



TUGAS AKHIR SB 184830

Estimasi Biomassa, Stok Karbon dan Sekuestrasi Karbon Mangrove pada *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya dengan Persamaan Allometrik

PRIADHITYA ILHAM NEDHISA
0131144000025

Dosen Pembimbing
Indah Trisnawati Tjahjaningrum, S.Si., M.Si., Ph.D.

Departemen Biologi
Fakultas Sains
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR SB 184830

**Estimasi Biomassa, Stok Karbon dan
Sekuestrasi Karbon Mangrove pada
Rhizophora mucronata di Wonorejo
Surabaya dengan Persamaan Allometrik**

PRIADHITYA ILHAM NEDHISA
0131144000025

Dosen Pembimbing
Indah Trisnawati Tjahjaningrum, S.Si., M.Si., Ph.D.

Departemen Biologi
Fakultas Sains
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



FINAL PROJECT - SB 184830

Estimation of Biomass, Carbon Stock and Carbon Sequestration of *Rhizophora mucronata* in Wonorejo Surabaya Using Allometric Equations

Priadhitya Ilham Nethisa
0131144000025

Advisor Lecture:
Indah Trisnawati Tjahjaningrum, S.Si., M.Si., Ph.d

Biology Departement
Faculty of Science
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Surabaya
2019

HALAMAN PENGESAHAN

Estimasi Biomassa, Stok Karbon dan Sekuestrasi Karbon
Mangrove pada *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya
dengan Persamaan Allometrik

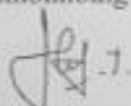
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains pada
Departemen S-1 Biologi
Fakultas Sains
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

PRIADHITYA ILHAM NEDHISA
NRP. 01311440000025

Disetujui Pembimbing Tugas Akhir



Indah Trisnawati Tjahjaningrum, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 19730622 199802 2 001

Surabaya, 25 Juli 2019



**Estimasi Biomassa, Stok Karbon dan Sekuestrasi Karbon
Mangrove pada *Rhizophora mucronata* di Wonorejo
Surabaya dengan Persamaan Allometrik**

Nama Mahasiswa : Priadhitya Ilham Nedhisa
NRP : 0131144000025
Jurusan : Biologi
**Dosen Pembimbing : Indah Trisnawati Tjahjaningrum,
S.Si., M.Si., Ph.d**

Abstrak

*Pemanasan global (global warming) merupakan peningkatan CO₂ di udara yang menyebabkan terjadinya perubahan iklim yang berdampak terhadap peningkatan permukaan air laut. Hutan mangrove memiliki peranan kunci dalam strategi mitigasi karena mampu mengurangi karbon melalui mekanisme “sekuestrasi”, yaitu penyerapan karbon dari atmosfer dan penyimpanannya dalam beberapa kompartemen seperti tumbuhan. Hutan mangrove Wonorejo Surabaya khususnya spesies mangrove *Rhizophora mucronata* diperlukan untuk mengetahui perubahan cadangan karbon dan kemampuan vegetasi dalam menyerap karbon yang merupakan salah satu dari kompartemen. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui estimasi biomassa, stok karbon dan sekuestrasi karbon mangrove pada *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya sebagai salah satu acuan pengelolaan hutan mangrove dalam mitigasi perubahan iklim. Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui bahwa nilai biomassa, stok karbon dan sekuestrasi karbon tertinggi yaitu di dekat muara khususnya pada habitus pohon sebanyak 32 individu dengan nilai biomassa sebesar 70,07 kg/individu, stok karbon sebesar 0,0350 ton/individu dan sekuestrasi karbon sebesar 0,1285 ton/individu*

*Kata kunci: Biomassa ,pemanasan global, *Rhizophora mucronata*, sekuestrasi karbon , stok karbon*

Estimation of Biomass, Carbon Stock and Carbon Sequestration of *Rhizophora mucronata* in Wonorejo Surabaya using Allometric Equations

Name : Priadhitya Ilham Nedhisa
NRP : 0131144000025
Department : Biology
Lecture : Indah Trisnawati Tjahjaningrum,
S.Si., M.Si., Ph.d

Abstract

*Global warming is an increase in CO₂ in the air that causes climate change that has an impact on increasing sea levels. Mangrove forests have a key role in mitigation strategies because they are able to reduce carbon through a mechanism of "sequestration", namely carbon sequestration from the atmosphere and its storage in several compartments such as plants. Therefore, the purpose of this study was to determine the estimation of biomass, carbon stock and sequestration of carbon mangroves in *Rhizophora mucronata* in Surabaya Wonorejo as one of the references in managing mangrove forests in climate change mitigation. Based on the results of the study, it can be seen that the biomass, carbon stock and sequestration values of the highest kabons are near the estuary especially in the tree habitus as many as 32 individuals with a biomass value of 70.07 kg / individual, carbon stock of 0.0350 tons / individual and carbon sequestration amounting to 0.1285 tons / individual*

Keywords: Biomass , carbon sequestration, carbon stock, global warning, *Rhizophora mucronata*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan hikmat yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “**Studi Estimasi Biomassa, Stok Karbon dan Sekuestrasi Karbon Mangrove pada *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya dengan Persamaan Allometrik** sebagai salah satu syarat kelulusan matakuliah Tugas Akhir pada Departemen Biologi, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis mendapatkan banyak sekali doa dan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Atas berbagai bantuan dan dukungan tersebut, pada kesempatan ini penulis menghaturkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, Tuhan sekaligus pengatur kehidupan yang telah memberikan kesempatan untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir hingga selesai.
2. Kedua Orang Tua saya Bapak Supriyadi dan Ibu Tuti Suwarti, yang tiada henti memberikan bantuan penuh, mulai dari pikiran, tenaga, moral, material, sehingga penulis benar-benar bisa menyelesaikan TA ini. dan kedua kakak saya, yang tak henti-hentinya memberikan semangat, kasih sayang dan do'a kepada penulis.
3. Pembimbing Tugas Akhir, Indah Trisnawati Tjahjaningrum, S.Si., M.Si., Ph.D. yang tidak kenal lelah memberikan ilmu, waktu berbagi dan nasihat dalam proses pengerjaan laporan Tugas Akhir.
4. Penguji tugas akhir, Dr. Dewi Hidayati, S.Si., M.Si. dan Iska Desmawati, S.Si., M.Si. yang telah banyak memberikan masukan untuk kesempurnaan laporan Tugas Akhir.

Surabaya, 25 Juli 2019
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pemanasan Global (<i>Global Warming</i>).....	5
2.2 Mangrove.....	5
2.2.1 Pengertian Mangrove.....	5
2.2.2 Habitat Mangrove.....	7
2.2.3 Gambaran Umum Mangrove di Indonesia.....	10
2.2.4 Mangrove <i>Rhizophora mucronata</i>	13
2.3 Mangrove dan Perubahan Iklim.....	15
2.4 Biomassa.....	16
2.4.1 Pengertian Biomassa.....	16
2.4.2 Pengukuran Biomassa.....	17
2.5 Stok Karbon.....	20
2.5.1 Pengertian Stok Karbon.....	20
2.5.2 Pengukuran Stok Karbon.....	21
2.6 Sekuestrasi Karbon.....	22

2.6.1 Pengertian Sekuestrasi Karbon.....	22
2.6.2 Pengukuran Potensi Sekuestrasi Karbon.....	22
BAB III METODOLOGI	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
3.2 Metode Penelitian.....	26
3.2.1 Alat dan Bahan.....	26
3.2.2 Sampel dan Cara Pengambilan Sampel Estimasi Biomassa Mangrove.....	26
3.2.3 Pengukuran Diameter Mangrove.....	27
3.2.4 Analisis Jenis Vegetasi Mangrove.....	28
3.3 Analisis Data.....	29
3.3.1 Ekstrapolasi Biomassa.....	29
3.3.2 Estimasi Stok Karbon.....	30
3.3.3 Estimasi Sekuestrasi Karbon.....	31
3.4 Rancangan Penelitian dan Analisis Data.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Hasil Estimasi Biomassa	33
4.2 Hasil Estimasi Stok Karbon	36
4.3 Hasil Estimasi Sekuestrasi Karbon	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN 1 Analisis Vegetasi Mangrove <i>Rhizophora mucronata</i> di Wonorejo Surabaya.....	51
LAMPIRAN 2 Perhitungan Biomassa, Stok Karbon dan Sekuestrasi Karbon di Lahan Mangrove Wonorejo Surabaya	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Persamaan Allometrik untuk Masing-masing Kategori Tegakan..... 21
Tabel 3.1	Kategori Tegakan dan Ukuran Kuadrat untuk Sampling Estimasi Biomassa..... 27
Tabel 3.2	Persamaan Allometrik untuk Masing-masing Kategori Tegakan..... 30
Tabel 4.1	Estimasi Biomassa Atas Permukaan Tanah di Lahan Mangrove Wonorejo Surabaya 33
Tabel 4.2	Hasil Analisis Vegetasi Mangrove <i>Rhizophora mucronata</i> di Wonorejo Surabaya..... 34
Tabel 4.3	Estimasi Stok Karbon di Lahan Mangrove Wonorejo Surabaya..... 36
Tabel 4.4	Estimasi Sekuestrasi Karbon di Lahan Mangrove Wonorejo Surabaya..... 38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Zona umum mangrove..... 8
Gambar 2.2	Rantai Detritus tumbuhan mangrove 8
Gambar 2.3	Peta Penyebaran Mangrove di Indonesia..... 10
Gambar 2.4	Peta Penyebaran Mangrove di Kota Surabaya..... 11
Gambar 2.5	Mangrove <i>Rhizophora mucronata</i> ... 13
Gambar 3.1	Peta Lokasi penelitian Pantai Timur Surabaya..... 25
Gambar 3.2	Metode transek kuadrat 27
Gambar 4.1	Grafik Perbandingan Estimasi Biomassa di Lahan Mangrove Wonorejo Surabaya..... 33
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan Estimasi Stok Karbon di Lahan Mangrove Wonorejo Surabaya..... 37
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Estimasi Sekuestrasi Karbon di Lahan Mangrove Wonorejo Surabaya 39

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Analisis Vegetasi Mangrove <i>Rhizophora mucronata</i> di Wonorejo Surabaya	51
Lampiran 2 Perhitungan Biomassa, Stok Karbon dan Sekuestrasi Karbon.....	53
Lampiran 3 Biodata Penulis	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan konsentrasi karbondioksida (CO₂) di atmosfer menyebabkan terjadinya perubahan iklim yang berdampak terhadap peningkatan permukaan air laut, peningkatan frekuensi dan intensitas kebakaran hutan, kekeringan dan gangguan terhadap berbagai ekosistem yang dapat menyebabkan bencana (USGS,2008). Menurut UU Nomor 24 Tahun 2007, mengatakan bahwa pengertian mitigasi dapat didefinisikan sebagai serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (Niode *et al.*,2016). Salah satu upaya mitigasi perubahan iklim yang dapat dilakukan adalah dengan mengoptimalkan peran mangrove dalam upaya memanfaatkan CO₂ untuk proses fotosintesis dan menyimpannya dalam stok biomassa dan sedimen (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Pernyataan ini didukung oleh hasil penelitian para ahli CIFOR yang menyatakan bahwa mangrove di kawasan pesisir wilayah *indo-pacific* yang hanya memiliki 0,7% dari luasan hutan, dapat menyimpan sekitar 10% dari semua emisi termasuk karbon (Fajar *et al.*, 2015). Hutan mangrove dikategorikan sebagai ekosistem lahan basah, mempunyai penyimpanan karbon mencapai 800-1.200 ton per hektar. Pelepasan emisi ke udara pada hutan mangrove lebih kecil dari pada hutan di daratan, hal ini disebabkan karena pembusukan serasah tanaman akuatik tidak melepaskan karbon ke udara (Murdiyarto *et al.*, 2014). Jumlah biomassa hutan mangrove berperan penting dalam siklus karbon, karena sekitar 50% karbon hutan tersimpan dalam vegetasinya. Hal ini membawa implikasi lain jika terjadi kerusakan hutan maka berkurang pula jumlah CO₂ yang dapat diserap (Wahyuni dan Suryawan, 2012). Estimasi stok karbon mengikuti aturan 46% biomassa adalah karbon (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Surabaya merupakan kota metropolitan setelah ibukota Jakarta sekaligus sebagai kota Indamardi (industri, perdagangan, maritim dan pendidikan). Peningkatan suhu udara di Surabaya sebagian besar disebabkan pencemaran udara oleh emisi gas buang, Lebih dari 70% pencemaran diudara disebabkan oleh kendaraan bermotor, sedangkan 30% dari kegiatan industri, rumah tangga dan pembakaran sampah (Rumiati, 2005). Apabila tidak diiringi dengan arahan tata guna yang jelas, maka akan semakin memperparah kondisi kualitas udara dikota Surabaya.

Hutan mangrove Wonorejo adalah salah satu hutan mangrove yang berada di Pantai Timur Surabaya yang telah direncanakan pada tahun 2005 didalam RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) sebagai Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota Surabaya. Keberadaan RTH dapat membantu mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor maupun kegiatan industri, rumah tangga dan pembakaran sampah karena vegetasi dapat menyerap gas buang maupun debu yang ada diudara (Rumiati, 2005). Hutan mangrove Wonorejo memiliki peranan penting terhadap keseimbangan ekosistem di kawasan Surabaya. Pada hakikatnya mangrove berfungsi untuk melindungi daratan dari gelombang laut dan mengurangi abrasi atau pengkikisan tanah oleh air laut. Selain itu Menurut kusmana (2002), mangrove berperan sebagai penyerap karbon dari atmosfer yang efektif dengan jumlah produksi bersih yang dihasilkan oleh hutan mangrove ; biomassa (62,9-398,8 ton/ha) dan guguran serasah (5,8 – 25,8 ton/ha/th).

Jenis vegetasi mangrove di Wonorejo Pantai Timur Surabaya pada tahun 2002 adalah *Avicennia marina*, *Malvacea*, *Exoecaria*, *Xylocarpus*, *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia* (Soedarti *et al*, 2002 dalam Prasetya, 2012) . Menurut Sulistiyowati (2009) mangrove jenis *Rhizophora sp*. Memiliki kemampuan adaptasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis lainnya. *Rhizophora sp* dapat tumbuh pada salinitas 32-34 ppt (kolinug *et al*, 2014) . salah satu genus *Rhizophora sp* yang mempunyai toleransi terhadap substrat yang lebih keras atau pasir adalah *Rhizophora mucronata* (Muzaki *et al.*, 2012).

Sehingga *Rhizophora mucronata* adalah salah satu jenis mangrove yang mudah dan bisa dibudidayakan sebagai upaya konservasi hutan mangrove Wonorejo Surabaya, mengingat menurut Prasetya (2011) keanekaragaman mangrove yang terdapat di daerah Wonorejo tergolong sangat rendah.

Oleh karena itu, inventarisasi biomassa di hutan mangrove Wonorejo Surabaya khususnya spesies mangrove *Rhizophora mucronata* sangat diperlukan untuk mengetahui perubahan cadangan karbon dan kemampuan vegetasi dalam menyerap karbon yang merupakan salah satu komponen lingkungan yang sangat penting dalam upaya mitigasi terhadap perubahan iklim. Selain itu, data biomassa, stok karbon dan sekuestrasi karbon di hutan mangrove Wonorejo Surabaya penting dimiliki untuk manajemen konservasi hutan mangrove. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui estimasi biomassa, stok karbon dan sekuestrasi karbon mangrove Wonorejo Surabaya dengan persamaan allometrik.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa nilai biomassa mangrove atas permukaan tanah (*above-ground biomass*) dari area pengambilan sampel *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya?
2. Berapa nilai stok karbon (*carbon stock*) dari area pengambilan sampel *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya?
3. Bagaimana potensi sekuestrasi karbon dari area pengambilan sampel *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Biomassa yang dihitung adalah bagian atas permukaan tanah (*above-ground biomass*).

2. Penghitungan biomassa dilakukan dengan metode *non-destructive sampling*, yaitu dengan mengukur diameter tanaman dan menggunakan persamaan allometrik
3. Vegetasi mangrove yang diamati adalah dari jenis *Rhizophora mucronata* yang mewakili pohon dan pancang
4. Area pengambilan sampel yang mewakili mangrove di Wonorejo yaitu dekat bozem, pertambakan dan dekat muara

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Menghitung nilai biomassa mangrove atas permukaan tanah (*above-ground biomass*) dari area pengambilan sampel *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya.
2. Menghitung nilai stok karbon (*carbon stock*) dari area pengambilan sampel *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya.
3. Menganalisis potensi sekuestrasi karbon dari area pengambilan sampel *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi dan gambaran perhitungan biomassa secara *non-destructive* dengan menggunakan persamaan allometrik.
 2. Menjadi bahan bacaan serta sumber informasi bagi peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan biomassa, stok karbon, dan sekuestrasi karbon di habitat mangrove.
- Memberikan sumber informasi dasar bagi Dinas Lingkungan Hidup Surabaya yang dapat dijadikan acuan dalam mitigasi dampak perubahan iklim skala regional.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemanasan Global (Global Warming)

Pemanasan global (*global warming*) merupakan peningkatan CO₂ di udara yang dampaknya langsung bisa dirasakan oleh semua orang di dunia. Menurut International Panel on Climate Change / IPCC (2006) sampai akhir tahun 1980 emisi karbon di dunia adalah sebesar 117±35 G ton C (82-152 G ton C). Pemanasan global dipicu oleh adanya efek Gas Rumah Kaca (GRK) yang menyelubungi atmosfer yang telah mengubah cara atmosfer menyerap energi sehingga bumi mengalami peningkatan temperatur. Beberapa gas rumah kaca dapat ditemukan dalam bentuk CO₂ yang dihasilkan oleh bahan bakar fosil, metana dan N₂O yang dihasilkan dari kegiatan pertanian dan perubahan penggunaan lahan, serta CFCs, HFCs dan PFCs yang dihasilkan oleh gas buangan kendaraan dan industri (Ginoga *et al.*, 2007). Menurut IPCC (2007) emisi gas rumah kaca pada tahun 2004 mencapai 49 giga ton (milyar ton) CO₂e. Peningkatan emisi diperkirakan akan terus terjadi dan mencapai 25-90% pada periode tahun 2000-2030.

2.2 Mangrove

2.2.1 Pengertian Mangrove

Kata mangrove merupakan perpaduan bahasa Melayu manggi-manggi dan bahasa Arab el-gurm menjadi mang-gurm, keduanya sama-sama berarti *Avicennia* (api-api), pelatiran nama Ibnu Sina, seorang dokter Arab yang banyak mengidentifikasi manfaat obat tumbuhan mangrove. Sedang menurut MacNae (1968) dalam Haris (2014) kata mangrove merupakan perpaduan bahasa Portugis mangue (tumbuhan laut) dan bahasa Inggris *grove* (belukar), yakni belukar yang tumbuh di tepi laut. Kata ini dapat ditujukan untuk menyebut spesies, tumbuhan, hutan atau komunitas (*Setyawan et al.*, 2003 dalam Haris, 2014).

Menurut undang-undang No.41 tahun 1999 tentang kehutanan, hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan. Sedangkan arti kata mangrove adalah vegetasi hutan yang tumbuh di antara garis pasang surut, tetapi juga dapat tumbuh pada pantai karang, pada dataran koral mati yang di atasnya ditimbuni selapis tipis pasir atau ditimbuni lumpur atau pantai berlumpur (Cahyo , 2007 dalam Haris, 2014).

Hutan mangrove merupakan suatu tipe hutan yang tumbuh di daerah pasang surut yang tergenang pada saat pasang dan bebas dari genangan pada saat surut dengan komunitas tumbuhannya bertoleransi terhadap garam (Kusmana *et al.*, 2005 dalam Haneda, 2013).Tumbuhan mangrove mempunyai kemampuan khusus untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ekstrim, seperti kondisi tanah yang tergenang, kadar garam yang tinggi serta kondisi tanah yang kurang stabil (Noor *et al.*, 2006 dalam Haneda, 2013).

Ekosistem hutan mangrove bersifat kompleks dan dinamis, namun labil. Dikatakan kompleks karena ekosistemnya di samping dipenuhi oleh vegetasi mangrove, juga merupakan habitat berbagai satwa dan biota perairan dan bersifat dinamis karena hutan mangrove dapat tumbuh dan berkembang terus serta mengalami suksesi sesuai dengan perubahan tempat tumbuh alaminya. Dikatakan labil karena mudah sekali rusak dan sulit untuk pulih kembali seperti sediakala. (Anwar dan Gunawan, 2006 dalam Haris, 2014).

Hutan mangrove memiliki peranan kunci dalam strategi mitigasi perubahan iklim. Hasil penelitian para ahli CIFOR menunjukkan bahwa penyimpanan karbon di mangrove di sepanjang kawasan pesisir wilayah *Indo- Pacific*, Meski hanya memiliki luas 0,7% dari luasan hutan, akan tetapi mangrove dapat menyimpan sekitar 10% dari semua emisi.(Fajar *et al.*, 2015) Di hutan mangrove yang dikategorikan sebagai ekosistem lahan

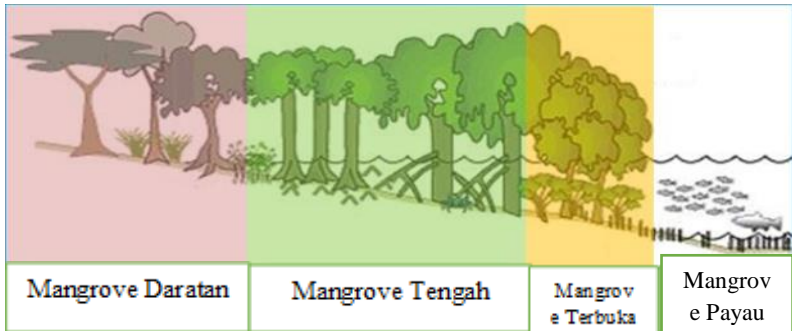
basah, penyimpanan karbon mencapai 800-1.200 ton per hektar. Pelepasan emisi ke udara pada hutan mangrove lebih kecil dari pada hutan di daratan, hal ini karena pembusukan serasah tanaman akuatik tidak melepaskan karbon ke udara (Murdiyarso *et al.*,2004).

2.2.2 Habitat Mangrove

Hutan mangrove tumbuh di sepanjang garis pantai tropis seperti muara, delta atau laguna. Hutan mangrove yang luas umumnya terdapat di sepanjang pantai berlumpur yang terlindung dari gelombang dan angin yang kuat, terutama pada area dimana terdapat suplai sedimen halus dan air tawar yang melimpah. Cintrón *et al.* (1985) dalam Cunha-Lignon (2011) mengemukakan bahwa klasifikasi habitat mangrove ini dibagi tiga tipe jenis habitat (pantai (pinggiran), sungai dan cekungan). Pada umumnya hutan mangrove pantai lebih tebal dibandingkan dengan hutan mangrove sungai, akan tetapi mangrove sungai lebih panjang masuk ke daratan mengikuti aliran sungai sampai batas salinitas yang tidak berpengaruh pada tumbuhan jenis mangrove serupa. Menurut Noor *et al.*, (1999) dalam Muzaki *et al.*, (2012) disebutkan bahwa mangrove umumnya tumbuh dalam 4 zona yaitu

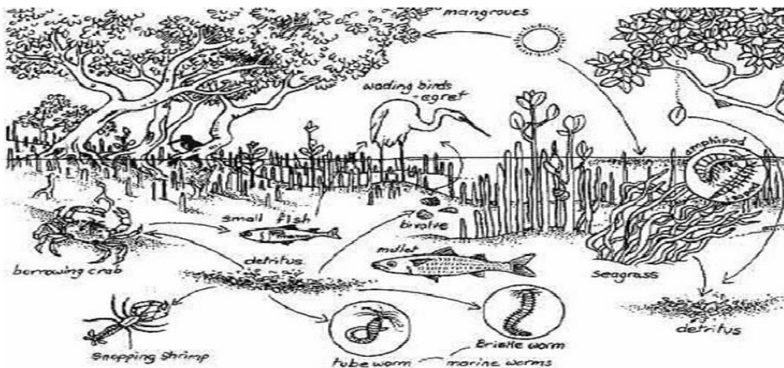
1. Mangrove daratan (zona belakang) yang merupakan zona terdalam dibelakang zona mangrove sejati. Pada zona ini dapat dijumpai jenis-jenis mangrove asosiasi.
2. Mangrove tengah yang merupakan zona ini terletak dibelakang zona terbuka, umumnya didominasi oleh *Rhizophora* namun *Bruguiera* juga sering tumbuh pada zona ini.
3. Mangrove terbuka merupakan mangrove yang berada di zona bagian yang berhadapan dengan laut dan didominasi oleh *Sonneratia* dan *Avicennia*. Pada *Rhizophora* juga terdapat pada zona ini.

4. Mangrove payau yang merupakan zona ini berada di sepanjang sungai berair payau hingga hampir tawar. Zona ini biasanya didominasi oleh komunitas *Nypa* atau *Sonneratia*



Gambar 2.1. Zona umum mangrove (Noor *et al* ,1999 dalam Muzaki *et al*,2012)

Fungsi mangrove terhadap suplai energi keperairan pantai dapat dilihat dari perannya dalam proses penguraian melepaskan unsur-unsur mineral seperti nitrogen, fosfor, dan unsur esensial zat hara lainnya. Unsur mineral ini merupakan kunci kesuburan dalam transfer energi dan rantai makanan. Detritus tumbuh-tumbuhan atau detritus organik tersebut merupakan sumber bahan makanan bagi organisme di atasnya, seperti berbagai jenis zooplankton, udang, ikan, kepiting, moluska, nematoda, dan amphipoda (Bismark dan Sawitri, 2010).



Gambar 2.2 Rantai Detritus Tumbuhan Mangrove (Bismark dan Sawitri, 2010).keterangan : mangrove merupakan penghasil serasah yang berbentuk daun ranting dan bunga yang jatuh di perairan selanjutnya terurai oleh detritivor/pengurai. Detritus yang mengandung senyawa organik kemudian akan dimakan oleh krustasea, bakteri, alga dan moluska yang bertindak sebagai konsumen tingkat 1. Khusus untuk bakteri dan alga akan dimakan protozoa sebagai konsumen tingkat 2. Protozoa ini kemudian akan dimakan amphipoda sebagai konsumen tingkat 3, kemudian krustasea ataupun amphipoda ini dimakan oleh ikan kecil sebagai konsumen tingkat 4 dan selanjutnya dimakan oleh ikan besar konsumen tingkat 5 dan untuk konsumen tingkat 6 terdiri atas ikan besar maupun burung pemakan ikan dan pada akhirnya tingkat 6 ini akan mati dan diuraikan oleh detritus sehingga akan menghasilkan senyawa yang bisa dimanfaatkan oleh tumbuhan mangrove tersebut

Menurut Gunarto (2004), mangrove tumbuh subur di daerah muara sungai atau estuari yang merupakan daerah tujuan akhir dari partikel-partikel organik ataupun endapan lumpur yang terbawa dari daerah hulu akibat adanya erosi. Kesuburan daerah ini juga ditentukan oleh adanya pasang surut yang menransportasi nutrient. Tingginya bahan organik di perairan hutan mangrove memungkinkan hutan ini dimanfaatkan sebagai daerah asuhan (*nursery ground*) bagi biota yang hidup pada ekosistem mangrove, fungsi yang lain sebagai daerah mencari makan (*feeding ground*) karena mangrove merupakan produsen primer yang mampu menghasilkan sejumlah besar detritus dari daun dan dahan pohon mangrove dimana tersedia banyak makanan bagi biota-biota yang mencari makan pada ekosistem mangrove tersebut, dan fungsi yang ketiga adalah sebagai daerah pemijahan (*spawning ground*) bagi ikan-ikan tertentu agar terlindungi dari ikan predator, sekaligus mencari lingkungan yang optimal untuk memisah dan membesarkan anaknya. Selain itu, juga merupakan pemasok larva udang, ikan dan kepiting (Claridge dan Burnett, 1993).

2.2.3 Gambaran Umum Mangrove di Indonesia

Negara Indonesia merupakan negara yang mempunyai luas hutan mangrove terluas didunia dengan keragaman hayati terbesar dan struktur paling bervariasi di dunia. Berdasarkan data Direktorat Jendral Rehabilitas Lahan dan Perhutanan Sosial (2001) dalam Gunarto (2004) luas hutan Mangrove di Indonesia pada tahun 1999 diperkirakan mencapai 8,60 juta hektar akan tetapi sekitar 5,30 juta hektar dalam keadaan rusak. Sedangkan data luas hutan Mangrove di Indonesia pada tahun 2004 hanya mencapai 3.062.300 ha atau 19% dari luas hutan Mangrove di dunia dan merupakan terbesar di dunia melebihi Australia (10%) dan Brazil (7%).

Umumnya mangrove dapat ditemukan di seluruh kepulauan Indonesia (Gambar 2.3).Mangrove terluas terdapat di Irian Jaya sekitar 1.350.600 ha (38%), Kalimantan 978.200 ha (28 %) dan Sumatera 673.300 ha (19%) (Dit. Bina Program INTAG, 1996). Di daerah daerah ini dan juga daerah lainnya, mangrove tumbuh dan berkembang dengan baik pada pantai yang memiliki sungai yang besar dan terlindung. Walaupun mangrove dapat tumbuh di sistem lingkungan lain di daerah pesisir, perkembangan yang paling pesat tercatat di daerah tersebut.



Gambar 2.3 Peta Penyebaran Mangrove di Indonesia (Sumber: landsat.visibleearth.nasa.gov, 2018) keterangan: warna hijau menunjukkan penyebaran mangrove di Indonesia

Sejauh ini di Indonesia tercatat setidaknya 202 jenis tumbuhan mangrove, meliputi 89 jenis pohon, 5 jenis palma, 19 jenis pemanjat, 44 jenis herba tanah, 44 jenis epifit dan 1 jenis paku. Dari 202 jenis tersebut, 43 jenis (diantaranya 33 jenis pohon dan beberapa jenis perdu) ditemukan sebagai mangrove sejati (*true mangrove*), sementara jenis lain ditemukan disekitar mangrove dan dikenal sebagai jenis mangrove ikutan (*asociate mangrove*) (Muzaki, *et al.*, 2012). Di seluruh dunia, Saenger, (1983) mencatat sebanyak 60 jenis tumbuhan mangrove sejati. Dengan demikian terlihat bahwa Indonesia memiliki keragaman jenis yang tinggi. 33 Seluruh jenis mangrove tersebut telah dideskripsikan dalam manuskrip Bahasa Inggris dari panduan ini. Dalam panduan edisi Bahasa Indonesia ini, jenis mangrove yang dideskripsikan hanya mencakup 60 jenis, meliputi 43 jenis mangrove sejati dan 17 jenis mangrove ikutan.

Di Surabaya, keanekaragaman mangrove dapat dijumpai di 6 (enam) lokasi yaitu sekitar muara kali Sememi (Tambak Osowilangun), Tambak Wedi, Mulyosari, Keputih, Wonorejo dan Gununganyar. Gambar 2.4 menjelaskan tentang lokasi mangrove di pesisir utara dan timur Surabaya.



Gambar 2.4 Peta Penyebaran Mangrove di Kota Surabaya (Muzaki *et al*,2012) keterangan: warna kuning menunjukkan penyebaran mangrove di Surabaya

Terdapat 41 spesies mangrove di pesisir Utara dan Timur Surabaya. Dua puluh dua spesies diantaranya termasuk jenis mangrove sejati dan sisanya (19 spesies) merupakan jenis mangrove asosiasi. Pada daerah-daerah tempat tumbuhnya mangrove tersebut, memiliki ketebalan rata-rata berkisar antara 30 – 80 meter namun ada yang mencapai ketebalan hingga 300 meter. Kerapatan tegakan pohon mangrove di daerah tersebut di atas bervariasi, antara 500 – 2000 tegakan pohon per hektar sehingga dapat dikategorikan dalam kondisi “rusak (jarang)” hingga “baik (rapat)”; mengacu pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 201 Tahun 2004 tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove di luar kawasan konservasi. Di Surabaya, pola zonasi mangrove tidak jauh berbeda dengan zona mangrove di Asia, yaitu bagian terdepan umumnya ditumbuhi oleh *Avicennia* dan *Sonneratia*. Dibelakang zona ini tumbuh *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Lumnitzera*, *Xylocarpus*, *Nypa* dan berbagai jenis mangrove asosiasi. Zona belakang umumnya didominasi oleh *Acanthus*, *Sesuvium* dan berbagai jenis mangrove asosiasi lainnya. Di sepanjang sempadan sungai mendekati muara didominasi oleh mangrove jenis *Avicennia* dan *Sonneratia*. Lebih kearah dalam umum dijumpai *Rhizophora*, *Acanthus* dan *Nypa*, dilanjutkan oleh Hibiscus yang diselingi *Sonneratia* dan *Phragmites* (glagah).

Pada area mangrove di Wonorejo yang memiliki luas wilayah sekitar 648.453 Ha dengan ketebalan mangrove zona terbuka di sempadan pantai mencapai 40 – 200 meter dengan dominasi api-api putih (*Avicennia marina*). Jenis mangrove lain di area ini *Avicennia officinalis*, *Sonneratia alba*, *Xylocarpus mollucensis*, *Bruguiera cylindrica*, *Rhizophora apiculata* dan *Rhizophora mucronata*. Sedangkan Zona tengah terdapat di belakang zona terbuka. Zona tengah disini diperkirakan bukan

merupakan mangrove alami mengingat zona tersebut berada di kawasan pertambakan dengan jenis mangrove api-api putih (*Avicennia marina*) di pematang tambak (Muzaki *et al.*,2012).

Zona mangrove payau terdapat di sepanjang sempadan kali Jagir dan kali Wonorejo. Ketebalan mangrove di sempadan kali Jagir bervariasi antara 10 – 60 meter. Jenis dominan di sempadan kali Jagir dan kali Wonorejo adalah bogem (*Sonneratia caseolaris*), berselang-seling dengan waru (*Hibiscus tiliaceus*), sedikit nipah (*Nypa fruticans*) dan bakau/tanjang (*Rhizophora mucronata*). (Muzaki *et al.*,2012)

2.2.4 Mangrove *Rhizophora mucronata*

Klasifikasi tumbuhan mangrove *Rhizophora mucronata* menurut Puspayanti *et al.*, 2013 adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Magnoliophyta
Clasis	: Magnoliopsida
Ordo	: Myrtales
Familia	: Rhizophoraceae
Genus	: <i>Rhizophora</i>
Species	: <i>Rhizophora mucronata</i>



Gambar 2.5 Mangrove *Rhizophora mucronata* (Muzaki *et al.*,2012)

Mangrove *Rhizophora mucronata* merupakan tumbuhan dengan tinggi yang dapat mencapai 20 m dengan kulit batang kasar dan berwarna abu-abu kehitaman. Daun yang berbentuk elip sampai bulat panjang dengan ukuran 10-16 cm, ujung daun yang meruncing dengan duri (*mucronatus*). Permukaan bawah tulang daun berwarna kehijauan dengan bintik-bintik hitam yang tidak merata. Karangan bunga yang tersusun atas 4-8 bunga tunggal, kelopak ada 4 berwarna kuning gading, mahkota ada 4 berambut pada bagian pinggir dan belakang, benang sari ada 8 dengan tangkai putik yang panjang sampai 1-2 mm dengan ujung berbelah dua. Buah berbentuk mirip jambu air dengan ukuran 2-2,3 cm berwarna hijau kekuningan, hipokotil silindris berdiameter 2-2,5 cm panjang dapat mencapai 90 cm, dengan permukaan berbintik-bintik yang berwarna hijau kekuningan. Berakar tunjang, habitat tanah yang berlumpur dalam dan sedikit berpasir (Ashton, 1988; Backer dan Bakhuizen v.d. Brink, 1963; Chapman, 1976; Ding-Hou, 1958; Fernando dan Pancho, 1980; Kitamura *et al.*, 1997; Noor *et al.*, 1999; Tomlinson, 1986 dalam Sudarmaji, 2004).

Spesies mangrove mampu tumbuh pada lingkungan dengan salinitas rendah hingga tinggi. Menurut Sulistiyowati (2009) jenis mangrove *Rhizophora sp* memiliki adaptasi yang tinggi dan dapat tumbuh pada salinitas 32-34 ppt dibandingkan dengan jenis mangrove lainnya. Kemampuan ini disebabkan adanya mekanisme ultrafiltrasi pada akar untuk mencegah masuknya garam, adanya sistem penyimpanan garam, dan adanya sistem ekskresi pada daun untuk membuang garam yang terlanjur masuk ke jaringan tubuh (Setyawan *et al.*, 2005).

Bakau (*Rhizophora mucronata*) merupakan salah satu jenis tumbuhan mangrove yang mempunyai habitat dekat atau terletak pada pematang sungai pasang surut dan di muara sungai. Jenis ini masuk dalam flora mangrove inti yang mempunyai peran utama dalam formasi mangrove (Kusmana *et al.*, 2003). Ekosistem mangrove merupakan tipe ekosistem yang pertama terkena pengaruh berbagai dampak yang akan terjadi akibat

perubahan iklim. Hal ini berkaitan dengan lokasi ekosistem yang berada di daerah peralihan antara laut dan darat.

Komponen perubahan iklim yang memberikan dampak terhadap ekosistem mangrove meliputi perubahan muka air laut, perubahan siklus hidrologi, badai, presipitasi, suhu dan konsentrasi CO₂ di udara. Dari sekian banyak dampak yang terjadi, naiknya muka air laut dianggap salah satu ancaman terbesar (Field 1995 dalam Gilman, 2008).

2.3 Mangrove dan Perubahan Iklim

Perubahan iklim memberikan dampak terhadap ekosistem mangrove meliputi perubahan muka air laut, perubahan siklus hidrologi, badai, suhu dan konsentrasi CO₂ di udara. Berkaitan dengan fenomena perubahan iklim ini, salah satu cara untuk mengurangi dampak pemanasan global adalah meningkatkan peran hutan sebagai penyerap karbondioksida melalui sistem pengelolaan hutan alam, dan hutan tanaman. Usaha tersebut dapat didukung dengan adanya kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi GRK secara berkala dari berbagai sumber emisi (*source*) dan penyerapnya (*sink*), termasuk simpanan karbon (*carbon stock*) (Prasetyo *et al.*, 2012).

Sebagai ekosistem yang berada di daerah peralihan antara laut dan darat, mangrove merupakan tipe ekosistem yang pertama terkena pengaruh berbagai dampak yang akan terjadi akibat perubahan iklim global. Seperti diutarakan oleh beberapa ahli, di antaranya Field (1995) dalam Wihel, (2014), kebanyakan mangrove di berbagai belahan dunia akan mengalami stres dan hilang dalam kondisi peningkatan suhu udara, perubahan rejim hidrologi, peningkatan muka air laut, dan peningkatan besar serta frekuensi bencana badai tropis..

Ellison and Stoddart (1991) melaporkan bahwa di wilayah Caribbean dan Pasifik mangrove masih dapat berkembang pada kenaikan muka air laut sekitar 8-9 cm/100 tahun mangrove mengalami stres, dan kenaikan diatas 12 cm/100 tahun mangrove

hilang. Dengan demikian, nampaknya mangrove akan terhindar dari kepunahan apabila laju deposisi sedimen dapat mengimbangi laju kenaikan muka air laut, seperti sering terjadi di pulau-pulau besar dan pulau-pulau oseanik yang relatif tinggi dimana sering terbentuknya delta dari sungai-sungai besar dan adanya pasokan runoff yang cukup dari air hujan dan aliran sungai, atau pada situasi dimana terjadinya deposisi sedimen marine dalam jumlah yang banyak, maka mangrove akan tetap tumbuh dan berkembang dengan baik. Tetapi, sebaliknya pada daerah-daerah gurun seperti di Laut Merah diprediksi mangrove akan hilang dengan adanya kenaikan muka laut.

Hal ini sejalan dengan Hoppe-Speer (2011) bahwa perlakuan lama penggenangan yang berkelanjutan akan mengakibatkan rendahnya proses fotosintesis dan terganggunya stomata. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa mangrove mengalami stres/tekanan. Lama penggenangan dianggap berpengaruh terhadap ketersediaan oksigen yang dibutuhkan tanaman. Pada tanah yang tergenang, pori-pori tanah tertutup oleh air sehingga konsentrasi oksigen dalam tanah sangat kecil (Hogart 2007 dalam Kusmana,2011). Kondisi ini menyebabkan kandungan oksigen terlarut menjadi rendah. Oksigen terlarut sangat penting bagi pertumbuhan mangrove karena berkaitan dengan proses fotosintesis dan respirasi.

2.4 Biomassa

2.4.1 Pengertian Biomassa

Biomassa adalah total berat atau volume organisme dalam suatu area atau volume tertentu (IPCC, 2001). Biomassa juga didefinisikan sebagai total jumlah materi hidup di atas permukaan pada suatu pohon dan dinyatakan dengan satuan ton berat kering per satuan luas (Brown, 1997 dalam Dharmawan, 2010). Menurut Claridge dan Burnett, 1993. Biomassa terdiri sebagai berikut :

1. Biomassa hutan (*Forest biomass*) adalah keseluruhan volume makhluk hidup dari semua species pada suatu waktu tertentu

- dan dapat dibagi ke dalam 3 kelompok utama yaitu pohon, semak dan vegetasi yang lain.
2. Pohon secara lengkap (*Complete tree*) berisikan keseluruhan komponen dari suatu pohon termasuk akar, tunggul /tunggak, batang, cabang dan daun-daun.
 3. Tunggul dan akar (*Stump and roots*) mengacu kepada tunggul, dengan ketinggian tertentu yang ditetapkan oleh praktek-praktek setempat dan keseluruhan akar. Untuk pertimbangan kepraktisan, akar dengan diameter yang lebih kecil dari diameter minimum yang ditetapkan sering dikesampingkan.
 4. Batang di atas tunggul(*Tree above stump*) merupakan seluruh komponen pohon kecuali akar dan tunggul. (Dalam kegiatan forest biomass inventories, pengukuran sering dikatakan bahwa biomassa di atas tunggul/tunggak ditetapkan sebagai biomassa pohon secara lengkap.
 5. Batang (*stem*) adalah komponen pohon mulai di atas tunggul hingga ke pucuk dengan mengecualikan cabang dan daun.
 6. Batang komersial adalah komponen pohon di atas tunggul dengan diameter minimal tertentu.
 7. Tajuk pohon (*Stem topwood*) adalah bagian dari batang dari diameter ujung minimal tertentu hingga ke pucuk, bagian ini sering merupakan komponen utama dari sisa pembalakan.
 8. Cabang (*branches*) semua dahan dan ranting kecuali daun.
 9. Dedaunan (*foliage*) semua duri-diri, daun, bunga dan buah.

2.4.2 Pengukuran Biomassa

Dalam perkembangannya, pengukuran biomassa hutan mencakup seluruh biomassa hidup yang ada di atas dan di bawah permukaan dari pepohonan, semak, palem, anakan pohon, dan tumbuhan bawah lainnya, tumbuhan menjalar, liana, epifit dan sebagainya ditambah dengan biomassa dari tumbuhan mati seperti kayu dan serasah. Selain hutan, habitat terestrial lainnya yang memiliki vegetasi juga mampu menyimpan karbon dalam biomasnya. Di antaranya adalah lahan pertanian, perkebunan,

lahan gambut, tambak, pesisir, dan ekosistem perkotaan yang ditumbuhi banyak pohon (Lal, R and Bruce A, 2012) . Akan tetapi, konversi, degradasi, atau manajemen ekosistem yang tidak berkelanjutan berdampak terhadap pelepasan karbon ke atmosfer.

Pohon (dan organisme foto-ototrof lainnya) melalui proses fotosintesis menyerap CO₂ dari atmosfer dan mengubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa tubuhnya seperti dalam batang, daun, akar, umbi buah dan-lain-lain (Chanan,2012) Keseluruhan hasil dari proses fotosintesis ini sering disebut juga dengan produktifitas primer. Dalam aktifitas respirasi, sebagian CO₂ yang sudah terikat akan dilepaskan kembali dalam bentuk CO₂ ke atmosfer. Selain melalui respirasi, sebagian dari produktifitas primer akan hilang melalui berbagai proses misalnya herbivory dan dekomposisi. Sebagian dari biomassa mungkin akan berpindah atau keluar dari ekosistem karena terbawa aliran air atau agen pemindah lainnya. Kuantitas biomassa dalam hutan merupakan selisih antara produksi melalui fotosintesis dan konsumsi. Perubahan kuantitas biomassa ini dapat terjadi karena suksesi alami dan oleh aktifitas manusia seperti silvikultur, pemanenan dan degradasi (Dharmawan, 2010) .

Terdapat empat metode untuk menghitung biomassa, yaitu (1) sampling dengan pemanenan (*destructive sampling*) secara *in situ*; (2) sampling tanpa pemanenan (*non-destructive sampling*); (3) pendugaan melalui penginderaan jauh; dan (4) pembuatan model. Masing-masing metode tersebut, data yang dihasilkan diekstrapolasi ke area yang lebih luas menggunakan persamaan allometrik (Sutaryo, 2009).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survey lapangan dengan eksploratif. Penelitian eksploratif merupakan metode penelitian yang mengkaji dan mengungkapkan sesuatu dari lapangan sebagai suatu temuan yang dapat digunakan untuk menyusun model dan menarik kesimpulan (Sutaryo, 2009).

Pengambilan data untuk sampling vegetasi di lapangan menggunakan metode transek kuadrat. Prosedur dalam pengukuran biomassa pohon dilakukan dengan cara *non destructive* dengan catatan jenis tanaman yang diukur sudah diketahui rumus allometriknya. Dalam hal ini prosedur untuk pengukuran biomassa di atas permukaan tanah menggunakan prosedur menurut Hairiah dan Rahayu (2007). Analisis pendugaan biomassa vegetasi mangrove di atas permukaan tanah menggunakan persamaan alometrik berdasarkan spesies tanaman menurut Clough dan Scott (1989) serta Chukwamdeel dan Anunsiriwat (1997) dalam Sutaryo (2009).

Perhitungan biomassa dalam penelitian ini dilakukan dengan metode *non-destructive* sampling secara *in situ*. Metode ini merupakan cara sampling biomassa dengan melakukan pengukuran tanpa melakukan pemanenan. Mekanismenya dilakukan dengan mengukur diameter pohon dan menggunakan persamaan allometrik untuk mengekstrapolasi biomassa. Dalam studi biomassa hutan atau pohon, persamaan allometrik digunakan untuk mengetahui hubungan antara ukuran pohon (diameter atau tinggi) dengan berat (kering) pohon secara keseluruhan (Sutaryo, 2009).

Sebagian besar karbon hutan di atas-permukaan berasal dari biomasa pohon. Tabel volume biomasa berdasarkan persamaan alometrik sangat membantu dalam penghitungan biomasa dan karbon di atas tanah. Hal ini dikarenakan sulitnya pengukuran tinggi pohon selama inventarisasi hutan, sehingga menyebabkan kesalahan yang sangat besar jika digunakan untuk pendugaan karbon. Karena itu, persamaan allometrik meningkatkan akurasi pendugaan karbon dan memudahkan proses pelaksanaan inventarisasi hutan (Manuri *et al.*, 2011).

Persamaan allometrik secara umum sebagai berikut:

$$Y = a + bX$$

Keterangan : Y : Ukuran yang diprediksi
 X : Bagian yang diukur
 b : Kemiringan atau koefisien regresi
 a : Nilai perpotongan dengan sumbu vertikal

Namun, beberapa peneliti telah menyusun dan menguji persamaan allometrik untuk mengestimasi biomassa kategori tegakan tertentu, sehingga persamaan tersebut dapat dijadikan landasan umum untuk melakukan estimasi biomassa. Kategori tegakan tertentu dan persamaan allometriknya dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Persamaan Allometrik untuk Masing-masing Kategori Tegakan

No	Tegakan	Persamaan Allometrik	Refrensi
1.	Pohon	$B = 0.1466DBH^{2,3136}$	Dharmawan, (2010)
2	Pancang	$B = 0.128 DBH^{2,60}$	Fromard <i>et al.</i> , (1998)

Keterangan: B = Biomassa (kg); DBH= *diameter at breast high* masing-masing tegakan mangrove

2.5 Stok Karbon

2.5.1 Pengertian Stok Karbon

Cadangan karbon merupakan kandungan karbon tersimpan baik itu pada permukaan tanah sebagai biomasa tanaman, sisa tanaman yang sudah mati (nekromasa), maupun dalam tanah sebagai bahan organik tanah. Sebagian besar karbon hutan di atas-permukaan berasal dari biomasa pohon (Manuri *et al.*, 2011).

Hutan alami merupakan penyimpan karbon (C) tertinggi bila dibandingkan dengan sistem penggunaan lahan (SPL) pertanian, dikarenakan keragaman pohonnya yang tinggi, dengan tumbuhan bawah dan seresah di permukaan tanah yang banyak (Hairiah dan Rahayu, 2007). Pembukaan hutan untuk dijadikan lahan pertanian baru dapat menyebabkan pelepasan karbon (C) ke atmosfer. Karbon (C) yang pada awalnya tersimpan dalam pepohonan dan tanaman lainnya dilepaskan melalui pembakaran (dalam bentuk asap) atau terdekomposisi diatas ataupun dibawah permukaan tanah sewaktu pembukaan lahan (land clearing) (Hairiah dan Rahayu, 2007). Hutan mangrove memiliki potensi besar dalam penyerapan karbon Meski hanya memiliki luas 0,7% dari luasan hutan, akan tetapi mangrove dapat menyimpan sekitar 10% dari semua emisi (Prakoso *et al.*,2017).

2.5.2 Pengukuran Stok Karbon

Nilai biomassa yang telah diketahui dapat digunakan untuk menduga stok karbon yang tersimpan dalam vegetasi karena 45-50% bahan kering (biomassa) tumbuhan terdiri dari kandungan karbon, dimana tumbuhan melalui proses fotosintesis menyerap CO₂ dari atmosfer dan merubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa seperti dalam batang, daun, akar, umbi, buah dan lainnya (Chanan, 2012). Sehingga dari hasil perhitungan biomassa dapat diubah dalam bentuk karbon melalui proses perkalian nilai biomassa dengan faktor konversi sebesar 0,5 (Dharmawan, 2010).

$$C = 0,5 B$$

Keterangan : C = Jumlah stok karbon (ton/Ha)
B = Biomassa (kg)

2.6 Sekuestrasi Karbon

2.6.1 Pengertian Sekuestrasi Karbon

Sekuestrasi karbon (*carbon sequestration*) merupakan proses mendeskripsikan ketika CO₂ dari atmosfer atau sumber emisi disimpan di lautan, lingkungan terestrial (vegetasi, tanah, dan sedimen), dan formasi bebatuan. Siklus ini untuk menjaga keseimbangan penyerapan CO₂ dan pelepasannya kembali ke atmosfer. Namun dalam pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi menyebabkan CO₂ banyak terlepas ke atmosfer dan tetap bertahan, sehingga konsentrasinya semakin meningkat (USGS, 2008).

Jenis habitat mempunyai daya serap CO₂ yang berbeda karena adanya perbedaan biomassa dan stok karbon. Jumlah biomassa hutan dan cadangan karbon juga sangat bergantung pada proses fisiologis tumbuhan yaitu fotosintesis. Besarnya laju fotosintesis tegakan berhubungan dengan kandungan klorofil, jumlah stomata persatuan luas daun, dan umur tegakan. Semakin besar luas daun tegakan persatuan lahan akan semakin meningkatkan besarnya CO₂ yang diserap oleh tegakan. Luas daun akan bertambah banyak sejalan dengan bertambahnya umur tegakan. Oleh karena itu, dapat diduga bahwa umur tegakan akan berpengaruh terhadap biomassa dan jumlah karbon yang tersimpan pada suatu tegakan (Lukito & Rohmatiah, 2013).

2.6.2 Pengukuran Potensi Sekuestrasi Karbon

Nilai karbon tersimpan yang diperoleh dikalikan dengan 3,67 untuk mengetahui besarnya serapan CO₂. Nilai 3,67 merupakan konstanta untuk mengkonversi karbon menjadi bentuk CO₂ (Imiliyana *et al.*, 2014). Nilai tersebut berasal dari rumus berikut ;

$$\text{Serapan } CO_2 = \frac{Mr \text{ } CO_2}{Ar \text{ } C} \times \text{Kandungan } C$$

Keterangan :

Mr CO₂ = Berat Molekul Senyawa CO₂ (44)

Ar C = Berat Molekul relative atom C (12)

Kandungan C = Jumlah stok karbon (Ton/Ha)

Nilai kandungan C didapatkan hasil dari estimasi stok karbon yang di konversi (Imiliyana *et al.*, 2014).

Serapan CO₂ (Ton/Ha)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di lahan mangrove wonorejo melalui tiga tipe titik sampling yaitu Bozem, Tambak dan dekat muara yang dianggap mewakili di lahan mangrove Pantai Timur Surabaya dan analisa data dilakukan di Laboratorium Ekologi, Departemen Biologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penelitian dilaksanakan selama Bulan September 2017 – Desember 2018.



Gambar 3.1 Peta Lokasi penelitian di lahan mangrove wonorejo Pantai Timur Surabaya skala peta 1 : 4,79 Km (Sumber: *Google earth*, 2018).

Keterangan ;

Titik GPS dekat muara :7°18'22.01"S 112°50'36.63"E

Titik GPS Bozem :7°18'44.07"S 112°49'25.32"E

Titik GPS Tambak :7°19'0.58"S 112°49'51.18"E

3.2 Metode Penelitian

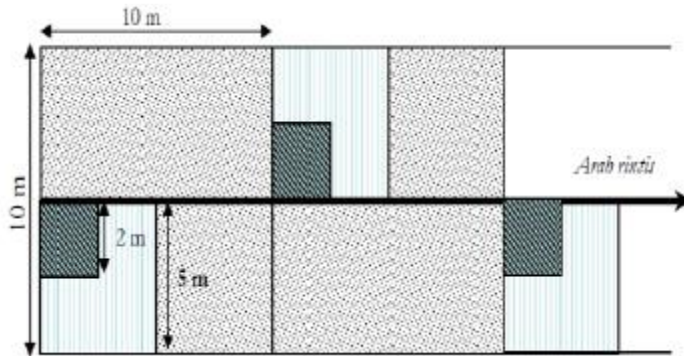
3.2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan selama penelitian meliputi GPS untuk menentukan titik koordinat. Tali rafia dan rol 30 meter digunakan untuk membuat line dan kuadaran transek pada sampling lapangan. Meteran jahit digunakan pengukuran keliling batang setinggi dada (*Girt at Breast Height*).Jangka sorong (*caliper*) digunakan untuk mengukur diameter setinggi dada (DBH) secara langsung.Buku identifikasi mangrove digunakan untuk mengidentifikasi jenis mangrove. Kamera digital digunakan untuk dokumentasi.

3.2.2 Sampel dan Cara Pengambilan Sampel Estimasi Biomassa Mangrove

Sampel penelitian ini adalah mangrove jenis *Rizophora Mucronata* di Wonorejo Surabaya yang mewakili populasi hutan mangrove di lokasi penelitian.

Cara pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode transek kuadrat, yakni pada setiap habitat dibuat garis transek dengan jarak antara plot sejauh 60 m yang memotong vegetasi dan mengikuti kontur wilayah. Pada plot 10 x 10 m ini dipakai untuk menganalisa kelas tegakan pohon. Di dalam plot 10 x 10 m dibuat sub plot yang berukuran 5 x 5 m untuk menganalisa tingkat pancang . Metode transek kuadrat yang digunakan untuk sampling estimasi biomassa dapat dilihat pada Gambar 3.1. Sedangkan kategori tegakan serta ukuran kuadrat untuk masing-masing tegakan dapat dilihat pada Tabel 3.1



Gambar 3.2 Metode transek kuadrat untuk pengambilan sampel estimasi biomassa (Nurrahman *et al.*, 2012) keterangan : Pada plot 10 x 10 m untuk tegakan pohon. Sub plot yang berukuran 5 x 5 m untuk tingkat pancang dan 2 x 2 m untuk tingkat semai

Tabel 3.1. Kategori Tegakan dan Ukuran Kuadrat untuk Sampling Estimasi Biomassa (Nurrahman *et al.*, 2012)

No	Kategori Tegakan	Diameter (cm)	Tinggi (m)	Ukuran Kuadrat
1	Pohon (<i>Tree</i>)	> 10 cm	> 1,5	10 x 10
2	Pancang (<i>sapling</i>)	< 10 cm	1-1,3	5 x 5

3.2.3 Pengukuran Diameter Mangrove

Pengukuran diameter batang pohon dilakukan setinggi dada orang dewasa (DBH = *diameter at breast high* = 1,3 m dari permukaan tanah). Sedangkan tanaman kategori pancang diukur 30 cm dari pangkal tanaman (Gilman *et al.*, 2008). Kemudian pengukuran keliling batang setinggi dada (*Girth at Breast Hight*) dengan menggunakan meteran jahit, dimana pengukuran keliling dapat digunakan untuk menentukan diameter setinggi dada (DBH). pengukuran dilakukan dengan cara melilitkan meteran jahit pada batang setiap habitus, dengan posisi meteran jahit

sejajar untuk semua arah atau dengan menggunakan jangka sorong (*caliper*) secara langsung sehingga data yang diperoleh adalah diameter

Perhitungan biomassa dalam penelitian ini dilakukan dengan metode *non-destructive* sampling secara *in situ*. Metode ini merupakan cara sampling estimasi biomassa atas permukaan dengan melakukan pengukuran tanpa melakukan pemanenan. Mekanismenya dilakukan dengan mengukur diameter pohon dan menggunakan persamaan allometrik untuk mengekstrapolasi biomassa. Dalam studi biomassa hutan atau pohon, persamaan allometrik digunakan untuk mengetahui hubungan antara ukuran pohon (diameter atau tinggi) dengan berat (kering) pohon secara keseluruhan (Sutaryo, 2009).

Sebagian besar karbon hutan di atas-permukaan berasal dari biomasa pohon. Tabel volume biomasa berdasarkan persamaan allometrik sangat membantu dalam penghitungan biomasa dan karbon di atas tanah. Hal ini dikarenakan sulitnya pengukuran tinggi pohon selama inventarisasi hutan, sehingga menyebabkan kesalahan yang sangat besar jika digunakan untuk pendugaan karbon. Karena itu, persamaan allometrik meningkatkan akurasi pendugaan karbon dan memudahkan proses pelaksanaan inventarisasi hutan (Manuri *et al.*, 2011).

3.2.4 Analisis Kerapatan Vegetasi Mangrove

Menurut Kusmana (1997) dalam fajar *et al.*, (2015), untuk analisis kerapatan dan vegetasi mangrove dilakukan dengan cara perhitungan berikut:

$$1. \quad \text{Kerapatan (K)} = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{luas seluruh petak contoh}}$$

$$2. \quad \text{Kerapatan Relatif (KR)} = \frac{\text{kerapatan suatu jenis}}{\text{kerapatan seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$3. \quad \text{Frekuensi (F)} = \frac{\text{Jumlah petak}}{\text{jumlah seluruh petak}}$$

4. **Frekuensi Relatif (FR)** = $\frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{frekuensi semua jenis}} \times 100\%$
5. **Dominasi (D)** = $\frac{\text{Luas bidang dasar jenis}}{\text{Luas seluruh petak contoh}}$
6. **Dominasi Relatif (DR)** = $\frac{\text{dominasi suatu jenis}}{\text{dominasi seluruh jenis}} \times 100\%$

Jumlah nilai kerapatan relatif jenis (KR), frekuensi relatif jenis (FR), dan Dominasi relatif jenis (DR) menunjukkan Nilai Penting jenis (INP) yang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{INP} = \text{KR} + \text{FR} + \text{DR}$$

Selanjutnya untuk memperoleh gambaran kondisi mangrove dilakukan perhitungan tingkat kerusakan mangrove berdasarkan kepada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 201 Tahun 2004 tanggal 13 Oktober 2004 tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove

3.3 Analisis Data

3.3.1 Ekstrapolasi Biomassa

Data diameter tegakan yang telah diperoleh selanjutnya dimasukkan kedalam persamaan allometrik untuk memperoleh nilai total biomassa masing-masing jenis tegakan. Dalam studi biomassa hutan atau pohon, persamaan allometrik digunakan untuk mengetahui hubungan antara ukuran pohon (diameter atau tinggi) dengan berat (kering) pohon secara keseluruhan (Sutaryo, 2009). Persamaan allometrik secara umum sebagai berikut:

$$Y = a + bX$$

Keterangan :
 Y : Ukuran yang diprediksi
 X : Bagian yang diukur
 b : Kemiringan atau koefisien regresi
 a : Nilai perpotongan dengan sumbu vertikal

Setiap kategori tegakan memiliki persamaan allometrik yang berbeda-beda. Persamaan allometrik yang digunakan untuk masing-masing kategori tegakan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Persamaan Allometrik untuk Masing-masing Kategori Tegakan

No	Tegakan	Persamaan Allometrik	Refrensi
1.	Pohon	$B = 0.1466DBH^{2,3136}$	Dharmawan, (2010)
2	Pancang	$B = 0.128 DBH^{2,60}$	Fromard <i>et al.</i> , (1998)

Keterangan: B= Biomassa (kg); DBH= *diameter at breast high* masing-masing tegakan mangrove

3.3.2 Estimasi Stok Karbon

Nilai biomassa yang telah diketahui dapat digunakan untuk menduga stok karbon yang tersimpan dalam vegetasi karena 45-50% bahan kering (biomassa) tumbuhan terdiri dari kandungan karbon, dimana tumbuhan melalui proses fotosintesis menyerap CO₂ dari atmosfer dan merubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa seperti dalam batang, daun, akar, umbi, buah dan lainnya (Chanan, 2012). Sehingga dari hasil perhitungan biomassa dapat diubah dalam bentuk karbon melalui proses perkalian nilai biomassa dengan faktor konversi sebesar 0,5 (Dharmawan, 2010).

$$C = 0,5 B$$

Keterangan : C = Jumlah stok karbon (ton/Ha)
B = Biomassa (kg)

3.3.3 Estimasi Sekuestrasi Karbon

Jenis habitat mempunyai daya serap CO₂ yang berbeda karena adanya perbedaan biomassa dan stok karbon. Nilai karbon tersimpan yang diperoleh dikalikan dengan 3,67 untuk mengetahui besarnya serapan CO₂. Nilai 3,67 merupakan konstanta untuk mengkonversi karbon menjadi bentuk CO₂ (Imiliyana *et al.*, 2014). Nilai tersebut berasal dari rumus berikut.

$$\text{Serapan CO}_2 = \frac{\text{Mr CO}_2}{\text{Ar C}} \times \text{Kandungan C}$$

Keterangan :

Mr CO₂ = Berat Molekul Senyawa CO₂ (44)

Ar C = Berat Molekul relative atom C (12)

Kandungan C = Jumlah stok karbon (Ton/Ha)

Nilai kandungan C didapatkan hasil dari estimasi stok karbon yang di konversi (Imiliyana *et al.*, 2014).

Serapan CO₂ (Ton/Ha)

3.4 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan penelitian deskripsi kuantitatif. Penelitian ini untuk mengestimasi biomassa, stok karbon dan sekuestrasi karbon mangrove dengan pengumpulan data kuantitatif secara langsung dan dilakukan perhitungan sesuai dengan rumus estimasi masing-masing variabel.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

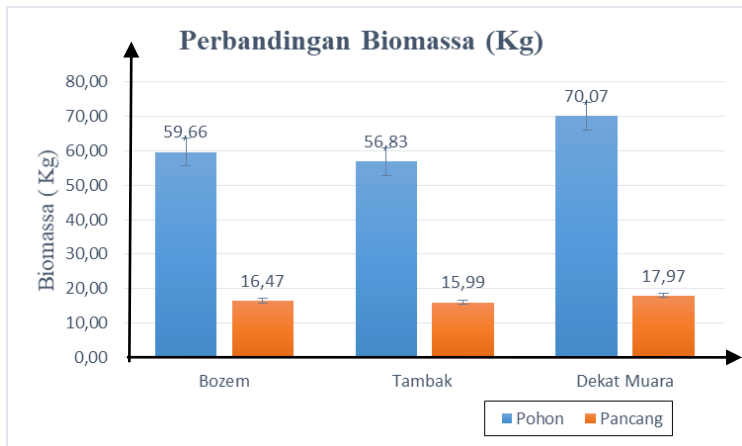
4.1 Hasil Estimasi Biomassa

Data hasil estimasi biomassa atas permukaan tanah di lahan mangrove Wonorejo Surabaya disajikan pada tabel 4.1 dan grafik perbandingan nilai estimasi biomassa yang dianggap mewakili di lahan Mangrove Wonorejo Surabaya disajikan pada gambar 4.1.

Tabel 4.1. Estimasi biomassa atas permukaan tanah di lahan mangrove Wonorejo Surabaya

Titik Lokasi	Biomassa \pm Standart Deviasi (kg)	
	Pohon	Pancang
Bozem	59,66 \pm 10,3 (n= 14)	16,47 \pm 6,61 (n=27)
Tambak	56,83 \pm 10,4 (n=6)	15,99 \pm 8,14 (n=16)
Dekat Muara	70,07 \pm 16,1 (n=32)	17,97 \pm 7,89 (n=17)

Keterangan : n (jumlah tegakan)



Gambar 4.1. Grafik perbandingan estimasi biomassa di lahan mangrove Wonorejo Surabaya

Tabel 4.2. Hasil Analisis Kerapatan Mangrove *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya

Analisis Vegetasi		Bozem	Tambak	Dekat Muara
Pohon	N	14	6	32
Pancang	N	27	16	17
Pohon	K	0,14	0,06	0,32
Pancang	K	1,08	0,64	0,68
Jumlah	N	41	22	49
	K	1,22	0,7	1.00

Keterangan

N : Jumlah Individu

K : Kerapatan

Dari tabel 4.1 estimasi biomassa di mangrove Wonorejo Surabaya dan gambar 4.1 grafik perbandingan biomassa di mangrove Wonorejo Surabaya tersebut maka dapat diketahui bahwa area pengambilan sampel mangrove *Rhizophora mucronata* yang mempunyai nilai biomassa yang paling tinggi adalah di dekat muara, khususnya pada habitus pohon dengan jumlah 32 individu yang memiliki nilai rata-rata biomassa sebesar 70,07 Kg/Individu. Sedangkan area yang mempunyai nilai biomassa terendah adalah di area Tambak pada habitus pancang dengan jumlah 16 individu yang memiliki nilai rata-rata biomassa 15,99 Kg/Individu. Menurut Sugirahayu (2011) menyatakan bahwa perbedaan biomassa di masing-masing lokasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, faktor tersebut meliputi jumlah dan kerapatan pohon, jenis pohon, fisiologis tumbuhan dan faktor lingkungan yang meliputi penyinaran matahari, kadar air, suhu dan kesuburan tanah.

Kemudian pada tabel 4.2 Hasil analisis vegetasi mangrove *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya dapat diketahui bahwa area yang memiliki nilai tingkat kerapatan yang tertinggi yaitu di area bozem yang memiliki nilai kerapatan 1,22 ind/m²

sedangkan area yang memiliki nilai kerapatan terendah yaitu tambak yang memiliki nilai kerapatan $0,7 \text{ ind/m}^2$, Hal ini sesuai yang diungkapkan Akbar *et al.*, (2015) yang menjelaskan bahwa kerapatan yang tinggi akan menyebabkan berkurangnya intensitas cahaya dan dapat menghambat pertumbuhan diameter maupun biomassa pada tumbuhan, karena hara, air, cahaya dan CO_2 yang diperoleh masing-masing individu berkurang.

Menurut Munir (2017) menjelaskan, korelasi yang signifikan antara diameter dan biomassa ini diduga berhubungan dengan laju penyerapan karbon dan proses fisiologis tumbuhan yaitu fotosintesis. Pada proses fotosintesis, CO_2 di atmosfer difiksasi oleh tumbuhan. Karbon tersebut tidak hanya berfungsi sebagai energi kimiawi pada tumbuhan, tetapi juga menyediakan kerangka karbon untuk molekul organik yang membentuk struktur tumbuhan. Secara umum, karbon, hidrogen, dan oksigen yang diasimilasi menjadi molekul organik melalui proses fotosintesis membentuk 96% dari total biomassa tumbuhan (Marschner, 1995 dalam Munir 2017). Semakin besar biomassa yang dihasilkan dari proses fotosintesis akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tumbuhan, baik pertumbuhan primer maupun sekunder

Selain karena kemampuan menyerap CO_2 yang cukup baik, tingginya nilai biomassa di dekat muara khususnya habitus pohon di lahan mangrove Wonorejo Surabaya dipengaruhi oleh kesuburan tanah, hal ini juga diungkapkan oleh Dharmawan *et al.*, (2008), tinggi rendahnya biomassa suatu ekosistem mangrove disebabkan oleh tingkat kesuburan tanah. Lokasi lahan yang berada dekat dengan muara diduga mendapat suplai partikel-partikel organik yang terbawa dari daerah hulu maupun pengaruh pasang surut yang menransportasi nutrient yang dapat meningkatnya kesuburan tanah, hal yang sama juga dikemukakan oleh Imiliyana *et al.*, (2014) bahwa habitat mangrove di sekitar muara atau estuari dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti pasang air laut, suhu, salinitas, cahaya dan keadaan tanah. Menurut Buckman and Bradi (1982) dalam Riniatsih dan

Kushartono (2009), bahan partikel organik berasal dari timbunan sisa-sisa tumbuhan maupun dari hewan yang berasosiasi dengan mangrove yang jatuh ke substrat, sehingga daerah tersebut menjadi subur. Penyumbang bahan organik di mangrove sebagian besar berasal dari daun, ranting dan batang mangrove. Aktivitas antropogenik juga diketahui meningkatkan masukan nutrisi anorganik dan karbon organik ke dalam estuari maupun perairan pesisir (Gypens *et al.*, 2009). Komponen – komponen tersebut akan dikembalikan lagi ke tumbuhan dalam bentuk unsur hara yang seperti diketahui akan diuraikan oleh mikroorganisme pengurai, sehingga penambahan biomassa ini akan semakin meningkat atau semakin tinggi seiring dengan penambahan kandungan bahan organik (Amarashinghe dan Balasubramanian (1992) dalam Supriyantini, 2017).

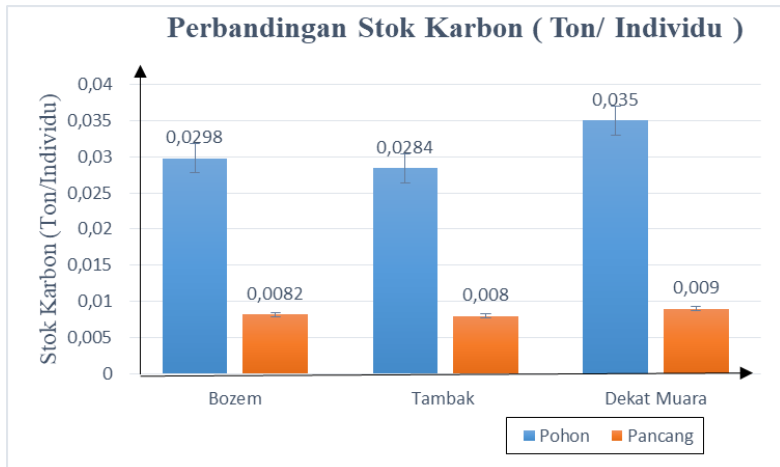
4.2 Hasil Estimasi Stok Karbon

Data hasil estimasi stok karbon di lahan mangrove Wonorejo Surabaya disajikan pada tabel 4.3 dan grafik perbandingan nilai estimasi stok karbon yang dianggap mewakili di lahan Mangrove Wonorejo Surabaya disajikan pada gambar 4.2.

Tabel 4.3. Estimasi stok karbon di lahan mangrove Wonorejo Surabaya

Titik Lokasi	Stok Karbon ± Standart Deviasi (Kg)		Stok Karbon ± Standart Deviasi (Ton/Individu)	
	Pohon	Pancang	Pohon	Pancang
Bozem	29,83 ± 7,42 (n= 14)	8,23 ± 13,7 (n=27)	0,0298 ± 7,42 (n= 14)	0,0082 ± 13,7 (n=27)
Tambak	24,81 ± 13,1 (n=6)	7,99 ± 1,89 (n=16)	0,0284 ± 13,1 (n=6)	0,0080 ± 1,89 (n=16)
Dekat Muara	35,03 ± 4,91 (n=32)	8,98 ± 1,97 (n=17)	0,0350 ± 4,91 (n=32)	0,0090 ± 1,97 (n=17)

Keterangan : n (jumlah tegakan)



Gambar 4.2. Grafik perbandingan estimasi stok karbon di lahan mangrove Wonorejo Surabaya

Dari tabel 4.3 estimasi stok karbon dan gambar 4.2 grafik perbandingan stok karbon di mangrove Wonorejo tersebut maka dapat diketahui bahwa stok karbon *Rhizophora mucronata* dengan nilai stok karbon yang paling tinggi adalah di dekat muara, khususnya pada habitus pohon dengan jumlah 32 individu yang memiliki nilai rata-rata sebesar 0,0350 Ton/Individu. Sedangkan nilai stok karbon terendah adalah di lokasi tambak pada habitus pancang dengan jumlah 16 individu yang memiliki nilai rata-rata biomassa 0,0080 Ton/Individu. Stok karbon mangrove *Rhizophora mucronata* di kawasan Wonorejo Surabaya ini dikategorikan tinggi dibandingkan dengan stok karbon mangrove *Rhizophora mucronata* di kawasan Ciasem, Purwakarta dengan simpanan karbon sebesar 0,069 ton/pohon (Dharmawan, 2010) Perbedaan yang terjadi diduga karena perbedaan dari nilai estimasi biomassa hal ini ini dikarenakan sebagian besar dari biomassa tumbuhan adalah kandungan karbon (Munir,2017). Menurut Brown (1996) dalam Prakoso *et al.*, (2017) menyatakan bahwa, 45-50% bahan kering (biomassa)

tumbuhan terdiri dari kandungan karbon, dimana tumbuhan melalui proses fotosintesis menyerap CO₂ dari atmosfer dan merubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa seperti dalam batang, daun, akar, umbi, buah dan lainnya (Chanan, 2012). Untuk itu semakin tinggi nilai biomassa pada suatu tegakan maka akan semakin tinggi simpanan karbonnya.

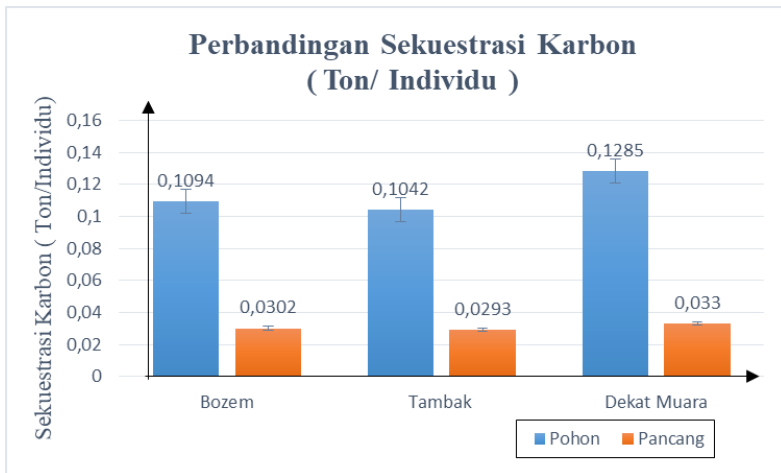
4.3 Hasil Estimasi Sekuestrasi Karbon

Data hasil estimasi sekuestrasi karbon di lahan mangrove Wonorejo Surabaya disajikan pada tabel 4.4 dan grafik perbandingan nilai estimasi sekuestrasi karbon yang dianggap mewakili di lahan Mangrove Wonorejo Surabaya disajikan pada gambar 4.3

Tabel 4.4 Estimasi sekuestrasi karbon di lahan mangrove Wonorejo Surabaya

Titik Lokasi	Sekuestrasi karbon ± Standart Deviasi (Kg)		Sekuestrasi karbon ± Standart Deviasi (Ton/ Individu)	
	Pohon	Pancang	Pohon	Pancang
Bozem	109,37 ± 10,2 (n= 14)	30,20 ± 2,69 (n=27)	0,1094 ± 10,2 (n= 14)	0,0302 ± 2,69 (n=27)
Tambak	104,20 ± 16,3 (n=6)	29,31 ± 5,94 (n=16)	0,1042 ± 16,3 (n=6)	0,0293 ± 5,94 (n=16)
Dekat Muara	128,61 ± 26,1 (n=32)	32,95 ± 6,4 (n=17)	0,1285 ± 27,7 (n=32)	0,0330 ± 6,4 (n=17)

Keterangan : n (jumlah tegakan)



Gambar 4.3. Grafik perbandingan estimasi sekuestrasi karbon di lahan mangrove Wonorejo Surabaya

Dari tabel 4.4 estimasi sekuestrasi karbon dan gambar 4.3 grafik perbandingan sekuestrasi karbon di mangrove Wonorejo tersebut maka dapat diketahui bahwa *Rhizophora mucronata* dengan nilai sekuestrasi karbon yang paling tinggi adalah di dekat muara, khususnya pada habitus pohon dengan jumlah 32 individu yang memiliki nilai rata-rata sebesar 0,1285 ton/individu. Sedangkan nilai sekuestrasi karbon terendah adalah di lokasi tambak pada habitus pancang dengan jumlah 16 individu yang memiliki nilai rata-rata biomassa 0,0293 ton/individu. Sekuestrasi karbon mangrove *Rhizophora mucronata* di kawasan Wonorejo Surabaya ini dikategorikan tinggi dibandingkan dengan sekuestrasi karbon mangrove *Rhizophora mucronata* di kawasan Ciasem, Purwakarta dengan sekuestrasi karbon sebesar 0,251 ton/pohon (Dharmawan, 2010). Hal ini dipengaruhi oleh tingginya nilai stok karbon di kawasan mangrove Wonorejo Surabaya yang akan menyebabkan nilai sekuestrasi karbonnya

juga tinggi. Begitu juga di kawasan Ciasem ,Purwakarta yang memiliki nilai sekuestrasi karbon lebih rendah, karena nilai stok karbonnya juga rendah. Nilai stok karbon juga bergantung pada nilai biomassa. Nilai akhir sekuestrasi karbon pada lahan mangrove Wonorejo Surabaya dipengaruhi oleh biomassa dan stok karbon. Dengan kata lain jumlah biomassa dan stok karbon berbanding lurus terhadap kandungan sekuestrasi karbon mangrove dimana semakin besar biomassa dan stok karbon maka akan besar pula sekuestrasi karbon mangrovenya. Hasil penelitian ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Hairiah dan Rahayu, (2007) yang menyatakan bahwa potensi stok karbon dapat dilihat dari biomassa tegakan yang ada dan hal yang sama dikemukakan oleh Heriyanto dan Subiandono (2012) yang menyatakan bahwa seiring dengan pertumbuhan suatu tegakan pohon maka akan menghasilkan nilai biomassa dan karbon tersimpan yang besar pula. Menurut Chanan (2012) menyatakan, setiap penambahan kandungan biomassa akan diikuti oleh penambahan kandungan stok karbon dan sekuestrasi karbon karena terjadi penyerapan CO₂ dari atmosfer melalui proses fotosintesis menghasilkan biomassa yang kemudian dialokasikan ke daun, ranting, batang dan akar yang mengakibatkan penambahan diameter serta tinggi pohon. Hal ini menjelaskan bahwa karbon dan biomassa memiliki hubungan yang positif sehingga apapun yang menyebabkan peningkatan ataupun penurunan biomassa maka akan menyebabkan peningkatan atau penurunan kandungan stok karbon dan sekuestrasi karbon.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian estimasi biomassa, stok karbon, dan sekuestrasi karbon di atas permukaan tanah (*above ground*) dari area pengambilan sampel *Rhizophora mucronata* di mangrove Wonorejo Surabaya dapat disimpulkan bahwa area yang mempunyai rata-rata nilai biomassa, stok karbon dan sekuestrasi karbon tertinggi yaitu di dekat muara khususnya pada habitus pohon sebanyak 32 individu dengan nilai biomassa sebesar 70,07 kg/individu, stok karbon sebesar 0,0350 ton/individu dan sekuestrasi karbon sebesar 0,1285 ton/individu

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Pada penelitian ini hanya di fokuskan pada biomassa, stok karbon dan sekuestrasi karbon di atas permukaan tanah (*above ground*) pada mangrove Wonorejo Surabaya, sehingga diperlukan penelitian lanjutan mengenai potensi stok karbon di bawah permukaan tanah (*below ground*) serta hubungan antara stok karbon pada tegakan pohon dengan kerapatan hutan.
- 2) Berdasarkan hasil yang diperoleh diketahui bahwa biomassa, stok karbon dan potensi sekuestrasi karbon pada kawasan hutan mangrove Wonorejo Surabaya tergolong tinggi, sehingga diperlukan usaha pemerintah setempat untuk tetap melestarikan dan merawat kawasan hutan tersebut sehingga hutan mangrove di Wonorejo Surabaya dapat digunakan sebagai usaha perdagangan karbon di masa yang akan datang.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, N., A. Baksir, I.Tahir. 2015. **Struktur komunitas ekosistem mangrove di kawasan pesisir Sidangoli Kabupaten Halmahera Barat, Maluku Utara**. Depik, 4(3):132-143.
- Bismark M dan R. Sawitri. 2010. Kelimpahan dan Keragaman Spesies Plankton di Hutan Mangrove, Pulau Siberut. **Info Hutan** Vol. VII, No.1 : 77-87
- Chanan, M. 2012. Potensi karbon diatas permukaan tanah di blok perlindungan taman wisata alam Gunung Baung Pasuruan-Jawa timur. **Ejournal GAMMA**. 6(2):101-112
- Claridge, D. dan Burnett, J. 1993. **Mangrove in Focus**. Wet paper Marine Education, Ashmore
- Cunha-Lignon, M.Kampel, R.P Menghini, Y. Schaeffer, G. Cintron and F. Dahdouh G. 2011. *Mangrove Forests Submitted to Depositional Processes and Salinity Variation Investigated using satellite images and vegetation structure surveys*. **Journal of Coastal Research**, Special Issue 64. ISSN 0749-0208.Poland
- Dharmawan, I.W.S., 2010.Pendugaan Biomassa Karbon di atas Tanah pada Tegakan *Rhizophora mucronata* di Ciasem,Purwakarta.**Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia** Vol. 15 No.1 .hlm.50-56 .ISSN 0853-4217
- Ellison,J.C and Stoddart, D.R.1991.Mangrove ecosystem collapse during predicted sea level rise –holocene analogs and implications. **Journal of Coastal Research** 7 .hal 151-165.
- Fajar R, Hairul B dan Sufardi.2015. *The Potential Carbon Stored on Mangrove and Fishpond Area InThe Coastal Areas of Banda Aceh*. **Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan**. Volume 4, Nomor 1, April : hal. 527-534. Jurusan Konservasi Sumberdaya Lahan Pascasarjana Unsyiah.Darussalam Banda Aceh.

Fromard F, Puig H, Mougins E, Marty G, Betoulle JL, Cadamuro L. 1998. Structure, above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. **Oecologia**. Page:39-53. Springer-Verlag

Gilman, E. L., J. Ellison, N. C. Duke, and C. Field. 2008. Threats to Mangroves from Climate Change and Adaptation Options. **Aquatic Botany**, doi:10.1016/j.aquabot.2007.12.009

Ginoga, K.L, A.N. Ginting dan A. Wibowo. 2007. Isu pemanasan global, UNFCCC, *Kyoto Protocol* dan peluang aplikasi *A/RCDM* di Indonesia. **Badan Litbang Kehutanan**. Jakarta.

Gunarto. 2004. Konservasi Mangrove sebagai Pendukung Sumber Hayati Perikanan Pantai. **Jurnal Litbang Pertanian**, 23(1). Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau.Sulewesi Selatan

Gypens, N., Borges, A. V., & Lancelot, C. (2009). Effect of eutrophication on air-sea CO₂ fluxes in the coastal Southern North Sea: a model study of the past 50 years. **Global Change Biology**, 15(4), 1040-1056.

Hairiah, K dan Rahayu, S. 2007. **Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan**. Bogor: *World Agroforestry Centre*.

Haneda Noor Farikhah, Cecep Kusmana dan Fitria Dwi Kusuma.2013.Keanekaragaman Serangga di Ekosistem Mangrove.**Jurnal Silvikutur Tropika Vol. 04 No. 01**, Hal 42-46 ISSN 2086-8227

Haris, R. 2014. Keanekaragaman Vegetasi dan Satwa Liar Hutan Mangrove. **Jurnal Bionature**, Vol 15, No 2, Oktober, hlm. 117-122. Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia Timur, Makassar

Heriyanto, N M, and Endro Subiandono. 2012. "Kandungan Karbon Hutan Mangrove Di Taman Nasional Alas Purwo (*Composition and Structure , Biomass , and Potential of Carbon Content In Mangrove Forest At National Park Alas Purwo*)." **Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam** 9 (1): 23–32.

Hoppe-Speer SCL, Adams JB, Rajkaran A, Bailey D. 2011. *The response of the red mangrove Rhizophora mucronata Lam. to salinity and inundation in South Africa.* **Aquatic Botany** 95:71-76.

Imiliyana, A, M.Muryono dan Hery P. 2014. Estimasi Stok Karbon pada Tegakan Pohon *Rhizophora stylosa* di Pantai Camplong, Sampang Madura. **Skripsi**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

IPCC. 2001. **Third Assessment Report of IPCC**, *Climate Change 2001: The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Cambridge: Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**, *Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, eds Eggleston HS, Buendia L, Miwa K et al. IGES, Hayama

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). 2007. *Intergovernmental Panel on Climate Change, Fourth Assessment Report, Climate Change 2007: Syntheses Report.* **UNEP**, Gene`ve

Kusmana, C. 2002. Pengelolaan Ekosistem Mangrove Secara Berkelanjutan dan Berbasis Masyarakat. **Makalah pada**

Lokakarya Nasional Pengelolaan Ekosistem Mangrove.
Jakarta

Kusmana C, Wilarso S, Hilwan I, Pamoengkas P, Wibowo C
Tiryana T, Triswanto A, Yunasfi, Hamzah. 2003. **Teknik
Rehabilitasi Mangrove.** Bogor (ID): Fakultas Kehutanan IPB

Kusmana C. 2011. *Management of Mangrove Ecosystem
Indonesia.* **JPSL** Vol. (1) 2: 152 – 157 Desember . Bogor. *Faculty
of Forestry Bogor Agricultural University*

Kolinug, K.H., Langi, M.A., Ratag, S.P., & Nurmawan, W. 2014.
Zonasi Tumbuhan Utama Penyusun Mangrove Berdasarkan
Tingkat Salinitas Air Laut di Desa Teling Kecamatan
Tombariri. In **COCOS**. 5(4)

Lal, R and Bruce A. 2012. **Carbon Sequestration in Urban
Ecosystems.** Springer.

Lukito dan Rohmatiah. 2013. Estimasi Biomassa Dan Karbon
Tanaman Jati Umur 5 Tahun (Kasus Kawasan Hutan Tanaman
Jati Unggul Nusantara (Jun) Desa Krowe, Kecamatan Lembeyan
Kabupaten Magetan). **Fakultas Pertanian Universitas Merdeka
Madiun.** Merdeka Madiun.

Manuri, S., Putra, C.A.S dan Saputra, A.D. 2011. **Teknik
Pendugaan Cadangan Karbon Hutan.** *Merang REDD Pilot
Project – German Internasional Cooperation (MRPP-GIZ)*

Munir M. 2017. Estimasi Biomassa, Stok Karbon, dan
Sekuestrasi Karbon dari Berbagai Tipe Habitat Terrestrial di
Gresik, Jawa Timur secara *Non-destructive* dengan Persamaan
Allometrik. **Skripsi.** Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Surabaya

Murdiyarso, D., Herawati H dan Virni B. 2014. *Carbon Forestry: Who will benefit? Proceeding of Workshop on Carbon Sequestration and Sustainable Livelihoods*. **CIFOR**. Bogor.

Murdiyarso D, Rosalina U, Hairiyah K, Muslihat L, Suryadiputra INN, Jaya A. 2004. Petunjuk Lapangan Pendugaan Cadangan Karbon Pada Lahan Gambut (*Field Instruction to Estimate Carbon Stock at Peatland*). Bogor: **Project of CCFPI, WIIP-White Life Habitat Canada**.

Muzaki, F.K., Dian S., N Dwianita K dan Aries S. 2012. Menjelajah Mangrove Surabaya. **Pusat Studi Kelautan LPPM**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Niode, N.F., Yaulie, D.Y., Stanley, D.S. 2016. *Geographical Information System (GIS) untuk Mitigasi Bencana Alam Banjir di Kota Manado*. **E-Journal Teknik Elektro dan Komputer** vol. 5 no. 2. ISSN: 2301-8402. Manado

Nurrahman, Y.A., Otong, S.H dan Rita, R. 2012. Struktur dan komposisi vegetasi mangrove di Pesisir Kecamatan Sungai Raya Kepulauan Kabupaten Bengkayang Kalimantan Barat. **Jurnal Perikanan dan Kelautan** Vol.3 No. 1 hal. 99-107. ISSN 2088-3137

Prakoso T.B., Norma A dan Djoko S. 2017. Biomassa Kandungan Karbon dan Serapan CO₂ pada Tegakan Mangrove di Kawasan Konservasi Mangrove Bedono, Demak. **Journal Of Maquares** Vol 6 (No.2) hal. 156 – 163.

Prasetya, Ardi N. 2011. Struktur Komunitas Mangrove di Daerah Wonorejo Pantai Timur Surabaya. **Skripsi**. Program Studi Biologi Fakultas dan Teknologi Universitas Airlangga

Puspayanti, N. M., Tellu, H. A. T., & Suleman, S. M. 2013. Jenis-Jenis tumbuhan mangrove di Desa Lebo Kecamatan Parigi

Kabupaten Parigi Moutong dan pengembangannya sebagai media pembelajaran. **E-Jurnal online Pendidikan Biologi**, 1(1), 1-9.

Riniatsih dan Kushartono. 2009. Substrat Dasar dan Parameter Oseanografi Sebagai Penentu Keberadaan Gastropoda dan Bivalvia di Pantai Sluke Kabupaten Rembang. **Jurnal Universitas Diponegoro**, Vol. 14 (1) : 50 - 59.

Rumiati, A.T.2005.Harapan masyarakat terhadap perkembangan sosok pemimpin dan masa depan Kota Surabaya.**ITS Press**.Vol.xviii hal.164. ISBN 979-8897-08-0.Surabaya

Setyawan AD, Indrowuryatno, Wiryanto, Winarno K, & Susilowati A. 2005. Tumbuhan mangrove di pesisir Jawa Tengah: 1. Keanekaragaman jenis. **Jurnal Biodiversitas** 6 (2):90-94

Sugirahayu,L. 2011. Perbandingan Simpanan Karbon pada Beberapa Penutupan Lahan di Kabupaten Paser,Kalimantan Timur Berdasarkan Sifat Fisik dan Sifat Kimia Tanahnya. **Skripsi**. Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB

Sulistiyowati,H.2009.Biodiversitas Mangrove di Cagar Alam Pulau Sempu.**Jurnal Sainstek**,8(1):59-61

Sudarmaji.2004. *Species description of Rhizophoraceae family in mangrove forest at Baluran Nasional Park East Java*. **BIODIVERSITAS** Vol. 5, No. 2, hal. 66-70, ISSN: 1412-033X. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember

Supriyantini E., R. A Nuraini dan A.Putri Fadmawati.2017. Studi Kandungan Bahan Organik Pada Beberapa Muara Sungai Di Kawasan Ekosistem Mangrove, Di Wilayah Pesisir Pantai Utara Kota Semarang, Jawa Tengah. **Buletin Oseanografi Marina** Vol 6 No 1:29–38 ISSN : 2089-3507

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

USGS. 2008. Carbon sequestration to Mitigate Climate Change. **USGS Fact Sheet** 2008-3097.

Wihel, A.M., Soenarto, N. dan Martanto, M.2014.Peranan Ekosistem Mangrove dalam Mengurangi Dampak Pemanasan Global (*Global Warming*).**Prosiding Seminar Nasional Raja Ampat**. Program Studi Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana

Wahyuni ,N.I dan Andy Suryawan. 2012. **Pembangunan Plot Sampling Permanen (PSP) untuk Mendukung Sistem MRV Stok Karbon Hutan di Propinsi Sulawesi Utara**.Balai Penelitian Kehutanan Manado.Manado

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1: Analisis Vegetasi Mangrove *Rhizophora mucronata* di Wonorejo Surabaya

A. Lokasi Bozem

No.	Spesies	Nama Indonesia	Famili	ni	D	Dr	F	Fr	K	Kr	INP	H'
KATEGORI POHON (<i>tree</i>)												
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	Bakau hitam	Rhizophoraceae	14	700	100	1	100	0,14			0
	Total			14	700	100	1	100	0,14		200	0
KATEGORI PANCANG (<i>sapling</i>)												
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	Bakau hitam	Rhizophoraceae	27	5400	100	1	100	1,08			0
	Total			27	5400	100	1	100	1,08		200	0
KATEGORI SEMAIAN (<i>seedling</i>)												
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	Bakau hitam	Rhizophoraceae	28	140000	100	1	100	7,00			0
	Total			28	140000	100	1	100	7,00		200	0

B. Lokasi Tambak

No.	Spesies	Nama Indonesia	Famili	ni	D	Dr	F	Fr	K	Kr	INP	H'
KATEGORI POHON (<i>tree</i>)												
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	Bakau hitam	Rhizophoraceae	6	300	100	1	100	0,06			0
	Total			6	300	100	1	100	0,06		200	0

KATEGORI PANCANG (<i>sapling</i>)												
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	Bakau hitam	Rhizophoraceae	16	3200	100	0,5	100	0,64			0
	Total			16	3200	100	0,5	100	0,64		200	0
KATEGORI SEMAIAN (<i>seedling</i>)												
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	Bakau hitam	Rhizophoraceae	37	310000	100	1	100	9,25			0
	Total			37	310000	100	1	100	9,25		200	0

C. Lokasi Dekat Muara

No.	Spesies	Nama Indonesia	Famili	ni	D	Dr	F	Fr	K	Kr	INP	H'
KATEGORI POHON (<i>tree</i>)												
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	Bakau hitam	Rhizophoraceae	32	1600	100	1	100	0,32			0
	Total			32	1600	100	1	100	0,32		200	0
KATEGORI PANCANG (<i>sapling</i>)												
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	Bakau hitam	Rhizophoraceae	17	3400	100	1,0	100	0,68			0
	Total			17	3400	100	1	100	0,68		200	0
KATEGORI SEMAIAN (<i>seedling</i>)												
1	<i>Rhizophora mucronata</i>	Bakau hitam	Rhizophoraceae	52	260000	100	1	100	13,0			0
	Total			52	310000	100	1	100	13,0		200	0

Keterangan ;**ni**: Jumlah individu , **D**: Dominasi , **Dr** : Dominasi relatif , **F** : Frekuensi , **Fr** : Frekuensi relatif , **K**: Kerapatan , **Kr**: Kerapatan relatif , **INP** : Indeks nilai penting, **H'**: Indeks keanekaragaman Shanon-Wiener.

Lampiran 2: Perhitungan Biomassa, Stok Karbon dan Sekuestrasi Karbon di Lahan Mangrove Wonorejo Surabaya

Lokasi	kategori tegakan	LPC(m ²)	Nama Spesies	no.indk	DBH	Biomassa (kg)	Stok karbon (kg)	Sekuestrasi Karbon (kg)
Bozem	Pohon	100	<i>Rhizophora mucronata</i>	1	11,1465	38,80	19,40	71,13
				2	14,3312	69,39	34,70	127,22
				3	11,9427	45,51	22,76	83,44
				4	15,4459	82,52	41,26	151,29
				5	11,4650	41,41	20,70	75,92
				6	10,0318	30,40	15,20	55,74
				7	11,9427	45,51	22,76	83,44
				8	18,3758	123,34	61,67	226,12
				9	17,1975	105,80	52,90	193,97
				10	10,5732	34,34	17,17	62,95
				11	17,7070	113,20	56,60	207,53
				12	11,1465	38,80	19,40	71,13
				13	9,9682	29,96	14,98	54,93

				14	10,8280	36,28	18,14	66,51
			jumlah		182,1019	835,2576	417,6288	1531,3055
			RATA-RATA Kg/individu		13,0073	59,6613	29,8306	109,3790
			RATA-RATA TON/Individu		0,0130	0,0597	0,0298	0,1094
			TOTAL TON/HA		18,2102	83,5258	41,7629	153,1306
	Pancang	25	<i>Rhizophora mucronata</i>	1	7,6433	25,34	12,67	46,45
				2	6,3694	15,77	7,89	28,91
				3	5,7325	11,99	6,00	21,99
				4	5,4140	10,34	5,17	18,95
				5	6,0510	13,80	6,90	25,30
				6	5,5732	11,15	5,57	20,43
				7	5,7325	11,99	6,00	21,99
				8	6,0510	13,80	6,90	25,30
				9	6,2102	14,77	7,38	27,07
				10	6,3694	15,77	7,89	28,91
				11	6,1465	14,38	7,19	26,36
				12	5,9554	13,24	6,62	24,28

				13	7,4522	23,72	11,86	43,49
				14	5,8917	12,88	6,44	23,61
				15	5,5732	11,15	5,57	20,43
				16	6,6879	17,90	8,95	32,82
				17	6,4650	16,39	8,20	30,06
				18	6,8471	19,03	9,52	34,90
				19	6,5924	17,25	8,62	31,62
				20	8,2803	31,20	15,60	57,20
				21	7,9618	28,17	14,09	51,65
				22	6,0510	13,80	6,90	25,30
				23	6,6879	17,90	8,95	32,82
				24	5,8917	12,88	6,44	23,61
				25	5,6369	11,48	5,74	21,05
				26	7,0064	20,21	10,10	37,05
				27	6,7834	18,58	9,29	34,06
			jumlah		173,0573	444,8791	222,4395	815,6117
			Rata- rata Kg/Individu		6,4095	16,4770	8,2385	30,2078
			RATA-RATA TON/Individu		0,0064	0,0165	0,0082	0,0302

			TOTAL TON/HA		69,2229	177,9516	88,9758	326,2447
Tambak	Pohon	100	<i>Rhizophora mucronata</i>	1	11,1465	38,80	19,40	71,13
				2	12,7389	52,84	26,42	96,87
				3	18,3121	122,35	61,18	224,31
				4	12,8981	54,38	27,19	99,70
				5	11,1465	38,80	19,40	71,13
				6	10,5096	33,86	16,93	62,07
			jumlah		76,7516	341,0231	170,5116	625,2090
			Rata-rata Kg/Individu		12,7919	56,8372	28,4186	104,2015
			RATA-RATA TON/Individu		0,0128	0,0568	0,0284	0,1042
			TOTAL TON/HA		7,6752	34,1023	17,0512	62,5209
	pancang	25	<i>Rhizophora mucronata</i>	1	8,2803	31,20	15,60	57,196
				2	6,3694	15,77	7,89	28,914
				3	6,8471	19,03	9,52	34,896
				4	5,2548	9,56	4,78	17,534

				5	5,4140	10,34	5,17	18,950
				6	5,7325	11,99	6,00	21,986
				7	6,3694	15,77	7,89	28,914
				8	5,4140	10,34	5,17	18,950
				9	5,0955	8,83	4,41	16,186
				10	5,4140	10,34	5,17	18,950
				11	5,8917	12,88	6,44	23,609
				12	7,1656	21,42	10,71	39,274
				13	7,4841	23,99	11,99	43,975
				14	7,6433	25,34	12,67	46,450
				15	5,5732	11,15	5,57	20,433
				16	6,6879	17,90	8,95	32,825
			Jumlah		100,6369	255,8415	127,9207	469,0427
			Rata-rata Kg/Individu		6,2898	15,9901	7,9950	29,3152
			RATA-RATA TON/Individu		0,0063	0,0160	0,0080	0,0293
			TOTAL TON/HA		40,2548	102,3366	51,1683	187,6171
Muara	pohon	100	<i>Rhizophora mucronata</i>	1	10,032	30,40	15,20	55,740

				2	10,191	31,53	15,77	57,809
				3	10,350	32,68	16,34	59,920
				4	11,146	38,80	19,40	71,127
				5	10,191	31,53	15,77	57,809
				6	14,013	65,88	32,94	120,773
				7	12,739	52,84	26,42	96,873
				8	10,510	33,86	16,93	62,074
				9	10,510	33,86	16,93	62,074
				10	10,573	34,34	17,17	62,948
				11	15,764	86,51	43,26	158,605
				12	14,331	69,39	34,70	127,219
				13	11,146	38,80	19,40	71,127
				14	15,924	88,55	44,27	162,336
				15	16,879	101,33	50,66	185,765
				16	16,561	96,96	48,48	177,756
				17	14,331	69,39	34,70	127,219
				18	12,739	52,84	26,42	96,873
				19	13,694	62,46	31,23	114,517

	pancang	25	<i>Rhizophora mucronata</i>	1	6,3694	15,77	7,89	28,91
				2	6,2102	14,77	7,38	27,07
				3	6,2102	14,77	7,38	27,07
				4	6,5287	16,82	8,41	30,83
				5	7,6433	25,34	12,67	46,45
				6	5,7325	11,99	6,00	21,99
				7	5,0955	8,83	4,41	16,19
				8	6,0510	13,80	6,90	25,30
				9	8,2803	31,20	15,60	57,20
				10	7,6433	25,34	12,67	46,45
				11	6,0510	13,80	6,90	25,30
				12	7,3248	22,68	11,34	41,58
				13	7,6433	25,34	12,67	46,45
				14	7,4841	23,99	11,99	43,98
				15	6,6879	17,90	8,95	32,82
				16	5,4140	10,34	5,17	18,95
				17	5,8917	12,88	6,44	23,61
			Jumlah		112,2611	305,5415	152,7708	560,1594

			Rata-rata Kg/Individu		6,6036	17,9730	8,9865	32,9506
			RATA-RATA TON/Individu		0,0066	0,0180	0,0090	0,0330
			TOTAL TON/HA		44,9045	122,2166	61,1083	224,0638

Keterangan: LPC: Luas petak contoh, **no.ind:** individu, **DBH** : *diameter at breast high*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Lamongan, pada tanggal 26 Desember 1995. Penulis lahir dari pasangan Supriyadi dan Tuti Suwarti, merupakan anak ke-tiga dari 3 bersaudara. Riwayat pendidikan penulis; TK Nusa Indah Paji, SDN 1 Paji , SMPN 1 Pucuk dan SMAN 1 Babat. Kemudian penulis mendapatkan kesempatan untuk meneruskan pendidikan yang lebih tinggi di Departemen Biologi, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Mendapatkan kesempatan untuk menenpuh pendidikan di ITS adalah cita-cita penulis sejak SMA. Penulis berhasil tercatat sebagai mahasiswa ITS melalui jalur SNMPTN.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif diberbagai kegiatan, baik organisasi, pelatihan pengembangan diri maupun kepanitiaan. Pelatihan pengembangan diri yang pernah diikuti penulis adalah LKMM Pra-TD. Penulis memulai langkah organisasinya di kepanitiaan GO Green 2016 yang di selenggarakan di Institut Teknologi Sepuluh November , Penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktek (KP) di Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Lamongan ,penulis juga mengikuti pelatihan” Training The Supervision Development of Occupational Safety & Health Norms”(Ahli K3 Umum), ISO 9001;2015, ISO 14001;2015, OHSAS 18001;2007, penulis juga menjadi salah satu anggota Surveyor Laboratorium Ekologi, Departemen Biologi ITS. Penulis juga ikut tergabung dalam Sahabat Alam Lindungi Hutan kabupaten Lamongan.

Cp Penulis : Ilhamnedhisa17@gmail.com

