

**ESTIMASI SIMPANAN KARBON TEGAKAN *Rhizophora* spp.,
DAN SEDIMEN EKOSISTEM MANGROVE DI KECAMATAN BELOPA,
KABUPATEN LUWU**

SKRIPSI



OLEH

NURIL MUTMAINNA

H041191070

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

HALAMAN PENGAJUAN

**ESTIMASI SIMPANAN KARBON TEGAKAN *Rhizophora* spp.,
DAN SEDIMEN EKOSISTEM MANGROVE DI KECAMATAN BELOPA,
KABUPATEN LUWU**



*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

NURIL MUTMAINNA

H041191070

PROGRAM STUDI BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ESTIMASI SIMPANAN KARBON TEGAKAN *Rhizophora* spp.,
DAN SEDIMEN EKOSISTEM MANGROVE DI KECAMATAN BELOPA,
KABUPATEN LUWU**

Disusun dan diajukan oleh:

NURIL MUTMAINNA

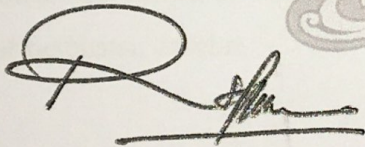
H041191070

*Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam Rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Studi Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
pada Tanggal 22/06/2023
Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Kelulusan*

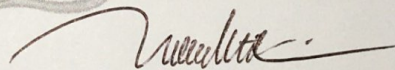
Menyetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama

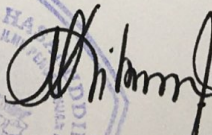
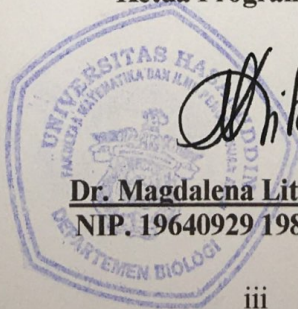


Drs. Muh. Ruslan Umar, M.Si.
NIP. 19630222 198903 1 003



Drs. H. Muhtadin Asnady S., M.Si.
NIP. 19621207 198803 1 003

Ketua Program Studi



Dr. Magdalena Litaay, M.Sc.
NIP. 19640929 198903 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawa ini :

Nama : Nuril Mutmainna

NIM : H041191070

Program Studi : Biologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tertulis saya berjudul:

**ESTIMASI SIMPANAN KARBON TEGAKAN *Rhizophora* spp.,
DAN SEDIMEN EKOSISTEM MANGROVE DI KECAMATAN BELOPA,
KABUPATEN LUWU**

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambil 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, 22 Juni 2023



Nuril Mutmainna

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat limpahan rahmat serta karunia-Nya dan tidak lupa pula shalawat serta salam atas junjungan nabi Muhammd SAW penulis panjatkan sebagai suri tauladan dan petunjuk bagi Ummat manusia dalam segala aspek kehidupan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini, walaupun membutuhkan waktu dan tenaga. Karya ilmiah (skripsi) ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi dan memperoleh gelar sarjana strata satu (S1) pada Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Skripsi ini diberi judul Estimasi Simpanan Karbon Tegakan Dan Sedimen *Rhizophora* spp., Pada Ekosistem Mangrove Di Kecamatan Belopa, Kabupaten Luwu.

Peneliti menyadari bahwa tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik karena adanya peran dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menghaturkan terima kasih, penghargaan dan rasa sayang kepada kedua orang tuaku tercinta Makmur, S.Pd., dan Irawati, serta saudara-saudaraku Irwanto, S.Kel., Muh. Makruf, S.Pi., Muh. Syadat, SKM., M.Kes., dan Syalehan (Alm) yang selalu memberikan kasih sayang, melimpahkan doa dan selalu memberikan semangat serta motivasi dalam setiap langkah yang peneliti ambil.

Dengan segala kerendahan hati, perkenankan peneliti mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

- Rektor Universitas Hasanuddin, Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., beserta seluruh stafnya.

- Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengatahuan Alam, Bapak Dr. Eng. Amiruddin, M. Si., beserta seluruh staf.
- Ketua Program Studi Biologi, Ibu Dr. Magdalena Litaay, M.Sc., beserta seluruh staf dosen dan pegawai, yang telah melayani dan mentransfer banyak ilmu serta bantuannya kepada penulis selama menempuh pendidikan.
- Bapak Drs. Muhammad Ruslan Umar, M.Si., dan Bapak Drs. Muhtadin Asnady S., M.Si., selaku pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, saran, kritikan dan motivasinya serta waktu kepada peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini.
- Bapak Dody Prisambodo, S.Si., M.Si., selaku penasihat akademik sekaligus penguji dan Bapak Dr. Eddyman W. Ferial, S.Si., M.Si., yang telah meluangkan waktunya guna memberikan arahan serta petunjuk dalam terlaksananya penelitian dan penyusunan skripsi ini.
- Bapak/Ibu Dosen, Laboran Laboratorium dan Staf administratif Departemen Biologi yang telah memberikan banyak ilmu serta pelajaran dan bantuannya kepada peneliti selama melaksanakan Pendidikan.
- Ibu Isyanita, S.TP., M.M., selaku laboran Laboratorium Oseanografi Fakultas Kelautan dan Perikanan yang telah banyak membantu dan memberikan ilmu kepada peneliti dalam melakukan analisis karbon sedimen.
- Bapak Maksun Madjidi, SR. S.Si., dan staf di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian yang telah memberikan bantuannya kepada peneliti dalam menganalisis tekstur tanah dan densitas tanah sampel.

- Pemilik Nim D121191060 yang selalu meluangkan waktunya untuk peneliti, menemani dalam segala keadaan, selalu memberi motivasi dalam menjalani hidup, selalu menjadi tempat bercerita yang nyaman dan menjadi tempat pulang sehingga peneliti selalu merasa aman.
- Sahabat-sahabat seperjuangan peneliti Nurkhalisa Amati, S.Si., Nur Azizah Ibrahim, S.Si., Dian Wana Lestari, Fajar Ariyanti, Fausia, Nurul Amalia, Nurul Rifka Fakhira, Sita, Apriliyani yang telah banyak membantu peneliti selama masa perkuliahan, dan selalu memberi motivasi dalam melakukan hal-hal baik.
- Alfiah Darwis, Dian Oktavia, dan Indah Khairunnisa yang telah menjadi sahabat dan saudara yang selalu memberikan saran-sarannya kepada peneliti.
- Sahabat-sahabat KKN peneliti Noor Afiqa Jamaluddin, S.H., Audry Quini Amalia B., Rabiatul Adhawiyah R., S.S., Febby Virginia T., S.P., Alvira Rahmayanti, Andre Pembrian Soean, Muh. Ferdiansyah, Muh. Irham Pratama, dan Nopri Taruk Padang yang telah menjadi saudara peneliti dimasa KKN.

Peneliti menyadari masih banyaknya kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Untuk itu peneliti sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar skripsi ini dapat menjadi lebih baik. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada siapa saja yang membacanya dalam rangka penambahan ilmu pengetahuan.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, Juni 2023

Penulis

ABSTRAK

NURIL MUTMAINNA: Estimasi Simpanan Karbon Tegakan *Rhizophora* Spp., dan Sedimen Ekosistem Mangrove di Belopa, Kabupaten Luwu

Pembimbing utama : Muh. Ruslan Umar

Pembimbing pertama : Muhtadin Asnady Salim

Penelitian Estimasi Simpanan Karbon Tegakan *Rhizophora* Spp., dan Sedimen Ekosistem Mangrove di Kecamatan Belopa, Kabupaten Luwu, telah dilakukan pada bulan Januari-Maret 2023, yang bertujuan untuk mengetahui simpanan karbon, korelasi diameter dengan biomassa, simpanan karbon, serapan CO₂ tegakan *Rhizophora* spp., dan sedimen ekosistem mangrove alami dan rehabilitasi di Kecamatan Belopa, Kabupaten Luwu. Penelitian menggunakan metode analisis vegetasi non destruktif-floristika. Data yang dikumpulkan adalah jenis mangrove, jumlah setiap jenis, diameter batang (DBH), habitus tegakan, sedimen, dan parameter lingkungan. Pengambilan data lapangan dilakukan menggunakan transek-plot dengan panjang 100 m, plot berukuran 10 x 10 m, 5 x 5 m.. Sampel sedimen diambil dengan *core* sedimen. Analisis data biomassa menggunakan rumus allometrik, dan analisis sedimen mencakup kandungan bahan organik total, karbon organik, tekstur sedimen, dan densitas tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simpanan karbon pada tegakan *Rhizophora* spp., pada stasiun I mangrove alami ($15,23 \pm 8,17$) lebih tinggi daripada di stasiun II mangrove rehabilitasi ($3,18 \pm 0,48$). Korelasi antara diameter tegakan *Rhizophora* spp. dengan biomassa, simpanan karbon, dan serapan CO₂-nya berkorelasi kuat. Simpanan karbon pada sedimen di stasiun I lebih tinggi lebih tinggi ($39,55$ ton/ha) daripada stasiun II ($36,36$), kedua stasiun penelitian memiliki substrat sedimen berupa lempung berpasir.

Kata kunci: *Rhizophora* spp, tegakan, sedimen, simpanan karbon

ABSTRACT

NURIL MUTMAINNA, Estimation of Carbon Storage of *Rhizophora* Spp. Stands, and Sediments of Mangrove Ecosystems in Belopa, Luwu Regency

Main supervisor: Muh. Ruslan Umar

First supervisor: Muhtadin Asnady Salim

Research on Estimation and Comparison of Carbon Storage of *Rhizophora* spp. stands, Sediment of Natural and Rehabilitated Mangrove Ecosystems in Belopa, Luwu Regency was conducted in January-March 2023, which aims to determine carbon storage, correlation of diameter with biomass, carbon storage, CO₂ uptake of *Rhizophora* spp. stands, and sediment of natural and rehabilitated mangrove communities in Belopa District, Luwu Regency. The study used non-destructive vegetation analysis method-floristics. Data collected were mangrove species, number of each species, stem diameter (DBH), stand habitus, sediment, and environmental parameters. Field data collection was carried out using transect-plots with a length of 100 m, plots measuring 10 x 10 m, 5 x 5 m.. Sediment samples were taken with sediment cores. Biomass data analysis used the allometric formula, and sediment analysis included total organic matter content, organic carbon, sediment texture, and soil density. The results showed that carbon storage in *Rhizophora* spp. stands, at station I natural mangrove (15.23 ± 8.17) was higher than at station II rehabilitated mangrove (3.18 ± 0.48). The correlation between the diameter of *Rhizophora* spp. stands and their biomass, carbon storage, and CO₂ uptake were strongly correlated. Carbon storage in the sediment at station I was also higher ($39.55 \pm$ tons/ha) than station II ($36.36 \pm$ tons/ha), both research stations have a sediment substrate of sandy loam.

Key words: *Rhizophora* spp, stand, sediment, carbon storage

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan Penelitian	3
I.4 Waktu dan Lokasi Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Mangrove	5
II.2 Ekologi Hutan Mangrove	5
II.3 Fungsi Umum Hutan Mangrove.....	8
II.4. Fungsi Mangrove Sebagai Mitigasi Iklim.....	8
II.5 Sebaran Mangrove di Indonesia	10
II.6 Deskripsi Morfologi dan Taksonomi Marga Rizophora	11
II.7 Karbon dioksida (CO ₂).....	13
II.8 Penanggulangan Peningkatan Jumlah Karbon	15
II.9 Analisis Vegetasi	16
II. 10 Estimasi Simpanan Karbon dalam Vegetasi	16
II.11 Hutan Mangrove di Kecamatan Belopa	17
BAB III METODE PENELITIAN	18
III.1 Alat dan Bahan Penelitian	18
III.2 Tahapan Penelitian	18
III.2.1 Survei Lokasi Penelitian	18
III.2.2 Penentuan Stasiun Penelitian	19
III.2.3 Metode Pengambilan Data	19

III.2.4 Analisis Data	25
III.2.5 Analisis dan Interpretasi Data Hasil Penelitian	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
IV.1 Deskripsi Umum Lokasi Penelitian	30
IV.2 Hasil Analisis Diameter, Biomassa, Simpanan Karbon, dan Serapan CO ₂ Tegakan <i>Rhizophora</i> spp. di Belopa	31
IV.3 Hubungan Rata-rata Diameter (DBH) Dengan Biomassa.....	36
IV.4 Hubungan Rata-rata Diameter (DBH) Dengan Simpanan Karbon	38
IV.5 Hubungan Rata-rata Diameter (DBH) Dengan Serapan Karbon	40
IV.6 Kerapatan Jenis Mangrove	42
IV.7 Parameter Kualitas Perairan	43
IV.8 Hasil Analisis Sedimen (Substrat Mangrove) Pada Stasiun 1 (mangrove alami) dan II (mangrove rehabilitasi) di Kecamatan Belopa.....	45
IV.9 Hasil Analisis Simpanan dan Serapan Karbon Sedimen Mangrove <i>Rhizophora</i> spp di Kecamatan Belopa.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
V.1. Kesimpulan	49
V.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Mangrove genus <i>Rhizophora</i> a. <i>Rhizophora. apiculata</i> Bl., b. <i>Rhizophora. mucronata</i> Lmk., c. <i>Rhizophora. stylosa</i> Griff.	11
Gambar 2. Siklus Karbon	15
Gambar 3. Stasiun Penelitian	20
Gambar 4. Transek kuadrat 10 x 10	21
Gambar 5. Pengukuran lingkaran batang vegetasi	22
Gambar 6. Grafik rata-rata diameter tegakan, biomassa, simpanan karbon dan serapan CO ₂ pada stasiun 1 (area alami) penelitian per transek	32
Gambar 7. Diagram komposisi habitus mangrove <i>Rhizophora</i> sp., pada stasiun 1 (area alami) penelitian per transek.....	33
Gambar 8. Grafik rata-rata diameter tegakan, biomassa, simpanan karbon dan serapan CO ₂ pada stasiun 2 (area rehabilitasi) penelitian per transek	34
Gambar 9. Diagram komposisi habitus mangrove <i>Rhizophora</i> sp., pada stasiun 1 (area alami) penelitian per transek	35
Gambar 10. Grafik garis regresi linear hubungan rata-rata diameter tegakan dengan biomassa <i>Rhizophora</i> spp. pada (a) stasiun I Desa Belopa dan (b) stasiun II Desa Senga Selatan	38
Gambar 11. Grafik garis regresi linear hubungan diameter tegakan dengan simpanan karbon <i>Rhizophora</i> spp. pada (a) stasiun I Desa Belopa dan (b) stasiun II Desa Senga Selatan	40
Gambar 12. Grafik garis regresi linear hubungan rata-rata diameter tegakan dengan serapan CO ₂ <i>Rhizophora</i> spp. pada (a) stasiun I Desa Belopa dan (b) stasiun II Desa Senga Selatan	42
Gambar 13. Grafik rata-rata bahan organik total (BOT), karbon organik, dan bulk density sedimen (substrat) mangrove pada stasiun I (Mangrove alami) dan stasiun II (Mangrove rehabilitasi di Kecamatan Belopa	46

Gambar 14. Grafik simpanan dan serapan karbon sedimen mangrove pada stasiun I (area alami) dan stasiun II (mangrove rehabilitasi) di Kecamatan Belopa	48
---	----

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Kriteria status kerusakan mangrove	26
Tabel 2. Rumus allometrik estimasi biomassa tegakan mangrove untuk marga <i>Rhizophora</i>	27
Tabel 3. Perbandingan rata-rata diameter, biomassa, simpanan karbon, dan serapan CO ₂ tegakan <i>Rhizophora</i> spp. pada lokasi penelitian di Kecamatan Belopa, Kabupaten Luwu	35
Tabel 4. Hasil uji regresi linear sederhana hubungan rata-rata diameter dengan biomassa tegakan <i>Rhizophora</i> spp. pada stasiun I dan II penelitian di Kecamatan Belopa, Kabupaten Luwu	38
Tabel 5. Hasil uji regresi linear korelasi rata-rata diameter dengan simpanan karbon tegakan <i>Rhizophora</i> spp. pada stasiun I dan II di Kecamatan Belopa	41
Tabel 6. Hasil uji regresi linear sederhana korelasi rata-rata diameter dengan serapan CO ₂ tegakan <i>Rhizophora</i> spp. pada stasiun I dan II penelitian di Kecamatan Belopa, Kabupaten Luwu	42
Tabel 7. Kerapatan tegakan (pohon) <i>Rhizophora</i> spp. pada stasiun I di Desa Belopa dan stasiun II di Desa Senag Selatan, Kecamatan Belopa	43
Tabel 8. Hasil pengukuran beberapa parameter kualitas lingkungan pada kedua stasiun di Kecamatan Belopa	44

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<i>Lampiran 1.</i> Stasiun pengambilan sampel.....	57
<i>Lampiran 2.</i> Pengambilan sampel tegakan dan sedimen mangrove.....	58
<i>Lampiran 3.</i> Dokumentasi kegiatan laboratorium.....	59
<i>Lampiran 4.</i> Analisis karbon sedimen.....	60
<i>Lampiran 5.</i> Hasil analisis bulk density dan analisis tekstur.....	61
<i>Lampiran 6.</i> Data lapangan stasiun I (area alami).....	62

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Ke tidak seimbangan dan atau perubahan iklim di bumi disebabkan karena peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer seperti gas karbon dioksida (CO₂), gas metana (CH₄) dan gas nitrogen oksida (N₂O) yang mengakibatkan terjadinya pemanasan global (Global Warming) yang mengganggu seluruh aktivitas di bumi. Efek rumah kaca (ERK) muncul sebagai dampak dari hasil aktivitas manusia (antropogenik) yang semakin intensif.

Menurut Razak, dkk. (2022), pemanasan global menjadi salah satu isu lingkungan utama yang dihadapi dunia, sebagai akibat dari peningkatan gas-gas di atmosfer. Gas CO₂ sudah melebihi dari keadaan normalnya (0,035%) di atmosfer, sehingga menyebabkan terganggunya keseimbangan energi antara bumi dan atmosfer, yang memicu perubahan iklim global. Gas-gas di atmosfer umumnya berasal dari hasil aktivitas antropogenik seperti penggunaan bahan bakar fosil (BBF), kebakaran hutan, alat transportasi bermotor, industri, dan areal peternakan.

Perubahan iklim ini jika tidak ditanggulangi dari sekarang maka akan menimbulkan bencana dimasa kini dan masa akan datang. Salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk menanggulangi meningkatnya gas-gas penyebab efek rumah kaca di atmosfer adalah merehabilitasi lahan-lahan yang sudah atau kurang bervegetasi. Tumbuhan mangrove merupakan tumbuhan yang banyak tumbuh di daerah pantai tropis dan subtropik, dengan penggalakan perlindungan dan rehabilitasi ekosistem mangrove, yang difungsikan sebagai penyerap alami dan penyimpan karbon, sehingga gas dari atmosfer dapat direduksi.

Mangrove telah dijadikan sebagai salah satu parameter *blue carbon* karena kemampuannya menyerap CO₂ untuk proses fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa dan di dalam sedimen. Menurut Irsadi dkk. (2017), karbon pada vegetasi mangrove tersimpan sebagai karbon organik (stok karbon) dalam bentuk biomassa. Estimasi stok karbon dalam suatu ekosistem mangrove dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan ekosistem mangrove tersebut dalam menyerap gas-gas karbon dari atmosfer. Lebih lanjut menurut Suryono dkk., (2018), simpanan karbon pada ekosistem hutan mangrove lebih tinggi dibandingkan dengan jenis hutan lainnya dalam luasan tertentu. Simpanan karbon pada ekosistem mangrove juga terdapat di sedimen dasar hutan mangrove, yang berasal dari serasah daun, bunga, buah dan ranting yang gugur yang terdekomposisi oleh mikroorganisme dan menjadi salah satu sumber bahan organik pada sedimen.

Menurut Rahman dkk. (2017), biomassa tegakan berhubungan dengan rosot CO₂, yang diperoleh dari produksi dan kerapatan tumbuhan. Estimasi biomassa dapat dilakukan berdasarkan pada diameter, tinggi, berat jenis, dan kerapatan jenis pohon. Dengan demikian ekosistem mangrove dapat dijadikan sebagai salah satu dasar mitigasi perubahan iklim, karena mampu mereduksi CO₂ melalui mekanisme “sekuestrasi” (penyerapan karbon dari atmosfer) dan menyimpannya dalam bentuk biomassa.

Ekosistem mangrove di Kabupaten Luwu membentang dari utara ke selatan dipesisir pantai, salah satunya berada Desa Belopa dan Desa Senga Selatan yang berjarak ± 4 km dari pusat Kecamatan Belopa. Jenis mangrovenya relatif bervariasi, yang tumbuh berbatasan dengan laut dan tambak serta terdapat beberapa pemukiman penduduk. Mengingat pentingnya fungsi ekologis dan ekonomi ekosistem

mangrove dalam kehidupan, maka perlu dilakukan penelitian tentang simpanan karbon tegakan dan sedimen mangrove *Rhizophora* di areal mangrove alami dan rehabilitasi, di Kecamatan Belopa.

I.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk melihat perbedaan potensi komunitas hutan mangrove alami dan rehabilitasi dalam mengakumulasi karbon, yang bertujuan untuk mengetahui:

- Simpanan karbon dan korelasi diameter dengan biomassa, simpanan dan serapan karbon dioksida (CO₂) tegakan *Rhizophora* spp. di Desa Belopa dan Desa Senga Selatan, Kecamatan Belopa.
- Simpanan dan serapan karbon sedimen komunitas mangrove di Desa Belopa dan Desa Senga Selatan, Kecamatan Belopa.

I.3 Manfaat Penelitian

Data hasil penelitian dapat dimanfaatkan oleh para pemangku kepentingan (stakeholder) untuk melakukan perlindungan dan rehabilitasi hutan mangrove yang multifungsi khususnya dalam mitigasi bencana abrasi pantai, gelombang dan perubahan iklim global, di Kecamatan Belopa, Kabupaten Luwu.

I.4 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlangsung dari bulan Desember 2022 sampai Maret 2023, yang dimulai dari studi literatur, survei lapangan, dan penelitian intensif di areal ekosistem mangrove di Kecamatan Belopa. Analisis sedimen dilakukan di Laboratorium Oseanografi Fakultas Kelautan, dan Ilmu Perikanan. Analisis densitas tanah (bulk density) dan tekstur sedimen dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesubur-

an Tanah Fakultas Pertanian, sedangkan pengolahan dan interpretasi data karbon tegakan, dilakukan di Laboratorium Ilmu Lingkungan dan Kelautan, Departemen Biologi, Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Mangrove

Menurut Macnae (1968) bahwa mangrove merupakan perpaduan dari bahasa Portugis *mangue* dan bahasa Inggris *grove*. Istilah mangrove ditujukan untuk komunitas tumbuhan yang khusus pada daerah berperairan air payau sampai air asin, sedangkan istilah hutan bakau itu ditujukan untuk komunitas tumbuhan yang tumbuh di daerah pesisir pantai yang didominasi oleh tumbuhan marga *Rhizophora*. Istilah lain hutan pantai yang sering kita dengar adalah hutan *mangal*, istilah ini kalau kita merujuk pada komunitas hutan mangrove beserta tumbuhan asosiasinya. Mangrove merupakan tumbuhan yang tumbuh di kawasan pasang surut sebagai komunitas tumbuhan di kawasan pantai.

Komunitas hutan mangrove pada umumnya terdiri dari beberapa marga utama yaitu *Rhizophora*, *Avicennia*, *Sonneratia*, *Bruguiera*, *Lumnitzera*, *Excoecaria*, *Cerios*, *Xylocarpus*, *Aegiceras*, *Scyphyphora* dan *Nypa* (Macnae, 1968).

II.2 Ekologi Hutan Mangrove

Tumbuhan mangrove merupakan tumbuhan yang tumbuh di daerah intertidal dan litoral yang khas di pantai daerah tropis dan sub tropis terlindungi, terutama pada garis lintang 25° LU dan 25° LS. Tumbuh pada tanah lumpur aluvial di daerah pantai dan muara sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut (Martuti, 2013).

Pada wilayah pesisir pantai terjadi interaksi yang kuat antara perairan laut, payau, sungai dan terestrial, yang menjadikan ekosistem mangrove memiliki keanekaragaman flora maupun fauna yang tinggi. Tumbuh mangrove dapat berasosiasi dengan organisme lain (fungi, mikroba, alga, fauna, dan tumbuhan lainnya) mem-

bentuk komunitas mangrove. Komunitas mangrove selanjutnya berinteraksi dengan faktor abiotik (iklim, udara, tanah, dan air) membentuk ekosistem mangrove. Ekosistem mangrove merupakan mata rantai utama yang berperan sebagai produsen dalam jaring makanan ekosistem pantai (Martuti, 2013).

Mangrove memiliki kemampuan untuk dapat beradaptasi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem, mangrove dapat tumbuh didaerah tanah yang tergenang, dan dapat tumbuh pada daerah dengan kadar garam yang tinggi serta pada kondisi tanah yang kurang stabil (Pratama dan Isdanto, 2017). Karena lingkungan yang ekstrim maka mangrove beradaptasi dengan mengembangkan mekanisme pengeluaran garam dari jaringannya, mengembangkan sistem akar napas untuk memperoleh oksigen bagi perakarannya, terdapat pula beberapa jenis mangrove mengembangkan sistem reproduksi dengan buah yang telah berkecambah saat di pohon induk (vivipar), misalnya *Kandelia*, *Bruguiera*, *Ceriops* dan *Rhizophora* (Warsodirejo, *et. all.*, 2021). Mangrove hanya berkembang baik pada temperatur dari 19° - 40° C, dengan toleransi fluktuasi tidak lebih dari 10° C. Berbagai jenis mangrove di pesisir pantai akan merambah tumbuh menjorok ke zona laut (Idrus, *et. all.*, 2018).

Hutan mangrove memberikan perlindungan kepada berbagai organisme lain baik hewan darat maupun hewan air untuk bermukim dan berkembang biak. Menjadi tempat kehidupan hewan seperti mamalia, amfibi, reptil, burung, kepiting, ikan, primata, serangga dan sebagainya (Idrus *et. all.*, 2018)

Hutan mangrove memerangkap dan mengendapkan sedimen yang terbawa arus pasang surut dari daratan lewat aliran sungai dan laut, sehingga menimbulkan endapan yang semakin lama semakin luas, proses dipercepat jika ditopang oleh tingkat kerapatan dan keragaman struktur tegakan yang terbentuknya di atasnya

(Subekti, 2012). Menurut Imran dan Efendi (2016) dalam Nanlohy, dkk (2017), sedimen dan biomassa tumbuhan mangrove memiliki kaitan erat dalam memelihara efisiensi dan sebagai penyangga antara lautan dan daratan.

Karakteristik hutan mangrove yaitu sebagai berikut (Bengen, 2000) :

- Hutan mangrove umumnya tumbuh di daerah intertidal pada tanah yang berlumpur, berlempung, berpasir dan mendapatkan pasokan air tawar dari darat.
- Daerah hutan mangrove tergenang air laut secara berkala, baik harian maupun hanya tergenang pada saat pasang purnama, frekuensi genangan menentukan komposisi hutan mangrove.
- Hutan mangrove hidup di perairan bersalinitas 2 - 22 permil (payau) sampai salinitas 38 permil (asin).

Pertumbuhan dan perkembangan vegetasi hutan mangrove bergantung pada keadaan lingkungan dan habitatnya. Berdasarkan fisiogami dan tingkat perkembangan vegetasi hutan mangrove terbagi atas beberapa tingkat yaitu:

- 1) *Vegetasi mangrove semak* dengan karakteristik cabang yang banyak, tumbuh membentuk rumpun, tunas anakan rimbun dan pendek, berasal dari spesies pionir yang terdapat pada pantai berlumpur.
- 2) *Vegetasi mangrove muda* dengan karakteristik satu lapis tajuk yang seragam seperti *Rhizophora* sp., walaupun juga terdapat jenis pionir lainnya.
- 3) *Vegetasi mangrove dewasa* dengan karakteristik tegakan tinggi dan besar seperti *Rhizophora* sp. dan *Bruguier* sp., dibawah tajuknya terdapat semai, dan dapat membentuk zona spesifik dengan ketinggian 50-60 m pada keadaan lingkungan yang sesuai (Rahim dan Baderan, 2017).

II.3 Fungsi Umum Hutan Mangrove

Hutan mangrove memiliki fungsi sebagai pelindung terhadap hempasan gelombang dan arus, sebagai tempat asuhan, sebagai tempat mencari makan, berkembang biak berbagai jenis biota laut, juga pohon mangrove sebagai tempat burung bersarang, tempat anggrek, pakis, benalu dan berbagai kehidupan lainnya. Selain itu pula manfaatnya sebagai penghasil kayu bakar, untuk bangunan, arang, bahan obat-obatan, bahan kimia zat pewarna (Tarigan, 2008). Selain itu hutan mangrove berfungsi sebagai penyerap dan penyimpan karbon dalam upaya mitigasi pemanasan global (Azizah *et al.*, 2013)

Daerah hutan mangrove memiliki beragam fungsi yang dapat berpengaruh terhadap aspek ekonomi, sosial, dan ekologis. Hutan mangrove dihuni oleh hewan, tumbuhan dan mikroba yang kemudian akan saling berinteraksi dengan lingkungan membentuk ekosistem mangrove yang khas. Pada hutan mangrove terjadi penumpukan bahan organik yang terdekomposisi yang berasal dari produktivitas primer yang tinggi (Imran dan Efendi, 2016).

Ekosistem mangrove dalam aspek ekonomi, dapat dijadikan sebagai kawasan wisata, pendidikan dan rekreasi, yang menjadi sumber pendapatan bagi masyarakat, dan juga dapat dimanfaatkan sebagai penghasil kayu. Hal ini sangat berkaitan dengan produktivitas primer dan sekunder hutan mangrove, misalnya pada keragaman jenis dan hewan yang berada dikawasan tersebut (Noor, dkk., 2006).

II.4. Fungsi Mangrove Sebagai Mitigasi Iklim

Menurut Whittaker dan Linkens (1975), kemampuan asimilasi karbon hutan mangrove lebih tinggi empat kali lebih banyak daripada kebanyakan hutan tropis

lainnya di iklim tropis. Biomassa serapan karbon suatu vegetasi sangat bervariasi menurut umur, spesies, morfologi, dan lokasi.

Fungsi hutan mangrove dalam mengurangi gas CO₂ di atmosfer melalui proses fotosintesis. Estimasi karbon yang tersimpan dalam tubuh tumbuhan pada suatu lahan dapat menggambarkan banyaknya CO₂ yang diserap oleh tumbuhan. Secara global diperkirakan hutan mangrove dapat menyerap CO₂ / tahun 42 juta ton karbon dari udara dan 25,5 juta ton/tahun dalam bentuk simpanan karbon, yang setara dengan emisi gas karbon dari 25 juta mobil (Donato *et al.* 2011; Azizah *et al.*, 2013).

Bagi wilayah pesisir hutan mangrove memiliki fungsi ekologis misalnya sebagai penyerap dan penyimpan karbon dalam upaya mitigasi pemanasan global. Hutan mangrove di wilayah pesisir sangat diyakini dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif dalam upaya mereduksi gas CO₂ dari atmosfer sehingga memperlambat terjadinya perubahan iklim dunia. Simpanan karbon mangrove terbesar terletak pada sedimen mangrove, yang berasal dari daun, ranting batang mangrove yang terdekomposisi oleh mikroorganisme, dan menjadi salah satu sumber bahan organik bagi organisme dasar perairan (Suryono *et al.*, 2018).

Ekosistem mangrove memainkan peran dalam mitigasi perubahan iklim melalui *karbon sink* yang menyimpan karbon ke dalam biomasnya secara efektif dan efisien. Penyerapan karbon oleh mangrove melalui fotosintesis dan menyimpan karbon ke dalam biomasnya, dan sedimen mangrove dalam jumlah yang besar. Sedimen mangrove dapat berfungsi untuk menyimpan dan menimbun karbon dari hasil dekomposisi serasah maupun nekromassa atau bagian organ pohon yang mati yang ada dipermukaan dan tertimbun sedimen (Hasidu, *et al.*, 2021).

Hutan mangrove di Indonesia berpotensi besar dalam penyerapan CO₂ dari atmosfer dan menyimpannya dalam bentuk biomasnya. Hal ini dapat dilihat dari luasan hutan mangrove di Indonesia yang mencapai 22,4 % dari luasan mangrove dunia atau sekitar 3,22 juta hektar (Majid, *et al.* 2016).

II.5 Sebaran Mangrove di Indonesia

Ekosistem hutan mangrove di Indonesia memiliki keanekaragaman jenis tertinggi di dunia. Keanekaragaman dan sebaran mangrove ini berbeda-beda menurut kondisi wilayah, yang dipengaruhi faktor lingkungan di daerah masing-masing. Menurut Matan, dkk., (2010), di Indonesia jenis mangrove tercatat sebanyak 202 jenis, yang terdiri dari 89 jenis pohon, 5 jenis palem, 14 jenis liana, 44 spesies epifit dan 1 jenis sikas. Namun demikian hanya terdapat kurang lebih 47 jenis tumbuhan spesifik/sejati hutan mangrove. Paling tidak di hutan mangrove terdapat satu jenis tumbuhan sejati yang dominan dari 4 familia yaitu Rhizophoraceae (*Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*), Avicenniaceae (*Avicennia*), Sonneratiaceae (*Sonneratia*), dan Meliaceae (*Xylocarpus*).

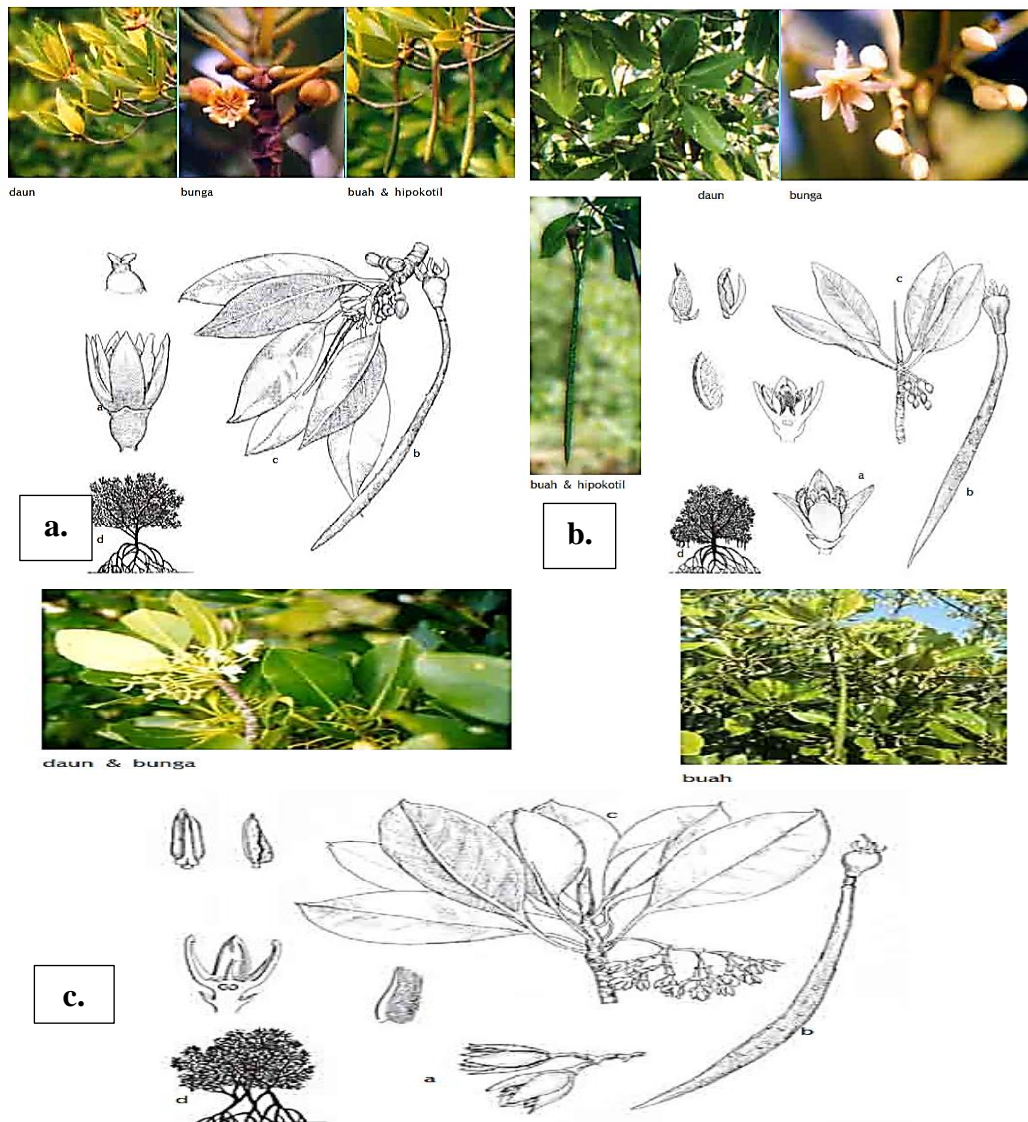
Faktor lingkungan seperti topografi pantai, iklim (cahaya, curah hujan, suhu udara, dan angin), pasang surut, gelombang, arus, salinitas, pH, oksigen terlarut, substrat, nutrient, yang memengaruhi struktur, komposisi, zonasi dan sebaran jenis mangrove di suatu daerah. Umumnya komposisi tegakan mangrove terdiri dari 8 familia dan 12 marga yaitu *Avicennia*, *Rhizophora*, *Sonneratia*, *Lumnitzera*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Xylocarpus*, *Laguncularia*, *Conocarpus*, *Aegiceras*, *Aegiatilis* dan *Snaeda*. Jenis mangrove yang umum dijumpai di pesisir pantai Indonesia adalah bakau *Rhizophora* spp, api-api *Avicennia* spp, pedada *Sonneratia* spp, tanjang *Bruguiera* spp, nyirih *Xylocarpus* spp, tenger *Ceriops* spp dan buta-buta *Exoecaria*

spp. (Matan, dkk., 2010). Khusus di Sulawesi Selatan jenis mangrove yang umum dijumpai adalah dari marga *Rhizophora*, marga ini dapat tumbuh dengan baik di substrat yang berlumpur, dan endapan lumpur terakumulasi (Noor, dkk., 2006).

II.6 Deskripsi Morfologi dan Taksonomi Marga *Rhizophora*

Berikut pada Gambar 1 di bawah ini adalah morfologi 3 jenis dan deskripsinya dari marga *Rhizophora* yaitu *Rhizophora apiculata* Bl., *Rhizophora mucronata* Lmk., dan *Rhizophora stylosa* Griff. (Noor, dkk., 2006).

Mangrove *Rhizophora apiculata* Bl. (bakau minyak, bakau tandok, bakau akik dan mangi-mangi), hidup pada tanah berlumpur halus, dalam dan tergenang pada saat pasang normal, tidak menyukai substrat keras bercampur dengan pasir. Berhabitus pohon dengan tinggi mencapai 30 m, diameter batang mencapai 50 cm, memiliki akar yang khas yang bisa mencapai tinggi 5 m, akar udara yang terkadang keluar dari cabang. Daun bentuk elips menyempit, ujung meruncing, kulit berwarna hijau tua dengan bagian tengah berwarna hijau muda, pada bagian bawah daun berwarna kemerahan, dengan gagang yang kemerahan panjang 17-35 mm. Bunga biseksual, kepala bunga kekuningan yang terletak pada gagang berukuran <14 mm pada ketiak daun, formasi 2 bunga perkelempok. Buah kasar bulat memanjang seperti buah pir, berwarna coklat dengan panjang 2-3,5 cm yang berisi satu biji fertil, sedangkan hipokotil bentuk silindris panjang 18-38 cm dengan diameter 1-2 cm, berbintil, berwarna hijau jingga. *Rhizophora apiculata* Bl. memiliki tingkat dominasi dapat mencapai 90% dari vegetasi yang tumbuh di suatu lokasi. Menyukai perairan pasang surut yang memiliki pengaruh masukan air tawar secara permanen. Kayunya dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, kayu bakar dan arang, dan sering digunakan sebagai tanaman penghijauan (Noor, dkk., 2006).



Gambar 1. Tumbuhan mangrove genus *Rhizophora* **a.** *Rhizophora apiculata* Bl., **b.** *Rhizophora mucronata* Lmk., dan **c.** *Rhizophora stylosa* Griff.

Mangrove *Rhizophora mucronata* Lmk., (bakau hitam/ merah), merupakan salah satu jenis mangrove yang paling tersebar luas. Hidup pada tanah berlumpur halus dan dalam, tergenang saat pasang normal, relatif toleran terhadap substrat yang keras dan berpasir. Berhabitus pohon dengan tinggi mencapai 27 meter (jarang >30 meter), diameter mencapai 70 cm, kulit kayu berwarna gelap hingga hitam. Akar tunjang dan akar udara tumbuh dari percabangan bagian bawah. Daun berwarna hijau, bentuk elips melebar hingga bulat memanjang, ujung runcing, berukuran

11-23 x 5-13 cm, gagang daun berwarna hijau panjang 2,5-5,5 cm. Bunga biseksual, terletak diketiak daun, dengan formasi 4-8 bunga berkelompok, berbunga sepanjang tahun. Buah berwarna hijau-kecoklatan, bentuk lonjong /panjang hingga berbentuk telur, ukuran 5-7 cm, biji tunggal. Hipokotil bentuk silindris kasar berbintil, panjang 46-70 cm dan diameter 2-3 cm. *Rhizophora mucronata* Lmk. tumbuh berkelompok pada pinggir sungai pasang surut dan muara sungai, dan jarang ditemukan pada daerah yang jauh dari pasang surut, tumbuh optimal pada areal tergenang dan tanah kaya humus. Kayunya dimanfaatkan sebagai bahan bakar dan arang, kulit kayu bertannin yang digunakan untuk pewarna dan atau sebagai obat dalam kasus hematuria (Noor, dkk., 2006).

Mangrove *Rhizophora stylosa* Griff. (bakau/bangko), merupakan mangrove berhabitus pohon, tinggi mencapai 10 meter. Kulit kayu halus, bercelah, berwarna abu-abu hingga hitam. Akar tunjang dengan panjang hingga 3 meter dan akar udara yang tumbuh dari cabang bawah. Tumbuh pada habitat pasang surut yang bersubstrat seperti lumpur, pasir, batu maupun pada substrat karang. Daun berwarna hijau kekuningan, kulit daun berderbintik teratur di lapisan bawah, bentuk elips melebar dan ujung meruncing. Bunga yang berbentuk cagak, biseksual, diketiak daun, formasi 8-16 bunga berkelompok. Panjang buah 2-5,4 cm, berbentuk buah pir, warna coklat yang berisi 1 biji fertil. Hipokotil bentuk silindris, berbintil agak halus, panjang 20-35 cm dan diameter 1,5-2 cm. Jenis ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, kayu bakar dan arang (Noor, dkk., 2006).

II.7 Karbon dioksida (CO₂)

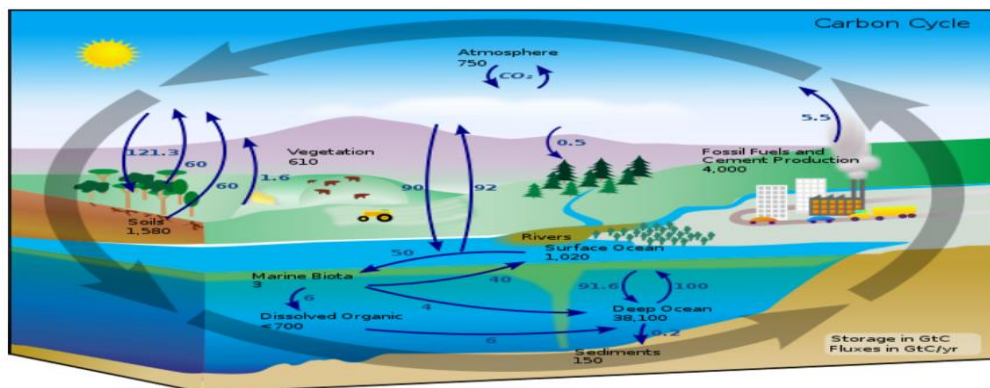
Karbon merupakan unsur penting dalam kehidupan, dalam setiap kali proses pernapasan menyumbangkan karbon ke alam dalam bentuk karbon dioksida (CO₂).

Aktivitas industri dan penggunaan kendaraan bermotor merupakan penyumbang gas karbon di alam. CO₂ di alam dimanfaatkan oleh tumbuhan untuk berfotosintesis, hal inilah yang menunjukkan betapa pentingnya tumbuhan sebagai penyimpan karbon. Namun demikian jika konsentrasi CO₂ di atmosfer terlalu besar maka dapat merugikan kehidupan organisme, salah satu akibatnya adalah terganggunya keseimbangan energi antara bumi dan atmosfer, sehingga memicu terjadinya perubahan iklim global. Peningkatan karbon dalam bentuk gas CO₂ dan CO, metana (CH₄), NO_x, dalam jumlah banyak telah memicu pemanasan global (Purnobasuki, 2012). Menurut Zhang et. al., (2014), karbon adalah unsur kimia dengan nomor atom 6, sedang karbon dioksida terdiri atas dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan atom karbon. Konsentrasi gas CO₂ di alam berada di urutan keempat setelah nitrogen, oksigen dan argon. Karbon di bumi dalam bentuk padat dan cair pada permukaan bumi, tanah, makhluk hidup serta dalam bentuk gas di udara.

Dalam siklus biogeokimia, siklus karbon yang mencakup pertukaran / perpindahan dalam biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer dan atmosfer bumi. Penimbunan karbon ditubuh tumbuhan dinamakan proses *sekuestrasi (C-sequestration)*. Pengukuran jumlah karbon yang tersimpan ditubuh tumbuhan (biomassa) pada suatu lahan, dapat menggambarkan sejumlah CO₂ yang diserap oleh tumbuhan. Sedangkan estimasi karbon tersimpan dibagian tumbuhan yang telah mati (*nekromassa*) secara tidak langsung menggambarkan sejumlah CO₂ yang tidak dilepaskan ke udara. Tumbuhan akan menyerap karbon dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam jaringan tumbuhan, sampai pada waktunya nanti karbon tersebut tersikluskan kembali ke atmosfer (Purnobasuki, 2012).



Perpindahan karbon dari daratan ke atmosfer terjadi melalui proses dekomposisi dan pembakaran, dan pengikatan karbon dalam bentuk CO_2 oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis, yang selanjutnya akan diubah menjadi biomassa. Kontinuitas penyerapan karbon harus terus terjadi agar emisi karbon dapat direduksi, jika tidak maka kuantitas karbon di atmosfer akan semakin tinggi dan menimbulkan pemanasan global (Sutaryo, 2009).



Gambar 2. Siklus Karbon (Sumber: Subekti, 2019)

Pemanasan global menyebabkan peningkatan suhu bumi secara global baik di atmosfer maupun laut, meningkatnya frekuensi dan intensitas kebakaran hutan, kekeringan dan gangguan terhadap berbagai ekosistem. Hal ini diperburuk oleh aktivitas deforestasi dan perubahan tata guna lahan yang menyumbang peningkatan emisi karbon dioksida di atmosfer. Hal ini berkaitan dengan peningkatan simpanan gas rumah kaca (GRK) di atmosfer seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrooksida (N_2O), dan kloroflorokarbon (CFC) (Nedhisa dan Tjahjaningrum, 2019).

II.8 Penanggulangan Peningkatan Jumlah Karbon

Karbon berperan dalam struktur biokimia dan nutrisi pada semua sel organisme. Organisme autotrof yang dapat menghasilkan mensistesis unsur anorganik menjadi senyawa organik sendiri, menggunakan CO_2 yang berasal dari udara dan air di sekitarnya. Melalui fotosintesis, CO_2 akan diserap oleh tumbuhan dan diubah

menjadi karbonat yang disebarkan ke seluruh tubuh tumbuhan dan akhirnya akan ditimbun pada batang, daun dan akar (Sapoetro, dkk., 2018).

Hutan mangrove dapat menyimpan karbon empat kali lebih banyak dan menyerap lima kali lebih cepat dari hutan di daratan (Manafe, dkk., 2016). Karena kemampuan hutan mangrove sebagai penyerap dan penyimpan karbon, sehingga berperan dalam upaya mitigasi akibat dari pemanasan global (Bachmid, et. al., 2018).

II.9 Analisis Vegetasi

Metode analisis vegetasi merupakan metode pendekatan untuk mendeskripsikan suatu vegetasi yang baik secara kuantitatif maupun kualitatif dilihat dari nilai biologis (peranan vegetasi di dalam mendukung kehidupan dan siklus-siklus ekologis di alam misalnya sumber makanan, tempat atau habitat, pengatur iklim dan tata guna air) dan nilai ekonomis (potensi vegetasi dalam mendatangkan nilai dalam bentuk uang atau devisa) (Syafei, 1990).

Analisis vegetasi mangrove penting dilakukan karena banyaknya fungsi dan manfaat mangrove, yang belum diketahui (Usman, dkk., 2013). Analisis vegetasi merupakan suatu cara mempelajari susunan atau komposisi vegetasi secara bentuk (struktur) vegetasi dari tumbuh-tumbuhan. Unsur struktur vegetasi adalah bentuk pertumbuhan, stratifikasi dan penutupan tajuk (Hidayat, dkk., 2017).

II. 10 Estimasi Simpanan Karbon dalam Vegetasi

Ekosistem mangrove berperan dalam perubahan iklim karena kemampuannya mereduksi CO₂ melalui mekanisme *sekuestrasi* (penyerapan CO₂) dari atmosfer, dan tersimpan dalam tumbuhan, dan materi organik tanah. Karbon yang diserap melalui fotosintesis bersama nutrient dari tanah akan menghasilkan bahan organik, disimpan dalam bentuk biomassa (Imiliyana, dkk., 2012).

Biomassa adalah total jumlah materi hidup di atas permukaan pada suatu pohon dan dinyatakan dengan satuan ton berat kering per satuan luas. Pengukuran biomassa hutan mencakup seluruh biomassa hidup yang ada di atas permukaan tanah dan di bawah permukaan tanah maupun bahan organik yang mati meliputi kayu mati dan serasah. Stok karbon diestimasi dari biomasanya dengan mengikuti aturan $\pm 46\%$ biomassa tumbuhan adalah karbon (Agustin, dkk., 2011).

Estimasi simpanan karbon suatu kawasan hutan dapat dilakukan dengan cara mengukur diameter batang pohon setinggi dada (diameter at breast height, DBH), tinggi pohon, berat jenisnya. Diameter, tinggi pohon dan berat jenis menjadi variabel bebas dari persamaan regresi alometrik, sedangkan biomassa merupakan variabel terikat (Imiliyana, dkk., 2012).

II.11 Hutan Mangrove di Kecamatan Belopa

Hutan mangrove di Kecamatan Belopa, Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan merupakan salah satu hutan mangrove yang berperan penting dalam keseimbangan ekosistem, membantu mengurangi emisi gas hasil pembakaran bahan bakar fosil (BBF), pembakaran sampah, dan gas buangan domestik. Mangrove yang terdapat wilayah pesisir Kecamatan Belopa terdapat beberapa jenis mangrove, namun jenis yang paling dominan yaitu marga *Rhizophora* sp. baik yang tumbuh secara alami maupun yang ditanam (rehabilitasi) untuk melindungi daratan dari gelombang dan mengurangi abrasi tanah oleh air laut. Mangrove di Kecamatan Belopa telah banyak dieksploitasi untuk dijadikan areal tambak sehingga populasinya telah berkurang. Namun pada beberapa tahun terakhir ini telah banyak lembaga swasta yang telah melakukan rehabilitasi mangrove di kawasan ini.