

SKRIPSI

ANALISIS SIMPANAN KARBON TEGAKAN MANGROVE

***Rhizophora mucronata* Lmk. dan *Rhizophora apiculata* Blume. DI PANTAI**

HARAPAN, KECAMATAN POMALAA, SULAWESI TENGGARA



O L E H

MEGA KARUNIA SARI

H041181317

DEPARTEMEN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

ANALISIS SIMPANAN KARBON TEGAKAN MANGROVE
Rhizophora mucronata Lmk. dan *Rhizophora apiculata* Blume. DI PANTAI
HARAPAN, KECAMATAN POMALAA, SULAWESI TENGGARA

SKRIPSI

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

MEGA KARUNIA SARI

H041181317

DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS SIMPANAN KARBON TEGAKAN MANGROVE

***Rhizophora mucronata* Lmk. dan *Rhizophora apiculata* Blume. DI PANTAI**

HARAPAN, KECAMATAN POMALAA, SULAWESI TENGGARA

Disusun dan diajukan oleh:

MEGA KARUNIA SARI

H041181317

**Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk
dalam Rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Studi Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
pada Tanggal, 27 Juli 2022
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan**

Menyetujui

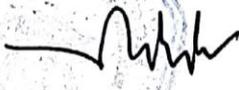
Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama


Dr. Ambeng, M.Si
NIP. 196507041992031004


Drs. Muh. Ruslan Umar, M.Si
NIP. 196302221989031003

Ketua Program Studi


Dr. Nur Haedar, M.Si
NIP. 196801291997022001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mega Karunia Sari
NIM : H041181317
Program Studi : Biologi
Jenjang : S1

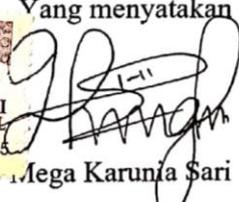
Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul:

**ANALISIS SIMPANAN KARBON TEGAKAN MANGROVE
Rhizophora mucronata Lmk. dan *Rhizophora apiculata* Blume. DI PANTAI
HARAPAN, KECAMATAN POMALAA, SULAWESI TENGGARA**

Adalah karya tulisan 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, 26 Juli 2022

Yang menyatakan

Mega Karunia Sari



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur senantiasa penulis ucapkan keharidat Allah SWT yang telah memberi rahmat dan kesehatan sehingga skripsi dengan judul “*Analisis Simpanan Karbon Tegakan Mangrove Rhizophora mucronata Lmk. dan Rhizophora apiculata Blume. di Pantai Harapan, Kecamatan Pomalaa, Sulawesi Tenggara*” dapat terselesaikan dengan baik yang sekaligus menjadi syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Hasanuddin. Shalawat serta salam semoga tersampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan cahaya yang terang dan petunjuk bagi umat manusia.

Penulis pun menyadari bahwa tanpa dukungan dari beberapa pihak, penulisan skripsi ini tidak dapat terselesaikan dengan baik, oleh karena itu perkenankanlah penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

- Kedua orang tua saya tercinta, yaitu ayahanda Arifin dan ibunda Sitti Salma, S.Pd serta saudara-saudari saya yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang, serta doa yang terus mengalir kepada penulis, sehingga diberikan kelancaran dan kemudahan untuk menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.
- Pembimbing skripsi saya Bapak Dr. Ambeng, M.Si, dan Bapak Drs. Muhammad Ruslan Umar, M.Si yang telah meluangkan waktunya memberikan arahan dan petunjuk dalam pelaksanaan penelitian ini hingga selesainya penelitian ini.
- Tim penguji yaitu Ibu Dr. Irma Andriani, S.Pi., M.Si, dan Ibu Dr. Elis Tambaru, M.Si yang juga sebagai Penasehak Ademik (PA) saya yang telah meluangkan

waktunya memberikan arahan dan petunjuk dalam pelaksanaan penelitian ini hingga terselesaikannya penelitian ini dan selama masa kuliah.

- Ketua Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Ibu Dr. Hj. Nur Haedar, S.Si, M.Si.
- Seluruh dosen, staf pegawai dan laboran laboratorium Departemen Biologi yang telah memberikan banyak ilmu, bantuan dan perhatiannya.
- Teman-teman Biologi Angkatan 2018 serta adik-adik Biologi 2019 yang telah memberikan semangat, dukungan dan doa hingga penyusunan skripsi ini berjalan dengan lancar.
- Teman-teman Pengurus dan Anggota Sobat Bumi Indonesia Makassar, Unit Kegiatan Mahasiswa Keilmuan dan Penalaran Ilmiah (UKM-KPI) Unhas yang selalu mendukung dan memberikan semangat kepada penulis.

Makassar, 22 Juni 2022

Penulis

ABSTRAK

Unsur karbon merupakan salah satu unsur penting bagi kehidupan, namun jika konsentrasinya di atmosfer tinggi akan menyebabkan peningkatan pemanasan global, yang berdampak pada kehidupan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mereduksinya adalah memanfaatkan tumbuhan mangrove. Penelitian tentang Analisis Simpanan Karbon Tegakan Mangrove *Rhizophora mucronata* Lmk. dan *Rhizophora apiculata* Blume. Di Pantai Harapan, Kecamatan Pomalaa, Sulawesi Tenggara, telah dilakukan pada Maret-Mei 2022. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara diameter, biomassa dan simpanan karbon tegakan *R. mucronata* Lmk. dan *R. apiculata* Blume., di Pantai Harapan, Kecamatan Pomalaa. Penelitian ini bersifat non-destructive floristika, data biomassa diolah dengan persamaan allometrik (*allometric equation*) serta simpanan karbon dengan rumus tertentu. Analisis hubungan antar variabel menggunakan uji regresi linear. Pada hasil penelitian diperoleh rata-rata diameter tegakan *R. mucronata* Lmk., pada stasiun 1 (areal revegetasi) 2,826 cm, rata-rata biomassa 0,794 ton/ha, dan rata-rata simpanan karbon 0,397 ton/ha. Sedangkan rata-rata diameter tegakan *R. apiculata* Blume. pada stasiun 2 (mangrove alami) 8,407 cm, rata-rata biomassa 2,568 ton/ha, dan rata-rata simpanan karbon 1,284 ton/ha. Hasil uji regresi menunjukkan diameter, biomassa dan simpanan karbon tegakan *R. mucronata* Lmk. dan *R. apiculata* Blume. pada setiap stasiun penelitian berkorelasi positif dan kuat ($>0,9$). Dengan demikian bahwa semakin besar ukuran diameter batang, maka akan meningkatkan biomassa dan simpanan karbonnya.

Kata Kunci: Mangrove, Diameter Tegakan, Biomassa, Simpanan Karbon, Pantai Harapan

ABSTRACT

The element carbon is one of the things that is not essential for life, but if its concentration in the atmosphere is high it will cause an increase in global warming, which has an impact on life. One of the efforts that can be done to reduce it is to utilize mangrove plants. Research on Analysis of Carbon Deposits in Mangrove Stands *Rhizophora mucronata* Lmk. and *Rhizophora apiculata* Blume. In Harapan Beach, Pomalaa District, Southeast Sulawesi, it was conducted in March-May 2022. This study aimed to determine the relationship between diameter, biomass and carbon storage of *R. mucronata* Lmk. and *R. apiculata* Blume., in Harapan Beach, Pomalaa District. This research is non-destructive floristics, biomass data is processed by allometric equations, and carbon content with certain formulas. Analysis of the relationship between variables using linear regression test. The results showed that the average stand diameter of *R. muconata* Lmk., at station 1 (revegetation area) was 2.826 cm, the average biomass was 0.794 ton/ha, and the average carbon storage was 0.397 ton/ha. Meanwhile, the average standing diameter of *R. apiculata* Blume., at station 2 (natural mangroves) was 8,407 cm, the average biomass was 2,568 ton/ha, and the average carbon storage was 1,284 ton/ha. The results of the regression test showed that the diameter of the biomass and carbon storage of the stands of *R. mucronata* Lmk. and *R. apiculata* Blume. at each research station were positively and strongly correlated (>0.9). Thus, the larger the diameter of the stem, it will increase the biomass and carbon storage.

Keywords: *Mangrove, Stand Diameter, Biomass, Carbon Storage, Harapan Beach*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian	4
I.3 Manfaat Penelitian	4
I.4 Waktu dan Lokasi Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1 Pengertian Mangrove.....	5
II.2 Ekologi dan Fungsi Hutan Mangrove.....	5
II.3 Jenis dan Sebaran Mangrove di Indonesia	9
II.4 Deskripsi Karbon dioksida	12
II.5 Upaya Penanggulangan Peningkatan Jumlah Karbon di Atmosfer.....	14
II.6 Metode Estimasi Simpanan Karbon dalam Vegetasi	15
II.7 Metode Analisis Vegetasi.....	17

IV.7 Kerapatan Jenis Mangrove.....	43
IV.8 Parameter Lingkungan.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
V.1 Kesimpulan.....	47
V.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Model Allometrik mangrove <i>Rhizophora</i> sp.....	26
Tabel 2. Rata-rata Diameter Tegakan, Biomassa dan Simpanan Karbon per Tegakan Jenis Mangrove pada Kedua Stasiun Penelitian di Pantai Harapan.	29
Tabel 3. Perbandingan persamaan garis regresi, koefisien korelasi dan koefisien determinasi hubungan antara rata-rata diameter tegakan dengan biomasnya pada ke dua stasiun penelitian di Pantai harapan, Pomalaa.	37
Tabel 4. Perbandingan persamaan garis regresi, koefisien korelasi dan koefisien determinasi hubungan antara rata-rata biomassa tegakan dengan simpanan karbonnya pada ke dua stasiun penelitian di Pantai Harapan, Pomalaa	39
Tabel 5. Kerapatan individu <i>Rhizophora mucronata</i> Lmk pada Stasiun 1 (Area Revegetasi tahun 2006).	43
Tabel 6. Kerapatan individu <i>Rhizophora apiculata</i> Blume pada Stasiun 2 (Area mangrove alami).....	44
Tabel 7. Data hasil pengukuran empat parameter lingkungan pada areal vegetasi mangrove di kedua stasiun penelitian di Pantai Harapan.....	45
Tabel 8. Perbandingan rerata diameter pada kedua stasiun penelitian.....	56
Tabel 9. Perbandingan Biomassa pada kedua stasiun penelitian	56
Tabel 10. Perbandingan Simpanan Karbon pada kedua stasiun penelitian.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Tumbuhan mangrove jenis <i>Rhizophora mucronata</i> Lmk. (kiri) dan <i>Rhizophora apiculata</i> Blume. (kanan).....	11
Gambar 2. Siklus karbon di atmosfer	13
Gambar 3. Vegetasi mangrove jenis <i>Rhizophora apiculata</i> Blume. (a) dan <i>Rhizophora mucronata</i> Lmk. (b) di Pantai Harapan.....	20
Gambar 4. Peta lokasi pengambilan data lingkaran batang pada tegakan mangrove di Pantai Harapan Kecamatan Pomalaa (Google Map 2022).....	22
Gambar 5. Transek kuadrat 10 m x 10 m	23
Gambar 6. Teknik pengukuran lingkaran batang pada vegetasi mangrove	24
Gambar 7. Perbandingan rata-rata diameter tegakan jenis mangrove pada setiap plot penelitian di Pantai Harapan, Kecamatan Pomalaa	30
Gambar 8. Perbandingan rata-rata biomassa tegakan jenis mangrove pada setiap plot penelitian di Pantai Harapan, Kecamatan Pomalaa	31
Gambar 9. Perbandingan rata-rata simpanan karbon tegakan jenis mangrove pada setiap plot penelitian di Pantai Harapan, Kecamatan Pomalaa ...	33
Gambar 10. Hubungan rata-rata diameter tegakan mangrove dengan biomassa pada setiap stasiun penelitian di Pantai Harapan, Kecamatan Pomalaa	37
Gambar 11. Hubungan rata-rata biomassa dengan simpanan karbon pada setiap stasiun penelitian di Pantai Harapan, Kecamatan Pomalaa	40
Gambar 12. Grafik garis regresi hubungan antara kepadatan dengan biomassa tegakan mangrove pada setiap stasiun penelitian	57
Gambar 13. Kondisi mangrove pada area mangrove alami.....	58
Gambar 14. Kondisi mangrove pada area mangrove Rehabilitasi 2006	58
Gambar 15. Komunitas mangrove di area Rehabilitasi 2006.....	59
Gambar 16. Daun mangrove jenis a). <i>Rhizophora mucronata</i> Lmk., b) jenis <i>Rhizophora apiculata</i> Blume	59
Gambar 17. Proses pengambilan data Parameter Lingkungan	60

Gambar 18. Pembuatan transek dan plot penelitian menggunakan roll meter 60

Gambar 19. Proses pengambilan data diameter batang setinggi dada (130 cm) DBH dan pencatatan DBH pada *tally sheet* 61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Hasil Analisis dan Pengolahan Data.....	56
Lampiran 2. Dokumentasi Pengambilan Data Pada Areal Mangrove di Pantai Harapan, Kecamatan Pomalaa	58

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pemanasan global (*global warming*) merupakan *trending topic* yang banyak diperbincangkan oleh masyarakat dunia. Penyebab utama terjadinya pemanasan global ini adalah meningkatnya suhu dan konsentrasi simpanan gas rumah kaca (GRK) khususnya karbon dioksida (CO_2) di atmosfer, yang berdampak pada perubahan dan ketidakaturan faktor iklim (*climate factor*). Perubahan iklim dipicu oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca yaitu karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dinitrogen oksida (N_2O), Hidro Fluora Carbon (HFC), Per Fluoro Carbon (PFC) dan Sulfur Oksida Flourida (SF_6) di atmosfer (Ihsan, dkk., 2016; IPCC 2001, 2005). Lebih lanjut menurut Rahman (2016), bahwa kontributor terbesar pemanasan global adalah gas CO_2 dan CH_4 , yang berasal dari berbagai aktivitas pembakaran bahan bakar fosil, kendaraan bermotor dan mesin industri yang menyebabkan gas karbon terakumulasi di atmosfer.

Perubahan penggunaan lahan untuk pembangunan fasilitas pemukiman dan industri menjadi salah satu penyebab utama lepasnya karbon terestrial menjadi karbon lepas berupa karbon dioksida (CO_2) di atmosfer yang meningkat secara signifikan. Konsentrasi CO_2 di atmosfer mengalami peningkatan sebesar 31% sejak tahun 1750 dan rata-rata kenaikan konsentrasi 1,9 ppm per tahun selama 10 tahun (1996-2005) (Munoz *et al*, 2013). Sedangkan menurut NASA (1750), bahwa konsentrasi CO_2 di atmosfer hanya 281 ppm, namun pada tahun 2013, CO_2 meningkat hingga 400 ppm, akibat dari *illegal logging* dan konversi lahan (Husna, dkk., 2018).

Pomalaa merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Kolaka yang menjadi wilayah pertambangan nikel terbesar di Sulawesi Tenggara. Sistem pertambangan nikel yang dilakukan oleh PT. Antam Tbk, adalah sistem terbuka (*Open mining*), dengan melakukan pembukaan vegetasi diatas tanah, sehingga menurunkan luasan hutan yang dapat menyerap karbon dioksida dari atmosfer. pada proses pengolahan menjadi ferronikel di pabrik dan aktifitas lainnya akan melepaskan gas karbon dioksida dan polutan partikulat, yang tentunya akan menurunkan kualitas atmosfer.

Pembukaan lahan tambang dengan cara penebangan pohon, berkontribusi besar dalam meningkatkan jumlah karbon di atmosfer sehingga meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca (GRK). Upaya pengalihan fungsi ruang terbuka hijau menjadi lahan tambang, industri, pemukiman, budidaya dan kegiatan lainnya yang terus terjadi, menyebabkan semakin berkurangnya volume serapan karbon dioksida dari atmosfer. Salah satu tindakan yang dapat dilakukan untuk menurunkan tingkat emisi gas rumah kaca di atmosfer adalah menjaga keberadaan dan meningkatkan luasan hutan dan areal bervegetasi, salah satu contohnya adalah restorasi dan rehabilitasi hutan mangrove. Karena semakin luas hutan maka akan semakin meningkat pula serapan dan penyimpanan karbon ke dalam vegetasi.

Hutan mangrove merupakan salah satu komponen terpenting dalam mekanisme pengurangan emisi (mitigasi) karbon. Menurut Ihsan, dkk. (2016), bahwa mangrove menyerap karbon dari atmosfer seiring dengan pertumbuhan, dan karbon tersebut akan tersimpan didedaunan, kayu, perakaran dan materi organik yang berada dalam tanah. Biomassa pada vegetasi mangrove dapat dijadikan sebagai salah satu dasar pertimbangan dalam kegiatan pengelolaan hutan secara lestari, sehingga

dapat dijadikan sebagai salah satu komoditi khususnya dalam perdagangan karbon. Karena cadangan karbon yang terakumulasi pada vegetasi sangat bergantung pada kondisi tegakan sendiri.

Pengelolaan kawasan mangrove yang berkelanjutan akan membantu dalam mengurangi konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di atmosfer. Menurut Suharjo (2011), jika besarnya cadangan karbon tersimpan pada suatu area hutan sudah diketahui, maka dapat diprediksi besarnya fungsi kawasan tersebut dalam mitigasi perubahan iklim. Hutan mangrove melalui proses fotosintesis mengikat gas karbon dioksida (CO_2) dari atmosfer dan menyimpannya dalam bentuk molekul organik. Disamping itu hutan mangrove juga berfungsi sebagai pelindung garis pantai, mencegah intrusi air laut, sebagai tempat tinggal dan mencari makan bagi biota perairan disekitarnya (Rahmattin dan Hidayah, 2020).

Hutan mangrove yang tumbuh di sepanjang Pantai Harapan termasuk dalam kawasan perlindungan perusahaan PT. Antam Tbk, Pomalaa. Mangrove yang tumbuh di daerah ini merupakan tegakan mangrove alami dan hasil rehabilitasi yang berbeda waktu penanamannya. Eksistensi kawasan mangrove ini menjadi sangat penting untuk tetap dipertahankan karena memegang peranan penting dalam upaya mengimbangi laju emisi karbon ke atmosfer, terutama emisi yang dihasilkan dari hasil kegiatan operasional pertambangan.

Estimasi karbon yang tersimpan pada vegetasi mangrove sangat penting untuk dilakukan agar dapat diketahui seberapa besar potensi kawasan hutan mangrove tersebut mampu menyerap CO_2 dari udara dan menyimpan karbon tersebut dalam molekul organik. Dengan pertimbangan dari hasil uraian maka dapat diketahui pen-

tingnya hutan mangrove bagi kehidupan, namun demikian data tentang besaran simpanan karbon pada hutan mangrove di Indonesia masih sedikit, dan terkhusus belum adanya data informasi nilai stok dan simpanan karbon mangrove di wilayah Pantai Harapan, Pomalaa, maka dirasa perlu dilakukannya suatu penelitian simpanan karbon pada mangrove di Pantai Harapan Pomalaa, sebagai data penunjang dalam mitigasi perubahan iklim.

I.2 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui hubungan diameter, biomassa dengan simpanan karbon tegakan *Rhizophora mucronata* Lmk. dan *Rhizophora apiculata* Blume., pada areal mangrove di Pantai Harapan, Kecamatan Pomalaa.

I.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi mengenai data jumlah simpanan karbon di wilayah Pantai Harapan, Pomalaa, Sulawesi Tenggara, dalam pengelolaan hutan mangrove untuk kepentingan mitigasi iklim.

I.4 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret-Mei 2022 yang meliputi studi literatur, survei lapang, pengambilan data di kawasan Pantai Harapan, Kecamatan Pomalaa-Kabupaten Kolaka-Sulawesi Tenggara. Pengambilan data dilakukan pada areal mangrove revegetasi tahun 2006 dan area mangrove alami di Pantai Harapan. Pengolahan data dan analisis data dilakukan di laboratorium Departemen Biologi – Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam – Universitas Hasanuddin.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pengertian Mangrove

Menurut Macnae (1968) asal-usul kata “mangrove” berasal dari perpaduan antara kata Portugis yaitu *mangue* dan kata Inggris *grove*. Sedangkan kata *mangal* dipergunakan untuk komunitas hutan yang terdiri atas jenis-jenis mangrove dan tumbuhan assosiasinya. Kata mangrove (Inggris) dipergunakan baik untuk komunitas pohon-pohonan atau rumput-rumputan yang tumbuh di kawasan pesisir maupun untuk jenis tumbuhan lainnya yang tumbuh yang berasosiasi dengannya, yang paling mendasar untuk dipahami bahwa tumbuhan mangrove merupakan kelompok tumbuhan yang mampu tumbuh dan berkembang pada lingkungan pesisir yang berkadar garam sangat ekstrim, jenuh air, kondisi tanah yang kurang stabil dan anaerob (Pramudji, 2001). Menurut Mastaller (1997), kata mangrove berasal dari kata melayu kuno *mangi-mangi* yang merujuk pada marga *Avicennia* yang masih digunakan saat ini masih di wilayah Indonesia timur (Noor, dkk., 2006).

II.2 Ekologi dan Fungsi Hutan Mangrove

Ekosistem mangrove merupakan komunitas tumbuhan yang membentuk ekosistem pesisir yang tumbuh di daerah pasang surut, tumbuh dan berkembang sesuai toleransinya terhadap salinitas, lama penggenangan, substrat dan morfologi pantainya. Ekosistem mangrove tumbuh sebagai formasi hutan di daerah tropika dan subtropika, pada pesisir pantai rendah dan tenang, berlumpur, yang dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut. Kawasan mangrove akan berubah seiring waktu karena terjadinya pembentukan tanah lumpur serta daratan yang terjadi terus-menerus,

sehingga perlahan-lahan berubah menjadi semi daratan. Mangrove sangat bergantung pada pasang surut air laut dan air tawar yang membawa nutrisi dan endapan pasir/lumpur dari hasil erosi di daratan sebagai bahan dasar pada substratnya. Proses dekomposisi serasah mangrove yang terjadi mampu menunjang kehidupan makhluk hidup di dalamnya (Arief, 2003).

Mangrove memiliki kecenderungan membentuk kerapatan dan keragaman struktur tegakan yang berperan sebagai perangkap endapan. Sedimen dan biomassa tumbuhan mempunyai kaitan erat dalam memelihara efisiensi dan berperan sebagai penyangga antara laut dan daratan (Imran & Efendi, 2016; Nanlohy, dkk, 2017). Hutan mangrove mempunyai karakteristik yang unik dengan berbagai sistem perakaran dan fungsi ekologisnya. Karakteristik hutan mangrove secara umum (Bengen, 2002) sebagai berikut :

- Umumnya tumbuh pada daerah intertidal yang tanahnya berlumpur, berlempung, atau berpasir, dan biasanya menerima pasokan air tawar dari darat
- Daerahnya tergenangi air laut secara berkala, baik setiap hari maupun yang hanya tergenang pada saat pasang purnama, frekuensi genangan menentukan komposisi vegetasi hutan mangrove.
- Terlindung dari gelombang besar dan arus pasang surut yang kuat, air bersalinitas payau (2-22 permil) hingga asin (mencapai 38 permil).

Vegetasi mangrove berkembang berdasarkan keadaan habitatnya. Berdasarkan fisiognomi dan tingkat perkembangannya, vegetasi mangrove terbagi atas beberapa tingkat yaitu vegetasi semak (kategori semai), mangrove muda (kategori pancang), dan mangrove dewasa (kategori pohon). Vegetasi semak berasal dari

spesies-spesies pionir yang terdapat di tepi laut atau pantai berlumpur. Vegetasi semak (*mangrove scrub*), memiliki karakteristik, seperti mempunyai banyak cabang, tumbuh dengan sangat kuat, membentuk rumpun, tunas anakan, rimbun, dan pendek. Vegetasi mangrove muda dicirikan oleh vegetasi dengan satu lapis tajuk seragam seperti *Rhizophora* sp., walaupun terdapat spesies-spesies pionir lainnya. Vegetasi mangrove dewasa dikarakterisasikan dengan pohon *Rhizophora* sp. dan *Bruguiera* sp. yang tinggi dan besar, terdapat semai di bawah tajuk. Pada keadaan lingkungan yang sesuai, kedua spesies mangrove utama membentuk zona spesifik dengan tinggi 50–60 m (Rahim dan Baderan, 2017).

Ekosistem mangrove memiliki peran utama dalam kehidupan yaitu peranan ekologis dan peranan ekonomi bagi ekosistem masyarakat pesisir. Peranan ekologis meliputi 3 fungsi utama yaitu (Ati, dkk., 2014):

- Fungsi fisik : sebagai penghalang terhadap erosi pantai, tiupan angin kencang, dan gempuran ombak yang kuat, membantu perluasan daratan ke laut, pengolah limbah organik, penunjang ekosistem lain seperti padang lamun dan terumbu karang. Mangrove memiliki sistem perakaran yang kuat dan kokoh sehingga dapat meredam gelombang, menahan lumpur dan melindungi pantai dari erosi.
- Fungsi biologis : ekosistem mangrove berperan menjaga kestabilan produktivitas dan ketersediaan sumber daya hayati di wilayah pesisir, karena menjadi daerah bertelur, pemijahan, pengasuhan, perlindungan, mencari makan, dan menjadi habitat berbagai jenis margasatwa lainnya.
- Fungsi kimiawi : karena kemampuan dalam proses kimia dan pemulihan yaitu sebagai penyerap bahan pencemar khususnya bahan organik serta pemasok ba-

han organik bagi lingkungan perairan. Mangrove mampu menyerap karbon di atmosfer dan menyimpannya dalam biomassa dan sedimen, sehingga sangat berperan dalam mitigasi perubahan iklim global.

Peran ekonomi ekosistem mangrove berhubungan dengan tingkat produktifitas primer dan sekundernya, yang dapat dilihat dari keragaman jenis tumbuhan dan hewan yang hidup di kawasan tersebut yang dapat menjadi sumber pendapatan bagi masyarakat. Contohnya sebagai penghasil kayu dan non kayu, serta berpotensi untuk fungsi pendidikan dan rekreasi.

Habitat mangrove yang dihuni oleh berbagai jenis tumbuhan, hewan, dan mikroba yang berinteraksi dengan lingkungan membentuk ekosistem mangrove yang khas. Kawasan hutan mangrove bersifat multi manfaat yang berpengaruh terhadap aspek sosial, ekonomi, dan ekologi. Menurut Imran dan Efendi (2016), bahwa ekosistem mangrove memiliki tingkat produktivitas tinggi dibandingkan ekosistem lainnya, hal ini dimungkinkan karena terjadinya dekomposisi bahan organik yang tinggi, dan menjadikannya sebagai mata rantai ekologis yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di perairan sekitarnya. Banyaknya materi organik ini menjadikan fungsi biologis hutan mangrove menjadi penting, vegetasi mangrove juga berkecenderungan membentuk kerapatan dan keragaman struktur tegakan sebagai perangkap sedimen dan perlindungan erosi pantai.

Hutan mangrove juga berperan penting sebagai *sink* (penyerap/penyimpan karbon) dan *source* (pengemisi karbon). Deforestasi dan degradasi hutan akan meningkatkan *source*, sedangkan forestasi, reforestasi, kegiatan pertanaman lainnya dan konservasi hutan akan meningkatkan *sink*. Dalam pengelolaan hutan secara

lestari maka penyerapan karbon merupakan jasa yang dapat diberikan oleh sektor kehutanan. Sebaliknya kegiatan kehutanan yang berhubungan dengan serapan karbon akan mendukung pengelolaan hutan lestari (Sapoetro, dkk., 2018).

Hutan mangrove di Indonesia memiliki potensi besar dalam penyerapan CO₂ dari atmosfer dan menyimpannya dalam bentuk biomassa tubuh. Hal ini dapat dilihat dari luasan hutan mangrove di Indonesia yang mencapai 22,4 % dari luasan mangrove dunia atau sekitar 3,22 juta hektar (Ilman *et al.* 2016). Mengacu pada luas, nilai simpanan karbon dan tingkat kerentanannya, maka ekosistem mangrove Indonesia berperan penting dalam upaya mitigasi perubahan iklim baik pada taraf nasional maupun global.

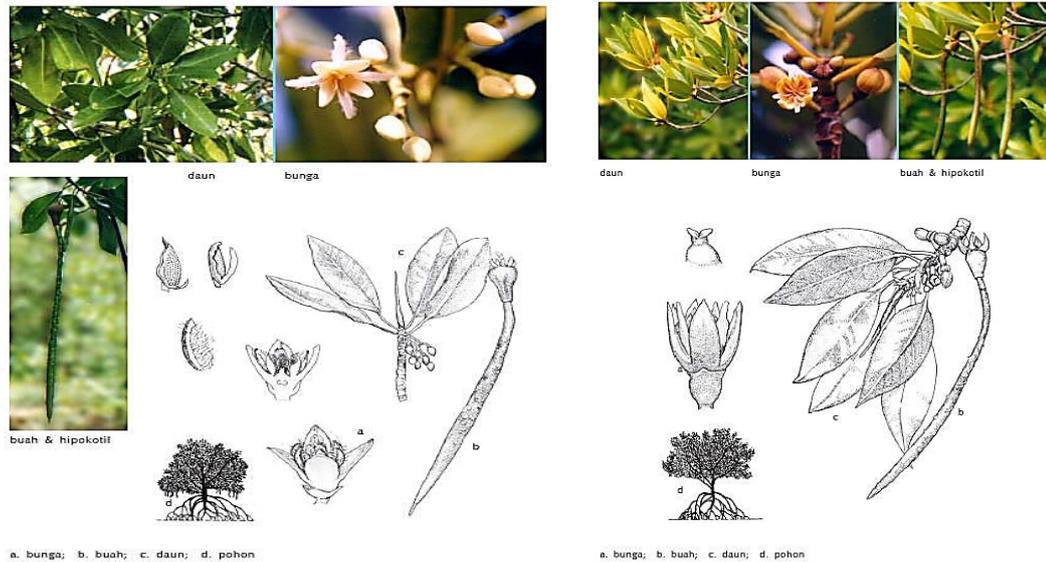
Hutan mangrove merupakan produsen primer sebagai penyerap karbon dengan tingkat intensitas yang lebih besar daripada tumbuhan daratan. Menurut Whittaker dan Linkens (1975), kemampuan asimilasi karbon hutan mangrove lebih tinggi empat kali lebih banyak daripada kebanyakan hutan tropis lainnya di seluruh dunia. Biomassa serapan karbon suatu vegetasi sangat bervariasi menurut umur, spesies, morfologi, dan lokasi. Lebih lanjut menurut Donato *et al.* (2011), bahwa dengan mengukur jumlah karbon yang disimpan dalam tubuh tumbuhan hidup pada suatu lahan dapat menggambarkan banyaknya CO₂ yang diserap oleh tumbuhan dari atmosfer. Tiap tahun hutan mangrove dapat menyerap 42 juta ton karbon di udara atau setara dengan emisi gas karbon dari 25 juta mobil.

II.3 Jenis dan Sebaran Mangrove di Indonesia

Luas kawasan hutan mangrove di Indonesia mencapai 25% dari total luas hutan mangrove di dunia. Luas hutan mangrove Indonesia yaitu 4,25 juta hektar atau

3,98 % dari seluruh luas hutan di Indonesia (Nontji, 1987). Areal Hutan mangrove Indonesia merupakan tempat mangrove terluas di dunia (18 - 23%) melebihi Brazil (1,3 juta ha), Nigeria (1,1 juta ha) dan Australia (0,97 juta ha). Umumnya mangrove dapat ditemukan di seluruh kepulauan Indonesia, namun mangrove terluas terdapat di Irian Jaya sekitar 1.350.600 ha (38%), Kalimantan 978.200 ha (28%), Sumatera 673.300 ha (19%), dan hanya 15% tersebar di pulau-pulau lainnya. Oleh karena Indonesia memiliki garis pantai nomor dua terpanjang di dunia dan berada di iklim tropis maka memungkinkan tumbuhnya ekosistem mangrove yang luas, dengan keanekaragaman jenis tertinggi, terdapat 40 jenis mangrove sejati di Indonesia dari 50 jenis mangrove sejati yang tersebar di seluruh dunia (Noor, dkk., 2006)

Menurut Supriharyono (2000) jenis mangrove yang tumbuh di Indonesia tercatat sebanyak 38 spesies, yang tergolong ke dalam beberapa marga utama, diantaranya marga *Rhizophora*, *Avicennia*, *Sonneratia*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Xylocarpus*, *Barringtonia*, *Lumnitzera*, *Nypa*, dan kelompok dari Genus *Rhizophora* merupakan yang paling dominan dijumpai di Sulawesi khususnya di Sulawesi Tenggara. Hal ini dikarenakan mangrove marga *Rhizophora* tumbuh dengan baik pada tanah yang berlumpur, terutama di daerah dimana endapan lumpur terakumulasi. Selain itu, lahan untuk habitat mangrove umumnya digenangi oleh aliran pasang surut air laut yang sedang serta terlindung dari hempasan ombak (Noor, dkk., 2006). Berikut Gambar 1, adalah morfologi dari 2 spesies marga *Rhizophora* yaitu *Rhizophora mucronata* Lmk., dan *Rhizophora apiculata* Blume.



Gambar 1. Tumbuhan mangrove jenis *Rhizophora mucronata* Lmk. (kiri) dan *Rhizophora apiculata* Blume. (kanan) (Sumber: : <http://www.wetlands.or.id>).

Mangrove jenis *Rhizophora mucronata* Lmk. dan *Rhizophora apiculata* Blume, termasuk jenis mangrove yang berhabitus kategori pohon dengan ketinggian mencapai 27-30 m. Batang memiliki diameter 50-70 cm dengan kulit kayu berwarna gelap hingga hitam dan berubah-ubah. Akar tunjang dan akar udara yang tumbuh dari percabangan bagian bawah. Jenis *R. mucronata* Lmk, biasanya disebut sebagai bakau hitam ataupun bakau merah, dan bakau putih untuk jenis *R. apiculata* Blume. Perbedaan kedua jenis mangrove ini dapat dilihat dari formasi bunganya, untuk jenis *R. mucronata* Lmk., memiliki formasi kelompok bunga dengan 4-8 bunga per kelompok. Sedangkan untuk jenis *R. apiculata* Blume, memiliki formasi kelompok bunga dengan 2 bunga per kelompok. Mangrove *Rhizophora* tumbuh pada tanah berlumpur, halus, dalam dan tergenang pada saat pasang normal, tingkat dominansi dapat mencapai 90 % dari vegetasi yang tumbuh. Tumbuh lambat, tetapi perbungaan terdapat sepanjang tahun. Jenis *R. mucronata* Lmk., merupakan salah satu jenis mangrove yang paling penting dan tersebar luas (Suryanti, dkk., 2019).

Klasifikasi tumbuhan mangrove marga *Rhizophora* berdasarkan Soepomo (2009) adalah sebagai berikut :

Regnum : Plantae
Divisio : Spermatophyta
Sub divisio : Angiospermae
Classis : Dicotyledoneae
Sub classis : Dialypetalae
Ordo : Myrtales
Familia : Rhizophoraceae
Genus : *Rhizophora*
Species : - *Rhizophora mucronata* Lmk, dan
- *Rhizophora apiculata* Blume.

II.4 Deskripsi Karbon dioksida

Karbon ataupun zat arang adalah unsur kimia dengan simbol C dan memiliki nomor atom 6, sedangkan karbon dioksida (CO₂) merupakan molekul yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. Keberadaan gas karbon dioksida di alam semesta berada pada peringkat keempat setelah nitrogen, oksigen dan argon. Karbon dapat ditemukan dalam bentuk padat dan cair pada kerak bumi, permukaan tanah, makhluk hidup, dan dalam bentuk gas di udara. Jumlah biomassa suatu vegetasi dapat menggambarkan jumlah karbon yang terserap (Zhang *et al.*, 2014).

Siklus karbon merupakan suatu siklus biogeokimia yang mencakup pertukaran /perpindahan karbon diantara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer dan atmosfer bumi. Siklus karbon diatas menunjukkan bahwa konsentrasi CO₂ di udara bisa

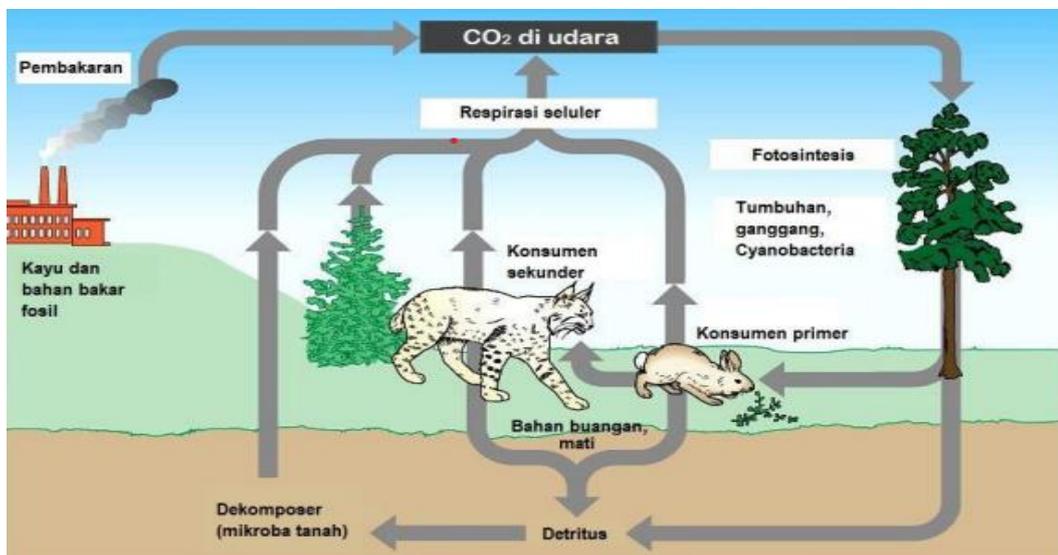
diminimasi oleh peran utama tumbuhan dengan kemampuan fotosintesisnya.



Berpindahnya karbon yang ada di daratan ke atmosfer terjadi melalui proses dekomposisi dan pembakaran karbon yang terjadi di daratan, dan pengikatan karbon dalam bentuk CO_2 oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis, yang selanjutnya akan dirubah 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).



Selama penguraian residu tanaman, simpanan karbon terfiksasi dalam pro-ses fotosintesis dipindahkan ke permukaan tanah untuk pertumbuhan struktur tumbuhan dan sisanya berpindah ke tanah. Karbon yang berpindah ke tanah kemudian menyatu ke dalam agregat tanah melalui proses humifikasi. Berikut pada Gambar 2, adalah siklus biogeokimia dari karbon di alam.



Gambar 2. Siklus karbon di atmosfer (Sumber: Pearson education., Inc).

Perubahan iklim sebagai efek dari pemanasan global menyebabkan peningkatan suhu bumi baik di atmosfer maupun laut, peningkatan frekuensi dan intensitas kebakaran hutan, kekeringan dan gangguan terhadap berbagai ekosistem yang dapat menyebabkan bencana. Hal ini diperburuk oleh aktifitas deforestasi dan perubahan tata guna lahan yang berperan dalam peningkatan emisi karbon dioksida di atmosfer. Kejadian tersebut erat kaitannya dengan peningkatan simpanan gas rumah kaca (GRK) seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), nitro-oksida (N₂O), kloro-floro-karbon (CFC), dll (Nedhisa dan Tjahjaningrum, 2019; IPCC, 2006).

Peningkatan konsentrasi karbon dioksida di atmosfer memicu meningkatnya proses pemanasan global. Fenomena ini akan berdampak serius dan mengancam kehidupan makhluk hidup di muka bumi (Mutiara, 2016). Hasil studi oleh Sapoetro, dkk., (2018), menunjukkan sumber emisi terbesar berasal dari sektor energi yaitu pembangkit listrik 24%, industri 14%, transportasi 14%, konstruksi 8% dan sumber energi lain. Emisi dari sektor non energi yaitu perubahan lahan termasuk kehutanan mencapai 18%, pertanian 14% dan limbah 3%.

II.5 Upaya Penanggulangan Peningkatan Jumlah Karbon di Atmosfer

Peningkatan penyerapan cadangan karbon dapat dilakukan dengan cara (a) meningkatkan pertumbuhan biomassa hutan secara alami, (b) menambah cadangan kayu pada hutan yang ada dengan penanaman pohon atau mengurangi pemanenan kayu, dan (c) mengembangkan hutan dengan jenis pohon yang cepat tumbuh. Karbon yang diserap oleh tumbuhan tersimpan dalam bentuk biomassa kayu, sehingga cara yang paling mudah untuk meningkatkan cadangan karbon adalah dengan menanam dan memelihara tumbuhan memiliki struktur kayu keras misalnya mangrove

(Rahayu, 2004). Karbon memiliki peran yang penting dalam struktur, biokimia, dan nutrisi pada semua sel makhluk hidup. Organisme autotrof termasuk organisme yang dapat menghasilkan senyawa organik sendiri dengan menggunakan karbon dioksida yang berasal dari udara dan air di sekitarnya. Melalui proses fotosintesis, CO₂ diserap tumbuhan dan diubah menjadi karbohidrat yang kemudian disebarkan ke seluruh tubuh tumbuhan dan akhirnya ditimbun dalam akar, batang, dan daun (Sapoetro, dkk., 2018)

Proses penimbunan karbon dalam tubuh tumbuhan hidup dinamakan proses sekuestrasi atau dikenal dengan nama *carbon sequestration*. Karbon yang masih tersimpan dalam bagian tumbuhan yang sudah mati (*nekromassa*) dan seresah akan menggambarkan informasi CO₂ tidak dilepaskan di udara atau dikenal dengan konsep dijerap. Tumbuhan (fotoautotrof) melalui proses fotosintesis menyerap CO₂ dari atmosfer dan mengubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menimbunnya dalam biomassa tubuh seperti dalam batang, daun, akar, umbi buah dan lain-lain, sehingga hasil dari proses keseluruhan fotosintesis ini disebut juga dengan produktifitas primer, dalam aktifitas respirasi, sebagian CO₂ yang sudah terikat akan dilepaskan kembali dalam bentuk CO₂ ke atmosfer. Selain melalui respirasi, sebagian dari produktifitas primer akan hilang melalui berbagai proses misalnya *herbivory* dan dekomposisi (Sutaryo, 2009).

II.6 Metode Estimasi Simpanan Karbon dalam Vegetasi

Pendugaan biomassa tumbuhan dibutuhkan untuk mengetahui perubahan cadangan karbon dan tujuan lainnya. Pendugaan biomassa di atas permukaan tanah sangat penting untuk mengkaji cadangan karbon dan efek dari deforestasi serta pe-

nyimpanan karbon dalam konteks keseimbangan karbon secara global. Karbon tiap tahun biasanya dipindahkan dari atmosfer ke ekosistem yang masih “muda” atau seolah baru terbentuk dan belum membentuk konsep ‘klimaks’, seperti hutan tanaman atau hutan baru setelah penebangan, kebakaran atau gangguan lainnya. Potensi penyerapan karbon ekosistem dunia tergantung pada tipe dan kondisi ekosistemnya yaitu komposisi jenis, struktur, dan sebaran umur (khusus untuk hutan) (Hairiah *et al.* 2001).

Biomassa adalah total berat atau volume organisme dalam suatu area atau volume tertentu (IPCC,1995). Biomassa juga didefinisikan sebagai total jumlah materi hidup di atas permukaan pada suatu pohon dan dinyatakan dengan satuan ton berat kering per satuan luas (Brown, 1997). Umumnya karbon menyusun 45-50% dari biomassa tumbuhan sehingga konsentrasi karbon dapat diduga setengah dari jumlah biomassa. Dalam perkembangannya, pengukuran biomassa hutan mencakup seluruh biomassa hidup yang ada di atas dan di bawah permukaan dari pepohonan, semak, palem, anakan pohon, dan tumbuhan bawah lainnya, tumbuhan menjalar, liana, epifit dan sebagainya ditambah dengan biomassa dari tumbuhan mati seperti kayu dan serasah (Sutaryo, 2009).

Inventarisasi karbon pada ekosistem daratan disimpan dalam 3 komponen pokok (Sapoetro, dkk. (2018) yaitu:

- Bagian hidup (biomassa): massa bagian vegetasi yang masih hidup yaitu batang, ranting dan tajuk pohon, tumbuhan bawah atau gulma dan tanaman semusim.
- Bagian mati (nekromasa): massa 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 mengalami pelapukan.

- Tanah (bahan organik tanah): sisa makhluk hidup (tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme) yang telah mengalami dekomposisi, baik sebagian maupun seluruhnya dan telah menjadi bagian dari tanah.

Sedangkan berdasarkan keberadaannya di alam, ketiga komponen tersebut dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu (1) biomassa di bawah permukaan atau *below ground biomass* (BGB), meliputi: biomassa akar, dan bahan organik tanah. (2) biomassa di atas permukaan atau *above ground biomass* (AGB), meliputi: biomassa pohon, biomassa tumbuhan bawah, nekromasa (tegakan pohon yang sudah mati), dan seresah

Simpanan karbon dapat diduga melalui persamaan regresi allometrik dari biomassa pohon yang didasarkan pada fungsi diameter pohon. Beberapa penelitian yang menduga potensi karbon melalui persamaan regresi allometrik telah dilakukan pada mangrove jenis *Rhizophora* sp. dan *Bruguiera* sp. dimana simpanan biomassa pohon merupakan fungsi dari diameter pohon. Pendugaan biomassa dapat dijadikan sebagai penduga kasar laju produktivitas suatu individu jenis atau komunitas. Pada setiap kelas diameter pohon, bahan organik batang merupakan bahan organik terbesar sedangkan yang terendah adalah pada bunga dan buah. Bahan organik tersebut terakumulasi di batang, terutama pada segmen batang yang pertama.

II.7 Metode Analisis Vegetasi

Metode analisis Vegetasi merupakan suatu metode pendekatan yang digunakan untuk mendeskripsikan suatu vegetasi baik secara kuantitatif maupun kualitatif

tatif untuk melihat dua nilai penting (Syafei, 1990) yang teramati yaitu :

- Nilai ekonomi, merupakan nilai yang dapat dilihat dari potensi vegetasi dalam mendatangkan nilai dalam bentuk uang atau devisa.
- Nilai biologi, merupakan nilai yang dapat dilihat dari peranan vegetasi didalam mendukung kehidupan dan siklus-siklus ekologis di alam misalnya sumber makanan, tempat / habitat, pengatur iklim dan tata guna air.

Metode dalam analisis vegetasi dapat dikelompokkan dalam 2 cara yaitu :

- Metode destruktif : digunakan untuk menduga jumlah materi organik yang dihasilkan oleh suatu komunitas tumbuhan, melalui variabel *produktifitas primer* ataupun biomassa, dengan mengharuskan peneuaian /pemanenan.
- Metode non destruktif : digunakan untuk melihat bentuk hidup, jumlah, dan peranannya dalam komunitas, metode ini dibedakan atas 2 yaitu Non Destruktif – Floristika (kualitatif) dan Non Destruktif – Floristika (Kuantitatif)

Habitus mangrove berdasarkan tinggi batang pada umumnya diklasifikasikan menjadi 2 (dua) kategori (Sukardjo, 1987) sebagai berikut:

- Kategori pancang dengan karakteristik tumbuhan berkayu dengan lingkaran batang < 10 cm dan tinggi > 1,5 m.
- Kategori pohon dengan karakteristik tumbuhan berkayu dengan lingkaran batang ≥ 10 cm dan tinggi > 1,5 m.

Pada dasarnya cara pengukuran lingkaran batang pada tegakan mangrove (Rahamattin dan Hidayah, 2020) dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

- Jika pohon tegak normal dan tanah landai, DBH diukur pada ketinggian 1,3 m dari permukaan tanah.

- Apabila pohon yang bercabang jika ketinggian 1,3 m tepat berada pada awal percabangan, maka DBH diukur di bagian bawah cabang yang masih normal.
- Jika pohon miring dan tanah landai, DBH diukur pada ketinggian 1,3 m dari permukaan tanah terdekat atau searah dengan kemiringan pohon.
- Jika pohon tegak normal pada lahan miring, DBH diukur pada ketinggian 1,3 m dari permukaan tanah tertinggi.
- Jika letak percabangan diatas 1,3 meter maka diameter pohon dihitung setiap percabangan.
- Pohon yang memiliki akar dengan ketinggian lebih dari 1,3 meter dari permukaan tanah, maka diameter pohon mulai dihitung pada batas atas akar.

II.8 Deskripsi Hutan Mangrove di Pantai Harapan

Hutan mangrove yang tumbuh di kawasan Pantai Harapan, Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka - Sulawesi Tenggara memiliki peranan penting terhadap keseimbangan ekosistem di daerah ini. Hutan mangrove di pantai ini dapat membantu mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor, rumah tangga, pembakaran sampah serta kegiatan industri yang beroperasi aktif di wilayah tersebut. Hal ini dikarenakan vegetasi dapat menyerap gas maupun debu dari udara. Jenis mangrove di Pantai Harapan adalah *Rhizophora apiculata* Blume., yang tumbuh secara alami. Sedangkan mangrove jenis *Rhizophora mucronata* Lmk. merupakan jenis vegetasi mangrove yang sengaja ditanam yang digunakan untuk melindungi daratan dari gelombang air laut dan mengurangi aberasi tanah oleh air laut. Selain itu, terdapat pula mangrove jenis *Avicennia* sp. dan *Sonneratia* sp., yang jumlahnya sangat sedikit.

Vegetasi mangrove di Pantai Harapan secara khas memperlihatkan adanya zonasi yang berkaitan erat dengan tipe tanah (lumpur, pasir atau gambut), keterbukaan (terhadap hempasan gelombang), salinitas serta pengaruh pasang surut air laut. Formasi hutan mangrove biasanya didahului oleh jenis *Sonneratia* dan *Avicennia* sebagai pionir yang memagari daratan dari kondisi laut dan angin. Jenis tersebut mampu hidup di tempat terendam air waktu pasang karena memiliki akar pasak. Mengarah ke daratan banyak ditumbuhi jenis *Rhizophora* sp, tempat tumbuh jenis ini tidak selalu terendam air walau kadang terendam air (Noor, dkk., 2006). Jenis *Rhizophora* sp. lebih dominan di kawasan ini disebabkan kemampuannya beradaptasi dan bertoleransi yang tinggi terhadap substrat berlumpur, dan kondisi salinitas 32-34 ppt (Kolinug, dkk., 2014).



Gambar 3. Vegetasi mangrove jenis *Rhizophora apiculata* Blume. (a) dan *Rhizophora mucronata* Lmk. (b) di wilayah Pantai Harapan (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2021).