# ANALISIS STOK KARBON EKOSISTEM MANGROVE DI TAMAN NASIONAL WAY KAMBAS

# Skripsi

# Oleh RIDHA MULIATI YAUMIL AKHIR 1714201029



FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG BANDAR LAMPUNG 2021

#### **ABSTRAK**

# ANALISIS STOK KARBON EKOSISTEM MANGROVE DI TAMAN NASIONAL WAY KAMBAS

#### Oleh

#### RIDHA MULIATI YAUMIL AKHIR

Penelitian mengenai peran ekologis mangrove sebagai ekosistem yang mampu menyerap karbon (CO<sub>2</sub>) termasuk informasi mengenai stok karbon ekosistem mangrove di Taman Nasional Way Kambas (TNWK) belum tersedia. Penelitian dilakukan pada bulan Januari-Maret 2021 di Taman Nasional Way Kambas, Lampung Timur, Provinsi Lampung untuk mengetahui stok karbon yang tersimpan pada tegakan, serasah dan sedimen mangrove serta mengestimasi total dan potensi karbon tersimpan pada keseluruhan ekosistem mangrove. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dianalisis dengan persamaan alometrik untuk tegakan mangrove, bahan organik dari serasah, dan metode pengabuan kering (LOI) untuk sedimen. Hasil penelitian menunjukkan ekosistem mangrove TNWK terbagi ke dalam empat komunitas yaitu bakau, api-api, campuran dan nipah. Estimasi karbon yang terserap pada tegakan, serasah dan sedimen mangrove dari keempat komunitas adalah 278,80 ton/ha karbon tegakan; 4,89 ton/ha karbon serasah; dan 177,6 ton/ha karbon sedimen. Estimasi karbon yang tersimpan pada setiap komunitas adalah bakau 143,02 ton; api-api 15.692,86 ton; campuran 2.457,15 ton; dan nipah 2.734,46 ton. Ekosistem mangrove Taman Nasional Way Kambas diperkirakan mampu menyimpan karbon hingga sebesar 21.027,49 ton.

Kata kunci: Karbon, Mangrove, Sedimen, Serasah, Tegakan.

#### **ABSTRACT**

# CARBON STOCK ANALYSIS OF MANGROVE ECOSYSTEM IN WAY KAMBAS NATIONAL PARK

 $\mathbf{B}\mathbf{v}$ 

#### RIDHA MULIATI YAUMIL AKHIR

Research on the ecological role of mangroves as an ecosystem capable of absorbing carbon (CO<sub>2</sub>) including information on the carbon stock of mangrove ecosystem in Way Kambas National Park (TNWK) is not yet available. The research was conducted in January-March 2021 in Way Kambas National Park, East Lampung, Lampung Province to determine the carbon stock stored in mangrove stands, litter and sediments, and to estimate the total and potential carbon stored in the entire mangrove ecosystem. The methods in this research were analyzed by allometric equations for mangrove stands, organic materials of litter, and the loss on ignition (LOI) method for mangrove sediments. The results showed that the mangrove ecosystem of TNWK was divided into four communities, namely rhizopora, avicenna, mixed species, and nypah. The estimated carbon absorbed in stands, litter and mangrove sediments from four communities is 278,80 tons/ha standing carbon; 4,89 tons/ha of carbon litter; and 177,6 tons/ha of sedimentary carbon. The estimated carbon stored in each community was 143,02 tons at rhizopora; 15.692,86 tons at avicenna; 2.457,15 tons at mix species; and 2.734,46 tons at nypah. The Mangrove Ecosystem of Way Kambas National Park was estimated to be able to store up to 21.027,49 tons of carbon.

Keyword: Carbon, Litter, Mangrove, Sediment, Stands.

# ANALISIS STOK KARBON EKOSISTEM MANGROVE DI TAMAN NASIONAL WAY KAMBAS

## Oleh

## RIDHA MULIATI YAUMIL AKHIR

# Skripsi

# Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar SARJANA PERIKANAN

#### **Pada**

Jurusan Perikanan dan Kelautan Fakultas Pertanian



FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG BANDAR LAMPUNG 2021 Judul

: ANALISIS STOK KARBON EKOSISTEM

MANGROVE DI TAMAN NASIONAL WAY

**KAMBAS** 

Nama Mahasiswa

: RIDHA MULIATI YAUMIL AKHIR

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1714201029

Program Studi

: Sumberdaya Akuatik

Fakultas

: Pertanian

# MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si.

NIP. 196505011989021001

**Darma Vuliana, S.Kel., M.Si.** NIP. 198907082019032017

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.

NIP. 197008151999031001

# **MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

: Dr. Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si.

Sekretaris

: Darma Yuliana, S.Kel., M.Si.

Anggota : Ir. Suparmono, M.T.A.

2. Dekan Fakultas Pertanian

**Prof. Dr. 6/Irwan Sukri Banuwa, M.Si.** 2019.196119201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 8 November 2021

#### PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama

: Ridha Muliati Yaumil Akhir

NPM

: 1714201029

Jusul Skripsi : Analisis Stok Karbon Ekosistem Mangrove di Taman Nasional

Way Kambas

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini adalah murni hasil karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan dan data yang saya dapatkan. Karya ini belum pernah dipublikasikan sebelumnya dan bukan plagiat dari karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terbukti terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 13 Desember 2021

Yang Membuat Pernyataan

D1AJX552040105

Ridha Muliati Yaumil Akhir NPM, 1714201029

#### RIWAYAT HIDUP



Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara yang dilahirkan di Kecamatan Bekasi Selatan, Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat pada tanggal 21 Oktober 1998, dari pasangan Bapak Umiyatno dan Ibu Nuning Indri Astuti. Penulis memulai pendidikan formal di Taman Kanak-kanak (TK) Sentosa dan diselesaikan pada tahun 2004, Sekolah Dasar (SD) di SD Ne-

geri Ujung Menteng 03 Pagi diselesaikan pada tahun 2010, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di MTs Negeri 31 Jakarta diselesaikan pada tahun 2013, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di MAN 8 Jakarta diselesaikan pada tahun 2016. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke strata 1 (S1) di Program Studi Sumberdaya Akuatik, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Kimia Dasar, Avertebrata Akuatik, Pencemaran Perairan, Biologi Perikanan,
dan Limnologi. Penulis juga telah mengikuti kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN)
di Desa Penawar, Kecamatan Gedung Aji, Kabupaten Tulang Bawang pada bulan
Januari-Februari 2020, melakukan kegiatan magang di Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan (P3KLL) pada bulan Juli 2019,
dan melakukan kegiatan Praktik Umum (PU) di Pelabuhan Perikanan Pantai Lempasing pada bulan Juli 2020. Penulis juga aktif mengikuti organisasi tingkat jurusan sebagai anggota Bidang Pengkaderan di Himpunan Mahasiswa Perikanan dan
Kelautan (Himapik) periode 2018/2019 dan 2019/2020.

## **PERSEMBAHAN**

## Bismillahirahmanirrahim

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan berkahnya sehingga skripsi ini telah selesai sebagai syarat seorang mahasiswa untuk memperoleh gelar sarjana.

Kupersembahkan skripsi ini kepada:

Orang tua tercinta, Bapak Umiyatno dan Ibu Nuning Indri Astusi Kakak-kakak ku tersayang, Mas Angga, Mas Dito, dan Mba Ranti Serta

Almamater tercinta, Universitas Lampung

#### **MOTTO**

"Balas dendam terbaik adalah menjadikan dirimu lebih baik."
(Ali bin Abi Thalib)

"Kemudian apabila kamu telah membulatkan tekad, maka bertawakkallah kepada Allah. Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang bertawakkal kepada-Nya."

(Q.S Ali Imran: 159)

"Sukses adalah keinginan untuk menjalani hidup sesuai dengan keinginanmu. Melakukan apa yang ingin kamu nikmati, dikelilingi keluarga, teman dan orang yang kamu hormati"

(Brian Tracy-Motivator)

"Jika itu adalah mimpimu, kamu harus berusaha sebaik mungkin untuk mencapainya agar kamu tidak merasakan kecewa di kemudian hari"

(Jeon Wonwoo-Seventeen)

"Kalau impianmu tak bisa membuatmu takut, mungkin karena impianmu tak cukup besar."

(Muhammad Ali-Petinju)

#### **SANWACANA**

Puji syukur kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul "Analisis Stok Karbon Ekosistem Mangrove di Taman Nasional Way Kambas" ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penulis sangat menyadari terdapat banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, maka dari itu diharapkan adanya saran dan kritik yang membangun dari semua pihak.

Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan saran dari berbagai pihak, maka penulis mengucapkan terimakasih kepada:

- 1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
- 2. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si., selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan serta Ketua Program Studi Sumberdaya Akuatik;
- 3. Dr. Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si., selaku Pembimbing Utama atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, kritik, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini;
- 4. Darma Yuliana, S.Kel., M.Si., selaku Pembimbing Kedua atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, kritik, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini;
- 5. Ir. Suparmono, M.T.A., selaku Pembahas dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, kritik, dan saran dalam penyelesaian skripsi ini;
- 6. Berta Putri, S.Si., M.Si., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama menjalani perkuliahan;
- 7. Herman Yulianto, S.Pi., M.Si., selaku Dosen Jurusan Perikanan dan Kelautan

- yang telah memberikan izin kepada penulis untuk ikut bergabung dalam tim penelitian Program Konservasi Mangrove dan Rajungan di Daerah Penyangga Taman Nasional Way Kambas;
- 8. Yayasan Konservasi Alam dan Keanekaragaman Hayati (Kehati) yang telah memberikan izin penggunaan data inventarisasi mangrove untuk penelitian ini;
- Seluruh Dosen serta Staf Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas seluruh ilmu dan arahan yang telah diberikan selama masa studi;
- 10. Ibu, Ayah, Mas Angga, Mas Dito, dan Mba Ranti serta keponakan-keponakan dan keluarga besar yang selalu memberikan doa dan dukungan, sehingga penulis selalu diberi kemudahan dan kelancaran selama masa studi;
- 11. Teman, sahabat, saudara, dan orang-orang terkasih, Furqon, Ella, Winda, Risma, Stefani, Retta, Restu, Attiyyah, Kak Aci, Wardah, Ina, Indry, Bibah, Alma, Viko, Harsya, Zainul, Alfiyan, Anel, Ai, Nanda, Nadya, Aulia, Nurika, Nata, dan Allifah yang selalu memberikan segala dukungan, saran, doa, serta bantuan dalam mengerjakan tanggung jawab dan kewajiban pribadi;
- 12. Seluruh personel *Seventeen* dan *Staff Pledis Entertaiment*, yang telah memberikan inspirasi dalam acara *Variety Show One Fine Day* di Yeoseodo sehingga penulis memiliki minat untuk melanjutkan studi di Jurusan Perikanan dan Kelautan;
- 13. Tim penelitian Way Kambas, Tyas, Daru, Augi, Yona, Norhayani, serta Mas Ahmad, Mas Yepi, Mas Yuli, Mang Cek, Bang Rizal, Bang Agung, Bang Pendi, dan Bang Rofiq yang telah membantu dalam proses pengambilan data di lapangan;
- 14. Teman-teman Jurusan Perikanan dan Kelautan 2017.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun para pembaca.

Bandar Lampung, 13 Desember 2021

# DAFTAR ISI

			Halaman
D.	AFT	TAR TABEL	vi
D.	AFT	TAR GAMBAR	vii
D.	AFT	TAR LAMPIRAN	ix
I.	PE	NDAHULUAN	1
	1.1	Latar Belakang	1
	1.2	Tujuan Penelitian	3
	1.3	Manfaat Penelitian	3
	1.4	Kerangka Pikir Penelitian	3
II	.TIN	NJAUAN PUSTAKA	5
	2.1	Mangrove	5
		2.1.1 Definisi Ekosistem Mangrove	5
		2.1.2 Ciri-ciri Ekosistem Mangrove	6
		2.1.3 Fungsi Ekosistem Mangrove	6
		2.1.3.1 Fungsi Ekologis	7
		2.1.3.2 Fungsi Sosial-Ekonomi	7
		2.1.1 Zonasi Ekosistem Mangrove	8
	2.2	Serasah Mangrove	10
	2.3	Sedimen Mangrove	11
	2.4	Karbon	11
	2.5	Prinsip Dasar Perhitungan Stok Karbon	12
	2.6	Karbon Biru Pesisir (Coastal Blue Carbon)	14
		2.6.1 Pengertian Karbon Biru Pesisir (Coastal Blue Carbon)	14
		2.6.2 Manfaat Karbon Biru Pesisir (Coastal Blue Carbon)	14

		2.6.3 Mekanisme Karbon Biru Pesisir ( <i>Coastal Blue Carbon</i> )	15
	2.7	Kondisi Mangrove di daerah Penyangga Taman Nasional Way Kambas	16
III.	ME	TODOLOGI PENELITIAN	17
	3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian	17
	3.2	Alat dan Bahan	17
	3.3	Pengamatan dan Pengambilan Sampel di Lokasi	18
		3.3.1 Pengamatan Sampel	18
		3.3.2 Pengambilan Sampel di Lokasi	19
	3.4	Analisis Sampel dan Pengolahan Data	22
		3.4.1 Analisis Sampel di Laboratorium	22
		3.4.2 Pengolahan Data	23
		3.4.2.1 Perhitungan Cadangan Karbon dan Nilai Karbon	23
		3.4.2.2 Perhitungan Karbon Total	26
IV.	HA	SIL DAN PEMBAHASAN	28
	4.1	Gambaran Umum Taman Nasional Way Kambas	28
	4.2	Gambaran Umum Lokasi Penelitian	31
	4.3	Nilai Karbon pada Tegakan Mangrove	. 36
		4.3.1 Nilai Karbon pada Kategori Pohon	. 36
		4.3.2 Nilai Karbon pada Kategori Palem	. 38
		4.3.3 Nilai Karbon Tegakan Komunitas Mangrove Way Kambas	. 40
	4.4	Nilai Karbon pada Serasah Mangrove	. 42
		4.4.1 Nilai Karbon pada Kategori Pohon	. 42
		4.4.2 Nilai Karbon pada Kategori Palem	. 44
		4.4.3 Nilai Karbon Serasah Komunitas Mangrove Way Kambas	. 46
	4.5	Nilai Karbon pada Sedimen Mangrove	. 47
		4.5.1 Densitas Tanah ( <i>Bulk density</i> )	. 47
		4.5.2 Karbon Organik dan Nilai Karbon Sedimen	. 48
		4.5.3 Nilai Karbon Sedimen Komunitas Mangrove TNWK	. 50
	4.6	Cadangan Karbon Tersimpan Ekosistem Mangrove Taman Nasional Way Kambas	. 51

4.6.1 Nilai Karbon Total Komunitas Mangrove per Hektare	51
4.6.2 Nilai Karbon Total Berdasarkan Luas Area Komunitas Mangrove	52
4.6.3 Nilai Karbon Tersimpan di Ekosistem Mangrove Taman Nasiona Way Kambas	
4.7 Dampak Karbon Tersimpan pada Ekosistem Taman Nasional	~ .
Way Kambas	54
V. SIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Simpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	.57
LAMPIRAN	.63

# DAFTAR TABEL

No	Halaman
1.	Model alometrik biomassa bagian atas ( <i>above ground biomass</i> ) beberapa jenis mangrove
2.	Komposisi spesies mangrove di Taman Nasional Way Kambas
3.	Spesies mangrove pada setiap stasiun pengamatan
4.	Hasil analisis vegetasi ekosistem mangrove Taman Nasional Way Kambas
5.	Tipe komunitas mangrove di Taman Nasional Way Kambas
6.	Rata-rata diameter (cm) dan tinggi pohon (m) mangrove di TNWK 37
7.	Rata-rata tinggi dan jumlah pelepah nipah
8.	Hasil analisis sampel serasah mangrove kategori pohon
9.	Hasil analisis sampel serasah mangrove kategori palem
10.	Rata-rata <i>Bulk density</i> sedimen mangrove TNWK pada setiap stasiun 48
11.	Kandungan karbon organik dan karbon sedimen mangrove TNWK pada setiap stasiun
12.	Total cadangan karbon tersimpan pada setiap komunitas mangrove TNWK
13.	Total karbon tersimpan di berbagai lokasi penelitian
14.	Estimasi total karbon tersimpan berdasarkan luas area komunitas mangrove TNWK

# DAFTAR GAMBAR

No	Halam	ıan
1.	Kerangka pikir penelitian	4
2.	Ilustrasi zonasi mangrove dari arah laut ke darat	9
3.	Siklus karbon	12
4.	Mekanisme karbon biru pesisir (coastal blue carbon)	15
5.	Lokasi penelitian di Taman Nasional Way Kambas	17
6.	Rancangan petak pengamatan dibuat dengan ukuran 20 x 20 m <sup>2</sup>	18
7.	Posisi tegakan pohon dilihat dari atas dan penentuan tegakan yang diangga di dalam plot dan di luar plot	
8.	Teknik pengukuran diameter pohon setinggi dada (DBH) pada berbagi kondisi pohon	20
9.	Gambaran lokasi penelitian pada setiap stasiun pengamatan	34
10.	Rata-rata biomassa dan cadangan karbon tegakan pohon mangrove TNWK pada setiap stasiun	
11.	Rata-rata biomassa dan cadangan karbon tegakan nipah TNWK pada setian stasiun	
12.	Rata-rata biomassa dan cadangan karbon tegakan komunitas mangrove TNWK	. 41
13.	Rata-rata bahan organik dan cadangan karbon serasah pohon mangrove TNWK pada setiap stasiun	. 43
14.	Rata-rata bahan organik dan cadangan karbon serasah nipah TNWK pada setiap stasiun	. 45
15.	Rata-rata bahan organik dan cadangan karbon serasah komunitas mangrove TNWK	. 46
16.	Rata-rata cadangan karbon sedimen komunitas mangrove TNWK	. 50
17.	Kondisi lingkungan yang didominasi mangrove jenis Bakau ( <i>Rhizopora apiculata</i> )	. 74

18.	fruticans)	74
19.	Kondisi lingkungan yang didominasi mangrove jenis Buta-buta ( <i>Excoecaria agallocha</i> )	
20.	Kondisi lingkungan yang didominasi mangrove jenis Api-api ( <i>Avicennia marina</i> )	74
21.	Pemasangan transek ukuran 20x20 m² untuk mengukur tegakan mangrove	74
22.	Pemasangan plot ukuran 0,5x0,5 m² untuk mengambil sampel serasah	74
23.	Pengukuran tinggi pohon dengan menggunakan Christen hypsometer	75
24.	Pengukuran batang pohon setinggi dada (DBH)	75
25.	Mencatat data hasil pengukuran ke <i>Tally sheet</i>	75
26.	Pengambilan sampel sedimen dengan menggunakan <i>corer sampler</i> 2 inc dar tinggi 20 cm	
27.	Menimbang sampel sebelum maupun setelah dikeringkan	75
28.	Proses pengeringan sampel menggunakan oven dengan suhu untuk serasah (70 °C-85 °C) dan sedimen (450 °C)	

# DAFTAR LAMPIRAN

N	o Halar	nan
1.	Data hasil inventarisasi mangrove dan nilai karbon tegakan mangrove Taman Nasional Way Kambas	63
2.	Data hasil perhitungan nilai karbon serasah mangrove Taman Nasional Way Kambas	70
3.	Data hasil perhitungan nilai karbon sedimen mangrove Taman Nasional Way Kambas	. 71
4.	Hasil perhitungan analisis vegetasi mangrove	. 72
5.	Dokumentasi pengambilan sampel di ekosistem mangrove Taman Nasional Way Kambas	

#### I. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim yang cukup ekstrem memberikan dampak yang besar bagi kehidupan manusia. Dampak yang telah terjadi di Indonesia seperti curah hujan yang tidak beraturan, banjir, tanah longsor hingga kekeringan kerap kali ditemukan di setiap daerah. Fenomena ini terjadi karena meningkatnya kadar gas rumah kaca (salah satunya karbon dioksida, CO<sub>2</sub>) secara terus menerus di atmosfer. Aktivitas manusia telah memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap peningkatan kadar gas rumah kaca di atmosfer. Kegiatan seperti pembakaran bahan bakar fosil dan pembukaan lahan hutan maupun pertanian akan menambah CO<sub>2</sub> di atmosfer karena gas-gas sisa dari pembakaran tersebut akan terlepas sehingga tertahan di atmosfer. Untuk itu, jika kegiatan seperti ini terus terjadi tentunya akan menurunkan fungsi ekosistem dalam menyerap, mengikat, dan menyimpan karbon karena keberadaan lahan hijau yang semakin berkurang.

Hingga saat ini, keberadaan karbon biru sering kali diabaikan. Karbon biru atau 'blue carbon' merupakan istilah yang digunakan untuk karbon yang tersimpan atau dihasilkan oleh ekosistem pesisir dan laut. Disebut 'biru' karena terbentuk di bawah air dan berhubungan dengan perairan. Istilah ekosistem karbon biru pesisir atau 'coastal blue carbon ecosystems' merujuk pada tiga jenis ekosistem utama bagi wilayah pesisir dan laut yaitu hutan mangrove, rawa pasang surut, dan lamun.

Ketiga ekosistem ini memiliki kemampuan dalam menyerap karbon di udara sebanyak dua hingga empat kali lebih besar dari hutan terestrial atau hutan darat dan diakui kemampuannya dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Dikutip dari *fact sheet "Indonesia Blue Carbon Strategy Framework"* (IBCSF) pada tahun 2010, menjelaskan bahwa Indonesia memiliki luas areal mangrove sebesar 3,2 juta ha

yang mampu menyimpan cadangan *blue carbon* sebesar 17% secara global. Karbon yang diserap akan tersimpan dan tersebar ke dalam batang, cabang, ranting, daun, dan akar tanaman melalui proses fotosintesis. Selain itu, karbon juga dapat ditemukan di dalam sedimen yang mengandung bahan organik tinggi.

Taman Nasional Way Kambas (TNWK) merupakan salah satu taman nasional yang ada di Indonesia dan terletak di Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Memiliki luas sebesar 125.621,3 ha, wilayah TNWK terbagi ke dalam empat tipe ekosistem utama yaitu ekosistem hutan hujan dataran rendah, ekosistem hutan rawa, ekosistem mangrove, dan ekosistem hutan pantai. Untuk luas ekosistem mangrove sendiri berdasarkan data tutupan lahan pada tahun 2018 tercatat sebesar 1.125 ha dengan kondisi baik. Data ini menunjukkan bahwa luas tutupan ekosistem mangrove di Taman Nasional Way Kambas mengalami penurunan sejak tahun 2013. Pada tahun 2013, hasil penelitian Yuliasamaya *et al* (2014), menunjukkan hasil luas tutupan mangrove di Taman Nasional Way Kambas sebesar 3.724,11 ha.

Penelitian mengenai penurunan luas tutupan ekosistem mangrove di TNWK sudah pernah dilakukan oleh Yuliasamaya *et al* pada tahun 2014. Namun demikian, penelitian mengenai peran ekologis mangrove sebagai ekosistem yang mampu menyerap karbon (CO<sub>2</sub>) dari atmosfer masih jarang dilakukan, termasuk informasi mengenai stok karbon ekosistem mangrove di TNWK belum tersedia. Untuk itu, perlu diketahui biomassa dan stok karbon ekosistem mangrove di TNWK agar dapat dijadikan acuan dasar dalam penilaian manfaat mangrove sebagai upaya mitigasi perubahan iklim dan diharapkan dapat menjadikan data pendukung untuk kegiatan konservasi mangrove dan memonitoring mangrove sebagai upaya mitigasi terhadap perubahan iklim (*global warming*). Penelitian ini merupakan bagian dari program Konservasi Mangrove dan Rajungan di daerah Penyangga Taman Nasional Way Kambas yang berada di bawah naungan Yayasan Konservasi Alam dan Keanekaragaman Hayati (KEHATI) yang bekerjasama dengan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

#### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

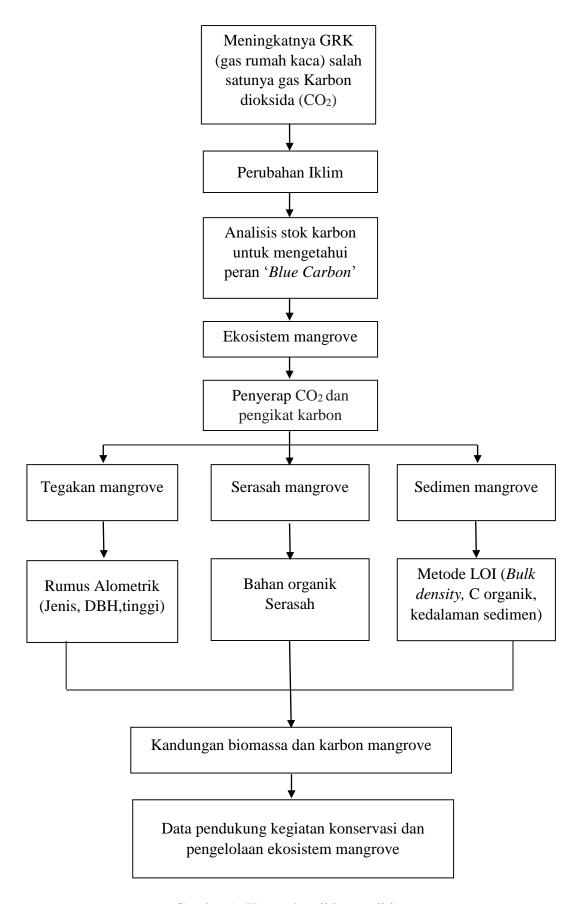
- (1) Menenetukan stok karbon yang tersimpan pada tegakan, serasah, dan sedimen mangrove.
- (2) Mengestimasi total karbon tersimpan dalam masing-masing komunitas mangrove dan total karbon tersimpan di ekosistem mangrove Taman Nasional Way Kambas.

#### 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk menyediakan data dukung dalam kegiatan pengelolaan konservasi mangrove dan rajungan di daerah Penyangga Taman Nasional Way Kambas, dan perannya dalam mitigasi perubahan iklim (*climate change*).

#### 1.4 Kerangka Pikir Penelitian

Perubahan iklim merupakan suatu permasalahan serius yang harus segera diperbaiki. Berbagai upaya harus perlu dilakukan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan dari perubahan iklim yang kian dirasakan oleh seluruh manusia. Salah satu langkah yang tepat untuk membatasi atau mengurangi perubahan iklim adalah mengurangi kegiatan manusia yang dapat menciptakan emisi gas rumah kaca. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan salah satu gas yang ditimbulkan dari efek gas rumah kaca yang berada di atmosfer. Langkah yang tepat untuk mengurangi gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di atmosfer adalah dengan menanam lebih banyak pohon baik di wilayah darat maupun wilayah pesisir dan laut. Hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem hutan yang berada di wilayah pesisir dan memiliki peran yang sangat penting dalam menyerap karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) melalui proses. Untuk itu, sangat penting dilakukan penelitian mengenai estimasi stok karbon yang tersimpan dalam hutan mangrove. Untuk lebih jelasnya, kerangka pikir dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

#### II. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Mangrove

### 2.1.1 Definisi Ekosistem Mangrove

Kata *mangrove* merupakan gabungan antara bahasa Portugis *mangue* dan bahasa Inggris *grove*. Kata *mangrove* dalam bahasa Inggris digunakan untuk jenis tumbuhan yang dapat tumbuh di daerah pasang surut baik membentuk suatu komunitas maupun individu. Adapun dalam bahasa Portugis, kata *mangrove* digunakan untuk menyatakan suatu spesies tumbuhan secara individu dan kata *mangal* menyatakan komunitas dari tumbuhan terebut (Kustanti, 2011).

Mangrove termasuk vegetasi halofita (*halophytic vegetation*) yaitu vegetasi yang hanya terdapat pada tempat-tempat yang sedimennya berkadar garam tinggi. Mangrove disebut sebagai vegetasi karena memiliki keterkaitan antara faktor biotik dan abiotik yang saling berhubungan dan bergantung sehingga definisi mangrove lebih mengarah pada suatu ekosistem. Untuk itu, mangrove merupakan ekosistem yang cukup unik karena mampu hidup di daerah peralihan (ekoton) antara ekosistem darat dan laut yang mempunyai kaitan erat di antara keduannya. Selain itu, mangrove juga sering disebut 'bakau' yang merupakan jenis dari marga Rhizophora sebagai suatu individu (Atmoko dan Sidiyasa, 2007).

Hutan bakau terdiri dari pohon berkayu dan semak belukar yang hidup di daerah pasang surut. Hutan pasang surut ini tumbuh subur di daerah lumpur yang terlindungi sehingga kondisi ini mendorong pembentukan dan pertumbuhan propagul,

namun mangrove juga dapat ditemukan di pantai berbatu dan berpasir. Tumbuh di atas permukaan laut, memberikan hubungan timbal balik positif di mana pohon akan menjebak partikel lumpur dan tanah liat yang dibawa oleh arus air dan memperkuat endapan (Alongi, 2016). Sehingga ekosistem ini memiliki hubungan timbal balik antara komponen abiotik seperti senyawa anorganik, organik dan iklim (pasang surut, salinitas, dan lain lain) dengan komponen abiotik seperti produsen (vegetasi, plankton), konsumen makro (serangga, ikan, burung, buaya, dan lainlain) (Katili *et al.*, 2014).

# 2.1.2 Ciri-ciri Ekosistem Mangrove

Ekosistem mangrove hanya dapat ditemukan di daerah tropis dan subtropis. Secara ekologis, mangrove dapat berkembang pada lingkungan sebagai berikut (Rosyid, 2020):

- (a) Sedimen berlumpur, berpasir dengan bahan-bahan yang berasal dari lumpur, pasir atau pecahan karang.
- (b) Terdapat pengaruh pasang surut air laut yang mempengaruhi komposisi vegetasi ekosistem mangrove.
- (c) Menerima pasokan air tawar untuk menurunkan salinitas, menambah unsur hara dan lumpur.
- (d) Suhu udara dengan fluktuasi tidak melebihi  $5^{\rm 0}$  C dengan suhu rata-rata di bulan terdingin lebih dari  $20^{\rm 0}$  C.
- (e) Air payau dengan salinitas 2-22 ppt atau asin dengan salinitas mencapai 38 ppt.
- (f) Arus laut tidak terlalu deras.
- (g) Tempat-tempat yang terlindungi dari angin kencang dan ombak yang kuat.
- (h) Topografi pantai yang datar atau landai.

#### 2.1.3 Fungsi Ekosistem Mangrove

Hutan mangrove merupakan salah satu sumberdaya alam wilayah pesisir yang memiliki peranan penting dari berbagai aspek. Fungsi hutan mangrove dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu sebagai berikut:

### 2.1.3.1 Fungsi Ekologis

Fungsi ekologis mangrove dapat ditinjau dari tiga aspek, yakni aspek fisika, biologi dan kimia. Secara fisik, mangrove sangat bermanfaat dalam menjaga kestabilan garis pantai, melindungi dari proses erosi atau abrasi, menahan dan menyerap tiupan angin laut ke arah darat dan sebagai daerah penyangga atau filter air asin menjadi air tawar (Majid *et al.*, 2016). Disamping itu, akar mangrove juga memiliki kemampuan dalam merangkap sedimen dan sekaligus mengendapkan sedimen, sehingga dapat melindungi ekosistem padang lamun dan terumbu karang dari bahaya pelumpuran. Perlindungan ketiga ekosistem tersebut dari bahaya kerusakan akan menciptakan suatu ekosistem yang kompleks (Karimah, 2017).

Hutan mangrove juga memiliki peran yang sangat penting bagi biota di dalamnya. Hasil dari proses pelapukan akan menjadi sumber makanan bagi invertebrata kecil ataupun plankton sehingga menjadi sangat penting dalam keberlanjutan rantai makanan di wilayah pesisir. Selain itu, hutan mangrove merupakan daerah yang aman digunakan sebagai tempat pemijahan (*nursery ground*) bagi hewan yang tinggal di dalamnya serta sebagai kawasan berlindung, bersarang, dan berkembang biak bagi biota laut lainnya (Majid *et al.*, 2016). Hutan mangrove juga berperan sebagai habitat bagi jenis-jenis ikan, kepiting dan kerang-kerangan yang mempunyai nilai ekonomi tinggi (Karimah, 2017).

Selain sebagai tempat mencari makan dan tempat tinggal bagi biota laut, hutan mangrove juga memiliki fungsi sebagai penyimpan karbon. Memanfaatkan hutan mangrove sebagai penyimpan karbon salah satunya adalah untuk mengurangi CO<sub>2</sub> di atmosfer (Manafe *et al.*, 2016). Mangrove dapat menyimpan karbon dari udara melalui proses fotosintesis dalam bentuk biomassa yang akan tersebar ke daun, batang, kayu, maupun serasah. Hal ini menunjukkan bahwa ekosistem mangrove mampu berperan dalam upaya mitigasi dan perubahan iklim dunia (Lestariningsih *et al.*, 2018).

#### 2.1.3.2 Fungsi Sosial-Ekonomi

Hutan mangrove juga memiliki fungsi sosial-ekonomi yang dapat dimanfaatkan oleh manusia yang tinggal di sekitarnya. Mulai dari bagian akar, kulit kayu,

batang pohon, daun dan bunganya semua dapat dimanfaatkan manusia. Masyarakat biasanya menggunakan kayu mangrove sebagai bahan bakar untuk memasak karena kayu mangrove mempunyai daya tahan panas yang cukup lama sehingga akan menghemat pengeluaran rumah tangga dan dimanfaatkan sebagai bahan bangunan karena kayu mangrove mempunyai tekstur yang kuat untuk menyangga rumah penduduk. Selain itu, hutan mangrove juga dapat dijadikan sebagai daerah tangkapan yang nantinya hasil tangkapan tersebut akan dijual untuk memenuhi kebutuhan hidup (Motoku *et al*, 2014).

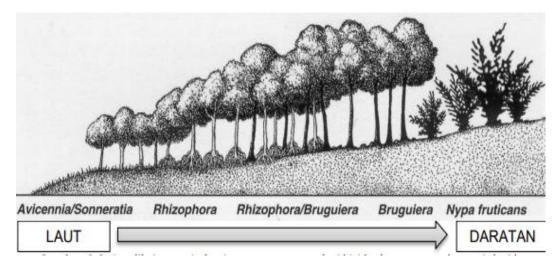
Hutan mangrove juga sering dijadikan sebagai tempat berlabuh dan bertambatnya perahu. Saat keadaan cuaca buruk, pohon mangrove dapat dijadikan perlindungan bagi perahu dan kapal dengan mengikatkannya pada batang pohon mangrove. Selain itu, banyak masyarakat yang memanfaatkan daun, bunga, dan buah mangrove menjadi bahan makanan maupun pakan ternak. Beberapa jenis mangrove buahnya dapat dimanfaatkan untuk mengawetkan bahan jaring payang (Riwayati, 2014).

Selain itu, hutan mangrove juga dapat dimanfaatkan sebagai daerah ekowisata yang berfokus pada tiga hal penting yaitu konservasi, pendidikan maupun sosial. Adanya kegiatan ini bertujuan untuk mendorong upaya pelestarian alam setempat dengan meminimalkan dampak negatif sekecil mungkin. Selain itu, keberadaan ekowisata mangrove diharapkan mampu memberikan pengetahuan tentang keunikan biologis, ekosistem, maupun kehidupan sosial bagi wisatawan. Untuk itu, peran masyarakat sangat diharapkan dalam setiap kegiatan yang berlangsung di kawasan ekowisata (Rahim dan Baderan, 2017).

#### 2.1.4 Zonasi Ekosistem Mangrove

Mangrove dikelompokkan menjadi tiga kelompok yakni mangrove utama (mayor), mangrove penunjang (minor), dan tumbuhan asosiasi mangrove. Mangrove mayor merupakan jenis mangrove yang hanya tumbuh di habitat mangrove berupa tegakan murni, mempunyai bentuk adaptif khusus terhadap lingkungan mangrove, dan dapat mengontrol kadar garam di lingkungannya seperti pada famili *Avicennia, Rhizophora, Bruguiera, Ceriops, Kandelia, Sonneratia, Lumnitzera dan Nypa*. Mangrove minor merupakan jenis mangrove penunjang yang tidak mampu membuat tegakan murni, sehingga tidak dapat mendominasi dalam suatu

komunitas seperti pada famili *Excoecaria, Xylocarpus, Heritiera, Aegiceras, Aegialitis, Acrostichum, Camptostemon, Scyphiphora, Pemphis, Osbornia dan Pelliciera*. Tumbuhan asosiasi mangrove merupakan jenis tumbuhan yang mampu beraso-siasi dengan mangrove mayor maupun minor seperti pada famili *Cerbera, Acan-thus, Derris, Hibiscus, Calamus, dan lain-lain* (Tomlinson, 1984). Untuk lebih jelasnya, ilustrasi zonasi mangrove dari arah laut ke darat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 . Ilustrasi zonasi mangrove dari arah laut ke darat Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Surabaya (2018)

Pada dasarnya, zonasi di alam tidak akan sama persis seperti pada gambar di atas, mengingat adanya perbedaan kondisi lingkungan setiap daerah. Pola zonasi ini hanya digunakan sebagai patokan atau panduan saja, tetapi tidak bisa digunakan sebagai tolok ukur utama untuk menjelaskan kondisi zonasi mangrove di suatu daerah (Dinas Lingkungan Hidup Surabaya, 2018). Bengen (2002) menyatakan bahwa sebaran dan zonasi mangrove dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan nya. Berikut ini merupakan salah satu tipe zonasi mangrove di Indonesia:

- (a) Daerah yang langsung berhadapan dengan laut dengan kontur sedimen sedikit berpasir atau disebut dengan zona pembuka, sering ditumbuhi oleh *Avicennia* spp. Pada zona ini *Avicennia* dapat berasosiasi *Sonneratia* spp.
- (b) Lebih ke arah darat, dimana daerah ini adalah daerah pertemuan antara air tawar dan air laut bisaanya didominasi oleh *Rhizophora* spp, di zona ini juga ditemukan *Bruguiera* spp dan *Xylocarpu*s spp.

(c) Zona transisi antara hutan mangrove dengan hutan dataran rendah atau sering disebut dengan zona penutup umumnya di tumbuhi oleh *Nypa fruticans*, dan beberapa jenis palem lainnya.

#### 2.2 Serasah Mangrove

Serasah merupakan salah satu sumber bahan organik tanah yang didapatkan melalui proses dekomposisi, yaitu proses perombakan dan penghancuran bahan organik menjadi partikel yang lebih kecil sehingga menjadi unsur hara terlarut. Hara yang terserap oleh akar akan kembali ke dalam tanah melalui serasah yang jatuh, tanaman yang mati, maupun hasil panen yang tertinggal di lahan. Serasah terdapat di bagian atas sedimen yang terdiri dari guguran daun, ranting dan cabang, bunga dan buah, dan kulit kayu (Sudomo dan Widiyanto, 2017). Serasah juga menjadi salah satu sumber produksi karbon (C) bagi ekosistem mangrove. Mangrove akan menyerap  $CO_2$  melalui proses fotosintesis dan mengubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa tubuh, seperti akar, batang dan daun (Karim *et al.*, 2019).

Tinggi rendahnya kandungan karbon (C) dalam serasah dipengaruhi oleh kerapatan mangrove. Jika mangrove yang diamati memiliki kerapatan yang tinggi maka akan mempengaruhi laju produksi serasah. Namun demikian, akumulasi bahan organik serasah yang didapat tidak sepenuhnya merupakan produksi lokal oleh mangrove tersebut. Bahan organik serasah dan lainnya bisa saja terbawa selama terjadinya pasang surut yang berasal dari hulu sungai ataupun dari lingkungan perairan lainnya yang berdekatan (Manafe *et al*, 2016). Selain itu, jenis mangrove juga akan mempengaruhi produksi serasah yang nanti nya akan berpengaruh terhadap tinggi rendahnya karbon yang tersimpan pada serasah. Meskipun begitu, setiap jenis mangrove yang sama dengan umur berbeda akan memproduksi serasah yang berbeda juga. Mangrove dengan jenis *Rhizopora* memiliki serasah yang lebih banyak pada jenis mangrove yang lebih tua atau optimum. Apabila umur mangrove melebihi titik optimum, maka serasah yang jatuh akan berkurang, karena pada batang mangrove tua, bagian dalamnya mulai keropos sehingga tajuk pohon mulai menyempit, dan produksi serasah berkurang (Azzahra *et al.*, 2020).

### 2.3 Sedimen Mangrove

Sedimen merupakan produk disintegrasi dan dekomposisi dari batuan. Sedimen pada hutan mangrove merupakan penambahan dari sedimen-sedimen yang berasal dari sungai, pantai, atau erosi yang terbawa dari dataran tinggi. Sedimen yang berasal dari sungai berupa sedimen lumpur, sedangkan sedimen pantai berupa pasir. Sedimen pada hutan mangrove biasanya dicirikan selalu basah, mengandung garam, sedikit oksigen, berbentuk butir-butir, dan kaya akan akan bahan organik (Katili *et al*, 2014). Sedimen mangrove mempunyai kemampuan menyimpan karbon lebih besar dari pohon mangrove sendiri. Karbon organik dalam sedimen merupakan penyusun senyawa organik di perairan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas sedimen dan penyimpanan karbon (Marbun *et al.*, 2020).

Berdasarkan karakteristiknya, sedimen yang bertekstur liat atau berlumpur akan menghasilkan karbon organik lebih besar dari sedimen yang bertekstur pasir. Hal ini karena sedimen pasir memiliki butiran yang lebih besar dari sedimen lumpur, kerapatannya rendah, permeabilitasnya tinggi dan mudah mengalami pencucian, sehingga sulit untuk menyimpan bahan organik terlarut (Sulistyorini *et al*, 2020). Selain itu, tanah yang didominasi partikel pasir dan sedikit partikel liat akan menghasilkan *bulk density* lebih tinggi karena mengakibatkan tanah menjadi *massive* (Siregar, 2007), sedangkan sedimen bertekstur halus memiliki berat isi lebih rendah dari yang bertekstur kasar sehingga sedimen dengan partikel pasir akan memiliki nilai *bulk density* lebih besar dibandingkan dengan sedimen berkomposisi liat. Besarnya *bulk density* akan berpengaruh terhadap kandungan bahan organik tanah dengan kecepatan dekomposisi bahan organik sehingga mempengaruhi jumlah karbon yang tersimpan dalam tanah ( Pairunan *et al.*, 2005 *dalam* Ayu *et al.*, 2020).

#### 2.4 Karbon

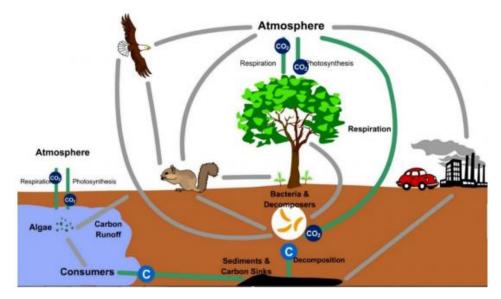
Karbon merupakan sebuah unsur yang memiliki lambang "C" dengan nilai atom sebesar 12. Karbon juga merupakan salah satu unsur penting dalam membentuk bahan organik termasuk makhluk hidup. Secara alami karbon banyak tersimpan di bumi (darat dan laut) dari pada di atmosfer. Karbon tersimpan dalam bentuk makhluk hidup (tumbuhan dan hewan), bahan organik mati ataupun sedimen

seperti fosil tumbuhan dan hewan. Sebagian besar jumlah karbon yang ada di bumi bersumber dari hutan (Manuri *et al.*, 2011).

Karbon dapat dihasilkan melalui proses pernapasan karena terjadi pelepasan karbon di alam dalam bentuk karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Sebagian karbon dalam bentuk CO<sub>2</sub> dimanfaatkan tumbuhan untuk proses fotosintesis, sebagian lainnya ada dalam bentuk gas di atmosfer yang jika jumlahnya terlalu banyak akan merugikan kehidupan organisme. Seperti kegiatan menebangan pohon, pembakaran, aktivitas industri dan kendaraan bermotor akan melepas karbon di alam (Purnobasuki, 2012). Karbon sangat berperan sebagai pembentuk gas rumah kaca (GRK) dalam bentuk gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Selain CO<sub>2</sub>, jenis gas lain yang mengandung unsur karbon dan sebagai pembentuk GRK adalah gas metana (CH<sub>4</sub>), hidro fluoro carbon (HFC), dan PFC. Konsentrasi gas-gas ini di alam mengalami kenaikan terus menerus karena dipengaruhi langsung oleh aktivitas manusia, meskipun begitu keberadaan gas-gas tersebut juga sudah ada secara alamiah (Lugina *et al.*, 2011).

### 2.5 Prinsip Dasar Perhitungan Stok Karbon

Secara prinsip konsep yang digunakan untuk menghitung karbon hutan mangrove adalah siklus biogeokimia karbon. Untuk lebih jelasnya, siklus karbon dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Siklus karbon Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Surabaya (2018)

Siklus karbon merupakan salah satu siklus biogeokimia yang mencakup proses dan reaksi kimia, fisika, geologi dan biologi yang membentuk komposisi lingkungan alam, serta siklus zat dan energi yang membawa komponen kimiawi bumi dalam ruang dan waktu. Gas karbon dioksida yang diserap akan digunakan oleh tumbuhan dan fitoplankton untuk membantu proses fotosintesis. Proses timbal balik fotosintesis dan respirasi seluler sangat berpengaruh terhadap perubahan dan pergerakan utama karbon. Kembalinya CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> ke atmosfer melalui proses respirasi akan menyeimbangkan pengeluarannya terhadap proses fotosintesis, namun kegiatan pembakaran kayu dan bahan bakar fosil akan menambah lebih banyak CO<sub>2</sub> ke atmosfer (Wahyono, 2011).

Biomassa pohon berkayu memiliki kemampuan tinggi untuk menyerap karbon di atmosfer. Berbeda dengan hutan primer, hutan mangrove mempunyai kontribusi yang lebih tinggi dalam menyerap karbon (Dinas Lingkungan Hidup Surabaya, 2018). Stok karbon tersimpan ditentukan oleh biomassa yang dapat diamati di lapangan yaitu berdasarkan pengukuran diameter pohon. Suatu plot pengamatan yang memiliki pohon yang berukuran lebih besar dari plot yang lain dapat mengindikasikan bahwa biomassa dalam plot tersebut besar, sehingga karbon yang tersimpan juga besar (Cahyaningrum *et al*, 2014).

Stok karbon pada suatu ekosistem dipengaruhi oleh jenis tumbuhan yang ada di dalamnya. Suatu ekosistem yang terdiri dari pohon yang didominasi oleh spesies yang memiliki nilai kerapatan pohon tinggi, biomassanya akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan area yang mempunyai spesies dengan nilai kerapatan pohon rendah (Onrizal *et al.*, 2010 *dalam* Isnaeni *et al.*, 2019), keberadaan pohon berdiameter >30 cm pada suatu tipe lahan akan memberikan sumbangan yang cukup berarti terhadap total cadangan karbon pada biomassa pohon. Semakin banyak pohon penyusun suatu lahan berdiameter >30 cm maka cadangan karbon pada lahan tersebut akan semakin tinggi (Hanafi dan Bernardianto, 2012).

#### 2.6 Ekosistem Karbon Biru Pesisir (Coastal Blue Carbon Ecosystem)

# 2.6.1 Pengertian Karbon Biru Pesisir (Coastal Blue Carbon)

Karbon biru mengacu pada karbon yang diserap dari atmosfer dan diubah oleh tumbuhan tingkat tinggi di ekosistem pesisir (rawa pasang surut, lamun, dan mangrove), fitoplankton, alga, dan mikroorganisme kemudian tersimpan di sedimen dalam waktu yang panjang. Karbon organik yang tersimpan akan diekspor dari kawasan pesisir ke daerah lepas pantai dan lautan, hal ini lah yang mendefinisikan dari istilah karbon biru pesisir. Pada proses penyerapan dan pengubahan karbon biru sangatlah kompleks meliputi proses biologi, kimia, dan fisika yang melibatkan interaksi antar tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme (Tang *et al.*, 2018).

Karbon biru merupakan karbon tersimpan oleh mangrove, rawa pasang surut, dan padang lamun. Karbon akan diserap oleh daun, batang, akar, serasah, maupun kayu mati. Karbon yang tersimpan akan sangat luas dan tersimpan dalam waktu yang lama sehingga menghasilkan stok karbon yang besar. Karbon biru pesisir memiliki simpanan karbon yang lebih besar dari pada karbon tanah di darat. Hal ini disebabkan karena sedimen dalam karbon biru terjaga oleh air dalam keadaan anaerobik (rendah hingga tanpa oksigen), sehingga penumpukan karbon terjadi secara terus menerus dari waktu ke waktu (Howard *et al*, 2014).

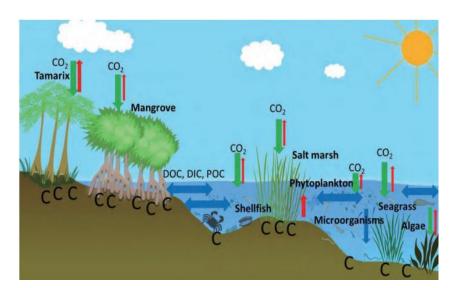
#### 2.6.2 Manfaat Karbon Biru Pesisir (Coastal Blue Carbon)

Ekosistem pesisir mampu menyita dan menyimpan karbon dengan jumlah besar sehingga disebut sebagai ekosistem karbon biru. Ekosistem ini menarik karbon saat proses pertumbuhan dan mentransfer banyak bahan organik dari tanah. Penyerapan karbon di ekosistem pesisir dapat terus meningkat seiring waktu. Namun demikian, jika perubahan iklim terus terjadi, maka dampak yang dirasakan ekosistem ini akan semakin terasa. Kehilangan ekosistem ini akan meningkatkan resiko banjir dan erosi pantai sehingga sangat rentan bagi jutaan orang yang tinggal di garis pantai. Untuk itu, sangat penting dilakukan pemulihan dan perlindungan pada sistem karbon biru dunia (Herr dan Landis, 2016).

Ekosistem pesisir merupakan tempat penyimpanan karbon terbesar. Sekitar 75% hingga 90% karbon mangrove tersimpan di dalam tanah dan sisanya di biomassa hidup. Hal ini karena sebagian besar biomassa di atas tanah pada akhirnya akan hilang karena ditebang habis dan dimanfaatkan manusia (Alongi, 2014). Namun demikian, mangrove memiliki biomassa lebih besar dari ekosistem lainnya karena dapat tumbuh hingga 40 meter di beberapa lokasi. Diperkirakan rata-rata simpanan karbon pada mangrove dan rawa pasang surut per hektare per tahun sekitar 6 hingga 8 ton, sedangkan lamun diperkirakan sekitar 4 ton per hektare per tahun (Lawrence, 2012).

### 2.6.3 Mekanisme Karbon Biru Pesisir (Coastal Blue Carbon)

Mekanisme penyerapan karbon di ekosistem pesisir diawali dengan terjadinya pertukaran CO<sub>2</sub> antara tumbuhan dan atmosfer, air laut dan atmosfer, dan terjadi pertukaran karbon organik terlarut (DOC), karbon anorganik terlarut (DIC) dan karbon organik partikulat (POC) dalam air, serta akumulasi karbon dalam sedimen. Pada gambar berikut, tipe ekosistem yang digambarkan adalah (dari darat ke laut): tamariska, mangrove, kerang-kerangan, rawa pasang surut, fitoplankton (tersebar luas), mikroorganisme (tersebar luas), lamun, dan mikroalga. Akan tetapi pada kenyataannya ekosistem ini tidak muncul dalam wilayah yang sama secara bersamaan (Tang *et al.*, 2018). Untuk lebih jelasnya, mekanisme karbon biru pesisir (*coastal blue carbon*) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Mekanisme karbon biru pesisir (*coastal blue carbon*) Sumber: Tang *et al.* (2018)

Mangrove secara aktif dan tidak langsung memfasilitasi penangkapan dan penyimpanan karbon ke dalam tanah, dan menangkap sinar matahari untuk proses pertumbuhan dan produksi biomassa di atas maupun di bawah tanah. Bagi mangrove, biomassa di atas tanah sangat penting dan dapat menjadi penyimpan penting bagi karbon jika tidak dipotong. Mangrove sangat produktif dalam menyimpan karbon dan sangat bervariasi pada setiap ukuran, usia, dan jenis. Akumulasi karbon bergantung pada faktor pasang surut, ketinggian hutan, lokasi yang dekat pantai, habitat perairan yang berdekatan dan produktifitas primer (Alongi, 2018).

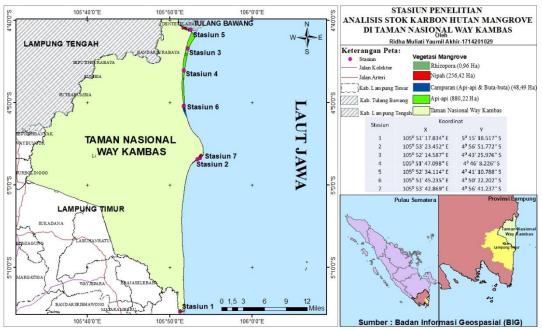
#### 2.7 Kondisi Mangrove di Daerah Penyangga Taman Nasional Way Kambas

Saat ini, kondisi tutupan hutan mangrove di Taman Nasional Way Kambas terus mengalami penurunan. Berdasarkan analisis yang dilakukan pada kurun waktu 1973-2013, tutupan mangrove di TNWK sempat mengalami peningkatan pada tahun 1973 hingga 1983 dengan nilai perubahan sebesar 21,90 % atau 15.255,29 ha yang sebelumnya sebesar 12.514,60 ha. Namun demikian, peningkatan tersebut tidak lebih besar dari penurunan luasan pada tahun-tahun berikutnya. Peningkatan luas tutupan ini terjadi karena adanya perubahan status pengelolaan kawasan hutan di Way Kambas. Sejak saat itu hingga saat ini kondisi tutupan hutan mangrove terus mengalami penurunan dengan luas sebesar 3.724,11 ha pada tahun 2013. Hal ini dipengaruhi karena adanya perubahan status kawasan, aktivitas nelayan dalam kawasan dan pemberantasan kasus peramban (Yuliasamaya *et al.*, 2014).

#### III. METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-Maret 2021 di Taman Nasional Way Kambas, Lampung Timur, Provinsi Lampung. Selanjutnya sampel yang didapat dianalisis di Laboratorium Jurusan Ilmu Tanah dan Laboratorium Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Untuk lebih jelas lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Lokasi penelitian di Taman Nasional Way Kambas

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam mendukung penelitian ini adalah GPS (*global positioning system*), *roll meter*, tali rafia, pita meter, buku identifikasi mangrove, alat tulis, *tally sheet*, *christen hypsometer*, plastik sampel, *corer sampler*, *container box*, kamera, oven, mortar dan timbangan. Adapun bahan yang digunakan dalam

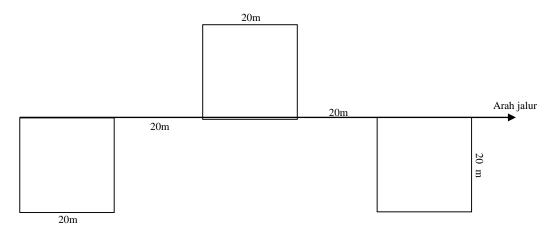
penelitian ini adalah sampel tegakan mangrove, serasah, dan sedimen mangrove.

# 3.3 Pengamatan dan Pengambilan Sampel di Lokasi

## 3.3.1 Pengamatan Sampel

Prosedur yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei, yaitu melakukan pengamatan dan pengambilan sampel langsung di lapangan dan dianalisis di laboratorium. Untuk pengamatan sampel akan menggunakan metode *purposive sampling*, yakni menentukan lokasi penelitian secara sengaja dengan mempertimbangkan dan memperhatikan kondisi daerah penelitian. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, ekosistem mangrove Taman Nasional Way Kambas saat ini memiliki luas sebesar 1.186,09 ha yang didominasi oleh jenis Bakau (*Rhizopora apiculata*), Api-api (*Avicennia marina*), Buta-buta (*Excoecaria agallocha*) dan Nipah (*Nypa fruticans*). Oleh karena itu lokasi dipilih berdasarkan jenis mangrove yang telah ditemukan, sehingga total lokasi pengambilan sampel berjumlah 15 plot yang tersebar ke dalam 7 stasiun.

Untuk pemasangan plot pada setiap stasiun digunakan metode jalur berpetak. Pada awalnya jalur berpetak akan ditentukan secara acak, kemudian jalur dan petak selanjutnya diambil secara sistematis. Petak pengamatan dibuat dengan ukuran  $20x20 \text{ m}^2$  dengan jarak antar petak 20 m. Bentuk sampling plot yang digunakan dalam penelitian ini adalah plot persegi. Berikut ini adalah ilustrasi dari metode jalur berpetak yang akan digunakan dan dapat dilihat pada Gambar 6.



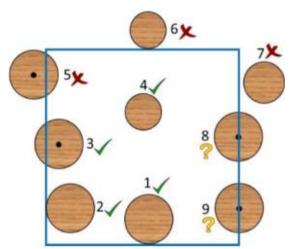
Gambar 6. Rancangan petak pengamatan dibuat dengan ukuran 20x20 m<sup>2</sup>

## 3.3.2 Penagambilan Sampel di Lokasi

# (1) Tegakan Mangrove

Untuk mendapatkan nilai biomassa pada tegakan mangrove, perlu dilakukan pengukuran diameter pohon terlebih dahulu pada plot  $20x20 \text{ m}^2$  yang disebut *diameter breast high* (DBH) dan tinggi pohon, sedangkan untuk mendapatkan nilai biomassa nipah hanya dilakukan pengukuran tinggi pada pelepah. Berikut ini merupakan tahapan pengukuran biomassa tegakan mangrove, yaitu:

- (a) Diidentifikasi terlebih dahulu jenis mangrove yang berada dalam sampling plot, karena setiap jenis pohon memiliki kemampuan berbeda dalam menyerap karbon;
- (b) Diestimasi posisi tegakan pohon yang dianggap masuk ke dalam batas plot ataupun di luar plot Untuk lebih jelasnya, ilustrasi posisi tegakan pohon dapat dilihat pada Gambar 7;



Gambar 7. Posisi tegakan pohon dilihat dari atas dan penentuan tegakan yang dianggap di dalam plot dan di luar plot Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Surabaya (2018)

# Keterangan:

Tegakan no 1-4 secara absolut dianggap di dalam plot

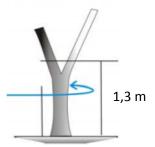
Tegakan no 5 dianggap di luar plot karena sebagian besar biomassa ada di luar plot

Tegakan no 6+7 sudah jelas diluar plot sehingga tidak dihitung

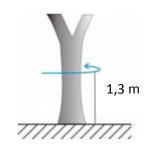
Tegakan no 8+9 dianggap masuk di dalam plot karena sebagian atau separuh dari biomassanya berada didalam plot

(c) Pohon yang berdiameter ≥5 cm diukur dengan menggunakan pita meter setinggi dada (*diameter breast high, DBH*). Untuk lebih jelasnya, teknis

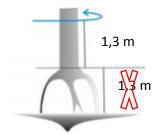
pengukuran diameter setinggi dada (DBH) dapat dilihat pada Gambar 8.



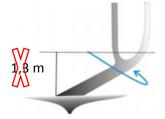
(a) Pohon dengan batang bercabang; Jika cabang pohon berada di bawah ketinggian 1,3 m, maka DBH diukur di kedua cabang dan dianggap sebagai dua pohon terpisah.



(b) Pohon dengan batang bercabang; Jika cabang pohon berada di atas ketinggian 1,3 m, maka DBH diukur pada setinggi dada (tepat 1,3 m).



(c) Pohon dengan akar udara; Pengukuran DBH dimulai dari 30 cm di atas tonjolan akar tertinggi.



(d) Batang tidak normal (cabang bengkok); Pengukuran DBH dimulai dari 30 cm di atas atau di bawah batas tinggi dada (1,3 m).

Gambar 8. Teknik pengukuran diameter setinggi dada (DBH) pada berbagai kondisi pohon
Sumber: Sutaryo (2009)

- (d) Tinggi pohon dan pelepah pada nipah diestimasi dengan menggunakan *christen hypsometer*;
- (e) Data yang telah didapat dicatat berdasarkan jenis pohon ke dalam tally sheet.

### (2) Serasah

Serasah merupakan bahan organik mati yang berada di atas tanah. Kayu mati yang diameternya berukuran kurang dari 10 cm dapat dikategorikan sebagai serasah. Serasah yang dihasilkan dapat dipilah menjadi lapisan atas dan lapisan bawah. Lapisan atas terdiri dari guguran daun segar, ranting, serpihan kulit kayu, bunga dan buah, sedangkan lapisan bawah dapat disebut dengan humus atau serasah yang sudah terdekomposisi dengan baik (Sutaryo, 2009).

Tahapan pengukuran biomassa serasah adalah sebagai berikut:

- (a) Dikumpulkan serasah yang berada dalam plot berukuran 0,5x0,5 m<sup>2</sup>;
- (b) Serasah yang didapat dibersihkan dari lumpur yang menempel;
- (c) Sampel serasah dimasukan dan disimpan di dalam kantong plastik sampel dan diberi label agar memudahkan untuk dianalisis di laboratorium.

## (3) Sedimen

Untuk mendapatkan nilai karbon organik sedimen mangrove, perlu dilakukan pengambilan sampel sedimen terlebih dahulu dengan menggunakan *corer sampler* berukuran 2 inchi dengan tinggi 20 cm. Tinggi pada *corer sampler* menunjukkan kedalaman sampel sedimen yang akan diambil. Selain itu, serasah hanya akan mengalami proses dekomposisi pada bagian permukaan tanah sedangkan pada kedalaman lebih dari 20 cm tidak akan ada pengaruh dari proses dekomposisi, sehingga tingginya kandungan bahan organik dapat ditemukan pada lapisan permukaan (0 cm) hingga kedalaman 20 cm (Allen *et al*, 1996 *dalam* Budiasih *et al*, 2015).

Tahapan kerja yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

- (a) Dibersihkan terlebih dahulu sampah organik ataupun daun hidup (jika ada) yang berada di atas permukaan tanah yang akan diamati;
- (b) *Coring* tanah:
  - Corer sampler dimasukkan ke dalam tanah secara vertikal di lokasi yang sudah dibersihkan sampai kedalaman mencapai pangkal corer. Jika coring tidak dapat menembus kedalaman penuh (sampai pangkal corer), maka pengambilan sampel dilakukan di lokasi lain;
  - Setelah *corer* mencapai kedalaman penuh, *corer* diputar untuk memotong akar halus yang terdapat dalam tanah;
  - *Corer* ditarik secara perlahan dari dalam tanah sambil terus diputar untuk mempertahankan agar sampel yang diambil tetap penuh dan lengkap;
- (c) Sampel tanah yang telah didapat dimasukkan ke dalam kantong plastik sampel dan diberikan label pada setiap kantong untuk memudahkan identifikasi dan analisis di laboratorium;

(d) Sampel disimpan di dalam *container box* (jika lokasi pengambilan data jauh dari laboratorium tempat analisis sampel) atau tempat khusus untuk dibawa ke laboratorium.

## 3.4 Analisis Sampel dan Pengolahan Data

## 3.4.1 Analisis Sampel di Laboratorium

## (1) Serasah

Setelah pengambilan sampel di lapangan selesai, kemudian sampel serasah dianalisis di laboratorium dengan tahapan sebagai berikut (Hairiah *et al*, 2011):

- (a) Serasah ditimbang terlebih dahulu untuk mendapatkan berat basah total;
- (b) Serasah yang telah ditimbang diambil sebanyak kira-kira 100-300 g sebagai subcontoh. Apabila total berat basah yang didapatkan tidak mencapai 100 g, maka seluruh serasah dari plot tersebut dianggap sebagai subcontoh;
- (c) Subcontoh serasah dikeringkan dengan menggunakan oven pada kisaran suhu 70 °C sampai dengan 85 °C hingga bobot konstan;
- (d) Subcontoh serasah yang telah dikeringkan ditimbang dan dicatat hasilnya.

### (2) Sedimen

Metode yang digunakan untuk analisis sampel sedimen adalah metode *loss on ignition* (LOI). Metode LOI merupakan metode yang digunakan untuk mengukur kadar organik pada sedimen, dengan menimbang berat sampel yang hilang setelah pembakaran. Tahapan analisis tersebut adalah (Howard *et al*, 2014):

- (a) Sampel yang diperoleh dikeringkan di dalam oven dengan suhu 60 ° C selama 48 jam hingga konstan;
- (b) Setelah kering, sampel dihaluskan dengan menggunakan mortar agar kondisi sampel menjadi homogen sebelum dilakukan pembakaran. Setiap sampel yang sudah dihaluskan ditempatkan ke dalam kantong plastik sampel;
- (c) Setelah dihaluskan, sampel diambil sebanyak 3 gram dan ditempatkan pada wadah yang sudah disiapkan. Kemudian dibakar dengan suhu 450 °C selama 4 jam, setelah itu sampel ditimbang kembali untuk mendapatkan berat akhir setelah pembakaran.

## 3.4.2 Pengolahan Data

# 3.4.2.1 Perhitungan Cadangan Karbon dan Nilai Karbon

# (1) Tegakan Mangrove

Data tegakan mangrove berupa diameter setinggi dada (DBH) dan tinggi pohon digunakan untuk mengukur nilai biomassa yang terkandung dalam setiap pohon. Untuk mendapatkan nilai karbon pada tegakan perlu diketahui terlebih dahulu nilai biomassa pohon yang selanjutnya dikalikan dengan konversi 0,47 (SNI 7724:2011). Adapun perhitungan yang digunakan dalam menganalisis data sebagai berikut:

(a) Nilai biomassa pohon dapat dihitung dengan menggunakan persamaan alometrik. Persamaan alometrik biomassa pohon yang digunakan pada penelitian ini merupakan model yang sudah tersedia dan telah dikembangkan di lokasi lain. Sebelum itu, perlu dilakukan pengecekan terlebih dahulu apakah sebaran diameter pohon hasil inventarisasi berada pada kisaran diameter pohon contoh persamaan alometrik yang akan digunakan. Jika sudah sesuai, maka persamaan alometrik tersebut dapat digunakan untuk menduga biomassa pohon pada daerah yang akan diamati (Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, 2013). Model alometrik biomassa pohon yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Model alometrik biomassa bagian atas (*above ground biomass*) beberapa jenis mangrove

No	Jenis	Model alometrik	$R^2$	Sumber
1.	Bakau (Rhizopora apiculata)	B=0,2109*(D) <sup>2,4533</sup>	0,97	Hilmi &Siregar (2006)
2.	Nipah (Nypa fruticans)	B=0,3999+7,907*(H)	0,75	Brown (1997) dalam Sutaryo (2009)
3.	Api-api (Avicennia marina)	$B=0,1848*(D)^{2,3524}$	0,98	Dharmawan & Siregar (2008)
4.	Buta-buta (Excoecaria agallocha)	B=0,251*ρ*(D) <sup>2,46</sup>	0,98	Komiyama (2005) dalam Purnomo (2020) (ρ=0,45)
5.	Persamaan umum	B=exp[-2,134+2,530*ln(D)]	0,97	Brown (1997)

Keterangan:

B: Biomassa pohon (kg)

D: Diameter setinggi dada (cm)

H: Tinggi pohon (cm) ρ: Densitas batang (g/cm²)

(b) Perhitungan karbon pada tegakan menggunakan persamaan sebagai berikut (SNI 7724:2011):

$$C_b = B \times C_{organik}$$

Keterangan:

C<sub>b</sub> : Kandungan karbon dari biomassa tegakan mangrove (kg)

B : Total biomassa (kg)

%C<sub>organik</sub>: Nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau mengguna-

kan nilai %C yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratori-

um

(c) Perhitungan cadangan karbon per hektare untuk tegakan mangrove dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (SNI 7724:2011):

$$C_{tegakan} = \frac{Cbtotal}{1.000} \times \frac{10.000}{lplot}$$

Keterangan:

C<sub>tegakan</sub>: Kandungan karbon per hektare pada masing-masing carbon pool

pada tiap plot (ton/ha)

C<sub>btotal</sub> : Kandungan karbon pada masing-masing *carbon pool* pada tiap plot

(kg)

l<sub>plot</sub>: Luas plot pada masing-masing *carbon pool* (m<sup>2</sup>)

## (2) Serasah

Setelah analisis dilakukan, data serasah yang didapat berupa berat basah total, berat basah contoh, dan berat kering. Ketiga data ini digunakan untuk menghitung bahan organik yang terkandung dalam serasah dan untuk mengetahui nilai karbonnya maka perlu dikalikan dengan konversi 0,47 (SNI 7724:2011). Adapun perhitungan yang digunakan dalam menganalisis data sebagai berikut:

(a) Bahan organik serasah dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Bo = \frac{Bks (kg)}{Bbs} \times Bbt (kg)$$

Keterangan:

Bo: Berat bahan organik (kg) Bks: Berat kering contoh (kg) Bbt: Berat basah total (kg) Bbs: Berat basah contoh (kg) (b) Perhitungan karbon dari bahan organik serasah menggunakan persamaan berikut:

$$C_m = Bo x \% C_{organik} x 4$$

Keterangan:

Cm : Kandungan karbon bahan organik serasah (kg/m²)

Bo : Total bahan organik serasah (kg)

%Corganik : Nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau mengguna-

kan nilai %C yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratori-

um

4 : Faktor konversi dari 0,25 m² ke m²

(c) Perhitungan kandungan karbon bahan organik serasah per hektare dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$C_{serasah} = C_m \times 10$$

Keterangan:

C<sub>serasah</sub>: Kandungan karbon bahan organik serasah per hektare (ton/ha)

C<sub>m</sub> : Kandungan karbon bahan organik serasah (kg/m<sup>2</sup>)

10 : Faktor konversi dari kg/m² ke ton/ha

### (3) Sedimen

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, didapatkan data berupa berat basah dan berat kering yang selanjutnya akan dihitung untuk mencari nilai densitas tanah, persentase karbon organik pada sedimen, densitas karbon, dan estimasi karbon. Adapun perhitungan yang digunakan dalam menganalisis data sampel sedimen adalah sebagai berikut (Howard *et al*, 2014 *dalam* Mahasani *et al*, 2015):

(a) Densitas tanah merupakan berat partikel persatuan volume tanah beserta porinya. Perhitungan densitas tanah (BD) dapat menggunakan persamaan berikut:

Bulk density (g/cm<sup>3</sup>) = 
$$\frac{\text{Berat kering (g)}}{\text{Volume sampel (cm}^3)}$$

Keterangan:

Bulk density (BD): Kadar isi substrat lumpur (g/cm<sup>3</sup>)

(b) Pengabuan kering (*loss on ignition*) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\%BO = \frac{Wo - Wt}{Wo} \times 100$$

Keterangan:

%BO: Persentase bahan organik sedimen yang hilang pada proses

pembakaran

Wo : Berat kering sebelum pembakaran (g)Wt : Berat akhir setelah pembakaran (g)

(c) Konversi %BO menjadi %C<sub>organik</sub> dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$%C_{\text{organik}} = 0.580 \text{ x } %BO$$

Keterangan:

%Corganik : Kandungan karbon pada sedimen yang mengandung bahan orga-

nik

0,580 : Konstanta untuk mengkonversi %BO menjadi %C

%BO : Persentase bahan organik sedimen yang hilang pada proses pem-

bakaran

(d) Kandungan densitas karbon pada sedimen diestimasi dengan persamaan berikut:

Soil C density 
$$(g/cm^3) = \%C_{organik} \times BD$$

Keterangan:

Soil C density: Densitas karbon (g/cm<sup>3</sup>)

%C<sub>organik</sub> : Kandungan karbon pada sedimen yang mengandung bahan

organik

BD : Densitas tanah (g/cm<sup>3</sup>)

(e) Kandungan karbon pada sedimen dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_{\text{sedimen}} = BD \times Kd \times C_{\text{organik}} \times 100$$

Keterangan:

C<sub>sedimen</sub>: Kandungan karbon organik sedimen per hektare (ton/ha)

BD : Densitas tanah (g/cm<sup>3</sup>)

Kd : Kedalaman contoh sedimen (cm)

%Corganik : Kandungan karbon pada sedimen yang mengandung bahan

organik

: Konversi dari g/cm² ke ton/ha

## 3.4.2.2 Perhitungan Karbon Total

### (1) Perhitungan Cadangan Karbon Total Setiap Komunitas per Hektare

Perhitungan cadangan karbon dalam setiap komunitas dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_{tk\text{--}i} = C_{tegakan} + C_{serasah} + C_{sedimen}$$

Keterangan:

C<sub>tk-i</sub>: Total kandungan karbon pada setiap komunitas mangrove (ton/ha)

C<sub>tegakan</sub>: Total kandungan karbon tegakan per hektare pada komunitas mangrove (ton/ha)

C<sub>serasah</sub>: Total kandungan karbon serasah per hektare pada komunitas mangrove (ton/ha)

C<sub>sedimen</sub>: Total kandungan karbon sedimen per hektare pada komunitas mangrove (ton/ha)

# (2) Perhitungan Stok Karbon Total Berdasarkan Luas Komunitas Mangrove

Perhitungan cadangan karbon dalam suatu komunitas mangrove menggunakan persamaan sebagai berikut (SNI 7724:2011):

$$C_{\text{komunitas-i}} = (\frac{\sum Ctk - i}{n \ plot}) \ x \ luas setiap komunitas mangrove$$

Keterangan:

C<sub>komunitas-i</sub>: Total cadangan karbon dalam setiap komunitas mangrove (ton)

C<sub>tk-I</sub>: Total kandungan karbon per hektare pada setiap komunitas mangrove

(ton/ha)

n<sub>plot</sub> : Jumlah plot dalam komunitas mangrove

Luas setiap komunitas mangrove dinyatakan dalam hektare (ha)

# (3) Perhitungan Stok Karbon Total dalam Suatu Areal

Penghitungan stok karbon total dalam suatu areal hutan menggunakan persamaan sebagai berikut (SNI 7724:2011):

 $C_{total} = \sum C_{komunitas}$ 

Keterangan:

C<sub>total</sub> : Stok karbon dalam suatu

areal (ton)

C<sub>komunitas</sub>: Total stok karbon dari setiap komunitas (ton)

### V. SIMPULAN DAN SARAN

# 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

- (1) Estimasi karbon yang berhasil disimpan oleh tegakan, serasah, dan sedimen mangrove di TNWK dari keempat komunitas yaitu bakau, api-api, campuran, dan nipah sebesar 278,80 ton/ha karbon tegakan; 4,89 ton/ha karbon serasah; dan 177,6 ton/ha karbon sedimen.
- (2) Estimasi karbon yang disimpan dalam masing-masing komunitas adalah bakau 143,02 ton, api-api 15.692,86 ton, campuran 2.457,15 ton, dan nipah 2.734,46 ton. Sehingga diperkirakan total karbon tersimpan di ekosistem mangrove Taman Nasional Way Kambas adalah sebesar 21.027,49 ton.

#### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yaitu:

- (1) Taman Nasional Way Kambas dapat melakukan kegiatan penanaman berbagai jenis mangrove pada lahan yang masih kosong dengan memperhatikan kondisi tanah dan keanekaragaman hayati di dalamnya.
- (2) Mengarsipkan data inventaris jenis mangrove maupun luasan ekosistem mangrove Taman Nasional Way Kambas dari tahun ke tahun.
- (3) Memperhatikan peraturan mengenai perizinan dalam pemanfaatan ekosistem mangrove Taman Nasional Way Kambas.



### **DAFTAR PUSTAKA**

- Alongi, D.M. 2014. Carbon cycling and storage in mangrove forests. *Annu Rev Mar Sci.* 6: 195–219.
- Alongi, D.M. 2016. Mangroves. *Dalam* Kennish MJ (*Ed*). *Encyclopedia of Estuaries*. Springer. 393–404.
- Alongi, D.M. 2018. *Blue Carbon. Coastal Sequestration for Climate Change Mitigation*. Spinger. 88 hlm.
- Ayu, S.M., Rosdayati, A., dan Najib, N.N. 2020. Simpanan karbon tanah pada ekosistem mangrove Kelurahan Songka Kota Palopo. *Journal TABARO*. 4 (2): 484-489.
- Atmoko, T., dan Sidiyasa, K. (Eds). 2007. Hutan mangrove dan peranannya dalam melindungi ekosistem pantai. *Prosiding Seminar Pemanfaatan HHBK dan Konservasi Biodiversitas Menuju Hutan Lestari*. Balikpapan. 92-99.
- Azzahra, F.S., Suryanti., dan Febrianto, S. 2020. Estimasi serapan karbon pada hutan mangrove Desa Bedono, Demak, Jawa Tengah. *Journal of Fisheries and Marine Research*. 4 (2): 308-315.
- Badan Standar Nasional Indonesia. 2011. Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon– Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (*ground based forest carbon accounting*). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. SNI 7724. 16 hlm.
- Bengen, D.G. (Ed). 2002. Ekosistem dan sumberdaya pesisir dan laut serta pengelolaan secara terpadu dan berkelanjutan. *Prosiding Pelatihan Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu*. Bogor. 28-55.
- Brown, S. 1997. Estimating Biomass And Biomass Change Of Tropical Forests: A Primer. FAO Forestry Paper. Rome. 134 hlm.
- Budiadi. 2020. Pendugaan simpanan karbon pada kawasan rehabilitasi pesisir selatan Pulau Jawa. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 14 : 71-83.

- Budiasih, R., Supriharyono., dan Muskananfola, M.R. 2015. Analisis kandungan bahan organik, nitrat, fosfat pada sedimen di kawasan mangrove jenis *Rhizophora* dan *Avicennia* di Desa Timbulsloko, Demak. *Diponegoro Journal of Maquares*. 4 (3): 66-75.
- Cahyaningrum, S.T., Hartoko, A., dan Suryanti. 2014. Biomassa karbon mangrove pada kawasan mangrove Pulau Kemujan Taman Nasional Karimunjawa. *Diponegoro Jurnal of Maquares*. 3 (3): 34-42.
- Dharmawan, I.W.S., dan Siregar, C.A. 2008. Karbon tanah dan pendugaan karbon tegakan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh. di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam.* 5 (4): 317-328.
- Dinas Lingkungan Hidup Surabaya. 2018. *Estimasi Stok Karbon di Kawasan Mangrove Pantai Utara Kota Surabaya*. Pemerintah Kota Surabaya. Surabaya. 140 hlm.
- Farhaby, A.M., dan Utama, A.U. 2019. Analisis produksi serasah mangrove di Pantai Mang Kalok Kabupaten Bangka. *Jurnal Enggano*. 4 (1): 1-11.
- Hairiah, K., dan Rahayu, S. 2007. *Pengukuran 'Karbon Tersimpan' di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor. 77 hlm.
- Hairiah K., Ekadinata, A., Sari, R.R., dan Rahayu, S. 2011. *Pengukuran Cadang-an Karbon: Dari Tingkat Lahan Ke Bentang Lahan. Petunjuk Praktis. Edisi Kedua.* Bogor. 88 hlm.
- Hanafi, N., dan Bernardianto, R.B. 2012. Pendugaan cadangan karbon pada sistem penggunaan lahan di areal PT. Sikatan Wana Raya. *Media Sains*. 4 (2).
- Handoyo, E., Amin, B., dan Elizal. 2020. Estimation of carbon reserved in mangrove forest of Sungai Sembilan Sub-district, Dumai City, Riau Province. *Asian Journal of Aquatic Science*. 3 (2): 124-134.
- Herr, D. dan Landis, E. 2016. Coastal Blue Carbon Ecosystems. Opportunities for Nationally Determined Contributions. Policy Brief. The Nature Conser-Vancy. USA. 28 hlm.
- Hilmi, E. dan Siregar, A.S. 2006. Model pendugaan biomassa vegetasi mangrove di Kabupaten Indragiri Hilir Riau. *Biosfera*. 23 (2): 77-85.
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., and Pidgeon, E. (eds.). 2014. Coastal Blue Carbon: Methods for Assessing Carbon Stocks and Emissions Factors in Mangroves, Tidal Salt Marshes, and Seagrasses. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. USA. 180 hlm.

- Indraswati, E., Muchtar, M., Veriasa, T.O., Muzakkir, A., dan Putri, A.M. 2018. Rencana pengelolaan kolaboratif Taman Nasional Way Kambas, Provinsi Lampung tahun 2018 2023. *YOSL/OIC-PILI*. 127 hlm.
- Irama, A.B., 2020.Perdagangan karbon di Indonesia: kajian kelembagaan dan keuangan negara. *Info Artha.* 4 (1): 83-102.
- Irmayeni, C. 2010. *Model Alometrik Biomassa dan Pendugaan Simpanan Karbon Rawa Nipah (Nypa fruticans)*. (Skripsi). Universitas Sumatera Utara. Medan. 86 hlm.
- Isnaeni, R., Ardli, E.R., dan Yani, E. 2019. Kajian pendugaan biomassa dan stok karbon pada *Nypa fruticans* di kawasan Segara Anakan Bagian Barat, Cilacap. *Bioeksakta:Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*. 1 (2): 156-162.
- Isnaini, S., Amin, B., dan Efriyledi. 2020. Comparison of carbon reserve in mangrove *Sonneratia alba* and *Nypa fruticans* in Pangkalan Jambi Village, Bengkalis District, Riau Province. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*. 1 (1): 41-50.
- Karim, M.A., Purwiyanto, A.I.S., dan Agustriani, F. 2019. Analisis laju produksi kandungan karbon (c) serasah daun mangrove di Pulau Payung Kabupaten Banyuasin. *Maspari Journal*. 11 (1): 1-8.
- Karimah. 2017. Peran ekosistem hutan mangrove sebagai habitat untuk organisme laut. *Jurnal Biologi Tropis*. 17 (2): 51-58.
- Katili, A.S., Mamu, H.D., dan Husain, I.H. 2014. *Potensi Struktur Vegetasi Mangrove dan Nilai Serapan Biomassa Karbon*. Ideas Publishing. Gorontalo. 108 hlm.
- Komiyama, A., Poungparn, S., dan Kato, S. 2005. Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*. 21 (4): 471-477.
- Kustanti, A. 2011. Manajemen Hutan Mangrove. IPB Press. Bogor. 248 hlm.
- Lawrence, A. 2012. Blue Carbon. A new concept for reducing the impacts of climate change by conserving coastal ecosystems in the Coral Triangle. WWF-Australia. Queensland. 21 hlm.
- Lestariningsih, W.A., Soenardjo., dan Pribadi, R. 2018. Estimasi cadangan karbon pada kawasan mangrove di Desa Timbulsloko, Demak, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*. 7 (2): 121-130 hlm.
- Lugina, M., Ginoga, K.L., Wibowo, A., Bainnaura, A., dan Partiani, T. 2011.

  Prosedur operasi standar untuk pengukuran dan perhitungan stok karbon

- di kawasan konservasi. PUSLITBANG Perubahan Iklim dan Kebijakan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor. 28 hlm.
- Mahasani, I.G.A.I., Widagti, N., dan Karang, I.W.G.A. 2015. Estimasi persentase karbon organik di hutan mangrove bekas tambak, Perancak, Jembrana, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 1: 14-18.
- Majid, I., Al Muhdar, M.H.I., Rohman, F., dan Syamsuri, I. 2016. Konservasi hutan mangrove di Pesisir Pantai Kota Ternate terintegrasi dengan kurikulum sekolah. *Jurnal Bioedukasi*. 4 (2): 488-496.
- Manafe, G., Kaho, M.R., dan Risamasu, F. 2016. Estimasi biomassa permukaan dan stok karbon pada tegakan pohon *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* di Perairan Pesisir Oebelo Kabupaten Kupang. *Jurnal Bumi Lestari*. 16 (2): 163-173.
- Marbun, A., Rumengan, A.P., Schaduw, J.N.W., Paruntu, C.P., Angmalisang, P.A., dan Manopo, V.E.N. 2020. Analisis stok karbon pada sedimen mangrove di Desa Baturapa Kecamatan Lolak Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 8 (1): 20-30.
- Mardiyah, R., Ario, R., dan Pribadi, R. 2019. Estimasi simpanan karbon pada ekosistem mangrove di Desa Pasar Banggi dan Tireman, Kecamatan Rembang, Kabupaten Rembang. *Journal of Marine Research*. 8 (1): 62-68.
- Motoku, A.W., Umar, S., dan Toknok, B. 2014. Nilai manfaat hutan mangrove di Desa Sausu Peore Kecamatan Sausu Kabupaten Parigi Moutong. *Warta Rimba*. 2 (2): 92-101.
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J.B., Warren, M.W., Sasmito, S.D., Donato, D.C., Manuri, S., Krisnawati, H., Taberina, S., and Kurnianto, S. 2015. The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*. 5: 1089-1092.
- Murti, S.A. 2018. Daya tarik Taman Nasional Way Kambas sebagai destinasi wisata di Lampung. *Sekolah Tinggi Pariwasata AmbarrukmoYogyakarta*. Yogyakarta. 9 hlm.
- Nugraha, F.W., Pribadi, R., dan Wirasatriya, A. 2020. Kajian perubahan luasan untuk prediksi simpanan karbon ekosistem mangrove di Desa Kaliwlingi, Kabupaten Brebes. *Buletin Oseanografi Marina*. 9 (6): 104-116.
- Pebriandi., Sribudiani, E., dan Mukhamadun. 2014. Estimation of the carbon potential in the above ground at the stand level poles and trees in Sentajo Protected Forest. Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau. 1 (1): 1-13.

- Prijono, A. 2017. Ekuilibrium Konservasi. Menjaga Keseimbangan di Taman Nasional Way Kambas. TFCA-Sumatera. Jakarta. 172 hlm.
- Purnomo, A. 2013. Mari Berdagang Karbon. Pengantar Pasar Karbon untuk Pengendalian Perubahan Iklim. DNPI. Jakarta. 84 hlm.
- Purnomo, E. 2020. Potensi karbon tersimpan pada ekosistem mangrove alami Taman Nasional Karimun Jawa. *Jurnal Biologica Samudra*. 2 (2): 121-127.
- Purnobasuki, H. 2012. Pemanfaatan hutan mangrove sebagai penyimpan karbon. Buletin PSL Universitas Surabaya. Surabaya. 3-5.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi. 2013. *Pedoman Penggunaan Model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa dan Stok Karbon Hutan di Indonesia*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Kementrian Kehutanan. Bogor. 33 hlm.
- Putri, A.H.M., dan Wulandari, C. 2015. Potensi penyerapan karbon pada tegakan damar mata kucing (shorea javanica) di Pekon Gunung Kemala Krui Lampung Barat. *Jurnal Sylva Lestari*. 3 (2): 13-20.
- Rahim, S., dan Baderan, D.W.K. 2017. *Hutan Mangrove dan Pemanfaatannya*. Deepublish. Yogyakarta. 78 hlm.
- Rahmattin, N.A.F.E., dan Hidayah, Z. 2020. Analisis ketersediaan stok karbon pada mangrove di Pesisir Surabaya, Jawa Timur. *Juvenil.* 1 (1): 58-65.
- Riwayati. 2014. Manfaat dan Fungsi Hutan Mangrove Bagi Kehidupan. *Jurnal Keluarga Sehat Sejahtera*. 12 (24): 17-23.
- Rositah., Herawatiningsih, R., dan Hardiansyah, G. 2013. Pendugaan biomassa karbon serasah dan tanah pada hutan tanaman (*Shorea leprosula* Miq) sistem TPTII Pt. Suka Jaya Makmur. *Jurnal Hutan Lestari*. 1 (3): 358-366.
- Sandhyavitri, A., Restuhadi, F., Sulaeman, R., Kurnia, D., dan Suryawan, I. 2013. *Estimasi Potensi Cadangan Karbon Hutan Mangrove*. Pusbangdik Universitas Riau. Riau. 203 hlm.
- Setiadi, D. 2005. Keanekaragaman spesies tingkat pohon di Taman Wisata Alam Ruteng, Nusa Tenggara Timur. *Biodiversitas*. 6 (2): 118-122.
- Siregar, C.A. 2007. Formulasi allometri biomasa dan konservasi karbon tanah hutan tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) di Kediri. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam.* 4 (2): 169-181.

- Subiandono, E., Heriyanto, N.M., dan Karlina, E. 2011. Potensi nipah (*Nypa fruticans* (Thunb.) Wurmb.) sebagai sumber pangan dari hutan mangrove. *Buletin Plasma Nutfah.* 17 (1): 54-60.
- Sudomo, A., dan Widiyanto, A. (Eds). 2017. Produktifitas serasah sengon (*Paraserianthes falcataria*) dan sumbangannya bagi unsur kimia makro sedimen. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Berkelanjutan*. Ciamis. 561-569.
- Sulistyorini, I.S., Edwin, M., dan Imanudin. 2020. Estimasi stok karbon tanah organik pada mangrove di Teluk Kaba dan Muara Teluk Pandan Taman Nasional Kutai. *Jurnal AGRIFOR*. 19 (2): 293-302.
- Suryono., Soenadjo, N., Wibowo, E., Ario, R., dan Rozy, E.D. 2018. Estimasi kandungan biomassa dan karbon di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *Buletin Oseanografi Marina*. 7 (1): 1-8.
- Sutaryo, D. 2009. *Perhitungan Biomassa. Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor. 39 hlm.
- Tang, J., Ye, S., Chen, X., Yang, H., Sun, X., Wang, F., Wen, Q., dan Chen, S. 2018. Coastal blue carbon: concept, study method, and the application to ecological restoration. *Science China Earth Sciences*. 61 (6): 637-646.
- Tomlinson, P.B. 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press. Cambridge. 419 hlm.
- Uthbah, Z., Sudiana, E., dan Yani, D. 2017. Analisis biomasa dan cadangan karbon pada berbagai umur tegakan damar (*Agathis dammara* (lamb.) Rich.) di KPH Banyumas Timur. *Scripta Biologica*. 4 (2): 119-124.
- Wahyono, I.B. 2011. Kajian Biogeokimia Perairan Selat Sunda dan Barat Sumatera Ditinjau dari Pertukaran Gas Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) antara Laut dan Udara. (Tesis). Universitas Indonesia. Depok. 72 hlm.
- Windarni, C., Setiawan, A., dan Rusita. 2018. Estimasi karbon tersimpan pada hutan mangrove di Desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*. 6 (1): 66-74.
- Yuliasamaya., Darmawan, A., dan Hilmanto, R. 2014. Perubahan tutupan hutan mangrove di Pesisir Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*. 2 (3): 111-124.