

**ESTIMASI BIOMASSA DAN STOK KARBON PADA VEGETASI
MANGROVE DI DESA BONTO BAHARI, KECAMATAN BONTOA,
KABUPATEN MAROS, SULAWESI SELATAN**

SKRIPSI

A. AMELIA NOVITASARI



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**ESTIMASI BIOMASSA DAN STOK KARBON PADA VEGETASI
MANGROVE DI DESA BONTO BAHARI, KECAMATAN BONTOA,
KABUPATEN MAROS, SULAWESI SELATAN**

A. AMELIA NOVITASARI

L011 17 1004

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

**ESTIMASI BIOMASSA DAN STOK KARBON PADA VEGETASI MANGROVE DI
DESA BONTO BAHARI, KECAMATAN BONTOA, KABUPATEN MAROS,
SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

A. AMELIA NOVITASARI


L011171004


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 7 Juli 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,


Pembimbing Pendamping


Dr. Yayu Anugrah La Nafie, ST., M.Sc
NIP. 197108232000032002


Dr. Ir. Abdul Rasyid J. M. Si
NIP. 196503031991031004

Mengetahui,

Ketua Program Studi


Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc. Stud
NIP. 196907061995121002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : A. Amelia Novitasari
NIM : L011171004
Program Studi : Ilmu Kelautan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Estimasi Biomassa Dan Stok Karbon Pada Vegetasi Mangrove Di Desa Bonto Bahari, Kecamatan Bontoa, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Makassar, Juli 2022



A. Amelia Novitasari
L011171004

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :



Nama : A. Amelia Novitasari
NIM : L011171004
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

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

Makassar, Juli 2022

Mengetahui,

Ketua Program Studi Ilmu Kelautan



Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc. Stud
NIP. 196907061995121002

Penulis



A. Amelia Novitasari
NIM. L011171004

ABSTRAK

A. AMELIA NOVITASARI. L011171004. “Estimasi Biomassa Dan Stok Karbon Pada Vegetasi Mangrove Di Desa Bonto Bahari, Kecamatan Bontoa, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan” dibimbing oleh **Yayu A. La Nafie** sebagai Pembimbing Utama dan **Abdul Rasyid J.**, sebagai Pembimbing Anggota.

Pemanasan global yang diakibatkan oleh meningkatnya emisi gas rumah kaca seperti CO₂ di atmosfer, saat ini menjadi isu yang sedang hangat diperbincangkan. Salah satu upaya mitigasi yang dapat dilakukan adalah dengan pemanfaatan ekosistem mangrove yang menjadi salah satu ekosistem yang berfungsi sebagai penyerap dan penyimpan karbon. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi nilai biomassa atas permukaan dan stok karbon yang tersimpan di vegetasi mangrove Desa Bonto Bahari, Kecamatan Bontoa, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Sampling dilakukan secara *systematic* dengan memasang sebanyak 27 plot berukuran 10 m x 10 m dengan mengumpulkan data berupa jenis dan kerapatan vegetasi mangrove. Pengestimasian biomassa dilakukan dengan metode *non destructive sampling* dengan mengukur *diameter at breast height* (DBH) dari pohon mangrove yang kemudian dikonversi menggunakan persamaan allometrik dari beberapa jenis mangrove. Adapun estimasi simpanan karbon pada vegetasi mangrove sebanyak 46% dari biomassa yang diperoleh. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa total nilai simpanan karbon dan penyerapan CO₂ (pohon mangrove dan semai) di Desa Bonto Bahari Maros masing-masing sebesar 285,91 ton C/ha dan 1048,36 ton/ha.

Kata kunci: Biomassa, Cadangan Karbon, Desa Bonto Bahari, Mangrove, Serapan Karbon

ABSTRAK

A. AMELIA NOVITASARI. L011171004. "Mangrove Biomass and Carbon Stock Estimation in Bonto Bahari Village, Bontoa Sub-district, Maros, South Sulawesi" under supervision of **Yayu A. La Nafie** (main supervisor) and **Abdul Rasyid J.**, (co-supervisor).

Global warming caused by the the increased of greenhouse gas emissions such as CO₂, in the atmosphere has attract people's attention around the globe. One mitigation conduct for this problem is the use of Mangrove Ecosystem as one of the ecosystems that have a function as carbon absorbent and storage. This study aims to estimate the value of aboveground biomass and carbon stocks in mangrove vegetation of Bonto Bahari Village, Bontoa District, Maros Regency, South Sulawesi. Sampling was done systematically by installing 27 plots sized 10m x 10m and mangrove species and density were measured. Biomass estimation was done non-destructively by measuring the diameter at breast height (DBH) of mangrove trees which then converted by using allometric equations of several species of mangroves. The estimated carbon stocks in mangrove vegetation are as much as 46% of the biomass obtained. The results of this study showed that the total value of carbon stock and CO₂ absorption (mangrove trees and seedlings) in Bonto Bahari Maros Village are 285.91 tons C/ha and 1048.36 tons/ha, respectively.

Keywords: Biomass, Bonto Bahari Village, Carbon Stocks, Carbon Uptake, Mangrove

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas berkah, rahmat dan hidayah yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Estimasi Biomassa Dan Stok Karbon Pada Vegetasi Mangrove Di Desa Bonto Bahari, Kecamatan Bontoa, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan**”. Shalawat serta salam kita panjatkan kepada baginda Muhammad SAW yang senantiasa merupakan sumber inspirasi dan teladan terbaik bagi umat manusia.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Tidak dapat disangkal bahwa butuh usaha yang keras dalam penyelesaian pengerjaan skripsi ini yang masih jauh dari kata sempurna, karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Untuk itu penulis dengan kerendahan hati mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak yang membaca skripsi ini. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang berperan dan ikut ambil bagian dalam penelitian ini baik pada saat proses pengambilan data maupun dalam proses penyusunan isi skripsi ini, dan berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas segala budi baik, serta dapat menjadi suatu ibadah.

Melalui Skripsi ini, Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya sebagai bentuk penghargaan dan penghormatan kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, bantuan, serta doa selama melakukan penelitian dan penyelesaian Skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada:

1. Kedua orang tua, **Amsir Makkulau** dan **Andi Muliati Imung, S.E.**, yang selalu mendidik, mendukung, serta mendoakan penulis menjadi pribadi yang lebih baik dari hari ke hari, yang tidak pernah letih merawat penulis dan selalu memberikan yang terbaik bagi penulis, baik dalam hal materi maupun moril. Kepada adik-adik saya yang selalu menjadi pelatih mental saya ketika di rumah, terima kasih karena telah membuat suasana rumah menjadi hidup.
2. Ibu **Dr. Yuyu Anugrah La Nafie, ST., M.Sc** selaku pembimbing utama yang dengan penuh kesabaran dalam membimbing dan memberi ide, saran, dukungn, serta arahan kepada penulis sehingga penulis tidak menemui jalan buntu dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Ir. Abdul Rasyid J, M.Si** selaku pembimbing kedua serta Dosen Penasehat Akademik yang telah membantu dan membimbing penulis dari awal

perkuliahan hingga penulis menyelesaikan masa studinya. Terima kasih atas saran serta waktu yang diluangkan untuk penulis semasa perkuliahan.

4. Bapak **Prof. Dr. Amran Saru, ST., M.Si** dan **Dr. Supriadi, ST., M.Si** selaku tim penguji yang telah memberikan nasehat, dukungan, saran dan kritik yang membangun kepada penulis dari penyusunan proposal hingga tugas akhir ini.
5. Dosen pengajar Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin yang telah ikhlas mendidik dan memberikan banyak ilmu yang sangat berguna bagi penulis.
6. Seluruh staf pegawai yang telah membantu penulis selama proses administrasi penyusunan skripsi.
7. Teman-teman seperjuangan **KLASATAS** yang telah banyak memberikan pengajaran dan pengalaman tentang arti kebersamaan dan kekeluargaan serta saling bahu membahu menolong dan mengingatkan satu sama lain. Penulis banyak bersyukur telah bergabung di lingkup kekeluargaan ini.
8. Sahabat **EMPTY (Pitti, Mimi, Epa, Kiki, Isna, Angel dan Desi)** yang selalu setia dan selalu ada baik dalam suka maupun duka, senantiasa memberikan dukungan, masukan, serta menemani penulis dari awal hingga akhir. Terima kasih karena telah menjadi *support system* terbaik bagi penulis dan menerima penulis apa adanya baik dengan sisi baik maupun sisi buruk penulis selama berteman.
9. Teman-teman “**Tim Turlap Terpadu**” (**Angel, Pitti, Isna, Axel, Indra, Firly, Fadilla, Gilang, Ciki, Edwin, Arman, Lusi, Desi, Callu, Setiawan, Rio, Mimi, Kak Pagau, Ima, Sangli, Patra**) atas seluruh usaha, waktu serta tenaganya membantu penulis dalam segala hal yang diperlukan saat pengambilan data di lapangan. Terima kasih pula kepada **Epa** dan **Mamat** yang telah memberikan saran untuk turlap bersama serta banyak masukan dan support untuk segera wisuda bersama.
10. Sahabat-sahabat **LOTIS**, terutama **Inta** dan **Adel**, yang senantiasa menemani penulis dari masa-masa SMA hingga perkuliahan ini. Terima kasih atas dukungan dan *support systemnya* yang tidak usai hingga saat ini serta terima kasih karena tidak bosan mendengar keluh kesah serta celotehan dari penulis dimasa penyusunan skripsi ini. Terima kasih karena walaupun kalian jauh dimana tapi tetap di hati.
11. Sepupu-sepupu penulis (**SISSIE**) yang tidak bosan-bosannya mengingatkan penulis untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini serta menemani penulis dari kecil hingga beranjak dewasa bersama.
12. **Kak Rusti** dan **Kak Juhardiana** yang telah banyak membantu, mengarahkan dan memberi saran kepada penulis mengenai penyelesaian tugas akhir ini.

13. Keluarga mahasiswa Ilmu Kelautan (**KEMA JIK FIKP UH**), yang telah menjadi rumah kedua bagi penulis, melihat pertumbuhan penulis hingga saat ini, dan yang mengajarkan apa arti kekeluargaan tak sedarah serta menyediakan wadah bagi penulis dan teman-teman kelautan lain dalam membentuk jati diri, potensi serta mengasah berbagai macam skill lainnya yang belum pernah penulis dapatkan sebelumnya.
14. **SMTown Family** khususnya **EXO** dan dunia K-pop yang telah mewarnai hari-hari penulis dengan menciptakan karya-karya yang indah yang menemani dimasa-masa senggang maupun terpuruknya penulis.
15. Terima kasih yang sangat banyak pula kepada diri sendiri yang ternyata sanggup bertahan hingga saat ini. Terima kasih karena telah bekerja keras menyelesaikan apa yang telah dimulai, terima kasih karena selalu mencari jalan keluar ditengah-tengah permasalahan yang dihadapi dan terima kasih pula karena tidak lupa akan adanya Tuhan Yang Maha Esa serta orang-orang baik disekitar penulis hingga penulis dapat menikmati proses panjang penyusunan tugas akhir ini.

Serta semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima kasih karena membuat penulis merasakan bagaimana rasanya terbentur hingga terbentuk. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan ridha-Nya kepada kita semua. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Aamiin Ya Robbal Alaamiin, akhirul qalam *Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Makassar, Juli 2022

A. Amelia Novitasari

BIODATA PENULIS



A. AMELIA NOVITASARI, lahir pada tanggal 02 November 1999 di Makassar. Penulis merupakan anak ke 1 dari 3 bersaudara, dibesarkan dikeluarga sederhana dari pasangan Amsir Makkulau dan Andi Muliati Imung. Penulis memulai jenjang pendidikan di Taman Kanak-kanak Islahul Ummah di Batam. Lalu melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 008 Bengkong Batam pada tahun 2005-2011. Kemudian melanjutkan pendidikan tingkat menengah pertama di SMP Negeri 23 Makassar pada tahun 2011-2014. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 12 Makassar hingga tahun 2017. Setelah tamat SMA, penulis diterima sebagai mahasiswa melalui jalur undangan (SNMPTN) di Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin.

Selama menjadi mahasiswa, penulis senang dan aktif diberbagai organisasi baik dalam maupun luar kampus, diantaranya yaitu sebagai anggota KEMA JIK FIKP-UH dan anggota Unit Kegiatan Mahasiswa Panahan (UKMP) Volume IV. Penulis juga aktif di beberapa kepanitiaan lembaga dan menjadi asisten laboratorium di mata kuliah Oseanografi Kimia. Penulis pernah menjabat sebagai anggota Badan Pengurus Harian (BPH) KEMA JIK FIKP-UH di divisi Kesekretariatan pada tahun 2019-2020, Wakil Sekretaris Umum bidang Kewirausahaan dan Pengembangan Profesi (KPP) Himpunan Mahasiswa Islam Komisariat Ilmu dan Teknologi Kelautan (HMI-ITK) periode 2020-2021, Sekretaris Umum Himpunan Mahasiswa Islam Komisariat Ilmu dan Teknologi Kelautan (HMI-ITK) periode 2021-2022. Penulis juga bergabung sebagai volunteer pada komunitas relawan yang berbasis di Makassar yang bergerak di bidang pengembangan sumber daya manusia khususnya pendidikan dasar yang dinamakan Bangku Pelosok.

Pada tahun 2020 penulis melaksanakan salah satu tridarma perguruan tinggi yaitu pengabdian pada masyarakat khususnya di masa pandemi COVID-19 dengan mengikuti KKN Tematik Gel. 104 Wilayah Manggala 7 yang mengusung tema “Bersatu Melawan COVID-19”. Di tahun yang sama, penulis juga pernah melaksanakan kegiatan magang di PT. Pelabuhan Indonesia IV (Pelindo IV) Persero Makassar selama 1 bulan. Akhirnya, sebagai salah satu syarat penyelesaian studi, penulis melakukan penelitian dengan judul “Estimasi Biomassa Dan Stok Karbon Pada Vegetasi Mangrove Di Desa Bonto Bahari, Kecamatan Bontoa, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan”.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
BIODATA PENULIS	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan dan Kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Pemanasan Global.....	4
B. Ekosistem Mangrove.....	4
1. Definisi Ekosistem Mangrove	4
2. Ciri-Ciri Ekosistem Mangrove	5
3. Fungsi Hutan Mangrove	6
4. Peranan Mangrove Terhadap Pemanasan Global	7
C. Biomassa Mangrove	8
D. Stok Karbon Mangrove	10
E. Parameter Lingkungan Simpanan Karbon	11
1. Tipe Substrat.....	11
2. Intensitas Cahaya	12
3. Suhu Substrat	12
4. Salinitas.....	12
5. pH Tanah	13
6. Pasang Surut	14
F. Metode Pengukuran Biomassa Pohon	14
G. Kerapatan dan Tutupan Kanopi Mangrove	15
III. METODE PENELITIAN	18
A. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	18
B. Alat dan Bahan.....	18

1. Alat	18
2. Bahan	19
C. Prosedur Penelitian	19
1. Tahap Persiapan	19
2. Tahap Penentuan Stasiun	20
3. Tahap Pengambilan Data	20
4. Tahap Pengolahan Data	24
5. Analisis Data	28
IV. HASIL	30
A. Gambaran Umum Lokasi	30
B. Parameter Lingkungan	30
C. Struktur Komunitas Vegetasi Mangrove Desa Bonto Bahari	31
1. Kerapatan Jenis Mangrove (Di)	32
2. Frekuensi Jenis Mangrove	33
3. Penutupan Basal Jenis Mangrove (Ci)	35
4. Indeks Nilai Penting Mangrove (INP)	36
D. Persentase Tutupan Kanopi	37
E. Biomassa, Stok Karbon dan Serapan CO ₂	37
F. Hubungan Kerapatan dan Tutupan Kanopi Terhadap Stok Karbon	39
V. PEMBAHASAN	41
A. Parameter Lingkungan	41
1. Intensitas Cahaya	41
2. Suhu Substrat	41
3. Salinitas	42
4. pH Tanah	42
5. Jenis Substrat	42
6. Pasang Surut	44
B. Struktur Komunitas Mangrove	44
1. Kerapatan Jenis dan Kerapatan Relatif	44
2. Frekuensi Jenis Mangrove	45
3. Penutupan Basal Jenis Mangrove (Ci)	46
4. Indeks Nilai Penting (INP) Mangrove	46
C. Tutupan Kanopi Pohon	47
D. Biomassa, Stok Karbon dan Serapan CO ₂	47
E. Hubungan Kerapatan dan Tutupan Kanopi Terhadap Stok Karbon	50
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	52
A. Kesimpulan	52

B. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN	61

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1.	Ilustrasi carbon pools atau bagian-bagian dari tegakan pohon yang dihitung biomassa ataupun kandungan karbonnya 9
2.	Teknis pengukuran diameter setinggi dada (DBH) pada berbagai kondisi batang pohon maupun elevasi yang berbeda-beda (Anggraeni <i>et al.</i> , 2017) 15
3.	Contoh foto hemisphere yang diperoleh dengan metode hemispherical photography sederhana..... 17
4.	Peta Lokasi Penelitian 18
5.	Sketsa Penempatan Plot Tiap Stasiun..... 21
6.	Pembagian plot menjadi 4 – 9 kuadran pengambilan foto yang tergantung dari kerimbunan kanopi komunitas mangrove (Dharmawan <i>et al.</i> , 2020)..... 23
7.	Ilustrasi metode hemispherical photography untuk mengukur tutupan mangrove (Azzahra <i>et al.</i> , 2020) 23
8.	Grafik Pasang Surut Desa Bonto Bahari Maros 31
9.	Kerapatan relatif kategori: pohon (a), anakan (b), semaian (c) 33
10.	Frekuensi relatif kategori: pohon (a), anakan (b), semaian (c)..... 35
11.	Penutupan relatif basal jenis 36
12.	Regresi linear: Kerapatan dengan Stok Karbon (a) dan Tutupan Kanopi dengan Stok Karbon (b)..... 40
13.	Foto tim lapangan 83
14.	Pendataan jenis dan kategori mangrove (a), pengukuran lingkaran batang (dbh) mangrove (b)..... 84
15.	Pengukuran intensitas cahaya (a), lux meter (b), pengukuran pasang surut air laut (c), bak ukur (d), jenis substrat (e) 86
16.	Dokumentasi lokasi penelitian 87
17.	Dokumentasi di laboratorium..... 88

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Kriteria baku kerusakan mangrove ditinjau dari dua parameter utama yaitu penutupan (covering) dan kerapatan (density) (Kepmen LH No. 201/2004)	17
2. Alat dan Fungsinya.....	19
3. Bahan dan Fungsinya.....	19
4. Model <i>allometrik aboveground</i> biomassa beberapa jenis mangrove	27
5. Koefisien Korelasi.....	29
6. Jenis Substrat Desa Bonto Bahari Maros	30
7. Hasil pengukuran intensitas cahaya, suhu substrat, salinitas, dan pH tanah di Desa Bonto Bahari Maros	31
8. Sebaran Jenis Mangrove.....	32
9. Kerapatan Jenis Mangrove Kategori Pohon, Anakan, dan Semaian	32
10. Frekuensi Jenis Mangrove Kategori Pohon, Anakan, dan Semaian	34
11. Tutupan Basal Jenis Mangrove.....	35
12. Indeks Nilai Penting Mangrove.....	36
13. Persentase Tutupan Kanopi.....	37
14. Biomassa, Stok Karbon dan Serapan CO ₂ tingkat Pohon	37
15. Biomassa, Stok Karbon dan Serapan CO ₂ tingkat Semaian	38
16. Total Cadangan Karbon dan Serapan CO ₂ tingkat pohon.....	38
17. Total Cadangan Karbon dan Serapan CO ₂ tingkat semaian.....	39
18. Total Cadangan Karbon dan Serapan CO ₂ keseluruhan di Desa Bonto Bahari.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Data diameter batang stasiun 1	62
2. Data diameter batang stasiun 2	67
3. Data diameter batang stasiun 3	71
4. Struktur Komunitas Mangrove Kategori Pohon.....	75
5. Struktur Komunitas Mangrove Kategori Anakan dan Semaian	76
6. Kandungan Biomassa dan Estimasi Karbon kategori Semaian	77
7. Perhitungan Persen Tutupan Kanopi	78
8. Data Kondisi Pasang Surut	81
9. Koefisien determinasi dan Korelasi Kerapatan dengan Stok Karbon.....	82
10. Persamaan regresi kerapatan dengan stok karbon.....	82
11. Koefisien determinasi dan korelasi tutupan Kanopi dengan stok Karbon.....	82
12. Persamaan regresi tutupan Kanopi dengan stok Karbon	82
13. Dokumentasi tim lapangan	83
14. Pengambilan data di lapangan.....	84
15. Pengukuran parameter lingkungan	85
16. Dokumentasi lokasi penelitian	87
17. Dokumentasi di laboratorium.....	88

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemanasan global saat ini menjadi isu yang sedang hangat diperbincangkan. Pemanasan global (*global warming*) merupakan peningkatan CO₂ di udara yang menyebabkan terjadinya perubahan iklim dan akan berdampak terhadap peningkatan permukaan air laut, peningkatan frekuensi dan intensitas kebakaran hutan, kekeringan dan gangguan terhadap berbagai ekosistem yang dapat menyebabkan bencana (Nedhisa & Tjahjaningrum, 2019).

Penyebab utama terjadinya *global warming* adalah meningkatnya emisi gas rumah kaca seperti CO₂ di atmosfer yang dihasilkan oleh berbagai aktivitas masyarakat seperti perindustrian, transportasi, maupun pertanian. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi karbon di udara adalah dengan memanfaatkan beberapa ekosistem laut. Meskipun jumlah tumbuhan di lingkungan laut dan pesisir masih tidak sebanding dengan tumbuhan di daratan, yang bahkan bahkan cakupannya hanya <2% dari area permukaan lautan (Irawan, 2017), tetapi beberapa tumbuhan laut yang ada seperti mangrove, lamun, makroalga, vegetasi rawa payau dan fitoplankton sangat berperan penting dalam menyerap CO₂. Itulah mengapa dikatakan bahwa lautan mampu menyimpan CO₂ yang ada di bumi sebanyak 93% (Duarte *et al.* 2005).

Blue carbon atau yang biasa disebut karbon biru tersimpan di dalam pesisir dan laut. Tiga ekosistem yang menjadi fokus utama *blue carbon* yaitu hutan bakau (mangrove), padang lamun (*seagrass meadow*) dan rawa asin (*salt marsh*) yang memiliki kemampuan daya serap dan simpan karbon yang besar (Sidik & Haruni, 2017).

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang hidup di sepanjang pantai dan hidupnya dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Ekosistem mangrove ini memiliki fungsi ekologis yang penting bagi wilayah pesisir, yaitu sebagai penyerap dan penyimpan karbon dalam upaya mitigasi pemanasan global. Tumbuhan akan menyerap karbon dari udara dan akan mengubahnya menjadi bahan organik yang akan digunakan untuk pertumbuhan. Karbon dari proses fotosintesis tersebut akan disimpan dalam bentuk biomassa yang tersebar ke daun, batang, kayu, maupun serasah. Keberadaan mangrove menjadikannya sebagai salah satu hutan yang paling kaya karbon di daerah tropis. Keberadaannya di wilayah pesisir sangat diyakini berperan penting dalam upaya penurunan kandungan gas CO₂ dari atmosfer. Hal

inilah yang menunjukkan bahwa ekosistem mangrove juga mampu berperan dalam upaya mitigasi dan perubahan iklim dunia (Suryono *et al.*, 2018).

Berdasarkan Peta Sebaran Mangrove di Indonesia Bakosurtanal pada tahun 2009, luas hutan mangrove di Kabupaten Maros sebesar 814,20 ha, sedangkan berdasarkan hasil penelitian dari Pranata *et al.*, (2016), luas hutan mangrove di Kabupaten Maros sebesar 457,75 ha. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa luas hutan mangrove di Kabupaten Maros terus berkurang dalam kurun waktu 5 tahun. Hal ini disebabkan oleh aktivitas warga sekitar untuk perluasan lahan tambak serta keperluan pangan lainnya.

Kecamatan Bontoa sendiri memiliki luas wilayah sebesar 93,52 km² dengan luas kawasan pesisir sebesar 53,38 km² yang terdiri dari 4 desa. Salah satu desa pada kecamatan ini, yaitu Desa Bonto Bahari yang memiliki luasan mangrove sebesar 15,71 ha. Beberapa jenis mangrove yang dapat ditemukan di Kecamatan Bontoa, yaitu *Rhizophora sp.*, *Avicennia sp.*, *Sonneratia sp.*, dan *Bruguiera sp.*, namun yang dominan adalah *Rhizophora sp.*, dan *Avicennia sp.*, (Saru *et al.*, 2018). Mangrove di Kecamatan Bontoa ini tersebar di sepanjang daerah pesisir pantai Kecamatan Bontoa dan hanya sebagian kecil di muara sungai yang masih dipengaruhi oleh pasang surut air laut dan di kecamatan ini memiliki mangrove dengan tingkat kerapatan yang lebat dibandingkan dengan tiga kecamatan lainnya (Pranata *et al.*, 2016).

Adanya pengurangan luas hutan mangrove dalam kurun waktu beberapa tahun ini menandakan bahwa keberadaan hutan mangrove sekarang cukup mengkhawatirkan. Hal ini dikarenakan oleh ulah manusia guna kepentingan konversi lahan sebagai tambak, permukiman, perhotelan, ataupun tempat wisata. Adanya aktivitas penebangan hutan mangrove secara legal maupun ilegal pun mampu menurunkan populasi mangrove di masa depan. Pentingnya dilakukan penelitian ini agar dapat diketahui seberapa besar mangrove di desa Bonto Bahari dapat menyerap dan menyimpan karbon dari udara. Dengan dilakukannya penelitian ini pula diharapkan adanya perlindungan dan pemanfaatan mangrove secara lestari oleh masyarakat dan pemerintah agar peran mangrove dalam memitigasi perubahan iklim global dapat terus terwujud.

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui parameter lingkungan terkait pertumbuhan mangrove yang berhubungan dengan biomassa dan stok karbon mangrove di kawasan Ekosistem Mangrove Desa Bonto Bahari.

2. Mengetahui struktur komunitas mangrove di kawasan Ekosistem Mangrove Desa Bonto Bahari.
3. Mengestimasi jumlah biomassa dan stok karbon yang tersimpan pada vegetasi mangrove di kawasan Ekosistem Mangrove Desa Bonto Bahari.
4. Mengetahui hubungan antara kerapatan tegakan mangrove dan tutupan kanopi dengan stok karbon di kawasan Ekosistem Mangrove Desa Bonto Bahari.

Kegunaan dari penelitian ini yaitu agar dapat memberikan data atau informasi dasar mengenai komposisi jenis vegetasi mangrove di kawasan Ekosistem Mangrove Desa Bonto Bahari serta mengetahui potensi mangrove dalam menyimpan karbon sebagai salah satu peran mangrove dalam mengurangi dampak pemanasan global.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pemanasan Global

Pemanasan global (*global warming*) adalah peningkatan suhu bumi yang disebabkan akibat panas matahari yang terperangkap oleh gas-gas rumah kaca di atmosfer. Salah satu gas-gas rumah kaca dalam atmosfer yang memerangkap panas matahari yaitu karbon dioksida. Karbon dioksida adalah GRK yang terpenting yang terkonsentrasi akibat ulah manusia. Secara alami, konsentrasi gas di atmosfer ini hanya sekitar 0,03% yang berasal dari proses pernapasan makhluk hidup, baik di daratan maupun di laut dan peluruhan bahan organik. Sebagian besar konsentrasi gas ini adalah akibat ulah manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil, industri semen, pembakaran hutan dan perubahan tata guna lahan (Sulkan, 2019).

Selain efek rumah kacanya, gas ini berperan penting dalam biosfer terutama dalam membentuk jaring-jaring makanan pada proses fotosintesis. Dalam proses fotosintesis CO₂ diserap tumbuhan dan dengan bantuan sinar matahari dihasilkan zat tepung, dengan produk sampingan oksigen yang dilepas ke udara. Sebaliknya, pada malam hari terjadi respirasi, di mana tumbuhan menyerap O₂ dan melepaskan CO₂. (Sulkan, 2019).

B. Ekosistem Mangrove

1. Definisi Ekosistem Mangrove

Ekosistem mangrove adalah suatu sistem di alam tempat berlangsungnya kehidupan yang mencerminkan hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungannya dan diantara makhluk hidup itu sendiri, terdapat pada wilayah pesisir, terpengaruh pasang surut air laut dan didominasi oleh spesies pohon atau semak yang khas dan mampu tumbuh dalam perairan asin/payau (Santoso, 2000 *dalam* Rahim & Dewi, 2017).

Hutan mangrove meliputi pohon-pohonan dan semak yang terdiri dari 12 tumbuhan berbunga (*Avicennia* sp., *Sonneratia* sp., *Rhizophora* sp., *Bruguiera* sp., *Ceriops* sp., *Xylocarpus* sp., *Lumnitzera* sp., *Laguncularia* sp., *Aegiceras* sp., *Aegiatilis* sp., *Snaeda* sp., dan *Conocarpus* sp.) yang termasuk ke dalam 8 famili. Vegetasi hutan mangrove di Indonesia memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi, dengan jumlah jenis tercatat sebanyak 202 jenis yang terdiri atas 89 jenis pohon, 5 jenis palem, 19 jenis liana, 44 jenis epifit, dan 1 jenis sikas. Namun demikian hanya terdapat kurang lebih 47 jenis tumbuhan yang spesifik hutan mangrove. Paling tidak di dalam hutan mangrove terdapat salah satu jenis tumbuhan dominan yang termasuk ke dalam empat

famili: *Rhizophoraceae* (*Rhizophora* sp., *Bruguiera* sp., *Ceriops* sp.), *Sonneratiaceae* (*Sonneratia* sp.), *Avicenniaceae* (*Avicennia* sp.), dan *Meliaceae* (*Xylocarpus* sp.) (Bengen, 2001 dalam Kustanti, 2011).

Dalam studi estimasi luasan mangrove global yang dilakukan oleh FAO (*Food and Agricultural Organization*) pada tahun 2003, dapat disimpulkan bahwa Indonesia memiliki luasan mangrove terbesar di dunia (22%), diikuti oleh Brazil, Nigeria, dan Australia yang masing-masing memiliki proporsi 6% dari luasan mangrove total global (Kustanti, 2011).

2. Ciri-Ciri Ekosistem Mangrove

Hutan mangrove sebagai komunitas vegetasi pantai tropis yang didominasi oleh beberapa jenis pohon mangrove yang mampu tumbuh dan berkembang pada daerah pasang surut pantai berlumpur. Mangrove tumbuh optimal di wilayah pesisir yang memiliki muara sungai besar dan bersubstrat lumpur, sedangkan di wilayah pesisir yang tidak terdapat muara sungai, hutan mangrove pertumbuhannya tidak optimal (Bengen, 2002 dalam Rahim & Dewi, 2017).

Sebagian mangrove dijumpai di sepanjang pantai terlindung yang berlumpur, bebas dari angin yang kencang dan arus (misalnya di mulut muara sungai besar). Mangrove juga dapat tumbuh di atas pantai berpasir dan berkarang, dan di pulau-pulau kecil. Sementara itu, air payau bukanlah hal yang pokok bagi pertumbuhan mangrove, karena mereka juga dapat tumbuh dengan subur jika terdapat persediaan endapan yang baik pada air tawar yang melimpah (Kustanti, 2011).

Melalui kelenjar garamnya, beberapa spesies mangrove menghasilkan sistem yang memungkinkan tumbuh pada kondisi yang berkadar garam tinggi. Sebagian besar kelenjar garam terdapat di permukaan daun yang nampak mengkristal dan mudah diamati (*Avicennia* sp., *Achantus* sp., *Aegiceras* sp., dan *Aegialitis* sp.). Spesies lain (*Rhizophora* sp., *Bruguiera* sp., *Ceriops* sp., *Sonneratia* sp., dan *Lumnitzera* sp.), dapat mengontrol keseimbangan garam dengan cara menggugurkan daun tua yang mengandung garam terakumulasi, atau dengan melakukan tekanan osmotik akar (Kustanti, 2011).

Mangrove juga mempunyai perakaran yang khas sebagai bentuk adaptasi terhadap kondisi yang kadang-kadang terendam air laut. Pada setiap jenis menunjukkan penampakan perakaran yang berbeda. Beberapa spesies memiliki sistem perakaran khusus yang disebut dengan akar udara, yaitu akar tunjang, akar papan (banir), akar nafas, dan akar lutut. Akar udara membantu fungsi pertukaran gas dan menyimpan udara untuk pernafasan selama penggenangan dikarenakan tanah

(substrat) mangrove adalah anaerobik atau bersifat hampa udara bila berada di bawah air (Kustanti, 2011).

Setiap spesies memiliki ketahanan yang berbeda terhadap faktor-faktor alam di hutan mangrove, misalnya sifat fisik dan kimia tanah, salinitas air tanah, drainase, pasang-surut, serta periode genangan. Perbedaan tersebut mengakibatkan adanya zonasi dalam hutan mangrove. Salah satu zonasi mangrove di Indonesia, yaitu sebagai berikut (Kustanti, 2011):

- a) Daerah yang paling dekat dengan laut, dengan substrat yang agak berpasir, sering ditumbuhi oleh *Avicennia sp.* Pada zona ini biasanya ditandai dengan kehadiran asosiasi *Sonneratia sp.* yang dominan tumbuh pada lumpur dalam yang kaya bahan organik.
- b) Lebih ke arah darat, hutan mangrove umumnya didominasi oleh *Rhizophora sp.* Zona ini juga dijumpai *Bruguiera sp.* dan *Xylocarpus sp.*
- c) Zona berikutnya didominasi oleh *Bruguiera sp.*
- d) Zona transisi antara hutan mangrove dengan hutan dataran rendah biasa ditumbuhi oleh *Nypa Fruticans*, dan beberapa spesies palem lainnya.

3. Fungsi Hutan Mangrove

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

- a) Menjaga agar garis pantai tetap stabil
- b) Melindungi pantai dan sungai dari bahaya erosi dan abrasi
- c) Menahan badai atau angin kencang dari laut
- d) Menahan hasil proses penimbunan lumpur sehingga memungkinkan terbentuknya lahan baru
- e) Berfungsi menyaring air laut menjadi air daratan yang tawar
- f) Mengolah limbah beracun, penghasil O₂, penyerap CO₂.

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

- a) Menghasilkan bahan pelapukan yang menjadi sumber makanan penting bagi plankton sehingga penting pula bagi keberlanjutan rantai makanan
- b) Tempat memijah dan berkembangbiaknya ikan-ikan, kerang, kepiting dan udang
- c) Tempat berlindung, bersarang, dan berkembang biak burung dan satwa liar
- d) Sumber plasma nutfah dan sumber genetik, serta habitat alami berbagai jenis biota

Sebagai penguatan ekonomi masyarakat pesisir, mangrove memiliki empat manfaat, yakni (Siburian & Haba, 2016):

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

4. Peranan Mangrove Terhadap Pemanasan Global

Salah satu ekosistem pesisir yang memiliki kemampuan paling tinggi dalam menyerap CO₂ adalah hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir perairan tropis yang memiliki berbagai manfaat potensial baik bagi lingkungan serta manusia. Hutan mangrove memiliki salah satu fungsi yang sangat penting sebagaimana hutan lainnya yaitu sebagai penyerap dan penyimpan karbon (C). Hutan mangrove berperan dalam upaya mitigasi akibat pemanasan global karena hutan mangrove dapat berfungsi sebagai penyimpan karbon (C) (Azzahra *et al.*, 2020).

Hutan mangrove dapat menyimpan lebih dari tiga kali rata-rata penyimpanan karbon per hektar oleh hutan tropis daratan. Fungsi optimal penyerapan karbon oleh mangrove mencapai hingga 77,9 %, dimana karbon yang diserap tersebut disimpan dalam biomassa mangrove yaitu pada beberapa bagian seperti pada batang, daun, dan sedimen. Fungsi ekologis pada hutan mangrove diantaranya adalah sebagai sumber karbon tinggi, hal ini menjadi pertimbangan penting untuk upaya konservasi pada kawasan mangrove (Azzahra *et al.*, 2020).

Indonesia sendiri memiliki area hutan mangrove yang luas. Stok karbon global rata-rata yang dimiliki oleh ekosistem mangrove diperkirakan mencapai 956 Mg C ha⁻¹, yang jauh lebih tinggi daripada hutan hujan tropis, rawa gambut, rawa asin, dan padang lamun. Simpanan karbon di hutan mangrove lebih tinggi dibandingkan simpanan karbon pada tipe hutan lainnya, dimana simpanan karbon terbesar terdapat pada sedimen mangrove. Daun dan ranting pohon mangrove yang gugur didekomposisi oleh mikroorganisme, dan menjadi salah satu sumber bahan organik pada sedimen mangrove (Azzahra *et al.*, 2020).

Arti penting mangrove ini akan lebih berarti, jika potensinya sebagai penyimpan karbon juga diketahui. Konsentrasi gas rumah kaca, terutama karbon di atmosfer dari waktu ke waktu terus meningkat yang memicu pemanasan global. Kemampuan daun mangrove untuk memproduksi O₂ dan mengonsumsi CO₂ dengan baik merupakan mekanisme fundamental yang mendukung kondisi oksigen dan karbondioksida ekosistem dari tingkat individu menuju skala global (Ulqodry *et al.*, 2016).

Pentingnya estimasi potensi penyimpanan karbon dalam vegetasi mangrove sebagai mitigasi pemanasan global, menjadikan isyarat agar melakukan konservasi terhadap ekosistem mangrove (Senoaji & Hidayat, 2016). Ekosistem mangrove berperan dalam memberikan jasa lingkungan dalam penyimpanan karbon yang berdampak baik bagi lingkungan dan manusia. Dampak pemanasan global karena meningkatnya konsentrasi gas-gas di atmosfer seperti CO₂ akan mempengaruhi peningkatan temperatur bumi. Peningkatan ini mengakibatkan iklim global berubah seperti perubahan curah hujan dan naiknya intensitas frekuensi badai, naiknya pasang surut laut akibat memuainya air laut pada temperatur yang lebih tinggi. Dampak pemanasan global lainnya seperti, es abadi akan mencair di kawasan kutub bumi, salinitas menurun dan sedimentasi meningkat di kawasan pesisir dan lautan, sehingga semakin mengancam keberlanjutan sumber daya alam pesisir dan laut sebagai penyangga kehidupan manusia (Latuconsina, 2010).

C. Biomassa Mangrove

Biomassa adalah jumlah total bahan organik hidup di atas tanah pada pohon baik itu daun, ranting, cabang, batang utama dan kulit yang dinyatakan dalam berat kering oven ton per unit area. Komponen yang diukur untuk pendugaan biomassa biasanya berada di atas tanah karena merupakan bagian yang besar dari berat jumlah keseluruhan biomassa. Kandungan karbon utamanya di hutan terdiri dari biomassa bahan hidup, biomassa bahan mati, tanah, dan produk kayu. Umumnya karbon menyusun 45-50% bahan kering dari tanaman (Brown, 1997 *dalam* Akbar *et al.*, 2019).

Biomassa merupakan tempat penyimpanan karbon atau biasa disebut rosot karbon (*carbon sink*). Bagian tanaman yang jatuh keatas tanah baik hidup atau mati disebut juga biomassa yang mana sebagian biomassa itu terdiri dari karbon (C). Sebagian karbon tersebut yang kemudian akan menjadi energi untuk proses fisiologi tanaman dan sebagian lagi masuk ke dalam struktur tumbuhan dan menjadi bagian dari tumbuhan, misalnya selulosa yang tersimpan pada batang, akar, ranting dan daun. Kandungan karbon pada tanaman itulah yang menggambarkan berapa besar tanaman tersebut dapat mengikat CO₂ dari udara (Akbar *et al.*, 2019).

Merosotnya penyerapan atau penyimpanan karbon dioksida berhubungan erat dengan biomassa tegakan, jumlah biomassa suatu kawasan diperoleh dari produksi dan kerapatan biomassa yang diduga dari pengukuran diameter, tinggi, berat jenis dan kepadatan setiap jenis pohon. Penurunan luas ekosistem hutan mangrove berhubungan dengan penyerapan dan penyimpan karbon guna pengurangan kadar CO₂ di udara (Dharmawan & Samsuedin, 2012).

Secara prinsipal, teknis prosedur pengukuran biomassa pada suatu tegakan pohon diilustrasikan sebagai berikut (Anggraeni *et al.*, 2017):

a) *Aboveground*

Sering disebut biomassa bagian atas; pada bagian ini yang digunakan untuk perhitungan C-Stock adalah daun, ranting, cabang dan juga batang utama; ke-empat bagian tersebut akan diakumulasi menjadi biomassa bagian atas (BBA) atau Biomassa atas permukaan dan kemudian dianalisis lanjut untuk diperoleh prediksi kandungan karbon yang disimpan.

b) *Belowground*

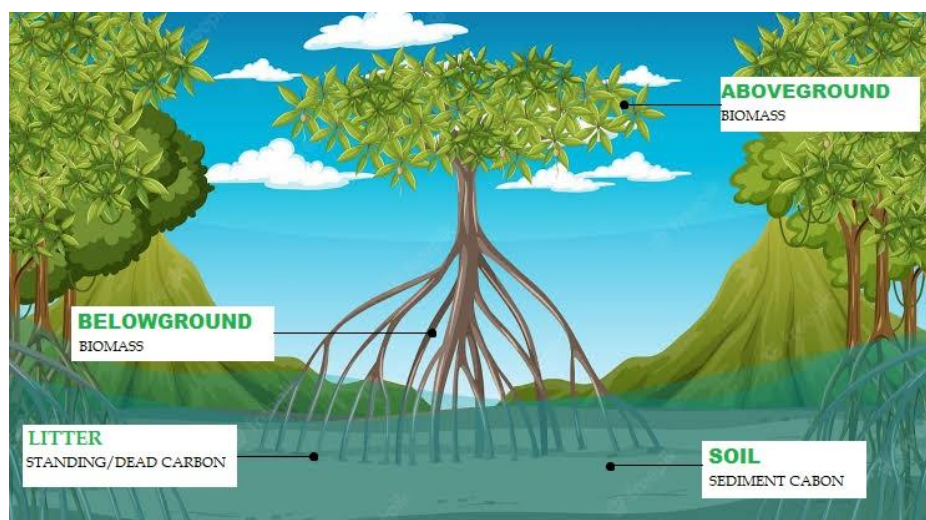
Disebut juga dengan biomassa bagian bawah (BB); bagian ini meliputi akar utama, akar cabang (diatas permukaan tanah) dan akar yang berada dibawah permukaan tanah (khusus biomassa ini hanya akan diperoleh jika metode yang dilakukan adalah destruktif).

c) *Litter*

Termasuk dalam litter adalah seresah dan kayu/ranting mati (*necromass biomass*). Untuk ekosistem mangrove seresah tidak dihitung karena dipengaruhi oleh pasang surut.

d) *Soil*

Selain BBA dan BBB, maka tanah/sedimen dimana tegakan berada juga dilakukan sampling dengan menggunakan teknis gradasi per kedalaman (menyesuaikan). Pada kegiatan ini disepakati per 10 cm gradasi kedalaman.



Gambar 1. Ilustrasi carbon pools atau bagian-bagian dari tegakan pohon yang dihitung biomassa ataupun kandungan karbonnya

D. Stok Karbon Mangrove

Karbon merupakan salah satu unsur yang utama dalam pembentukan bahan organik termasuk makhluk hidup. Hampir sebagian dari organisme hidup merupakan karbon, karena secara alami karbon banyak tersimpan di bumi (darat dan laut) dari pada di atmosfer. Karbon merupakan salah satu unsur alam yang memiliki lambang "C" dengan nilai atom sebesar 12. Karbon yang terdapat di daratan bumi tersimpan dalam bentuk makhluk hidup (tumbuhan dan hewan), bahan organik mati ataupun sedimen seperti fosil tumbuhan dan hewan. Hutan merupakan bagian yang sangat besar sebagai penghasil karbon dari makhluk hidup. Kerusakan hutan yang terjadi saat ini mengakibatkan pelepasan karbon dioksida (CO_2) ke atmosfer dalam jumlah yang banyak, setingkat dengan kerusakan hutan yang terjadi (Akbar *et al.*, 2019).

Nilai biomassa yang telah diperoleh dapat menunjukkan berapa banyak stok karbon yang tersedia atau tersimpan pada suatu tegakan. Nilai biomassa berbanding lurus dengan nilai karbonnya. Hal ini disebabkan oleh nilai kandungan karbon suatu bahan organik adalah 47% dari total biomasanya. Umumnya karbon menyusun 45-50% dari biomassa tumbuhan sehingga karbon dapat diduga dari setengah jumlah biomassa. Hal itu dikarenakan proses fotosintesis yang menyerap CO_2 dari atmosfer dan merubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa seperti dalam batang, daun, akar, umbi, buah dan lainnya. sehingga hasil dari perhitungan biomassa dapat diubah dalam bentuk karbon melalui proses perkalian nilai biomassa dengan faktor konversi. Selain itu karbon juga tersimpan dalam material yang sudah mati sebagai serasah, batang pohon yang jatuh ke permukaan tanah, dan sebagai material sukar lapuk di dalam tanah (Hanif, 2018).

Serapan CO_2 juga memiliki hubungan yang positif antara jumlah total biomassa dengan kandungan karbon biomassa. Serapan CO_2 akan besar apabila total biomassa yang ada juga besar sehingga kandungan karbon juga ikut besar dan begitu pula sebaliknya. Besarnya jumlah karbon dalam suatu tanaman dapat menggambarkan seberapa banyak tanaman dapat mengikat CO_2 dari udara. Setiap karbon yang diserap dari udara tidak seluruhnya menjadi oksigen, tetapi sebagian karbon akan menjadi energi untuk proses fisiologi tanaman dan sebagian lagi masuk kedalam struktur tumbuhan dan menjadi bagian dari tumbuhan, misalnya selulosa yang tersimpan pada batang, akar, ranting dan daun (Hanif, 2018).

Selain itu karbon juga tersimpan dalam material yang sudah mati sebagai serasah, batang pohon yang jatuh ke permukaan tanah, dan sebagai material sukar lapuk di dalam tanah. Cadangan karbon disimpan dalam 3 komponen pokok, yaitu (Anggraeni *et al.*, 2017):

- a) Bagian hidup (biomassa): Masa dari bagian vegetasi yang masih hidup yaitu batang, ranting dan tajuk pohon (berikut akar atau estimasinya), tumbuhan bawah atau gulma dan tanaman semusim.
- b) Bagian mati (nekromasa): Masa dari bagian pohon yang telah mati baik yang masih tegak di lahan (batang atau tunggul pohon), kayu tumbang atau tergeletak di permukaan tanah, tonggak atau ranting dan daun-daun gugur (seresah) yang belum terlapuk.
- c) Tanah (bahan organik tanah): Sisa makhluk hidup (tanaman, hewan dan manusia) yang telah mengalami pelapukan baik sebagian maupun seluruhnya dan telah menjadi bagian dari tanah.

E. Parameter Lingkungan Simpanan Karbon

1. Tipe Substrat

Karakteristik substrat merupakan faktor pembatas kehidupan mangrove. Jenis substrat sangat mempengaruhi susunan jenis dan kerapatan vegetasi mangrove yang hidup di atasnya. Semakin cocok substrat untuk vegetasi mangrove jenis tertentu dapat dilihat dari seberapa rapat vegetasi tersebut merapati area hidupnya (Darmadi, 2012 *dalam* Amin *et al.*, 2015).

Tipe substrat pada masing-masing stasiun pengamatan cenderung bervariasi, yaitu pasir, lumpur, pasir berlumpur serta pecahan karang. Adanya perbedaan ini diduga disebabkan karena adanya perbedaan karakteristik habitat dan kondisi oseanografi yang cenderung fluktuatif (Akhrianti *et al.*, 2019).

Tekstur tanah dapat mempengaruhi tingkat kesuburan tanah. Hal ini karena, tekstur tanah akan menentukan pori-pori tanah yang mempengaruhi siklus air dan udara di dalam tanah. Tanah yang didominasi pasir akan banyak mempunyai pori-pori makro (disebut lebih poreus), tanah yang didominasi debu akan banyak mempunyai pori-pori meso (agak poreus), sedangkan yang didominasi liat akan banyak mempunyai pori-pori mikro atau tidak poreus. Tanah yang baik dicerminkan oleh komposisi ideal dari kedua kondisi ini, sehingga tanah bertekstur debu dan lempung akan mempunyai ketersediaan yang optimum bagi tanaman, namun dari segi nutrisi tanah lempung lebih baik dibandingkan bertekstur debu. Tanah hutan mangrove memiliki proporsi pasir paling besar. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan mangrove yang tergenang dan berlumpur, sehingga lebih banyak memiliki pori-pori makro untuk sirkulasi udara dan air (Hanafiah, 2005 *dalam* Sugirahayu & Rusdiana, 2011).

2. Intensitas Cahaya

Faktor lain yang dapat mempengaruhi ukuran diameter tegakan adalah kerapatan dan intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam tegakan. Menurut Sedjarawan *et al.*, (2014) dalam Uthbah *et al.*, (2017), kerapatan tegakan akan mempengaruhi cahaya yang masuk ke dalam vegetasi. Tegakan yang memperoleh sedikit cahaya matahari akan mengalami pertumbuhan yang lambat sehingga memiliki diameter batang yang kecil. Selain itu, intensitas cahaya juga akan memberikan pengaruh terhadap pembesaran dan diferensiasi sel seperti pertumbuhan tinggi, ukuran daun serta struktur dari daun dan batang. Menurut Yusra & Sulistiyowati (2020), Intensitas cahaya rendah dapat memperlambat proses fotosintesis dikarenakan terhambatnya reaksi pembentukan karbohidrat sebagai biomassa yang pada akhirnya menghasilkan stok karbon rendah pula.

Pengukuran intensitas cahaya dilakukan pada pagi hari, dimana pada waktu tersebut cahaya matahari yang diterima tanaman adalah cahaya terbaik. Cahaya matahari pagi adalah cahaya yang diterima saat laju fotosintesis berada pada puncaknya, karena itu pengukuran intensitas cahaya dilakukan pada pukul 08.00 sampai dengan 11.00 WIB (Duryat & Riniarti, 2016).

3. Suhu Substrat

Suhu merupakan salah satu parameter fisika yang dapat mempengaruhi proses-proses fotosintesis dan penyerapan oksigen, selain itu suhu merupakan faktor pembatas bagi biota laut tertentu. Berdasarkan Baku Mutu pada Kepmen LH No. 51 tahun 2004 yang menyebutkan bahwa suhu air laut yang ideal untuk mangrove adalah 28-32°C (Suharjo, 2017)

Tingginya nilai suhu (>35°C) akan memberikan pengaruh yang kurang baik terhadap proses fotosintesis sehingga proses pertumbuhan dari mangrove pun akan terhambat dan mempengaruhi nilai simpanan karbon pada vegetasi mangrove (Baderan, 2017).

Suhu substrat dalam suatu perairan sangat berpengaruh terhadap proses kimia dan biologi. Kaidah umum menunjukkan bahwa reaksi kimia dan biologi dua kali lipat untuk setiap kenaikan suhu sebesar 1°C dibandingkan pada suhu 20 °C. Secara kimia dan biologi suhu tinggi akan membahayakan bagi kehidupan organisme di suatu perairan (Sambu *et al.*, 2022).

4. Salinitas

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas dari lingkungan sekitar mangrove berkontribusi terhadap ketahanan serta jenis

mangrove untuk tumbuh di suatu daerah. Perkembangan mangrove ideal memiliki salinitas bervariasi antara 0,5-35‰. Tumbuhan mangrove tumbuh subur di daerah dengan salinitas 10-30 permil. Salinitas yang sangat tinggi (± 35 permil) berpengaruh buruk, karena dampak negatif tekanan osmotik (Khalwani *et al.*, 2021).

Setiap jenis vegetasi mangrove memiliki toleransi terhadap tingkat salinitas yang berbeda-beda sehingga akan membentuk zonasi vegetasi. Beberapa vegetasi mangrove tahan pada kondisi salinitas tinggi, tetapi beberapa jenis hanya tumbuh pada kondisi salinitas rendah hingga normal. *Avicennia marina* dan *Lumnitzera racemosa* adalah jenis yang mampu beradaptasi pada kondisi salinitas tinggi. *Sonneratia caseolaris*, *S. alba*, *S. apelata* dan *S. griffithii* adalah jenis-jenis yang hanya hidup pada kondisi salinitas rendah hingga normal (Rochmayanto *et al.*, 2021).

5. pH Tanah

Reaksi tanah menunjukkan sifat keasaman atau alkalinitas tanah yang dinyatakan dengan nilai pH. Nilai pH menunjukkan banyaknya konsentrasi ion hidrogen (H⁺) di dalam tanah. Semakin tinggi ion H⁺ di dalam tanah, maka semakin masam tanah tersebut. Mikroorganisme memiliki peranan penting di dalam tanah, karena mereka berperan dalam mengubah atau melakukan transformasi zat organik sisa tumbuhan atau hewan menjadi nutrisi yang dibutuhkan oleh tumbuhan. Aktivitas metabolisme mikroorganisme dipengaruhi oleh pH. Selain berpengaruh pada reaksi abiotik, pH juga berpengaruh pada reaksi biotik. Parameter pH akan mempengaruhi kemampuan fungsi-fungsi sel, keseimbangan reaksi yang terkatalis oleh enzim (Shofanduri *et al.*, 2017).

Ekosistem mangrove merupakan salah satu genangan air yang berpotensi bersifat asam, karena selain selalu tergenangi air, juga merupakan perairan tertutup akibat vegetasi mangrove yang menyebabkan lahan dari vegetasi tersebut tidak pernah mendapatkan sinar matahari secara sempurna (Sambu *et al.*, 2022).

Tinggi rendahnya nilai pH dapat disebabkan oleh beberapa hal, yaitu pada zona daerah transisi pH lebih tinggi dapat dikarenakan adanya sumbuhan serasah daun, akar, batang yang jatuh ke tanah dan terkomposisi atau mengalami pelapukan dengan membentuk lapisan bahan organik. Tingginya pH pada daerah berair juga dapat dikarenakan kandungan sulfat tanah yang lebih rendah. Sedangkan kandungan pH tanah yang agak masam dikarenakan adanya perombakan serasah vegetasi mangrove oleh mikroorganisme tanah yang menghasilkan asam-asam organik sehingga menurunkan pH tanah (Nursin *et al.*, 2014).

Perairan yang memiliki nilai pH lebih kecil dari 4 merupakan perairan yang sangat asam dan dapat menyebabkan kematian bagi makhluk hidup, sedangkan lebih

dari 9,5 merupakan perairan yang sangat basa dan dapat menyebabkan kematian serta mengurangi produktivitas. pH yang paling optimal (netral) adalah pH yang berkisar antara 6,6-7,5. Pada kondisi ini dapat memudahkan tanaman untuk menyerap unsur hara (Nursin *et al.*, 2014).

6. Pasang Surut

Pasang surut merupakan proses naik turunnya muka laut secara hampir periodik karena gaya tarik benda-benda angkasa, terutama bulan dan matahari. Pengaruh pasang surut terhadap mangrove antara lain sebagai berikut (Rahim & Baderan, 2017):

- a) Lama terjadinya pasang surut pada kawasan mangrove dapat mempengaruhi perubahan salinitas air dimana salinitas akan meningkat pada saat pasang dan akan menurun pada saat air laut surut.
- b) Perubahan salinitas yang terjadi akan menjadi faktor pembatas yang mempengaruhi distribusi spesies secara horizontal.
- c) Perpindahan massa air antara air tawar dengan air laut mempengaruhi distribusi vertikal organisme.

Variabel pasang surut memiliki pengaruh terhadap keberlangsungan pertumbuhan mangrove karena pasang surut merupakan faktor yang juga mempengaruhi ketersediaan air payau sehingga mempengaruhi kadar salinitas pada habitat mangrove, selain itu lama waktu penggenangan sangat mempengaruhi sistem perakaran pada mangrove seperti pada saat pasang akan mengurangi pasokan oksigen yang akan diserap oleh akar, sedangkan untuk *seedling* (anakan) akan kesulitan mendapatkan oksigen pada saat waktu penggenangan dan mengganggu transfer nutrisi dan fosfor masuk ke dalam habitat mangrove. Ketinggian maksimum air saat terjadinya pasang juga mempengaruhi keberlangsungan hidup mangrove karena tinggi perendaman akan berdampak pada kehidupan akar mangrove sebagai penyerap nutrisi yang ada pada substrat sehingga ketinggian air pada saat perendaman air pasang juga harus diperhatikan (Wahyudi *et al.*, 2014).

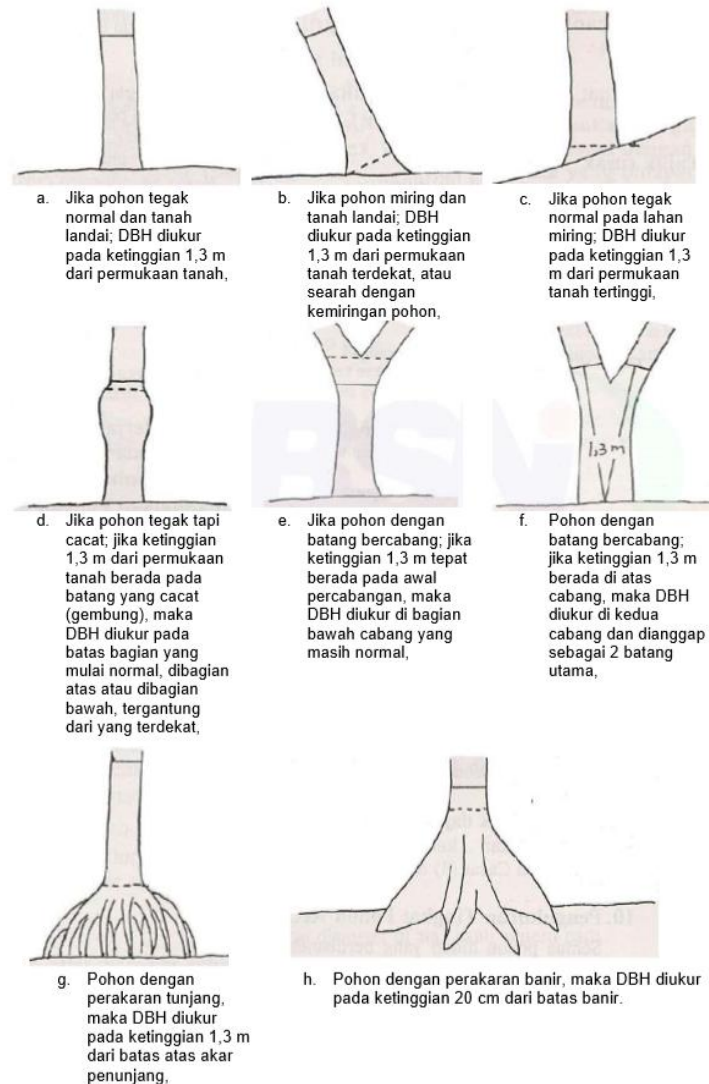
F. Metode Pengukuran Biomassa Pohon

Pengukuran biomassa mangrove pada penelitian ini menggunakan metode persamaan allometrik (*non destructive sampling*). Biomassa mangrove dapat dihitung dengan cara sebagai berikut (Hanif, 2018):

- a) Nama jenis pohon mangrove diidentifikasi.
- b) Diameter setinggi dada (DBH) diukur berdasarkan Badan Standardisasi Nasional (2011).

- c) Data DBH (Diameter Breast Height) dan nama jenis dicatat.
- d) Biomassa pohon dihitung dengan model persamaan allometrik.

Untuk teknis pengukuran DBH dapat mengikuti aturan SNI 7724 tahun 2011, sebagai berikut:



Gambar 2. Teknis pengukuran diameter setinggi dada (DBH) pada berbagai kondisi batang pohon maupun elevasi yang berbeda-beda (Anggraeni *et al.*, 2017)

G. Kerapatan dan Tutupan Kanopi Mangrove

Kerapatan tegakan adalah jumlah tegakan jenis dalam suatu satuan luas pengukuran. Parameter ini menggambarkan kelimpahan suatu jenis di lokasi penelitian serta dapat digunakan sebagai salah satu parameter dalam penentuan kesehatan komunitas mangrove. Besar kecilnya nilai biomassa mangrove dipengaruhi oleh kerapatan tegakan pohon mangrove tersebut. Apabila kerapatan tegakan pohon di suatu kawasan tinggi, maka biomassa yang terdapat pada kawasan tersebut tinggi pula. Oleh karena itu, kerapatan juga akan mempengaruhi kandungan karbon

mangrove dan serapan CO₂. Dengan demikian terdapat hubungan antara kerapatan terhadap biomassa, stok karbon mangrove, dan serapan CO₂. Tegakan yang makin rapat jarak tanamnya akan mempengaruhi jumlah biomassa yang semakin besar, begitupun dengan kandungan karbon mangrove dan serapan CO₂ (Hanif, 2018).

Hal itu dikarenakan dengan seiringnya pertumbuhan suatu tegakan pohon, maka akan menghasilkan nilai biomassa dan karbon tersimpan yang besar pula karena akan terjadi penyerapan CO₂ dari atmosfer melalui fotosintesis yang menghasilkan biomassa kemudian dialokasikan ke daun, ranting, batang dan akar yang mengakibatkan penambahan diameter dan tinggi pohon (Hanif, 2018).

Kerapatan jenis dihitung menggunakan cara manual untuk memastikan keakuratan data. Pengambilan data kerapatan jenis mangrove dilakukan pada plot penelitian yang telah dibuat. Setiap plot penelitian, dilakukan identifikasi jenis tegakan mangrove, demikian pula dengan pencatatan jumlah individu tiap jenisnya tegakan mangrove. Data yang diperoleh, kemudian diolah menggunakan beberapa persamaan (Azzahra *et al.*, 2020).

Kanopi merupakan bagian atas dari tegakan yang terdiri dari struktur ranting/kayu dan daun. Parameter kanopi ini dapat digunakan untuk merepresentasikan kondisi kesehatan komunitas mangrove berdasarkan nilai persentase tutupan kanopi mangrove. Persentase tutupan kanopi komunitas mangrove menggunakan metode *hemispherical photography*. Metode ini membutuhkan kamera berlensa *fish eye* dengan sudut pandang 180⁰ pada 1 titik pengambilan foto yang dilanjutkan dengan analisis foto menggunakan software ImageJ. Teknik ini masih cukup baru digunakan di Indonesia pada hutan mangrove, penerapannya mudah dan menghasilkan data yang lebih akurat (Azzahra *et al.*, 2020).

Dalam pelaksanaan monitoring COREMAP CTI seluruh lokasi menggunakan kamera saku atau ponsel pintar dengan batas minimal resolusi 3 MP. Pilihan kamera yang dapat digunakan, yaitu: kamera DSLR/SLR; kamera HP; kamera aksi dan kamera dengan geotagging. Square photo/gambar dengan hasil persegi/bujur sangkar lebih disarankan dalam penerapan metode ini karena memiliki jarak yang sama dari pusat foto (Dharmawan *et al.*, 2020).



Gambar 3. Contoh foto hemisphere yang diperoleh dengan metode hemispherical photography sederhana

Pengambilan gambar dilakukan dengan memperhatikan beberapa ketentuan lainnya antara lain (Dharmawan *et al.*, 2020):

- a) Mengurangi penetrasi cahaya matahari langsung pada lensa kamera untuk mempermudah dalam analisis
- b) Menghindari lensa basah atau lembab yang dapat menyebabkan hasil foto menjadi tidak fokus
- c) Hindari penangkapan objek lain

Pada kegiatan C-Stock, data kerapatan digunakan untuk menghitung prediksi C-Stock secara keseluruhan sebagai representasi lokasi penelitian. Oleh karena itu, data AnVeg (Analisis Vegetasi) juga dibutuhkan untuk kegiatan pengelolaan wilayah pesisir oleh Dinas Lingkungan Hidup bisa bermanfaat dan digunakan untuk kegiatan C-Stock. Seluruh pohon dalam plot tetap dihitung jumlahnya dengan menggunakan mekanisme Analisis Vegetasi dan mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 201/2004 tentang Kriteria Baku Kerusakan Mangrove yang terdapat pada Tabel 1 (Anggraeni *et al.*, 2017):

Tabel 1. Kriteria baku kerusakan mangrove ditinjau dari dua parameter utama yaitu penutupan (covering) dan kerapatan (density) (Kepmen LH No. 201/2004)

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