ESTIMASI STOK KARBON MANGROVE DI KELURAHAN TRIMULYO KOTA SEMARANG SEBAGAI UPAYA KONSERVASI MANGROVE

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Program Studi Biologi

oleh

Arterio Furqon Hadidi

4411414010

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2019

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul "Estimasi Stok Karbon Mangrove di Kelurahan Trimulyo Kota Semarang Sebagai Upaya Konservasi Mangrove" disusun berdasarkan hasil Penelitian saya dengan arahan dari dosen pembimbing.Sumber informasi atau kutipan dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, 08 November 2019

Arterio Furqon Hadidi

NIM. 4411414010

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Estimasi Stok Karbon Mangrove di Kelurahan Trimulyo Kota Semarang Sebagai Upaya Konservasi Mangrove

disusun oleh

Arterio Furqon Hadidi

44111414010

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada tanggal 8 November 2019.

Panitia Ujian

Ketua

Dr. Sugianto, M. Si.
NIP. 196102191993031001

Sekretaris

Dr. Nugrahaningsih WH M.kes
NIP. 196907091988032001

Ketua Penguji

Prof. Dr. Sri Ngabekti, M.S.
NIP. 195212191978031001

Anggota Penguji/
Pembimbing Utama

Dr. Ir. Nana Kariada Tri Martuti, M.Si.
NIP. 196603161993102001

Anggota Penguji/
Pembimbing Pendamping

Drs. F. Putut Martin H.B., M.Si.
NIP. 196103091999031002

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Upaya meminimalisir dampak polusi karbon dengan upaya konservasi mangrove sebagai penyerap karbon.

PERSEMBAHAN

Untuk Jurusan Biologi FMIPA UNNES dan masyarakat terutama pemerhati lingkungan pesisir.

ABSTRAK

Hadidi, A. F. Estimasi Stok Karbon Mangrove di Kelurahan Trimulyo Kota Semarang Sebagai Upaya Konservasi Mangrove. Skripsi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Dr. Ir. Nana Kariada Tri Martuti, M.Si. dan Drs. F. Putut Martin Herry Boedijantoro, M. Si.

Kemajuan pembangunan yang terjadi di Kota Semarang memberikan dampak meningkatnya aktifitas perekonomian masyarakat. Hal ini berimbas pada kenaikan emisi karbon diudara terjadi karena penggunaan bahan bakar fosil. Salah satu upaya dalam mengurangi emisi karbon adalah dengan cara melakukan reboisasi. Kota Semarang memiliki 19.541 Ha ruang terbuka hijau dari 37.303,9 Ha keseluruhan luas kota atau mencapai 52,31 %. Namun luas ekosistem mangrove di Kota Semarang hanya 68,13 Ha. Padahal ekosistem mangrove memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam menyerap karbon dibanding ekosistem lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi stok karbon yang tersimpan pada biomassa mangrove dan mengetahui spesies mangrove yang memiliki kemampuan terbaik dalam menyimpan karbon.

Lokasi penelitian seluas 27 ha diambil sampling 4 stasiun. Penentuan stasiun dilakukan dengan metode *purposive*, yaitu secara sengaja dengan mempertimbangkan dan memperhatikan daerah tumbuh mangrove. Metode yang digunakan adalah *Non Destructif Sampling* (NDS) dengan menggunkan rumus allometrik yang sudah diketahui. Bila ditemukan spesies yang belum tersedia rumus allomatriknya, maka digunakan rumus umum biomassa pohon.

Hasil estimasi stok karbon pada stasiun 1 sebesar 23,05 ton/ha ,stasiun 2 sebesar 44,45 ton/ha, stasiun 3 sebesar 34,44 ton/ha dan stasiun 4 sebesar 42,07 ton/ha. Perbedaan stok karbon disetiap stasiun disebabkan oleh perbedaan densitas mangrove, ukuran mangrove dan jenis mangrove. Rata-rata setiap individu *Sonneratia casiolaris* memiliki nilai stok karbon sebesar 50,66 ton/ha, *Avicennia marina* 15,81 ton/ha, *Avicennia alba* 8,63 ton/ha, *Rhizophora mucronata* 8,30 ton/ha.

Dari hasil penelitian disimpulkan nilai stok karbon mangrove di ekosistem mangrove Trimulyo sebesar 36,00 ton/ha. Spesies dengan kemampuan tertinggi dalam menyimpan karbon dari yang paling tinggi adalah *Sonneratia casiolaris*. Untuk melihat potensi total dari suatu kawasan dalam menyimpan karbon alangkah baiknya juga dilakukan estimasi stok karbon bagian bawah, stok karbon serasah dan stok karbon tanah. Untuk mendapatkan hasil yang optimal perlu menggunakan peralatan yang lebih canggih seperti phiband untuk mengukur diameter batang.

PRAKATA

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya serta kemudahan dalam menyelesaikan skripsi dengan judul "Estimasi Stok Karbon Mangrove di Kelurahan Trimulyo Sebagai Upaya Konservasi Mangrove". Penyusunan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di Universitas Negeri Semarang. Penyusunan skrispi ini bisa diselesaikan tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang memberikan dukungan, do'a dan sara-saran yang membangun. Untuk itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk dapat melaksanakan studi Strata 1 Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang.
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang yang memberikan kemudahan administrasi dalam proses penyusunan skripsi.
3. Ketua jurusan Biologi Universitas Negeri Semarang yang memberikan kemudahan administrasi dalam proses penyusunan skripsi.
4. Dr. Ir. Nana Kariada Tri Martuti, M.Si.. selaku dosen pembimbing utama yang telah banyak memberi banyak masukan dalam penulisan karya ilmiyah yang baik.
5. Drs. F. Putut Martin H.B., M.Si. selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan masukan dalam penerapan metodologi dalam penyusunan skripsi ini.
6. Prof. Dr. Sri Ngabekti, M.S.. selaku penguji yang telah meluangkan waktu untuk menelaah dan memberikan saran kepada penulis.
7. Dr. Drh. R. Susanti, M.p. sebagai dosen wali yang mengarahkan untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
8. Sahabat-sahabat Biologi angkatan 2014 yang selalu memberikan doa, semangat dan saran dalam penyusunan skripsi ini.

9. Gilang Wahyu Rahmadhani selaku teman dan tim dalam melaksanakan penelitian di Laboratorium Biologi Universitas Negeri Semarang.

Akhirnya penulis mengucapkan terima kasih kepada pembaca yang telah berkenan membaca skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, 08 November 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Penegasan Istilah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Stok Karbon	5
2.2 Ekosistem Mangrove	7
2.3 Konservasi Mangrove Trimulyo	11
BAB 3 METODE PENELITIAN	13
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	13
3.2 Populasi dan Sample	13
3.3 Variable Penelitian	13
3.4 Alat dan Bahan	13
3.5 Prosedur Penelitian	14
3.6 Analisis Data	16
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Estimasi Stok Karbon Mangrove	18
4.2 Kemampuan Setiap Spesies Mangrove dalam Menyimpan Karbon	23

Halaman

BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN 26
5.1 Simpulan 26
5.2 Saran 26
DAFTAR PUSTAKA 27
DAFTAR LAMPIRAN 32

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

2.1 Pola bersebaran mangrove 9

2.2. Data Stok Karbon Berbagai Ekosistem..... 10

3.1. Pengukuran Diameter at Breast Height (DBH) dalam berbagai kondisi..... 14

3.2. Lokasi penelitian ekosistem mangrove Kelurahan Trimulyo 15

4.1. Grafik perbandingan BBA per volume batang (kg/m^3) 24

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

2.1 Definisi sumber karbon berdasarkan IPCC guidelines 6

2.2. Data citra satelit luas mangrove wilayah pesisir Kota Semarang 11

3.1. Alat dan bahan penelitian..... 13

3.3. Persamaan alometrik Biomassa Bagian Atas (BBA)..... 15

4.1. Nilai Biomassa Bagian Atas, Stok Karbon dan Serapan CO_2 di Kelurahan Trimulyo..... 18

4.2. Jumlah individu, densitas dan rata-rata (Diameter Breath High) DBH mangrove 20

4.3. Nilai Biomassa Bagian Atas, Stok Karbon, Serapan CO_2 dan Rata-rata DBH Per individu Mangrove di Kelurahan Trimulyo, Kecamatan Genuk, Kota Semarang 22

4.4. Faktor lingkungan ekosistem mangrove Trimulyo 24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diameter dan Biomassa Bagian Atas Ekosistem Mangrove Trimulyo Stasiun 1	32
2. Diameter dan Biomassa Bagian Atas Ekosistem Mangrove Trimulyo Stasiun 2	41
3. Diameter dan Biomassa Bagian Atas Ekosistem Mangrove Trimulyo Stasiun 3	49
4. Diameter dan Biomassa Bagian Atas Ekosistem Mangrove Trimulyo Stasiun 4	58
5. Contoh Perhitungan Nilai Biomassa Bagian Atas, Simpanan Karbon dan Serapan CO_2	66
6. Rata-rata Nilai BBA per individu,BBA per volume batang setinggi dada (130 cm) di Ekosistem Mangrove Trimulyo	69
7. Data berat jenis kayu	73
8. Dokumentasi Pengambilan Data	74

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Semarang merupakan Pusat Pemerintahan Provinsi Jawa Tengah, memiliki luas wilayah 373,70 km^2 yang lokasinya berbatasan langsung dengan Kabupaten Kendal di sebelah barat, Kabupaten Semarang di sebelah selatan, Kabupaten Demak di sebelah timur dan Laut Jawa di sebelah utara dengan panjang garis pantai berkisar 13,6 km (Indri, 2018).

Kemajuan pembangunan yang terjadi di Kota Semarang memberikan dampak meningkatnya aktifitas perekonomian masyarakat. Hal ini berimbas pada kenaikan emisi karbon diudara terjadi karena penggunaan bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil digunakan sebagai sumber energi untuk berbagai kegiatan, seperti transportasi, industri, dan kegiatan dalam rumah tangga. Hal tersebut menyebabkan meningkatnya kadar karbon yang terdapat di udara.

Meningkatnya kadar CO_2 di udara dapat menyebabkan terjadinya efek rumah kaca. Radiasi sinar matahari yang seharusnya dipantulkan keluar atmosfer tertahan oleh gas rumah kaca yang 65% terdiri dari karbon dioksida (CO_2) dan dipantulkan kembali ke permukaan bumi (Achmad, 2011). Hal tersebut menyebabkan meningkatnya suhu dipermukaan bumi, dan menyebabkan mencairnya es dikutub bumi. Pencairan es dikutub bumi menyebabkan naiknya permukaan air laut sehingga dikhawatirkan menengelamkan daratan.

Menurut Martuti (2013), carbon monoksida (CO) dari pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor dapat membahayakan kesehatan. CO yang terhirup mempunyai daya ikat lebih besar dengan hemoglobin dibanding dengan oksigen, sehingga tubuh kekurangan oksigen dan terjadi kegagalan fungsi organ.

Salah satu upaya dalam mengurangi emisi karbon adalah dengan cara melakukan reboisasi. Tumbuhan dapat menyerap karbon di udara lewat proses fotosintesis, sehingga dapat meminimalisir dampak emisi karbon. Kota Semarang memiliki 19.541 Ha ruang terbuka hijau dari 37.303,9 Ha keseluruhan luas kota atau mencapai 52,31 %, meliputi hutan, perkebunan, taman kota, pemakaman, lapangan olahraga dan lain-lain (BPS Kota Semrang). Salah satu daerah yang masuk dalam ruang terbuka hijau adalah hutan mangrove.

Luas ekosistem mangrove di Kota Semarang seluas 68,13 Ha (Nurhidayati 2017). Dari tahun 2010 sampai tahun 2015, terjadi peningkatan luas area sebesar 7,056 Ha/tahun. Meskipun terjadi peningkatan luas yang signifikan, luas area mangrove masih sangat kecil jika dibandingkan dengan luas ekosistem yang terdapat di kota Semarang.

Salah satu daerah yang mempunyai ekosistem mangrove di Kota Semarang adalah Kelurahan Trimulyo, Kecamatan Genuk. Dari data citra satelit pada tahun 2010 terdapat 8,18 Ha ekosistem mangrove dan pada tahun 2015 tumbuh menjadi 15, 93 Ha. Dengan rata-rata pertumbuhan luas sebesar 1,55 Ha/tahun. Dari data terakhir 2017 ekosistem mangrove di Kelurahan Trimulyo mempunyai luas 27 Ha. Dari analis vegetasi yang dilakukan oleh Rifandi *et al.* (2017) vegetasi mangrove di hutan mangrove Trimulyo didominasi oleh spesies *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*.

Daniel *et al.,(*2011) menyampaikan bahwa ekosistem yang mempunyai daya serap karbon paling tinggi adalah ekosistem mangrove, karena memiliki nilai densitas yang tinggi. Setiap hektar ekosistem mangrove dapat menyimpan karbon 4 kali lebih banyak dibanding dengan ekosistem lainnya. Pada penelitian Martuti (2017) ekosistem mangrove di Desa Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang mempunyai biomassa 251.32 ton/ha atau menyimpan 118.03 ton C/ha.

Kelurahan Trimulyo, Kecamatan Genuk, Kota Semarang, merupakan salah satu daerah yang didalamnya terdapat ekosistem mangrove. Luas ekosistem mangrove di Kelurahan Trimulyo bertambah setiap tahunnya, rata-rata 1,55 Ha. Hal itu menunjukan bahawa ekosistem mangrove di Kelurahan Trimulyo memiliki potensi yang besar dalam menyerap karbon.

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu kiranya dilakukan penelitian mengenai estimasi stok karbon mangrove di Kelurahan Trimulyo, sehingga dapat memberikan informasi bagi masyarakat dan pemerintah mengenai peranan mangrove di Kelurahan Trimulyo dalam menyerap emisi karbon Kota Semarang.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa besar stok karbon mangrove yang terdapat di Kelurahan Trimulyo, Kecamatan Genuk, Kota Semarang?
2. Spesies manakah yang memiliki kemampuan tertinggi dalam menyerap karbon di ekosistem mangrove Kelurahan Trimulyo, Kecamatan Genuk, Kota Semarang?

1.3 Penegasan Istilah

1. Estimasi stok karbon adalah kegiatan memperkirakan karbon yang tersimpan pada suatu tegakan atau ekosistem (Krisnawati *et al.*, 2012). Estimasi stok karbon dalam penelitian ini adalah kemampuan berbagai jenis mangrove di Kelurahan Trimulyo, Kecamatan Genuk, Kota Semarang untuk mengadsorpsi karbon dari lingkungan.
2. Stok karbon adalah seluruh kandungan karbon yang tersimpan dalam biomassa tumbuhan. Stok karbon dari penelitian ini diperoleh dari biomassa bagian atas (*aboveground biomass*) vegetasi mangrove di Kelurahan Trimulyo, Kecamatan Genuk, Kota Semarang. Biomassa Bagian Atas (*aboveground biomass*) adalah berat kering tanaman yang berada di permukaan tanah.
3. Mangrove adalah suatu komunitas tumbuhan atau suatu individu jenis tumbuhan yang membentuk komunitas tersebut di daerah pasang surut, ekosistem mangrove atau yang sering disebut ekosistem bakau merupakan sebagian wilayah ekosistem pantai yang mempunyai karakter unik dan khas, dan memiliki potensi kekayaan hayati (Edy *et al.*, 2009).
4. Trimulyo adalah suatu kelurahan di wilayah Kota Semarang, di dalamnya terdapat ekosistem mangrove .
5. Koservasi adalah upaya pelestarian yaitu melestarikan atau mengawetkan daya dukung, mutu, fungsi dan kemampuan lingkungan secara seimbang.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui besarnya stok karbon mangrove di Kelurahan Trimulyo, Kecamatan Genuk, Kota Semarang.
2. Mengetahui spesies mangrove yang memiliki kemampuan tertinggi dalam menyimpan karbon di Kelurahan Trimulyo, Kecamatan Genuk, Kota Semarang.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitan ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu sebagai berikut.

1. Manfaat teoritis

Penelitian ini berguna sebagai sumber informasi stok karbon yang tersimpan pada vegetasi mangrove, sehingga diketahui peranannya dalam menyerap emisi karbon di Kota Semarang.

2. Manfaat praktis

Dari penelitian ini diperoleh data spesies mangrove di Kelurahan Trimulyo yang paling tinggi nilai stok karbonnya sehingga dapat menjadi referensi Badan Lingkungan Hidup Kota Semarang dalam menentukan kebijakan konservasi mangrove khususnya yang ada di Kelurahan Trimulyo, Kecamatan Genuk, Kota Semarang.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Stok Karbon

Karbon di udara bermanfaat bagi tumbuhan yang berdaun hijau untuk melangsungkan proses “fotosinthesis”. Selama berfotosinthesis tumbuhan butuh sinar matahari, gas CO_2 yang diserap dari udara, air dan hara yang diserap dari dalam tanah. Melalui proses fotosintesis, CO_2 tersebut diubah menjadi karbohidrat. karbohidrat selanjutnya disebarkan keseluruh tubuh tanaman dan akhirnya ditimbun dalam bentuk biomassa (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Biomassa adalah total berat atau volume organisme dalam suatu area atau volume tertentu. Biomassa juga didefinisikan sebagai total jumlah materi hidup yang dinyatakan dengan satuan ton berat kering per satuan luas (Brown, 1997). Biomasa hidup dipilah menjadi 2 bagian yaitu Biomasa Atas Permukaan dan Biomasa Bawah Permukaan . biomassa bagian atas meliputi batang, daun, bunga, buah dan biji. Biomassa bagian bawah meliputi akar tumbuhan. Menurut Peraturan Kepala Badan Penelitian Pengembangan Kehutanan Nomor : P.01/VIIIP3KR/2012, biomassa dinyatakan dalam satuan kg atau ton. Sedangkan biomassa tegakan adalah akumulasi biomassa pohon per luas area dinyatakan dalam satuan (ton/ha).

Larasati (2012) menyampaikan bahwa proses penimbunan karbon (C) dalam tubuh tanaman hidup dinamakan proses penyerapan karbon (C-sequestration). Karbon yang terdapat di udara diserap untuk proses fotosintesis, kemudian hasil dari fotosintesis ditimbun pada tubuh tumbuhan. Pengukuran jumlah C yang disimpan dalam tubuh tanaman hidup (biomassa) pada suatu lahan dapat menggambarkan banyaknya CO_2 di atmosfer yang diserap oleh tanaman.

Chanan (2012) menyatakan bahwa nilai biomassa memiliki hubungan positif dengan nilai stok karbon dan serapan CO_2 artinya nilai biomassa yang tinggi akan diikuti nilai stok karbon dan serapan CO_2 yang tinggi.

Menurut Hairiah dan Rahayu (2007), Struktur penyusun dinding sel tumbuhan didominasi oleh selulosa yang merupakan turunan dari hasil fotosintesis. Dalam berat basah tubuh tumbuhan tersusun oleh selulosa yang memiliki rumus kimia ($C_6H_{10}O_5$).

Menurut Anonim 2015, Persamaan reaksi pembakaran kayu

$C_6H_{10}O_5$ (Selulosa) + 6 $O_2 \rightarrow 6CO_2 + 5H_2O$

Melalui proses pengeringan selulosa akan kehilangan atom hirogen sehingga yang tersisa dalam tubuh kering tumbuhan hanyalah atom karbon (C) dan oksigen (O). Berat dari atom C dan O dari struktur tubuh tumbuhan adalah biomassa. Sedangkan stok karbon adalah berat atom karbon (C) dari struktur tubuh tumbuhan. Kandungan karbon dari biomoassa setiap tumbuhan berbeda-beda. Menurut IPCC atau *Intergovermental Panel on Climate Change* (2006) kandungan karbon adalah 47% dari biomassa.

Tabel 2.1. Definisi sumber karbon berdasarkan IPCC (2006)

Sumber		Penjelasan
Biomassa	Atas Permukaan	Semua biomasa dari vegetasi hidup di atas tanah, termasuk batang, tunggul, cabang, kulit, daun serta buah. Baik dalam bentuk pohon, semak maupun tumbuhan herbal. Ket: tumbuhan bawah di lantai hutan yang relatif sedikit, dapat dikeluarkan dari metode penghitungan
	Bawah Tanah	Semua biomasa dari akar yang masih hidup. Akar yang halus dengan diameter kurang dari 2 mm seringkali dikeluarkan dari penghitungan, karena sulit dibedakan dengan bahan organik mati tanah dan serasah.
Bahan Organik Mati atau Nekromasa	Kayu mati	Semua biomasa kayu mati, baik yang masih tegak, rebah maupun di dalam tanah. Diameter lebih besar dari 10 cm
	Serasah	Semua biomasa mati dengan ukuran > 2 mm dan diameter kurang dari sama dengan 10 cm, rebah dalam berbagai tingkat dekomposisi.
Tanah	Bahan Organik Tanah	Semua bahan organik tanah dalam kedalaman tertentu (30 cm untuk tanah mineral). Termasuk akar dan serasah halus dengan diameter kurang dari 2mm, karena sulit dibedakan.

Stok karbon adalah seluruh kandungan karbon yang tersimpan dalam biomassa tumbuhan, nekromasa dan karbon organik tanah. Besarnya nilai stok

karbon menggambarkan banyaknya karbon yang diserap oleh tanaman. Dalam proses fotosintesis, CO_2 dari atmosfer diikat oleh vegetasi dan disimpan dalam bentuk biomassa. Stok karbon berhubungan erat dengan biomassa tegakan. Jumlah biomassa suatu kawasan diperoleh dari produksi dan kerapatan biomassa yang diduga dari pengukuran diameter, tinggi, dan berat jenis pohon (Manuri *et al.* 2011).

Sumber karbon (*Carbon Pool*) dikelompokkan menjadi 3 kategori utama, yaitu biomasa hidup, bahan organik mati dan karbon tanah (IPCC, 2006). Biomasa hidup dipilah menjadi 2 bagian yaitu Biomasa Atas Permukaan (BAP) dan Biomasa Bawah Permukaan (BBP). Sedangkan bahan organik mati dikelompokkan menjadi kayu mati dan serasah. Sehingga, secara keseluruhan IPCC menetapkan 5 sumber karbon hutan yang perlu dihitung dalam upaya penurunan emisi akibat perubahan tutupan lahan.

Menurut Alongi (2012), dalam siklus karbon terdapat 3 tahapan proses yaitu penyerapan, penyimpanan dan pengeluaran. Proses penyerapan yaitu tumbuhan menyerap CO_2 di udara untuk membentuk $C_6H_{12}O_6$ (glukosa) yang kemudian disimpan pada akar, batang, daun, bunga, buah dan biji. Penyimpanan karbon terbanyak pada tumbuhan terdapat pada batang. Proses pengeluaran karbon pada tumbuhan disebabkan oleh beberapa hal seperti penebangan pohon, pembakaran hutan, pembukaan lahan dan penguraian bagian tumbuhan yang mati oleh bakteri dan jamur.

2.2 Ekosistem Mangrove

Ekosistem mangrove adalah suatu lingkungan yang mempunyai ciri khusus karena lantai hutannya secara teratur digenangi oleh air yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Hutan mangrove merupakan tipe hutan tropika dan subtropika yang khas, tumbuh di sepanjang pantai atau muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Mangrove banyak di jumpai di wilayah pesisir yang terlindung dari gempuran ombak dan daerah yang landai. Mangrove tumbuh optimal di wilayah pesisir yang memiliki muara sungai besar dan delta yang aliran airnya banyak mengandung lumpur. Sedangkan di wilayah pesisir yang

tidak bermuara sungai, pertumbuhan vegetasi mangrove tidak optimal. Mangrove sulit tumbuh di wilayah pesisir yang terjal dan berombak besar dengan arus pasang surut kuat, karena kondisi ini tidak memungkinkan terjadinya pengendapan lumpur yang diperlukan sebagai substrat bagi pertumbuhannya (Nybaken, 1992; Dahuri, 2003).

Vegetasi hutan mangrove di Indonesia memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi, dengan jumlah jenis tercatat sebanyak 202 jenis yang terdiri dari 89 jenis pohon, 5 jenis palem, 19 jenis liana, 44 jenis epifit dan 1 jenis sikas. Hanya terdapat kurang lebih 47 jenis tumbuhan yang spesifik hutan mangrove. Di dalam hutan mangrove, paling tidak terdapat salah satu jenis tumbuhan sejati penting/dominan yang termasuk ke dalam 4 famili: Rhizoporaceae (*Rhizopora spp. ,Bruguiera spp.* dan *Ceriops spp.*), Sonneratiaceae (Sonneratia), Avicenniaceae (*Avicennia spp.*) dan Meliaceae (*Xylocarpus spp.*)

Secara sederhana, mangrove umumnya tumbuh dalam 4 zona, mangrove terbuka, mangrove tengah, mangrove payau dan mangrove daratan (Begen, 2001).

a. Mangrove terbuka

   Daerah yang paling dekat dengan laut, dengan substrat agak berpasir,sering ditumbuhi oleh *Avicennia sp.* Pada zonasi ini, biasanya berasosiasi dengan *Sonneratia spp*. yang dominan tumbuh pada lumpur dalam yangkaya bahan organik (Bengen, 2001). Hal ini desibabkan spesies *Avicennia marina sp.* memiliki adaptasi berupa akar nafas yang menyebabkan spesies ini mampu bertahan pada daerah yang dipengaruhi pasang surut air laut (Martuti, 2019).

b. Mangrove tengah

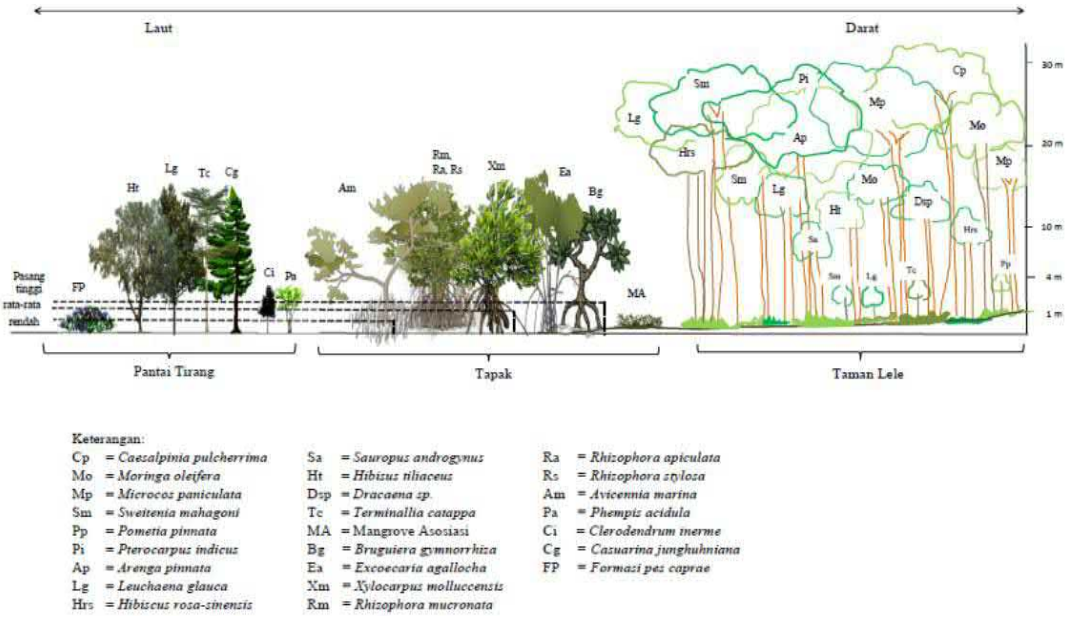
   Mangrove di zona ini terletak di belakang mangrove zona terbuka. Di zona ini umumnya didominasi oleh *Rhizopora spp. Rhizohora sp.* cocok pada habiat ini karena memiliki substrat berupa lumpur yang kaya akan bahan organik (Martuti, 2019) (Muzaki *et al*., 2012).. Selain itu sering juga dijumpai *Bruguiera spp*. dan *Xylocarpus spp.*(Bengen, 2001).

c. Mangrove payau

Zona ini berada di sepanjang sungai berair payau sampai tawar. Zona ini biasanya didominasi oleh komunitas *Nypa spp.* dan *Sonneratia* spp. (Noor dan Suryadiputra, 1999).

d. Mangrove Daratan

Mangrove berada di zona perairan payau atau hampir tawar di belakang jalur hijau mangrove yang sebenarnya. Jenis-jenis yang utama ditemukanpada zona ini termasuk *Ficus microcarpus, Intsia bijuga, N. fruticans, Lumnitzera racemosa, Pandanus spp*. dan *Xylocarpus moluccensis*. Zonani memiliki kekayaan jenis tinggi daripada zona lainnya (Noor dan Suryadiputra, 1999).



Gambar 2.1. Pola persebaran mangrove (Martuti, 2019).

Berbagai jenis mangrove memiliki kemampuan adaptasi untuk mengatasi kadar garam yang berbeda-beda, beberapa memiliki kelenjar garam seperti spesies *Avicennia sp. dan Sonneratia sp.* mampu mengeluarkan kelebihan garam lewat kelenjar garam pada daunnya. Hal tersebut menyebabkan spesies tersebut memiliki kisaran toleransi terhadap salinitas lebih luas dibanding spesies lainnya, menurut Noor *et al.* (2006) *Avicennia marina* mampu tumbuh pada kisaran salinitas mendekati tawar hingga 90 ‰, *Rhizophora mucronata* mampu hidup pada kondisi salinitas hingga 55 ‰ sejalan dengan pernyataan Magne dan Fauziah dalam

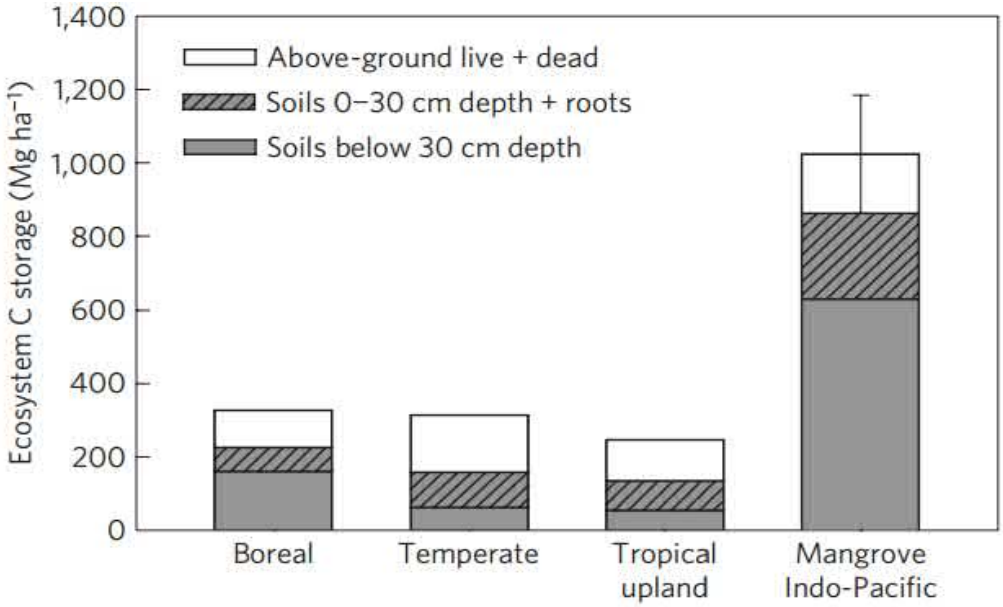
Priyanto *et al*. (2006) bahwa spesies tersebut memiliki kisaran toleransi salinitas 12-55 ‰. *Sonneratia caseolaris* hidup pada daerah yang paling dekat dengan laut sampai pada salinitas 10 ‰.

Salah satu fungsi ekosistem mangrove dalah untuk menyerap CO_2 yang terdapat di udara sehingga berperan dalam mengurangi pemanasan global. Tumbuhan akan mengurangi karbon di atmosfer (CO_2) melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam jaringan tumbuhan. Sampai waktunya karbon tersebut tersikluskan kembali ke atmosfer, karbon tersebut akan menempati salah satu dari sejumlah kantong karbon. Semua komponen penyusun vegetasi baik pohon, semak, liana dan epifit merupakan bagian dari biomassa atas permukaan. Di bawah permukaan tanah, akar tumbuhan juga merupakan penyimpan karbon selain tanah itu sendiri. Pada tanah gambut, jumlah simpanan karbon mungkin lebih besar dibandingkan dengan simpanan karbon yang ada di atas permukaan. Karbon juga masih tersimpan pada bahan organik mati dan produk-produk berbasis biomassa seperti produk kayu baik ketika masih dipergunakan maupun sudah berada di tempat penimbunan. Karbon dapat tersimpan dalam kantong karbon dalam periode yang lama atau hanya sebentar. Peningkatan jumlah karbon yang tersimpan dalam karbon pool ini mewakili jumlah karbon yang terserap dari atmosfer (Sutaryo, 2009).

Dalam proses fotosintesis, CO_2 dari atmosfer diikat oleh vegetasi dan disimpan dalam bentuk biomassa. Stok karbon berhubungan erat dengan biomassa tegakan. Jumlah biomassa suatu kawasan diperoleh dari produksi dan kerapatan biomassa yang diduga dari pengukuran diameter, tinggi, dan berat jenis pohon. Biomassa dan carbon sink pada hutan tropis merupakan jasa hutan diluar potensi biofisik lainnya, dimana potensi biomassa hutan yang besar adalah menyerap dan menyimpan karbon guna pengurangan CO_2 di udara (Manuri *et al.* 2011).

Daniel *et al.,(*2011) menyampaikan bahwa ekosistem yang mempunyai daya serap karbon paling tinggi adalah ekosistem mangrove, karena memiliki nilai densitas yang tinggi. Setiap hektar ekosistem mangrove dapat menyimpan karbon 4 kali lebih banyak dibanding dengan ekosistem lainnya, dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Sebagaimana tumbuhan lainnya, mangrove mengkonversi cahaya matahari dan nutrien menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis. Tumbuhan mangrove merupakan sumber makanan potensial, dalam berbagai bentuk bagi semua biota yang hidup di ekosistem mangrove. (Bengen, 2001), komponen dasar dari rantai makanan di ekosistem mangrove berbeda dengan tumbuhan pada umumnya, bukan tumbuhan itu sendiri melainkan detritus yang berasal dari tumbuhan mangrove (daun, ranting, buah, batang dan sebagainya).



Gambar 2.2. Data Stok Karbon Berbagai Ekosistem (Daniel *et al.*, 2011).

2.3 Konservasi Mangrove Trimulyo

Kegiatan konsevasi mangrove di Kelurahan Trimulyo dilakukan dengan rehabilitasi mangrove. Wahyusari (2018) menyatakan bahwa rehabilitasi hutan dan lahan adalah suatu upaya agar dapat memulihkan, mempertahankan dan meningkatkan fungsi hutan dan lahan, sehingga produktivitas dan peranannya dapat mendukung sistem penyangga kehidupan dan tetap terjaga kelestariannya. Kegiatan rehabilitasi meliputi reboisasi dan pemeliharaan. Reboisasi adalah penanaman pohon di dalam kawasan hutan. Pemeliharaan hutan adalah kegiatan untuk menjaga, mengamankan dan meningkatkan kualitas tanaman.

Pada tahun 2010 hingga 2015 diwilayah pesisir Kota Semarang tepatnya di Kecamatan Genuk dan Kecamatan Tugu mengalami peningkatan luas mangrove, hal tersebut disebabkan oleh kegiatan konservasi mangrove. Namun di wiliyah Kecamatan Semarang Barat mengalami penurunan luas ekosistem mangrove, hal ini disebabkan oleh eksploitasi ekosistem mangrove yang berlebihan yang dilakukan oleh masyarakat (Nurhidayati, 2017). Data mengenai luas ekosistem mangrove di pesisir Kota Semarang tedapat pada Tabel 2.2.

Kegiatan rehabilitasi mangrove di Kelurahan Trimulyo dimulai pada tahun 2004, kemudian sejak tahun 2012 hingga tahun 2016 setiap tahun secara rutin menjadi lokasi program rehabilitasi ekosistem mangrove (Dinas Pertanian Kota Semarang, DKP Kota Semarang, BLH Kota Semarang, & DKP Provinsi Jawa Tengah) dalam (Rifandi *et al*., 2017). Dengan terbentuknya suatu ekosistem mangrove yang baik pasca rehabilitasi, ekosistem tersebut berpotensi dikelola dengan melibatkan peran serta masyarakat. Dalam kegiatan pengelolaan tersebut diperlukan sekelompok masyarakat yang berkomitmen dalam pengelolaan kawasan mangrove.

Tabel 2.2. Data citra satelit luas mangrove wilayah pesisir Kota Semarang

No.	Wilayah Kecamatan	Luas Mangrove tahun 2010 (Ha)	Luas Mangrove tahun 2015 (Ha)	Persentase Perubahan Mangrove (%)
1.	Kecamatan Genuk	8,18	15,93	94,7
2.	Kecamatan Tugu	18,63	48,24	158,9
3.	Kecamatan Semarang Barat	5,94	3,96	-33,33
	Jumlah	**32,85**	**68,13**	**207,34**

Sumber : Nurhidayati (2017)

Berdasarkan data MercyCorps (2015) dalam Hartati *et al.* (2016), Budidaya mangrove yang ditanam pada wilayah pesisir Kota Semarang (Kecamatan Tugu dan Genuk) terdapat tujuh jenis mangrove yang dibudidayakan di kawasan pesisir tersebut, yaitu: *Avecenia marina, Brugueira gymnoriza, Rhizopora appiculata, Rhizopora stylusa, Rhizopora mucronata, Sonneratia caseolaris dan Bruguiera cylindrical.*

Dari data citra satelit pada tahun 2010 hingga tahun 2015 terjadi peningkatan luas mangrove rata-rata sebesar 1,55 Ha/tahun (Nurhidayati, 2017). Data terakhir pada tahun 2017 ekosistem mangrove di Kelurahan Trimulyo mempunyai luas 27 Ha, dan didominasi oleh spesies *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* (Rifandi *et al*., 2017

BAB V
SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang estimasi stok karbon mangrove yang telah dilakukan di hutan mangrove Trimulyo.

1. Stok karbon mangrove di hutan mangrove Trimulyo, Kecamatan Genuk, Kota Semarang diperkirakan sebesar 36,00 ton/ha.
2. Spesies mangrove yang memiliki kemampuan tertinggi dalam menyimpan karbon adalah *Sonneratia caseolaris*.

B. Saran

1. Penghitungan stok karbon hanya dilakukan pada biomassa bagian atas untuk melihat potensi total dari suatu kawasan dalam menyimpan karbon alangkah baiknya dilakukan estimasi stok karbon bagian bawah, stok karbon serasah dan stok karbon tanah.
2. Untuk mendapatkan hasil yang optimal perlu menggunakan peralatan yang lebih canggih seperti phiband untuk mengukur diameter batang.

Daftar Pustaka

Achmad, R. 2011. Kimia lingkungan. *On line at* http://repository.ut.ac.id/4658/2/PEKI4312-M1.pdf. [diakses tanggal 07 Mei 2019].

Alongi DM. 2012. Carbon sequestation in mangrove forests. *Carbon Managemen* 3(3): 313-322.

Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Semarang. 2017. Kota Semarang dalam angka. *On line at* http://satudata.semarangkota.go.id/adm/file/20180122141841KotaSemarangDalamAngka2017.pdf. [diakses tanggal 07 Mei 2019].

Barbour, M. G., J. H. Burk, and W. D. Pitts. 1987. *Terrestrial plant ecology*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California.

Begen, D. G. 2001. *Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. Bogor: Pusat Kajian Sumber Daya Pesisir dan Kelautan Institut Pertanian Bogor.

Brown, Sandra, 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests*: Primer. (FAO Forestry Paper - 134). FAO, Rome.

Cahyaningrum, S. T., & Hartoko, A. (2014). Mangrove Carbon Biomass at Kemujan Island, Karimunjawa Nasional Park Indonesia. *Management of Aquatic Resources Journal*, 3(3): 34-42.

Chanan M. 2012. Pendugaan cadangan carbon (C) tersimpan diatas permukaan tanah pada vegetasi hutan tanaman jati (*Tectona grandis Lin. F*) di Sengguruh BKPH Sengguruh KPH Malang Perum Perhutani II Jawa Timur. *Jurnal Gamma* 7(2): 61-73.

Dahuri, R., 2003, *Keanekaragaman Hayati Laut. Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*, Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.

Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature geoscience*, *4*(5): 293.

Darusman, D. 2006. *Pengembangan Potensi Nilai Ekonomi Hutan dalam Restorasi Ekosistem*. Jakarta.

Dharmawan, I. W. S. 2013. Pendugaan Biomasa Karbon di Atas Tanah Pada Tegakan Rhizophora Mucronata di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 15(1): 50-56.

Duke, N. C. 1992. Mangrove Floristics and Biogeography. dalam Tropical Mangrove Ecosystems. A. I. Robertson dan D. M. Alongi (Peny.). American Geophysical Union. Washington D. C, 63 – 100.

Gevaña, D. T., Camacho, L. D., & Pulhin, J. M. 2018. Conserving Mangroves for Their Blue Carbon: Insights and Prospects for Community-Based Mangrove Management in Southeast Asia. In Threats to Mangrove Forests, 579-588.

Springer, Cham. Guilford, J. P. 1942. *Fundamental statistics in psychology and education.*

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

Hartati, R., Pribadi, R., Astuti, R. W., & Yesiana, R. 2016. Kajian Pengamanan Dan Perlindungan Pantai Di Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu Dan Genuk, Kota Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis* 19(2): 95-100.

Hilmi, E., 2003. Model Penduga Kandungan Karbon Pada Pohon Kelompok Jenis *Rhizopora spp*. dan *Bruguiera spp.* Dalam Tegakan Hutan Mangrove (Studi Kasus di Indragiri Hilir Riau).

Imiliyana, A., Muryono, M., & Purnobasuki, H. E. R. Y. 2011. Estimasi stok karbon pada tegakan pohon Rhizophora stylosa di pantai Camplong, Sampang-Madura. *Presentasi ilmiah tidak dipublikasi.* Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Irsadi, A., Martuti, N. K. T., & Nugraha, S. B. 2017. Estimasi Stok Karbon Mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. Sainteknol: *Jurnal Sains dan Teknologi*, 15(2), 119-128.

IPCC (Intergovermental Panel on Climate Change). 2006. Intergovermental Panel on Climate Change Guidelones for National Greenhouse Gas Inventories. IGES. Japan.

Kartawinata, K., Samsoedin, I., Heriyanto, N.M., & Afriasini, J .J . (2004). A tree speciesinventory in a one-hectare a plot at the BatangGadis National Park, North Sumatra,Indonesia. *A Journal on taxonomic botany, plantsociology and ecology Reinwardtia* 12(2), 145-157.

Kehutanan, K. (2013). Pedoman Penggunaan Model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa dan Stok Karbon Hutan di Indonesia.

Kirschbaum, M. U. F., Eamus, D., Gifford, R. M., Roxburgh, S. H., & Sands, P. J. 2001. Definitions of some ecological terms commonly used in carbon accounting. *Net ecosytem exchange workshop proceedings*', Canberra, 2-5.

Komiyama, A., Poungparn, S., & Kato, S. (2005). Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves.*Journal of Tropical Ecology*, *21*(4): 471-477.

Krisnawati, H. Adinugroho, W. C. Imanuddin R. 2012. *Monograf Model-Model Alometrik untuk Pendugaan Biomasa Pohon pada Berbagai Tipe Ekosistem Hutan di Indonesia*. Bogor (ID): Pusat Penelitian dan

Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.

Kusmana, C. 1997. Ekologi dan Sumberdaya Ekosistem Mangrove. Bogor: Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor.

Larasati, R., June, T. and Dewi, S., 2012. Peran Cagar Biosfer Cibodas Dalam Penyerapan Co_2. Forestry Research, Development and Innovation Agency.

Martuti, N. K. T., Setyowati, D. L., Nugraha, S. B., & Mutiatari, D. P. 2017. Carbon stock potency of mangrove ecosystem at Tapak Sub-village, Semarang, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 10(6): 1524-1533.

Manuri, S., Putra, C. A. S., & Saputra, A. D. 2011 . *Tehnik pendugaan cadangan karbon hutan*. Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation–GIZ. Palembang.

Martuti, N. K. T., Anggraito, Y. U., & Anggraini, S. 2019. Vegetation Stratification in Semarang Coastal Area. Biosaintifika: *Journal of Biology & Biology Education*, 11(1): 139-147.

Martuti, N. K.T., Susilowati, S. M. E., Sidiq, W.A.BN., & Mutiatari, D.P. (2018). Peran kelompok masyarakat dalam rehabilitasi ekosistem mangrove di pesisir Kota Semarang. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 6(2): 100-114.

Martuti, N. K. T. 2013. Peranan tanaman terhadap pencemaran udara di Jalan Protokol Kota Semarang. Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education, 5(1).

MercyCorps. 2015. Mangrove Planting Monitoring Report. MercyCorps: Jakarta.

Nurhidayati, S. 2017. Data Potensi Dan Kerusakan Pesisir Kota Semarang. *On line at* http://mangrovemagz.com/2017/03/14/data-potensi-dan-kerus akan-pesisir-kota-semarang/. [diakses tanggal 13 Februari 2019].

Noor, Y. R., Khazali, M., & Syadipura, I. N. N. (2006). Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. Bogor. *Wetlands Internatinal*.

Onrizal. 2005. Adaptasi Tumbuhan Magrove pada Lingkungan Salin dan Jenuh. *On line at https://www.researchgate.net/profile/Onrizal_Onrizal/publication/42320174_Adaptasi_Tumbuhan_Mangrove_Pada_Lingkungan_Salin_Dan_Jenuh_Air/links/55f6718908ae63926cf50e65/Adaptasi-Tumbuhan-Mangrove-Pada-Lingkungan-Salin-Dan-Jenuh-Air.pdf* . [diakses tanggal 13 Agustus 2019].

Priyanto, E., Jhonnerie, R., Firdaus, R., Hidayat, T., & Miswadi, M. (2006). Biodiversity and Ecological Structure of Mangrove Mature in Coastal Area of Dumai District-Riau Province. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, *7*(4).

Ridho, M. G. A. *Respon Beberapa Genotipe Koro Terhadap Berbagai Tingkat Cekaman Garam NaCl* (Doctoral dissertation).

Rifandi, R. A., & Muhammad, F. 2017. *Strategi Pengelolaan Kawasan Hutan Mangrove Untuk Aktivitas Ekowisata Di Kelurahan Trimulyo Kecamatan Genuk Kota Semarang* (Doctoral dissertation).

Sadelie, A., Kusumastanto, T., Kusmana, C., & Hardjomidjojo, H. (2012). Kebijakan pengelolaan sumberdaya pesisir berbasis perdagangan karbon. *Jurnal Hutan dan Masyarakat*, 6(1), 1-11.

Simpson, W.T. 1996 Method to estimate dry-kiln schedules and species groupings: ropical and temperate hardwoods. RPL-RP-548. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, USA.

Siregar, C. A, dan I.W.S. Dharmawan. 2009. Biomassa Karbon Pada Hutan Tanaman Mangrove. *Laporan Hasil Penelitian*. Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.

Sudijono, A. 2005. *Pengantar statistik pendidikan*. PT Raja Grafindo Persada.

Suryono, S., Soenardjo, N., Wibowo, E., Ario, R., & Rozy, E. F. 2018. Estimasi Kandungan Biomassa dan Karbon di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. *BULETIN OSEANOGRAFI MARINA*, 7(1): 1-8.

Sutaryo, D. 2009. Penghitungan Biomassa Sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor.

Syamsudin & Damaianti. 2011. Metode penelitian pendidikan bahasa. Bandung: remaja rosdakarya.

Tugas Suprianto, Andi Solihat. 2012. Siklus karbon dan hutan. *On line at* http://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=siklus+karbon+pdf&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAA&url=http://www.unredd.net/index.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D8494%26Itemid%3D53&ei=YkkyVdL4JYKuuQTt5oGICQ&usg=AFQjCNFaGKELFulBLv9TAo_7PNrnEj_lkQ&sig2=B4y4YCLEmiRlXV45ccro6A&bvm=bv.91071109,d.c2E. [Di akses tanggal 24 april 2019]

Susmalinda ,T. 2013. *Keunikan Sonneratia spp. si Apel Mangrove*. *On line at* https://onrizal.files.wordpress.com/2013/09/2013e1_3.pdf. [Di akses tangal 21 Agustus 2019]

Wahyusari, I. K. 2018. Evaluasi Pemulihan Lingkungan Terintegrasi Dalam Kehidupan Sosial Nelayan Kelurahan Mangunharjo, Kecamatan Tugu Kota Semarang. *In Seminar Nasional PKn UNNES* 2(1): 91-101.

Wongpattanakul, P., Ritchie, R. J., Koedsin, W., & Suwanprasit, C. 2015. Photosynthetic rates in mangroves. In *Proceeding of International Conference on Plant, Marine and Environmental Sciences (PMES 2015), Grand Season Hotel, Malaysia*, 1-2.

Yesiana, Reny and Yuniartanti, Rizki Kirana and Wulansari, Amalia. 2015. Pengelolaan Kawasan Pesisir Kota Semarang: Sebuah Potret Berkelanjutan. In: Conference on Urban Studies and Development. SEMARANG.