dan *Bruguiera gymnorrhiza*. Komposisi jenis vegetasi mangrove pada tiap titik pengamatan dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Komposisi Jenis Vegetasi Mangrove pada Tiap Titik Pengamatan

Jenis Mangrove	Mangrove Baros			Mangrove Morosari		
	Titik			Titik		
	1	2	3	1	2	3
<i>Avicennia marina</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Rhizophora mucronata</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>		✓	✓		✓	✓

Sumber : Data Primer

Berdasarkan tabel di atas, Mangrove Morosari dan Mangrove Baros memiliki jenis mangrove yang sama, karena sama-sama berada di daerah pesisir dan juga jenis mangrove tersebut merupakan jenis yang paling sering ditemukan pada hutan mangrove.

4.1.2 Kerapatan Jenis

Hasil perhitungan kerapatan jenis untuk setiap jenis vegetasi mangrove di semua titik pengambilan data dan sampel diperoleh dengan membagi jumlah tegakan yang ditemukan di setiap plot dengan luas plot pengamatan. Sedangkan, kerapatan relatif jenis dihitung dengan membandingkan jumlah tegakan suatu

jenis dengan jumlah total tegakan. Hasil kerapatan rata-rata dari semua titik pengambilan data dan sampel pada Mangrove Baros dan Mangrove Morosari dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Kerapatan Mangrove

Mangrove	Jenis Vegetasi	Kerapatan Jenis (ind/ha)	Kerapatan Relatif (%)	Kerapatan (ind/ha)
Baros	<i>Rhizophora mucronata</i>	1.625,0	50,8	3.341,7
	<i>Avicennia marina</i>	1.291,7	40,4	
	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	425,0	8,9	
Morosari	<i>Rhizophora mucronata</i>	1.383,3	47,4	3.137,5
	<i>Avicennia marina</i>	1.091,7	37,4	
	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	662,5	15,1	

Sumber : Data Primer

Berdasarkan hasil kerapatan pada tabel 4.2, Mangrove Baros memiliki nilai kerapatan rata-rata lebih besar dibanding Mangrove Morosari. Menurut Kepmen LH No.201 Tahun 2004, jenis mangrove mempunyai kriteria kerapatan yaitu pada nilai kerapatan ≥ 1.500 tergolong kategori sangat rapat, nilai kerapatan $1000 \geq 1500$ tergolong kategori sedang dan pada nilai kerapatan < 1.000 maka tergolong dalam kategori jarang. Berdasarkan hasil kerapatan jenis pada Mangrove Baros dan Mangrove Morosari, jenis *Rhizophora mucronata* pada Mangrove Baros dapat dikategorikan sangat rapat, sedangkan jenis *Rhizophora mucronata* pada Mangrove Morosari dapat dikategorikan sedang, jenis *Avicennia marina* pada Mangrove Baros dan Morosari tergolong kategori rapat, dan jenis *bruguiera gymnorhiza* pada Mangrove Baros dan Morosari tergolong kategori jarang.

4.2 Biomassa Vegetasi Mangrove

Nilai biomassa diperoleh dari hasil perhitungan yang menggunakan persamaan alometrik, dengan menggunakan ukuran diameter pohon setinggi dada (DBH). Biomassa pada tegakan mangrove terdiri Biomassa vegetasi jenis *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, dan *Bruguiera gymnorhiza*. Nilai data diameter dapat dilihat pada tabel 4.3.

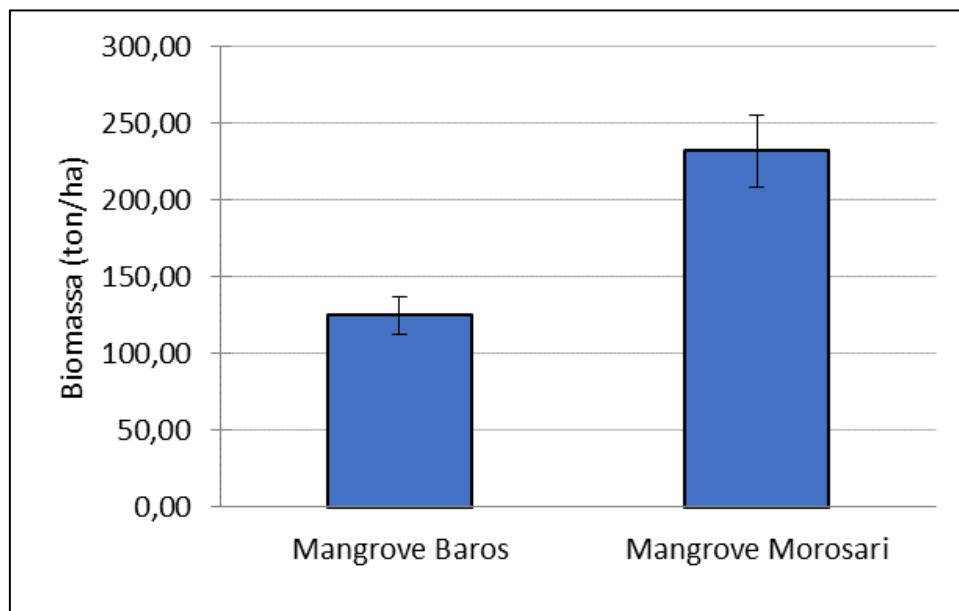
Tabel 4. 3 Data Jumlah Tegakan dan Diameter Rata-Rata Vegetasi Mangrove

Mangrove	Jenis Vegetasi	Jumlah Tegakan (ind)	Diameter rata-rata (cm)
Baros	<i>Rhizophora mucronata</i>	65	9,2
	<i>Avicennia marina</i>	52	14,1
	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	17	12,4
Morosari	<i>Rhizophora mucronata</i>	55	11,2
	<i>Avicennia marina</i>	44	18,4
	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	27	13,5

Sumber : Data Primer

Dari tabel yang telah disajikan di atas, Mangrove Morosari memiliki diameter pohon yang lebih besar dibandingkan dengan Mangrove Baros. Hal tersebut disebabkan karena Mangrove Morosari memiliki umur yang lebih tua dibanding dengan Mangrove Baros.

Biomassa diperoleh dari biomassa yang ada di atas permukaan. Kandungan karbon biomassa didapatkan dari perkalian biomassa dengan nilai persentase kandungan karbon sebesar 0,47. Nilai rata-rata biomassa pada vegetasi jenis *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, dan *Bruguiera gymnorhiza* pada Hutan Mangrove Baros di Kabupaten Bantul dan Mangrove Morosari di Kabupaten Demak dapat dilihat pada gambar 4.1.



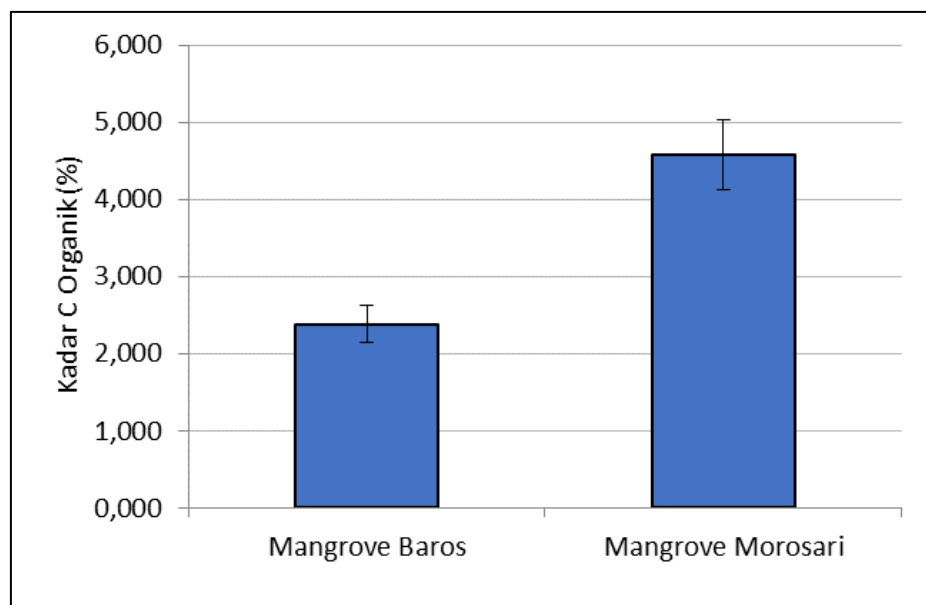
Gambar 4. 1 Diagram Biomassa Rata-Rata Mangrove

Dapat dilihat dari gambar 4.1 Mangrove Morosari memiliki nilai biomassa rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan Mangrove Baros. Nilai biomassa rata-rata pada Mangrove Morosari di Kabupaten Demak sebesar 231,96 ton/ha. Sedangkan pada Mangrove Baros memiliki nilai biomassa rata-rata sebesar 124,79 ton/ha. Hal tersebut disebabkan karena Mangrove Morosari memiliki usia yang lebih tua dibanding Mangrove Baros yang menyebabkan diameter pohon yang lebih besar sehingga nilai biomassa yang dihasilkan pun lebih tinggi. Sesuai dengan pernyataan Rahim (2018) bahwa perbedaan nilai biomassa pada tegakan mangrove dapat dipengaruhi oleh diameter pohonnya, hal ini diperkuat oleh Imiliyana, dkk (2012) bahwa hubungan antara diameter pohon dan biomassa pohon sangat erat, di mana semakin besar diameter pohon maka semakin besar pula biomassa yang dimilikinya. Sama seperti Biomassa batang, biomassa akar pun akan meningkat seiring bertambahnya diameter batang. Hal ini karena diameter batang memiliki korelasi positif dengan biomassa akar, sehingga dapat memperkirakan biomassa akar berdasarkan diameter batang. Untuk mendapatkan nilai biomassa akar, kita dapat mengukur diameter batang pohon dan mengestimasi dengan diameter batang. Menurut adinugroho dan Sadiyasa (2006) bahwa ukuran diameter pohon dipengaruhi oleh usia tegakan pohon tersebut. semakin tua usia tegakan pohon,

maka semakin banyak biomassa yang dikandungnya. Hal tersebut diperkuat oleh Yu, dkk (2021) bahwa seiring bertambahnya usia tegakan pohon, maka jumlah biomassa dan karbon yang terkandung di dalamnya akan meningkat.

4.3 Kadar C-Organik pada Tanah Mangrove

Kadar C-Organik dapat dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung di dalam tanah. Seperti yang dinyatakan oleh Kusuma & Yanti (2021), bahwa kadar air berbanding lurus dengan kadar C-Organik tanah. Stok karbon pada tanah dipengaruhi oleh Kadar C-Organik yang ada pada tanah, maka untuk mengetahui stok karbon pada tanah maka perlu mengetahui kadar C-Organik pada tanah di lokasi penelitian. Pengukuran kadar C-Organik merujuk pada petunjuk teknis mengenai kriteria penilaian hasil analisis tanah, didapatkan hasil kandungan C-Organik pada tanah mangrove yang dapat dilihat pada gambar 4.2.



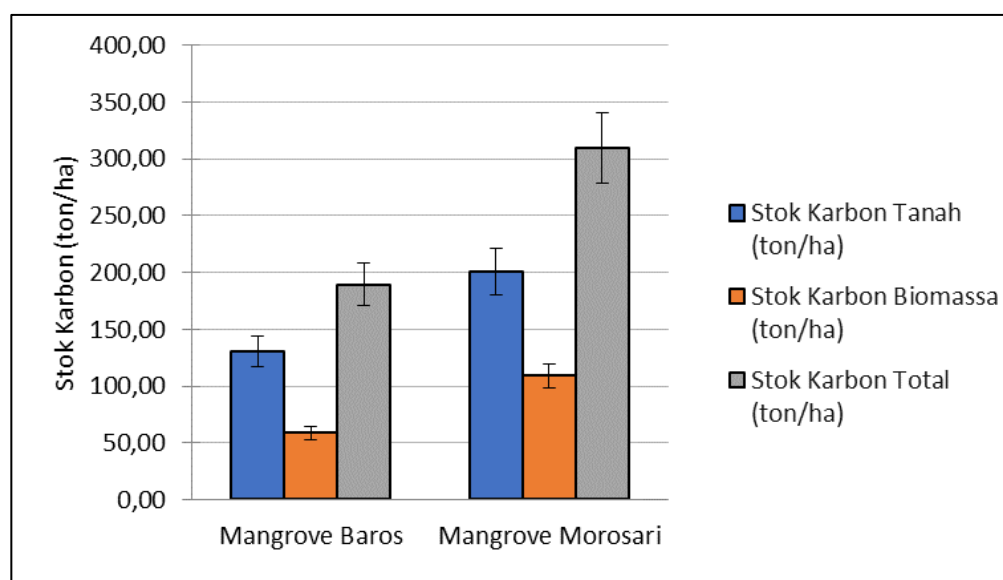
Gambar 4. 2 Diagram Kadar C-Organik Rata-Rata pada Tanah Mangrove

Dari hasil pada gambar 4.2, kadar C-Organik pada Mangrove Morosari lebih tinggi dibanding Mangrove Baros. Mangrove Baros memiliki nilai kadar C-Organik sebesar 2,382% dan Mangrove Morosari memiliki nilai kadar C-Organik

sebesar 4,580%. Kadar C-Organik Mangrove Morosari lebih tinggi dan kadar C-Organik Mangrove Baros lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian Hakim, dkk (2016) yang memiliki kadar C-Organik rata-rata sebesar 4,4%. Perbedaan ini disebabkan oleh beberapa faktor antropogenik, jenis tanah dan kondisi lingkungan sekitar. Menurut Widiatmaka (2013) kadar karbon organik sangat sensitif terhadap berbagai faktor seperti iklim, topografi, jenis tanah, pengelolaan tanaman, dan kondisi antropogenik lainnya.

4.4 Stok Karbon pada Mangrove

Menurut Rachmawati, dkk (2014) mangrove memiliki fungsi sebagai penyerap dan penyimpan karbon dalam upaya mitigasi pemanasan global. Vegetasi mangrove berfungsi sebagai penyerap karbon di atmosfer melalui proses fotosintesis dan mengubahnya menjadi karbon organik yang kemudian disimpan di dalam tanah. Total stok karbon pada mangrove merupakan penjumlahan karbon yang tersimpan dalam vegetasi mangrove dan karbon organik yang terdapat dalam tanah. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan nilai rata-rata stok karbon biomassa pada vegetasi, stok karbon organik pada tanah, dan jumlah stok karbon pada mangrove yang dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Diagram Stok Karbon Rata-Rata pada Mangrove

Berdasarkan gambar 4.3, nilai stok karbon paling banyak dihasilkan oleh tanah mangrove. Jumlah stok karbon yang tersimpan pada mangrove Morosari lebih besar dibanding jumlah stok karbon tersimpan pada Mangrove Baros. Nilai total stok karbon yang tersimpan pada Mangrove Morosari sebesar 309,77 ton/ha, dengan nilai stok karbon biomassa yang terkandung pada vegetasi mangrove sebesar 109,02 ton/ha, dan stok karbon organik pada tanah sebesar 200,74 ton/ha. Sedangkan pada Mangrove Baros memiliki nilai total stok karbon sebesar 189,31 ton/ha, dengan nilai stok karbon biomassa yang terkandung pada vegetasi mangrove sebesar 58,65 ton/ha, dan stok karbon organik pada tanah sebesar 130,66 ton/ha.

Tingginya nilai karbon biomassa pada mangrove dipengaruhi oleh biomassa mangrove. Menurut Badan Standarisasi Nasional (2011) persentase stok karbon akan bertambah seiring dengan bertambahnya biomassa. Hal ini terjadi karena kandungan karbon dalam bahan organik adalah 47% dari total biomassa. Semakin tinggi kandungan biomassa, semakin besar pula stok karbonnya. Dengan kata lain, jumlah karbon yang tersimpan dalam suatu vegetasi tergantung pada ukuran pohon, kesuburan tanah, dan kemampuan vegetasi tersebut untuk menyerap karbon.

Selain karena umurnya yang lebih tua, tingginya simpanan karbon pada tanah Mangrove Morosari lebih besar dibanding Mangrove Baros karena kepadatan tanah Mangrove Morosari lebih rendah dan kadar C-Organik yang terkandung lebih rendah. Seperti yang dinyatakan oleh Siringoringo (2007) bahwa tingkat kerapatan tanah dipengaruhi oleh kandungan karbon organik. Semakin tinggi kandungan karbon organik dalam tanah, maka semakin rendah kerapatannya. Peningkatan kerapatan tanah dapat memperkecil ruang pori tanah, sehingga menyebabkan kandungan karbon organik menjadi lebih rendah. Selain itu, tanah pada Mangrove Morosari lebih banyak mengandung lumpur dibanding Mangrove Baros, seperti yang dinyatakan oleh Ati, dkk (2014) bahwa proporsi ukuran partikel pasir, debu, dan liat mempengaruhi permeabilitas, kesuburan, dan salinitas tanah. Komposisi tanah juga memengaruhi keberadaan nutrisi. Sedimen yang mengandung banyak lumpur biasanya lebih kaya bahan organik dibandingkan dengan sedimen berpasir. Sehingga C-Organik yang dihasilkan akan lebih besar.

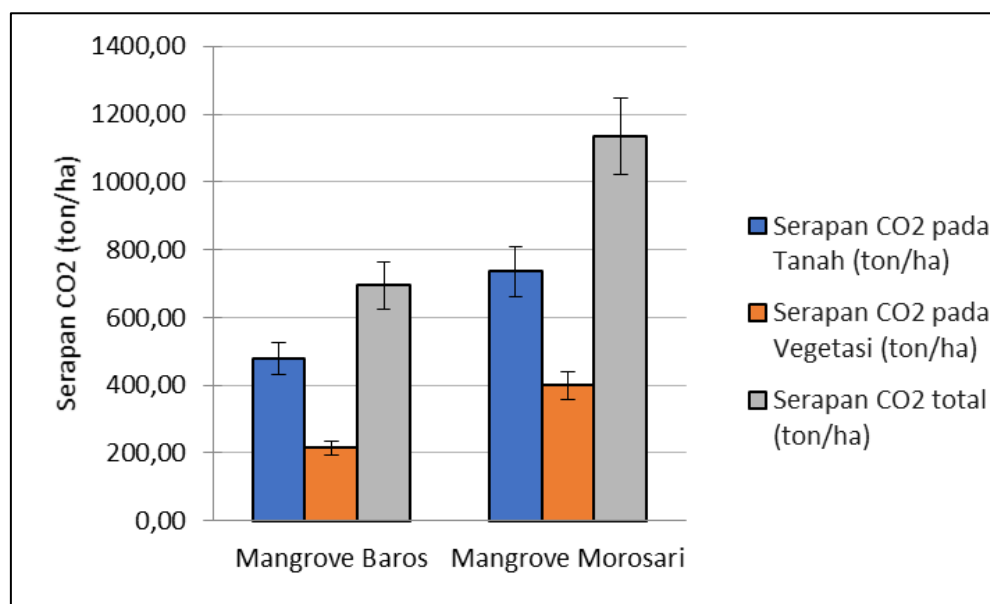
Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sofyan (2016) di Kawasan Rupert Utara yang memiliki rata-rata karbon biomassa mangrove sebesar 68,64 ton/ha, Mangrove Morosari memiliki nilai stok karbon biomassa yang lebih tinggi, sedangkan Mangrove Baros memiliki stok karbon biomassa yang lebih rendah. Kedua lokasi penelitian memiliki hasil yang lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Massugito (2016) pada mangrove di Kawasan Pesisir Kuala Indragiri yang memiliki rata-rata karbon biomassa sebesar 258,03 ton/ha. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa perbedaan stok karbon biomassa disebabkan karena perbedaan kerapatan mangrove dan ukuran diameter pohon mangrove sehingga mempengaruhi kandungan biomassa pada setiap mangrove tersebut.

Nilai rata-rata karbon organik pada Mangrove Baros dan Mangrove Morosari lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Oktaviona, dkk (2017) pada Mangrove di Jorong Ujuan Labuang, Provinsi Sumatera Barat yang memiliki nilai rata-rata karbon organik sebesar 1.446,75 ton/ha. Mangrove Morosari dan Mangrove Baros memiliki hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmah, dkk (2014) pada Mangrove di kawasan pesisir Kota Banda Aceh dengan nilai rata-rata karbon tanah sebesar 55,31 ton/ha. Dari perbandingan tersebut dapat disimpulkan bahwa setiap lokasi mangrove memiliki nilai karbon organik yang berbeda-beda, hal tersebut dapat dipengaruhi karena beberapa faktor diantaranya jumlah kadar C-Organik, usia mangrove, kerapatan tanah mangrove, dan komposisi tanah mangrove.

4.5 Serapan Karbon Dioksida pada Mangrove

Ekosistem mangrove memiliki kemampuan menyimpan CO₂ melalui proses fotosintesis melalui vegetasi. Kemampuan ini menunjukkan seberapa efektif mangrove menyerap CO₂ dari udara dan menyimpannya sebagai karbon organik, yang kemudian disimpan di dalam tanah. Tanah mangrove mengandung banyak bahan organik akibat penumpukan sisa-sisa tanaman dan hewan-hewan yang sudah mati serta bahan organik lainnya. Hal tersebut menyebabkan kondisi anaerob (tanpa oksigen) yang dapat memperlambat proses dekomposisi bahan organik, sehingga

karbon dapat disimpan dalam waktu yang lama., dan kondisi tersebut dapat menghambat aktivitas mikroba sehingga memecah bahan organik menjadi CO₂. Total serapan CO₂ hutan mangrove didapatkan dari penjumlahan serapan karbon dioksida pada vegetasi dengan serapan karbon dioksida pada tanah mangrove. Dari hasil perhitungan stok karbon yang telah disajikan pada gambar 4.3 dapat dikoversikan menjadi nilai serapan CO₂. Nilai rata-rata serapan CO₂ pada biomassa, serapan CO₂ pada tanah, dan total serapan CO₂ pada mangrove dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Diagram Serapan CO₂ Rata-Rata pada Mangrove

Dari data nilai serapan CO₂ yang disajikan pada tabel 4.4, diantara kedua lokasi penelitian, nilai serapan CO₂ tertinggi berada pada Mangrove Morosari yang memiliki nilai total serapan CO₂ sebesar 1.135,81 ton/ha, dengan nilai serapan CO₂ pada tanah sebesar 736,05 ton/ha dan nilai serapan CO₂ pada vegetasi sebesar 399,75 ton/ha. Sedangkan pada Mangrove Baros memiliki nilai total serapan CO₂ sebesar 694,15 ton/ha, dengan nilai serapan CO₂ pada tanah sebesar 479,09 ton/ha dan nilai serapan CO₂ pada vegetasi sebesar 215,06 ton/ha. Mangrove Morosari memiliki nilai serapan CO₂ yang lebih tinggi karena memiliki nilai biomassa dan nilai stok karbon yang tinggi dibanding Mangrove Baros. Hal tersebut sesuai

dengan pernyataan Heriyanto, dkk (2012) bahwa penyerapan CO₂ berkaitan erat dengan biomassa tegakan. Ekosistem mangrove mendapatkan biomassa dari produksi dan kerapatan yang ditentukan berdasarkan pengukuran diameter dan tinggi pohon, berat jenis pohon, serta kesuburan tanah. Selain itu, dipengaruhi oleh stok karbon tanah yang tersimpan, stok karbon tanah yang tersimpan pada Mangrove Morosari lebih besar dibandingkan dengan stok karbon pada Mangrove Baros.

Nilai serapan CO₂ pada tanah memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan serapan CO₂ pada biomassa karena tanah merupakan tempat akumulasi bahan organik dari bahan organik yang jatuh ke tanah seperti daun, ranting, akar, dan bahan organik lainnya yang menyebabkan tanah kaya akan bahan organik. Proses tersebut berlangsung terus-menerus dalam jangka yang lama yang memungkinkan karbon tersimpan memiliki jumlah yang besar. Selain itu, tanah mangrove memiliki kondisi anaerob atau kekurangan oksigen karena tergenang air, yang memperlambat laju dekomposisi bahan organik. Hal ini mencegah pelepasan karbon dengan cepat ke atmosfer, sehingga karbon dapat terakumulasi dalam jangka waktu yang lebih lama.

Berdasarkan data diatas, jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sofyan (2016) di Kawasan Rupert Utara yang memiliki nilai rata-rata serapan CO₂ pada vegetasi mangrove sebesar 251,61 ton /ha, Mangrove Morosari memiliki nilai rata-rata serapan CO₂ pada vegetasi mangrove yang lebih tinggi, sedangkan Mangrove Baros memiliki nilai rata-rata serapan CO₂ pada vegetasi mangrove yang lebih rendah dan kedua lokasi penelitian memiliki hasil penelitian yang lebih tinggi dari penelitian yang dilakukan oleh Handoko (2016) di Kawasan Selatan Pulau Rupert dengan nilai serapan CO₂ sebesar 215,01 ton/ha. Dari hal berikut, dapat disimpulkan bahwa perbedaan nilai serapan CO₂ pada vegetasi mangrove dipengaruhi oleh banyaknya karbon biomassa pada mangrove tersebut, semakin tinggi nilai karbon biomassa maka semakin tinggi pula nilai serapan CO₂ pada biomassa mangrove.

Nilai rata-rata serapan CO₂ pada tanah Mangrove Baros dan Mangrove Morosari lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh

Oktaviona, dkk (2017) pada Mangrove di Jorong Ujuan Labuang, Provinsi Sumatera Barat yang memiliki nilai rata-rata serapan CO₂ pada tanah sebesar 5.309,57 ton/ha. Mangrove Morosari dan Mangrove Morosari memiliki hasil yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmah, dkk (2014) pada Mangrove di kawasan pesisir Kota Banda Aceh dengan nilai rata-rata serapan CO₂ pada tanah sebesar 202,98 ton/ha. Perbedaan nilai serapan CO₂ pada tanah mangrove di setiap lokasi dipengaruhi oleh banyaknya nilai karbon tanah yang tersimpan pada mangrove tersebut. Nilai serapan karbon di berbagai penelitian memiliki hasil yang bervariasi tergantung pada jenis mangrove, kondisi lingkungan, dan metode pengukuran yang digunakan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian analisis serapan karbon hutan Mangrove Baros di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Mangrove Morosari di Jawa Tengah, Mangrove Morosari memiliki nilai rata-rata stok karbon total dan rata-rata serapan CO₂ total lebih tinggi dibanding Mangrove Baros, dengan nilai total stok karbon rata-rata pada Mangrove Morosari sebesar 309,77 ton/ha dan nilai total serapan CO₂ rata-rata sebesar 1.135,81 ton/ha. Sedangkan Mangrove Baros memiliki nilai total stok karbon rata-rata sebesar 189,31 ton/ha dan nilai total serapan CO₂ rata-rata sebesar 694,15 ton/ha.

5.2 Saran

Berikut adalah saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan :

1. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai serapan karbon pada hutan mangrove yang ada di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah agar mengetahui apakah mangrove tersebut mengalami kenaikan atau penurunan di setiap tahunnya.
2. Perlu dilakukannya konservasi lahan mangrove lebih lanjut untuk Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah, karena mengetahui mangrove memiliki potensi sebagai penyerap dan penyimpan karbon yang besar dalam upaya mitigasi pemanasan global.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, W.C. & Sidiyasa, K. (2006). Model Pendugaan Biomassa Pohon Mahoni (*Swietenia macrophylla* King) di atas Permukaan Tanah. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 3(1):103-117
- Adinugroho, W. C. (2010). Pendugaan Cadangan Karbon dalam Rangka Pemanfaatan Fungsi Hutan Sebagai Penyerap Karbon. *Hutan dan Konservasi Alam*, 3(1), 103-117.
- Afdal. (2007). Siklus Karbon dan Karbodioksida di Atmosfer dan Samudera. *Oseana* 32 (2): 29- 41.
- Agung, N., Wicaksono, B., Ridlo, M. A., & Rahman, B. (2022). Analisis perubahan permukiman akibat dampak abrasi & inundasi (Studi kasus: RW 02 & 08 Desa Sriwulan Kabupaten Demak). *Jurnal Ilmiah Sultan Agung*, 1(1), 130–145.
- Akbaruddin, I. P., Sasmito, B., & Sukmono, A. (2020). Analisis korelasi luasan kawasan mangrove terhadap perubahan garis pantai dan area tambak (Studi kasus: Wilayah Pesisir Kabupaten Demak). *Jurnal Geodesi Undip*, 9(2), 217–226.
- Aliman, R., & Yudiasih, N. L (2020). Estimasi Serapan Karbon Hutan Mangrove Baros di Bantul Yogyakarta. Yogyakarta.
- Aminudin, S. (2008). Kajian potensi cadangan karbon pada pengusaha hutan rakyat (studi kasus: hutan rakyat Desa Dengok, Kecamatan Playen, Kabupaten Gunungkidul).
- Amira, S. (2008). Pendugaan biomassa jenis *Rhizophora apiculata* Bl. di hutan mangrove Batu Ampar Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. In *Skripsi (Tidak dipublikasikan)*. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Anugerah, R. (2018). Analisis Nilai Serapan Karbon Hutan Mangrove di Desa Bontobangun Kecamatan Bontoharu Kabupaten Kepulauan Selayar. Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar.

- Arijaya, T., Wahyudiono, S., & Nugraha, N. S. (2024). Analisis Perubahan Lahan Hutan Mangrove di Pantai Baros, Kabupaten Bantul Tahun 2018 dan 2023 dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (*Doctoral dissertation*, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta).
- Arupa. (2014). Menghitung Cadangan Karbon di Hutan Rakyat: *Panduan Bagi Para Pendamping Petani Hutan Rakyat*. Biro Penerbit ARupa: Sleman
- Asadi, M. A., Rahardani, A. M., Semedi, B., & Soegianto, A. (2019). *Carbon storage of mangrove ecosystems in Pasuruan and probolinggo regency, east java*, Indonesia. *Ecology, Environment and Conservation*, 25, S162-S167.
- Ati, R. N. A., Rustam, A., Kepel, T. L., Sudirman, N., Astrid, M., Daulat, A., ... & Hutahaeen, A. A. (2014). Stok karbon dan struktur komunitas mangrove sebagai blue carbon di Tanjung Lesung, Banten. *Jurnal Segara*, 10(2), 119-127.
- Azzahra, F. S., Suryanti, S., & Febrianto, S. (2020). Estimasi Serapan Karbon Pada Hutan Mangrove Desa Bedono, Demak, Jawa Tengah. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 4(2), 308-315.
- 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.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 7724 – Pengukuran dan Perhitungan Cadangan Karbon – *Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting)*.
- Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk. (2023). Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. In *Petunjuk Teknis Edisi 3 Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*.
- Bei, A. (2021). Mengenal Mangrove. Mangrove Center, Graha Indah, Kalimantan Timur.
- Bengen, D.G. (2001). Pedoman Teknis Pengenalan Dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove. Bogor: *Pusat Kajian Sumber Daya Pesisir Dan Lautan Institut Pertanian Bogor*

- Budiadi, B. (2020). Pendugaan Simpanan Karbon pada Kawasan Rehabilitasi Pesisir Selatan Pulau Jawa. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 14(1), 71-83.
- Clark III, A. (1979). *Suggested Procedures For Measuring Tree Biomass And Reporting Free Prediction Equations. Proc. For Inventory Workshop.SAF-IUFRO.Ft. Collins, Coloradi: 615-628*
- Dahlan, J. I., & Jaya, I. N. S. (2005). Istomo. 2005. Estimasi Karbon Tegakan *Acacia mangium Willd.* Menggunakan Citra Landsat ETM+ dan SPOT-5:(Studi kasus di BKPH Parung Panjang KPH Bogor). Di dalam:” *Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa*” Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya, 14-15.
- Dharmawan, I. W. S., & Siregar, C. A. (2008). Karbon tanah dan pendugaan karbon tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(4), 317-328.
- Dharmawan, I.W.E., N.P. Zamani dan H.H. Madduppa. (2016). Laju Dekomposisi Serasah Daun di Ekosistem Bakau Pulau Kelong, Kabupaten Bintan. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 1(1): 1-10.
- Dharmawan, I.W.S. (2013). Pendugaan Biomasa Karbon di Atas Tanah Pada Tegakan *Rhizophora mucronata* di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 15(1):50-56
- Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Demak. (2012). Kondisi Daerah Pesisir/Pantai, Portal Sistem Informasi Potensi Daerah Kabupaten Demak.
- Dinas Lingkungan Hidup Surabaya. (2018). Estimasi Stok Karbon di Kawasan Mangrove Pantai Utara Kota Surabaya. Pemerintah Kota Surabaya. Surabaya. 140 hlm
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2012). Mangrove adalah salah satu hutan terkaya karbon di kawasan tropis. *Cifor Brief*, 13(12), 12.
- Dunne JA, Jackson SC, Harte J. (2013). Greenhouse effect. *Encyclopedia of Biodiversity*. 4: 277-293.

- Fajar, R., Hairul, B., Sufardi. (2014). Potensi Karbon Tersimpan Pada Lahan Mangrove dan Tambak di Kawasan Pesisir Kota Banda Aceh. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan* Vol. 4.
- Ginting, R., Razali, dan Z. Nasution. (2013). Pemetaan Status Unsur Hara C-Organik Dan Nitrogen Di Perkebun Nanas (*Ananas Comosus* L. Merr) Rakyat Desa Panribuan Kecamatan Dolok Silau Kabupaten. *Agroekoteknologi*, 1(4): 1308-1319.
- Hairiah K, Rahayu S. (2007). Pengukuran 'Karbon Tersimpan' di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. Bogor. *World Agroforestry Centre - ICRAF*, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Unibraw, Indonesia. 77
- Hakim, M. A., Martuti, N. K. T., dan Irsadi, A. (2016). Estimasi Stok Karbon Mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. *Life Science*, 5(2), 87-94.
- Handoko, E. (2016). Analisis Biomassa dan Cadangan Karbon pada Ekosistem Hutan Mangrove di Kawasan Pesisir Selatan Pulau Rupat Provinsi Riau. Skripsi pada Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru.
- Handoko, P. (2007). Pendugaan simpanan karbon di atas permukaan lahan pada tegakan akasia (*Acacia mangium willd.*) di BKPH Parung Panjang KPH Bogor perum perhutani unit III Jawa Barat dan Banten.
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., & Pidgeon, E. (2014). *Coastal blue carbon: methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses*.
- IGES, (2006). *Clean Development Mechanism*. Panduan MPB di Indonesia, Terjemahan oleh ICER Indonesia. *Kementerian Lingkungan Hidup*. Jepang. Tokyo.
- Imiliyana, A., Mukhammad, M., Hery, P., (2011). Estimasi Stok Karbon Pada Tegakan Pohon *Rhizophora stylosa* Di Pantai Camplong Sampang Madura.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2001). *Climate change 2001: The scientific basis*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Kauffman, J.B., & Donato, D.C. (2012). Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests. *Working Paper 86 CIFOR*, Bogor. vii, 40p.
- KepMen LH. (2004). Kriteria Baku Dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, Nomor 201.
- Kusmana, C., Sabiham, S., Abe, K., & Watanabe, H. (2002). Pengelolaan ekosistem mangrove secara berkelanjutan dan berbasis masyarakat. *Makalah pada Lokakarya Nasional Pengelolaan Ekosistem Mangrove*, 6-7. Jakarta.
- Kusuma, Y. R., & Yanti, I. (2021). Effect of Water Content in Soil on C-Organic Levels and Soil Acidity (pH). *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(2), 92–97.
- Lal, Rattan. (2016). Soil health and carbon management. *Food and Energy Security*, 5(4), 212–222.
- Manuri, S., Putra, C. A. S., & Saputra, A. D. (2011). Teknik pendugaan cadangan karbon hutan. *Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation–GIZ*. Palembang.
- Massugito. (2016). Analisis Cadangan Karbon pada Ekosistem Hutan Mangrove di Kawasan Pesisir Kuala Indragiri Provinsi Riau. Skripsi pada Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru.
- Noor, Y. R., Khazali, M., & Suryadiputra, N. (2006). *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Bogor: Wetlands International–Indonesia Programme.
- Octaviani, N. D. (2011). Eksplorasi Bakteri Pelarut Fosfat Pada Tanah Di Kawasan Mangrove Wonorejo Surabaya (*Doctoral Dissertation*, Universitas Airlangga).
- Oktaviona, S., Amin, B., & Ghalib, M. (2017). Estimasi Stok Karbon Tersimpan pada Ekosistem Hutan mangrove di Jorong Ujuang Labuang Kabupaten Agam Provinsi Sumatera Barat. *Postal Address: Kampus Bina Widya Sp. Panam Pekanbaru-Riau-Indonesia*.

- Partaya, P., & Setiati, N. (2023). Keanekaragaman Jenis Gastropoda pada Komunitas Mangrove di Morosari, Desa Bedono, Sayung Kabupaten Demak. *In Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 11, pp. 127-130).
- Pratiwi, D., Hartoko, A., & Febrianto, S. (2023). Potensi Serapan Karbon Hutan Mangrove, Kulon Progo, Yogyakarta. *Jurnal Kelautan Nasional*, 18(2), 99-112.
- Rachmawati, D., Setyobudiandi, I., & Hilmi, E. (2014). Potensi estimasi karbon tersimpan pada vegetasi mangrove di wilayah pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. *Omni-Akuatika*, 10(2).
- Rahim, S., Baderan, D. K., & Hamidun, M. S. (2018). Keanekaragam Spesies, Biomassa dan Stok Karbon pada Hutan Mangrove Torosiaje Kabupaten Pohuwato-Provinsi Gorontalo. *Pro-Life*, 5(3), 650-665
- Rahmah, F., Basri, H., & Sufardi, S. (2015). Potensi karbon tersimpan pada lahan mangrove dan tambak di kawasan pesisir kota Banda Aceh. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 4(1), 527-534.
- Rahmadhani, T., Rahmawati, Y. F., Qalbi, R., HP, N. F., & Husna, S. N. (2021). Zonasi dan formasi vegetasi hutan mangrove: Studi kasus di pantai baros, yogyakarta. *Jurnal Sains Dasar*, 10(2), 69-73.
- Riski., N.O., Sakina. E., Syahwal. E., Putro, L. H.S. (2023). Metode Spektrofotometri : Uji COrganik Cepat dan Akurasi Tinggi Pada Sampel Tanah Dan Lumpur Kolam Retensi (Studi Kasus di KHDTK Kemampo Kabupaten Banyuasin). *Prosiding SEMNAS BIO 2023 UIN Raden Fatah . Palembang*, 411–420.
- Risma, Y. (2021). Komposisi Jenis Dan Kerapatan Mangrove Di kawasan Hutan Mangrove Desa Sriminosari Kecamatan Labuhan Maringgai kabupaten Lampung Timur (*Doctoral dissertation*, UIN Raden Intan Lampung).
- Ramadhani, Y. P., Praktikto, I., & Suryono, C. A. (2021). Perubahan garis pantai menggunakan citra satelit Landsat di Pesisir Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 10(2), 299–305. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i2.30468>

- Sidik, F., Pradisty, N. A., & Widagti, N. (2021). Restored Mangrove Forests in Perancak Estuary, Bali. *Institute for Marine Research and Observation*: Bali, Indonesia.
- Siringoringo, HH, (2007), 'Keragaman Simpanan Karbon Dalam Tipe Tanah Nitisols Dan Feralsols di Kawasan Hutan Tanaman Pinus merkusii Jungh et de Vriest Dan Shorea leprosula Miq. Di Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat', *Jurnal penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, Vol 4, No.5, Hal 441-456.
- Soemarwoto, O. (1998). *Ekologi lingkungan hidup dan pembangunan*. Djambatan. Bandung.
- Sofyan, M. (2016). Analisis Biomassa dan Cadangan Karbon pada Ekosistem Hutan Mangrove di Kawasan Pesisir Rupat Utara Provinsi Riau. Skripsi pada Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru.
- Supriyanto, Indriyanto, dan bintoro., 2014. Inventarisasi Jenis Tumbuhan Obat di Hutan Mangrove Desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai Lampung Timur: *Jurnal Sylva Lestari*. 2(1):67-75.
- Susanti,S. (2010). Penetapan kadar formaldehid pada tahu yang dijual dipasar Ciputat dengan metode spektrofotometri uv—vis disertai kolorimetri menggunakan pereaksi nashi.
- Sutaryo, D. (2009). Penghitungan Biomassa Sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon. *Wetlands International Indonesia Programme*. Bogor, 48.
- Tresnawan, H dan Rosalina, U. (2002). Pendugaan biomassa di atas tanah di ekosistem hutan primer dan bekas tebangan (Studi Kasus Hutan Dusun Aro, Jambi). *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 8(1): 15-29.
- Tue, N. T., Dung, L. V., Nhuan, M. T., & Omori, K. (2014). Carbon storage of a tropical mangrove forest in Mui Ca Mau National Park, Vietnam. *Catena*, 121, 119-126.

- Widiatmaka. (2013). Urgensi penjagaan karbon dalam tanah dalam rangka mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. *Prosiding International Seminar of Adaptation and Mitigation on Climate Change*. Padang.
- Windarsih, A. (2018) Prosiding Seminar Nasional Sosial ekonomi Kelautan dan Perikanan Tahun 2018, Jakarta Utara.
- Yu, C., Guan, D., Gang, W., Lou, D., Wei, L., Zhou, Y., dan Feng, J. (2021). Development of ecosystem carbon stock with the progression of a natural mangrove forest in Yingluo Bay, China. *Plant and Soil*, 1-11.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Stok Karbon Biomassa Hutan Mangrove Baros dan Mangrove Morosari

Biomassa dan Stok Karbon Biomassa

Tabel 1. Metode Alometrik *Above Ground Biomass* Mangrove

Jenis Spesies	Model Alometrik Batang	Referensi
<i>Avicennia marina</i>	$B = 0,1848 \times D^{2,3524}$	Dharmawan & Siregar, 2008
<i>Rhizophora mucronata</i>	$B = 0,1466 \times D^{2,3136}$	Dharmawan, 2013
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	$B = \rho \times 0,0754 \times D^{2,505}$	Kauffman, dkk., 2012

Ket : B = Biomassa (kg); D = Diameter (cm)

a. Biomassa dan Stok Karbon Biomassa Mangrove Baros

Tabel 2. Biomassa dan Stok Karbon Biomassa Mangrove Baros

Titik	Jenis Vegetasi	n (ind)	Rerata Diameter (cm)	Biomassa (Kg)	Biomassa (Ton/ha)	Karbon (Ton C/ha)
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	38	8,71	832,7	20,8	9,6
	<i>Avicennia marina</i>	43	13,55	3.655,4	91,4	42,0
	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	-	-	-		-
2	<i>Rhizophora mucronata</i>	42	9,58	1.149,1	28,7	13,2
	<i>Avicennia marina</i>	37	14,80	3.871,0	96,8	44,5
	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	11	12,55	426,3	10,7	4,9
3	<i>Rhizophora mucronata</i>	45	9,37	1.169,5	29,2	13,4
	<i>Avicennia marina</i>	39	13,93	3.540,2	88,5	40,7
	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	9	12,28	330,7	8,3	3,8

Ket = n (Banyak pohon setinggi dada)

Perhitungan biomassa pada jenis *Rhizophora Mucronata* pada titik 1 :

Diketahui :

Rerata diameter = 8,71 cm

$$n = 38 \text{ ind}$$

Ditanya :

Biomassa dan Karbon Biomassa ?

Penyelesaian :

Biomassa

$$Bx = 0,1466 \times D^{2,3136}$$

Ket :

Bx : Biomassa jenis (kg)

D : Diameter rata-rata(cm)

$$Bx = 0,1466 \times D^{2,3136}$$

$$Bx = 0,1466 \times 8,71^{2,3136}$$

$$Bx = 832,7 \text{ kg}$$

$$Bn = \frac{Bx}{1.000} \times \frac{10.000}{L_{\text{plot}}}$$

Ket :

Bn : Biomassa jenis per hektar (ton/ha)

L plot : Luas petak ukur (m²) = 400 m²

$$Bn = \frac{Bx}{1.000} \times \frac{10.000}{L_{\text{plot}}}$$

$$Bn = \frac{832,7}{1.000} \times \frac{10.000}{400}$$

$$Bn = 20,8 \text{ ton/ha}$$

Karbon Biomassa

$$Cb = B \times \%C \text{ Organik}$$

Ket :

Cb : Stok karbon mangrove (Kg)

B : Total Biomassa (Kg)

%C Organik : Nilai *Presentase* Karbon Sebesar 0,47

$$Cb = B \times \%C \text{ Organik}$$

$$Cb = 832,7 \times 0,47$$

$$Cb = 391,4 \text{ kg}$$

$$Cbh = \frac{Cb}{1000} \times \frac{10000}{L_{plot}}$$

Ket :

Cbh : Stok karbon mangrove per Ha (ton/Ha)

Cb : Stok karbon (Kg)

Lplot : Luas plot (m²) = 400 m²

$$Cbh = \frac{Cx}{1000} \times \frac{10000}{L_{plot}}$$

$$Cbh = \frac{391,4}{1000} \times \frac{10000}{400}$$

$$Cbh = 9,6 \text{ ton/ha}$$

Standar Error

Tabel 3. Standar Error Nilai Biomassa dan Stok Karbon Biomassa Mangrove Baros

Titik	Biomassa (ton/ha)	Stok Karbon Biomassa (ton/ha)
1	112,20	52,73
2	136,16	64,00
3	126,01	59,22
Standar Deviasi (σ)	9,8189	4,6149
Jumlah Data (n)	3	3
Standar Error (SE)	5,67	2,66

$$\text{Standar Error (SE)} = \frac{\text{Standar Deviasi } (\sigma)}{\sqrt{n}}$$

b. Biomassa dan Stok Karbon Biomassa Mangrove Morosari

Tabel 4. Biomassa dan Karbon Biomassa Mangrove Morosari

Titik	Jenis Vegetasi	n (ind)	Rerata Diameter (cm)	Biomassa (Kg)	Biomassa (Ton/ha)	Karbon (Ton C/ha)
1	<i>Avicennia marina</i>	42	17,87	6.843,54	171,09	80,4
	<i>Rhizophora mucronata</i>	34	10,77	1.217,33	30,43	14,3
2	<i>Avicennia marina</i>	45	18,80	8.261,79	206,54	97,1
	<i>Rhizophora mucronata</i>	48	11,25	1.900,93	47,52	22,3
	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	28	13,07	1.201,62	30,04	14,1
3	<i>Avicennia marina</i>	35	18,41	6.117,19	152,93	71,9
	<i>Rhizophora micronata</i>	41	11,46	1.694,58	42,36	19,9
	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	12	13,88	598,80	14,97	7,0

Ket = n (Banyak pohon setinggi dada)

Perhitungan biomassa pada jenis *Avicennia marina* pada titik 1 :

Diketahui :

Rerata diameter = 17,87 cm

n = 42 ind

Ditanya :

Biomassa dan Karbon Biomassa ?

Penyelesaian :

Biomassa

$$Bx = 0.1848 \times D^{2.3524}$$

Ket :

Bx : Biomassa jenis *Avicennia marina* (kg)

D : Diameter rata-rata(cm)

$$Bx = 0.1848 \times D^{2.3524}$$

$$Bx = 0.1848 \times 17,87^{2.3524}$$

$$Bx = 6843,54 \text{ kg}$$

$$Bn = \frac{Bx}{1000} \times \frac{10000}{Lplot}$$

Ket :

Bn : Biomassa jenis per hektar (ton/ha)

L plot : Luas petak ukur (m²) = 400 m²

$$Bn = \frac{Bx}{1000} \times \frac{10000}{Lplot}$$

$$Bn = \frac{6843,54}{1000} \times \frac{10000}{400}$$

$$Bn = 171,09 \text{ ton/ha}$$

Karbon Biomassa

$$Cb = B \times \%C \text{ Organik}$$

Ket :

Cb : Stok karbon mangrove (Kg)

B : Total Biomassa (Kg)

%C Organik : Nilai *Presentase* Karbon Sebesar 0,47

$$Cb = B \times \%C \text{ Organik}$$

$$Cb = 6843,54 \times 0,47$$

$$Cb = 3216,5 \text{ kg}$$

$$Cbh = \frac{Cb}{1000} \times \frac{10000}{Lplot}$$

Ket :

Cbh : Stok karbon mangrove per Ha (ton/Ha)

Cb : Stok karbon (Kg)

Lplot : Luas plot (m²) = 400 m²

$$Cbh = \frac{Cx}{1000} \times \frac{10000}{Lplot}$$

$$Cbh = \frac{3216,6}{1000} \times \frac{10000}{400}$$

$$Cbh = 80,4 \text{ ton/ha}$$

Tabel 5. Standar Error Nilai Biomassa dan Stok Karbon Biomassa Mangrove Morosari

Titik	Biomassa (ton/ha)	Stok Karbon Biomassa (ton/ha)
1	201,52	94,72
2	284,11	133,53
3	210,26	98,82
Standar Deviasi (σ)	37,0435	17,4104
Jumlah Data (n)	3	3
Standar Error (SE)	21,39	10,05

$$\text{Standar Error (SE)} = \frac{\text{Standar Deviasi } (\sigma)}{\sqrt{n}}$$

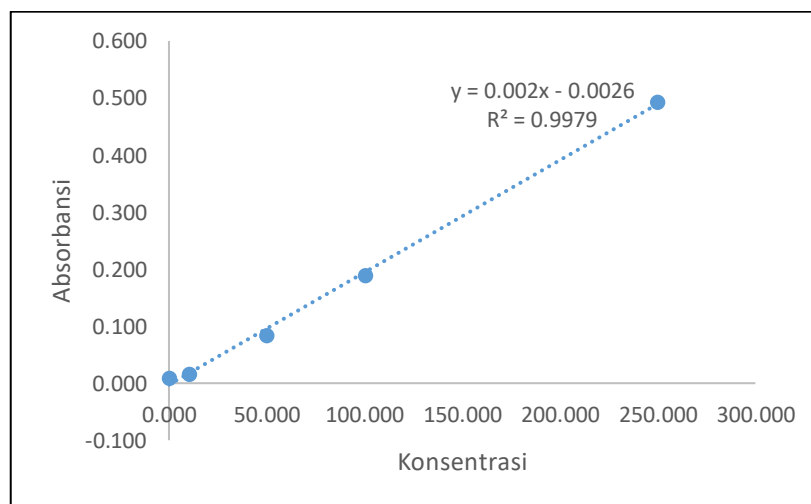
Lampiran 2. Perhitungan Stok Karbon Tanah pada Mangrove Baros dan Mangrove Morosari

Stok Karbon Tanah

a. Kadar C-Organik

Tabel 6. Data Kurva Standar C-Organik

Sampel	Konsentrasi	Absorbansi
Standar 1	0,000	0,010
Standar 2	10,000	0,017
Standar 3	50,000	0,084
Standar 4	100,000	0,189
Standar 5	250,000	0,494
Slope		0,001968708
Intercept		-0,002634041



Gambar 1. Kurva Standar C-Organik

Kadar C-Organik Mangrove Baros

Tabel 7. Kadar C-Organik Mangrove Baros

Titik	Berat (gram)	Kadar Air (%)	Adsorbansi	Konsentrasi	Kadar C-Organik (%)
1	0,512	36,8	0,174	90,650	2,837
2	0,503	29,3	0,118	62,488	1,761
3	0,514	27,5	0,182	94,673	2,547
Rata-rata				82,603	2,382

Kadar C-Organik pada titik 1 Mangrove Baros

Diketahui :

Berat sampel : 0,512 gram = 512 mg

Adsorbansi : 0,174

Kadar air : 36,8 %

Ditanya :

Kadar C-Organik ?

Penyelesaian :

Konsentrasi pengukuran atau ppm kurva

$$\text{konsentrasi pengukuran (ppm kurva)} = \left(\frac{\text{adsorbansi} - \text{intercept}}{\text{slope}} \right)$$

$$\text{konsentrasi pengukuran (ppm kurva)} = \left(\frac{0,174 - (-0,002634041)}{0,001968708} \right)$$

$$\text{konsentrasi pengukuran (ppm kurva)} = 90,650 \text{ ppm}$$

Kadar C-Organik (%)

$$C - \text{Organik}(\%) = \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak } 1000 \text{ ml}^{-1} \times \\ 100 \text{ mg contoh}^{-1} \times \text{fk}$$

$$C - \text{Organik}(\%) = 90,650 \text{ ppm} \times \left(\frac{100 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \right) \times \left(\frac{100}{512} \right) \times \left(\frac{100}{100 - 36,8\%} \right)$$

$$C - \text{Organik}(\%) = 2,837\%$$

Kadar C-Organik Mangrove Baros (%)

$$C - Organik(\%) = \frac{2,837+1,761+2,547}{3}$$

$$C - Organik(\%) = 2,382\%$$

Standar Error

Tabel 8. Standar Error Pengujian C-Organik Mangrove Baros

Titik	Kadar C-Organik (%)
1	2,837
2	1,761
3	2,547
Standar Deviasi (σ)	0,4544
Jumlah Data (n)	3,0000
Standar Error (SE)	0,26

$$Standar Error (SE) = \frac{Standar Deviasi (\sigma)}{\sqrt{n}}$$

Kadar C-Organik Mangrove Morosari

Tabel 9. Kadar C-Organik Mangrove Morosari

Titik	Berat (gram)	Kadar Air (%)	Adsorbansi	Konsentrasi	Kadar C-Organik (%)
1	511	60,6	0,206	106,743	5,330
2	505	51,4	0,187	97,188	3,971
3	509	55,8	0,192	99,702	4,439
Rata-rata				101,211	4,580

Kadar C-Organik pada titik 1 Mangrove Morosari

Diketahui :

Berat sampel : 0,511 gram = 511 mg

Adsorbansi : 0,206

Kadar air : 60,6 %

Ditanya :

Kadar C-Organik ?

Penyelesaian :

Konsentrasi pengukuran atau ppm kurva

$$\text{konsentrasi pengukuran (ppm kurva)} = \left(\frac{\text{adsorbansi-intercept}}{\text{slope}} \right)$$

$$\text{konsentrasi pengukuran (ppm kurva)} = \left(\frac{0,206 - (-0,002634041)}{0,001968708} \right)$$

$$\text{konsentrasi pengukuran (ppm kurva)} = 106,743 \text{ ppm}$$

Kadar C-Organik (%)

$$C - \text{Organik}(\%) = \text{ppm kurva} \times \text{ml ekstrak } 1000 \text{ ml}^{-1} \times \\ 100 \text{ mg contoh}^{-1} \times \text{fk}$$

$$C - \text{Organik}(\%) = 106,743 \text{ ppm} \times \left(\frac{100 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \right) \times \left(\frac{100}{511} \right) \times \left(\frac{100}{100 - 60,6\%} \right)$$

$$C - \text{Organik}(\%) = 5,330 \%$$

Kadar C-Organik Mangrove Morosari (%)

$$C - \text{Organik}(\%) = \frac{5,330 + 3,971 + 4,439}{3}$$

$$C - \text{Organik}(\%) = 4,580 \%$$

Standar Error

Tabel 10. Standar Error Pengujian C-Organik Mangrove Morosari

Titik	Kadar C-Organik (%)
1	5,330
2	3,971
3	4,439
Standar Deviasi	0,5636
Jumlah Data	3
Standar Error	0,33

$$\text{Standar Error (SE)} = \frac{\text{Standar Deviasi } (\sigma)}{\sqrt{n}}$$

b. Stok Karbon Tanah

Stok Karbon Tanah Mangrove Baros

Tabel 11. Stok Karbon Tanah Mangrove Baros

Titik	Bulk Density (g/cm ³)	Kedalaman (cm)	Kadar C-Organik (%)	Stok Karbon Tanah (g/cm)	Stok Karbon Tanah per Hektar (ton/ha)
1	1,746	30	2,837	1,471	147,141
2	1,889	30	1,761	1,000	99,977
3	1,902	30	2,547	1,449	144,868
Rata-rata			2,382	1,307	130,662

Stok Karbon Tanah pada titik 1 Mangrove Baros

Diketahui :

Massa sampel : 308,3 – 90 (berat ring sampel)= 308,3 gram

Volume sampel : 176,625 cm³

Kedalaman : 30 cm

Penyelesaian :

Bulk Density

$$\text{Bulk density (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{massa sampel (g)}}{\text{volume sampel (cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Bulk density (g/cm}^3\text{)} = \frac{308,3 \text{ gram}}{176,625 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Bulk density (g/cm}^3\text{)} = 1,746 \text{ g/cm}^3$$

Stok Karbon Tanah (g/cm)

$$Ct = Kd \times \rho \times \%C \text{ Organik}$$

Keterangan :

Ct : Stok karbon organik tanah (g/cm²)

Kd : Kedalaman tanah (cm)

ρ : Bulk Density (g/cm³)

$$Ct = Kd \times \rho \times \%C \text{ Organik}$$

$$Ct = 30 \text{ cm} \times 1,746 \text{ g/cm}^3 \times 2,837\%$$

$$Ct = 1,471 \text{ g/cm}$$

Stok Karbon Tanah per Hektar (ton/ha)

$$Cth = Ct \times 100$$

Keterangan :

Cth : Stok Karbon tanah per hektar (ton/Ha)

Ct : Stok karbon organik tanah (g/cm²)

100 : Faktor konversi gr/cm² ke ton/Ha

$$Cth = Ct \times 100$$

$$Cth = 1,471 \times 100$$

$$Cth = 147,141 \text{ ton/ha}$$

Stok Karbon Tanah Mangrove Baros

$$\text{Stok Karbon Tanah(ton/ha)} = \frac{147,141+99,977+144,868}{3}$$

$$\text{Stok Karbon Tanah(ton/ha)} = 130,662 \text{ ton/ha}$$

Standar Error

Tabel 12. Standar Error Nilai Stok Karbon Tanah Mangrove Baros

Titik	Stok Karbon Tanah per Hektar (ton/ha)
1	147,141
2	99,977
3	144,868
Standar Deviasi	21,7177
Jumlah Data (n)	3
Standar Error	12,54

$$\text{Standar Error (SE)} = \frac{\text{Standar Deviasi } (\sigma)}{\sqrt{n}}$$

Stok Karbon Tanah Mangrove Morosari

Tabel 13. Stok Karbon Tanah Mangrove Morosari

Titik	Bulk Density (g/cm ³)	Kedalaman (cm)	Kadar C-Organik (%)	Stok Karbon Tanah (g/cm)	Stok Karbon Tanah per Hektar (ton/ha)
1	1,432	30	5,330	2,282	228,199
2	1,432	30	3,971	1,705	170,523
3	1,527	30	4,439	2,035	203,505
Rata-rata			4,580	2,007	200,742

Stok Karbon Tanah pada titik 1 Mangrove Morosari

Diketahui :

Massa sampel : 343 – 90 (berat ring sampel)= 253 gram

Volume sampel : 176,625 cm³

Kedalaman : 30 cm

Penyelesaian :

Bulk Density

$$\text{Bulk density (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{massa sampel(g)}}{\text{volume sampel (cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Bulk density (g/cm}^3\text{)} = \frac{253 \text{ gram}}{176,625 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Bulk density (g/cm}^3\text{)} = 1,432 \text{ g/cm}^3$$

Stok Karbon Tanah (g/cm)

$$Ct = Kd \times \rho \times \%C \text{ Organik}$$

Keterangan :

Ct : Stok karbon organik tanah (g/cm²)

Kd : Kedalaman tanah (cm)

ρ : Bulk Density (g/cm³)

$$Ct = Kd \times \rho \times \%C \text{ Organik}$$

$$Ct = 30 \text{ cm} \times 1,432 \text{ g/cm}^3 \times 5,330\%$$

$$Ct = 2,282 \text{ g/cm}$$

Stok Karbon Tanah per Hektar (ton/ha)

$$Cth = Ct \times 100$$

Keterangan :

Cth : Stok Karbon tanah per hektar (ton/Ha)

Ct : Stok karbon organik tanah (g/cm²)

100 : Faktor konversi gr/cm² ke ton/Ha

$$Cth = Ct \times 100$$

$$Cth = 2,282 \times 100$$

$$Cth = 228,199 \text{ ton/ha}$$

Stok Karbon Tanah Mangrove Baros

$$\text{Stok Karbon Tanah(ton/ha)} = \frac{228,199+170,523+203,505}{3}$$

$$\text{Stok Karbon Tanah(ton/ha)} = 200,742 \text{ ton/ha}$$

Standar Error

Tabel 14. Standar Error Nilai Stok Karbon Tanah Mangrove Morosari

Titik	Stok Karbon Tanah per Hektar (ton/ha)
1	228,199
2	170,523
3	203,505
Standar Deviasi	23,6270
Jumlah Data (n)	3
Standar Error	13,64

c. Stok Karbon Total

Tabel 15. Stok Karbon Total

	Mangrove Baros	Mangrove Morosari
Stok Karbon Tanah	130,66	200,74
Stok Karbon Biomassa	58,65	109,02
Stok Karbon Total	189,31	309,77

$$C\ total = Cth + Cbh$$

Keterangan :

C total : Cadangan karbon total (ton/ha)

Cn : Kandungan karbon tanah per hektar (ton/ha)

Cbh : Kandungan Karbon tanah per hektar (ton/ha)

Stok Karbon Total Mangrove Baros

$$C\ total = Cth + Cbh$$

$$C\ total = 130,66 + 58,65$$

$$C\ total = 189,31\ \text{ton/ha}$$

Lampiran 3. Perhitungan Serapan CO₂ Mangrove Baros dan Mangrove Morosari

Serapan CO₂

Tabel 16. Serapan CO₂ Hutan Mangrove

	Mangrove Baros	Mangrove Morosari
Serapan CO₂ pada Tanah (ton/ha)	479,09	736,05
Serapan CO₂ pada Biomassa (ton/ha)	215,06	399,75
Serapan CO₂ total (ton/ha)	694,15	1.135,81

$$S\ CO_2 = \frac{Mr.\ CO_2}{Ar\ C} \times Kc$$

Keterangan :

S CO₂ : Serapan gas karbon dioksida (ton/ha)

Mr.CO₂ : Berat molekul relatif senyawa CO₂ (44)

Ar C : massa atom C (12)

Kc : stok karbon (ton/ha)

Serapan CO₂ pada Tanah Mangrove Baros

Diketahui :

Stok karbon tanah : 130,66 ton/ha

Penyelesaian :

$$S\ CO_2 = \frac{Mr.\ CO_2}{Ar\ C} \times Kc$$

$$S\ CO_2 = \frac{44}{12} \times 130,66\ ton/ha$$

$$S\ CO_2 = 479.09\ ton/ha$$

Serapan CO₂ Total Mangrove Baros

$$S\ CO_2 = S\ CO_2\ pada\ tanah + S\ CO_2\ pada\ biomassa$$

$$S\ CO_2 = 479,09\ ton/ha + 215,06\ ton/ha$$

$$S\ CO_2 = 694,15\ ton/ha$$

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian



Pengambilan Sampel di Jawa Tengah



Penimbangan ring sampel



Pengovenan sampel tanah



Sampel di masukkan ke desikator



Pengambilan sampel tanah



Pengukuran petak ukur



Penentuan titik koordinat sampel



Sampel tanah Mangrove Morosari



Mangrove Baros



Mangrove Morosari



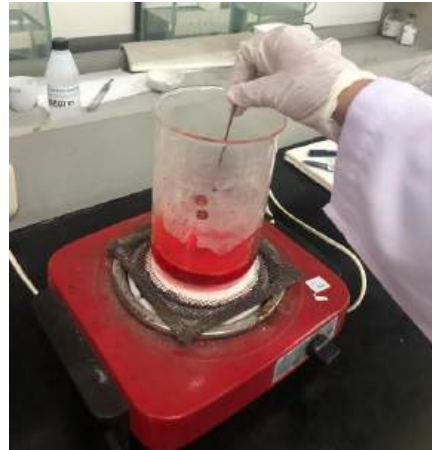
Pengukuran lingkaran pohon (1)



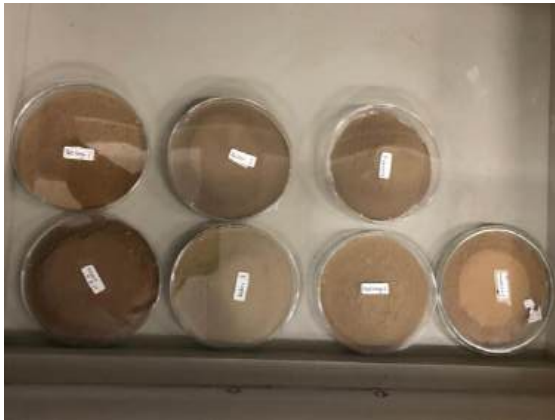
pengukuran lingkaran pohon (2)



Pengeringan sampel



Pembuatan larutan $K_2Cr_2O_7$



Tanah yang telah di ayak



Pengukuran adsorbansi C-Organik



Sampel C-Organik



Pengayakan sampel tanah