

repository.ub.ac.id

**ANALISIS KANDUNGAN KARBON ORGANIK PADA *Avicennia marina*
DI AREAL MANGROVE UPT (UNIT PELAKSANA TEKNIS) PERIKANAN AIR
PAYAU DAN LAUT PROBOLINGGO JAWA TIMUR**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh :

**NIKEN HARYATI TUNGGAWATI DEWI
NIM. 125080100111045**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**



**ANALISIS KANDUNGAN KARBON ORGANIK PADA *Avicennia marina*
DI AREAL MANGROVE UPT (UNIT PELAKSANA TEKNIS) PERIKANAN AIR
PAYAU DAN LAUT PROBOLINGGO JAWA TIMUR**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

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

Oleh :

**NIKEN HARYATI TUNGGU DEWI
NIM. 125080100111045**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

SKRIPSI

**ANALISIS KANDUNGAN KARBON ORGANIK PADA *Avicennia marina*
DI AREAL MANGROVE UPT PERIKANAN AIR PAYAU DAN LAUT
PROBOLINGGO JAWA TIMUR**

Oleh :

**NIKEN HARYATI TUNGGU DEWI
NIM. 125080100111045**

telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 13 Juni 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

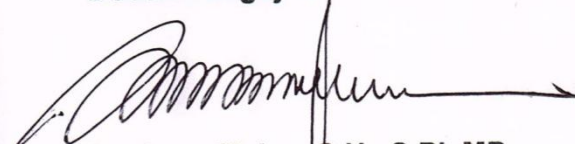
Dosen Penguji I



Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS
NIP. 19591230 198503 2 002

Tanggal: 22 JUN 2016

Dosen Penguji II



Dr. Agus Maizar S.H., S.Pi, MP
NIP. 19720529 200312 1 001

Tanggal: 22 JUN 2016

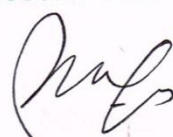
Menyetujui,
Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Muhammad Musa, MS
NIP. 19570507 198602 1 002

Tanggal: 22 JUN 2016

Dosen Pembimbing II

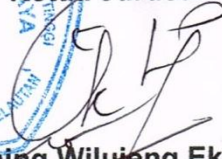


Dr. Ir. Mulyanto, M.Si
NIP. 19600317 198602 1 001

Tanggal: 22 JUN 2016



Mengetahui,
Ketua Jurusan



Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS
NIP. 19620805 198603 2 001

Tanggal: 22 JUN 2016

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Niken Haryati Tungga Dewi

NIM : 125080100111045

prodi : Manajemen Sumberdaya Perairan

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 13 Juni 2016

Niken Haryati Tungga Dewi
NIM. 125080100111045

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillahirobbil'alamin, berkat rahmat Allah SWT perjuangan mencari ilmu di bangku perkuliahan FPIK dapat terselesaikan. Saya Niken Haryati Tungga Dewi tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. Tempat saya meminta, tempat saya mengadu, tempat saya bersyukur. Terima kasih atas segala nikmat yang Engkau berikan. Engkau Maha Besar, Maha Pendengar lagi Maha Penyayang bagi seluruh umatnya.
2. Bapak Munahar dan Ibu Siti Khunainah Hidayati. Orang tua terhebat di dunia yang saya miliki, yang selalu menyayangi, mendukung, memperhatikan, dan memberi apapun yang saya butuhkan. Semoga saya bisa menjadi anak yang selalu membanggakan kalian.
3. Universitas Brawijaya dan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Tempat saya berkembang dan menuntut ilmu.
4. Bapak Dr. Ir. Muhammad Musa, MS dan Bapak Dr. Ir. Mulyanto, M.Si selaku dosen pembimbing. Terima kasih atas bimbingan dan kesabarannya selama membimbing saya.
5. Bapak Ribut selaku pengelola areal mangrove. Terima kasih atas bimbingan dan ilmunya selama saya melakukan penelitian disana.
6. Sahabat terbaik dan seperjuangan saya (Fildza Astri Yuliafni, Lutfi Wakhidannur, Defi Susiyantiningasih, Asih Rahayu dan Wahyu Dwijayana) terima kasih atas batuanannya selama ± 4 tahun ini.
7. Teman-teman seperjuangan, MSP '12, teman-teman FPIK dan seluruh civitas akademika FPIK yang saya cintai. Bersyukur mengenal kalian dan sukses untuk kita semua.

Penulis,

Niken Haryati Tungga Dewi

RINGKASAN

Niken Haryati Tungga Dewi. Analisis Kandungan Karbon Organik pada *Avicennia marina* di Areal Mangrove UPT (Unit Pelaksana Teknis) Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur. (dibawah bimbingan **Dr. Ir. Muhammad Musa, MS** dan **Dr. Ir. Mulyanto, M.Si**)

Adanya aktivitas manusia secara terus-menerus dan tidak dikelola dengan baik dapat memberikan sumbangan gas rumah kaca di atmosfer. Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca seperti karbondioksida (CO₂) di atmosfer akan menyebabkan terjadinya *global warming*. *Avicennia marina* mampu menyerap karbondioksida di atmosfer dalam proses fotosintesis, mengubah CO₂ menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam bentuk biomassa seperti dalam akar, batang, cabang dan daun.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan kandungan karbon organik pada akar, batang, cabang dan daun *Avicennia marina*, serta untuk mengetahui potensi penyerapan karbondioksida (CO₂) pada *Avicennia marina* ukuran pancang dan pohon di UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur. Penelitian ini dilaksanakan di areal mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur pada bulan Maret 2016.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Pengukuran biomassa dilakukan dengan metode *non-destructive* dan pengambilan sampel untuk pengukuran persentase karbon organik pada organ akar, batang, cabang dan daun dilakukan dengan metode *destructive*, kemudian karbon organiknya diukur menggunakan metode *Walkey-Black* di laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Persentase karbon organik pada organ akar, batang, cabang dan daun *Avicennia marina* berkisar 43-48% sehingga memiliki kemampuan penyimpanan karbon yang baik. Kandungan karbon organik pada *Avicennia marina* ukuran pancang terbesar dibagian batang sebesar 7,65 kg dengan DBH 9,59 cm dan terkecil dibagian daun sebesar 0,69 kg dengan DBH 7,68 cm. Pada ukuran pohon diperoleh kandungan karbon organik terbesar dibagian batang sebesar 20,78 kg dengan DBH 15,57 cm dan terkecil terdapat dibagian daun sebesar 1,45 kg dengan DBH 7,68 cm. Potensi serapan CO₂ pada *Avicennia marina* ukuran pancang dan pohon berturut-turut adalah sebesar 59,05 kg/pohon dan 158,89 kg/pohon.

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa kandungan karbon organik pada organ batang *Avicennia marina* jauh lebih banyak bila dibandingkan dengan bagian organ lainnya karena batang memiliki zat penyusun kayu paling banyak. *Avicennia marina* ukuran pohon memiliki biomassa yang lebih banyak dibandingkan dengan ukuran pancang, sehingga kandungan karbon organik dan potensi serapan CO₂-nya lebih tinggi.

Perlu adanya peningkatan perlindungan dan pengelolaan areal mangrove dengan adanya reforestrasi untuk menjaga tingkat keragaman jenis mangrove dan mengurangi CO₂ di udara sehingga dapat mencegah terjadinya *global warming* (pemanasan global).

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Analisis Kandungan Karbon Organik pada *Avicennia marina* di Areal Mangrove UPT (Unit Pelaksana Teknis) Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur**. Di dalam tulisan ini, disajikan pokok-pokok bahasan yang meliputi kajian tentang kandungan karbon organik yang terdapat di Mangrove FPIK UB yang diakibatkan oleh aktivitas masyarakat di wilayah Mayangan Probolinggo tersebut.

Penulis menyusun ini dengan segala kemampuan untuk teliti, namun dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki masih dirasakan banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini dapat mencapai kesempurnaan dan bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, 13 Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
UCAPAN TERIMAKASIH.....	v
RINGKASAN.....	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Kegunaan Penelitian.....	5
1.5 Tempat dan Waktu.....	6
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Hutan Mangrove	7
2.1.1 Pengertian dan Fungsi Mangrove.....	7
2.1.2 Deskripsi <i>Avicennia marina</i>	8
2.2 Pemanasan Global	11
2.3 Siklus Karbon.....	12
2.4 Biomassa dan Kandungan Karbon.....	15
2.5 Mangrove sebagai <i>Blue Carbon Sink</i>	16
2.6 Pengukuran dan Pendugaan Biomassa.....	18
3. MATERI DAN METODE	
3.1 Materi Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.2.1 Alat.....	20
3.2.2 Bahan.....	21
3.3 Metode Penelitian	22
3.3.1 Teknik Pengumpulan Data.....	22
3.3.2 Metode Pengambilan Data	22
3.3.3 Penentuan Lokasi Pengamatan.....	23
3.3.4 Metode Pengukuran Biomassa.....	24
3.3.5 Prosedur Pengambilan Sampel	26
3.4 Metode Analisis Data	28
3.4.1 Analisis Perhitungan Biomassa	28
3.4.2 Analisis Karbon Organik	29
3.4.3 Metode Perhitungan Karbon Organik dari Biomassa.....	30

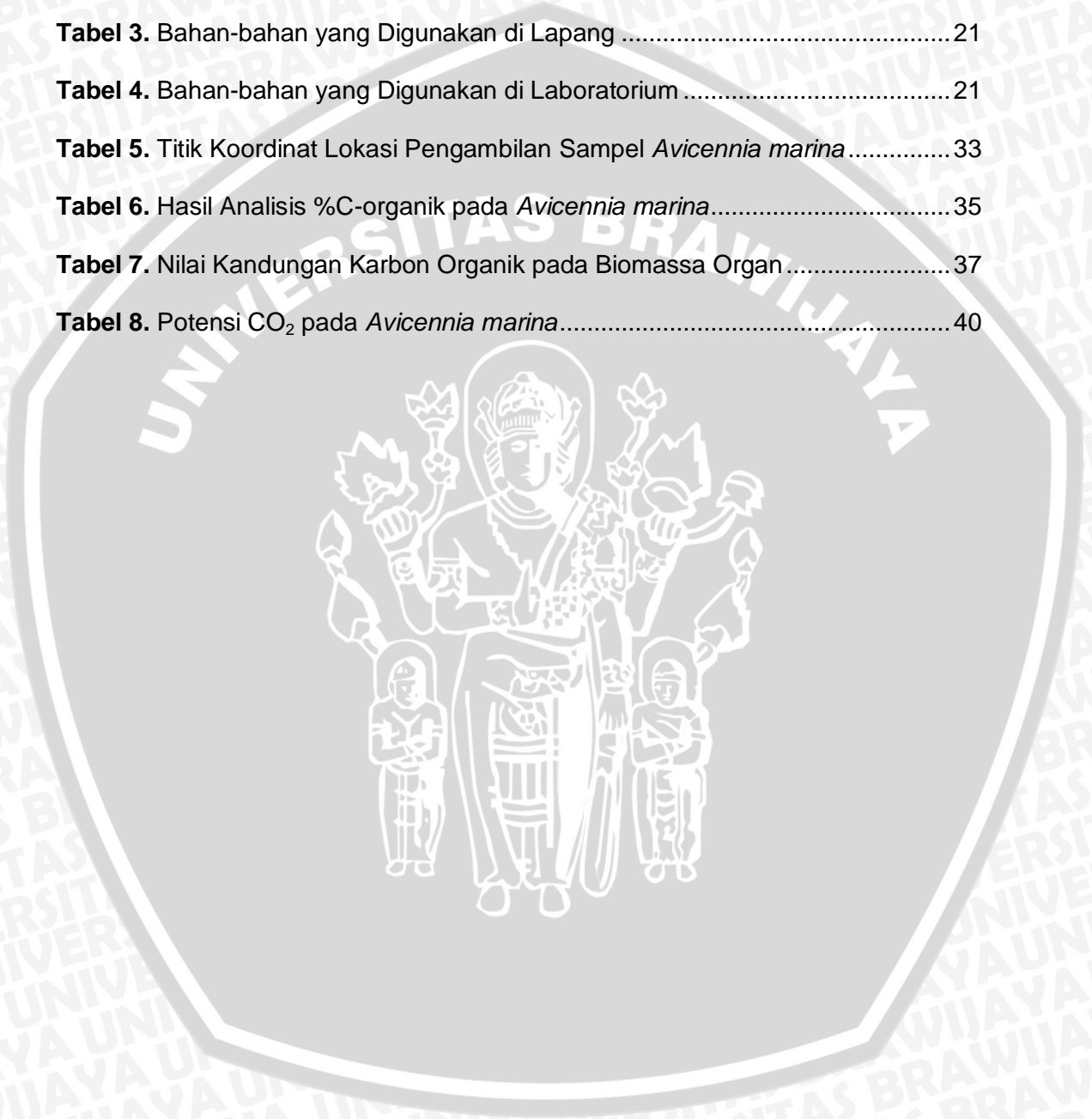


3.4.4	Metode Perhitungan Potensi Penyerapan CO ₂	30
4.	MATERI DAN METODE	
4.1	Hasil Penelitian	32
4.1.1	Keadaan Umum Lokasi Penelitian	32
4.1.2	Deskripsi Titik Sampling Penelitian	32
4.2	Hasil Analisis Persentase Karbon Organik	34
4.2.1	Perbedaan Persentase Karbon Organik pada Organ <i>Avicennia marina</i>	34
4.2.2	Perbandingan Karbon Organik pada Biomassa Organ <i>Avicennia marina</i>	36
4.3	Potensi Serapan CO ₂ pada <i>Avicennia marina</i>	39
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran.....	43
	DAFTAR PUSTAKA.....	44



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Alat-alat yang Digunakan di Lapang	20
Tabel 2. Alat-alat yang Digunakan di Laboratorium.....	21
Tabel 3. Bahan-bahan yang Digunakan di Lapang	21
Tabel 4. Bahan-bahan yang Digunakan di Laboratorium	21
Tabel 5. Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel <i>Avicennia marina</i>	33
Tabel 6. Hasil Analisis %C-organik pada <i>Avicennia marina</i>	35
Tabel 7. Nilai Kandungan Karbon Organik pada Biomassa Organ	37
Tabel 8. Potensi CO ₂ pada <i>Avicennia marina</i>	40

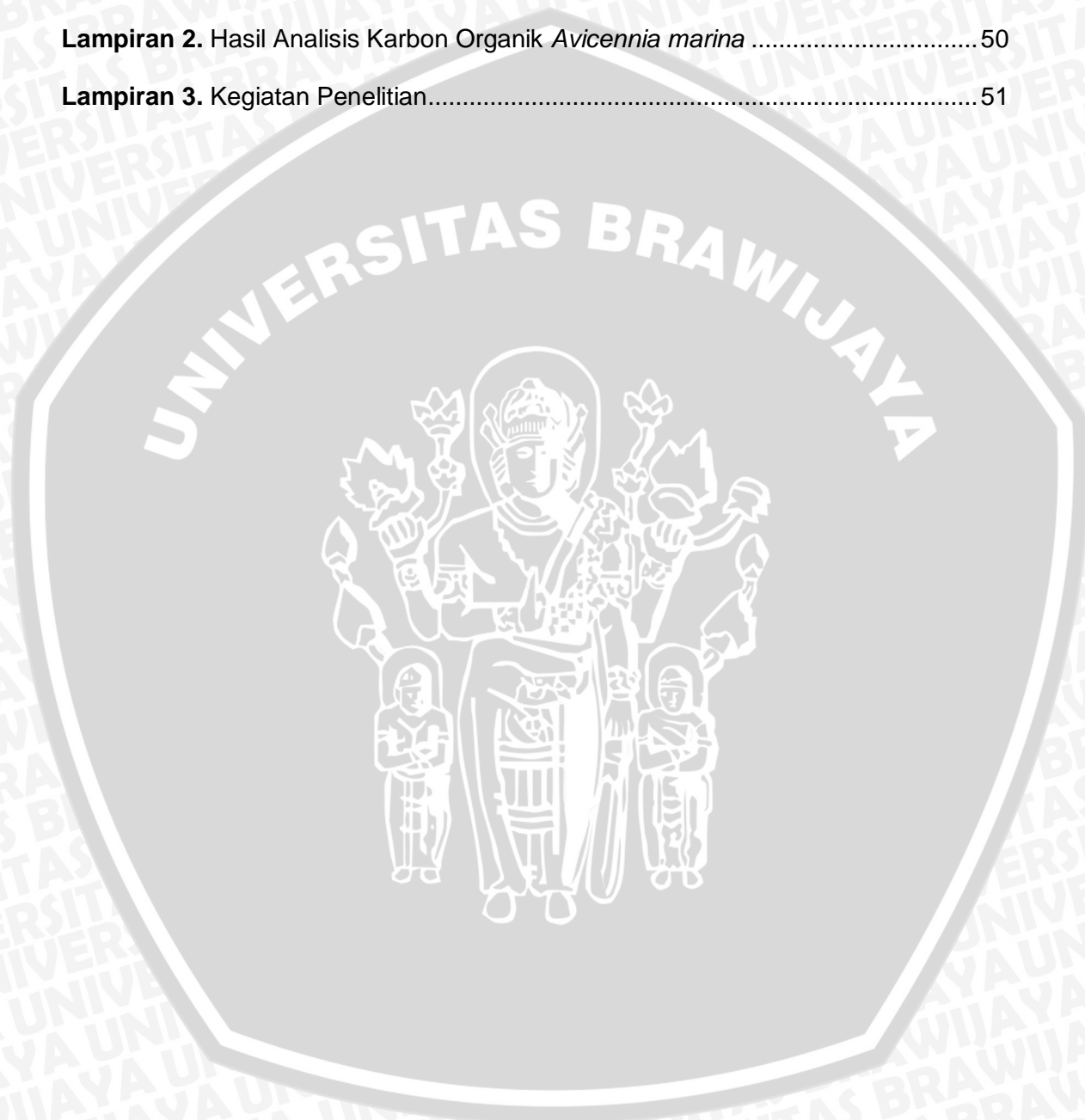


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Bagan Pendekatan Masalah.....	4
Gambar 2. Bentuk Daun, Buah, Batang, Cabang dan Akar <i>Avicennia marina</i>	9
Gambar 3. Siklus Ekologi Karbon	13
Gambar 4. Siklus Karbon	14
Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian	24
Gambar 6. Pengukuran keliling batang pohon menggunakan pita ukur (A), pengukuran DBH menggunakan jangka sorong (B).....	25
Gambar 7. Penentuan DBH	26
Gambar 8. Areal Mangrove UPT Perikanan Air Payaudan Laut Probolinggo Jawa Timur	34
Gambar 9. Grafik Kandungan Karbon pada Biomassa Organ.....	38
Gambar 10. Grafik Potensi Serapan CO ₂ <i>Avicennia marina</i>	41
Gambar 11. Penentuan Titik Pengambilan Sampel dan Pendataan	51
Gambar 12. Pengukuran Keliling Pohon dan Pengambilan Sampel	51
Gambar 13. Pengeringan Sampel	51
Gambar 14. Penimbangan Berat Basah Sampel	52
Gambar 15. Pengovenan Sampel dan Penghalusan Sampel.....	52
Gambar 16. Penimbangan Berat Kering Sampel	52

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Peta Lokasi Penelitian di Areal Mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur.....	49
Lampiran 2. Hasil Analisis Karbon Organik <i>Avicennia marina</i>	50
Lampiran 3. Kegiatan Penelitian.....	51



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aktivitas manusia melibatkan banyak kegiatan seperti industri, kendaraan bermotor, kegiatan rumah tangga, kegiatan peternakan dan pembabatan hutan. Kegiatan ini jika dilakukan secara terus-menerus dan tidak dikelola dengan baik ternyata memberi dampak buruk pada lingkungan. Dampak buruk dari berbagai aktivitas manusia ini akan menimbulkan pemanasan global. Pemanasan global merupakan isu di dunia yang selama ini menjadi perbincangan oleh berbagai pihak, baik lembaga peduli lingkungan, instansi pendidikan, pemerintah maupun para pelaku industri. Perubahan iklim yang ekstrim akan mengakibatkan mencairnya es di kutub utara dan selatan sehingga permukaan air laut naik, perubahan jumlah dan pola presipitasi, serta timbulnya berbagai bencana alam seperti banjir, longsor dan lain sebagainya. Adanya perubahan iklim dalam ekosistem ini telah memberi dampak pada kehidupan di bumi seperti terpengaruhnya hasil pertanian, hilangnya gletser dan punahnya berbagai jenis hewan (Utina, 2014).

Pemanasan global merupakan suatu bentuk ketidakseimbangan ekosistem di bumi akibat terjadinya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, daratan dan laut. Gas rumah kaca (GRK) seperti karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), dinitrogen oksida (N_2O), perfluorokarbon (PFC), hidrofluorokarbon (HFC) dan sulfur heksafluorida (SF_6) di atmosfer sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup di bumi. Suhu atmosfer bumi akan berada dibawah titik beku air jika tanpa adanya gas rumah kaca. Tetapi, jika banyaknya gas rumah kaca melebihi kondisi normalnya maka sistem tersebut akan bersifat merusak dan terjadi pemanasan global (Utina, 2014).

Menurut Imiliyana *et al.* (2012), kontributor terbesar pemanasan global saat ini adalah karbondioksida (CO₂) dan metana (CH₄) yang dihasilkan oleh peternakan dan pertanian, Nitrogen Oksida (NO) dari pupuk dan gas-gas Chlorofluorocarbon (CFC) yang digunakan untuk pendingin ruangan dan kulkas. Karbondioksida juga dilepaskan oleh pembakaran biomassa seperti kayu dan bahan-bahan hidrokarbon seperti bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi, gas alam).

Hutan mampu menyerap karbondioksida di atmosfer dalam proses fotosintesis, dimana CO₂ yang berada di atmosfer diikat dan diubah menjadi bentuk energi (gugus gula) yang bermanfaat bagi kehidupan. Sebagian besar energi ini disimpan oleh tumbuhan dalam bentuk biomassa (Purwitasari, 2011). Biomassa merupakan jumlah bahan organik yang terdapat dalam pohon dan dinyatakan dalam ukuran berat, seperti berat kering dalam gram atau dalam kalori. Unit satuan dari biomassa adalah g per m² atau kg per ha atau ton per ha (Brown, 1997).

Hutan mangrove merupakan suatu tipe hutan yang tumbuh di perairan dengan salinitas yang tinggi dan daerah pasang surut. Hampir semua pantai di Indonesia terdapat komunitas mangrove hingga ke daerah aliran sungai yang masih memiliki salinitas tinggi (Patang, 2012). Ekosistem mangrove mampu menjaga kestabilan pantai, menjadi habitat biota air dan burung serta mampu menyerap polutan (Gunawan dan Anwar, 2004), sebagai tempat wisata atau rekreasi, areal tambak atau budidaya ikan, sebagai tempat pembenihan biota air seperti ikan, udang dan lain-lain (Anwar *et al.*, 1984). Selain itu, ekosistem mangrove juga memiliki peran ekologis yaitu mampu menyimpan karbon organik didalam biomasnya sehingga dapat mencegah terjadinya pemanasan global (Akbar, 2015).

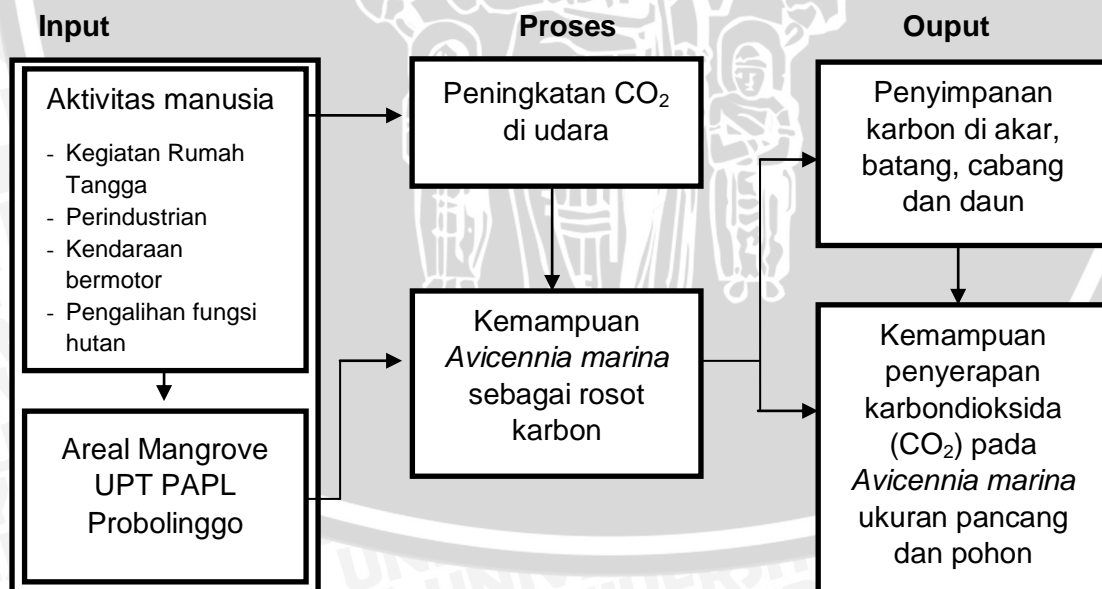
Hutan mangrove mampu menyerap kandungan karbon lebih banyak dari hutan tropis lainnya (Daniel *et al.*, 2011). Sebuah penelitian yang dilakukan oleh ilmuwan Gail Chmura dari Universitas McGill menyatakan bahwa hutan mangrove memiliki tingkat penyerapan karbon di udara empat kali lebih cepat jika dibandingkan dengan kebanyakan hutan tropis lainnya. Hutan mangrove dapat menyerap 42 juta ton karbon di udara setiap tahunnya atau setara dengan emisi gas karbon dari 25 juta mobil (Ardianto, 2011 *dalam* Imiliyana *et al.*, 2012). Besarnya kandungan karbon dipengaruhi oleh kemampuan pohon tersebut untuk menyerap karbon dari lingkungan melalui proses fotosintesis yang dikenal dengan proses *sequestration* (Hilmi, 2003). Proses sekuestrasi (*sequestration*) merupakan suatu penyerapan karbondioksida (CO_2) dari atmosfer lalu disimpan pada kompartemen seperti tanaman, serasah dan sedimen dalam bentuk karbon organik (Hairiah dan Rahayu, 2007). Tanaman menyimpan karbon organik dalam biomassa tubuhnya seperti dalam akar, batang, cabang, daun, bunga, buah dan lain-lain (Sutaryo, 2009).

Tingginya tingkat penyebaran hutan mangrove memberikan potensi yang besar dalam menyerap karbondioksida (CO_2) dari udara, sehingga menimbulkan ketertarikan untuk melakukan penelitian untuk mengetahui tingkat penyimpanan karbon organik pada biomassa mangrove. Selama ini masyarakat hanya mengetahui bahwa mangrove memiliki manfaat secara ekonomi, fisik maupun ekologi, tanpa disadari ternyata mangrove juga memiliki manfaat untuk mengurangi kandungan karbondioksida yang di lepaskan ke udara sehingga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK). Areal mangrove yang terdapat di UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo merupakan salah satu areal tambak yang beralih fungsi menjadi areal mangrove dan memiliki fungsi ekologi dalam penyerapan karbondioksida di udara, selain itu pada lokasi tersebut masih

jarang dilakukan penelitian, sehingga sangat baik untuk dijadikan sebagai lokasi penelitian tentang penyimpanan karbon organik.

1.2 Rumusan Masalah

Avicennia marina mampu menyerap CO₂ pada saat proses fotosintesis berlangsung dan disimpan dalam bentuk karbon organik didalam biomassa tanaman. Simpanan karbon organik pada biomassa tanaman mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Adanya aktivitas manusia dan kondisi lingkungan disekitar areal mangrove merupakan salah satu penyebab terjadinya peningkatan CO₂ di udara sehingga simpanan karbon organik juga meningkat. Areal mangrove di UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur merupakan suatu areal mangrove yang memiliki peran penting dalam mitigasi pemanasan global karena mampu mereduksi CO₂ dari atmosfer melalui mekanisme sekuestrasi karbon. Bagan pendekatan masalah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Pendekatan Masalah

Berdasarkan uraian singkat diatas maka dapat ditarik suatu perumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana perbedaan kandungan karbon organik pada akar, batang, cabang dan daun *Avicennia marina*?
2. Bagaimana perbedaan potensi penyerapan karbondioksida (CO_2) pada *Avicennia marina* ukuran pancang dan pohon?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

1. Mengetahui perbedaan kandungan karbon organik pada akar, batang, cabang dan daun *Avicennia marina*
2. Mengetahui perbedaan potensi penyerapan karbondioksida (CO_2) pada *Avicennia marina* ukuran pancang dan pohon

1.4 Kegunaan Penelitian

Adapun kegunaan dari Penelitian Skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti, dapat memperluas wawasan dan memantapkan ketrampilan dalam melakukan penelitian terhadap pengukuran kandungan karbon organik pada *Avicennia marina* serta mengetahui kemampuan biomassa organ *Avicennia marina* dalam menyimpan karbon organik.
2. Bagi akademis, hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai sumber informasi keilmuan mengenai siklus biogeokimia di daratan serta mengetahui kandungan karbon organik di biomassa *Avicennia marina* sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk penulisan dan penelitian lebih lanjut.

1.5 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Areal Mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur pada tanggal 4 Maret 2016 – 30 Maret 2016.

Analisis data kandungan karbon organik dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Vegetasi Mangrove

2.1.1 Pengertian dan Fungsi Mangrove

Menurut Darsidi (1986), mangrove merupakan vegetasi hutan yang hidupnya dipengaruhi oleh pasang surut pantai dan mampu tumbuh di daerah pantai karang maupun pantai berlumpur. Nybakken (1992) mendefinisikan hutan mangrove sebagai suatu komunitas tanaman pantai tropis yang terdiri dari beberapa jenis pohon atau semak yang memiliki ciri-ciri khas dan mampu tumbuh di lingkungan laut. Vegetasi mangrove tumbuh di sepanjang garis pantai tropis hingga sub-tropis. Definisi lain dari hutan mangrove yaitu suatu hutan yang hidup pada daerah pasang surut dan memiliki komunitas biota yang toleran terhadap garam. Komunitas mangrove menyebar luas di wilayah tropis dan tidak terlalu banyak ditemukan di wilayah sub-tropis (Santono *et al.*, 2005).

Menurut Bengen (2002) dalam Muhaerin (2008), ekosistem mangrove ditemukan di kawasan estuari atau muara sungai hingga di tepi atau bibir pantai. Vegetasi ini tumbuh di daerah intertidal dengan substrat berlumpur, berlempung maupun berpasir. Ekosistem mangrove selalu tergenang air laut secara berkala dan menerima pasokan air tawar yang cukup dari darat. Vegetasi mangrove mempunyai karakteristik morfologi yang berbeda dengan tanaman lain dan memudahkan dalam proses identifikasi seperti akar, daun, bunga dan buah. Akar mangrove mampu hidup di daerah berlumpur dan di salinitas air payau sekitar 2–22/mil hingga salinitas air asin sebesar 38/mil. Struktur akar mangrove sangat ekstensif dengan jaringan horizontal yang lebar sehingga mampu memperkokoh pohon terhadap tanah yang berlumpur dan pasang surut (Sidik, 2005).

Menurut Kartawinata *et al.* (1976), pembagian mangrove berdasarkan ukuran adalah sebagai berikut ini:

1. Pohon yaitu tanaman berkayu dengan diameter setinggi dada (DBH = 1,3m) > 10 cm
2. Pancang yaitu tanaman berkayu dengan tinggi > 1,5 m sampai pohon muda dengan diameter setinggi dada < 10 cm.
3. Semai yaitu permudaan mulai dari kecambah sampai tinggi < 1,5 m.

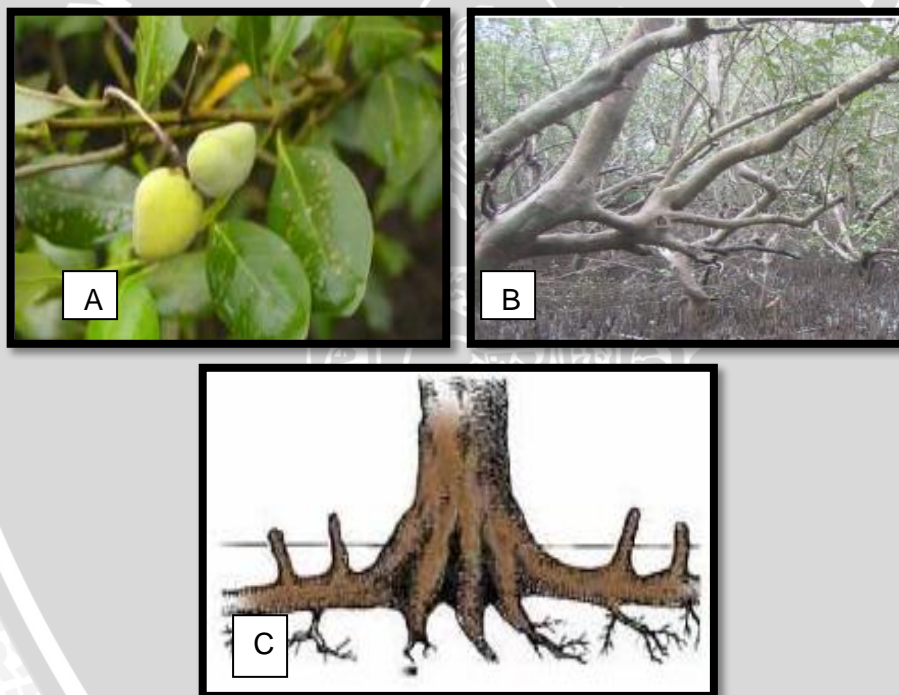
Menurut Purnomobasuki (2005), ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang memiliki sumber daya yang potensial. Ekosistem mangrove memiliki peranan baik secara fisik, ekonomis maupun ekologis (biologis). Secara fisik, ekosistem mangrove mampu mengikat sedimen yang terlarut (sedimentasi) menahan abrasi (erosi laut), penyerap limbah atau bahan pencemar, penahan gelombang tsunami dan angin laut, mampu menekan laju intrusi air laut ke arah daratan serta sebagai tempat berlindungnya binatang (fauna). Mangrove juga memiliki fungsi ekonomis diantaranya yaitu sebagai penyedia bahan kayu, sebagai olahan makanan dan obat-obatan (Dahuri, 1996). Penyedia bahan makanan bagi kehidupan manusia seperti ikan, kepiting, kerang dan udang (Anwar *et al.*, 1984).

Secara ekologis, ekosistem mangrove berfungsi sebagai daerah pemijahan (*spawning ground*), tempat mencari makan biota yang terdapat didalamnya (*feeding ground*) dan sebagai daerah asuhan atau pembesaran beberapa biota (*nursery ground*) (Dahuri, 1996). Ekosistem mangrove dapat dijadikan sebagai biofilter dan agen perangkap polusi atau logam berat yang berbahaya bagi lingkungan serta sebagai mitigasi perubahan iklim melalui penyerapan CO₂ dari udara. Vegetasi mangrove mampu menyerap karbondioksida dari atmosfer dan menyimpannya didalam kompartemennya seperti tumbuhan, materi organik tanah dan seresah (Hairiah dan Rahayu, 2007).

2.1.2 Deskripsi *Avicennia marina*

Avicennia marina memiliki nama setempat yaitu api-api putih. Klasifikasi dari *Avicennia marina* dapat diuraikan sebagai berikut ini:

- Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnolipsida
Ordo : Scrophulariales
Famili : Acanthaceae
Genus : *Avicennia*
Spesies : *Avicennia marina* (Plantamor, 2014)



Gambar 2. A. Bentuk daun dan buah pada *Avicennia marina* (Halidah, 2012); B. Bentuk batang dan cabang pada *Avicenniamarina* (Afiati *et al.*, 2015) dan; C. Bentuk akar pada *Avicennia marina* (Saru, 2014)

Menurut Rizky (2014), *Avicennia marina* dapat ditemukan diseluruh Indonesia. Spesies ini memiliki pohon yang berwarna hijau keabu-abuan dengan ranting agak kekuningan. *Avicennia marina* dapat ditemukan di daerah pasang surut, substrat berlumpur hingga di tepi sungai. Akar *Avicennia marina* disebut

sebagai akar nafas karena memiliki percabangan yang tumbuh secara vertikal dan horizontal didalam sedimen atau tanah serta berbentuk seperti pensil yang menonjol kepermukaan (Noor *et al.*, 1999).

Daun *Avicennia marina* memiliki ciri-ciri yang khas yaitu warna permukaan atas daun dan bawah yang berbeda, permukaan atas daun berwarna hijau sedangkan permukaan bawahnya berwarna hijau kekuningan dan bagian bawah daun dapat berubah menjadi putih dengan bertambahnya umur pohon. Daun berbentuk oval atau bulat telur dengan ujung meruncing. Struktur jaringan daun api-api hampir sama dengan tanaman dikotil lainnya namun memiliki organ tambahan berupa kelenjar garam (Jacoeb *et al.*, 2011). Permukaan atas daun memiliki tekstur licin halus, sedangkan permukaan bawah memiliki tekstur yang lebih kasar dengan panjang daun sekitar 7 cm dengan lebar daun sekitar 3-4 cm. *Avicennia marina* memiliki tinggi pohon hingga 20 m. Spesies ini bereproduksi dengan cara *cryptovivipary* yaitu biji berkecambah saat masih menggantung pada pohon, tetapi tidak tumbuh keluar menembus buah sebelum biji dilepaskan dari pohon induknya dan jatuh ke tanah. Bunganya bersifat majemuk dan memiliki 8-18 bunga disetiap tangkainya. Buah *Avicennia marina* berbentuk seperti kacang (Halidah, 2011).

Avicennia marina sering ditemukan di rawa-rawa, tepi pantai yang berlumpur atau di daerah pasang surut. Jenis tumbuhan ini memiliki kelenjar garam (*salt gland*) di jaringan daunnya sehingga toleran terhadap konsentrasi garam atau salinitas yang tinggi. Memiliki adaptasi anatomi terhadap keadaan tanah melalui sistem perakaran yang khas yaitu akar napas (*pneumatophore roots*) yang muncul ke permukaan tanah untuk proses aerasi (Onrizal, 2005). Akar napas *Avicennia marina* yang padat, rapat dan banyak sangat efektif untuk menahan lumpur dan sampah yang terhanyut di perairan. Sistem perakaran jenis mangrove ini menjadi tempat biota mencari makanan seperti kepiting bakau,

siput dan teritip. *Avicennia marina* merupakan jenis mangrove pionir dan oportunistik, serta mudah tumbuh kembali. Pohon-pohon jenis ini yang mengalami kerusakan atau tumbang dapat segera tumbuh atau bersemi kembali, sehingga mempercepat pemulihan tegakan yang rusak (Noor *et al.*, 1999).

Avicennia marina memiliki manfaat yang cukup banyak diantaranya sebagai bahan makanan, salah satunya dengan mengolah buah *Avicennia marina* menjadi keripik. Daun *Avicennia marina* dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia sebagai pakan kambing (Kusmana *et al.*, 2009). Di wilayah sekitar Laut Merah, India dan Australia juga digunakan sebagai pakan ternak unta. Hasil penyulingan daun *Avicennia marina* dapat digunakan sebagai *bioformalin* atau pengawet makanan yang alami (Duke, 1983 dalam Halidah, 2011). Daun juga digunakan untuk mengatasi kulit yang terbakar dan obat anti fertilitas tradisional oleh masyarakat pantai. Manfaat lainnya yaitu sebagai kayu bakar untuk rumah tangga. Kayu *Avicennia marina* juga dapat digunakan sebagai tiang layar dan rusuk perahu serta dapat dijadikan sebagai bahan kertas. Tanaman ini berperan sebagai penyerap racun (Halidah, 2011). *Avicennia marina* dapat menyerap bahan-bahan organik dan non-organik sehingga dapat dijadikan bioindikator logam berat terutama dalam mengakumulasi logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb) (Panjaitan, 2009). *Avicennia marina* juga mempunyai peranan yang sama dengan vegetasi atau pohon lainnya yaitu mampu menyerap karbon dari udara dan menyimpannya dalam bentuk biomassa (Sadelle *et al.*, 2012).

2.2 Pemanasan Global

Menurut Muhi (2011), pemanasan global (*Global Warming*) adalah fenomena terjadinya peningkatan temperatur rata-rata global yang disebabkan oleh gas rumah kaca seperti karbondioksida (CO₂), chlorofluorocarbon (CFC), metana (CH₄) dan dinitrooksida (N₂O). Pemanasan global terjadi secara alami

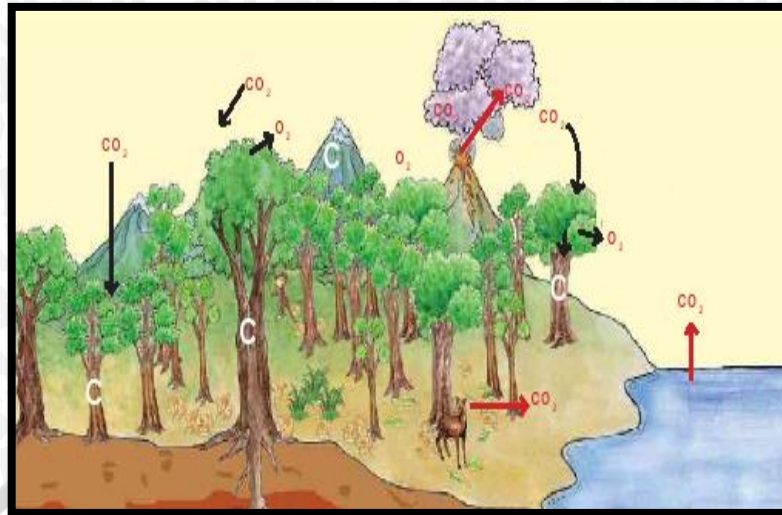
maupun antropogenik. Penyebab alami disebabkan oleh adanya gas metan, letusan berapi dan lain-lain, sedangkan penyebab antropogenik disebabkan oleh aktivitas manusia sehari-hari (Sutjahjo, 2007).

Beberapa gas rumah kaca yang berasal dari aktivitas manusia diantaranya yaitu penggunaan pembangkit tenaga listrik dengan bahan bakar minyak maupun fosil, pabrik atau industri, sisa pembakaran dari kendaraan bermotor, kulkas, AC dan sebagainya (Muhi, 2011). Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca seperti karbondioksida (CO_2) di udara akan menyebabkan terjadinya pemanasan global. Pada umumnya, karbondioksida (CO_2) dihasilkan oleh pembakaran hutan, penggunaan minyak bumi, gas serta batu bara (Assisi, 2009).

Peningkatan gas rumah kaca dapat menyebabkan perubahan iklim. Dampak dari perubahan iklim ditunjukkan dengan adanya pergantian musim yang tidak menentu, sering terjadi hujan badai dan angin puting beliung, terjadinya kekeringan dan banjir, munculnya wabah penyakit dan terjadi pemutihan terumbu karang.

2.3 Siklus Karbon

Menurut Sutaryo (2009), siklus karbon adalah siklus biogeokimia yang mencakup pertukaran atau perpindahan karbon diantara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer dan atmosfer bumi. Siklus karbon terjadi karena adanya peristiwa lepasnya karbon bebas ke atmosfer dan menjadi karbondioksida. Pada umumnya, karbon dihasilkan oleh aktivitas manusia, aktivitas gunung meletus, uap air laut maupun uap bumi. Proses anabolisme perubahan karbon menjadi karbondioksida di atmosfer akan terjadi secara terus-menerus. Karbondioksida dimanfaatkan tumbuhan sebagai bahan baku pada proses fotosintesis dan mengubah karbondioksida menjadi unsur karbon dan oksigen (Suprianto dan Sulihat, 2012). Siklus Ekologi Karbon dapat dilihat pada Gambar 3.



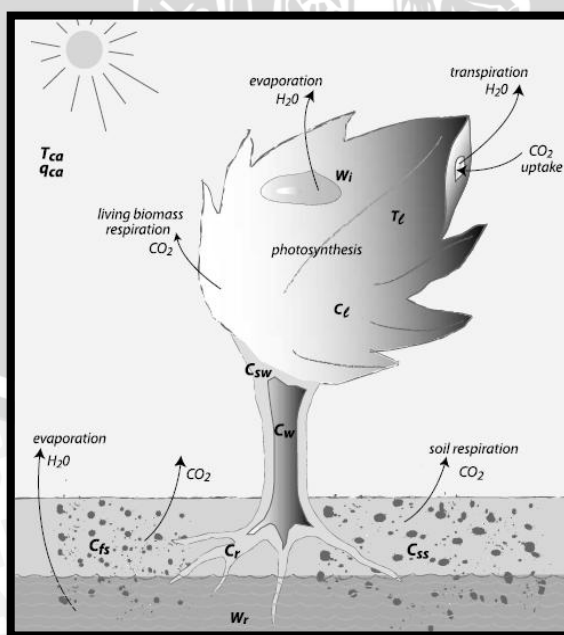
Gambar 3. Siklus Ekologi Karbon (Suprianto dan Sulihat, 2012)

Menurut Batjes (1996) dalam Afdal (2007), siklus karbon di daratan terjadi ketika tanaman melakukan proses fotosintesis dan mengubah karbondioksida menjadi karbohidrat dan disimpan didalam organnya (akar, batang, cabang, daun dan buah) serta melepaskan oksigen ke atmosfer. Itulah sebabnya di hutan atau areal yang terdapat banyak pepohonan memiliki udara yang segar. Fotosintesis menyerap karbon lebih banyak pada hutan yang ditumbuhi tanaman yang baru saja tumbuh atau hutan yang sedang mengalami pertumbuhan yang cepat. Hal ini dikarenakan tanaman yang masih mengalami pertumbuhan membutuhkan cadangan makanan yang lebih banyak sehingga proses fotosintesisnya lebih tinggi dibandingkan dengan hutan yang ditumbuhi pohon dewasa.

Menurut Nio Song (2012), fotosintesis adalah suatu proses yang terjadi pada tumbuhan yang mensintesis karbohidrat dari bahan-bahan anorganik (CO_2 dan H_2O) dengan bantuan energi cahaya matahari. Fotosintesis terdiri dari 2 fase yaitu reaksi terang dan reaksi gelap. Reaksi terang berlangsung dengan membutuhkan cahaya. Energi matahari yang diserap akan diubah menjadi energi kimia berupa ATP (Adenosin Tri-Posphat) dan senyawa pereduksi berupa NADP (Nikotinamida Adenin Dinukleotida Posphat). Proses fotosintesis pada reaksi

gelap berlangsung di stroma. Reaksi ini disebut dengan reaksi gelap karena dapat berlangsung tanpa adanya cahaya meskipun tidak berlangsung dalam keadaan gelap. Reaksi ini memanfaatkan ATP dan NADP yang dihasilkan oleh reaksi terang untuk mengkonversi CO_2 menjadi zat gula (glukosa). Reaksi tersebut dapat terjadi karena adanya enzim-enzim stoma kloroplas yang tidak membutuhkan cahaya tetapi membutuhkan ATP dan NADP.

Menurut Hairiah dan Rahayu (2007), proses fotosintesis pada tanaman berlangsung dengan menyerap karbondioksida di udara dan diubah menjadi karbohidrat, kemudian disebarkan ke seluruh tubuh tanaman dan akhirnya ditimbun dalam tubuh tanaman berupa daun, batang, ranting, bunga dan buah. Proses penyimpanan karbon dalam tubuh tanaman hidup dinamakan proses sekuestrasi (*C-sequestration*). Penyimpanan karbon pada pohon tahunan lebih banyak dari tanaman semusim. Oleh karena itu, hutan yang memiliki keragaman jenis pepohonan yang berumur panjang (pohon tahunan) merupakan areal penyimpan karbon yang tinggi (baik di atas maupun di dalam tanah). Siklus karbon yang terjadi pada tumbuhan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Siklus Karbon pada Tumbuhan (Shevliakova *et al.*, 2009)

2.4 Biomassa dan Kandungan Karbon

Sumber karbon terbagi menjadi karbon biomassa, nekromasa (bahan organik mati) dan bahan organik tanah. Karbon biomassa terbagi lagi menjadi biomassa atas permukaan tanah yang meliputi biomassa tegakan, biomassa tumbuhan bawah (tanaman berdiameter < 5 cm, gulma dan tumbuhan menjalar) serta biomassa bawah tanah yang meliputi semua biomassa akar yang masih hidup (akar halus dengan diameter < 2 mm tidak dihitung karena sulit dibedakan dengan bahan organik dan seresah). Nekromasa terdiri dari kayu mati (semua kayu mati baik masih tegak, rebah maupun didalam tanah dengan diameter > 10 cm) dan seresah (tanaman yang mati dengan diameter < 10 cm). Sumber karbon lainnya yaitu terdapat pada bahan organik tanah yang terdiri dari semua bahan organik tanah dalam kedalaman tertentu, termasuk akar maupun seresah dengan diameter < 2 mm (IPCC, 2006).

Biomassa merupakan bahan organik yang terdapat pada pohon baik itu di batang, kulit batang, cabang, ranting, daun maupun akar dalam keadaan berat kering. Jumlah biomassa diatas permukaan tanah (biomassa tegakan) lebih besar dibandingkan dengan biomassa dibawah permukaan tanah (biomassa akar) sehingga dijadikan sebagai komponen yang diukur untuk pendugaan biomassa. Kandungan karbon paling utama terdapat di hutan baik di biomassa bahan hidup maupun mati, produk kayu, seresah dan sedimen (Brown, 1997).

Menurut Soemarwoto (1998), biomassa merupakan suatu tempat penyimpanan kandungan karbon dan biasa disebut sebagai *carbon sink* (rosot karbon). Karbon merupakan salah satu kandungan unsur kimia yang terdapat pada biomassa. Bagian tanaman yang berada diatas tanah dan dibawah tanah yang masih hidup disebut dengan biomassa. Hutan merupakan salah satu tempat terpenting dalam penyimpanan kandungan karbon (rosot karbon).

Menurut Brown (2002) dalam Korner (2005), estimasi besarnya biomassa pohon atau hutan merupakan hal yang harus dilakukan dalam penghitungan faktor emisi karbon suatu pohon atau hutan tersebut. Data biomassa yang akan diperoleh merupakan data yang penting untuk mengarahkan kegiatan konservasi yang bertujuan mengendalikan emisi gas rumah kaca yaitu karbondioksida (CO₂). Pengukuran biomassa pohon di lapangan dapat memakan waktu yang cukup lama dan biaya yang tidak sedikit terutama dalam mengukur dan mengambil komponen-komponen biomassa pohon seperti daun, cabang, batang dan akar maka hubungan empirik dapat digunakan untuk menduga biomassa total dari peubah biometrik seperti DBH (diameter setinggi dada) (Pilli, 2000).

Menurut Kusuma *et al.* (1992), ukuran diameter pohon, tegakan pohon, kerapatan pohon dan kesuburan tanah menentukan besarnya biomassa. Banyak sedikitnya kandungan karbon pada tanaman menggambarkan kemampuan tanaman tersebut dalam menyerap CO₂ dari udara. Karbon yang terdapat di tanaman akan menjadi energi dalam proses fisiologi seperti fotosintesis, respirasi, transpirasi dan sebagian karbon yang tersisa akan tersimpan pada daun, akar, batang dan ranting (Heriyanto dan Subiandono, 2012).

2.5 Mangrove sebagai *Blue Carbon Sink*

Menurut Trumper *et al.* (2009) dalam Graha (2015), peningkatan emisi gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan terjadinya perubahan iklim. Emisi gas rumah kaca yang dilepaskan oleh kegiatan pembakaran bahan bakar fosil seperti karbondioksida (CO₂) dikenal dengan sebutan "*brown carbon*" sedangkan partikel debu dikenal dengan sebutan "*black carbon*". Istilah "*green carbon*" merupakan kemampuan vegetasi daratan dalam menyerap karbon dan menyimpannya pada saat fotosintesis. Untuk penyerapan karbon pada vegetasi di pesisir seperti mangrove, lamun dan terumbu karang dikenal dengan istilah

"blue carbon". Diperkirakan *blue carbon* dapat menyerap karbon di udara sekitar 50% dan digunakan untuk proses fotosintesis (Sverdrup dan Armbrust, 2008 dalam Graha, 2015).

Secara alami, pelepasan emisi karbon ke atmosfer terjadi melalui berbagai mekanisme seperti respirasi makhluk hidup, dekomposisi bahan organik serta pembakaran biomassa. Selain melakukan proses fotosintesis untuk mengubah karbondioksida (CO_2) menjadi karbon organik, tumbuhan juga melakukan proses respirasi yang melepaskan karbondioksida (CO_2). Namun proses ini cenderung tidak signifikan karena CO_2 yang dilepas masih dapat diserap kembali pada saat proses fotosintesis (Manuri *et al.*, 2011).

Mangrove memiliki peran yang sama dengan hutan lainnya yaitu mampu menyerap karbon (rosot karbon) dari udara. Mangrove di Indonesia mampu menyimpan kandungan karbon di udara hingga 67,7 ton CO_2 per tahun (Sadelle *et al.*, 2012). Kandungan karbon yang diserap oleh pohon melalui proses fotosintesis sering disebut sebagai proses *C-sequestration*. Kemampuan pohon dalam menyerap karbon mempengaruhi besarnya kandungan karbon yang ada pada pohon tersebut (Hilmi, 2003).

Menurut Soemarwoto (1998), hutan mangrove sebagai rosot karbon akan mampu menyerap kandungan karbon di udara sehingga dapat menurunkan intensitas gas rumah kaca. Karbondioksida (CO_2) di udara akan diserap oleh tanaman dan disimpan dalam bentuk biomassa pada saat proses fotosintesis. Biomassa dan rosot karbon pada hutan mangrove merupakan salah satu jasa hutan mangrove yang dapat mengurangi emisi gas rumah kaca terutama karbondioksida di atmosfer dan sebagai mitigasi *global warming* (Darusman, 2006).

2.6 Pengukuran dan Pendugaan Biomassa

Metode perhitungan biomassa menurut Sutaryo (2009), diantaranya yaitu:

1. Sampling dengan pemanenan

Metode ini dilakukan dengan memanen seluruh bagian organ tanaman, mengeringkan dan menimbang berat basah maupun berat kering biomassa. Pengukuran dilakukan dengan mengulang pemanenan pohon dari beberapa area cuplikan untuk area yang luas. Metode ini terhitung akurat, namun membutuhkan biaya yang mahal, lama dan bersifat merusak.

2. Sampling tanpa pemanenan

Metode ini dilakukan dengan cara sampling tanpa pemanenan. Pengukuran biomassa dalam metode ini dengan mengukur diameter pohon setinggi dada (DBH) dan menggunakan persamaan alometrik untuk mengekstrapolasi biomassa.

Metode *destructive* (pemanenan) dan menggunakan persamaan alometrik merupakan salah satu pengukuran biomassa tanaman yang sering digunakan namun penggunaan metode ini memerlukan biaya yang mahal dan waktu yang panjang terutama jika dilakukan terhadap vegetasi hutan. Oleh karena itu salah satu metode pemecahannya dapat menggunakan persamaan alometrik yang telah disusun dari tanaman yang sejenis. Persamaan ini menghubungkan biomassa tanaman dengan DBH (*Diameter breast heigh*) (Pearson *et al.*, 2007). Biomassa pada setiap spesies atau kelas pohon yang telah ditetapkan persamaan alometriknya maka selanjutnya hanya perlu mengukur DBH (*Diameter breast heigh*) untuk memperkirakan biomassa pohon per individu (Hairiah *et al.*, 2001).

Menurut Komiyama (2007), para peneliti ekologi hutan telah mengembangkan berbagai metode untuk memperkirakan biomassa hutan selama bertahun-tahun. Pada ekosistem mangrove, pohon dewasa mempunyai

berat basah total hingga beberapa ton, sehingga penggunaan metode pemanenan tidak dapat digunakan dengan mudah dalam ekosistem mangrove. Metode alometrik telah dikembangkan selama beberapa dekade ini untuk memperkirakan biomassa seluruh atau berat sebagian pohon dari semua dimensi pohon, termasuk diameter batang dengan menggunakan persamaan alometrik.

Menurut Sutaryo (2009), model alometrik merupakan suatu fungsi atau persamaan matematika untuk menunjukkan hubungan antara bagian tertentu dari makhluk hidup dengan bagian lain dari makhluk hidup tersebut. Persamaan alometrik yang digunakan untuk mengestimasi biomassa dikembangkan dengan membangun hubungan antara berbagai fisik parameter dari pohon seperti diameter setinggi dada (DBH) (Vashum, 2012).

Konsep dasar pengukuran biomassa pohon menggunakan persamaan alometrik dengan mengukur diameter batang utama pada ketinggian 1,3 m di atas tanah. Perkiraan nilai biomassa melalui DBH batang merupakan cara pengukuran yang cepat dan akurat untuk memperkirakan biomassa pada kawasan hutan yang memiliki jumlah pohon yang padat (Hairiah, 2001).

3. MATERI DAN METODE

3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini yaitu vegetasi mangrove jenis *Avicennia marina* yang akan diuji kadar karbon organik (%C-organik) pada organ tanaman yang meliputi akar, batang, cabang dan daun. Dalam perhitungan biomassa tanaman diperlukan diameter setinggi dada (DBH) tanaman. Nilai biomassa tanaman dikonversi dengan %C-organik yang didapatkan dari laboratorium untuk menentukan nilai kandungan karbon pada biomassa *Avicennia marina*.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian lapang pada saat pengukuran kandungan karbon organik pada *Avicennia marina* di Areal Mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat-alat yang Digunakan di Lapang

No.	Alat	Fungsi
1	Pita Ukur	Untuk mengukur dimensi panjang dan keliling pohon
2	Alat tulis	Untuk mencatat data
3	GPS	Untuk menentukan koordinat
4	Tongkat kayu 1,3 m	Untuk menentukan daerah pengukuran DBH (Diameter at Breast Height)
5	Kamera digital	Untuk mengambil gambar kegiatan
6	Parang	Untuk mengambil sampel yang diinginkan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian laboratorium pada saat pengukuran kandungan karbon organik pada *Avicennia marina* di Areal Mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat-alat yang Digunakan di Laboratorium

No.	Alat	Fungsi
1	Oven	Untuk mengeringkan sampel
2	Labu ukur	Untuk mencampur larutan
3	Pipet tetes	Untuk mengambil sampel pada metode pipet
4	Erlenmeyer 500ml	Untuk titrasi larutan
5	Tabung reaksi	Untuk wadah campuran larutan
6	Biuret	Untuk wadah FeSO ₄
7	Pengaduk magnetis	Untuk menghomogenkan larutan

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian lapang pada saat pengukuran karbon organik pada *Avicennia marina* di Areal Mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Bahan-bahan yang Digunakan di Lapang

No.	Alat	Fungsi
1	Akar, batang, cabang dan daun	Sampel yang akan diukur kandungan karbon organiknya
2	Kertas label	Untuk menandai sampel
3	Kantong plastik	Untuk wadah sampel

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian laboratorium pada saat pengukuran karbon organik pada *Avicennia marina* di Areal Mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Bahan-bahan yang Digunakan di Laboratorium

No.	Alat	Fungsi
1	K ₂ Cr ₂ O ₇	Pereaksi kimia
2	H ₂ SO ₄	Pereaksi kimia
3	H ₃ PO ₃ ,	Pereaksi kimia
4	Larutan difenilamin	Indikator
5	Aquadest	Pelarut
6	FeSO ₄	Pereaksi kimia dan titrasi
7	Kertas label	Untuk menandai sampel yang diambil
8	Tissue	Untuk membersihkan dan mengeringkan alat

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Teknik Pengumpulan Data

a. Data Primer

Menurut Azwar (1997), data primer merupakan sebuah data atau informasi yang diperoleh secara langsung dengan menggunakan alat pengukuran atau alat pengambilan data langsung pada subjek yang diinginkan. Data primer diperoleh dan dikumpulkan oleh peneliti dengan melakukan kegiatan seperti wawancara, partisipasi aktif serta observasi kepada responden dengan tujuan untuk mendapatkan informasi yang relevan bagi peneliti (Nofiawaty, 2012). Data primer yang diambil dalam penelitian ini meliputi kandungan karbon organik pada bagian akar, batang, cabang dan daun *Avicennia marina*. Data primer dalam penelitian ini diperoleh dari hasil observasi dan wawancara dengan pihak terkait beserta masyarakat disekitar Areal Mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur.

b. Data Sekunder

Menurut Prasetyo dan Miftahul (2011), data sekunder merupakan sebuah data asli yang dikumpulkan dan dilaporkan terlebih dahulu oleh orang diluar dari penyidik sendiri. Data sekunder diperoleh peneliti dari buku, literatur atau referensi yang disusun oleh para ahli, dan artikel-artikel yang menunjang dan berhubungan dengan permasalahan yang diteliti (Nofiawaty, 2012). Data sekunder untuk penelitian ini diperoleh dari instansi terkait, jurnal, internet, buku dan laporan Skripsi yang menunjang bagi penelitian ini.

3.3.2 Metode Pengambilan Data

a. Wawancara

Wawancara dilakukan untuk memperoleh informasi secara lisan dari responden dengan berkomunikasi secara verbal semacam percakapan atau

berdialog (Nasution, 2011). Wawancara ditujukan pada pengelola Areal Mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur.

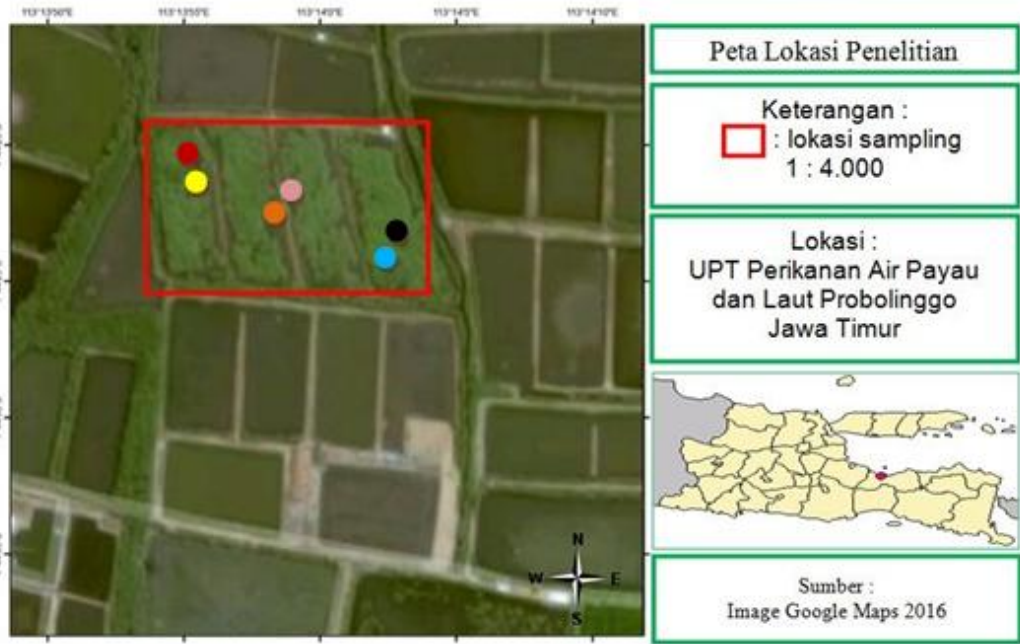
b. Observasi

Observasi merupakan suatu kegiatan dalam mengumpulkan data yang dilakukan dengan mengamati fenomena atau gejala yang akan diteliti (Koentjoroningrat, 1991). Observasi dilakukan untuk mengetahui berbagai hal yang berhubungan dengan kandungan karbon pada *Avicennia marina* di Areal Mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur.

3.3.3 Penentuan Lokasi Pengamatan

Penentuan lokasi pengamatan dalam pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan di Areal Mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur dengan 6 titik pengambilan sampel secara *purposive sampling* dengan mempertimbangkan kondisi lapang. Hal ini diasumsikan bahwa dengan pengambilan 6 titik pengambilan sampel sudah mewakili pendugaan karbon organik pada *Avicennia marina*. Pada penelitian ini, 6 titik pengambilan sampel terdiri dari 3 titik sampling pada *Avicennia marina* ukuran pancang dan 3 titik sampling ukuran pohon. Sesuai dengan pernyataan Mustafa (2000), cara pengambilan sampel yang memberikan kesempatan yang sama kepada setiap elemen populasi untuk diambil. *Purposive sampling* sendiri merupakan pengambilan sampel sesuai dengan tujuan peneliti.

Pengambilan sampel dilakukan pada saat perairan surut sehingga perairan areal mangrove tidak terlalu dipengaruhi oleh air yang datang pada saat air pasang dan agar memudahkan proses pengambilan sampel. Hal ini disesuaikan dengan perhitungan waktu pasang surut. Peta titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 5 dan Lampiran 1.



Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian

Keterangan:

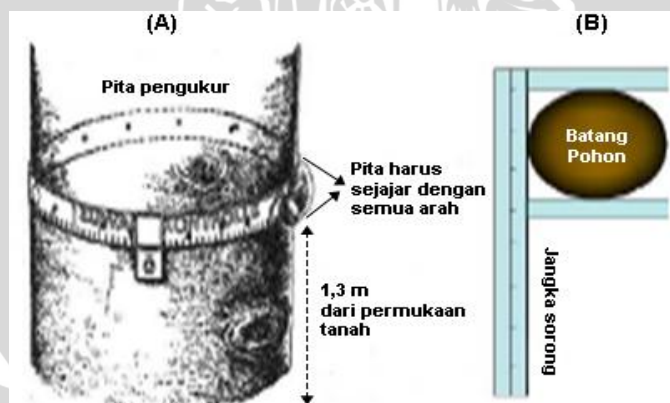
- : Titik sampling 1
- : Titik sampling 2
- : Titik sampling 3
- : Titik sampling 4
- : Titik sampling 5
- : Titik sampling 6

3.3.4 Metode Pengukuran Biomassa

Biomassa dapat dihitung dengan cara sampling tanpa melakukan pemanenan atau sering disebut dengan metode *non-destructive*. Metode ini dilakukan dengan cara mengukur tinggi pohon atau diameter pohon serta menggunakan persamaan alometrik dalam mengekstrapolasi biomassa (Australian Greenhouse Office, 1999 dalam Sutaryo, 2009). Pada penelitian ini, pengukuran biomassa pada *Avicennia marina* dilakukan dengan metode *non-destructive* (sampling tanpa pemanenan). Pengukuran biomassa dilakukan pada

Avicennia marina ukuran pancang (diameter setinggi dada atau DBH <10 cm) dan pohon (diameter setinggi dada atau DBH >10 cm) yang kemudian akan dikonversi menggunakan model alometrik. Berikut ini merupakan tahapan-tahapan dalam pengukuran biomassa:

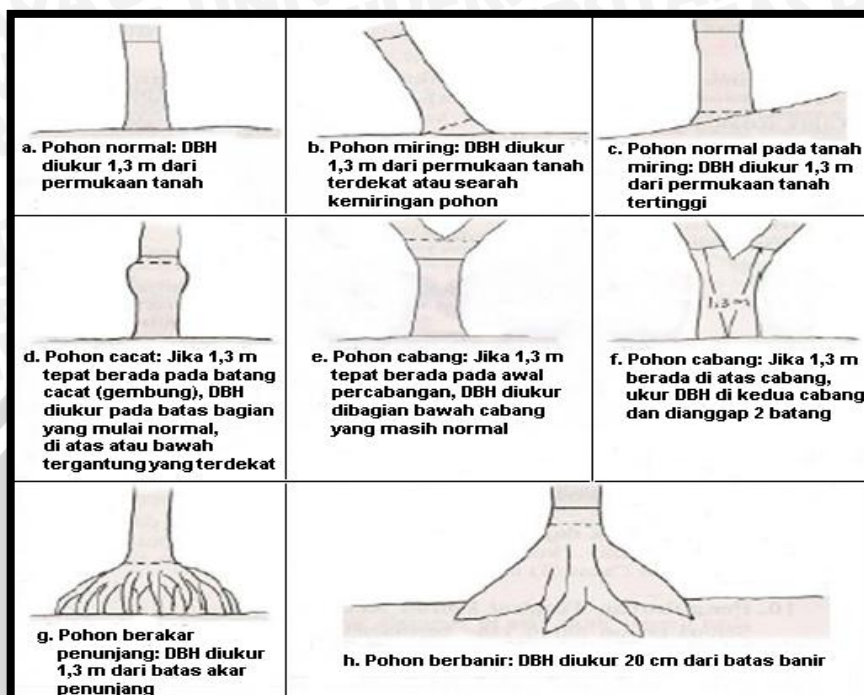
1. Memilih pohon mangrove jenis *Avicennia marina*
2. Melakukan pengukuran diameter tanaman setinggi dada (DBH) tanaman, sebagai variabel untuk pengukuran biomassa. Menurut Hairiyah *et al.* (2011), prosedur dalam pengukuran DBH adalah sebagai berikut:
 - a. *Avicennia marina* yang terpilih diukur DBH menggunakan pita ukur.
 - b. Pengukuran DBH dilakukan pada ketinggian 1,3 m dari permukaan tanah dengan menggunakan tongkat kayu yang diletakkan tegak lurus permukaan tanah di dekat pohon yang akan diukur.
 - c. Lilitkan pita ukur pada batang pohon dengan posisi sejajar untuk semua arah, sehingga data yang diperoleh adalah lingkaran batang ($\text{keliling batang} = 2 \pi r$) bukan diameter batang. Penggunaan jangka sorong untuk mendapatkan data diameter pohon. Seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengukuran keliling batang pohon menggunakan pita ukur (A), pengukuran DBH menggunakan jangka sorong (B) (Hairiah dan Rahayu, 2007)

- d. Di lapangan sering di jumpai beberapa permukaan batang pohon yang bergelombang atau terdapat banir pohon serta penyimpangan kondisi

percabangan pohon, sehingga pengukuran DBH dapat dilakukan seperti Gambar 7.



Gambar 7. Penentuan DBH (Rizky, 2014)

- e. Pengukuran DBH hanya pada pohon berdiameter 5 cm hingga 30 cm. Pohon dengan DBH kurang dari 5 cm tidak diukur karena tergolong dalam tumbuhan bawah.
- 3. Mencatat hasil pengukuran untuk mempermudah dalam pengolahan data. Setelah diperoleh data diatas selanjutnya dilakukan perhitungan biomassa menggunakan model alometrik.

3.3.5 Prosedur Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pada setiap tingkat ukuran mangrove. Tingkat ukuran mangrove yang digunakan pada penelitian ini yaitu ukuran pancang dan ukuran pohon. Pada penelitian ini, organ vegetasi *Avicennia marina* yang diambil terbagi menjadi 4 bagian diantaranya adalah bagian akar, batang, cabang dan daun.

Sampel organ tanaman jenis *Avicennia marina* yang telah diambil dengan metode *destructive* di lapang, kemudian di uji kadar karbon organiknya (%) di laboratorium. Prosedur pengambilan sampel organ tanaman adalah sebagai berikut:

1. Bagian akar

Bagian akar yang diambil adalah akar napas yang terdiri dari akar besar dan akar kecil. Akar diambil dengan menggali sedimen atau tanah terlebih dahulu menggunakan cetok, kemudian akar dipotong menggunakan parang. Sampel akar diambil pada bagian pangkal, tengah dan akar napas dari satu pohon *Avicennia marina*. Sampel tersebut diambil minimal 250 g sesuai dengan SNI 7725-2011. Akar yang telah diambil kemudian dimasukkan kedalam kantong plastik yang telah diberi kertas label.

2. Bagian batang

Bagian batang yang diambil yaitu batang utama pada suatu pohon. Pengambilan sampel yaitu dengan cara memotong organ batang dengan parang. Bagian batang diambil minimal 250 g, kemudian dimasukkan kedalam kantong plastik dan diberi kertas label.

3. Bagian cabang

Bagian cabang yang diambil yaitu cabang setelah batang utama dan ranting. Sampel diambil dengan cara memotong organ cabang dengan parang dan bagian cabang yang kecil (ranting) diambil dengan cara mematahkannya. Bagian cabang diambil minimal 250 g dan dimasukkan kedalam kantong plastik yang telah diberi kertas label.

4. Bagian daun

Bagian daun diambil dari pohon secara menyeluruh dan mencakup dari keseluruhan daun baik daun muda maupun daun tua. Pengambilan sampel dengan cara memetik daun, bunga dan buah dari percabangannya sejumlah

minimal 250 g dan dimasukkan kedalam kantong plastik yang terdapat kertas labelnya.

Semua sampel yang telah dimasukkan kedalam kantong plastik dan diberi kertas label kemudian dikumpulkan serta disimpan dalam *cool box*. Setelah itu menganalisis kandungan karbon organik pada tiap-tiap bagian di laboratorium. Sesuai dengan pendapat Handayani (2006), bahwa sampel organ pohon mangrove yang telah diambil kemudian dikumpulkan dan dimasukkan kedalam kantong plastik, kemudian dimasukkan kedalam *cool box* dan dianalisis di laboratorium.

3.4 Metode Analisis Data

3.4.1 Analisis Perhitungan Biomassa

Menurut Comley dan McGuinness (2005), perhitungan biomassa akar, batang, cabang dan daun *Avicennia marina* menggunakan model alometrik sebagai berikut:

1) Biomassa Organ Akar:

$$B_R = 10^{(-0.106+1.171 \cdot \log_{10}(\text{DBH}))}$$

2) Biomassa Organ Batang:

$$B_S = 10^{(-0.774+2.031 \cdot \log_{10}(\text{DBH}))}$$

3) Biomassa Organ Cabang:

$$B_B = 10^{(-1.213+2.429 \cdot \log_{10}(\text{DBH}))}$$

4) Biomassa Organ Daun:

$$B_L = 10^{(-1.041+1.378 \cdot \log_{10}(\text{DBH}))}$$

Keterangan:

B_R : Biomassa organ akar (kg)

B_S : Biomassa organ batang (kg)

B_B : Biomassa organ cabang (kg)

- B_L : Biomassa organ daun (kg)
DBH : Diameter at breast height / diameter setinggi dada (cm)
 \wedge : Pangkat
* : Perkalian

3.4.2 Analisis Karbon Organik

Sampel tiap bagian organ tanaman dioven untuk dikeringkan pada suhu 105 °C, dengan waktu selama 48 jam sebagai uji untuk mendapatkan berat kering masing-masing bagian organ tanaman (Akbar, 2015). Pengeringan atau pengovenan semua sampel dilakukan di Laboratorium Hidrobiologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.

Analisis karbon organik pada bagian akar, batang, cabang dan daun *Avicennia marina* dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang dengan menggunakan penetapan kandungan C-organik metode *Walkey-Black* (Schumacher, 2002). Prosedur pengukuran karbon (%C) adalah sebagai berikut:

- 1) Memasukkan 1 g sampel kering ke dalam labu ukur 50 ml
- 2) Menambahkan 10 ml 0,167 M $K_2Cr_2O_7$ dan 10 ml H_2SO_4 pekat lalu dikocok
- 3) Menjaga warna merah jingga pada larutan sampel. Jika terjadi perubahan warna menjadi hijau atau biru maka ditambahkan $K_2Cr_2O_7$ dan H_2SO_4 , jumlah penambahan ini harus dicatat. Penambahan untuk blangko juga harus sama banyak
- 4) Mendinginkan larutan sampel kurang lebih selama 30 menit hingga dingin
- 5) Menambahkan 5 ml H_3PO_3 85% dan 1 ml indikator difenilamin, dan larutan sampel diencerkan dengan akuades hingga volume larutan mencapai 50 ml
- 6) Memasukkan 5 ml larutan sampel dengan pipet tetes ke dalam erlenmeyer 50 ml

- 7) Menambahkan 15 ml aquadest, kemudian dititrasi dengan larutan FeSO₄ 1N hingga warna menjadi kehijauan
- 8) Melakukan prosedur tersebut terhadap sampel dan blangko. Rumus menghitung karbon adalah sebagai berikut :

$$C = \frac{(B-A) \times \text{FeSO}_4 \text{ 1N} \times 12}{\text{g sampel} \times 4000} \times 100\%$$

Keterangan : C = kandungan karbon (%)
 B = volume titrasi blanko (ml)
 A = volume titrasi sampel (ml)
 12/4000 = miliequivalent berat dari C (g)

3.4.3 Metode Perhitungan Karbon Organik dari Biomassa

Berdasarkan SNI 7724 (2011), perhitungan karbon organik dari biomassa dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_b = B \times \% \text{ C-organik}$$

Keterangan:

C_b : kandungan karbon dari biomassa (kg)

B : biomassa organ tanaman (kg)

%C-organik : nilai persentase kandungan karbon sebesar 0,47 atau nilai persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium

3.4.4 Metode Perhitungan Potensi Penyerapan CO₂

Menurut Imiliyana *et al.* (2012), dari hasil perhitungan kandungan karbon organik dari biomassa akan diperoleh besarnya penyerapan CO₂ oleh vegetasi mangrove dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{CO}_2 = \frac{Mr. \text{CO}_2}{Ar. C} \times C_b$$

Keterangan:

CO₂ : total karbondioksida (CO₂) yang diserap (kg)

Mr. CO₂ : Berat molekul relatif senyawa CO₂(44)

Ar. C : Berat molekul relatif atom C (12)

Cb : total kandungan karbon dari biomassa (kg)



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Kota Probolinggo merupakan salah satu kota yang terletak di Provinsi Jawa Timur berada pada posisi lintang $7^{\circ}43'41''$ - $7^{\circ}49'04''$ LS dan $113^{\circ}10'$ - $113^{\circ}15'$ BT serta memiliki luas wilayah sekitar 56.667 km^2 . Kota Probolinggo terletak pada ketinggian 0 hingga kurang dari 50 meter dari atas permukaan air laut. Wilayah Kota Probolinggo dibagian selatan memiliki ketinggian dari permukaan laut yang relatif lebih besar (Juniarta *et al.*, 2013). Adapun batas-batas wilayah Kota Probolinggo adalah sebagai berikut ini.

Sebelah utara	: Selat Madura
Sebelah selatan	: Kota Lumajang dan Kota Malang
Sebelah barat	: Kota Pasuruan
Sebelah timur	: Kota Situbondo dan Kota Jember

Kota Probolinggo terbagi dalam 5 Kecamatan yaitu Kecamatan Mayangan, Kademangan, Kedupok, Wonoasih dan Kanigaran. Lokasi penelitian ini dilakukan di UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur yaitu tepatnya Kecamatan Mayangan. Secara administratif, Kecamatan Mayangan memiliki luas wilayah yaitu $19,21 \text{ km}^2$ (BPS, 2012 *dalam Afandi et al.*, 2013). UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo ini terdiri dari areal tambak dan areal mangrove serta berada dibawah kepemilikan Universitas Brawijaya. Penelitian ini dilakukan di areal mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo.

4.1.2 Deskripsi Titik Sampling Penelitian

Areal mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo merupakan daerah konservasi dengan vegetasi mangrove alami. Pada penelitian

tentang penyimpanan karbon organik pada *Avicennia marina* di areal mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur ditetapkan 6 titik pengambilan sampel dengan titik koordinat yang telah ditentukan menggunakan alat *Global Positioning Sistem (GPS) GPSmap 60csx*. Lebih jelasnya titik koordinat lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel *Avicennia marina*

Lokasi Pengambilan Sampel	Ukuran <i>Avicennia marina</i>	Titik Koordinat	
		Lintang Selatan (LS)	Bujur Timur (BT)
1	Pancang	07° 44'28.8"	113° 13'57.2"
2		07° 44'27.9"	113° 13'58.8"
3		07° 44'30.7"	113° 13'60.3"
4	Pohon	07° 44'28.5"	113° 13'57.5"
5		07° 44'27.3"	113° 13'58.0"
6		07° 44'30.6"	113° 13'59.9"

Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan secara acak dengan memperhatikan besaran atau ukuran *Avicennia marina*. Hal ini dilakukan untuk melihat perbedaan kandungan karbon organik pada *Avicennia marina* dengan ukuran yang berbeda. Lokasi penelitian ini berada di sekitar areal tambak dan terdapat sungai kecil di sebelah barat areal mangrove. Spesies yang ditemukan diantaranya *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata* dan *Rhizophora stylosa*.

Pada areal mangrove didominasi oleh *Avicennia marina* dengan distribusi ukuran vegetasi yang lengkap mulai dari ukuran semai hingga pohon, sedangkan spesies *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata* dan *Rhizophora stylosa* ditemukan lebih sedikit dan hanya mempunyai distribusi vegetasi ukuran semai dan pancang. Hal ini dikarenakan spesies *Avicennia marina* cenderung *impasive* (pertumbuhannya lebih cepat dan dapat mengalahkan jenis lainnya) serta dapat beradaptasi dengan substrat yang ada yaitu substrat lumpur berpasir. Spesies

Avicennia marina, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata* dan *Rhizophora stylosa* pada lokasi penelitian ini mempunyai pola sebaran yang bergerombol. Pola sebaran bergerombol pada suatu populasi merupakan distribusi yang umum terjadi di alam, baik bagi tumbuhan maupun binatang. Pola sebaran yang bergerombol dapat terjadi karena berbagai sebab, antara lain kondisi lingkungan yang tidak seragam dan pola reproduksi vegetasi dari suatu ekosistem yang ada (Heddy *et al.*, 1986 dalam Indriyanto, 2006). Areal mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Areal Mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur

4.2 Hasil Analisis Karbon Organik pada Organ *Avicennia marina*

4.2.1 Perbedaan Persentase Karbon Organik pada Organ *Avicennia marina*

Hasil uji laboratorium karbon organik pada biomassa organ *Avicennia marina* dapat dilihat pada Lampiran 2. Hasil konversi persentase karbon organik pada akar, batang, cabang dan daun *Avicennia marina* ukuran tingkat pancang dan pohon dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis %C-organik pada *Avicennia marina*

Ukuran	DBH (cm)	%C-Organik			
		Akar	Batang	Cabang	Daun
Pancang	8,15	43,59	45,02	44,65	44,51
	9,59	45,77	46,15	43,80	44,31
	7,68	48,21	46,87	46,87	45,88
Rata-rata		45,86	46,01	45,11	44,83
Pohon	15,57	45,39	46,76	44,65	46,24
	15,00	45,52	47,63	43,80	40,43
	12,45	45,66	46,69	46,87	48,16
Rata-rata		45,52	47,03	45,11	44,94

Dari kedua ukuran vegetasi *Avicennia marina* diperoleh persentase kandungan karbon organik terbesar di bagian batang pada vegetasi ukuran pohon dengan rata-rata sebesar 47,03%. Hal ini dikarenakan organ bagian batang *Avicennia marina* memiliki jaringan xilem (zat penyusun kayu) terbesar. Unsur yang menyusun jaringan xilem terbesar yaitu unsur karbon. Pada Tabel 6 terlihat bahwa persentase karbon organik untuk semua bagian organ *Avicennia marina* baik ukuran pancang maupun pohon memiliki nilai yang hampir sama. Hal ini menunjukkan kemampuan yang baik dalam mendistribusikan karbon organik ke bagian-bagian tubuhnya.

Hasil uji laboratorium ini menunjukkan adanya sedikit perbedaan antara nilai umum persentase karbon organik pada biomassa yaitu sebesar 47% dengan nilai karbon organik pada biomassa organ *Avicennia marina* dari hasil penelitian ini. Persentase kandungan karbon organik pada penelitian ini masih berada dalam kisaran kandungan karbon dalam biomassa tumbuhan yaitu antara 40-50% (Whitmore, 1985 dalam Rehulina, 2013). Hampir 48% dari biomassa pohon adalah karbon (Brown, 1997). Hairiah dan Rahayu (2007), juga menyatakan bahwa persentase karbon dalam biomassa tumbuhan sekitar 46%. Kandungan karbon organik pada kisaran 40-50% tergolong memiliki kemampuan penyimpanan karbon yang baik. Bagian organ *Avicennia marina* memiliki

persentase karbon organik pada kisaran tersebut, sehingga masih termasuk dalam penyimpanan karbon organik yang baik.

Karbon di dalam tumbuhan terdistribusi dalam selulosa (40%), lignin (30%) dan polisakarida lain (26%). Sementara itu distribusi lignin di dalam dinding sel dan kandungan lignin dalam bagian pohon tidak sama (Fengel 1983 dalam Adiriono 2009). Hal ini menyebabkan persentase karbon tiap bagian organ tanaman akan berbeda.

4.2.2 Perbandingan Karbon Organik pada Biomassa Organ *Avicennia marina*

Biomassa organ pohon akan meningkat secara proporsional dengan diameter pohon yang semakin besar, sehingga biomassa organ pohon berhubungan dengan diameter setinggi dada (DBH) pohon. Nilai biomassa organ *Avicennia marina* dihitung dengan menggunakan persamaan alometrik yang telah dikembangkan oleh Comley (2005) dan nilai hasilnya digunakan untuk menghitung kandungan karbon organik pada organ. Kandungan karbon organik terhadap biomassa kering oven dihitung dengan rumus $C_{organ} = B \times \% C\text{-organik}$ dimana B merupakan biomassa kering oven dan %C-organik organ diperoleh dari hasil uji laboratorium. Contoh dari perhitungan karbon organik pada biomassa yaitu:

$$\begin{aligned} C_{batang} &= B \times \% C\text{-organik} \\ &= 41,18 \times 0,46 \\ &= 19,61 \text{ kg (*)} \end{aligned}$$

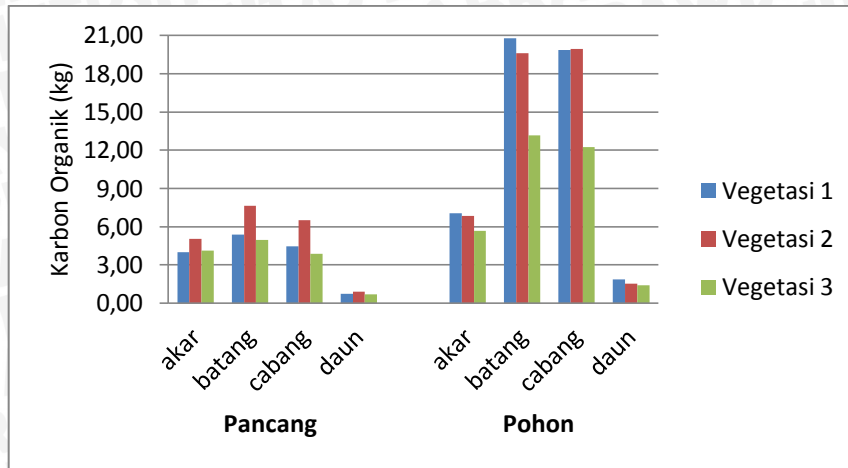
Hasil perhitungan kandungan karbon organik terhadap biomassa organ *Avicennia marina* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Kandungan Karbon Organik pada Biomassa Organ

Ukuran	DBH (cm)	Biomassa Kering Oven (kg)				Karbon Organik (kg)			
		Akar	Batang	Cabang	Daun	Akar	Batang	Cabang	Daun
Pancang	8,15	9,14	11,93	10,00	1,64	3,98	5,37	4,47	0,73
	9,59	11,05	16,58	14,84	2,05	5,06	7,65	6,50	0,91
	7,68	8,52	10,56	8,65	1,51	4,11	4,95	3,89	0,69
Rata-rata		9,57	13,02	11,16	1,73	4,38	5,99	4,95	0,78
Pohon	15,57	19,51	44,43	45,89	4,00	7,07	20,78	19,86	1,85
	15,00	18,67	41,18	41,94	3,80	6,83	(*)19,61	19,95	1,54
	12,45	15,02	28,21	26,83	2,94	5,69	13,17	12,24	1,42
Rata-rata		17,73	37,94	38,22	3,58	6,53	17,85	17,35	1,60

Keterangan : (*) dapat dilihat pada perhitungan di halaman 35

Berdasarkan Tabel 7 didapatkan kandungan karbon organik pada *Avicennia marina* ukuran pancang terbesar dibagian batang sebesar 7,65 kg dengan DBH 9,59 cm dan kandungan karbon terkecil dibagian daun sebesar 0,69 kg dengan DBH 7,68 cm. Pada ukuran pohon diperoleh kandungan karbon organik terbesar dibagian batang sebesar 20,78 kg dengan DBH 15,57 cm dan kandungan karbon terkecil terdapat dibagian daun sebesar 1,45 kg dengan DBH 7,68 cm. Hal ini menjelaskan bahwa kandungan karbon organik tertinggi terdapat pada *Avicennia marina* ukuran pohon. Semakin besar diameter setinggi dada (DBH) tanaman maka kandungan karbon juga semakin meningkat. Semakin besar diameter setinggi dada (DBH) pohon maka biomassa pada setiap organ tanaman akan meningkat secara proporsional sehingga DBH pohon mempunyai hubungan dengan biomassa organ tanaman (Catur dan Sidiyasa, 2001 dalam Winardiet *al.*, 2014). Kandungan karbon organik berbanding lurus dengan peningkatan jumlah biomassa organ tanaman. Semakin besar kandungan biomassa pada organ tanaman maka kandungan karbon organik juga akan semakin besar (Winardiet *al.*, 2014). Dari kedua ukuran *Avicennia marina* tersebut, kandungan karbon terbesar terdapat pada biomassa batang. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 9. Grafik Kandungan Karbon Organik pada Biomassa Organ

Gambar 9 menunjukkan adanya perbedaan nilai kandungan karbon pada *Avicennia marina* ukuran pancang dan pohon. Nilai kandungan karbon organik tergantung dari nilai biomassa yang dimiliki. Semakin besar diameter pohon maka nilai biomassa akan semakin tinggi sehingga kandungan karbon yang tersimpan juga semakin besar. Menurut Retnowati (1998), tumbuhan mampu menyerap karbondioksida dari udara melalui proses fotosintesis dan mengkonversinya menjadi karbohidrat (karbon organik). Hasil fotosintesis tersebut digunakan sebagai pertumbuhan vegetasi secara vertikal dan horizontal. Bertambah besarnya kandungan karbon pohon dipengaruhi oleh biomassa. Oleh karena itu, setiap peningkatan nilai biomassa akan diikuti oleh peningkatan kandungan karbon.

Pada Gambar 8 diketahui bahwa kandungan karbon pada biomassa organ tanaman *Avicennia marina* memiliki perbedaan yang cukup jauh, dimana nilai kandungan karbon tertinggi terdapat pada organ bagian batang *Avicennia marina*. Batang memiliki kandungan karbon yang tertinggi karena didominasi oleh kayu. Kayu tersusun dari lignin, selulosa, hemiselulosa dan zat ekstraktif yang sebagian besar tersusun dari unsur karbon (Budiaman dan Elias, 2011). Batang utama pohon memiliki zat penyusun kayu (jaringan xilem) lebih banyak

dibandingkan bagian organ pohon lainnya seperti cabang (Haygreen dan Jim, 1989). Akar juga memiliki jaringan xilem, jaringan floem dan parenkhim namun berdinding sel yang tipis (Holman dan Robbin, 1973 *dalam* Budiaman dan Elias, 2011).

Proses fotosintesis menghasilkan produksi berupa kandungan heksosa dan zat-zat kimia penyusun kayu yang disimpan pada biomassa organ pohon. Zat penyusun kayu yang terdapat pada biomassa batang menyebabkan bagian rongga sel pada batang banyak tersusun oleh komponen penyusun kayu dibanding air, sehingga bobot biomassa batang akan menjadi lebih besar. Batang memiliki jumlah lentisel yang lebih banyak daripada stomata yang terdapat pada daun. Hal ini menyebabkan banyaknya air dari lingkungan yang diserap oleh daun dan rongga yang ada pada daun akan banyak terisi air (Hilmi, 2003 *dalam* Limbong, 2009).

Sesuai dengan pernyataan Hairiyah dan Rahayu (2007), bahwa persentase penyimpanan karbon terbesar terdapat pada bagian batang dikarenakan proses fotosintesis banyak mendistribusikan bahan organik ke bagian batang untuk pertumbuhan dan sebagai cadangan makanan. Hasil produk dari proses fotosintesis pada daun juga akan langsung ditranslokasikan ke seluruh bagian pohon yang lain untuk melakukan proses metabolisme lebih lanjut (asimilasi, biosintesis dan sebagainya). Rendahnya kadar karbon pada daun juga disebabkan oleh banyaknya jaringan daun yang bersifat parenkhim dan berdinding tipis (Budiaman dan Elias, 2011).

4.3 Potensi Serapan CO₂ pada *Avicennia marina*

Avicennia marina memiliki kemampuan dalam menyerap CO₂ di udara melalui proses fotosintesis. Potensi serapan CO₂ oleh tanaman dapat diperoleh dengan menggunakan rumus
$$CO_2 = \frac{Mr. CO_2}{Ar. C} \times C_b$$
 dimana Mr.CO₂ merupakan

konversi berat molekul senyawa CO₂ sebesar 44 dan Ar.C merupakan konversi berat molekul atom C sebesar 12 serta Cb merupakan kandungan karbon organik dari biomassa. Hasil perhitungan potensi serapan CO₂ oleh *Avicennia marina* pada ukuran pancang dan pohon dapat dilihat pada Tabel 8. Contoh dari perhitungan potensi serapan CO₂ yaitu:

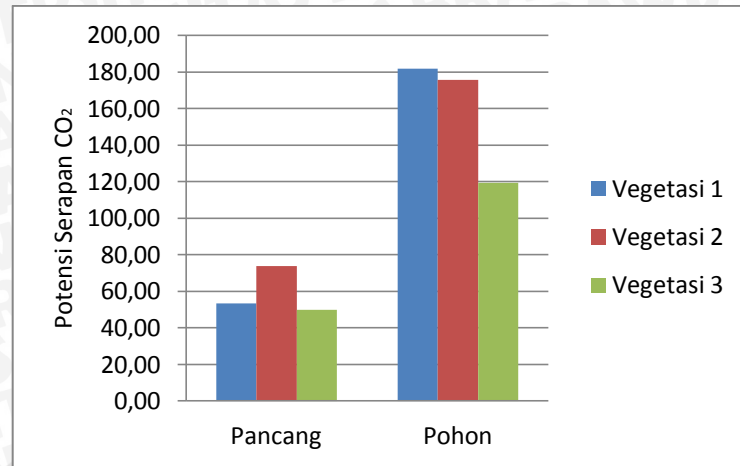
$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2 &= \frac{Mr. \text{CO}_2}{Ar. C} \times Cb \\
 &= \frac{44}{12} \times 47,93 \\
 &= 175,73 \text{ kg/pohon (*)}
 \end{aligned}$$

Tabel 8. Potensi Serapan CO₂ pada *Avicennia marina*

Ukuran	DBH (cm)	Biomassa Kering Oven Total (kg/pohon)	Karbon Organik Total (kg/pohon)	Potensi Serapan CO ₂ (kg/pohon)
Pancang	8,15	32,71	14,55	53,35
	9,59	44,53	20,12	73,78
	7,68	29,23	13,64	50,02
Rata-rata		35,49	16,10	59,05
Pohon	15,57	113,84	49,56	181,71
	15,00	105,59	47,93	(*) 175,73
	12,45	73,00	32,52	119,23
Rata-rata		97,47	43,33	158,89

Keterangan : (*) dapat dilihat pada perhitungan di halaman 38

Berdasarkan Tabel 8 diperoleh rata-rata potensi serapan CO₂ pada *Avicennia marina* ukuran pancang dan pohon berturut-turut adalah sebesar 59,05 kg/pohon dan 158,89 kg/pohon. Hal ini menjelaskan bahwa semakin besar ukuran tanaman maka potensi serapan CO₂ akan semakin meningkat. Grafik potensi serapan karbondioksida (CO₂) pada *Avicennia marina* ukuran pancang dan pohon dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Potensi Serapan CO₂ *Avicennia marina*

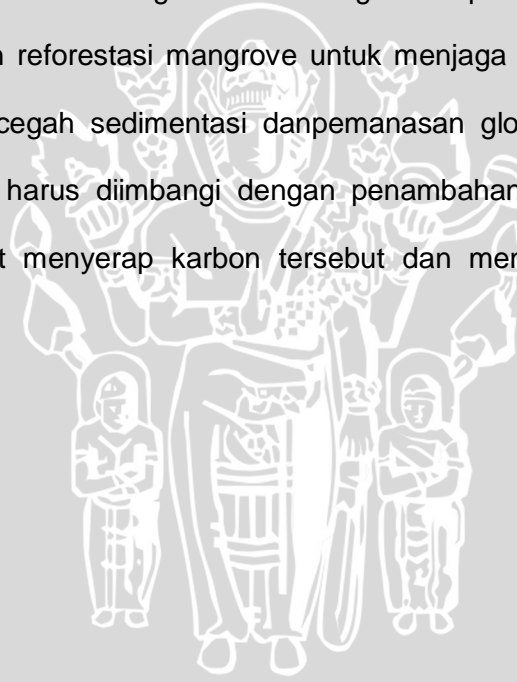
Berdasarkan Tabel 8 diperoleh hasil kandungan karbon organik pada *Avicennia marina* ukuran tingkat pohon lebih besar dibandingkan dengan ukuran tingkat pancang. Hal ini berbanding lurus dengan kemampuan *Avicennia marina* dalam menyerap karbondioksida (CO₂) di udara. Semakin besar kandungan karbon maka serapan CO₂ juga semakin besar.

Semakin besar DBH (diameter setinggi dada) suatu tumbuhan, biomassa yang terkandung pada tumbuhan tersebut akan semakin besar, maka CO₂ yang diserapnya pun semakin besar. Kondisi ini dapat 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).

Pada penelitian ini diperoleh data bahwa *Avicennia marina* di areal mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo masih tergolong vegetasi yang sedang berada dalam fase pertumbuhan. Hal ini disebabkan oleh sebaran diameter batang *Avicennia marina* masih dalam kisaran 5 cm hingga 15 cm. Fase pertumbuhan pohon terdapat pada pohon dengan diameter di bawah 20 cm (Putranto, 2011). Pohon yang masih berada dalam fase pertumbuhan (*new growth*) mampu menyerap CO₂ lebih banyak dibandingkan dengan pohon

dewasa. Hal ini dikarenakan pohon pada fase pertumbuhan membutuhkan cadangan makanan yang lebih banyak dibandingkan dengan pohon dewasa. Pohon dengan pertumbuhan yang kecil akan menyimpan persediaan karbon namun tidak dapat menyerap CO₂ secara maksimal (Retnowati, 1998).

Adanya areal mangrove di UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo dapat mencegah intrusi air laut ke dalam areal tambak serta dapat meredam gelombang sehingga dapat mempertahankan bentuk dari tambak itu sendiri. Areal Mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut merupakan salah satu areal mangrove yang bisa dijadikan sebagai areal *blue carbon* yang menjanjikan, namun areal ini belum memiliki tingkat keanekaragaman spesies mangrove yang tinggi. Perlu dilakukan reforestasi mangrove untuk menjaga tingkat keragaman jenis mangrove, mencegah sedimentasi dan pemanasan global. Meningkatnya jumlah CO₂ di udara harus diimbangi dengan penambahan atau penanaman mangrove agar dapat menyerap karbon tersebut dan menyimpannya dalam bentuk biomassa.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Persentase karbon organik *Avicennia marina* baik ukuran pancang maupun pohon masih masuk dalam kisaran 40-50%, sehingga tergolong dalam penyimpanan karbon organik yang baik.
2. Kandungan karbon terbesar pada organ *Avicennia marina* terdapat pada bagian batang. Kandungan karbon organik pada *Avicennia marina* ukuran pancang terbesar dibagian batang sebesar 7,65 kg dengan DBH 9,59 cm dan terkecil dibagian daun sebesar 0,69 kg dengan DBH 7,68 cm. Pada ukuran pohon diperoleh kandungan karbon organik terbesar dibagian batang sebesar 20,78 kg dengan DBH 15,57 cm dan terkecil terdapat dibagian daun sebesar 1,45 kg dengan DBH 7,68 cm. Semakin besar diameter setinggi dada (DBH) maka kandungan karbon organik juga semakin meningkat.
3. Potensi serapan CO₂ pada *Avicennia marina* ukuran pancang dan pohon berturut-turut adalah sebesar 59,05 kg/pohon dan 158,89 kg/pohon. Semakin besar ukuran *Avicennia marina* maka potensi serapan CO₂ akan semakin meningkat.

5.2 Saran

1. Berdasarkan data yang diperoleh, *Avicennia marina* di areal Mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur menyimpan karbon dengan kategori baik, sehingga dibutuhkan usaha dalam meningkatkan penyerapan karbon dengan melakukan penanaman *Avicennia marina*.
2. Diharapkan pada penelitian selanjutnya bisa dilakukan pengukuran kandungan karbon biomassa tanaman pada semua spesies mangrove dan mengkonversinya pada seluruh kawasan mangrove yang diteliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiriono, T. 2009. Pengukuran Kandungan Karbon (Carbon Stock) dengan Metode Karbonasi pada Hutan Tanaman Jenis *Acacia crassicarpa*. Tesis. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Afandi, Y. V., Henna R. S. dan Kismartini. 2013. Pengelolaan Air Limbah Domestik Komunal Berbasis Masyarakat di Kota Probolinggo. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 2013. ISBN 978-602-17001-1-2
- Afdal.2007. Siklus Karbon dan Karbondioksida di Atmosfer dan Samudera. *Jurnal Oseana*. 2: 29-41.
- Afiati, R. N., Terry L. K., Nasir S., Mariska A., August D., Devi D. S., Yusmiana P., Peter M. dan Andreas H. 2015. Stok Karbon dan Struktur Komunitas Mangrove sebagai Blue Carbon di Tanjung Lesung Banten. *Jurnal Segara*. 10: 119-127
- Agustin, Y. L., Muryono, M. dan Hery P. 2012. Estimasi Stok Karbon pada Tegakan Pohon *Rhizophora stylosa* di Pantai Talang Iring, pamekasan-Madura. Fakultas Matematika dan Ilmu Pegetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Akbar, C. 2015. Dugaan Serapan Karbon pada Vegetasi Mangrove di Kawasan Mangrove Desa Beureunut Kecamatan Seulimum Kota Aceh Besar. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Syiah Kuala Barussalam. Banda Aceh
- Amalia, A. 2014. Analisis Kandungan TOC (Total Organic Carbon) dan TN (Total Nitrogen) pada Penggunaan Lahan yang Berbeda di Sedimen Permukaan Segoro Anak Taman Nasional Alas Purwo Banyuwangi. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang
- Anwar, J., Sengli J., Damanik, Hasim N. dan Whitten A. S. 1984. Ekologi Hutan Sumatra. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Arief, A. 2003. Hutan Mangrove : Fungsi dan Manfaatnya. Kanisius. Yogyakarta
- Azwar, S. 1997. Metode Penelitian. Edisi I cetakan I. Pustaka Pelajar. Yogyakarta
- Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam. 2008. Rancangan Teknis Rehabilitasi Hutan Mangrove Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan Dan Lahan Kerjasama BBKSDA Propinsi Sumatera Utara dengan CV. Agriforest Mandiri Faperta. Medan
- Bengen, D. G. 2002. Pedoman Teknis : Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove. Pusat Kajian Sumbedaya Pesisir dan lautan. IPB
- Bengen, D. G. dan I. M. Dutton 2004. Interaction: Mangroves, Fisheries and Forestry Management in Indonesia. H. 632-653. dalam Northcote. T. G.

dan Hartman (Ed), Worldwide watershed interaction and management. Blackwell science. Oxford. UK

Bismark, M. 1986. Keragaman Jenis Burung di Hutan Bakau Taman Nasional Kutai. Bul. Pen. Hutan 482: 11-22

Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. (FAO Forestry Paper - 134). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome

Budiman, Y. A. dan Elias. 2011. Estimasi Potensi Biomassa dan Massa Karbon Hutan Tanaman *Acacia crassicaarpa* di Lahan Gambut. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. 29 (4): 343-355

Campbell, N. A., J. B. Reece dan L. G. Mitchell. 2002. Biologi. Penerbit Erlangga. Jakarta

Comley B. W. T. dan K. A. McGuinness. 2005. Above and Below-ground Biomass and Allometry, of Four Common Northern Australian Mangroves. Australian Journal of Botany. 53: 431-436

Dahuri, R. 1996. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan secara Terpadu. Pradnya Paramita. Jakarta

Daniel, C. D., J. B. Kauffman, D. Murdiyarto, S. Kurnianto, M. Stidham dan M. Kanninen. 2011. Mangrove among the most carbon-rich forests in the tropics. Nature Geoscience. 4: 293-297

Darsidi, A. 1986. Perkembangan Pemanfaatan Hutan Mangrove di Indonesia. Prosiding Seminar II Ekosistem Mangrove. Denpasar Bali

Dharmawan, I., Wayan S dan C. H Siregar. 2008. Karbon Tanah dan Pendugaan Karbon Tegakan *Avicennia marina* (Forsk) Vierh. Di Ciasem, Purwakarta. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. 5 (4): 317-328

Donato D. C., J. Boone K., Daniel M., Sofyan K., Melanie S. dan Markku K. 2011. Mangroves Among the Most Carbon-Rich Forests in the Tropics. Nature Geoscience. 4: 293-297

Graha, Y. I. 2015. Simpanan Karbon Padang lamun di Kawasan Pantai Sanur Kota Denpasar. Tesis. Universitas Udaya. Denpasar

Gunawan, H. dan C. Anwar. 2004. Keanekaragaman Jenis Burung Mangrove di Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai, Sulawesi Tenggara. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. 1 (3): 294-308

Hairiah, K. dan S. Rahayu. 2007. Pengukuran 'Karbon Tersimpan' di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. World Agroforestry Centre-ICRAF. SEA Regional Office. University of Brawijaya. Indonesia

Hairiah, K., S. M. Sitompul, M. V. Noordwijk dan C. Palm. 2011. Methods for Sampling Carbon Stocks Above and Below Ground. International Centre for Research in Agroforestry. Bogor

- Halidah. 2014. *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh Jenis Mangrove yang Kaya Manfaat. Balai Penelitian Kehutanan Makassar. 11 (1): 37-44
- Haygreen, J.G. dan Jim L. B. 1989. Hasil hutan dan ilmu kayu: Suatu pengantar. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Hilmi, E. dan Kusmana C. 2008. Model Pendugaan Potensi Karbon Flora Bakau. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor
- Horwath, W. 2007. Carbon Cycling and Formation of Soil Organic Matter. Third Edition. Elsevier Science
- Houghton, R. A. 2005. The Contemporary Carbon Cycle. Pages 473-513 in W. H. Schlesinger, editor. Biogeochemistry. Elsevier Science
- Imilyana, A., Mukhammad M. dan Hery P. 2012. Estimasi Stok Karbon pada Tegakan Pohon *Rhizophora stylosa* di Pantai Camplong, Sampang-Madura. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITS. Surabaya
- Indiarto, N. dan Supomo, B. 1999. Metodologi Penelitian Bisnis untuk Akuntansi dan Manajemen Edisi Pertama. BPEE. Yogyakarta
- Juniarta H. P., Edi S. dan Mimit P. 2013. Kajian Profil Kearifan Lokal Masyarakat Pesisir Pulau Gili Kecamatan Sumberasih Kota Probolinggo Jawa Timur. Jurnal ECSOFIM. 1 (1)
- Limbong, H. D. H. 2009. Potensi Karbon Tegakan *Acacia crassicarpa* pada Lahan Gambut Bekas Terbakar. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Manuri, S., Chandra A. S. P. dan Agus D. S. 2011. Tehnik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan. Merang Redd Pilot Project-German International Cooperation (MRPP-GIZ). Palembang
- Nasution, S. 2011. Metode Research: Penelitian Ilmiah. Bumi Aksara: Jakarta
- Nybakken, J. W. 1992. Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis. PT. Gramedia. Jakarta. Indonesia
- Patang. 2012. Analisis Strategi Pengelolaan Hutan Mangrove (Kasus di Desa Tongke-Tongke Kabupaten Sinjai). Jurnal Agrisistem. 8 (2): 100-109
- Paul, E. A. 2007. Soil Microbiology and Biochemistry. Editor. Elsevier. Oxford
- Prasetyo, B. dan L. Miftahul. 2011. Metode Penelitian Kuantitatif Teori dan Aplikasi. PT Raja Grafindo Persada: Jakarta
- Purwitasari, H. 2011. Model Persamaan Alometrik Biomassa dan Massa Karbon Pohon Akasia Mangium (*Acacia Mangium* Willd.). Skripsi. Fakultas Kehutanan IPB: Bogor
- Putranto, B. 2011. Pendugaan Model Hubungan Tinggi dan Diameter Pohon Jenis Jambu-jambu (*Kjellbergiodendron sp.*) pada Hutan Alam di

Kabupaten Mamuju Sulawesi Barat. Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin. Makassar

Rehulina. 2013. Nilai Ekonomi Cadangan Karbon Tegakan Pohon di Hutan Pendidikan Universitas Sumatera Utara. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara: Medan

Retnowati, E. 1998. Kontribusi Hutan Tanaman *Eucalyptus grandis* Maiden sebagai Rosot Karbon di Tapanuli Utara. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor

Rizky, P. N. H. 2014. Estimasi Biomass dan Stok Karbon pada Vegetasi Hidup (Live Trees) dan Sedimen Permukaan: Studi Kasus Hutan Mangrove Blok Bedul Resort Grajagan Segoro Anak, Taman Nasional Alas Purwo (TNAP) Kota Banyuwangi Propinsi Jawa Timur. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang

Romadhon, A. 2008. Kajian Nilai Ekonomi melalui Inventarisasi dan Nilai Indeks Penting (INP) Mangrove terhadap Perlindungan Lingkungan Kepulauan kangean. Embryo. 5 (1): 82-97

Sati, I. 2003. Riset Public Realitionship Modul. Pusat Pengembangan Bahan Ajar. UMB

Sidik, F. 2005. Coastal Greenbelt. Balai Riset dan Observasi Kelautan-DKP. Bali

SNI 7725:2011. Penyusunan Persamaan Alometrik untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan Berdasar Pengukuran Lapangan (Ground Based Forest Carbon Accounting. Jakarta

Supriharyono. 2000. Pelestarian dan pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. PT. Gramedia Pustaka Umum. Jakarta

Susanta, G dan Sutjahjo, H. 2007. Akankah Indonesia Tenggelam akibat Pemanasan Global?. Penebar Plus+. Jakarta

Sutaryo, D. 2009. Penghitungan Biomassa: Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor

Talib, M. F. 2008. Struktur dan Pola Zonasi (Sebaran) Mangrove serta Makrozoobenthos yang Berkoeksistensi, di Desa Tanah Merah dan Oebelo Kecil Kota Kupang. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB: Bogor

Utina, R 2014. Pemanasan Global: Dampak dan Upaya Meminimalisasinya. Biologi FMIPA Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo

Wayan, S dan Anwar C. 2008. Karbon tanah dan pendugaan karbon tegakan *Avicennia marina* (Forsk) Vierh. di Ciasem, Purwakarta. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam. Bogor

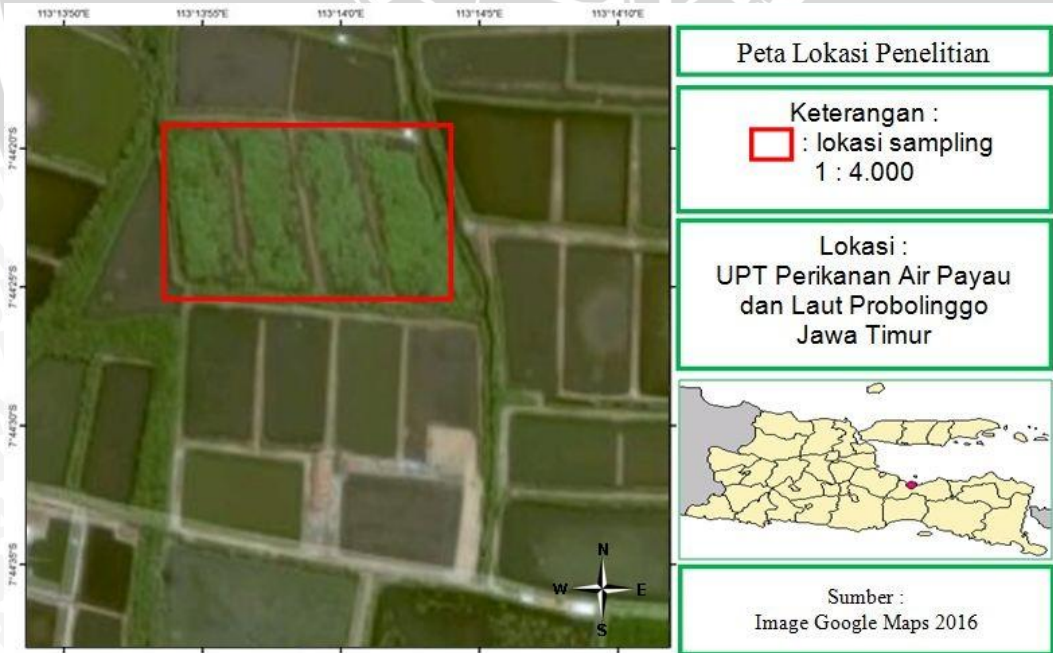
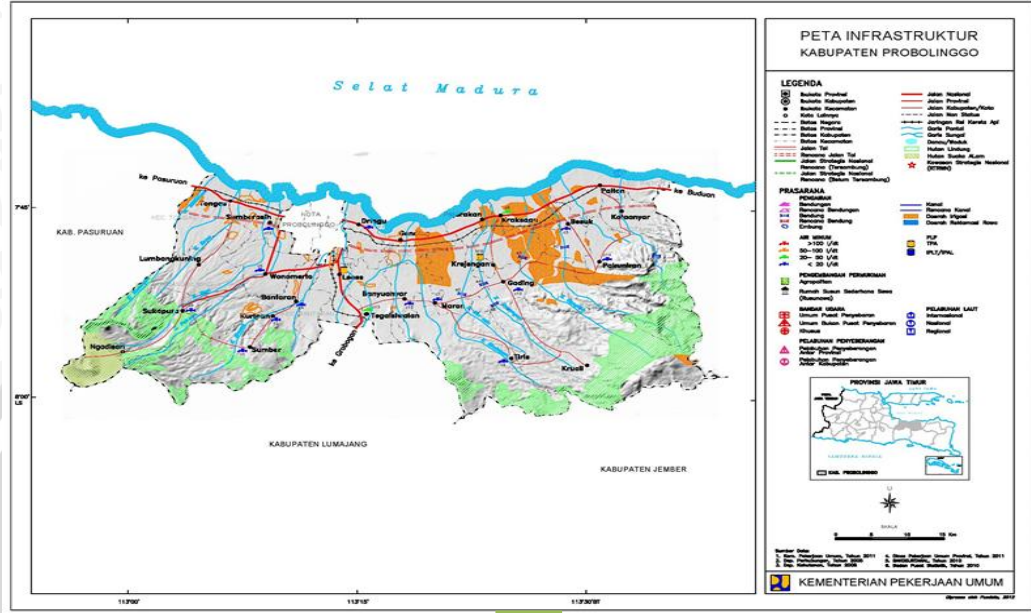
Winardi, F., A. Zulfikar dan N. Willian.2014. Nilai Kandungan Karbon dan Indeks Nilai Penting Jenis Vegetasi Mangrove di Perairan Desa Mantang Baru Kecamatan Mantang Kabupaten Bintan Provinsi Kepulauan Riau. Manajemen Sumberdaya Perairan FIKP UMRAH. Tanjungpinang

Yanuartanti, I. W., Cecep K. dan Ahyar I. 2015. Kelayakan Rehabilitasi Mangrove dengan Teknik Guludan dalam Perspektif Perdagangan Karbon di Kawasan Hijau Lindung Muara Angke, Provinsi DKI Jakarta. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 5 (2): 180-186



LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Lokasi Penelitian Di Areal Mangrove UPT Perikanan Air Payau dan Laut Probolinggo Jawa Timur



Lampiran 2. Hasil Analisis Karbon Organik *Avicennia marina*



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN

Jalan Veteran Malang - 65145, Jawa Timur, Indonesia
Telepon : +62341-551611 pes. 207-208; 551665; 565845; Fax. 560011
website: www.fp.ub.ac.id email: faperta@ub.ac.id
Telepon Dekan: +62341-566287 WD I: 569984 WD II: 569219 WD III: 569217 KTU: 575741
JURUSAN : Budidaya Pertanian: 569984 Sosial Ekonomi Pertanian: 580054 Tanah: 553623
Hama dan Penyakit Tumbuhan: 575843 Program Pasca Sarjana: 576273

Mohon maaf bila ada kesalahan dalam penulisan: nama, gelar, jabatan dan alamat

Nomor : 64 / UN10.4 / T / PG / 2016

HASIL ANALISIS CONTOH TANAMAN MANGROVE

a.n. : Niken H.T.D

Alamat : FPIK - UB

Terhadap kering oven 105°C

No.Lab	Kode	C.organik	Bahan Organik
		%.....
TNM 48	P 1.AKAR	43,59	59.12
TNM 49	P 1.BATANG	45,02	79.61
TNM 50	P 1.CABANG	44,65	77.42
TNM 51	P 1.DAUN	44,51	75.28
TNM 52	P 2.AKAR	45,77	61.88
TNM 53	P 2.BATANG	46,15	78.11
TNM 54	P 2.CABANG	43,80	73.60
TNM 55	P 2.DAUN	44,31	71.46
TNM 56	P 3.AKAR	48,21	66.11
TNM 57	P 3.BATANG	46,87	79.35
TNM 58	P 3.CABANG	45,02	71.13
TNM 59	P 3.DAUN	45,88	68.99
TNM 60	T 1.AKAR	45,39	64.69
TNM 61	T 1.BATANG	46,76	77.43
TNM 62	T 1.CABANG	43,28	75.04
TNM 63	T 1.DAUN	46,24	80.00
TNM 64	T 2.AKAR	45,52	61.45
TNM 65	T 2.BATANG	47,63	67.98
TNM 66	T 2.CABANG	47,57	74.90
TNM 67	T 2.DAUN	40,43	69.94
TNM 68	T 3.AKAR	45,66	66.89
TNM 69	T 3.BATANG	46,69	82.67
TNM 70	T 3.CABANG	45,64	80.85
TNM 71	T 3.DAUN	48,16	85.81



a.n.Dekan,
Ketua Jurusan,

Prof.Dr.Ir.Zaenal Kusuma,SU
NIP. 19540501 198103 1 006

Malang, 30 Maret 2016
Ketua Lab. Kimia Tanah

Prof.Dr.Ir.Syekhfani,MS
NIP. 19480723 197802 1 001

Lampiran 3. Kegiatan Penelitian



Gambar 11. Penentuan Titik Pengambilan Sampel dan Pendataan



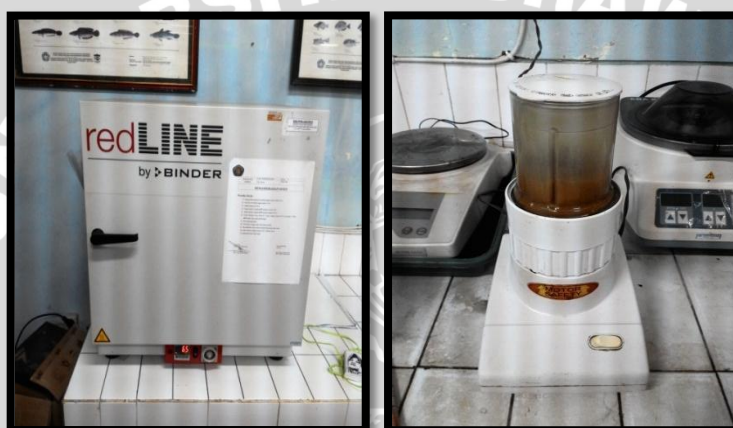
Gambar 12. Pengukuran Keliling Pohon dan Pengambilan sampel



Gambar 13. Pengeringan Sampel



Gambar 14. Penimbangan Berat Basah Sampel



Gambar 15. Pengovenan Sampel dan Penghalusan Sampel



Gambar 16. Penimbangan Berat Kering Sampel