



TUGAS AKHIR SB-141510

**ESTIMASI BIOMASSA, STOK KARBON, DAN  
SEKUESTRASI KARBON DARI BERBAGAI TIPE  
HABITAT TERESTRIAL DI GRESIK, JAWA TIMUR  
SECARA *NON-DESTRUCTIVE* DENGAN  
PERSAMAAN ALLOMETRIK**

Misbahul Munir  
1512 100 703

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

DEPARTEMEN BIOLOGI  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**TUGAS AKHIR SB-141510**

**ESTIMASI BIOMASSA, STOK KARBON, DAN  
SEKUESTRASI KARBON DARI BERBAGAI TIPE  
HABITAT TERESTRIAL DI GRESIK, JAWA TIMUR  
SECARA *NON-DESTRUCTIVE* DENGAN  
PERSAMAAN ALLOMETRIK**

**Misbahul Munir  
1512 100 703**

**Dosen Pembimbing  
Indah Trisnawati Dwi Tjahjaningrum, M.Si., Ph.D.**

**DEPARTEMEN BIOLOGI  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT - SB 141510**

**NON-DESTRUCTIVE ESTIMATION OF BIOMASS,  
CARBON STOCK, AND CARBON  
SEQUESTRATION FROM THE VARIOUS TYPES  
OF TERRESTRIAL HABITAT IN GRESIK, EAST  
JAVA USING ALLOMETRIC EQUATIONS**

**Misbahul Munir  
1512 100 703**

**Advisor  
Indah Trisnawati Dwi Tjahjaningrum, M.Si., Ph.D.**

**DEPARTMENT OF BIOLOGY  
Faculty of Mathematics and Science  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017**

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**ESTIMASI BIOMASSA, STOK KARBON, DAN  
SEKUESTRASI KARBON DARI BERBAGAI TIPE  
HABITAT TERESTRIAL DI GRESIK, JAWA TIMUR  
SECARA *NON-DESTRUCTIVE* DENGAN  
PERSAMAAN ALLOMETRIK**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains Pada  
Program Studi S-1 Departemen Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Oleh :

**MISBAHUL MUNIR  
NRP. 1512 100 703**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :**

Indah T. D. Tjahjaningrum, M.Si., PhD. .... (Pembimbing)

Surabaya, 31 Juli 2017



.....  
Dewi Indayati, S.Si., M.Si.  
NRP. 19691121 199802 2 001

ESTIMASI BIOMASSA, STOK KARBON, DAN  
SEKUESTRASI KARBON DARI BERBAGAI TIPE HABITAT  
TERESTRIAL DI GRESIK, JAWA TIMUR *SECARA NON-  
DESTRUCTIVE* DENGAN PERSAMAAN ALLOMETRIK

**Nama Mahasiswa** : Misbahul Munir  
**NRP** : 1512100703  
**Departemen** : Biologi  
**Dosen Pembimbing** : Indah Trisnawati DT, PhD

Abstrak

*Tujuan dari penelitian ini adalah mengestimasi biomassa atas permukaan tanah, stok karbon, dan potensi sekuestrasi karbon dari berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik secara non-destructive. Sampling lapangan dilakukan pada 36 titik yang tersebar di empat kecamatan di Kabupaten Gresik yang dianggap representatif terhadap empat jenis habitat, yaitu habitat hutan produksi, hutan kota, pertanian lahan kering, dan pertanian lahan basah. Diameter tanaman diukur berdasarkan habitus dan diekstrapolasi menggunakan persamaan allometrik untuk mengetahui nilai biomassa. Nilai biomassa yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui nilai stok karbon dan sekuestrasi karbon.*

*Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa nilai biomassa, stok karbon dan sekuestrasi karbon dari yang tertinggi ke rendah secara berurutan adalah habitat hutan produksi (174,66 ton/ha; 82,09 ton/ha; 301,27 ton/ha), hutan kota (138,50 ton/ha; 65,09 ton/ha; 238,91 ton/ha), pertanian lahan kering (134,59 ton/ha; 63,26 ton/ha; 232,16 ton/ha), dan pertanian lahan basah (108,57 ton/ha; 50,88 ton/ha; 186,73 ton/ha). Nilai biomassa, stok karbon, dan sekuestrasi karbon di habitat terestrial dipengaruhi oleh ukuran diameter tanaman.*

*Kata kunci: Biomassa, habitat terestrial, Kabupaten Gresik, sekuestrasi karbon, stok karbon.*

NON-DESTRUCTIVE ESTIMATION OF BIOMASS,  
CARBON STOCK, AND CARBON SEQUESTRATION FROM  
THE VARIOUS TYPES OF TERRESTRIAL HABITAT IN  
GRESIK, EAST JAVA USING ALLOMETRIC EQUATIONS

**Student Name** : Misbahul Munir  
**NRP** : 1512100703  
**Department** : Biologi  
**Supervisor** : Indah Trisnawati DT, PhD

Abstract

*The objectives of this research are to estimate the above-ground biomass, carbon stock, and carbon sequestration potential from the various types of terrestrial habitat in Gresik Regency. Sampling was conducted at 36 points that spread across four districts in Gresik Regency which represent of four habitat types, namely production forest habitat, urban forest, dryland farming, and wetland farming. Plant diameter was measured based on the habitus and extrapolated using allometric equations for biomass. The obtained biomass values were then analyzed to determine the value of carbon stock and carbon sequestration.*

*Based on the results, the above-ground biomass value, carbon stock and carbon sequestration from the highest to low are the production forest habitat (174,66 ton/ha; 82,09 ton/ha; 301,27 ton/ha), urban forest (138,50 ton/ha; 65,09 ton/ha; 238,91 ton/ha), dryland agriculture (134,59 ton/ha; 63,26 ton/ha; 232,16 ton/ha), and wetland agriculture (108,57 ton/ha; 50,88 ton/ha; 186,73 ton/ha). The value of biomass, carbon stock, and carbon sequestration in terrestrial habitats influenced by the size of plant diameter.*

*Keywords: Biomass, carbon sequestration, carbon stock, Gresik Regency, terrestrial habitat.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) dengan judul **Estimasi Biomassa, Stok Karbon, dan Sekuestrasi Karbon dari Berbagai Tipe Habitat Terrestrial di Gresik, Jawa Timur secara *Non-destructive* dengan Persamaan Allometrik**. Penyusunan naskah ini merupakan suatu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pelaksanaan maupun penyusunan naskah TA ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak, maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Indah Trisnawati Dwi Tjahjaningrum, M.Si., PhD., selaku dosen pembimbing sekaligus dosen wali yang banyak memberikan pemikiran, gagasan, arahan, dan bimbingan dalam menyusun naskah proposal, melakukan penelitian, hingga menyusun naskah tugas akhir ini.
2. Dra. Dian Saptarini, M.Sc., selaku dosen penguji yang tidak kenal lelah memberikan saran dan kritikan demi kesempurnaan penelitian dan naskah TA ini.
3. Ibu Kristanti Indah Purwani, M.Si., selaku ketua sidang sekaligus koordinator seminar dan TA yang selalu memberikan arahan agar TA bisa berjalan dengan baik sesuai dengan prosedur yang berlaku.
4. Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Gresik, Jawa Timur yang mendanai penelitian ini melalui Proyek Kajian Biomassa di Kabupaten Gresik.
5. Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M. AppSc selaku Ketua Tim Kajian Biomassa yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk bergabung dalam tim penelitian, yang pada akhirnya bermuara menjadi topik penelitian TA penulis.

6. Anggota tim Kajian Biomassa di Departemen Teknik Lingkungan ITS yang mengorganisasi proyek penelitian ini. Penulis banyak belajar mengenai profesionalisme dalam penelitian dari tim ini.
7. Moh. Mualliful Ilmi selaku kolega yang banyak membantu dalam kegiatan survei lapangan, serta menyediakan akomodasi dan transportasi selama di Kabupaten Gresik.
8. Rekan-rekan seangkatan di Departemen Biologi ITS yang selalu memotivasi penulis dalam menyelesaikan TA ini. Kehadiran teman-teman mampu mengusir rasa inferioritas dalam diri penulis.
9. Senior, teman-teman, dan adik-adik angkatan di Laboratorium Ekologi dan Departemen Biologi ITS yang selalu memberikan informasi terbaru mengenai semua prosedur dalam proses pelaksanaan TA.
10. ITS Online yang menyediakan kantornya untuk menjadi *dry-lab* bagi penulis dalam menjalankan semua aktivitas, mulai dari analisis data hingga penyusunan naskah. Orang-orang di dalamnya membuat penulis selalu merasa muda dan energik.
11. Dan yang paling khusus, Bapak Ahmad Ni'am dan Ibu Sugirah, orang tua saya yang tiada henti memberikan bantuan penuh, mulai dari pikiran, tenaga, moral, material, sehingga penulis benar-benar bisa menyelesaikan TA ini. Penulis yakin, perjuangan Bapak-Ibu jauh lebih besar dari yang penulis kira.
12. Semua pihak yang dengan dan tanpa sengaja turut membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian TA ini.

Harapan penulis, semoga TA ini dapat bermanfaat bagi dunia ilmu pengetahuan dan berbagai pihak yang membutuhkan. Semoga Tuhan yang Maha Esa senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua.

Surabaya, 31 Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Abstrak .....	iii
Abstract .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Permasalahan .....	3
1.3    Batasan Masalah .....	3
1.4    Tujuan .....	3
1.5    Manfaat .....	4
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1    Peningkatan Emisi Karbon .....	5
2.2    Mitigasi Perubahan Iklim.....	7
2.3    Sekuestrasi Karbon .....	9
2.4    Sekuestrasi Karbon untuk Mitigasi Perubahan Iklim ..	10
2.5    Penyimpanan Karbon di Habitat Terrestrial.....	11
2.6    Estimasi Biomassa .....	13
2.7    Habitat Terrestrial di Kabupaten Gresik .....	15
2.8    Penggunaan Lahan di Kabupaten Gresik .....	17
2.9    Kondisi Lahan Pertanian di Kabupaten Gresik .....	18

BAB III.....	21
METODOLOGI .....	21
3.1    Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.1.1. Peta Lokasi Penelitian .....	21
3.1.2 Deskripsi Lokasi Penelitian.....	22
3.2    Metode Pelaksanaan.....	25
3.2.1 Alat dan Bahan .....	25
3.2.2 Desain Sampling Estimasi Biomassa .....	25
3.2.3 Pengukuran Diameter .....	26
3.3    Analisis Data.....	28
3.3.1 Ekstrapolasi Biomassa.....	28
3.3.2 Estimasi Stok Karbon.....	29
3.3.3 Estimasi Sekuestrasi Karbon .....	29
BAB IV .....	31
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1    Hasil Analisis Keanekaragaman Tumbuhan.....	31
4.2    Hasil Estimasi Biomassa.....	32
4.3    Hasil Estimasi Stok Karbon .....	38
4.4    Hasil Estimasi Sekuestrasi Karbon .....	40
BAB V.....	45
KESIMPULAN DAN SARAN .....	45
5.1    Kesimpulan .....	45
5.2    Saran .....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	49
Lampiran 1 .....	57

Lampiran 2 .....	62
BIODATA PENULIS.....	65



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, dan gas telah menyebabkan peningkatan konsentrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di atmosfer. Konsentrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di atmosfer meningkat dari 277 parts per million (ppm) pada 1750, saat dimulainya revolusi industri, menjadi  $400.72 \pm 0.1$  ppm pada 2016 (Dlugokencky and Tans, 2016). Peningkatan kadar CO<sub>2</sub> ini menyebabkan terjadinya perubahan iklim yang berdampak terhadap peningkatan permukaan air laut, peningkatan frekuensi dan intensitas kebakaran hutan, kekeringan, dan gangguan terhadap berbagai ekosistem (USGS, 2008).

Salah satu upaya mitigasi perubahan iklim yang dapat dilakukan adalah dengan mengoptimalkan potensi sequestrasi CO<sub>2</sub> dari berbagai ekosistem di seluruh dunia. Berbagai jenis ekosistem memiliki peran penting dalam memitigasi perubahan iklim. Hal ini karena ekosistem tersebut memiliki vegetasi yang dapat memfiksasi CO<sub>2</sub> melalui proses fotosintesis. Setiap jenis ekosistem memiliki vegetasi dan tipe tanah yang beranekaragam, sehingga kemampuan setiap ekosistem dalam menyerap CO<sub>2</sub> juga berbeda-beda. Ekosistem menyimpan karbon dalam biomasnya, baik di atas maupun di bawah permukaan tanah.

Habitat terestrial (darat) di seluruh dunia menyimpan karbon sebesar 2100 GtC. Sebanyak 48 % total kapasitas penyimpanan karbon dari seluruh habitat terestrial di seluruh dunia berada di hutan (IPCC, 2001). Trumper (2009) dalam laporannya untuk UNEP mengatakan, jumlah karbon terbesar, yaitu sekitar 548 Gigaton karbon (Gt C), tersimpan di hutan tropis dan subtropis, diikuti hutan boreal dengan jumlah 384 Gt C. Pohon sebagai komponen utama hutan, menyerap CO<sub>2</sub> dalam jumlah yang besar. Hutan juga melepas oksigen dalam jumlah yang hampir sama besar ke atmosfer melalui respirasi autotrof dan heterotrof (Lorenz and Lal, 2009).

Selain hutan, habitat terestrial lainnya yang memiliki vegetasi juga mampu menyimpan karbon dalam biomasnya. Di antaranya adalah lahan pertanian, perkebunan (Union of Concern Scientist, 2009), lahan gambut, tambak, pesisir, dan ekosistem perkotaan yang ditumbuhi banyak pohon (Lal and Bruce, 2012). Akan tetapi, konversi, degradasi, atau manajemen ekosistem yang tidak berkelanjutan berdampak terhadap pelepasan karbon ke atmosfer.

Sebagai salah satu daerah yang terletak di pesisir Jawa Timur, Kabupaten Gresik memiliki habitat terestrial yang beragam, baik alami maupun buatan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Gresik tahun 2015, sebesar 31,56% dari total tutupan lahan Kabupaten Gresik diperuntukkan sebagai daerah persawahan. Selain itu, 26,14% dari luas tutupan lahan juga didominasi oleh tanah tambak. Lahan berupa bangunan atau pekarangan mencapai 10,99%, sedangkan luasan hutan negara hanya sebesar 1,06%.

Namun ekosistem di Kabupaten Gresik juga menghadapi tantangan akibat aktivitas antropogenik. Pada tahun 2015, jumlah industri besar, menengah, dan skala rumah tangga meningkat masing-masing sebesar 14%, 6%, dan 2% dibanding tahun sebelumnya (BPS Kabupaten Gresik, 2015). Peningkatan tersebut dapat memicu deforestasi dan alih fungsi habitat. Apabila tidak diiringi dengan arahan tata guna yang jelas, hal tersebut dapat mempengaruhi pertumbuhan biomassa di berbagai habitat dan kemampuannya dalam menyerap CO<sub>2</sub>.

Oleh karena itu, inventarisasi biomassa di Kabupaten Gresik sangat diperlukan untuk mengetahui perubahan cadangan karbon dan kemampuan vegetasi dalam menyerap CO<sub>2</sub>. Selain itu, data biomassa, stok karbon, dan sekuestrasi karbon di Kabupaten Gresik juga penting dimiliki untuk manajemen konservasi habitat terestrial. Jumlah biomassa dalam suatu wilayah dan kemampuannya dalam menyerap karbon yang ada di atmosfer adalah salah satu komponen lingkungan yang sangat penting dalam upaya mitigasi terhadap perubahan iklim global.

## 1.2 Rumusan Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa nilai biomassa atas permukaan tanah (*above-ground biomass*) dari berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik?
2. Berapa nilai stok karbon (*carbon stock*) dari berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik?
3. Bagaimana potensi sekuestrasi karbon dari berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik?

## 1.3 Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Penghitungan biomassa dilakukan dengan metode *non-destructive sampling*, yaitu dengan mengukur diameter tanaman dan menggunakan persamaan allometrik.
2. Biomassa yang dihitung adalah bagian atas permukaan tanah (*above-ground biomass*).
3. Habitat terestrial yang dipilih adalah hutan dan lahan pertanian. Hutan dipilih untuk mewakili vegetasi heterogen, berumur panjang, dan memiliki banyak habitus pohon. Sedangkan lahan pertanian mewakili habitat dengan vegetasi homogen, berumur pendek, dan memiliki sedikit habitus pohon.

## 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Menghitung nilai biomassa atas permukaan tanah (*above-ground biomass*) dari berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik.
2. Menghitung nilai stok karbon dari berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik.
3. Menganalisis potensi sekuestrasi karbon dari berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang diharapkan muncul dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan perspektif baru dalam penghitungan biomassa secara *non-destructive* menggunakan persamaan allometrik yang digeneralisasi berdasarkan kategori habitus.
2. Menjadi acuan untuk menentukan besarnya emisi gas rumah kaca akibat aktivitas antropogenik di Kabupaten Gresik yang harus dikurangi.
3. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan biomassa, stok karbon, dan sekuestrasi karbon dari habitat terestrial.
4. Memberikan data dasar bagi Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Gresik yang dapat dijadikan acuan dalam memitigasi dampak perubahan iklim melalui konservasi habitat terestrial skala regional di Kabupaten Gresik.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **4.1 Peningkatan Emisi Karbon**

Konsentrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) di atmosfer meningkat dari 277 parts per million (ppm) pada 1750, saat dimulainya revolusi industri, menjadi  $400.72 \pm 0.1$  ppm pada 2016 (Dlugokencky and Tans, 2016). Meningkatnya CO<sub>2</sub> atmosfer hingga melebihi masa ketika revolusi industri disebabkan oleh terlepasnya karbon ke atmosfer dari aktivitas deforestasi dan alih fungsi lahan (Ciais *et al.*, 2013). Meskipun emisi yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil telah dimulai sebelum revolusi industri, namun aktivitas antropogenik mulai mendominasi pada 1920, dan terus berlanjut hingga sekarang.

Olivier, *et al.* (2015) mencatat, 2014 menjadi tahun terpanas yang pernah terekam di bumi sejak 1880. Rata-rata temperatur bumi pada abad ini adalah 0,7 °C lebih tinggi dari rata-rata temperatur di abad ke-20 yaitu 13,9 °C. Sebanyak 9 dari 10 tahun terpanas dalam periode 135 tahun yang terekam, berada pada abad ke-21. Kondisi ini berdampak pada perubahan iklim global. Saat musim dingin, temperatur di negara-negara subtropis turun drastis. Begitu juga sebaliknya, saat musim panas, temperatur di negara-negara tropis naik di atas rata-rata. Data dari NOAA (2014) menyatakan, temperatur di Samudera Arktik menghangat dua kali lipat secepat yang terjadi di garis ekuator.

Sebanyak 91% dari aktivitas antropogenik adalah berupa pembakaran bahan bakar fosil, meliputi batu bara (42%), minyak (33%), gas (19%), semen (6%), dan *flare gas* (1%) (CO<sub>2</sub> Earth, 2016). Selain itu, aktivitas antropogenik lain yang berperan besar dalam menyumbang emisi karbon adalah deforestasi, yaitu sebesar 6-17%. Ketika pohon ditebang, karbon yang telah tersimpan di dalam vegetasinya, akan terlepas ke atmosfer, sehingga dapat berkontribusi terhadap pemanasan global (Baccini, *et al.*, 2012).

Jika diakumulasikan dari 1750-2015, total emisi CO<sub>2</sub> dari bahan bakar fosil, industri serta penggunaan dan alih fungsi lahan mencapai  $600 \pm 70$  GtC. Total emisi tersebut terbagi masing-masing berasal dari atmosfer ( $260 \pm 5$ ), lautan ( $175 \pm 65$ ), dan daratan ( $165 \pm 70$ ), seperti yang terlihat pada Tabel 1 (C. Le Quéré *et al.*, 2016).

Tabel 2.1. Emisi CO<sub>2</sub> Kumulatif dari 1750-2015 dalam GtC

Units of GtC	1750–2015
<b>Emissions</b>	
Fossil fuels and industry ( $E_{FF}$ )	$410 \pm 20$
Land-use-change emissions ( $E_{LUC}$ )	$190 \pm 65$
Total emissions	$600 \pm 70$
<b>Partitioning</b>	
Growth rate in atmospheric CO <sub>2</sub> concentration ( $G_{ATM}$ )	$260 \pm 5$
Ocean sink ( $S_{OCEAN}$ )	$175 \pm 20$
Residual terrestrial sink ( $S_{LAND}$ )	$165 \pm 70$

(Sumber: C. Le Quéré *et al.*, 2016)

Negara-negara yang menandatangani UN Framework Convention on Climate Change berkomitmen untuk menghentikan temperatur rata-rata global sebelum kenaikan mencapai  $2^{\circ}\text{C}$  di atas level pra-industri. Laporan kelima dari Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) menghitung, CO<sub>2</sub> maksimum global masih dapat diemisikan dan kenaikan temperatur bumi tetap berada di bawah  $2^{\circ}\text{C}$  apabila emisi kumulatif global tidak melebihi 1 triliun ton karbon (Petagram-PgC) (IPCC, 2014).

Upaya mitigasi untuk menekan kenaikan temperatur rata-rata global agar tetap di bawah  $2^{\circ}\text{C}$  mendesak diperlukan. Pengurangan emisi karbon harus dilakukan secara substansial. Salah satu upaya mitigasi yang dapat dilakukan adalah dengan

mengoptimalkan potensi sequestrasi karbon dari berbagai jenis habitat terestrial.

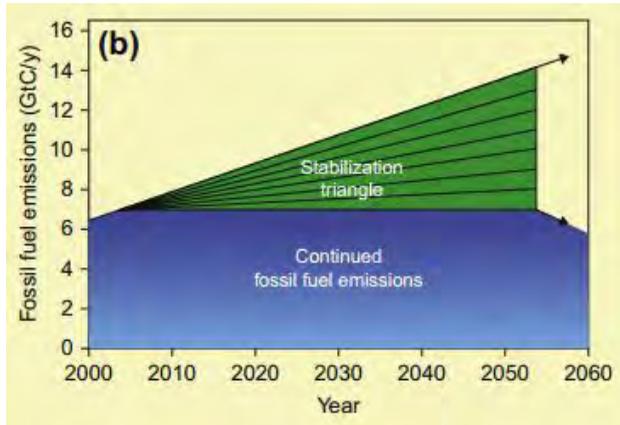
## **2.2 Mitigasi Perubahan Iklim**

Istilah adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim diciptakan oleh Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) untuk mereduksi emisi karbon global dan dampaknya bagi makhluk hidup. Keduanya memiliki makna khusus dalam kebijakan perubahan iklim. “Adaptasi” mengandung arti apa yang dapat dilakukan manusia untuk mengurangi dampak perubahan iklim, sedangkan “mitigasi” merujuk pada apa yang dapat dilakukan untuk mengatasi akar penyebab dari perubahan iklim, yaitu mengurangi polusi gas rumah kaca (IPCC, 2014).

Menghentikan perubahan iklim membutuhkan lebih dari sekadar mengurangi emisi: yaitu membutuhkan stabilisasi konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer. Ketiadaan sumber baru yang menyerap CO<sub>2</sub> dan GRK lainnya dalam jumlah besar, stabilisasi dan pengurangan emisi mendekati nol hampir dipastikan nihil terjadi. Diskusi kebijakan global saat ini berfokus pada stabilisasi GRK untuk mencegah kenaikan temperatur global melebihi 2 °C. Target ini mungkin dapat menurunkan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer serendah-rendahnya menjadi 350-400 ppm tergantung skenario dan model yang digunakan untuk membuat proyeksi. Hal ini karena konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer secara global sudah melebihi 400 ppm pada 2014 dan terus menerus naik beberapa ppm per tahun (Hannah, 2015).

Untuk mencapai tujuan tersebut, Pacala dan Socolow (2004) mengajukan solusi praktis dalam jangka waktu 50 tahun ke depan dengan memanfaatkan teknologi ramah lingkungan yang saat ini telah ada dan perubahan gaya hidup. Pada model yang ia ajukan, perlu ada segitiga penstabil yang mengandung minimal tujuh aksi global agar bisa memotong emisi bahan bakar fosil tetap di bawah 7 GtC/tahun, seperti yang terdapat pada gambar 2.1. Saat ini terdapat setidaknya 15 strategi aksi global yang bisa dilakukan untuk membuat laju emisi karbon pada 2054 menjadi hanya 1

GtC/tahun. Kelima belas strategi tersebut berkaitan dengan efisiensi penggunaan transportasi, bangunan yang ramah lingkungan, penggantian energi batu bara dengan energi yang dapat diperbaharui, pengurangan deforestasi, dan penangkapan karbon dari penyimpanan geologis, ekosistem, maupun pabrik buatan untuk sequestrasi karbon.



Gambar 2.0.1. Segitiga penstabil.

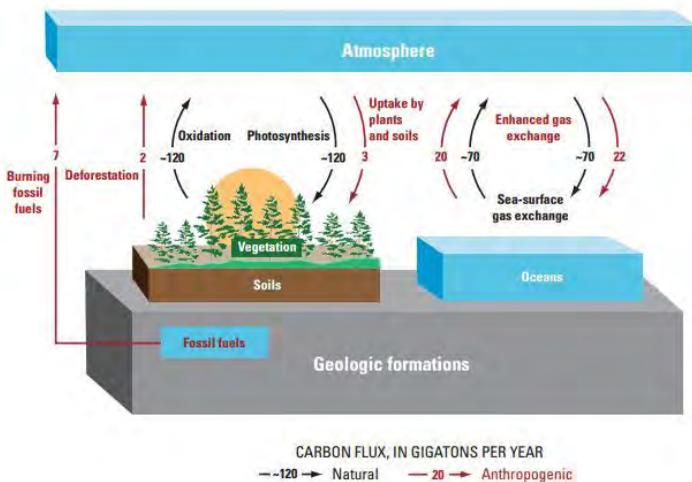
Keterangan: yang ditunjukkan dengan warna hijau, dibutuhkan untuk menjaga emisi dari bahan bakar fosil tetap di bawah 7 GtC/tahun, sehingga pada 2050, emisi dari bahan bakar fosil bisa mencapai di bawah 1 GtC/tahun. Segitiga penstabil tersebut minimal terdiri dari 7 aksi strategis yang harus diimplementasikan. (Sumber: Pacala dan Socolow, 2004).

Ahli biologi perubahan iklim prihatin dengan dampak perubahan iklim dan solusinya terhadap keanekaragaman hayati. Sehingga perlu diidentifikasi solusi jangka panjang yang memiliki dampak buruk paling rendah dan tindakan apa yang dapat dilakukan untuk mengembangkannya. Beberapa pilihan teknologi yang diajukan untuk memitigasi perubahan iklim adalah menghindari biofuel supaya tidak berkompetisi dengan pangan dan lahan hutan, optimalisasi dan peningkatan sequestrasi karbon,

mengembangkan energi baru dan terbarukan terutama dari matahari dan angin, serta mengurangi pembangunan di daerah yang menjadi hotspot keanekaragaman hayati (Hannah, 2015).

### 2.3 Sekuestrasi Karbon

Istilah sekuestrasi karbon (*carbon sequestration*) digunakan untuk mendeskripsikan proses ketika CO<sub>2</sub> dari atmosfer atau sumber emisi disimpan di lautan, lingkungan terestrial (vegetasi, tanah, dan sedimen), dan formasi bebatuan. Bumi telah memiliki siklus karbon yang terjadi secara alami. Siklus ini menjaga keseimbangan penyerapan CO<sub>2</sub> dan pelepasannya kembali ke atmosfer. Namun pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi menyebabkan CO<sub>2</sub> banyak terlepas ke atmosfer dan tetap bertahan, sehingga konsentrasinya semakin meningkat. Siklus karbon dapat dilihat pada Gambar 2 (USGS, 2008).



Gambar 0.2.2. Siklus Karbon Global.

Keterangan: Secara alami, terjadi pertukaran karbon antara atmosfer dan bumi dalam jangka waktu yang lama. Akumulasi CO<sub>2</sub> di atmosfer diserap kembali melalui proses fotosintesis oleh tanaman dan pertukaran gas di lautan. (Sumber: USGS, 2008).

Peningkatan sequestrasi karbon dapat dilakukan dengan (1) meningkatkan pertumbuhan biomasa hutan secara alami, (2) menambah cadangan kayu pada hutan yang ada dengan penanaman pohon atau mengurangi pemanenan kayu, dan (3) mengembangkan hutan dengan jenis pohon yang cepat tumbuh. Karbon yang diserap oleh tanaman disimpan dalam bentuk biomasa kayu, sehingga cara yang paling mudah untuk meningkatkan cadangan dan sequestrasi karbon adalah dengan menanam dan memelihara pohon (Hairiah dan Rahayu 2007).

## **2.4 Sekuestrasi Karbon untuk Mitigasi Perubahan Iklim**

Sebanyak 48% total kapasitas penyimpanan karbon dari seluruh ekosistem terestrial di seluruh dunia berada di hutan (IPCC, 2001). Pohon sebagai komponen utama hutan, menyerap CO<sub>2</sub> dalam jumlah yang besar. (Lorenz and Lal, 2009). Selain hutan, lahan pertanian, perkebunan (Union of Concern Scientist, 2009), lahan gambut, tambak, pesisir, dan ekosistem perkotaan yang ditumbuhi banyak pohon juga mampu menyerap karbon (Lal and Bruce, 2012).

Hingga saat ini, praktik konservasi hutan dan tanah (seperti restorasi hutan, lahan basah, dan padang rumput) serta pengurangan emisi CO<sub>2</sub> dari aktivitas pertanian berperan penting menjaga sequestrasi karbon di ekosistem terestrial. Namun, kebijakan optimalisasi sequestrasi karbon dari ekosistem terestrial membutuhkan pertimbangan berbagai aspek (USGS, 2008).

Sebagai contoh seperti yang terlihat pada gambar 2.2, konversi lahan pertanian menjadi hutan atau lahan basah kemungkinan dapat meningkatkan sequestrasi karbon, memperluas habitat flora dan fauna, serta menjaga kualitas air. Namun, hilangnya lahan pertanian juga dapat mengakibatkan penurunan produksi pangan yang juga berakibat pada penurunan kesejahteraan manusia. Oleh karena itu, solusi jangka panjang yang seimbang sangat dibutuhkan untuk memitigasi perubahan iklim tanpa mengurangi kesejahteraan manusia (USGS, 2008).



Gambar 2.0.3. Ilustrasi Konversi Ulang Lahan Pertanian Menjadi Hutan. (Sumber: [www.phys.org](http://www.phys.org); [www.earthobservatory.nasa.gov](http://www.earthobservatory.nasa.gov))

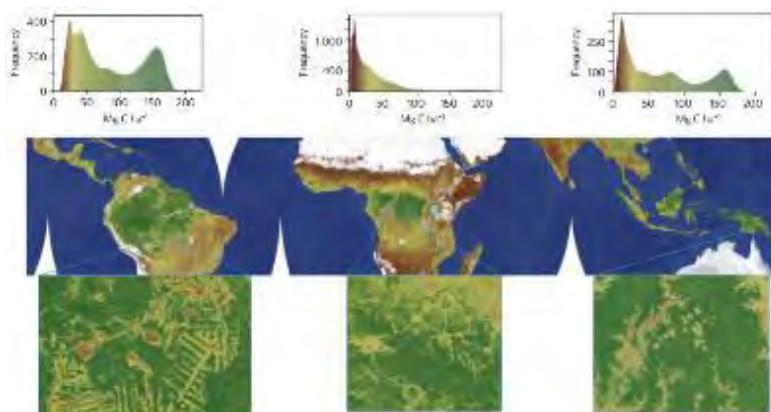
## 2.5 Penyimpanan Karbon di Habitat Terrestrial

Karbon disimpan oleh daratan bumi dalam bentuk makhluk hidup (tumbuhan dan hewan), bahan organik mati ataupun sedimen seperti fosil tumbuhan dan hewan. Sebagian besar jumlah karbon yang berasal dari makhluk hidup bersumber dari hutan. Seiring terjadinya kerusakan hutan, maka pelepasan karbon ke atmosfer juga terjadi sebanyak tingkat kerusakan hutan yang terjadi (Manuri, dkk, 2011).

Jumlah C tersimpan (stok karbon) antar lahan berbeda-beda, tergantung pada keragaman dan kepadatan tumbuhan yang ada, jenis tanahnya serta cara pengelolaannya. Penyimpanan C suatu lahan menjadi lebih besar bila kondisi kesuburan tanahnya baik, atau dengan kata lain jumlah C tersimpan di atas tanah (biomasa tanaman) ditentukan oleh besarnya jumlah C tersimpan di dalam tanah (bahan organik tanah) (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Ekosistem terrestrial di seluruh dunia menyimpan karbon sebesar 2100 GtC (IPCC, 2001). Selain itu, Baccini *et al.* (2012) memprediksikan, total karbon bagian atas permukaan (*above-ground*) yang tersimpan di hutan hujan tropis Indonesia adalah sebesar 18.6 Pg C. Angka tersebut berada di peringkat ketiga setelah Brazil (53.2 Pg C) dan Republik Demokratik Kongo (22.0 Pg C). Di level dunia, hutan hujan tropis Amerika, Afrika, dan Asia masing-masing menyimpan karbon sebesar 117.7 ( $\pm$  8.4), 64.5 ( $\pm$  8.4) and 46.5 ( $\pm$  3.0) Pg C. Perbandingan ketiganya terlihat pada Gambar 2.3.

Namun deforestasi hutan mengancam terlepasnya stok karbon di habitat terestrial. Penebangan hutan akan menyebabkan terbukanya permukaan tanah terhadap radiasi dan cahaya matahari. Dampak langsungnya adalah meningkatnya suhu tanah dan turunnya kadar air tanah, sehingga dapat menurunkan cadangan karbon, baik atas-permukaan (*above-ground carbon stocks*) maupun bawah permukaan (*below-ground carbon stocks*) (Murdiyarto et al, 2004).



Gambar 2.0.4. Stok Karbon Bagian Atas Permukaan Tanah di Hutan Hujan Tropis Amerika, Afrika, dan Asia.

Keterangan: Grafik bagian atas menunjukkan frekuensi distribusi karbon dalam  $\text{Mg C ha}^{-1}$ . Gambar bagian bawah menunjukkan citra satelit stok karbon. Coklat gelap merepresentasikan stok karbon yang rendah, sedangkan hijau gelap memiliki stok karbon yang besar. (Sumber: Baccini, et al., 2012)

Sutaryo (2009) mengemukakan dalam inventarisasi karbon hutan, *carbon pool* yang diperhitungkan setidaknya ada 4 kantong karbon. Keempat kantong karbon tersebut adalah:

1. Biomassa atas permukaan

Semua material hidup di atas permukaan. Termasuk bagian dari kantong karbon ini adalah batang, tunggul, cabang, kulit

- kayu, biji dan daun dari vegetasi baik dari strata pohon maupun dari strata tumbuhan bawah di lantai hutan.
2. Biomassa bawah permukaan  
Semua biomassa dari akar tumbuhan yang hidup. Pengertian akar ini berlaku hingga ukuran diameter tertentu yang ditetapkan. Hal ini dilakukan sebab akar tumbuhan dengan diameter yang lebih kecil dari ketentuan cenderung sulit untuk dibedakan dengan bahan organik tanah dan serasah.
  3. Bahan organik mati  
Meliputi kayu mati dan serasah. Serasah dinyatakan sebagai semua bahan organik mati dengan diameter yang lebih kecil dari diameter yang telah ditetapkan dengan berbagai tingkat dekomposisi yang terletak di permukaan tanah. Kayu mati adalah semua bahan organik mati yang tidak tercakup dalam serasah baik yang masih tegak maupun yang roboh di tanah, akar mati, dan tunggul dengan diameter lebih besar dari diameter yang telah ditetapkan.
  4. Karbon organik tanah  
Mencakup carbon pada tanah mineral dan tanah organik termasuk gambut.

## 2.6 Estimasi Biomassa

Biomassa adalah total berat atau volume organisme dalam suatu area 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). Estimasi biomassa sangat penting untuk menghitung dan memonitoring stok karbon, produktivitas ekosistem, dan kerusakan lingkungan (Das, S. and Singh, 2016).

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).

Estimasi biomassa atas permukaan 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, dkk., 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 2.2.

Tabel 2. 2. Persamaan Allometrik untuk Masing-masing Kategori Tegakan

No.	Kategori Tegakan	Persamaan Allometrik	Referensi
1	Pohon (tree)	$Y = 0,11 p D^{2,62}$	Ketterings <i>et al.</i> , 2001
2	Tihang (poles)	$B = 0,1 \times 0,41 \times D^{2+0,62}$	Ketterings <i>et al.</i> , 2001
3	Pancang (sapling)	$AGB = \exp (-3,23 + 2,17 \ln (D))$	Ali, A. <i>et al.</i> , 2015
4	Semai (seedling) kategori broadleaf	$AGB = 0,28 (RCD)^{2,807}$	Annighofer, P. <i>et al.</i> , 2016
5	Semai (seedling) kategori herba	$B = 0,11 H/6 (Abasal + 2 Ahalf + \sqrt{AbasalAhalf})$	Pottier and Jabot, 2017

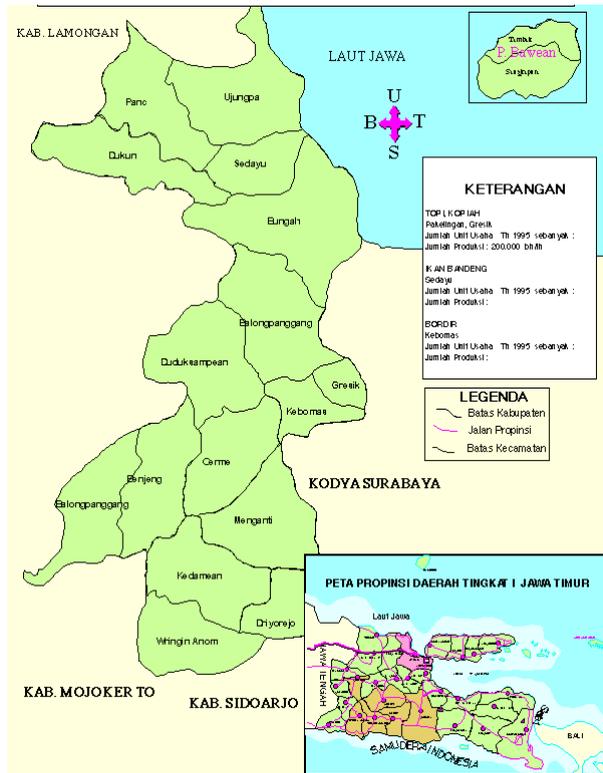
Keterangan: Y = B = Biomassa (kg); AGB = Biomassa atas permukaan tanah (kg); D = Diameter (cm); H = Tinggi tanaman; Abasal = Keliling bawah; Ahalf = Keliling setengah tinggi (*mid-height*).

## 2.7 Habitat Terrestrial di Kabupaten Gresik

Kabupaten Gresik merupakan salah satu kabupaten yang terletak di provinsi Jawa Timur. Kabupaten ini terletak antara 112°-113° Bujur Timur dan 7°-8° Lintang Selatan dengan luas wilayah 1.191,25 km<sup>2</sup> dan panjang garis pantai ± 140 km<sup>2</sup>. Hampir sepertiga bagian dari wilayah Kabupaten Gresik merupakan daerah pesisir pantai dan merupakan dataran rendah dengan ketinggian 2-12 meter di atas permukaan air laut (mdpl), kecuali Kecamatan Panceng dengan ketinggian 25 mdpl (BPS Kabupaten Gresik, 2015).

Kabupaten Gresik memiliki ekosistem terrestrial yang beragam, baik alami maupun buatan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Gresik tahun 2015, sebesar 31,56% dari total tutupan lahan Kabupaten Gresik diperuntukkan sebagai daerah persawahan. Selain itu, 26,14% dari luas

tutupan lahan juga didominasi oleh tanah tambak. Lahan berupa bangunan atau pekarangan mencapai 10,99%, sedangkan luasan hutan negara hanya sebesar 1,06%.



Gambar 2.0.5. Peta administrasi Kabupaten Gresik  
 (Sumber: [www.eastjava.com](http://www.eastjava.com), 2016)

Namun ekosistem di Kabupaten Gresik juga menghadapi tantangan akibat aktivitas antropogenik. Pada tahun 2015, jumlah industri besar, menengah, dan skala rumah tangga meningkat masing-masing sebesar 14%, 6%, dan 2% dibanding tahun sebelumnya (BPS Kabupaten Gresik, 2015). Peningkatan tersebut dapat memicu deforestasi dan alih fungsi ekosistem. Apabila

tidak diiringi dengan arahan tata guna yang jelas, hal tersebut dapat mempengaruhi pertumbuhan biomassa di berbagai ekosistem dan kemampuannya dalam menyerap CO<sub>2</sub>.

## 2.8 Penggunaan Lahan di Kabupaten Gresik

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Gresik Tahun 2015, jenis penggunaan lahan di Kabupaten Gresik terbagi menjadi tanah sawah, bangunan/halaman, tanah kering, tanah tambak, hutan negara, dan kegunaan lainnya. Secara rinci, penggunaan lahan beserta luasannya dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Jenis Penggunaan Lahan dan Luasannya di Kabupaten Gresik

No.	Kecamatan	Luas Lahan (Ha)						Total (Ha)
		Tanah Sawah	Bangunan/ Pekarangan	Tanah Kering	Tanah Tambak	Hutan Negara	Lainnya	
1	Balongpanggang	5.112,70	612,19	158,24	9,50	0,00	495,94	6.388,57
2	Benjeng	3.918,24	544,00	1.069,28	187,00	0,00	397,89	6.126,41
3	Bungah	1.027,95	387,78	1.638,73	3.507,96	0,00	1.380,98	7.943,40
4	Cerme	2.386,00	683,50	47,30	3.584,40	0,00	471,50	7.172,70
5	Driyorejo	1.639,59	2.174,99	1.052,66	0,00	0,00	263,08	5.130,32
6	Duduksampeyan	1.806,08	217,15	62,50	4.928,00	0,00	415,91	7.429,64
7	Dukun	2.349,51	400,56	1.477,98	1.391,21	0,00	289,63	5.908,89
8	Gresik	0,00	438,36	10,50	0,00	0,00	105,43	554,29
9	Kebomas	186,00	470,00	808,00	591,00	0,00	951,00	3.006,00
10	Kedamean	3.577,00	770,50	2.015,60	0,00	0,00	232,20	6.595,30
11	Manyar	3.56,21	1.257,05	962,30	5.833,11	5,65	1.133,82	9.548,14
12	Menganti	2.853,01	895,09	2.543,00	10,72	31,35	538,22	6.871,39
13	Panceng	1.545,00	128,50	3.163,70	44,40	1.012,00	365,40	6.259,00
14	Sangkapura	1.906,00	1.871,00	4.238,00	39,00	1.758,00	2.125,00	11.937,00
15	Sidayu	1.207,50	187,83	573,99	1.797,91	0,00	946,15	4.713,38
16	Tambak	1.295,00	564,48	2.249,14	0,00	944,64	2.817,01	7.870,27
17	Ujungpangkah	1.068,96	112,29	3.112,32	3.964,46	0,00	1.225,20	9.483,23
18	Wringinanom	2.180,85	1.582,90	2.367,60	0,00	0,00	130,20	6.261,55
	Total	34.415,60	13.308,17	27.550,84	25.888,67	3.751,64	14.284,56	119.199,48

Sumber: BPS Kabupaten Gresik, 2015

Dari data tersebut terlihat bahwa penggunaan lahan terbesar adalah untuk tanah sawah (pertanian lahan basah), yaitu sebesar 34.415 ha atau sekitar 28,89 % dari total wilayah di Kabupaten Gresik. Selanjutnya tanah kering (pertanian lahan kering) menempati seluas 27.550 ha atau sekitar 23,12% dari total

wilayah Kabupaten Gresik. Sedangkan sebanyak 3.751 ha atau 3,14% dari total wilayah Kabupaten Gresik digunakan untuk hutan negara (hutan produksi). Terdapat tiga kecamatan di Kabupaten Gresik yang memiliki lahan hutan negara di atas 900 ha.

## **2.9 Kondisi Lahan Pertanian di Kabupaten Gresik**

Kawasan pertanian pesisir merupakan salah satu tipe penggunaan lahan di beberapa wilayah Kabupaten Gresik. Komoditas utama pertanian pesisir adalah padi, jagung, palawija, dan kelapa. Berdasarkan jenis tanaman, pertanian di Kabupaten Gresik dibedakan menjadi dua kategori, antara lain:

### **1. Tanaman Bahan Makanan**

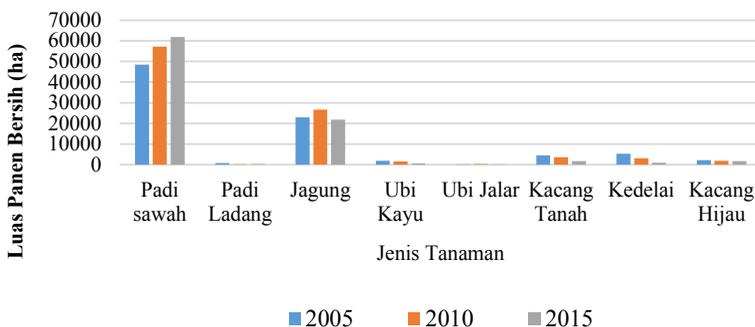
Tanaman bahan makanan mencakup komoditi bahan makanan pokok, seperti padi, jagung, ubi kayu, ubi rambat, kacang tanah, kedelai dan kacang hijau. Pada tahun 2013 luas panen bersih tanaman padi sawah sebesar 60.811 ha. Terjadi peningkatan luas panen bersih tanaman padi pada tahun 2014 sebesar 1,65%, yakni seluas 61.815 ha. Sedangkan untuk luas panen padi ladang mengalami penurunan dari 415 ha pada tahun 2013 menjadi 309 ha pada tahun 2014. Luas panen tanaman jagung tahun 2014 mengalami penurunan jika dibanding dengan tahun sebelumnya, yaitu dari 23.271 ha menjadi 21.782,5 ha. Produksi tanaman bahan makanan lainnya rata-rata juga mengalami peningkatan luas lahan dan produksinya selama tahun 2014, walaupun ada beberapa komoditi yang mengalami penurunan. Adapun luasan panen bersih tanaman bahan makanan Kabupaten Gresik cenderung mengalami peningkatan. Hal tersebut digambarkan pada Gambar 2.2.

### **2. Tanaman Perkebunan**

Tanaman perkebunan terbagi atas tanaman perkebunan rakyat dan tanaman perkebunan besar. Komoditi yang dicakup dalam tanaman perkebunan rakyat adalah hasil tanaman perkebunan yang dihasilkan oleh rakyat, seperti kelapa, cengkeh, jambu

mente, kopi, kapuk, tembakau, dan tebu. Sedangkan dalam perkebunan besar tercakup kegiatan yang memproduksi komoditi perkebunan yang diusahakan oleh perusahaan perkebunan, baik milik negara maupun milik swasta, seperti karet, teh, kopi, coklat, kelapa sawit, tebu dan lainnya. Luas tanaman dan produksi perkebunan rakyat maupun perkebunan besar selama tahun 2014 ada yang mengalami penurunan, dan ada yang mengalami peningkatan dibandingkan dengan tahun sebelumnya.

Luas areal tanaman kelapa pada tahun 2014 mengalami penurunan luas dibandingkan dengan tahun sebelumnya yaitu dari 3.629,65 ha menjadi 3.389,37 ha. Pada tahun 2014 luas lahan tanaman tua atau rusak (TTR) meningkat dari 136,21 ha pada tahun 2013 menjadi 271,58 ha pada tahun 2014. Akan tetapi, produksi kelapa tahun 2014 mengalami peningkatan dari 22.128,88 ton menjadi 35.827,86 ton pada tahun 2014. Luas tanaman cengkeh pada tahun 2014 dibandingkan tahun 2013, mengalami penurunan yaitu dari 7,61 ha pada tahun 2013 menjadi 6,27 ha pada tahun 2014. Produksi tersebut mengalami penurunan sekitar 48,03% dibanding pada tahun 2013. Komoditas kopi mengalami sedikit penurunan produksi sekitar 0,62% dari 1,62 ton menjadi 1,61 ton pada tahun 2014.



Gambar 2.0.6. Grafik Total Luas Panen Bersih Tanaman Bahan Makanan Kabupaten Gresik Tahun 2005, 2010, dan 2015.

(Sumber: Diolah dari data Dinas Pertanian, Perkebunan, dan Kehutanan Kabupaten Gresik, tidak dipublikasikan).

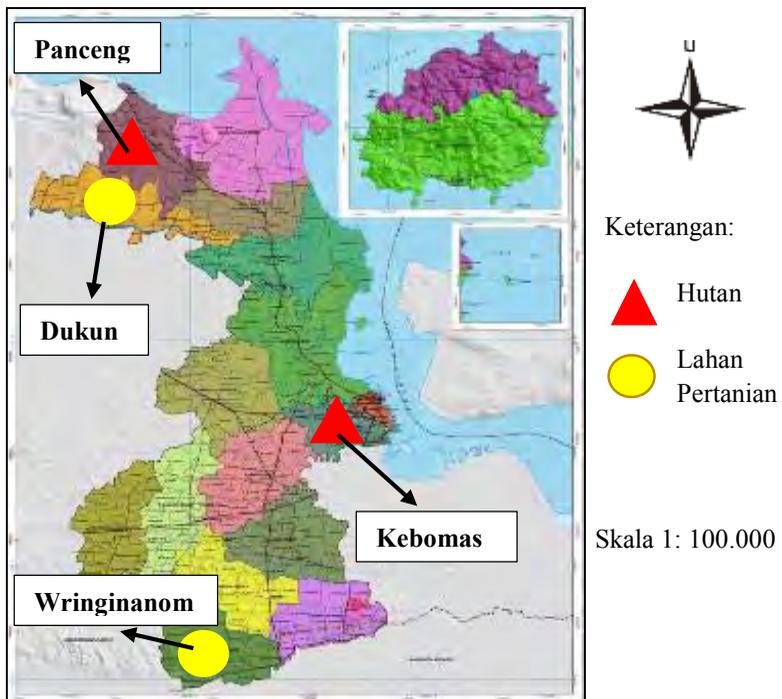
**“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”**

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

#### 3.1.1. Peta Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan melalui kegiatan survei lapangan pada empat kecamatan yang dianggap representatif secara ekologi, yaitu kecamatan yang memiliki habitat hutan dan lahan pertanian. Pada setiap kecamatan ditentukan titik sampling berdasarkan habitat yang diamati seperti terlihat pada gambar 3.1. Penelitian dilaksanakan selama Bulan Agustus 2016-Mei 2017.



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian Lapangan  
(Sumber: Peta Tematik Indonesia, 2015).

### 3.1.2 Deskripsi Lokasi Penelitian

Penentuan lokasi penelitian sampel adalah di kecamatan yang memiliki habitat hutan dan lahan pertanian. Habitat hutan dipilih karena mewakili vegetasi yang memiliki jenis tanaman heterogen, memiliki banyak habitus pohon, dan tanaman yang berumur panjang. Sedangkan habitat pertanian dipilih untuk mewakili vegetasi yang memiliki jenis tanaman homogen, habitus pohon yang sedikit, dan memiliki rata-rata umur yang pendek.

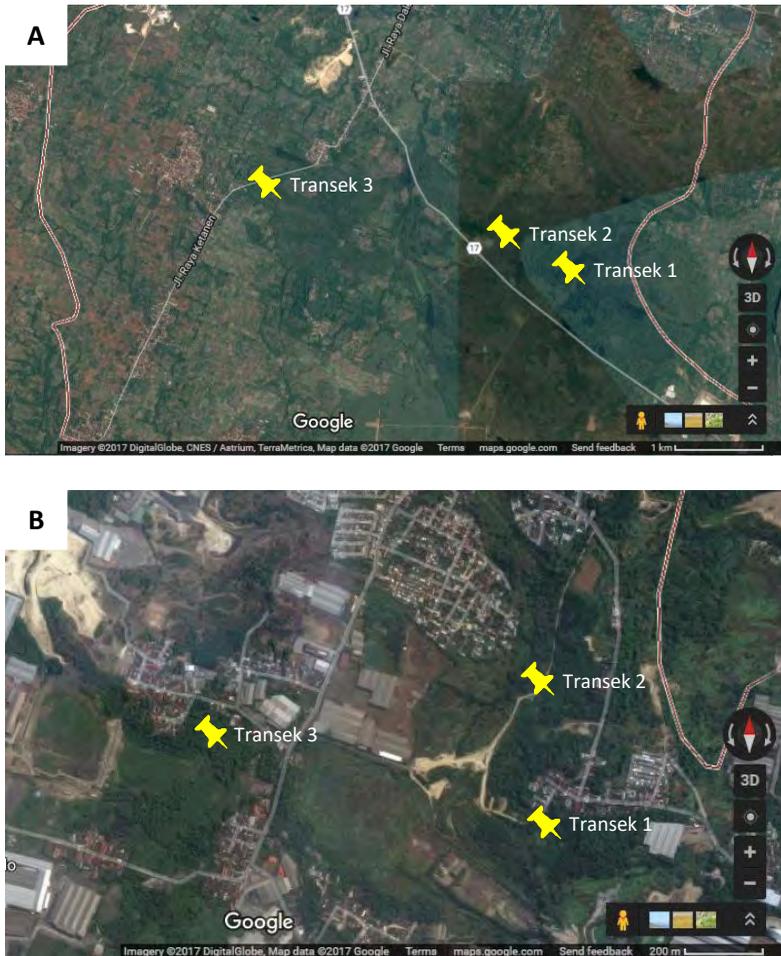
#### 3.1.2.1 Habitat Hutan

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Gresik (2015), kecamatan yang memiliki habitat hutan adalah Kecamatan Panceng, Sangkapura, dan Tambak. Seluruh habitat hutan di tiga kecamatan tersebut berjenis hutan negara. Selain itu, berdasarkan survei lapangan yang telah dilakukan, Kabupaten Gresik juga memiliki habitat hutan kota, yang terdapat di Kecamatan Kebomas. Sehingga, berdasarkan kondisi tersebut, habitat hutan yang dipilih dalam penelitian ini adalah hutan negara di Kecamatan Panceng dan hutan kota di Kecamatan Kebomas.

Komposisi habitus yang mendominasi habitat hutan negara di Kecamatan Panceng adalah pohon dengan spesies Jati (*Tectona grandis*). Hutan negara di Kecamatan Panceng memiliki luas sebesar 1.012 ha dari total 6.259 ha, atau sebesar 16,17% dari total wilayah Kecamatan Panceng (BPS Kabupaten Gresik, 2015). Sedangkan, habitat hutan kota di Kecamatan Kebomas didominasi oleh habitus tiang dengan spesies dominan Sengon (*Albizia chinensis*). Selain itu, berdasarkan citra satelit, luas hutan kota di Kecamatan Kebomas adalah sebesar 77,38 ha dari total 3.006 ha, atau 2,58 %.

Di sisi lain, pemilihan lokasi sampling untuk pembuatan garis transek dilakukan dengan melihat citra satelit. Semakin hijau warna daerah pada citra, semakin banyak vegetasi pada daerah tersebut. Titik sampling yang dipilih adalah daerah hutan yang merepresentasikan kondisi vegetasi yang sangat rapat, rapat,

dan sedang. Titik sampling berdasarkan citra satelit di Kecamatan Panceng dan Kebomas masing-masing dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Titik sampling hutan negara berdasarkan citra satelit. A) Kecamatan Panceng dan B) Kecamatan Kebomas (Sumber: Google Earth, 2017).

### 3.1.2.2 Habitat Lahan Pertanian

Penelitian sampel untuk habitat lahan pertanian dilakukan di Kecamatan Dukun dan Wringinanom. Berdasarkan data BPS Kabupaten Gresik (2015), Kecamatan Dukun memiliki luas lahan pertanian sebesar 2.349 ha dari luas total 5.908 ha, atau 39,76 % dari luas wilayahnya. Habitus yang mendominasi adalah jenis pancang dengan spesies Ketela (*Manihot esculenta*) dan jenis semai dengan spesies dominan Padi (*Oryza sativa*). Sedangkan lahan pertanian di Kecamatan Wringinanom sebesar 2.180 ha dari total 6.261 ha, atau 34,82 % dari luas wilayahnya. Habitus yang mendominasi adalah jenis pancang dengan spesies Jagung (*Zea mays*) dan semai dengan spesies Cabai (*Capsicum annum*).

Seperti yang dilakukan terhadap habitat hutan, pemilihan titik sampling untuk pembuatan garis transek terhadap habitat lahan pertanian juga dilakukan berdasarkan citra satelit. Lahan pertanian dicitrakan dengan warna hijau muda dan terlihat memiliki petak-petak pematang. Selain itu, pemilihan titik sampling juga memperhatikan aksesibilitas lokasi, yaitu lahan pertanian yang lebih dekat dengan dengan jalan raya. Titik sampling berdasarkan citra satelit di Kecamatan Dukun dapat dilihat pada gambar 3.3, sedangkan Kecamatan Wringinanom dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.3. Titik sampling berdasarkan citra satelit di Kecamatan Dukun. (Sumber: Google Earth, 2017)



Gambar 3.4. Titik sampling berdasarkan citra satelit di Kecamatan Wringinanom (Sumber: Google Earth, 2017)

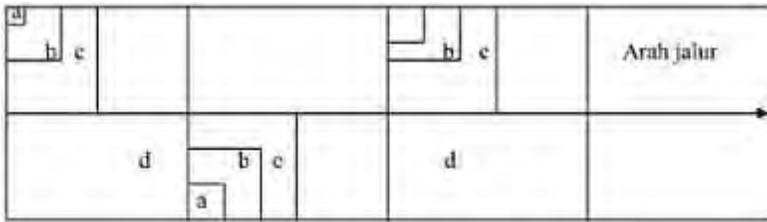
## 3.2 Metode Pelaksanaan

### 3.2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah peta Kabupaten Gresik, pita ukur panjang, pita ukur pendek, tali rafia, gunting, kantong plastik, papan dan buku tulis, buku penjepit sampel tanaman, jangka sorong, dan kamera.

### 3.2.2 Desain Sampling Estimasi Biomassa

Metode yang digunakan untuk sampling estimasi biomassa atas permukaan adalah metode kuadran. Pada setiap jenis habitat dibuat tiga garis transek dengan panjang masing-masing transek 60 m yang memotong vegetasi dan mengikuti kontur wilayah. Pada masing-masing transek dibuat tiga kuadrat (plot) dengan jarak antar kuadrat dan lebar yang sama. Desain kuadrat untuk sampling estimasi biomassa dapat dilihat pada Gambar 3.5. Sedangkan kategori tegakan serta ukuran kuadrat untuk masing-masing tegakan dapat dilihat pada Tabel 3.1.



Gambar 3.5. Desain Kuadrat (Plot) untuk Sampling Estimasi Biomassa: A) Kategori Semai, B) Kategori Tihang, C) Kategori Pancang, D) Kategori Pohon (Sumber: Lutfi dan Antomo, 2011)

Tabel 3.1. Kategori Tegakan dan Ukuran Kuadrat untuk Sampling Estimasi Biomassa

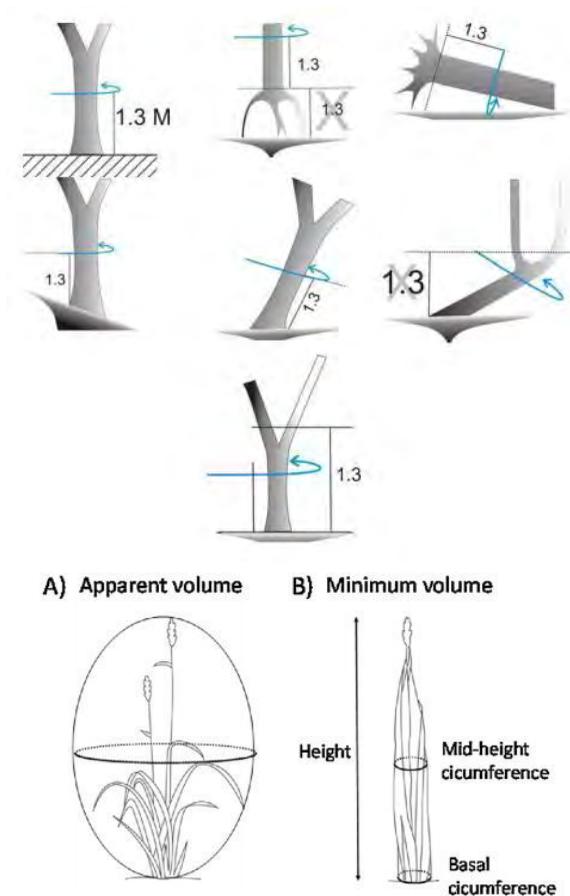
No.	Kategori Tegakan	Diameter (cm)	Tinggi (m)	Ukuran Kuadrat (m)
1	Pohon ( <i>tree</i> )	$\geq 20$	-	20 x 20
2	Tihang ( <i>poles</i> )	7 – 20	-	10 x 10
3	Pancang ( <i>sapling</i> )	$< 7$	$\geq 1,5$	5 x 5
4	Semai ( <i>seedling</i> )	-	$< 1,5$	2 x 2

(Sumber: Lutfi dan Antomo, 2011)

### 3.2.3 Pengukuran Diameter

Estimasi biomassa atas permukaan 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 tanaman. Diameter tanaman kategori pohon dan tihang yang diukur adalah setinggi dada atau *diameter at breast height* (DBH), yaitu sekitar 1,3 m dari pangkal tanaman (Sutaryo, 2009). Sedangkan tanaman kategori pancang diukur 30 cm dari pangkal tanaman (Gehring, 2008). Adapun pengukuran habitus semai dibagi menjadi dua, yaitu kategori *broadleaf* dan herba. Pada kategori *broadleaf*,

diameter diukur dari ketinggian 5 cm dari pangkal tanaman (Annighofer, 2016), sedangkan pada kategori herba yang diukur *mid-height circumference* dan *basal circumference* (Pottier, 2017). Metode pengukuran dai berbagai jenis habitus dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Metode pengukuran diameter berdasarkan habitus. Bagian atas adalah pohon dan tiang, bagian bawah adalah untuk herba (Sumber: Sutaryo, 2009; Pottier, 2017).

### 3.3 Analisis Data

#### 3.3.1 Ekstrapolasi Biomassa

Data diameter tegakan yang telah diperoleh selanjutnya diekstrapolasi dengan 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). 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.	Kategori Tegakan	Persamaan Allometrik	Referensi
1	Pohon (tree)	$Y = 0,11 p D^{2,62}$	Ketterings <i>et al.</i> , 2001
2	Tihang (poles)	$B = 0,1 x 0,41 x D^{2+0,62}$	Ketterings <i>et al.</i> , 2001
3	Pancang (sapling)	$AGB = \exp (-3,23 + 2,17 \ln (D))$	Ali, A. <i>et al.</i> , 2015
4	Semai (seedling) kategori broadleaf	$AGB = 0,28 (RCD)^{2,807}$	Annighofer, P. <i>et al</i> , 2016
5	Semai (seedling) kategori herba	$B = 0,11 H/6 (Abasal + 2 Ahalf + \sqrt{AbasalAhalf})$	Pottier and Jabot, 2017

Keterangan: Y = B = Biomassa (kg); AGB = Biomassa atas permukaan tanah (kg); D = Diameter (cm); H = Tinggi tanaman; Abasal = Keliling bawah; Ahalf = Keliling setengah tinggi (*mid-height*).

### 3.3.2 Estimasi Stok Karbon

Nilai biomassa yang telah diketahui dapat digunakan untuk menduga stok karbon yang tersimpan dalam vegetasi karena 46% biomassa tersusun oleh karbon (Hairiah dan Rahayu, 2007) sehingga dari hasil perhitungan biomassa dapat diubah dalam bentuk karbon (kg) melalui proses perkalian nilai biomassa dengan faktor konversi sebesar 0,47.

$$C = 0,47 B$$

Keterangan : C = jumlah stok karbon (kg)  
B = biomassa (kg)

(Sumber: IPCC, 2006)

### 3.3.3 Estimasi Sekuestrasi Karbon

Masing-masing jenis tipe habitat mempunyai daya serap CO<sub>2</sub> yang berbeda karena adanya perbedaan biomassa dan stok karbon. Menurut Manuri, dkk. (2011), nilai karbon tersimpan yang diperoleh dikalikan dengan 3.67 untuk mengetahui besarnya serapan CO<sub>2</sub>. Nilai 3.67 merupakan konstanta untuk mengkonversi karbon menjadi bentuk CO<sub>2</sub>. Nilai tersebut berasal dari rumus berikut.

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

Keterangan : Mr CO<sub>2</sub> = Berat molekul senyawa CO<sub>2</sub> (44)  
Ar C = Berat molekul relative atom C (12)

(Sumber: Astuti, 2012)

**“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”**

## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Analisis Keanekaragaman Tumbuhan

Hasil analisis keanekaragaman tumbuhan terhadap empat jenis habitat terestrial disajikan dalam tabel 1-4 di lampiran 1 dan dirangkum pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Perbandingan hasil analisis keanekaragaman tumbuhan pada empat habitat terestrial di Kabupaten Gresik

No	Tipe Habitat	Spesies yang Mendominasi	n	N	H'	E
1.	Hutan Produksi	<i>Tectona grandis</i>	897	19	2,3	0,7
2.	Hutan Kota	<i>Dendrocalamus giganteus</i>	1.012	29	2,2	0,6
3.	Pertanian Lahan Kering	<i>Curcuma longa</i>	325	7	1,5	0,6
4.	Pertanian Lahan Basah	<i>Oryza sativa</i>	341	9	0,4	0,2
Jumlah			2.575	64	-	-

Keterangan:

H' : Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener; E: Indeks pemerataan;

n : Jumlah individu; N : Jumlah spesies

Data tersebut menunjukkan bahwa masing-masing jenis habitat memiliki indeks keanekaragaman ( $H'$ ) Shanon-Wiener yang berbeda-beda. Nilai  $H'$  tertinggi ditemukan pada habitat hutan produksi sebesar 2,3, sedangkan pertanian lahan basah menjadi habitat dengan indeks keanekaragaman paling rendah, yaitu 0,4. Menurut Fachrul (2007), keanekaragaman yang tinggi memiliki  $H' > 3$ , sedangkan kategori sedang berada pada interval  $1 \leq H' \leq 3$ , sementara  $H' < 1$  tergolong rendah. Dengan demikian, indeks keanekaragaman di hutan produksi, hutan kota, dan pertanian lahan kering tergolong sedang, sementara pertanian lahan basah memiliki indeks keanekaragaman tergolong rendah.

Indeks keanekaragaman di hutan produksi yang berada pada interval sedang disebabkan karena jenis tanaman pada habitat ini cenderung homogen, yaitu didominasi oleh *Tectona grandis* sebagai produk utama dari hutan untuk industri. Data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik (2015) menyebutkan, sebanyak 3,1 % dari total wilayah Kabupaten Gresik adalah berupa hutan produksi atau hutan negara. Di sisi lain, habitat hutan kota di Kabupaten Gresik didominasi oleh *Dendrocalamus giganteus*. Meskipun indeks keanekaragaman yang dimiliki hutan kota lebih rendah dibandingkan hutan produksi, namun spesies utama pada hutan kota lebih beragam. Selain *D. giganteus*, spesies berkayu yang mendominasi pada hutan kota adalah *Swietenia mahagoni* dan *Muntingia calabura*.

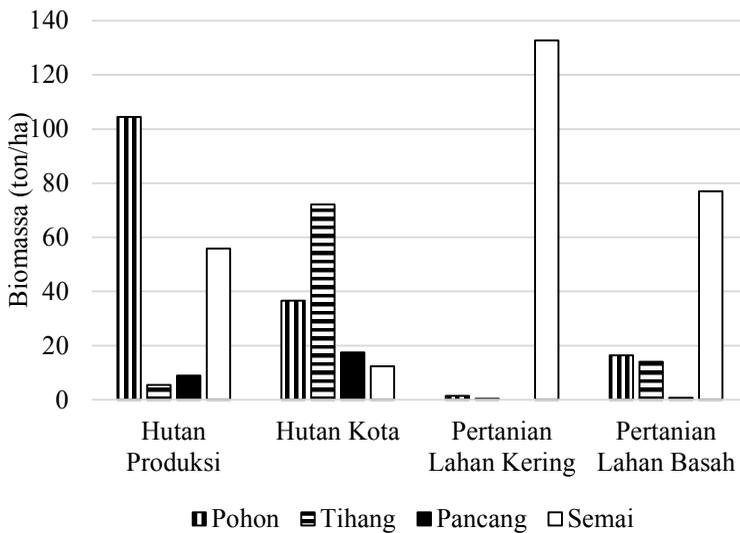
Pada habitat lahan pertanian, pertanian lahan kering memiliki indeks keanekaragaman yang lebih besar dibandingkan pertanian lahan basah. Hal ini karena, pertanian lahan kering memiliki banyak pilihan jenis tanaman budidaya dibandingkan lahan basah. Meskipun spesies yang paling dominan pada lahan kering adalah *Curcuma longa*, namun habitat ini memiliki pergantian jenis tanaman yang cukup tinggi, yaitu mencapai tiga kali dalam setahun. Tanaman yang sering dibudidayakan pada habitat ini adalah *Capsicum annum*, *Zea mays*, dan *Oryza sativa*. Adapun pertanian lahan basah memiliki jenis tanaman yang homogen sepanjang tahun yaitu *O. sativa*. Kondisi masing-masing habitat dapat dilihat pada lampiran 3.

## 4.2 Hasil Estimasi Biomassa

Data hasil estimasi biomassa atas permukaan tanah dari berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik disajikan pada tabel 4.2 dan grafik perbandingan nilai biomassa keempat habitat disajikan pada gambar 4.1. Contoh perhitungan biomassa tersaji pada lampiran 2.

Tabel 4.2. Estimasi biomassa atas permukaan tanah pada berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik

Tipe Habitat	Biomassa (ton/ha)				
	Pohon	Tihang	Pancang	Semai	Total
Hutan Produksi	104,44	5,42	8,92	55,86	174,66
Hutan Kota	36,57	72,16	17,44	12,32	138,50
Pertanian Lahan Kering	1,40	0,41	0	132,77	134,59
Pertanian Lahan Basah	16,46	14,01	0,74	77,03	108,57



Gambar 4.1. Grafik perbedaan estimasi biomassa di berbagai tipe habitat terestrial.

Data di atas menunjukkan bahwa keempat jenis habitat memiliki jumlah biomassa yang berbeda-beda. Habitat dengan nilai biomassa paling tinggi adalah hutan produksi, yaitu sebesar 174,66 ton/ha, sedangkan yang paling rendah adalah pertanian lahan basah dengan nilai 108,57 ton/ha. Nilai biomassa di hutan produksi yang lebih tinggi dibandingkan habitat lainnya ini disebabkan karena habitat tersebut memiliki banyak pohon dengan ukuran diameter yang besar dan berumur panjang dari habitus pohon. Berbeda dengan lahan pertanian yang didominasi oleh tanaman dengan habitus semai yang memiliki diameter kecil dan berumur pendek.

Hubungan antara diameter dengan biomassa tanaman disajikan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hubungan Antara Diameter dengan Biomassa.

Tipe Habitat	r	P	Taraf signifikansi
Hutan Produksi	0,845	0,000	**
Hutan Kota	0,723	0,000	**
Pertanian Lahan Kering	0,637	0,003	**
Pertanian Lahan Basah	0,633	0,000	**

Keterangan:

r : Koefisien korelasi Pearson

P : Nilai signifikansi

\*\* : Signifikan pada taraf 0,01

Berdasarkan analisis koefisien korelasi Pearson ( $r$ ) yang ditampilkan pada tabel di atas, terdapat korelasi yang kuat ( $0,50 \leq r \leq 0,75$ ) antara diameter dengan biomassa pada habitat hutan kota, pertanian lahan kering, dan pertanian lahan basah. Sedangkan pada hutan produksi, antara diameter dan biomassa memiliki korelasi yang sangat kuat ( $0,75 \leq r \leq 0,99$ ). Analisis korelasi tersebut didasarkan pada interval klasifikasi kekuatan korelasi yang dibuat oleh Sarwono (2009) seperti terlihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Interval Klasifikasi Kekuatan Korelasi

Koefisien	Kekuatan Korelasi
0	Tidak ada korelasi
0,00 – 0,25	Korelasi sangat lemah
0,25 – 0,50	Korelasi cukup
0,50 – 0,75	Korelasi kuat
0,75 – 0,99	Korelasi sangat kuat
1	Korelasi sempurna

(Sumber: Sarwono, 2009)

Analisis regresi linier berganda juga membuktikan bahwa terjadi korelasi yang signifikan ( $P < 0,01$ ) antara diameter dengan biomassa pada semua tipe habitat terestrial. Hasil ini sesuai dengan penelitian Elias *et al* (2010), Effendi (2012), dan Kalita *et al.* (2015) yang mengemukakan bahwa semakin besar diameter tegakan maka semakin besar pula biomasannya. Stephenson *et al.* (2014) dalam penelitiannya terhadap 403 spesies pohon yang tersebar di enam benua menemukan bahwa laju pertumbuhan biomassa pohon meningkat seiring dengan peningkatan ukuran pohon. Pohon dengan diameter batang 100 cm, rata-rata menyumbang 103 kg biomassa atas permukaan tanah per tahun. Menurut Effendi (2012), sebanyak 97,5% nilai biomassa dapat dijelaskan oleh data diameter. Besarnya diameter juga dipengaruhi oleh umur tegakan, semakin besar umur tegakan maka semakin besar pula diameternya. Pada habitat hutan, tanamannya memiliki umur yang panjang, sedangkan habitat lahan pertanian tanamannya selalu berganti seiring dengan masa panen.

Korelasi yang signifikan antara diameter dan biomassa ini diduga berhubungan dengan laju penyerapan karbon dan fotosintesis. Pada proses fotosintesis,  $CO_2$  di atmosfer difiksasi oleh tanaman. Karbon tersebut tidak hanya berfungsi sebagai energi kimiawi pada tanaman, tetapi juga menyediakan kerangka

karbon untuk molekul organik yang membentuk struktur tanaman. Secara umum, karbon, hidrogen, dan oksigen yang diasimilasi menjadi molekul organik melalui proses fotosintesis membentuk 96% dari total biomassa tanaman (Marschner, 1995). Semakin besar biomassa yang dihasilkan dari proses fotosintesis akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, baik pertumbuhan primer maupun sekunder. Pertumbuhan sekunder terjadi karena adanya aktivitas meristem lateral yang menghasilkan jaringan pembuluh sekunder dan periderm, sehingga meningkatkan diameter tanaman (Campbell, dkk, 2000). Oleh karena itu, diameter dapat digunakan untuk estimasi biomassa tanaman.

Selain karena besarnya diameter, tingginya nilai biomassa di hutan produksi juga dipengaruhi oleh kecepatan pertumbuhan tanaman pada habitat tersebut. Berdasarkan penelitian Marsoem (2013), *Tectona grandis* memiliki laju pertumbuhan rata-rata yang cepat, yaitu  $2,21 \pm 0,52$  cm/tahun. Hal ini sesuai dengan penelitian Redondo-Brenes dan Montagnini (2006) yang melaporkan bahwa tanaman yang memiliki laju pertumbuhan cepat cenderung menyimpan biomassa lebih besar di tahap awal dalam siklus hidupnya, yaitu sebelum berumur 10 tahun. Sedangkan spesies yang memiliki laju pertumbuhan relatif lambat, cenderung mengakumulasi biomassa dalam jangka panjang. Hal ini karena tanaman dengan laju pertumbuhan yang lambat memiliki berat jenis pohon yang lebih besar dibandingkan tanaman dengan laju pertumbuhan yang cepat.

Dalam penelitian ini, *Tectona grandis* yang menjadi spesies utama di habitat hutan produksi memiliki berat jenis 0,59. Sedangkan habitat hutan kota, karena memiliki tegakan pohon dan tiang dengan jenis yang beragam, juga memiliki berat jenis yang beragam pula. Berat jenis tertinggi pada hutan kota dimiliki oleh *Tamarindus indica* (0,93) dan *Azadirachta indica* (0,66), yang memiliki angka lebih besar dibandingkan hutan produksi.

Berdasarkan analisis tersebut, kemungkinan habitat hutan kota akan menyimpan biomassa dalam jumlah yang lebih besar dalam jangka waktu yang panjang dibandingkan hutan produksi.

Adapun kategori habitus yang memiliki biomassa terbesar, berbeda pada setiap jenis habitat. Pada habitat hutan produksi, biomassa terbesar dimiliki oleh habitus pohon yaitu sebesar 59,79% dari total habitus. Selanjutnya diikuti habitus semai yang mencapai 31,98%, sedangkan yang paling rendah adalah habitus tihang, yaitu 3,10%. Berbeda pada habitat hutan kota, prosentase nilai biomassa tertinggi justru dimiliki oleh habitus tihang, yaitu sebesar 52,10%. Sedangkan prosentase biomassa biomassa yang paling rendah terdapat pada habitus semai, yang hanya mencapai 8,89% dari total kategori habitus.

Habitat hutan produksi memiliki habitus semai lebih banyak dan turut menyumbang biomassa cukup besar diduga berkaitan dengan intensitas paparan cahaya matahari. Hutan produksi memiliki kanopi yang tidak rapat dibandingkan dengan hutan kota, sehingga memungkinkan cahaya matahari untuk berpenetrasi ke lantai hutan. Hal ini membuat habitat hutan produksi memiliki jumlah semai yang tinggi, yang turut berkontribusi terhadap nilai biomassa.

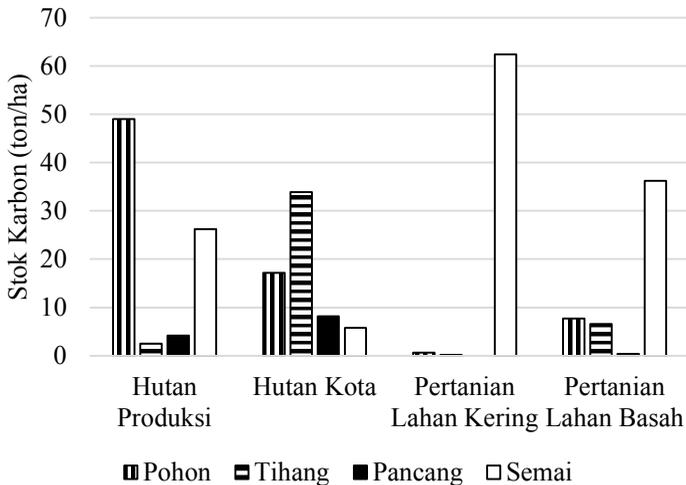
Pada habitat pertanian lahan kering dan lahan basah, kontribusi biomassa terbesar disumbangkan oleh kategori habitus semai. Pada habitat pertanian lahan kering jumlahnya mencapai 98,64% dari total habitus, sedangkan pada habitat pertanian lahan kering mencapai 71,14%. Hal ini karena jumlah tanaman berjenis semai pada habitat pertanian lahan kering lebih banyak dibandingkan pada pertanian lahan basah. Meskipun habitat pertanian lahan basah memiliki habitus yang lebih beranekaragam, namun jumlah habitus pohon dan tihang pada habitat tersebut tidak signifikan, sehingga habitat pertanian lahan basah memiliki nilai biomassa yang lebih sedikit.

### 4.3 Hasil Estimasi Stok Karbon

Data hasil estimasi stok karbon dari berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik disajikan pada tabel 4.5 dan grafik perbandingan nilai stok karbon keempat habitat disajikan pada gambar 4.2.

Tabel 4.5. Estimasi stok karbon pada berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik

Tipe Habitat	Stok Karbon (ton/ha)				
	Pohon	Tihang	Pancang	Semai	Total
Hutan Produksi	49,0	2,54	4,19	26,25	82,09
Hutan Kota	17,18	33,91	8,19	5,79	65,09
Pertanian Lahan Kering	0,65	0,19	0	62,40	63,26
Pertanian Lahan Basah	7,73	6,58	0,35	36,20	50,88



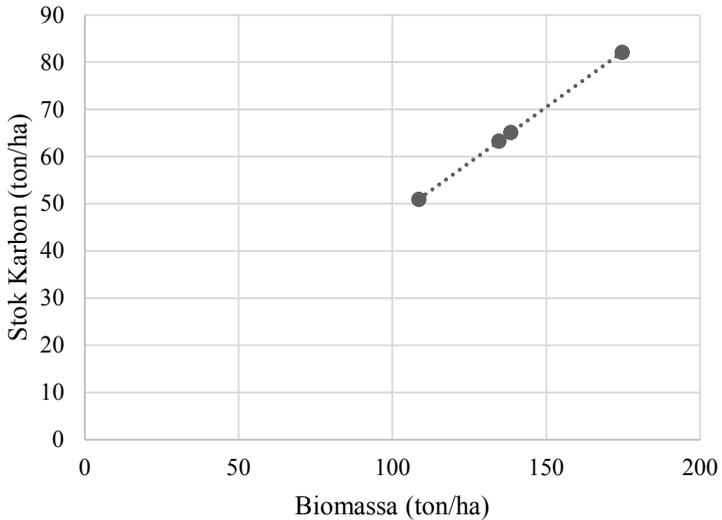
Gambar 4.2. Grafik perbedaan estimasi stok karbon di berbagai tipe habitat terestrial.

Berdasarkan data di atas, stok karbon tertinggi ditemukan pada hutan produksi dengan nilai 82,09 ton/ha. Sedangkan nilai stok karbon terendah ditemukan pada habitat pertanian lahan basah, yaitu 50,88 ton/ha. Hasil tersebut menunjukkan bahwa stok karbon pada keempat habitat terestrial di Kabupaten Gresik adalah rendah. Menurut Gibs et al. (2007), suatu habitat dikatakan memiliki stok karbon yang tinggi jika habitat tersebut memiliki rata-rata stok karbon sebesar 150 ton/ha. Pada dasarnya patokan di atas digunakan untuk habitat hutan tropis, akan tetapi karena belum ada patokan nilai yang menunjukkan kualitas stok karbon untuk habitat terestrial tertentu, maka klasifikasi Gibs tetap digunakan. Nilai stok karbon yang tinggi pada hutan produksi dibandingkan habitat lainnya dalam penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Trimanto (2014), yang menemukan bahwa nilai stok karbon pada hutan produksi *Tectona grandis* di Pulau Bawean, Jawa Timur tergolong rendah ( $< 150$  ton/ha).

Alasan mengapa habitat pertanian lahan kering memiliki nilai stok karbon lebih tinggi daripada habitat pertanian lahan basah, adalah karena habitat pertanian lahan kering memiliki jumlah tanaman yang banyak dan jenis yang lebih beragam (tabel 4.1). Stok karbon pada kedua jenis habitat ini banyak disumbangkan oleh habitus semai. Meskipun kategori habitus semai banyak menyimpan karbon pada habitat pertanian, akan tetapi habitat ini memiliki laju perubahan penggunaan lahan yang cepat, sehingga berakibat pada pergantian jenis tanaman. Oleh karena itu perlu ada diversifikasi habitus dan jenis tanaman pada habitat lahan pertanian, sehingga mampu menyimpan karbon dalam jumlah besar dan jangka waktu yang lama.

Jumlah karbon yang disimpan oleh keempat habitat menunjukkan perbandingan yang tidak jauh berbeda dengan biomassa yang dimilikinya (tabel 4.2). Sehingga hal ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara biomassa dengan stok karbon. Nilai stok karbon semakin tinggi seiring dengan

tingginya nilai biomassa yang dimiliki sebuah habitat. Hubungan linier antara biomassa dan stok karbon ditunjukkan pada gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3. Hubungan linier antara biomassa dan stok karbon (Sumber: Analisis Pribadi, 2017)

Linieritas antara stok karbon dan biomassa ini disebabkan karena 47% dari biomassa adalah stok karbon (IPCC, 2006). Sumber lain menyebutkan, stok karbon yang terkandung dalam biomassa tanaman adalah 45% (Whittaker and Likens, 1973) dan penelitian lain menunjukkan sebesar 46% (Hairiah dan Rahayu, 2007).

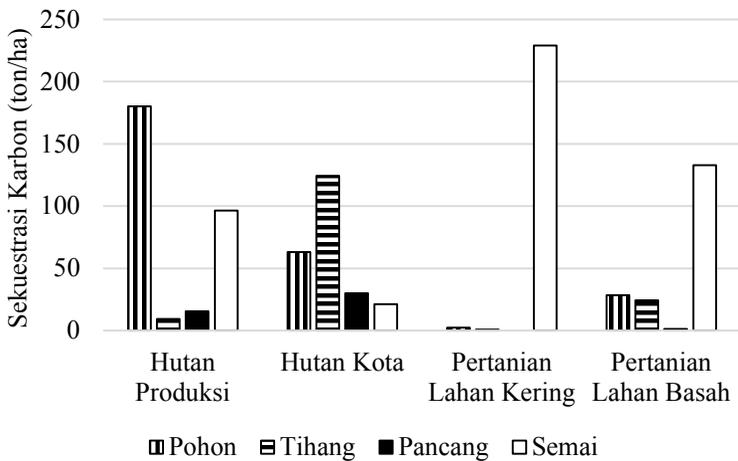
#### 4.4 Hasil Estimasi Sekuestrasi Karbon

Data hasil estimasi sekuestrasi karbon dari berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik disajikan pada tabel 4.6 dan

grafik perbandingan nilai sekuestrasi karbon keempat habitat disajikan pada gambar 4.4.

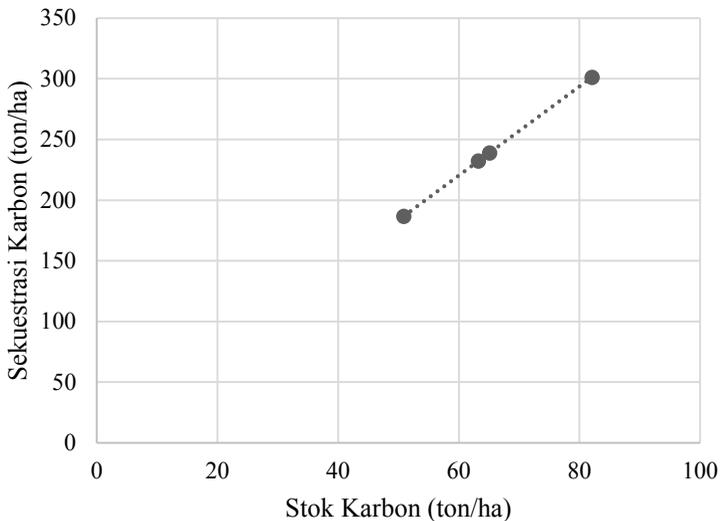
Tabel 4.6. Estimasi sekuestrasi karbon pada berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik

Tipe Habitat	Sekuestrasi Karbon (ton/ha)				Total
	Pohon	Tihang	Pancang	Semai	
Hutan Produksi	180,16	9,35	15,39	96,353	301,27
Hutan Kota	63,08	124,48	30,08	21,25	238,91
Pertanian Lahan Kering	2,41	0,72	0	229,02	232,16
Pertanian Lahan Basah	28,39	24,16	1,29	132,88	186,73



Gambar 4.4. Grafik perbedaan estimasi sekuestrasi karbon di berbagai tipe habitat terestrial. (Sumber: Analisis Pribadi, 2017)

Berdasarkan data di atas, sequestrasi karbon tertinggi dimiliki oleh hutan produksi dengan serapan 301,27 ton/ha. Sedangkan pertanian lahan basah menjadi habitat dengan nilai sequestrasi karbon terendah, yaitu 186,73 ton/ha. Nilai sequestrasi karbon di hutan produksi yang lebih tinggi dibandingkan habitat lainnya ini juga dipengaruhi oleh tingginya nilai stok karbon di habitat tersebut. Begitu juga habitat hutan kota, pertanian lahan kering, dan pertanian lahan basah yang memiliki nilai sequestrasi karbon lebih rendah, karena nilai stok karbonnya juga rendah. Hubungan linieritas antara stok karbon dan sequestrasi karbon tersaji pada gambar 4.5.



Gambar 4.5. Hubungan linier antara stok karbon dan sequestrasi karbon.

Berdasarkan analisis regresi linier yang menunjukkan korelasi yang signifikan antara diameter dan biomassa (tabel 4.3), grafik linieritas antara biomassa dan stok karbon (gambar 4.3)

serta grafik linieritas stok karbon dan sequestrasi karbon (gambar 4.5), menunjukkan bahwa nilai akhir sequestrasi karbon pada habitat terestrial dipengaruhi oleh stok karbon. Nilai stok karbon bergantung pada nilai biomassa. Begitu juga biomassa tidak dapat dipisahkan oleh besar-kecilnya diameter tanaman yang ada pada sebuah habitat. Semakin besar diameter tanaman, maka semakin besar pula nilai biomassa, stok karbon, dan sequestrasi karbonnya, serta berlaku sebaliknya.

Junaedi (2008) menyatakan, secara alami melalui proses fotosintesis, tumbuhan diberi kemampuan untuk memfiksasi  $\text{CO}_2$  di atmosfer dan merubahnya menjadi bentuk energi (gugus gula) yang bermanfaat bagi kehidupan. Sebagian besar energi ini disimpan dalam tumbuhan dalam bentuk biomassa. Sehingga semakin besar  $\text{CO}_2$  yang dapat diserap maka semakin besar pula biomassa dalam tumbuhan tersebut.

Sekuestrasi karbon yang lebih tinggi pada habitat hutan produksi pada penelitian ini tidak sesuai dengan penelitian Redondo-Brenes dan Montagnini (2006), yang menemukan bahwa beberapa spesies tertentu yang ditanam secara campuran memiliki sequestrasi karbon yang lebih besar dibandingkan tanaman yang ditanam secara seragam atau monokultur. Hal ini karena Redondo-Brenes dan Montagnini hanya menganalisis tanaman pada tegakan pohon secara individu, sehingga hasil tersebut tidak dapat diekstrapolasi ke habitat dengan tanaman campuran dalam skala yang lebih luas.

Nilai sequestrasi karbon pada hutan kota yang lebih rendah dibandingkan di hutan produksi menurut Marsoem (2013) diduga karena pada sistem penanaman campuran seperti hutan kota, terjadi kompetisi antar tanaman dalam pemenuhan air, nutrisi, maupun cahaya. Padahal ketiga komponen tersebut adalah bahan baku yang diperlukan tumbuhan untuk melakukan fotosintesis. Berbeda pada hutan produksi yang memiliki kanopi tidak rapat, sehingga memungkinkan cahaya matahari untuk berpenetrasi ke

lantai hutan. Hal ini membuat habitat hutan produksi memiliki jumlah semai yang tinggi, yang turut berkontribusi terhadap nilai sekuestrasi karbon.

Oleh karena itu agar memiliki sekuestrasi karbon yang tinggi, Forester (2005) menyarankan agar habitat dengan tanaman campuran seperti hutan kota harus memiliki jenis tanaman yang sesuai dengan kondisi mineral tanah, supaya dapat meningkatkan laju pertumbuhan. Selain itu, hutan kota dengan tanaman yang beragam hendaknya ditanam atau diletakkan pada wilayah yang interaksi antar spesiesnya dapat meningkatkan availabilitas tanaman dalam menyerap karbon dan mengurangi terjadinya kompetisi. Misalnya pada tanah yang memiliki banyak mikroorganisme pemfiksasi nitrogen, sehingga dapat turut berkontribusi terhadap pertumbuhan tanaman dan optimalisasi penyerapan karbon.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian estimasi biomassa, stok karbon, dan sekuestrasi karbon dari berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai biomassa atas permukaan tanah dari berbagai tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik secara berturut-turut dari tertinggi ke terendah adalah habitat hutan produksi (174,66 ton/ha), hutan kota (138,50 ton/ha), pertanian lahan kering (134,59 ton/ha), dan pertanian lahan basah (108,57 ton/ha).
2. Tipe habitat terestrial di Kabupaten Gresik yang memiliki stok karbon terbesar adalah habitat hutan produksi, yaitu sebesar 82,09 ton/ha. Selanjutnya diikuti habitat hutan kota (65,09 ton/ha), pertanian lahan kering (63,26 ton/ha), dan pertanian lahan basah (50,88 ton/ha).
3. Hutan produksi adalah habitat dengan nilai sekuestrasi karbon terbesar di Kabupaten Gresik dengan nilai sekuestrasi 301,27 ton/ha. Disusul hutan kota (238,91 ton/ha), pertanian lahan kering (232,16 ton/ha), dan pertanian lahan basah (186,73 ton/ha). Potensi sekuestrasi karbon pada habitat terestrial di Kabupaten Gresik bergantung pada nilai biomassa dan stok karbon pada vegetasi di masing-masing habitat, karena terdapat hubungan linier antara biomassa, stok karbon, dan sekuestrasi karbon.

#### **5.2 Saran**

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

1. Meskipun habitat hutan produksi menyerap lebih banyak karbon, namun juga perlu dianalisis lebih lanjut mengenai hubungan antara biomassa, stok karbon, dan sekuestrasi karbon dengan keanekaragaman jenis tanaman. Hal ini karena hutan produksi memiliki tanaman kategori pohon dengan sistem monokultur, berbeda dengan hutan kota yang memiliki jenis tanaman campuran.
2. Penggunaan metode non-destructive dengan persamaan allometrik pada penelitian ini perlu dibandingkan dengan metode lain dalam estimasi biomassa, seperti *destructive sampling*, citra satelit, pemodelan, maupun metode terbaru lainnya.
3. Nilai sekuestrasi karbon pada penelitian ini perlu dibandingkan dengan laju emisi karbon di Kabupaten Gresik, sehingga dapat menjadi acuan dalam upaya mitigasi perubahan iklim dari vegetasi habitat terestrial.
4. Pada penelitian ini, hutan kategori pancang dan semai diperhitungkan. Padahal, tanaman kategori pancang dan semai pada hutan produksi seringkali dibabat untuk membersihkan lantai hutan. Sehingga perlu dilakukan perbandingan nilai biomassa, stok karbon, dan sekuestrasi karbon pada hutan produksi dengan lantai hutan yang banyak semai dan tanpa semai.
5. Agar dapat menyimpan biomassa dalam jumlah besar, tanaman yang dibudidayakan di hutan kota hendaknya memiliki keanekaragaman habitus. Dengan demikian dapat meningkatkan strata vertikal vegetasi dan mengurangi kompetisi terhadap cahaya matahari. Karena kategori habitus semai pada habitat hutan kota adalah penyumbang biomassa terbesar kedua setelah pohon.
6. Untuk meningkatkan stok karbon di lahan pertanian, baik pertanian lahan kering maupun pertanian lahan basah, perlu dilakukan diversifikasi habitus, terutama pohon dan

tihang. Karena kedua habitus tersebut memiliki diameter besar yang mampu menyimpan karbon dalam jumlah banyak dan memiliki umur yang panjang. Habitus pohon dan tihang juga penting untuk mengimbangi laju penyerapan karbon dengan laju pelepasan karbon akibat perubahan penggunaan lahan.

**“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”**

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali A., *et al.* 2015. Allometric biomass equations for shrub and small tree species in subtropical China. **Silva Fennica**, Vol. 49 no. 4.
- Annighofer, P. *et al.* 2016. Species-specific and generic biomass equations for seedlings and saplings of European tree species. **European Journal of Forest Research**. 18 January 2016
- Astuti, W. I. 2016. Estimasi Stok Karbon Lahan Gambut Berdasarkan Stratifikasi Kedalaman Tanah di Desa Jabiren, Kabupaten Pulang Pisau. **Skripsi**. Jurusan Biologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Baccini, A., *et al.* 2012. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. **Nature Climate Change**, Vol. 2, March 2012.
- BPS (Badan Pusat Statistik) Kabupaten Gresik. 2015. **Gresik dalam Angka 2015**. Gresik: BPS Kabupaten Gresik.
- Brown S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. **FAO Forestry Paper** No.134.
- Campbell, N. A., dkk. 2000. **Biologi Edisi Kelima Jilid 2**. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ciais, P., *et al.* 2013. **Chapter 6: Carbon and Other Biogeochemical Cycles**, in: **Climate Change 2013 The Physical Science Basis**, edited by: Stocker, T., Qin, D., and Platner, G.-K. Cambridge: Cambridge University Press.

- CO<sub>2</sub> Earth. 2016. **Global carbon emissions**.  
<<https://www.co2.earth/global-co2-emissions>> [05  
Desember 2016].
- Das, S. and T. P. Singh. 2016. Forest type, diversity and biomass estimation in tropical forests of western ghat of maharashtra using geospatial techniques. **Small-scale Forestry**. Springer.
- Dlugokencky, E. and Tans, P. 2016. **Trends in atmospheric carbon dioxide**. National Oceanic & Atmospheric Administration, Earth System Research Laboratory (NOAA/ESRL)  
<[http:// www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html)> [05 Desember 2016].
- Effendi, K. 2012. Potensi Karbon Tersimpan dan Penyerapan Karbon Dioksida Hutan Tanaman *Eucalyptus* sp. **Tesis**. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara
- Ekoungoulou, R., et al. 2015. Evaluating the carbon stock in above-and below-ground biomass in a most central African forest. **Applied Ecology and Environmental Sciences**, 2015, Vol.3, No.2, 51-59
- Elias, N. J., dkk. 2010. Model Persamaan Massa Karbon Akar Pohon dan Root-Shoot Ratio Massa Karbon. **Jurnal Manajemen Hutan Tropika**. XVI (3): 113-117.
- Fachrul, M. F. 2007. **Metode Sampling Bioekologi**. Jakarta: Bumi Aksara.

- Forrester, D.I. *et al.* 2005. On the success and failure of mixed-species tree plantations: lessons learned from a model system of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. **Forest Ecology and Management**. 209, 147–155.
- Gehring, *et al.* 2008. Close relationship between diameters at 30 cm height and at breast-height (DBH). **Acta Amazonica**, Vol. 38 (1): 71-76.
- Gibbs HK, *et al.* 2007. Monitoring and Estimating Tropical Forest Carbon Stocks: Making REDD a Reality. **Environmental Research Letter** 2, 1–13
- Hairiah, K dan Rahayu, S. 2007. **Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan**. Bogor: World Agroforestry Centre.
- Hannah, L. 2015. **Climate Change Biology**, Second Edition. London: Academic Press.
- IPCC. 2001. **Third Assessment Report of IPCC**, Climate Change 2001: The Scientific Basis, Contribution of Working Group1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC. 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- IPCC. 2014. **The IPCC's Fifth Assessment Report**. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. IPCC

- Junaedi, A. 2008. Kontribusi Hutan Sebagai Rosot Karbon Dioksida. **Info Hutan**. V (1): 1-7.
- Kalista, R. M. *et al.* 2015. Allometric equations for estimating above- and belowground biomass in Tea (*Camellia sinensis*(L.) O. Kuntze) agroforestry system of Barak Valley, Assam, northeast India. **Biomass and Bioenergy**, 83, 42e49
- Ketterings QM, *et al.* 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. **Forest Ecology and Management** 146(1-3):199-209.
- Lal, R and Bruce A. 2012. **Carbon Sequestration in Urban Ecosystems**. Springer.
- C. Le Quéré *et al.* 2016. Global Carbon Budget 2016. **Earth System Science Data**, 8, 605–649, 2016.
- Lorenz, K. and Lal, R. 2009. **Carbon sequestration in forest ecosystems**. Springer.
- Lutfi M dan Antono HT. 2011. Estimasi biomassa pada daerah reklamasi menggunakan data citra alos palar: studi kasus wilayah kerja pertambangan batubara di kalimantan timur. **Mineral dan Batubara** 9(3):50-58.
- Manuri, S., C.A.S. Putra dan A.D. Saputra. 2011. **Tehnik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan**. Palembang: Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation – GIZ.

- Marschner, H. 1995. **Mineral Nutrition of Higher Plants**, 2nd ed. London, UK: Academic Press.
- Marsoem, N. A. 2013. Studi Mutu Kayu Jati di Hutan Rakyat Gunung Kidul melalui Pengukuran Laju Pertumbuhan. **Jurnal Ilmu Kehutanan**, Vol. VII, No.2.
- Murdiyarto, D, Rosalina, U, Hairiah, K, Muslihat, L, Suryadipura, IN. N dan Jaya, 2004. **Petunjuk Lapangan: Pendugaan Cadangan Karbon pada Lahan Gambut**. Bogor: Wetlands International.
- NOAA. 2014. **State of the Climate: Global Analysis for Annual 2014**. <<http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201413>> [10 Desember 2016].
- Olivier JGJ, *et al.* 2015. **Trends in Global CO<sub>2</sub> Emissions; 2015 Report**, The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency; Ispra: European Commission, Joint Research Centre.
- Pacala, S. and R. Socolow. 2004. Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies. **Science**, Vol.305, 968-972.
- Peta Tematik Indonesia. 2015. **Peta Administrasi Kabupaten Gresik**. <<https://petatematikindo.wordpress.com/tag/gresik/>> [25 Juli 2017]
- Pottier, J. and F. Jabot. 2017. Non-destructive biomass estimation of herbaceous plant individuals: A transferable method

between contrasted environments. **Ecological Indicators**, 72, 769-776.

Redondo-Brenes, A. and F. Montagnini. 2006. Growth, productivity, aboveground biomass, and carbon sequestration of pure and mixed native tree plantations in the Caribbean lowlands of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**. 232, 168–178.

Sarwono, J. 2009. **Statistik Itu Mudah: Panduan Lengkap untuk Belajar Komputasi Statistik Menggunakan SPSS 16**. Yogyakarta: Penerbit Universitas Atma Jaya.

Stephenson, N. L., *et al.* 2014. Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. **Nature**. Vol. 507, 90-92.

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

Trimanto. 2014. Analisis Vegetasi dan Estimasi Biomassa Stok Karbon Pohon pada Tujuh Hutan Gunung, Suaka Alam Pulau Bawean Jawa Timur. **Berita Biologi** 13(3).

Trumper, K., Bertzky, M., Dickson, B., van der Heijden, G., Jenkins, M., Manning, P. June. 2009. **The Natural Fix? The Role of Ecosystems in Climate Mitigation**. A UNEP rapid response assessment. Cambridge: United Nations Environment Programme, UNEP-WCMC.

Union of Concerned Scientists. 2009. Agricultural practices and carbon sequestration. **UCS Fact Sheet**.

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

Whittaker, R. H. and Likens, G. E. 1973. Carbon in the Biota.  
**Proceedings of the 24<sup>th</sup> Brookhaven Symposium in  
Biology**, 16-18.



## Lampiran 1

Tabel 1. Hasil analisis vegetasi di Hutan Produksi

No	Jenis Tegakan	Spesies	LPC (m <sup>2</sup> )	LPC x 9 plot (m <sup>2</sup> )	n	Berat Jenis	H'
1	Pohon	<i>Tectona grandis</i>	400	3600	95	0,59	0,253025
2		<i>Shorea resinosa</i>			4	0,61	0,026492
3	Tihang	<i>Tectona grandis</i>	100	900	25	-	0,095552
4	Pancang	<i>Tectona grandis</i>	25	225	46	-	0,164218
5		<i>Leucaena leucocephala</i>			40	-	0,149787
6		<i>Chromolaena odorata</i>			8	-	0,046052
7		<i>Curcuma longa</i>			9	-	0,050483
8		<i>Jatropha curcas</i>			18	-	0,08537
9		Sapling sp 1			13	-	0,065703
10		Sapling sp 2			7	-	0,040663
11		Semai			Herbaceous sp 1	4	36
12	<i>Jatropha curcas</i>		6	-	0,036696		
13	<i>Tectona grandis</i>		1	-	0,008356		
14	<i>Leucaena leucocephala</i>		10	-	0,054775		
15	<i>Curcuma longa</i>		2	-	0,014979		
16	<i>Chromolaena odorata</i>		8	-	0,046052		
17	<i>Mimosa pudica</i>		14	-	0,070797		
18	Herbaceous sp 2		2	-	0,014979		
19	Herbaceous sp 3		238	-	0,329123		
20	Herbaceous sp 4		15	-	0,074561		
21	<i>Brachiaria decumbens</i>		99	-	0,258575		
22	Herbaceous sp 5		9	-	0,050483		
23	Herbaceous sp 6		7	-	0,041464		
24	Herbaceous sp 7		10	-	0,054775		
25	<i>Cynodon dactylon</i>		195	-	0,34408		
26	<i>Brachiaria mutica</i>		10	-	0,054775		
Jumlah					897		2,333804

**Keterangan:** LPC: Luas Petak Contoh, n: Jumlah individu, H': Indeks keanekaragaman Shanon-Wiener. Berat jenis diperoleh dari Global Wood Density Database.

Tabel 2. Hasil analisis vegetasi di Hutan Kota

No	Jenis Tegakan	Spesies	LPC (m <sup>2</sup> )	LPC x 9 plot (m <sup>2</sup> )	n	Berat Jenis	H'
1	Pohon	<i>Tamarindus indica</i>	400	3600	1	0,93	0,007356
2		<i>Azadirachta indica</i>			7	0,66	0,036832
3		<i>Shorea resinosa</i>			2	0,61	0,013221
4		<i>Ceiba pentandra</i>			6	0,17	0,032566
5		<i>Hibiscus tiliaceus</i>			1	0,47	0,007356
6		<i>Plumeria rubra</i>			1	0,5	0,007356
7	Tihang	<i>Muntingia calabura</i>	100	900	41	-	0,13772
8		<i>Leucaena leucocephala</i>			34	-	0,121059
9		<i>Tectona grandis</i>			2	-	0,013221
10		<i>Swietenia mahagoni</i>			66	-	0,167355
11		<i>Carica papaya</i>			1	-	0,007356
12		<i>Artocarpus heterophyllus</i>			1	-	0,007356
13		<i>Dendrocalamus giganteus</i>			510	-	0,353409
14		<i>Shorea resinosa</i>			2	-	0,013221
15	Pancang	<i>Tectona grandis</i>	25	225	15	-	0,066621
16		<i>Swietenia mahagoni</i>			7	-	0,036832
17		<i>Azadirachta indica</i>			6	-	0,032566
18		<i>Muntingia calabura</i>			6	-	0,032566
19		<i>Leucaena leucocephala</i>			50	-	0,135424
20		<i>Chromolaena odorata</i>			7	-	0,036832
21		<i>Solanum melongena</i>			15	-	0,066621
22		<i>Colocasia esculenta</i>			1	-	0,007356
23	Semai	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	4	36	3	-	0,018522
24		<i>Brachiaria decumbens</i>			55	-	0,159329

25		<i>Muntingia calabura</i>			1	-	0,007356
26		<i>Ceiba pentandra</i>			1	-	0,007356
27		Herbaceous sp 8			48	-	0,153089
28		Herbaceous sp 9			23	-	0,09157
29		Herbaceous sp 10			1	-	0,007356
30		<i>Chromolaena odorata</i>			2	-	0,013221
31		Herbaceous sp 11			10	-	0,048779
32		Herbaceous sp 12			56	-	0,169312
33		<i>Imperata cylindrica</i>			12	-	0,056179
34		Herbaceous sp 13			2	-	0,013221
35		<i>Azadirachta indica</i>			5	-	0,02812
36		<i>Urtica grandidentata</i>			13	-	0,059741
37		Herbaceous sp 14			4	-	0,023457
38		<i>Zingiber officinale</i>			1	-	0,007356
39		Herbaceous sp 15			3	-	0,018522
Jumlah					1012		2,222689

**Keterangan:**

LPC: Luas Petak Contoh, n: Jumlah individu, H': Indeks keanekaragaman Shanon-Wiener. Berat jenis diperoleh dari Global Wood Density Database.

-

Tabel 3. Hasil analisis vegetasi di Pertanian Lahan Basah

No	Jenis Tegakan	Spesies	LPC (m <sup>2</sup> )	LPC x 9 plot (m <sup>2</sup> )	n	Berat Jenis	H'
1	Pohon	<i>Mangifera indica</i>	400	3600	9	0,543	0,042395
2		<i>Artocarpus heterophyllus</i>			1	0,551	0,006908
3	Tihang	<i>Musa paradisiaca</i>	100	900	40	-	0,128755
4		<i>Mangifera indica</i>			1	-	0,006908
5		<i>Artocarpus heterophyllus</i>			3	-	0,017427
6		<i>Azadirachta indica</i>			1	-	0,006908
7	Pancang	<i>Musa paradisiaca</i>	25	225	18	-	0,072313
8		<i>Manihot esculenta</i>			6	-	0,030696
9	Semai	<i>Oryza sativa</i>	4	36	225	-	0,094824
10		<i>Marsilea sp.</i>			21	-	0,081128
Jumlah					325		0,488262

**Keterangan:** LPC: Luas Petak Contoh, n: Jumlah individu, H': Indeks keanekaragaman Shanon-Wiener. Berat jenis diperoleh dari Global Wood Density Database.

Tabel 4. Jenis vegetasi di Pertanian Lahan Kering

No	Jenis Tegakan	Spesies	LPC (m <sup>2</sup> )	LPC x 9 plot (m <sup>2</sup> )	n	Berat Jenis	H'
1	Pohon	<i>Azadirachta indica</i>	400	3600	1	0,66	0,009381
2	Tihang	<i>Azadirachta indica</i>	100	900	1	-	0,009381
3	Semai	<i>Capsicum annum</i>	4	36	79	-	0,246594
4		<i>Curcuma longa</i>			120	-	0,366419
5		<i>Zea mays</i>			16	-	0,150072
6		<i>Brachiaria decumbens</i>			55	-	0,249936
7		Herbaceous sp 16			2	-	0,016777
8		<i>Oryza sativa</i>			50	-	0,358138
9		<i>Amaranthus spp.</i>			12	-	0,069856
10		<i>Pennisetum purpureum</i>			5	-	0,046155
Jumlah					341		1,52271

**Keterangan:** LPC: Luas Petak Contoh, n: Jumlah individu, H': Indeks keanekaragaman Shanon-Wiener. Berat jenis diperoleh dari Global Wood Density Database.

## Lampiran 2. Contoh Perhitungan Biomassa Menggunakan Persamaan Allometrik

Kategori Tegakan	LPC (ha)	Nama Spesies	n	D (cm)	RCD	Berat Jenis (g/cm <sup>3</sup> )	C basal	C half	H	A basal	A half	Square root A	Estimasi Biomassa (kg)	Estimasi Biomassa x Jumlah (kg)	Estimasi Biomassa (ton/ha)	Stok Karbon (ton/ha)	Sekuestrasi Karbon (ton/ha)
Pohon	400	<i>Tectona grandis</i>	8	29,29	-	0,59	-	-	-	-	-	-	411,1690735	3289,352588	82,23381	38,6498929	141,845107
	400	<i>Tamarindus indica</i>	1	41,40	-	0,93	-	-	-	-	-	-	1763,808937	1763,808937	4,409522343	44,09522343	2,0724755
	400	<i>Asadirachta indica</i>	6	36,62	-	0,66	-	-	-	-	-	-	907,839938	5447,039628	13,61759907	136,1759907	6,40027156
Tiang	100	<i>Muntingia calabura</i>	4	11,78	-	-	-	-	-	-	-	-	26,27342529	105,0937012	1,050937012	10,50937012	0,4939404
	100	<i>Leucaena leucocephala</i>	5	12,73	-	-	-	-	-	-	-	-	32,22740642	161,1370321	1,611370321	16,11370321	0,75734405
	100	<i>Svietenia mahagoni</i>	15	8,59	-	-	-	-	-	-	-	-	11,50803677	172,6205516	1,726205516	17,26205516	0,81131659
Pancang	25	<i>Tectona grandis</i>	1	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,563038475	0,563038475	0,225215	0,10585123	0,388474026
	25	<i>Chromolaena odorata</i>	5	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	0,018242803	0,091214015	0,003648561	0,036486	0,0017148
	25	<i>Jatropha curcas</i>	18	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,039557499	0,712034978	0,028481399	0,284814	0,0133863
Semai (Broadleaf)	4	<i>Jatropha curcas</i>	5	1,2	1,296	-	-	-	-	-	-	-	0,057974935	0,289874675	0,724687	0,34060274	1,250012068
	4	<i>Tectona grandis</i>	1	1,1	1,188	-	-	-	-	-	-	-	0,045411702	0,045411702	0,113529	0,05335875	0,195826612
	4	<i>Leucaena leucocephala</i>	2	0,8	0,864	-	-	-	-	-	-	-	0,018575996	0,037151992	0,09288	0,04365359	0,160208677
Semai (Herba)	4	<i>Curcuma longa</i>	1	0,9	-	-	2,826	1,413	50	0,6353	0,159	0,318	1,16466525	1,16466525	2,911663	1,36848167	5,022327724
	4	<i>Oryza sativa</i>	2	0,2	-	-	2,8286	1,4143	60	0,6364	0,1591	0,3182	1,400142857	35,00357143	87,50892857	41,12919643	41,12919643
	4	Herbaceous sp 11	22	0,1	-	-	0,314	0,157	40	0,0078	0,002	0,004	0,011502867	0,253063067	0,632658	0,2973491	1,091271209

**Keterangan:** LPC: Luas petak contoh, n: jumlah individu, D: diameter (1,3 m untuk pohon dan tiang, 30 cm untuk pancang, dan 5 cm untuk semai), C basal: keliling bawah, C half: keliling mid-height, A basal:  $C^2_{\text{basal}}/4\pi$ , A half:  $C^2_{\text{half}}/4\pi$ , Square root A:  $\sqrt{AbasalAhalf}$ , H: tinggi tanaman. Penghitungan estimasi biomassa didasarkan pada persamaan allometrik yang terdapat pada tabel 3.2. Adapun nilai stok karbon diperoleh dari pengalihan estimasi biomassa dengan 0,47, sedangkan sekuestrasi karbon diperoleh dari perkalian antara stok karbon dengan konstanta 3,67.

**“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”**

## Lampiran 2

Kondisi Habitat Terestrial di Kabupaten Gresik.

### 1. Habitat Hutan Produksi



### 2. Habitat Hutan Kota



### 3. Habitat Pertanian Lahan Kering



4. Habitat Pertanian Lahan Basah



## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jepara, 17 Mei 1996. Selama 6 tahun, penulis menyelesaikan pendidikan dasarnya di SDN 03 Tulakan, Jepara. Pendidikan MTs dan MA penulis selesaikan di Perguruan Islam Darul Falah, Pati sekaligus nyantri di pondok pesantren. Penulis merupakan penerima Program Beasiswa Santri Berprestasi (PBSB) dari Kementerian Agama Republik

Indonesia untuk studi di Jurusan Biologi ITS dan menjadi orang pertama dari keluarga yang mengenyam perguruan tinggi.

Penulis aktif di berbagai organisasi dan kegiatan kampus. Beberapa di antaranya adalah menjadi jurnalis di ITS Online, dua tahun sebagai reporter dan dua tahun sebagai redaktur. Dari kegiatan tersebut, tulisan dan hasil editannya banyak menghiasi website ITS, Majalah ITS Point, dan Majalah ITS Stories. Penulis juga pernah dipercaya menjadi ketua umum Forum Kajian Islam Qurani (FKIQ) di Biologi ITS.

Selain itu, penulis juga menginisiasi berdirinya komunitas sebagai *platform* diskusi mengenai isu lingkungan melalui pendekatan biologi sintetika, yaitu ITS Synthetic Biology Society. Salah satu karyanya adalah gagasan mengenai modifikasi genetik bakteri *Cupriavidus metallidurans* untuk menambang emas di dasar laut. Karya tersebut berhasil meraih juara pertama dalam MTQ Mahasiswa Nasional cabang karya tulis ilmiah kandungan Al-Quran yang diselenggarakan oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI. Karya tersebut juga telah dipresentasikan dalam International Student Conference on Advance Science and Technology (ICAST) yang digelar oleh Kumamoto University, Jepang.

Di akhir masa studinya, penulis juga memelopori berdirinya ITS Society for Quranic Studies, sebuah komunitas untuk mempersiapkan ITS mengikuti kompetisi MTQ Mahasiswa. Komunitas ini turut andil dalam mengelola kompetisi MTQ tingkat ITS yang digelar secara terbuka dan mengantarkan ITS menjadi juara umum keempat dalam MTQ Mahasiswa Regional Jawa Timur 2016.

Ketertarikannya pada dunia sains dan menulis ilmiah mengantarkan penulis meraih sedikitnya sepuluh penghargaan di level nasional dan internasional. Karya terakhir adalah gagasan mengenai pemanenan listrik dari lahan pertanian padi dengan *plant-microbial fuel cell*. Karya tersebut berhasil meraih 2<sup>nd</sup> best paper dan 3<sup>rd</sup> best presentation dalam International Student Conference on Environment and Sustainability (ISCES) yang digelar oleh United Nations Environment Program (UNEP) di Shanghai, Tiongkok. Dua tahun sebelumnya, penulis juga berkesempatan mempresentasikan karyanya mengenai biofertilizer dari konsorsium mikroorganisme dalam Indonesian Scholars International Convention (ISIC) di University of Oxford, Inggris.

Topik yang menjadi fokus penelitian penulis saat ini adalah ekologi, evolusi, dan konservasi pada tanaman. Penulis juga sangat antusias dengan isu perubahan iklim dan bagaimana tanaman beradaptasi terhadap perubahan iklim global. Penulis meyakini, di masa depan manusia dan seluruh spesies akan membutuhkan lebih banyak usaha untuk bertahan hidup di bumi jika manusia tidak segera melakukan upaya adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim. Penulis terbuka untuk berdiskusi dalam beragam topik, mulai dari sains dan lingkungan, pendidikan dan kebudayaan hingga keagamaan di [misbahulmunir.its@gmail.com](mailto:misbahulmunir.its@gmail.com).