

**ANALISIS SERAPAN KARBON *Avicennia marina* DI KAWASAN HUTAN
MANGROVE DESA PENUNGGUL, KABUPATEN PASURUAN**

SKRIPSI

Oleh:
LISMA WARDANI
NIM. 145080101111002



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

**ANALISIS SERAPAN KARBON *Avicennia marina* DI KAWASAN HUTAN
MANGROVE DESA PENUNGGUL, KABUPATEN PASURUAN**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh:
LISMA WARDANI
NIM. 145080101111002



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**



SKRIPSI

**ANALISIS SERAPAN KARBON *Avicennia marina* DI KAWASAN HUTAN
MANGROVE DESA PENUNGGUL, KABUPATEN PASURUAN**

Oleh:
LISMA WARDANI
NIM. 145080101111002

Telah dipertahankan di depan penguji
Pada tanggal 23 November 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Pembimbing I

Ir. Putut Widjanarko, MP
NIP. 19540101 198303 1 006
Tanggal: 11 DEC 2018

Menyetujui,
Dosen Pembimbing II

Ir. Kusnani, MP
NIP. 19560417 198403 2 001
Tanggal: 11 DEC 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan MSP



Dr. Ir. M. Firdaus, MP
NIP. 19680919 200501 1 001
Tanggal: 11 DEC 2018

LEMBAR IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : Analisis Serapan Karbon *Avicennia marina* di Kawasan
Hutan Mangrove Desa Penunggul, Kabupaten Pasuruan

Nama Mahasiswa : Lisma Wardani

NIM : 145080101111002

Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

PENGUJI PEMBIMBING:

Pembimbing 1 : Ir. Putut Widjanarko, MP

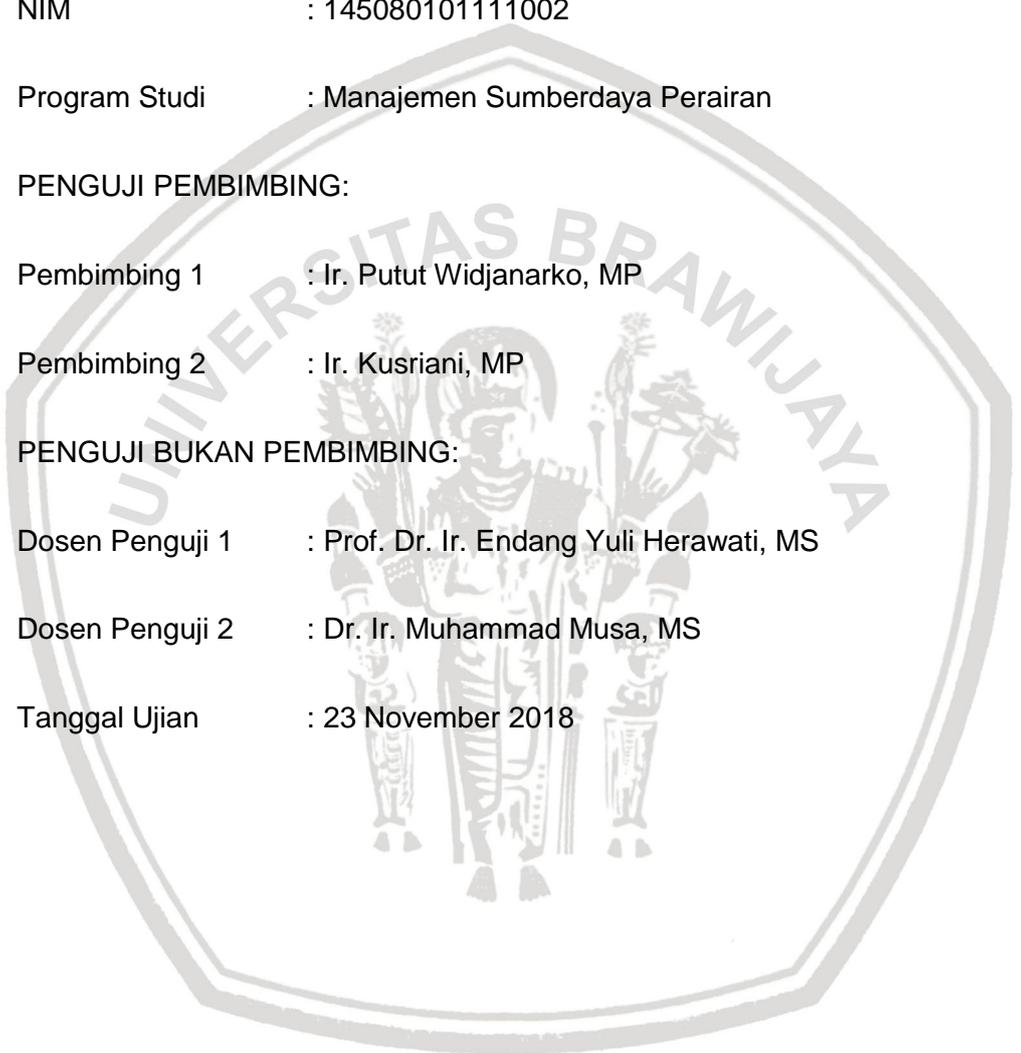
Pembimbing 2 : Ir. Kusriani, MP

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING:

Dosen Penguji 1 : Prof. Dr. Ir. Endang Yuli Herawati, MS

Dosen Penguji 2 : Dr. Ir. Muhammad Musa, MS

Tanggal Ujian : 23 November 2018



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis Panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi dengan judul “**Analisis Serapan Karbon *Avicennia marina* di Kawasan Hutan Mangrove Desa Penunggul, Kabupaten Pasuruan**”. Laporan Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan dan penyusunan Skripsi ini. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang mendasar pada laporan ini. Oleh karena itu, penulis sangat bersedia menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan dalam penyusunan laporan selanjutnya. Demikian penulis sampaikan terima kasih.

Malang, Desember 2018

Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada setiap pihak yang turut serta membantu dalam kelancaran hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan, kelancaran dan petunjuk hingga laporan skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Ibu dan Ayah, juga abang dan adikku atas dorongan yang kuat, memberi semangat, serta restunya serta doa yang tiada hentinya
3. Ir. Putut Widjanarko, MP dan Ir.Kusriani, MP selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu dan sarannya serta kesediaan waktunya untuk membimbing penulis sehingga mampu menyelesaikan Laporan ini.
4. Prof. Dr. Ir. Endang Yuli Herawati, MS dan Dr. Ir. Muhammad Musa, MS selaku dosen penguji atas kritikan dan saran yang telah diberikan.
5. Pak Mukarim yang telah ikut membimbing dan membantu selama di lapang.
6. M Farid Dimyati, Marisa Ruli Susanti, Tya Ayu Pratiwi, Setyawan Dwi Hasga R, Maya Audia, Irfan Aziz Yoviandianto, Moh. Nur Faizin dan Nadia Kusuma Putri yang telah banyak memberi saran dan membantu dalam proses penyelesaian laporan skripsi ini.
7. Teman-teman kosan ibu Ratih Kertoleksono yang turut menghibur dan memberi semangat dalam penyelesaian laporan ini.

Malang, Desember 2018

Penulis

RINGKASAN

LISMA WARDANI. 145080101111002. Analisis Serapan Karbon *Avicennia marina* Di Kawasan Hutan Mangrove Desa Penunggul, Kabupaten Pasuruan (Dibawah pembimbing **Ir. Putut Widjanarko, MP dan Ir.Kusriani, MP**)

Pemanasan global (Global Warming) adalah meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut, dan dataran bumi. Salah satu gas rumah kaca (GRK) yang memberikan pengaruh paling besar terhadap peningkatan rata-rata suhu udara di dunia. Mangrove merupakan salah satu ekosistem yang tumbuh di wilayah pesisir dimana dipengaruhi oleh pasang-surut air laut dan di sekitar muara sungai yang membawa sedimen dari hulu. Ekosistem mangrove berperan dalam mitigasi perubahan iklim akibat pemanasan global karena mampu mereduksi CO₂ melalui mekanisme “sekuestrasi”, yaitu penyerapan karbon dari atmosfer dan penyimpanannya dalam beberapa kompartemen seperti tumbuhan, serasah dan materi organik tanah.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode deskriptif. Metode deskriptif dilakukan melalui teknik survey, studi kasus, studi komparatif, wawancara dan analisis dokumenter. Penentuan lokasi pengambilan sampel ditentukan secara acak kemudian jalur dan petak selanjutnya diambil secara sistematis dengan kriteria yaitu tegakan pohon mangrove *Avicennia marina* berdiameter 16-21,5 cm. Pengambilan sampel serasah diambil dengan pendekatan tidak melakukan pemanenan (non destructive). Pengambilan serasah dengan menggunakan jebakan ukuran 1 m x 1 m pada setiap stasiun selama 1 minggu. Sedangkan pengambilan sedimen diambil secara acak sebanyak 4 kali mengelilingi pohon dengan kedalaman 10 cm.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan didapatkan hasil biomassa batang sebesar 5.160 – 10.400 kg/ha dan hasil serapan karbon batang sebesar 2.425 – 4.888 kg/ha. Biomassa rata-rata komponen serasah sebesar 7,58 – 10.11 kg/ha dan rata-rata serapan karbon sebesar 3.53 – 4.55 kg/ha. Serapan karbon sedimen didapat sebesar 38,72 – 53,84 Mg/ha. Total serapan karbon *Avicennia marina* di kawasan hutan mangrove Desa Penunggul sebesar 446,614 kg/ha. Besar kecilnya serapan karbon dalam suatu vegetasi bergantung pada jumlah biomassa yang tersimpan dan daya serap vegetasi pada pohon tersebut. Kandungan karbon pada tanaman tersebut dapat menggambarkan seberapa besar tanaman itu dapat mengikat CO₂ dari udara.

Oleh karena itu dapat diambil kesimpulan bahwa besarnya nilai cadangan karbon pada tiap komponen, baik karbon biomassa serasah, pohon maupun karbon organik tanah akan memberikan nilai yang tinggi terhadap cadangan karbondioksida (CO₂) mangrove. Adanya penelitian ini diharapkan adanya penelitian lanjutan mengenai analisis kandungan karbon pada tiap jenis mangrove dan pemeriksaan karbon tanah berdasarkan kerapatan pohon, jenis tegakan dan interval kedalaman yang berbeda



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR IDENTITAS TIM PENGUJI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
UCAPAN TERIMAKASIH.....	vi
RINGKASAN.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Kegunaan.....	5
1.5 Waktu dan Tempat.....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Karbon Dioksida (CO ₂).....	6
2.2 Efek Rumah Kaca.....	7
2.3 <i>Global Warming</i>	8
2.4 Biomassa.....	9
2.5 Daur Karbon pada Kawasan Mangrove.....	11
2.6 Peran Mangrove sebagai <i>Blue Carbon</i>	13
2.7 Ekosistem Mangrove.....	14
2.8 <i>Avicennia Marina</i>	15
3. METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Materi penelitian.....	19
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.3 Metode Penelitian.....	19



3.4 Data yang Dikumpulkan	20
3.4.1 Data Primer.....	20
3.4.2 Data Sekunder.....	20
3.5 Pengumpulan Data.....	20
3.5.1 Penentuan Titik Pengamatan.....	20
3.5 Karbon Tegakan Pohon.....	22
3.6 Teknik Pengambilan Sampel.....	22
3.6.1 Pengambilan Sampel Serasah.....	22
3.6.2 Pengambilan Sampel Sedimen.....	23
3.7 Analisis Kerapatan Mangrove.....	23
3.8 Jumlah Karbon Tersimpan	24
3.8.1 Biomassa Tegakan Pohon.....	24
3.8.2 Perhitungan Biomassa Serasah.....	24
3.8.4 Perhitungan Karbon Organik Sedimen.....	25
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian.....	26
4.2 Deskripsi Lokasi Pengambilan Sampel.....	26
4.3 Kerapatan Pohon	28
4.4 Biomassa Tegakan Pohon	30
4.5 Serapan Karbon pohon	32
4.6 Biomassa komponen Serasah.....	33
4.7 Serapan Karbon Serasah.....	34
4.8 Karbon Sedimen.....	36
5. KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat dan Bahan	19
2. Kerapatan Pohon Mangrove <i>Avicennia marina</i>	29
3. Hasil Perhitungan Biomassa Pohon.....	30



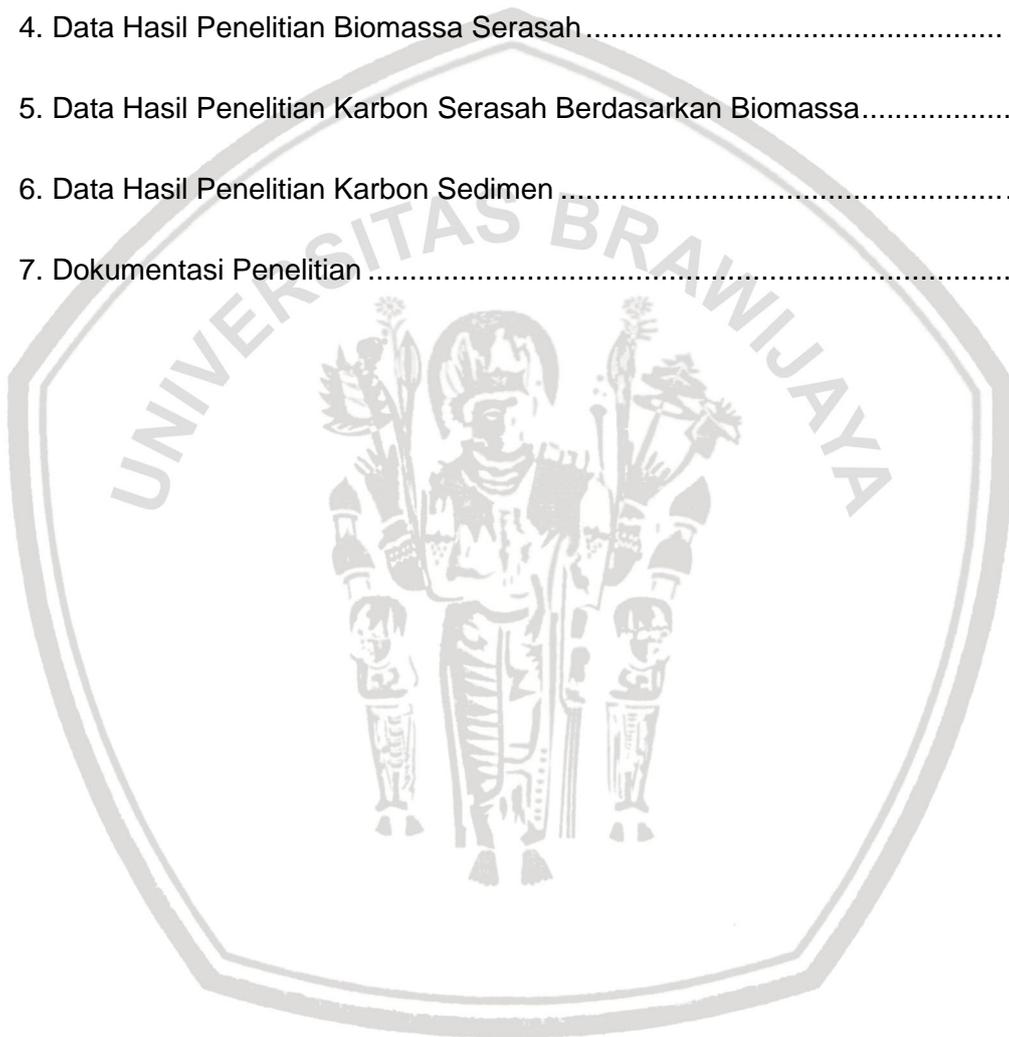
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Siklus Karbon	11
2. <i>Avicennia marina</i>	17
3. Denah Pembagian Stasiun Pengambilan Sampel.....	21
4. Lokasi Pengambilan Sampel.....	28
5. Grafik Biomassa Pohon Mangrove <i>Avicinea marina</i>	31
6. Grafik Kandungan Karbon Berdasarkan Tegakan Pohon.....	32
7. Grafik Biomassa Serasah Mangrove <i>Avicinea marina</i>	33
8. Grafik Kandungan Karbon Serasah <i>Avicinea marina</i>	35
9. Grafik Kandungan Karbon Sedimen <i>Avicinea marina</i>	36



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Peta Lokasi Penelitian	45
2. Alat dan Bahan	46
3. Data Perhitungan Biomassa dan Karbon Pohon	47
4. Data Hasil Penelitian Biomassa Serasah	48
5. Data Hasil Penelitian Karbon Serasah Berdasarkan Biomassa	49
6. Data Hasil Penelitian Karbon Sedimen	50
7. Dokumentasi Penelitian	51



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanasan global merupakan salah satu isu di dunia yang ditandai dengan adanya peristiwa meningkatnya suhu bumi yang terkait langsung dengan gas-gas rumah kaca. Kontributor pemanasan global seperti gas karbon dioksida (CO_2). Akumulasi dari gas-gas tersebut menyebabkan suhu bumi meningkat, sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan iklim di bumi (Manuri *et al.*, 2011). Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi fenomena tersebut adalah dengan meningkatkan peran hutan sebagai sarana penyerap karbon dioksida melalui sistem pengelolaan hutan alam maupun hutan tanaman. Usaha tersebut dapat didukung dengan adanya kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi GRK (gas rumah kaca) secara berkala dari berbagai sumber emisi (*source*) dan penyerapnya (*sink*), termasuk simpanan karbon (*carbon stock*) (Prasetyo *et al.*, 2012).

Ekosistem mangrove berfungsi seperti ekosistem hutan lainnya yang memiliki peranan sebagai penyerap (rosot) karbondioksida (CO_2) dari udara. Menurut *International Panel on Climate Change/IPCC* (2003) sampai akhir tahun 2000 emisi karbon di dunia sebesar 117 ± 35 G ton C (82-152 G ton C), akibat pembakaran fosil berupa bahan bakar minyak dan batubara, peralihan fungsi hutan maupun pembakaran hutan. Rosot karbondioksida sangat berhubungan erat dengan biomassa tegakan dan jumlah biomassa suatu kawasan yang diperoleh dari produksi serta kerapatan biomassa yang diduga dari pengukuran diameter, tinggi, berat jenis dan kepadatan setiap jenis pohon. Biomassa dan rosot karbon pada hutan tropis merupakan jasa hutan di luar potensi biofisik lainnya, dimana

potensi biomassa hutan yang besar dapat menyerap dan menyimpan karbon guna untuk mengurangi kadar CO₂ di udara (Dharmawan dan Samsuedin, 2012).

Mangrove merupakan salah satu ekosistem yang tumbuh di wilayah pesisir dimana dipengaruhi oleh pasang-surut air laut dan di sekitar muara sungai yang membawa sedimen dari hulu. Jenis mangrove yang umum dijumpai di Indonesia adalah Bakau (*Rhizophora*), Api-api (*Avicennia*), Pedada (*Sonneratia*), Tanjung (*Bruguiera*), Nyirih (*Xylocarpus*). Keanekaragaman jenis mangrove di pesisir Jawa Tengah didominasi oleh *Rhizophoraceae* diikuti *Avicenniaceae* dan *Sonneratiaceae*, dimana yang paling luas sebarannya adalah *Rhizophoraceae* (Setiawan *et al.*, 2005). Komposisi jenis tumbuhan mangrove ditentukan oleh beberapa faktor lingkungan, terutama jenis tanah, genangan pasang surut dan salinitas (Bengen 2000 dalam Purwanti *et al.*, 2013).

Menurut Hairiah dan Rahayu (2007), ekosistem mangrove berperan dalam mitigasi perubahan iklim akibat pemanasan global karena mampu mereduksi CO₂ melalui mekanisme “sekuestrasi”, yaitu penyerapan karbon dari atmosfer dan penyimpanannya dalam beberapa kompartemen seperti tumbuhan, serasah dan materi organik tanah. Karbon yang diserap tumbuhan selama fotosintesis, bersamaan dengan nutrisi yang diambil dari tanah sehingga menghasilkan bahan baku untuk pertumbuhan. Dalam proses fotosintesis, CO₂ dari atmosfer diikat oleh vegetasi dan disimpan dalam bentuk biomassa. Carbon sink berhubungan erat dengan biomassa tegakan. Jumlah biomassa suatu kawasan diperoleh dari produksi dan kerapatan biomassa yang diduga dari pengukuran diameter, tinggi, dan berat jenis pohon.

Menurut Darusman (2006), biomassa dan carbon sink pada hutan tropis merupakan jasa hutan diluar potensi biofisik lainnya, dimana potensi biomassa hutan yang besar dapat menyerap dan menyimpan karbon guna untuk pengurangan CO₂ di udara. Manfaat langsung dari pengolahan hutan berupa hasil

kayu hanya 4,1%, sedangkan fungsi optimal hutan dalam penyerapan karbon mencapai 77,9%.

Indonesia merupakan negara yang sangat kaya akan sumber daya alam. Sumber daya alam hayati yang melimpah tersebar luas dari berbagai pulau, mulai dari pulau Sumatera hingga Papua. Salah satu sumber daya alam hayati yang melimpah adalah hutan mangrove. Ekosistem hutan mangrove yang terdapat di Desa Penunggul, Kecamatan Nguling, Kabupaten Pasuruan merupakan daerah ekosistem mangrove yang memiliki jenis yang beragam, salah satu jenis mangrove yang ada di Desa Penunggul ini mangrove *Avicennia marina*. Wilayah Pesisir Desa Penunggul Kecamatan Nguling sebelumnya merupakan areal pertambakan hasil konversi kawasan mangrove dan jarang ditumbuhi tanaman, tetapi daerah pesisir Kecamatan Nguling sekarang sudah dipenuhi rimbunnya hutan mangrove terutama di desa Penunggul.

Uraian di atas bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon yang tersimpan pada kawasan mangrove, salah satunya ekosistem hutan mangrove di Jawa Timur memiliki peran sebagai penyerap karbon sebagai hasil emisi dari industri kemudian dimanfaatkan oleh mangrove untuk fotosintesis. Maka dapat dilakukan penelitian mengenai analisis kandungan karbon pada seresah dan sedimen di kawasan hutan mangrove *Avicennia marina* Desa Penunggul, Kabupaten pasuruan. Jenis mangrove *Avicennia marina* sendiri termasuk sebagai mitigasi karbon karena memiliki adaptasi tinggi dan memiliki sifat pionir sehingga memberikan peluang keberhasilan yang tinggi. Selain itu, mangrove jenis *Avicennia marina* ini cukup banyak di kawasan hutan mangrove Desa Penunggul, kecamatan Nguling, kabupaten Pasuruan. Selain itu,

1.2 Rumusan Masalah

Ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem yang dapat mengurangi efek gas rumah kaca dan sebagai mitigasi perubahan iklim. Ekosistem mangrove mempunyai fungsi yang sangat penting baik biologis, fisik, ekonomi maupun ekologi. Salah satu jenis *Acanthaceae* khususnya *Avicennia marina* tumbuh pada tanah yang berlumpur, berpasir, dan tergenang. Hairiah dan Rahayu (2007), menyatakan ekosistem mangrove berperan dalam mitigasi perubahan iklim akibat pemanasan global karena mampu mereduksi CO₂ melalui mekanisme “sekuestrasi”, yaitu penyerapan karbon dari atmosfer dan penyimpanannya dalam beberapa kompartemen seperti tumbuhan, serasah dan materi organik tanah.

Kecamatan Nguling merupakan wilayah yang mengalami peningkatan luasan hutan mangrove di Kabupaten Pasuruan dari 3,5 Ha di tahun 1985 meningkat menjadi 84,6 Ha di tahun 2005 (Anonym, 2004 dalam Sofian *et al.* 2012), salah satunya hutan mangrove berada di desa Penunggul. Wilayah Pesisir Desa Penunggul Kecamatan Nguling sebelumnya merupakan areal pertambakan hasil konversi kawasan mangrove dan jarang ditumbuhi tanaman, bahkan terjadi abrasi yang tiap tahun semakin mendekati pemukiman. Namun, pesisir Kecamatan Nguling sekarang dipenuhi rimbunnya hutan mangrove terutama di desa Penunggul.

Berdasarkan uraian diatas maka dapat ditarik rumusan masalah yaitu adanya perbedaan kandungan biomassa maupun karbon pada batang, serasah dan sedimen mangrove *Avicennia marina* dan adanya perbedaan serapan CO₂ pada batang, serasah dan sedimen sehingga dapat mengurangi konsentrasi karbon dioksida di udara dan mengurangi dampak dari kontributor pemanasan global seperti gas karbon dioksida (CO₂).

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk mengetahui serapan karbon pada batang, serasah dan sedimen mangrove *Avicennia marina*.
- 2) Untuk mengurangi pemanasan global seperti emisi gas karbon dioksida (CO₂) di udara.

1.4 Kegunaan

Kegunaan dari penelitian ini untuk membandingkan, memadukan teori dan menambah pengetahuan mengenai analisis serapan karbon mangrove *Avicennia marina* serta sebagai bahan informasi keilmuan untuk penelitian lebih lanjut tentang hal yang berkaitan dengan analisis serapan karbon dioksida (CO₂) mangrove *Avicennia marina*.

1.5 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2018 di kawasan hutan mangrove Penunggul, Kecamatan Nguling, Kabupaten Pasuruan dan analisa sampel serasah dan sedimen mangrove *Avicennia marina* di Laboratorium Kimia Universitas Muhammadiyah Malang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karbon Dioksida (CO₂)

Menurut Junaedi (2008), karbondioksida (CO₂) merupakan salah satu gas rumah kaca (GRK) yang memberikan pengaruh terhadap peningkatan rata-rata suhu udara di dunia. Gas CO₂ berasal dari pembakaran bahan bakar pembakaran biomassa pernafasan makhluk hidup, tumpukan sampah, letusan gunung berapi, kebakaran hutan, pengeringan lahan gambut, pabrik memproduksi ammonia, semen, etanol, hydrogen, besi baja bahkan dari lahan pertanian, baik dari tanah maupun dari tanaman, hanya saja tanaman tidak hanya mengeluarkan gas CO₂ pada malam hari tetapi dapat menyerap CO₂ pada siang hari (Samiaji, 2011).

Konsentrasi karbon dioksida (CO₂) global (permukaan) di atmosfer telah meningkat sejak adanya revolusi industri karena bertambahnya aktivitas manusia. Meningkatnya konsentrasi CO₂ di atmosfer adalah penyebab utama perubahan global dan perubahan iklim (IPCC, 2007). Jumlah CO₂ di atmosfer tidak hanya dipengaruhi oleh emisi CO₂ antropogenik saja tetapi dipengaruhi oleh pertukaran CO₂ dengan kedua sumber utama karbon yaitu biosfer daratan dan lautan (WMO, 2006 *dalam* Samiaji, 2011). Variasi spasial dan temporal konsentrasi CO₂ di atmosfer mengandung informasi tentang sifat dasar karakteristik dari proses pertukaran CO₂ antara atmosfer dan biosfer daratan dan lautan (Machida *et al.*, 2007).

Menurut Murdiyarso (2003), selain CO₂ terdapat gas rumah kaca lainnya seperti gas metana (CH₄), nitros oksida (N₂O) dan uap air (H₂O). Gas-gas ini mampu menjaga suhu udara agar tetap berada dalam kisaran yang nyaman bagi kehidupan. Tanpa adanya GRK suhu atmosfer bawah (troposfer) akan menjadi 34°C lebih rendah seperti yang dialami saat ini. Namun fungsi ini akan mulai

terdegradasi ketika konsentrasinya di atmosfer telah berubah (meningkat) secara signifikan dari normalnya.

2.2 Efek Rumah Kaca

Menurut Sihombing (2012), efek rumah kaca (*green house effect*) merupakan suatu keadaan yang terjadi di atmosfer pada lapisan troposfer bumi yang timbul akibat semakin banyaknya gas masuk ke lapisan atmosfer yang memiliki sifat penyerap panas yang ada, baik yang berasal dari pancaran sinar matahari maupun panas yang ditimbulkan akibat dari pendinginan bumi, radiasi solar dan radiasi panas tersebut kemudian dipancarkan kembali ke permukaan bumi. Panjang gelombang yang dapat diserap dan terperangkap oleh gas rumah kaca adalah untuk panjang gelombang yang lebih besar dari 1200A (sinar infra merah). Sedangkan Larasati (2009), menyatakan bahwa efek rumah kaca adalah peristiwa terperangkapnya energi gelombang pendek yang dipancarkan matahari dalam suatu bangunan dan setelah diserap oleh bahan yang terdapat didalam bangunan, gelombang tersebut diubah menjadi gelombang panjang yang tidak dapat menembus lapisan transparan.

Menurut Astra (2010), efek rumah kaca di bumi terus berlangsung. Namun, jumlah gas rumah kaca yang berlebihan dapat mengganggu keseimbangan akibat terlalu banyaknya energi yang tertahan, sehingga menyebabkan suhu rata-rata bumi meningkat dan iklim di beberapa lokasi berubah. Semakin meningkatnya konsentrasi-konsentrasi gas efek rumah kaca di atmosfer, maka semakin banyak pula panas yang tertangkap di bawahnya. Jika keadaan ini terus menerus terjadi maka akan mengakibatkan suhu rata-rata tahunan bumi terus meningkat.

Gas rumah kaca merupakan gas-gas yang dapat membentuk suatu lapisan perangkap panas di atmosfer bumi yang dapat memantulkan kembali panas yang dipancarkan oleh permukaan bumi. Penumpukan gas-gas ini menyebabkan sinar

infra merah yang dipantulkan ke bumi semakin besar dan mengakibatkan terjadinya peningkatan suhu bumi. Fenomena terjadinya pemanasan global diakibatkan oleh semakin meningkatnya jumlah gas buang yang disebabkan dari efek rumah kaca (Cicerone 1987).

2.3 *Global Warming*

Pemanasan global (*Global Warming*) adalah meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut, dan dataran bumi. Suhu rata-rata global pada permukaan bumi telah meningkat 0,18 °C selama seratus tahun terakhir. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* menyimpulkan bahwa, “sebagian besar peningkatan suhu rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 kemungkinan besar disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia melalui efek rumah kaca. Peningkatan suhu global diperkirakan menyebabkan perubahan-perubahan yang lain, seperti naiknya permukaan air laut dan meningkatnya intensitas kejadian cuaca ekstrim (Smart Click, 2011).

Pemanasan global adalah kejadian meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut dan daratan bumi. Planet bumi telah menghangat dan juga mendingin berkali-kali dalam sejarahnya. Saat ini, bumi menghadapi pemanasan global akibat aktifitas manusia yang semakin meningkat. Penyebab utama pemanasan ini adalah adanya pembakaran bahan bakar fosil, seperti batubara, minyak bumi, dan gas alam, yang melepas karbon dioksida dan gas-gas lainnya yang dikenal sebagai gas rumah kaca ke atmosfer. Ketika atmosfer semakin kaya akan gas-gas rumah kaca, ia akan menjadi insulator yang menahan lebih banyak panas dari Matahari yang dipantulkan dari Bumi (Darsono, 1993).

Pemanasan global terjadi ketika konsentrasi gas-gas tertentu yang dikenal dengan gas rumah kaca, yang terus bertambah di udara. Hal tersebut disebabkan oleh tindakan manusia, kegiatan industri khususnya CO₂ dan chlorofluorocarbon.

Pertama adalah karbon dioksida, umumnya dihasilkan oleh penggunaan batubara, minyak bumi, gas dan penggundulan serta pembakaran hutan. Asam nitrat dihasilkan oleh kendaraan dan emisi industri, sedangkan emisi metan disebabkan oleh aktifitas industri dan pertanian (Budianta, 2010).

2.4 Biomassa

Menurut Brown (1997), biomassa adalah jumlah total materi hidup di atas permukaan pada suatu pohon dan dinyatakan dengan satuan ton berat kering per satuan luas. Pengukuran biomassa hutan mencakup seluruh biomassa hidup yang ada di atas permukaan tanah dan di bawah permukaan tanah serta bahan organik yang mati meliputi kayu mati dan serasah untuk mendapatkan nilai stok karbon.

Biomassa terbagi menjadi dua kategori, yaitu biomassa yang berada di atas tanah (batang, cabang, ranting, daun, bunga, dan buah) dan biomassa di bawah tanah (akar). Biomassa sendiri diartikan sebagai jumlah total bahan organik yang hidup terdapat pada pohon dan dinyatakan dalam berat kering oven per unit area, misalnya ton/ha (Brown 1997). Jumlah biomassa ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah diameter, tinggi tanaman, kerapatan kayu, dan kesuburan tanah (Kusmana *et al.* 1992 dalam Heriyanto dan Subiandono 2012). Pada hutan mangrove, jumlah biomassa sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim yang meliputi curah hujan dan suhu udara (Kusmana *et al.*, 1992). Jumlah biomassa pada hutan tersebut akan mempengaruhi jumlah simpanan karbonnya. Pada hutan mangrove, simpanan karbon terdistribusi pada empat kantong karbon, yaitu biomassa atas permukaan (*above ground*), biomassa bawah permukaan (*below ground*), bahan organik mati, dan karbon organik tanah.

Hairiah dan Rahayu (2007) menyatakan bahwa C tersimpan pada tiga komponen pokok, yaitu:

- a) Biomassa. Biomassa merupakan masa dari bagian vegetasi yang masih hidup yang terdiri dari tajuk pohon, tumbuhan bawah atau gulma, dan tanaman semusim.
- b) Nekromas. Nekromas merupakan masa dari bagian pohon yang telah mati baik yang masih tegak di lahan (batang atau tunggul pohon), atau telah tumbang atau tergeletak di permukaan tanah, tonggak atau ranting dan daun-daunan yang telah gugur (serasah) yang belum terlapuk.
- c) Bahan organik tanah. Bahan organik tanah terdiri dari sisa makhluk hidup (tanaman, hewan dan manusia) yang telah mengalami pelapukan baik sebagian maupun seluruhnya dan telah menjadi bagian dari tanah.

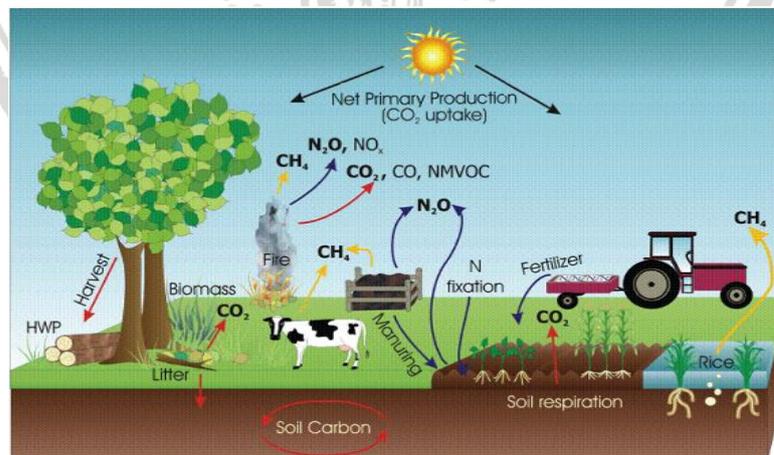
Menurut Brown (1996), hampir 40% dari biomassa pohon adalah karbon, dimana pohon melalui proses fotosintesis menyerap karbon dioksida dari atmosfer dan merubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa tubuhnya seperti dalam batang, daun, akar, umbi, buah dan lainnya. Maka salah satu cara untuk mengetahui simpanan karbon adalah dengan cara menghitung biomassa dari tumbuhan tersebut.

Kawasan hutan mangrove merupakan suatu kawasan yang berfungsi sebagai jembatan antara lautan dengan daratan yang mempunyai fungsi ekologis sebagai pelindung garis pantai, mencegah abrasi air laut, habitat aneka biota perairan, tempat mencari makan, tempat asuhan dan pembesaran, tempat pemijahan, serta sebagai pengatur iklim mikro. Hutan mangrove sebagaimana hutan lainnya memiliki peran sebagai penyerap (rosot) karbon dioksida (CO_2) dari udara. Rosot karbon dioksida berhubungan erat dengan biomassa pohon. Pohon melalui proses fotosintesis menyerap CO_2 dan mengubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa tubuh pohon (Pambudi, 2011).

2.5 Daur Karbon pada Kawasan Mangrove

Karbon merupakan isu yang paling banyak mendapat perhatian sejak kandungannya di atmosfer meningkat pesat sehingga menyebabkan terjadinya pemanasan global. Pemanasan global terjadi karena terakumulasinya gas-gas rumah kaca seperti gas karbon dioksida (CO_2) sekitar 50 persen, diikuti chloroflourocarbon (CFC) 25 persen, gas methan 10 persen, dan sisanya adalah gas lainnya. Gas-gas tersebut merupakan indikasi bagaimana sebuah sistem perubahan iklim terjadi dan mempengaruhi kehidupan di bumi (Sughandy, 2007).

Menurut Khairijon (2013), hutan mangrove sebagaimana hutan alami lainnya sebagai penyimpan karbon maka perlu dilakukan upaya peningkatan pengelolaan hutan yang sesuai dengan fungsi sosial dan ekonomi hutan. Penyerapan karbon dioksida berhubungan erat dengan biomassa tegakan. Jumlah biomassa suatu kawasan diperoleh dari produksi dan kerapatan biomassa yang diduga melalui pengukuran diameter, tinggi, berat jenis dan kepadatan setiap jenis pohon. Mangrove memberi sumbangan sangat potensial untuk mengurangi emisi karbon dibanding hutan hujan tropis. Hutan mangrove mempunyai peranan kunci dalam strategi mitigasi perubahan iklim (Purnobasuki, 2011).



Gambar 1. Siklus karbon (IPPC, 2006)

Menurut Samiaji (2011), emisi gas CO₂ dan sebagian dari gas rumah kaca lainnya berasal dari respirasi tanah, pembakaran biomassa dan pembusukan sampah organik. Sektor pertanian yaitu berasal dari sawah dan ternak mengemisikan 87% GRK dari seluruh gas rumah kaca. Bila emisi GRK tidak dikendalikan akan mengakibatkan suhu udara bertambah 6,5 °C setelah seratus tahun lagi.

Dinamika karbon di alam dapat dijelaskan secara sederhana dengan siklus karbon. Siklus karbon adalah siklus biogeokimia yang mencakup pertukaran atau perpindahan karbon diantara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer dan atmosfer bumi. Setiap proses saling mempengaruhi proses lainnya. Tumbuhan akan mengurangi CO₂ di atmosfer melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam jaringan tumbuhan. Sampai waktunya karbon tersebut tersikluskan kembali ke atmosfer, sehingga karbon tersebut akan menempati salah satu dari sejumlah kantong karbon. Semua komponen penyusun vegetasi baik pohon, semak, liana dan epifit merupakan bagian dari biomassa atas permukaan. Di bawah permukaan tanah, akar tumbuhan juga merupakan penyimpan karbon selain tanah itu sendiri. Pada tanah gambut, jumlah simpanan karbon mungkin lebih besar dibandingkan dengan simpanan karbon yang ada di atas permukaan. Karbon juga masih tersimpan pada bahan organik mati dan produk-produk berbasis biomassa seperti produk kayu baik ketika masih dipergunakan maupun sudah berada di tempat penimbunan. Karbon dapat tersimpan dalam kantong karbon dalam periode yang lama atau hanya sebentar. Peningkatan jumlah karbon yang tersimpan dalam karbon pool ini mewakili jumlah karbon yang terserap dari atmosfer (Sutaryo, 2009).

2.6 Peran Mangrove sebagai *Blue Carbon*

Mangrove merupakan salah satu potensi parameter yang dikaji sebagai ekosistem *Blue Carbon*. Peran mangrove sangat berkaitan dengan *Blue Carbon* karena mangrove dapat memanfaatkan CO₂ untuk proses fotosintesis dan menyimpannya dalam stok Biomassa dan sedimen sebagai upaya mitigasi perubahan iklim. Keberadaan ekosistem mangrove memberikan manfaat bagi ekosistem perairan pesisir antara lain sebagai daerah mencari makan (*Feeding Ground*), pemijahan (*Spawning Ground*), dan pembesaran berbagai biota (*Nursery Ground*). Pembangunan yang begitu cepat telah memberi dampak negatif terhadap lingkungan, seperti konversi hutan mangrove menjadi tambak dan kawasan pariwisata serta masuknya limbah organik ke perairan pesisir. Aktivitas antropogenik diketahui meningkatkan masukan nutrisi anorganik dan karbon organik ke dalam estuari dan perairan pesisir (Gypens *et al.*, 2009).

Blue carbon sendiri diartikan sebagai kemampuan biota di pesisir dan laut menyimpan karbon dalam biomassa maupun sedimen melalui mekanisme fotosintesis. Salah satu ekosistem yang termasuk dalam *blue carbon* adalah ekosistem mangrove. Mangrove merupakan salah satu ekosistem yang memanfaatkan karbon di udara dalam proses fotosintesis, dimana karbon tersebut akan disimpan pada tubuh tumbuhan dan kemudian disimpan dalam tanah. Seperti yang telah dijelaskan oleh *World Rainforest Movement*, *blue carbon* mengacu pada karbon yang tersimpan di ekosistem pesisir, terutama di hutan bakau. Penyimpanan ini terjadi secara alami, terutama dengan penyerapan CO₂ oleh tanaman yang hidup di air. Menurut promotor *blue carbon*, ekosistem pesisir kaya akan tanaman, seperti hutan mangrove, padang lamun dan rawa payau intertidal, yang mampu menyerap sejumlah besar karbon di atmosfer dan menyimpannya dalam sedimen dan tanah (Eong, 1993).

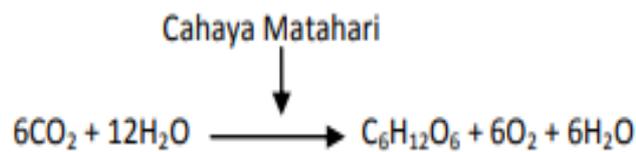
2.7 Ekosistem Mangrove

Hutan mangrove didefinisikan sebagai suatu tipe hutan yang tumbuh di daerah pasang surut (terutama di pantai yang terlindung, laguna, muara sungai) yang tergenang pada saat pasang dan bebas dari genangan pada saat surut serta komunitas tumbuhannya toleran terhadap garam. Sedangkan ekosistem mangrove merupakan suatu sistem yang terdiri atas organisme (tumbuhan dan hewan) yang berinteraksi dengan faktor lingkungan dengan sesamanya di dalam suatu habitat mangrove (Kusmana, 2009).

Menurut Nugroho (1991), ekosistem mangrove merupakan *ecoton* (daerah peralihan) yang unik, yang menghubungkan kehidupan biota daratan dan laut. Fungsi ekologis ekosistem mangrove sangat khas dan kedudukannya tidak terganti oleh ekosistem lainnya. Misalnya, secara fisik hutan mangrove berfungsi menjaga stabilitas lahan pantai yang didudukinya dan mencegah terjadinya intrusi air laut ke daratan. Secara biologis, hutan mangrove mempertahankan fungsi dan kekhasan ekosistem pantai, termasuk kehidupan biotanya.

Mangrove juga banyak memberikan fungsi ekologis diantaranya sebagai pelindung garis pantai, mencegah intrusi air laut, sebagai habitat (tempat tinggal) berbagai organisme laut dan juga terrestrial. Vegetasi mangrove memiliki peran dalam mengurangi jumlah karbon di udara dengan cara menyerap jumlah CO₂ melalui proses fotosintesis, atau dikenal sebagai proses sequestration (penangkapan dan penyimpanan CO₂). Karbon yang diserap oleh vegetasi mangrove akan disimpan dalam bentuk biomassa pohon. Besarnya biomassa pohon tersebut dapat mempengaruhi nilai kandungan karbon dari pohon tersebut. Menurut Bouillon *et al.* (2003), hutan mangrove memiliki produktivitas yang cukup tinggi dan memiliki kemampuan untuk menyimpan karbon organik yang sangat penting. Menurut Ong (1993), secara global diperkirakan hutan mangrove dapat menyerap CO₂ dari atmosfer sebesar 25,5 juta ton/tahun.

Mekanisme mangrove dalam menyerap karbon yaitu melalui fotosintesis. Fotosintesis adalah proses penyusunan energi menggunakan cahaya pada organisme yang memiliki kloroplas. Proses fotosintesis terjadi di daun yang berklorofil, dimana karbon dioksida dan air dengan bantuan cahaya matahari melalui berbagai proses metabolisme diubah menjadi gula, oksigen dan air. Dalam persamaan kimia, reaksi fotosintesis digambarkan sebagai berikut:



Tanaman yang tumbuh cepat memiliki laju fotosintesis yang tinggi, tetapi tidak berarti bahwa tumbuhan dengan laju fotosintesis tinggi selalu tumbuh cepat. Faktor eksternal yang mempengaruhi fotosintesis termasuk cahaya, konsentrasi CO_2 di udara, suhu, ketersediaan air dan hara. Laju fotosintesis menurun apabila intensitas cahaya matahari berkurang, suhu menurun, ketersediaan air dan hara rendah. Kekurangan fosfor (P) dan nitrogen (N) juga berpengaruh terhadap fotosintesis. Faktor eksternal sangat berpengaruh dalam proses fotosintesis (Ceulmens dan Sauger, 1991 dalam Hidayati *et al.*, 2013).

2.8 *Avicennia Marina*

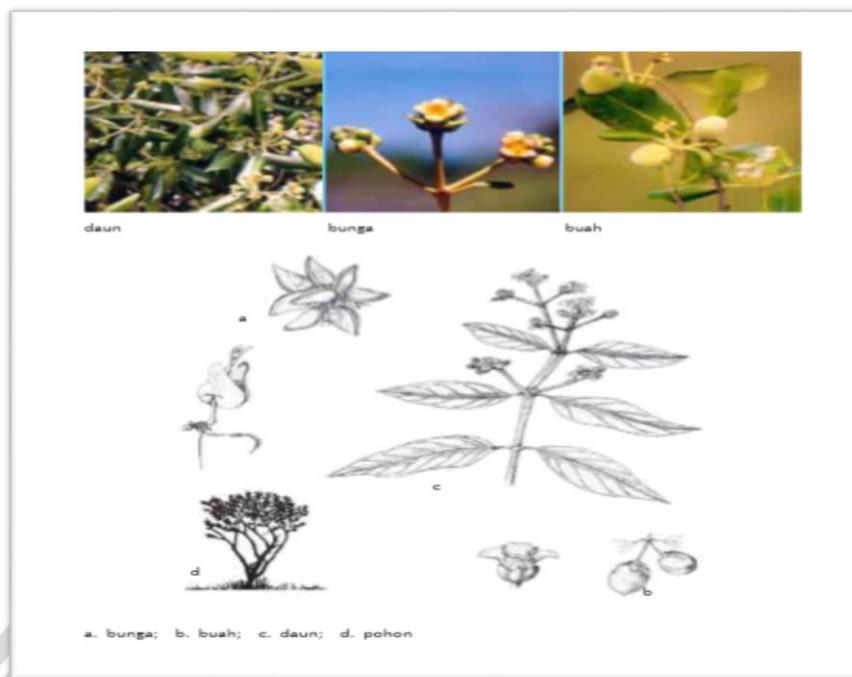
Avicennia marina di kenal dengan nama api-api. Api-api juga memiliki nama di berbagai daerah seperti kayu kendeka, kayu ting (Manado), kibalanak (Sunda), api-api brayu, api-api kacang, bogem (Jatim), peape (Madura). Di Indonesia, api-api memiliki sejumlah nama, di antaranya api-api putih, mangi -mangi, sia-sia, boak, koak, merana pejapi, pai atau nyapi (Noor *et al.*, 2006).

Klasifikasi *Avicennia marina* menurut Cronquist (1981) dalam Oktavianus

(2013) adalah:

Kingdom : Plantae
Divisio : Magnoliophyta
Class : Magnoliopsida
Sub Class : Asteridae
Order : Lamiales
Family : Acanthaceae
Genus : *Avicennia*
Species : *Avicennia marina*.

Avicennia marina merupakan tumbuhan pionir pada lahan pantai yang terlindung, memiliki kemampuan menempati dan tumbuh pada berbagai habitat pasang-surut, bahkan di tempat asin sekalipun. Jenis mangrove ini merupakan salah satu jenis tumbuhan yang biasa tumbuh di tepi atau dekat laut sebagai bagian dari komunitas hutan bakau seperti tanah berlumpur dan paling umum ditemukan tumbuh di daerah pasang-surut. Akarnya dapat membantu pengikatan sedimen dan mempercepat proses pembentukan tanah timbul. Jenis ini juga bergerombol membentuk suatu kelompok pada habitat tertentu. Berbuah sepanjang tahun, kadang-kadang bersifat vivipar. Buah membuka pada saat telah matang, melalui lapisan dorsal. Buah dapat juga terbuka karena dimakan semut atau setelah terjadi penyerapan air (Noor *et al.*, 2006).



Gambar 2. *Avicennia marina* (Noor et al., 2006)

Pohon api-api memiliki beberapa ciri, antara lain: memiliki akar napas yaitu akar percabangan yang tumbuh dengan jarak teratur secara vertikal dari akar horizontal yang terbenam di dalam tanah. Reproduksi bersifat *kryptovivipary*, yaitu biji tumbuh keluar dari kulit biji saat masih menggantung pada tanaman induk, tetapi tidak tumbuh keluar menembus buah sebelum biji jatuh ke tanah. Buah berbentuk bulir seperti mangga, ujung buah tumpul dan panjang 1 cm, daun berbentuk elips dengan ujung tumpul dan panjang daun sekitar 7 cm, lebar daun 3-4 cm, permukaan atas daun berwarna hijau mengkilat dan permukaan bawah berwarna hijau abu-abu. Bentuk pohon tumbuh tegak dan menyebar seperti semak dengan ketinggian mencapai 12 meter dan kadang-kadang mencapai 20 meter, memiliki akar napas yang berbentuk seperti pensil, bunga bertipe majemuk dengan 8-14 bunga setiap tangkai (Anonim, 2011).

Avicennia marina tumbuh tersebar di sepanjang pantai Afrika Timur dan Madagaskar hingga ke India, Indonesia-Cina, Cina Selatan, Taiwan, Thailand, seluruh kawasan Malesia, Kepulauan Solomon, New Caledonia, Australia dan

bagian utara New Zealand. Sebagai bagian dari komunitas hutan mangrove, pohon api-api biasanya tumbuh di tepi atau dekat laut. Pohon ditemukan pula tumbuh di rawa-rawa air tawar, tepi pantai berlumpur daerah mangrove, hingga di substrat yang berkadar garam sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena Jenis tanaman *A. marina* toleran terhadap salinitas sangat tinggi. Memiliki kemampuan menempati dan tumbuh pada berbagai habitat pasang-surut. Jenis *Avicennia marina* tumbuh pada ketinggian tempat 0-50 m dari permukaan laut, memiliki tekstur ringan dan tumbuh pada tapak yang berlumpur dalam, tepi sungai, daerah kering (Halidah, 2014).



3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Materi penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekosistem mangrove dengan pembahasan yaitu kandungan karbon *Avicennia marina* yang tersimpan pada mangrove di kawasan hutan mangrove Pasuruan. Perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu perhitungan biomassa dan perhitungan kandungan karbon organik.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sarana pendukung dalam pengambilan sampel. Sampel yang diambil yaitu serasah dan sedimen mangrove *Avicennia marina*. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat di lihat pada lampiran **Tabel 1**.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode deskriptif. Metode deskriptif adalah metode yang ditujukan untuk menggambarkan fenomena - fenomena yang ada, berlangsung saat ini atau saat yang lampau. Dan tidak mengadakan manipulasi atau perubahan pada variabel-variabel bebas, tetapi menggambarkan suatu kondisi apa adanya, atau menggambarakan kondisi baik secara individual atau menggunakan angka-angka (Sukmadinata, 2006). Dalam pelaksanaannya metode deskriptif dilakukan melalui teknik survey, studi kasus, studi komparatif, studi tentang waktu dan analisis dokumenter.

3.4 Data yang Dikumpulkan

3.4.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari objek yang diteliti. Sumber primer yang diteliti meliputi sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data baik yang diperoleh langsung dari narasumber (Sugiyono, 2010). Data primer dalam penelitian ini adalah data yang didapat saat melakukan penelitian di kawasan hutan mangrove Desa Penunggul Kecamatan Nguling Kabupaten Pasuruan. Pengambilan sampel di lokasi penelitian dilakukan dengan metode garis berpetak yaitu jalur dan petak awal ditentukan secara sistematis dan data yang dikumpulkan yaitu serasah, sedimen dan diameter batang.

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan sumber data yang diperoleh dengan cara membaca, mempelajari dan memahami melalui media lain yang bersumber dari literatur, buku-buku, dan dari dokumen (Sugiyono, 2009). Data sekunder yang diambil dalam penelitian ini adalah kondisi lokasi penelitian meliputi letak, luas, keadaan umum lokasi (morfologi dan curah hujan), data kondisi potensi hutan serta kondisi fisik di area hutan serta data ataupun *study literature* yang diperoleh dari penelitian – penelitian tentang karbon yang tersimpan pada hutan mangrove. Selain itu, data sekunder diperoleh dari data pendukung lainnya seperti data dari instansi pemerintah daerah yang meliputi keadaan umum lokasi penelitian.

3.5 Pengumpulan Data

3.5.1 Penentuan Titik Pengamatan

Penelitian ini menggunakan metode garis berpetak, yaitu jalur dan petak awal ditentukan secara acak kemudian jalur dan petak selanjutnya diambil secara sistematis. Petak dibuat dengan menggunakan garis rintis sebanyak empat garis

rintis yang tiap garis rintis terdiri dari tiga petak. Petak pengamatan dibuat berukuran 20 m x 20 m, masing - masing petak dibuat sub petak pengamatan serasah berukuran 1 m x 1 m. Stasiun pengamatan dibagi menjadi 8 stasiun dan masing-masing stasiun dipilih satu pohon yang memiliki jumlah daun lebih banyak dibanding pohon yang ada distasiun tersebut. Penentuan jumlah stasiun pengambilan sampel dapat dilihat pada perhitungan berikut:

Luas area kawasan hutan mangrove *Avicennia marina* desa Penunggul ± 20 ha atau ± 200.000 m²

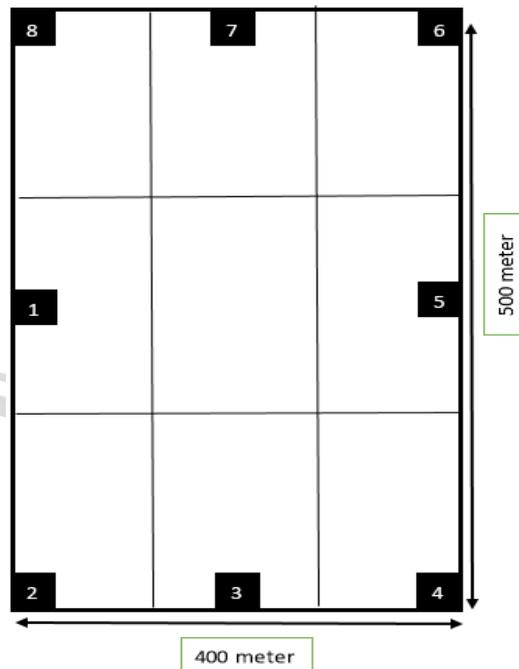
Luas unit penelitian = 20 m x 20 m = 400 m²/petak = 0,04 ha

Intensitas sampling (IS) = 1,6%

$$= 1,6\% \times 20 \text{ ha} = 0,32$$

$$\text{Jumlah} = \frac{\text{luas yang diamati}}{\text{luas petak ukur}} = \frac{0,32}{0,04} = 8 \text{ petak.}$$

Pembagian sub petak pengamatan dapat di lihat gambar berikut:



Gambar 3. Denah pembagian stasiun pengambilan sampel

Stasiun 1 berada di sebelah barat dengan lokasi yang memiliki genangan air sedikit.

Stasiun 2 dan stasiun 3 berada di sebelah selatan pintu masuk yang memiliki tekstur tanah berlumpur.

Stasiun 4 dan stasiun 5 berada di sebelah timur pintu masuk dengan yang memiliki genangan air.

Stasiun 6 dan stasiun 7 berada di sebelah utara pasung surut.

Stasiun 8 berada daerah pendaratan perahu nelayan.

3.5 Karbon Tegakan Pohon

Pengumpulan data vegetasi dilakukan dengan menggunakan metode jalur berpetak. Tingkatan vegetasi yang diamati meliputi tingkat pohon (diameter lebih besar 10 cm atau ± 20 cm). Pengumpulan data karbon tegakan pohon diukur berdasarkan diameter batang dengan cara mengukur diameter batang pada pohon di setiap stasiun pengamatan mangrove *Avicennia marina* dengan pendekatan tidak melakukan pemanenan (*non destructive*). Penggunaan setiap stasiun berukuran 20 m x 20 m yang merupakan ukuran petak contoh pohon dewasa (Kusmana, 1997). Pengukuran diameter pohon menggunakan pita meter dan pengukuran pohon yang diukur setinggi DBH (*diameter at breast height*) sesuai dengan karakteristik pohon mangrove tersebut (Imiliyana, 2011).

3.6 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil sampel sedimen dan serasah mangrove *Avicennia marina* yang berada pada stasiun pengamatan.

3.6.1 Pengambilan Sampel Serasah

Pengambilan sampel serasah diambil dengan pendekatan tidak melakukan pemanenan (*non destructive*). Pengambilan serasah dilakukan dengan

menggunakan jebakan yang memiliki ukuran 1 m x 1 m pada setiap stasiun pengamatan. Jebakan tersebut dipasang di bawah kanopi pohon selama 1 minggu, dengan estimasi bahwa dalam 1 minggu sudah ada serasah yang terkumpul pada jaring tersebut. Semua serasah yang ada di atas jaring tersebut diambil, dibersihkan dan ditimbang untuk mendapatkan berat basah total. Kemudian serasah yang diambil dimasukkan ke dalam plastik bening dan diberi tanda. Selanjutnya serasah di oven pada temperatur 80°C sampai bobotnya konstan.

3.6.2 Pengambilan Sampel Sedimen

Pengumpulan Sampel sedimen yang digunakan yaitu yang berada di dekat perakaran pohon mangrove tersebut. Sampel sedimen diambil secara acak sebanyak 4 kali mengelilingi pohon menggunakan cetok dengan kedalaman 10 cm, kemudian sampel tanah dicampur menjadi satu dan ditimbang untuk mendapatkan berat basah total. Sampel tanah tersebut dimasukkan kedalam kantong plastik dan diberi tanda. Kemudian dibawa ke laboratorium untuk di oven sampai mencapai massa kering konstan ketika dikeringkan pada temperatur 60°C. Sampel harus benar-benar kering sebelum *bulk density* dan analisis kandungan karbon. *Bulk density* ditentukan dengan membagi sampel tanah kering oven dengan volume sampel (Kauffman dan Donato, 2012).

3.7 Analisis Kerapatan Mangrove

Menurut Badan Standardisasi Nasional (2011), kerapatan mangrove dapat dianalisis dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan (Pohon/ha)} = \frac{\text{Jumlah individu}}{\text{Luas area yang diteliti(m}^2\text{)}} \times 10.000$$

3.8 Jumlah Karbon Tersimpan

3.8.1 Biomassa Tegakan Pohon

Menurut Dharmawan dan Siregar (2008), untuk menghitung biomassa tegakan pohon dapat dihitung menggunakan persamaan allometrik yang telah ada. Adapun persamaan allometrik mangrove *Avicenia marina* sebagai berikut:

$$B = 0,1848D^{2,3624}$$

Keterangan: B = Biomassa

D = Diameter

Hasil dari biomassa tegakan pohon (kg) tersebut, dapat memperkirakan nilai karbon dalam setiap pohon mangrove dengan estimasi 0,47 (Kemenhut, 2012). Adapun rumus untuk mengukur karbon dalam komponen serasah adalah:

$$\text{Karbon (kg C/m}^2\text{)} = \text{Biomassa} \times 0,47$$

3.8.2 Perhitungan Biomassa Serasah

Menurut Cummings *et al.* (2002), pengukuran biomassa serasah dilakukan dengan cara mengambil sub-contoh sampel untuk dikeringkan dalam oven sampai beratnya konstan. Kemudian menentukan perbandingan antara massa basah dan kering sub-contoh sampel dengan mencatat berat basah sampel yang telah diukur dan menghubungkannya dengan massa kering (konstan). Adapun perhitungan biomassa serasah adalah:

$$\text{Biomassa serasah (kg)} = \frac{\text{BK sub contoh}}{\text{BB sub contoh}} \times \text{total BB}$$

Keterangan:

BB = berat basah (gr)

BK = berat kering (gr)

Dari hasil biomassa serasah (kg), kemudian dapat memperkirakan nilai karbon komponen serasah dengan estimasi 0,45 (Kauffman *et al*, 1995). Adapun rumus untuk mengukur karbon dalam komponen serasah adalah:

$$\text{Karbon serasah}(\text{kg C}/\text{m}^2) = \text{Biomassa} \times 0,45$$

Dimana:
0,45 = faktor konversi.

3.8.4 Perhitungan Karbon Organik Sedimen

Menurut Kauffman dan Donato (2012), perhitungan karbon organik tanah ditentukan dengan menjumlahkan massa setiap kedalaman tanah sampel. Karbon organik tanah ditentukan dengan interval kedalaman 0–15 cm, 15–30 cm, 30–50 cm, 50–100 cm dan 100–300 cm. Jumlah karbon tanah per interval kedalaman sampel dihitung rumus sebagai berikut:

$$\text{Karbon Tanah}(\text{Mg ha}^{-1}) = \text{BD} (\text{g cm}^{-3}) \times \text{IKT} (\text{cm}) \times \% \text{C}$$

Keterangan:

BD = Bulk Density (berat jenis) (g cm⁻³)

IKT = Interval Kedalaman Tanah

% C adalah nilai persentase kandungan karbon sebesar (0,47).

Dari hasil karbon tanah (Mg ha⁻¹), kemudian dapat memperkirakan total karbon dalam setiap stasiun. Adapun rumus untuk mengukur total karbon dalam komponen sedimen adalah:

$$\text{Total karbon dari stasiun} (\text{Mg}) = \text{Total karbon} (\text{Mg ha}^{-1}) \times \text{luas} (\text{ha})$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Kecamatan Nguling merupakan salah satu kecamatan di kabupaten pasuruan yang terletak di sebelah Timur Kabupaten Pasuruan. Wilayah ini dialiri oleh sungai Porong yang bermuara di Selat Madura. Kecamatan Nguling terdiri dari dataran rendah pantai yang memiliki wilayah pesisir yang berada di Desa Penunggul. Jarak Kecamatan Nguling ini dengan pusat pemerintahan Kabupaten Pasuruan sekitar 28 kilometer.

Wilayah Desa Penunggul ini dulunya merupakan area pertambakan yang sering terjadi abrasi karena jarang terdapat tanaman hijau. Hal ini menyebabkan bibir pantai semakin mendekati pemukiman warga. Desa Penunggul sekarang sudah memiliki kawasan wisata hutan mangrove yang dapat menarik wisatawan.

Adapun batas-batas wilayah Kecamatan Nguling antara lain meliputi:

- Sebelah timur = Laut Jawa
- Sebelah selatan = Kabupaten Probolinggo
- Sebelah barat = Desa Nguling
- Sebelah utara = Laut Jawa

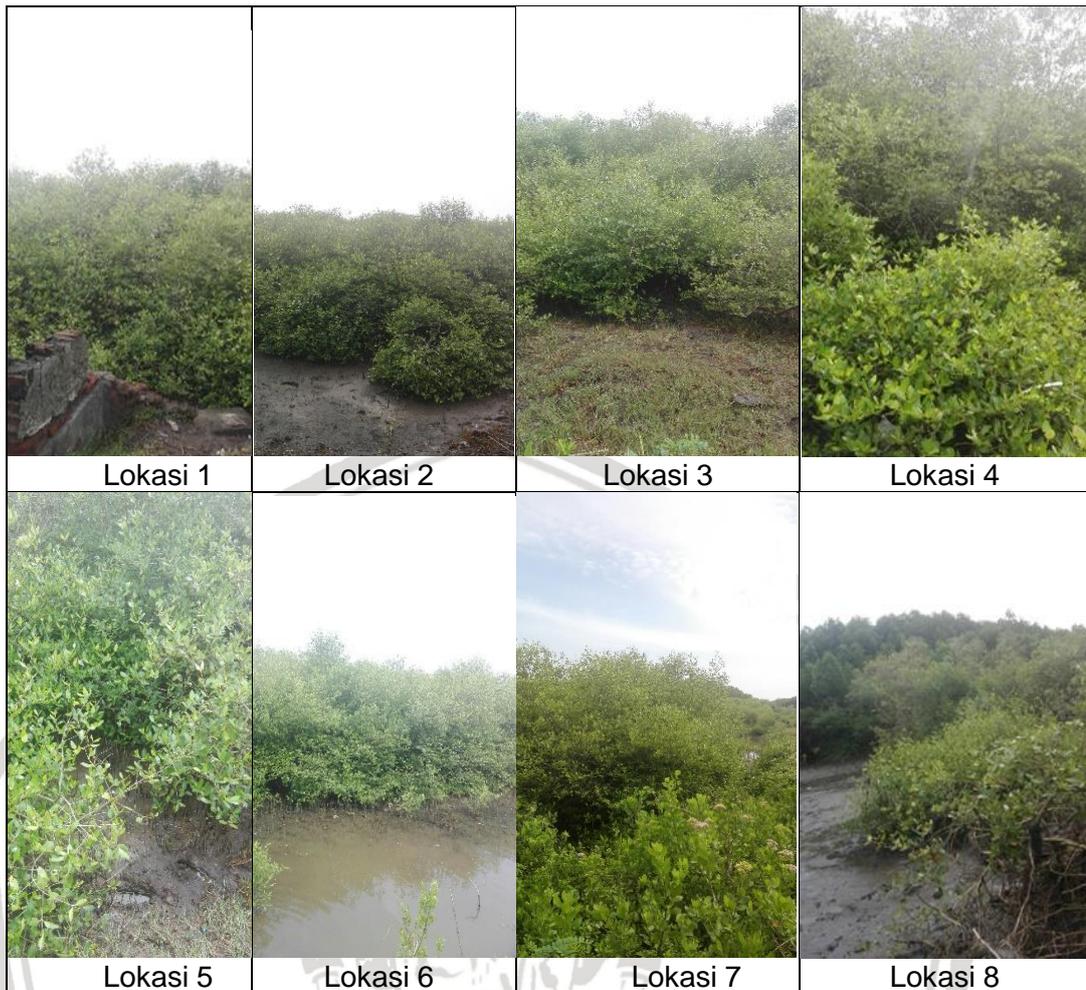
Kecamatan Nguling memiliki luas wilayah sekitar 181,615 ha dan terdiri dari 15 desa dan kelurahan salah satunya yaitu Desa Penunggul yang merupakan tempat atau lokasi penelitian ini. Lokasi penelitian ini dilakukan tepatnya terletak di Kawasan Hutan Mangrove Desa Penunggul, Kecamatan Nguling, kabupaten Pasuruan.

4.2 Deskripsi Lokasi Pengambilan Sampel

Keberadaan hutan mangrove di Desa Penunggul berawal dari kepedulian seorang warga pesisir timur yang bernama Bapak Mukarim terhadap lingkungan

sekitarnya. Menurut beliau wilayah mangrove ini dulunya sangat jarang ditumbuhi tanaman, sehingga tiap tahun sering terjadi abrasi yang semakin mendekati ke pemukiman warga. Pada tahun 1982 beliau berinisiatif untuk menanam pohon mangrove di sepanjang bibir pantai desa, mulai dari ujung perbatasan Probolinggo - Pasuruan yang dibatasi sungai Lawean sampai di Desa Penunggul hingga terciptanya sabuk hijau (*green belt*) seluas 144 hektar sepanjang 2 km di bibir pantai desa Penunggul. Kawasan hutan mangrove di Desa Penunggul ini telah ditumbuhi empat jenis mangrove yaitu *Avicennia marina*, *Avicennia alba*, *Rhizophora mucronata* dan *Rhizophora apiculata*.

Stasiun pertama pengambilan sampel terletak pada titik koordinat 07,421266° LS dan 113,52474° BT yang berada disebelah jalan menuju ke bibir pantai. Stasiun kedua berada di pintu masuk dengan titik koordinat 07,421513°S dan 113,52358°BT. Stasiun ketiga berada pada titik koordinat 07,421597° LS dan 113,52468° BT. Lokasi keempat berada di sebelah Utara dengan titik koordinat 07,7421676° LS dan 113,52603° BT. Lokasi kelima berada di antara stasiun keempat dengan keenam sekitar dengan titik koordinat koordinat 07,421348° LS dan 113,52744° BT. Stasiun keenam berada di daerah pasang surut tertinggi tengah titik 07,421066° LS dan 113,52892° BT. Lokasi ketujuh berada didaerah pasang surut dengan titik koordinat 07,421010° LS dan 113,52748° BT. Dan Stasiun kedelapan berada di dekat pendaratan perahu nelayan dengan titik koordinat 07,42991° LS dan 113,52595°. Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan secara berurutan dengan memperhatikan ukuran luas mangrove *Avicennia marina* seperti **Gambar 4** berikut.



Gambar 4. Lokasi Titik Pengambilan sampel

4.3 Kerapatan Pohon

Nilai kerapatan jenis merupakan jumlah tegakan jenis ke-i dalam suatu unit area. Kerapatan mangrove suatu wilayah dapat mempengaruhi kondisi lingkungan mangrove tersebut. Perhitungan kerapatan mangrove dan jumlah pohon setiap stasiun sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kerapatan (Pohon/ha)} &= \frac{\text{Jumlah individu pohon}}{\text{Luas area yang diteliti (plot)}} \times 10.000 \\
 &= \frac{40}{400} \times 10.000 \\
 &= 1000 \text{ pohon/ha}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kerapatan mangrove *Avicennia marina* dapat dilihat pada

Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kerapatan mangrove

Spesies	DBH (cm)	Luas area plot (m ²)	Jumlah individu pohon/plot	Kerapatan (pohon/ha)
<i>Avicennia marina</i>	16-21.5	400	40	1000

Keterangan: DBH (Diameter at breast height)

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, jumlah pohon mangrove jenis *Avicennia marina* sebanyak \pm 40 pohon dengan luasan 400 m² (kerapatan = 1000 pohon/ha). Menurut SNI (2011), mangrove dengan jumlah kerapatan >880 pohon/ha tergolong mangrove sangat padat, mangrove dengan jumlah kerapatan 660 - 880 pohon/ha tergolong rapat dan Mangrove dengan kerapatan 330 - 660 tergolong sedang. Mangrove dengan jumlah kerapatan 110 – 330 pohon/ha tergolong jarang dan mangrove dengan jumlah kerapatan < 110 pohon/ha sangat jarang. Berdasarkan hal tersebut, maka tingkat kerapatan pohon mangrove jenis *Avicennia marina* di Kawasan mangrove pasuruan desa Penunggul tergolong padat. Selain itu, jenis pertumbuhan mangrove *Avicennia marina* di daerah penelitian ini seragam.

Menurut Fachrul (2007), jumlah tanaman yang tersebar dalam luasan tertentu menggambarkan nilai kerapatan dari suatu tegakan tersebut. Nilai kerapatan menunjukkan pola penyesuaian suatu jenis dengan lingkungannya. Jenis dengan nilai kerapatan tinggi memiliki pola penyesuaian yang besar. Sebaran tanaman mangrove jenis *Avicennia marina* memiliki kerapatan yang tinggi. Banyaknya jumlah tanaman jenis *Avicennia marina* pada setiap tingkatan menunjukkan bahwa jenis *Avicennia marina* mempunyai tingkat kesesuaian yang lebih baik karena disebabkan batang anakan *Avicennia marina* bersifat lebih lentur sehingga tidak mudah patah.

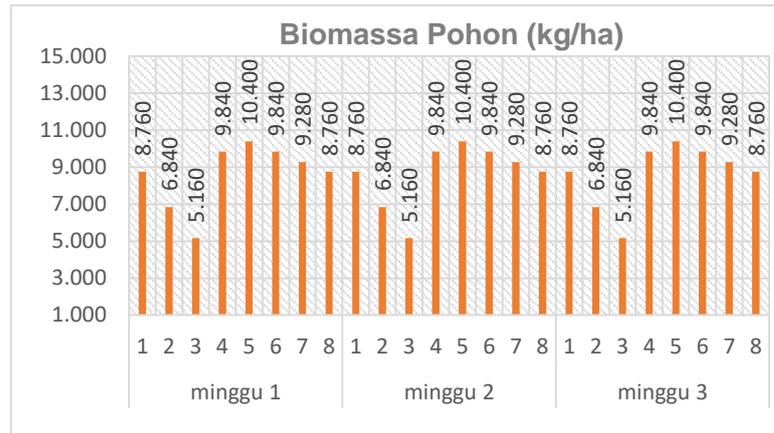
4.4 Biomassa Tegakan Pohon

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh nilai biomassa tegakan pohon dengan mengukur diameter at breast height (DBH). Perhitungan biomassa pohon berdasarkan batang dapat di lihat pada **Tabel 3.** berikut.

Tabel 3. Hasil perhitungan biomassa pohon

Lokasi	Konstanta	$D^{2.3624}$	Biomassa Pohon (kg/ha)
1	0.1848	20	8.760
2	0.1848	18	6.840
3	0.1848	16	5.160
4	0.1848	21	9.840
5	0.1848	21.5	10.400
6	0.1848	21	9.840
7	0.1848	20.5	9.280
8	0.1848	20	8.760
Rata-Rata			8.610

Berdasarkan data diatas nilai biomassa tegakan pohon sebesar 5.160 – 10.400 kg/ha. Mangrove *Avicennia marina* selama penelitian tidak terlihat pertumbuhan atau pertambahan diameter pohonnya. Menurut Hidayatullah (2013) perkembangan tanaman mangrove pada masing-masing petak penanaman dapat berbeda sesuai dengan daya dukung lingkungan dan pola adaptasinya seperti adanya jenis mangrove yang beragam atau tidak beragam, genangan air, pasang surut dan tekstur tanah. Lamanya penggenangan air pada mangrove menyulitkan tanaman memperoleh oksigen, sehingga menyebabkan terhambatnya pertumbuhan mangrove (Halidah, 2010).



Gambar 5. Grafik biomassa pohon mangrove *Avicennia marina*

Berdasarkan data diatas menunjukkan bahwa adanya perbedaan nilai biomassa pohon mangrove api-api pada setiap stasiun. Nilai biomassa diatas didapatkan hasil sebesar 5.160 – 10.400 kg/ha. Nilai tertinggi yaitu sebesar 10.540 kg/ha dan nilai terendah sebesar 5.160 kg/ha. Nilai biomassa pohon setiap stasiun berbeda-beda karena nilai biomassa yang diperoleh tergantung dengan besarnya diameter pohon yang diukur juga dipengaruhi kerapatan pohon. Biomassa selama penelitian tidak mengalami perubahan karena diameter pohon yang diukur tetap sama.

Menurut Dharmawan dan Siregar (2008), tinggi rendahnya potensi biomassa suatu ekosistem mangrove disebabkan oleh tingkat kesuburan tanah dan kerapatan pohon yang ada di kawasan tersebut. Sedangkan Supriharyono (2000), tingginya suatu potensi biomassa dikarenakan memiliki tingkat kesuburan tanah yang tinggi dan memiliki kerapatan pohon yang tinggi. Selain itu, hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem didaerah pesisir yang mempunyai produktivitas tinggi. Semakin besar diameter suatu pohon maka biomassa yang terkandung pada pohon tersebut akan semakin tinggi, dan CO₂ yang diserap pohon pun semakin besar. Kondisi ini terjadi karena adanya proses fotosintesis pada setiap tumbuhan. Tumbuhan menyerap CO₂ dari udara dan mengkonversinya menjadi senyawa organik melalui proses fotosintesis (Campbell *et al.*, 2002).

4.5 Serapan Karbon pohon

Serapan karbon tersimpan pada tanaman dapat diketahui dengan menghitung karbon berdasarkan biomassa tegakannya. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, data yang diperoleh yaitu nilai biomassa tanaman. Selanjutnya data tersebut digunakan untuk menghitung jumlah karbon berdasarkan biomassa tegakan pohon. Hasil perhitungan serapan karbon tegakan pohon berdasarkan biomassa dapat dilihat pada **Gambar 6** berikut ini:



Gambar 6. Grafik serapan karbon tegakan pohon mangrove *Avicennia marina*

Berdasarkan data diatas, nilai karbon tegakan pohon menunjukkan bahwa adanya perbedaan nilai serapan karbon pohon mangrove api-api setiap stasiun. Nilai serapan karbon didapat hasil sebesar 2.425 – 4.888 kg/ha. Nilai tertinggi sebesar 4.888 kg/ha dan nilai terendah yaitu sebesar 2.425 kg/ha. Besar kecilnya simpanan karbon dalam suatu vegetasi bergantung pada jumlah biomassa yang terkandung dan daya serap vegetasi pohon tersebut.

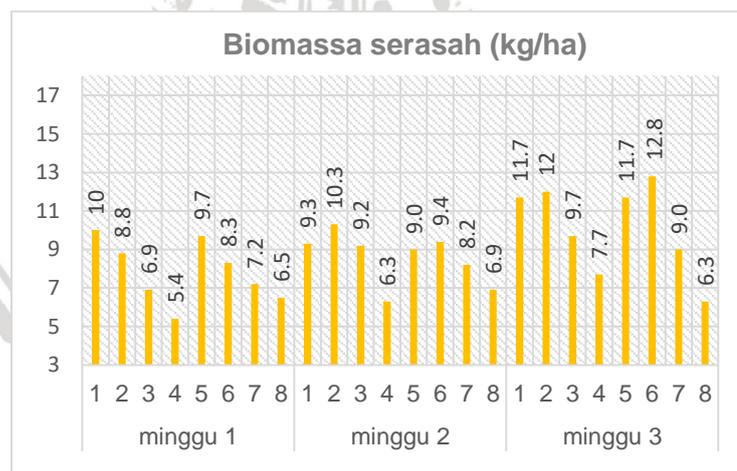
Menurut Ahmadi (1990) dalam Aminudin (2008) batang merupakan kayu yang 40-45 % tersusun oleh selulosa. Selulosa merupakan molekul gula linear yang berantai panjang yang tersusun oleh karbon, dimana semakin tinggi selulosa maka kandungan karbon akan semakin tinggi. Semakin besar diameter pohon akan memiliki potensi selulosa dan zat penyusun kayu lainnya akan lebih besar.

semakin tinggi nilai karbon pada bagian batang erat kaitannya dengan tingginya biomassa bagian batang jika dibandingkan dengan bagian pohon lainnya.

Pohon menyerap karbon dioksida dari udara melalui fotosintesis, kemudian mengubahnya menjadi karbon organik (Karbohidrat) dan menyimpannya dalam bentuk biomassa pada bagian batang, daun, akar, cabang, dan ranting (Akbar, 2015). Kandungan karbon pada tanaman menggambarkan berapa besar tanaman tersebut dapat mengikat CO₂ dari udara. Sebagian karbon akan menjadi energi untuk proses fisiologi tanaman dan sebagian masuk ke dalam struktur tumbuhan dan menjadi bagian dari tumbuhan, misalnya selulosa yang tersimpan pada batang, akar, ranting dan daun (Heriyanto dan Subiandono, 2012).

4.6 Biomassa komponen Serasah

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh nilai berat kering dan berat basah, selanjutnya data tersebut digunakan untuk menghitung nilai biomassa komponen serasah. Perhitungan biomassa dapat dilihat pada **Lampiran 4** dan hasil perhitungan biomassa dapat dilihat pada **Gambar 7** berikut.



Gambar 7. Grafik biomassa serasah mangrove *Avicennia marina*

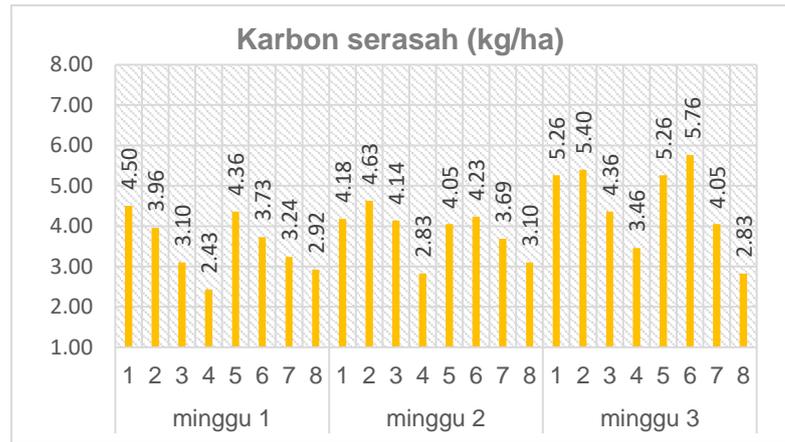
Berdasarkan data diatas menunjukkan bahwa adanya perbedaan nilai biomassa serasah mangrove api-api setiap stasiun. Dari komponen serasah

tersebut nilai biomassa pada minggu pertama sebesar 5,4 – 10 kg/ha, pada minggu kedua sebesar 6,3 – 10,3 kg/ha dan pada minggu ke tiga sebesar 6,3 – 12,8 kg/ha. Nilai rata-rata tertinggi biomassa serasah didapat pada minggu ketiga yaitu sebesar 10,11 kg/ha dan nilai terendah didapat pada minggu kedua yaitu sebesar 7,58 kg/ha. Perbedaan biomassa komponen ini dipengaruhi oleh kerapatan pohon, diameter yang berbeda-beda dan kesuburan tanah serta adanya pengaruh lingkungan. Selain itu, jumlah sampel komponen serasah setiap stasiun berbeda-beda sehingga berat kering dan total berat basahnya juga berbeda.

Kandungan biomassa di daerah pasang tertinggi lebih besar dari daerah pasang terendah, karena pola pertumbuhan mangrove cenderung dari arah darat menuju laut, dimana propagul mangrove yang telah matang akan jatuh dan terbawa arus. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sugirahayu (2011), menyatakan bahwa perbedaan biomassa dipengaruhi oleh tingkat kesuburan tanah, jumlah dan kerapatan pohon dikawasan tersebut serta faktor lingkungan yang mempengaruhi laju fotosintesis. Berdasarkan kondisi tersebut, Supriharyono (2000), menyatakan bahwa tingginya potensi biomassa dapat disebabkan oleh tingkat kesuburan tanah yang tinggi serta tingginya kerapatan pohon. Selain itu, hutan mangrove merupakan bentuk ekosistem pesisir yang mempunyai produktivitas tinggi.

4.7 Serapan Karbon Serasah

Serapan karbon serasah pada tanaman dapat diketahui berdasarkan nilai biomassa yang di dapat. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, data yang diperoleh yaitu nilai biomassa serasah tanaman. Selanjutnya data tersebut digunakan untuk menghitung jumlah serapan karbon serasah. Perhitungan karbon dapat dilihat pada **Lampiran 5** dan hasil perhitungan karbon serasah berdasarkan biomassa dapat dilihat pada **Gambar 8** berikut ini:



Gambar 8. Grafik serapan karbon serasah mangrove *Avicennia marina*

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa adanya perbedaan nilai serapan karbon pada serasah mangrove api-api. Nilai karbon pada minggu pertama didapat hasil sebesar 2,43 – 4,50 kg/ha, pada minggu kedua sebesar 2,83 – 4,63 kg/ha dan pada minggu ketiga didapat nilai sebesar 2,83 – 5,76 kg/ha. Nilai rata-rata tertinggi terdapat pada minggu ketiga sebesar 4,55 kg/ha dan nilai terendah di dapat pada minggu pertama sebesar 3,53 kg/ha. Dalam penelitian ini didapatkan prosentase stok karbon meningkat sejalan dengan peningkatan biomassa. Stok karbon berbanding lurus dengan kandungan biomasnya. Semakin besar kandungan biomassa, maka stok karbon juga akan semakin besar.

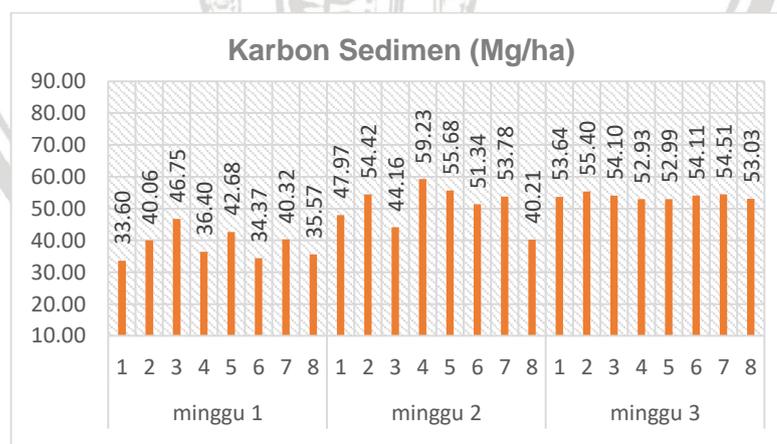
Hal ini sesuai dengan pendapat Chanan (2012), setiap penambahan kandungan biomassa akan diikuti dengan penambahan kandungan karbon, hal ini menjelaskan bahwa karbon dan biomassa sama-sama memiliki korelasi yang positif sehingga apapun yang menyebabkan terjadinya peningkatan maupun penurunan biomassa akan menyebabkan peningkatan atau penurunan kandungan karbon. Sedangkan Menurut Hairiah dan Rahayu (2007), kandungan karbon dan nilai biomassa yang tersimpan pada setiap ekosistem akan berbeda-beda, tergantung dengan jenis tanah, keragaman dan kerapatan pohon yang ada, serta dengan cara pengelolaan pada ekosistem tersebut. Selain itu, diameter

batang pohon juga dapat mempengaruhi besarnya kandungan cadangan karbon mangrove.

Menurut Bismark *et al.* (2008), kandungan karbon pada tanaman menggambarkan seberapa besar tanaman tersebut dapat mengikat CO₂ dari udara. Sebagian karbon akan menjadi energi untuk proses fisiologi tanaman dan sebagian masuk dalam struktur tumbuhan dan menjadi bagian dari tumbuhan, misalnya selulosa yang tersimpan pada batang, akar, ranting dan daun. Selain itu, stomata yang terdapat pada daun juga berfungsi sebagai penyerap karbon dioksida (CO₂) dari udara dan mengeluarkan oksigen (O₂) yang selanjutnya dihirup oleh semua makhluk hidup terutama manusia.

4.8 Karbon Sedimen

Karbon sedimen pada tanaman dapat diketahui dengan kedalaman sedimen atau tanah yang di ambil. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, data yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menghitung jumlah kandungan karbon tersimpan berdasarkan berat jenis dan kedalaman tanah yang diambil. Perhitungan karbon sedimen dapat dilihat pada **Lampiran 6** dan hasil perhitungan karbon sedimen dapat dilihat pada **Gambar 9** berikut ini:



Gambar 9. Grafik karbon organik sedimen mangrove *Avicennia marina*

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kandungan karbon pada sedimen mangrove pada minggu pertama sebesar 33,60 – 46,75 Mg/ha. Pada minggu kedua sebesar 40,21 – 59,23 Mg/ha. Dan pada minggu ketiga di dapat hasil sebesar 52,93 – 55,64 Mg/ha. Nilai rata-rata tertinggi terdapat pada minggu ketiga dengan nilai 53,84 Mg/ha dan nilai rata-rata terendah terdapat pada minggu pertama yaitu sebesar 38,72 Mg/ha.

Menurut Heriyanto dan Amin (2013), sumber karbon tanah berasal dari biota, daun, cabang dan bagian tubuh tanaman yang jatuh ke tanah. Sedangkan menurut Mahasani *et al.* (2016), akar merupakan salah satu bahan organik yang ada di dalam tanah dan berperan menyumbangkan kandungan karbon organik di dalam tanah. Bahan-bahan tersebut apabila terdekomposisi oleh mikroorganisme akan termineralisasi menjadi unsur-unsur yang siap digunakan oleh tanaman. Mikroorganisme tanah berperan penting dalam mendekomposisi bahan organik. Salah satu proses dalam tanah yang sangat tergantung pada organisme tanah adalah dalam proses daur bahan organik (Widyati, 2013).

Menurut Siringoringo (2014), bahan organik tanah cenderung terkonsentrasi pada lapisan atas tanah, karena sebagian besar pasokan atau input karbon organik tanah berasal dari bagian atas tanah. Besarnya vegetasi pada mangrove akan memiliki kemampuan untuk menghasilkan serasah organik yang merupakan penyusun utama bahan organik dalam tanah. Apabila tanah semakin padat atau kerapatan tanah semakin tinggi, maka tanah akan mengandung massa yang lebih besar pada suatu kedalaman tertentu, sehingga cadangan karbon organik tanah lebih tinggi. Sedangkan menurut Krull *et al.* (2001), hampir semua karbon organik dalam tanah terletak di dalam pori-pori antara partikel tanah, sehingga apabila ruang pori tanah mengecil kandungan karbon organik tanah juga sedikit.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis maka dapat disimpulkan beberapa hal tentang analisis serapan karbon mangrove *Avicennia marina* di kawasan hutan mangrove Desa Penunggul, Kabupaten Pasuruan sebagai berikut:

1. Nilai serapan karbon tersimpan pada tegakan pohon di kawasan hutan mangrove Desa Penunggul jenis mangrove *Avicennia marina* tertinggi sebesar 4.888 kg/ha di lokasi ke tiga dan hasil terendah sebesar 2.425 kg/ha. Sedangkan nilai rata-rata kandungan karbon serasah didapat hasil tertinggi pada minggu ketiga dengan jumlah rata-rata sebesar 4,55 kg/ha dan nilai rata-rata terendah pada minggu pertama yaitu sebesar 3,53 kg/ha. Nilai kandungan karbon sedimen didapat hasil rata - rata tertinggi di minggu ketiga sebesar 53,84 Mg/ha dan nilai rata-rata terendah terdapat di minggu pertama yaitu sebesar 38,72 Mg/ha. Total serapan karbon *Avicennia marina* di kawasan hutan mangrove Desa Penunggul sebesar 446,614 kg/ha.
2. Nilai biomassa mangrove api-api (*Avicennia marina*) berbanding lurus dengan kandungan karbon organiknya, dimana semakin tinggi nilai biomassa maka semakin tinggi juga nilai karbonnya. Besarnya nilai kandungan karbon pada tiap komponen, baik karbon biomassa tegakan pohon maupun karbon tanah dan karbon serasah akan memberikan nilai yang tinggi terhadap serapan karbon dioksida (CO₂) mangrove *Avicennia marina*.

5.2 Saran

Diharapkan adanya penelitian lanjutan mengenai analisis kandungan karbon pada tiap jenis mangrove dan pemeriksaan karbon tanah berdasarkan kerapatan pohon, jenis tegakan dan interval kedalaman yang berbeda di Kawasan hutan mangrove Desa Penunggul.



DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi SS. 1990. Diktat Kimia Kayu. Bogor : Pusat Antar Universitas, Institut.
- Akbar, C. 2015. Dugaan Serapan Karbon Pada Vegetasi Mangrove di Kawasan Hutan Mangrove Desa Beureunut, Kecamatan Seulimum, Kabupaten Aceh Besar. *Skripsi*. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Aminudin, S. 2008. Kajian Potensi Cadangan Karbon pada Pengusahaan Hutan Rakyat (Studi Kasus Hutan Tanaman Rakyat Desa Dengok, Kecamatan Playen, Kabupaten Gunung Kidul). Tesis. Sekolah Pasca sarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 115p.
- Anonim a. 2008. Sistematika *Avicennia Marian*. Diakses dari www.wikipedia.com, pada tanggal 5 Februari 2018 pukul 09.30 WIB.
- Astra, I. M. 2010. Energi dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 11 (2): 131-139.
- Badan Standar Nasional. 2011. Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon–Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (ground based forest carbon accounting). SNI 7724:2011.
- Badan Standar Nasional. 2011. Survei dan Pemetaan Mangrove. SNI 2020:2011.
- Bismark, M., Subiandono, E., dan Heriyanto, N.M. 2008. Keragaman dan Potensi Jenis serta Kandungan Karbon Hutan Mangrove di Sungai Subelen Siberut, Sumatera Barat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi*, 5 (3) : 297-306.
- Brown. 1996. Guidelines for inventory and monitoring carbon offsets in forest-based project. Winrock, International. Forest Carbon Monitoring Program, Winrock International, Airlington, VA, USA.
- Brown S. 1997. Estimating biomass dan biomass Change for Tropical Forest, a Primer. Rome: FAO Forestry Paper 134, FAO.
- Budianta, D. 2010. Pentingnya Etika Lingkungan untuk Meminimalkan Global Warming. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian dan Program Studi Lingkungan Pascasarjana Universitas Sriwijaya.
- Bouillon, S., N. Koedam, A.V. Raman, A.V.V.S. Rao and F. Dehairs. 2003. Sources of organic carbon in mangrove sediments: variability and possible ecological implications. *Hydrobiologia*, 495: 33–39.
- Campbell, N. A., Reece, J. B. and Mitchell, L. G. 2002. Biologi. Buku. Penerbit Erlangga. Jakarta. 1247p
- Chanan, M. 2012. Pendugaan Cadangan Karbon (C) Tersimpan di Atas Permukaan Tanah pada Vegetasi Hutan Tanaman Jati (*Tectona Grandis* Linn. F) di Rph Sengguruh Bkph Sengguruh Kph Malang Perum Perhutani II Jawa Timur). *Jurnal Gamma*. 7(2): 61-73.
- Cummings, d., boone Kauffman, J., Perry, d.A. & Flint hughes, R. (2002). Aboveground biomass and structure of rainforests in the southwestern brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 163, 293–307.

- Cicerone, R. J. 1987. Changes in Stratospheric Ozone. *J. Science* 237: 35-42.
- Darusman, D. 2006. Pengembangan potensi nilai ekonomi hutan dalam restorasi ekosistem. Jakarta.
- Darsono, V. 1993. Pengantar Ilmu Lingkungan. Edisi revisi. Yogyakarta.
- Dharmawan, I. W. S dan Siregar. C. A. 2008. Karbon Tanah Dan Pendugaan Karbon Tegakan *Avicennia Marina* (Forsk.) Vierh. Di Ciasem, Purwakarta (Soil Carbon And Carbon Estimation Of *Avicennia Marina* (Forsk.) Vierh. Stand At Ciasem, Purwakar). *Jurnal Pendidikan Hutan dan Konservasi Alam*. 5(4) : 317-328.
- Dharmawan, I. W. S dan Samsuedin, I. (2012). Dinamika potensi biomassa karbon pada lanskap hutan bekas tebangan di hutan penelitian Malinau. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan, IX* (1), 12-20.
- Eong, O. J. 1993. Mangroves-a carbon Source and Sink. *Chemosphere*. 27 (6): 1097-1107.
- Fachrul, M.F. (2007). Metode Sampling Bioekologi. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Gypens, N., A. V. Borges & C. Lancelot. 2009. Effect of Eutrophication on Air-sSa CO₂ Fluxes in the Coastal Southern North Sea: A Model Study of the Past 50 Years. *Global Change Biology*. 15: 1040-1056.
- Halidah. 2010. Pertumbuhan *Rhizophora Mucronata* lamk pada berbagai kondisi substrat di kawasan rehabilitasi mangrove Sinjai Timur Sulawesi Selatan. Balai Penelitian Kehutanan Manado.
- Halidah, 2014. *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh Jenis Mangrove Yang Kaya Manfaat. *Info Teknis Eboni*. 11(1): 37-44.
- Hairiah, K dan Rahayu, S. 2007. Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Penggunaan Lahan. World Agroforestry Center (ICRAF), Bogor.
- Heriyanto, N. M., E. Subiandono. 2012. Komposisi dan Struktur Tegakan, Biomassa, dan Potensi Kandungan Karbon Hutan Mangrove di Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 9(1): 023-032.
- Heriyanto, T dan B, Amin. 2013. Analisis Biomassa dan Cadangan Karbon pada Ekosistem Hutan Mangrove di Pesisir Pantai Kelurahan Purnama Kota Dumai Provinsi Riau. Prosiding Seminar Nasional, Hotel Pangeran Pekanbaru.
- Heriyanto, N. M dan E. Subiandono. 2012. Peran Biomasa Mangrove Dalam Menyimpan Karbon Di Kubu Raya, Kalimantan Barat. *Jurnal Analisis*. Vol 13(1): 1-12.
- Hidayati, N., Mansur. M dan Juhaeti. T. 2013. Variasi Serapan Karbondioksida (CO₂) Jenis-Jenis Pohon Di "Ecopark", Cibinong Dan Kaitannya Dengan Potensi Mitigasi Gas Rumah Kaca. *Buletin Kebun Raya*. 16(1).
- Hidayanto, W., A. Heru dan Yossita. 2004. Analisis tanah Tambak sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Tambak. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian* 7 (2). Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Kalimantan Timur.

- Hidayatullah, T. 2013. Evaluasi Ekonomi Kawasan Tambakdan Mangrove Pasca Bencana Lumpur di Muara Sungai Porong Kabupaten Sidoarjo Provinsi Jawa Timur. Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- Murdiyarsono Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., Pidgeon, E. (eds.) (2014). *Coastal blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses meadows*. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA.
- Imiliyana, A., Muryono, M. dan Purnobasuki, H. 2012. Estimasi Stok Karbon Pada Tegakan Pohon *Rhizophora stylosa* di Pantai Camplong, Sampang Madura. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 13p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Junaedi, A. 2008. Kontribusi Hutan Sebagai Rosot Karbondioksida. *Info Hutan*. Vol. 5(1): 1-7.
- Januariani, 2011. Estimasi Tingkat Karbon Tanah Menggunakan Ekstended Kalman Filter. Tesis. ITS
- Kauffman, J.B., Cummings, d., Ward, d. dan babbitt, R. (1995). Fire in the Brazilian Amazon: 1. biomass, nutrient pools, and losses in slashed primary forests. *Oecologia*, 104, 397–408.
- Kauffman, J.B. and Donato, D.C. 2012. *Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests*. Working Paper 86. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Kemenuh (Kementerian Kehutanan). 2012. Pedoman Penggunaan Model Allometrik untuk Pendugaan Biomassa dan Stok Karbon di Indonesia. Hlm. 29. Kemenuh. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: 201 Tahun 2004 Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Kerusakan Hutan Mangrove. Jakarta.
- Khairijon, Fatonah, S. dan Rianti, A. P. 2013. Profil Biomassa dan Kerapatan Vegetasi Tegakan Hutan Mangrove di Marine Station Kecamatan Dumai Barat, Riau. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung. 1 Oktober 2013. Bandar Lampung. 41-44.
- Krull, E, Baldock, J dan Skjemstad, J. 2001. Soil Texture Effect on decomposition and Soil Carbon Storage, NEE Workshop Proceeding, CRC for Greenhouse Accounting, CSIRO Land and Water Australia
- Kusmana, C. 1997. Ekologi dan Sumberdaya Ekosistem Mangrove. Makalah Pelatihan Pengelolaan Hutan Mangrove Lestari Angkatan I. 18 Agustus – 18 Oktober 1997. Bogor: Institut Pertanian Bogor. 20p.

- Kusmana, C. 2009. Pengelolaan sistem mangrove secara terpadu. Workshop Pengelolaan Ekosistem Mangrove di Jawa Barat. Jatinangor. Vol 18. 22p.
- Kusmana, C., Sabiham, S., Abe, K. & Watanabe, H. (1992). An estimation of above ground tree biomass of a mangrove forest in East Sumatera. *Tropics*. (4), 143-257.
- Larasati, D. 2009. Uji Performansi Pengering Efek Rumah Kaca (Erk)-Hybrid Tipe Rak Berputar Secara Vertikal Untuk Pengeringan Rosela (*Hibiscus Sabdariffa* L). *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Machida, T, H. Matsueda and Y. Sawa. 2007. Contrail Comprehensive Network for Tracegases by Airliner, Igactivities, No. 37, page 23-30.
- 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: hlm 14–18
- Manuri, S., C.A.S. Putra, A. D. Saputra. 2011. Teknik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan. Merang REDD Pilot Project- German International Cooperation (MRPP-GIZ). Palembang. 91 hlm.
- Noor, Y. R., M. Khazali dan I N.N. Suryadiputra. 2006. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PHKA/WI-IP. Bogo
- Nugroho, 1991. Konservasi Mangrove sebagai Pendukung Sumber Hayati Perikanan Pantai. *Jurnal Litbang Pertanian*, (online), (<http://jurnal.hutan.mangrove>, diakses 26 April 2008).
- Oktavianus, S. 2013. Uji Daya Hambat Ekstrak Daun Mangrove Jenis *Avicennia marina* Terhadap Bakteri *Vibrio Parahaemolyticus*. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Ong, J.E. 1993. Mangroves – a Carbon Source and Sink. *Chemosphere*, 27: 1097-1107.
- Pambudi GP. 2011. Pendugaan biomassa beberapa kelas umur tanaman jenis *Rhizophora apiculata* BI pada areal PT. Bina Ovivipari Semesta, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Selatan. *Skripsi* (Tidak dipublikasikan). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Prasetyo, L. B., I. B. K. Wedastra, P. T. Maulida. 2012. Pemetaan Sebaran Karbon di Kabupaten Merauke, Provinsi Papua. Institut Pertanian Bogor dengan WWF Indonesia.
- Purnama, Y., Hilwan, I dan Kusmana, C. 2012. Pengaruh Tingkat Penggenangan terhadap Pertumbuhan Semai Pedada (*Sonneratia caseolaris* (L.) Engler) di Kawasan Mangrove Tol Sedyatmo Angke Kapuk, Jakarta Utara. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 3 (1): 1-7.
- Purnobasuki H. 2005. Potensi mangrove sebagai tanaman obat. *Jurnal Biota* IX 2: 125-126.
- Purnobasuki, H. 2011. Peranan Mangrove Dalam Mitigasi Perubahan Iklim. Dept. Biologi FST Universitas Airlangga. Surabaya. *Buletin PSL Universitas Surabaya*. 18 (2006): 9–10.

- Purwanti, F., S. Rudiyantri dan A Suryanto. 2013. Kondisi Habitus *Rhizophora* Sp Di Pantura Kota Semarang Berdasarkan Nilai Hue Daun. *Jurnal Saintek Perikanan*. 9 (1): 75-79.
- Rahim, S dan Baderan. D. W. 2016. *Sainstek. Jurnal Sainstek*. 8(5) : 444-546.
- Santoso, V. P., J. Posangi., H. Awaloei dan R. Bara. 2015. Uji Efek Antibakteri Daun Mangrove *Rhizophora apiculata* terhadap Bakteri *Pseudomonas Aeruginosa* dan *Staphylococcus Aureus*. *Jurnal e-Biomedik (eBm)*. Vol 3(1).
- Samiaji, T. 2011. Gas CO₂ di Wilayah Indonesia. *Berita Dirgantara*. 12(2): 68-75.
- Setiawan, A.D; Indrowuryanto, Wiryanto; Winarno, K.; dan Susilowati, A. 2005. Tumbuhan Mangrove di Pesisir Jawa Tengah : Keanekaragaman Jenis. *Biodiversitas* Vol. 6(2) : 90-94.
- Sihombing, S. R. A. B. 2012. Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Pada Industri Gula (Studi Kasus Pt Pg Rajawali li Unit Pg Subang). *Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor*. Bogor.
- Siringoringo, HH, 2014, Perbedaan Simpanan Karbon Organik Pada Hutan Tanaman Acacia mangium Willd Dan Hutan Sekunder Muda, *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, Vol. 11, No. 1, Hal. 13-39
- Smart Click. 2011. Di Dalam Buku *Praktek Lingkungan Hidup* oleh Dr.Ir.H. Ali Hanapiyah Muhi, MP. Institut Pemerintahan Dalam Negeri (IPDN), Jatinangor, Jawa Barat.
- Sofian, A., N. Harahab dan Marsoedi. 2012. Kondisi Manfaat Langsung Ekosistem Hutan Mangrove Desa Penunggul Kecamatan Nguling Kabupaten Pasuruan. *Kondisi Dan Manfaat Langsung Ekosistem*. 2(2): 56-63.
- Supriharyono. 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. Buku. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 246p.
- Sughandy, A. 2007. *Prinsip Dasar Kebijakan Pembangunan Berkelanjutan Berwawasan Lingkungan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan RDN (Qualitative and Quantitative Research Methods)*, Alfabeta, Bandung.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif & RND*. Bandung: Alfabeta.
- Sugirahayu, L. 2011. *Perbandingan Simpanan Karbon Pada Beberapa Penutupan Lahan Di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur Berdasarkan Sifat Fisik dan Sifat Kimia Tanahnya*. [Skripsi]. Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Sutaryo, D. 2009. *Perhitungan Biomassa. Wetlands International*. Indonesia Programme. Bogor.
- Widyati, E. 2013. *Pentingnya Keragaman Fungsional Organisme Tanah Terhadap Produktivitas Lahan*. Pusat Penelitian Pengembangan Peningkatan Produktivitas Hutan. Bogor.