

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

Arterio Furqon Hadidi^{1,*}, Nana Kariada Tri Martuti¹, Putut Martin Herry Boedijantoro¹

¹ Jurusan Biologi, Universitas Negeri Semarang

* Corresponding author: arteriofurqon@gmail.com

ABSTRACT

Development progress that occurred in the city of Semarang has an impact on increasing community economic activity. This increasing carbon emissions in the air occurred due to the use of fossil fuels. One of the efforts to reduce carbon emissions is by reforestation. The city of Semarang has 19.541 hectares (52.31%) of green open space out of 37.303,9 hectares of the total area of the city. However, the area of the mangrove ecosystem in Semarang City was only 68,13 Ha. Even though mangrove ecosystems have a higher ability to absorb carbon than other ecosystems. Based on these conditions, it was necessary to estimate mangrove carbon stocks as an effort to determine the potential of mangrove tree strata to absorb carbon. From the results, the value of mangrove carbon stocks in the Trimulyo mangrove ecosystem of 36,00 tons/ha had the potential to act as a carbon sink.

Keywords: carbon stock, conservation, mangrove

PENDAHULUAN

Kota Semarang merupakan Pusat Pemerintahan Provinsi Jawa Tengah, memiliki luas wilayah 373,70 Km² 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 CO₂ 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 (CO₂) dan dipantulkan kembali ke permukaan bumi (Achmad, 2011). Hal tersebut menyebabkan meningkatnya suhu dipermukaan bumi dan menyebabkan mencairnya es di kutub bumi. Pencairan es di kutub bumi menyebabkan naiknya permukaan air laut sehingga dikhawatirkan menenggelamkan daratan.

Di Semarang, jumlah kendaraan bermotor kian meningkat dari tahun ke tahun (Dewi *et al.*, 2019). Selain kegiatan dari aktivitas kendaraan bermotor, emisi karbon juga disebabkan oleh perubahan tutupan lahan hutan menjadi lahan permukiman dan pertanian (Dewa & Sejati, 2019). Menurut Martuti (2013), karbon 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 Semarang). Salah satu daerah yang masuk dalam ruang terbuka hijau adalah hutan mangrove.

Nurhidayati (2017) menyatakan ekosistem mangrove di Kota Semarang memiliki luas sebesar 68,13 Ha, yang berada di Kecamatan Genuk (15,93 Ha), Tugu (48,24 Ha) dan Semarang Barat (3,94 Ha). 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 (Nurhidayati, 2017). Dari data terakhir luas lahan mangrove menurut Rifandi *et al.* (2017) di Kelurahan Trimulyo mempunyai luas 27 Ha dengan vegetasi mangrove yang didominasi oleh jenis *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 dengan rata-rata 1,55 Ha. Hal itu menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di Kelurahan Trimulyo memiliki potensi yang besar dalam menyerap karbon. Karbon dapat disimpan dalam bentuk biomassa, yaitu keseluruhan material hidup di atas permukaan mulai dari batang pohon, kulit kayu, biji, hingga daun baik pada strata tumbuhan bawah maupun strata pohon (Sari, 2021). Menurut Novita (2010), umumnya nilai cadangan karbon tergantung pada ukuran diameter batang pohon dimana semakin besar diameter batangnya, maka semakin besar pula biomasanya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu kiranya dilakukan penelitian mengenai estimasi stok karbon mangrove di Kelurahan Trimulyo, khususnya pada strata pohon, sehingga dapat memberikan informasi bagi masyarakat dan pemerintah mengenai peranan mangrove di Kelurahan Trimulyo dalam menyerap emisi karbon Kota Semarang. Selain itu, informasi ini juga penting bagi masyarakat di luar karna ternyata wilayah kecil seperti Kelurahan Trimulyo ternyata memiliki luas mangrove sebesar 27 Ha (Rifandi *et al.*, 2017) dan potensi untuk memitigasi kenaikan CO₂.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April-Mei 2019, di area ekosistem mangrove yang memiliki luas ±27 Ha terletak di Kelurahan Trimulyo, Kecamatan Genuk, Kota Semarang.

Prosedur Penelitian

Pengambilan data menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu dengan mengambil sampling 4 stasiun dengan mempertimbangkan jenis dan usia mangrove. Setiap stasiun diambil 7 plot sampling sesuai dengan (Barbour *et al.*, 1989) yang menyatakan pengambilan sampel vegetasi setidaknya 1% dari luas penelitian. Plot yang digunakan berukuran 10 × 10 m sesuai dengan (Kartawinata *et al.*, 2004).

Data yang diambil berupa jenis dan jumlah individu, keliling batang yang akan digunakan untuk mengetahui ukuran DBH (*Diameter at Breast Height*) atau diameter setinggi dada dengan konversi rumus keliling lingkaran. Pengukuran keliling batang dilakukan menurut Lugina *et al.* (2011) dengan cara mengukur keliling batang dalam berbagai kondisi adalah sebagai berikut:

1. Jenis pohon diidentifikasi.
2. Dilakukan pengukuran keliling data.

Analisis Data

Estimasi biomassa di atas permukaan tanah tanaman mangrove menggunakan alometrik berdasarkan jenis tanaman adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Persamaan alometrik Biomassa Bagian Atas (BBA)

Jenis	Persamaan alometrik	Sumber
<i>Avicennia marina</i>	$BBA = 0,1848 D^{2,3524}$	Siregar <i>et al.</i> (2009)
<i>Rhizophora mucronata</i>	$BBA = 0,1466 D^{2,3136}$	Dharmawan (2010)
<i>Rhizophora stylosa</i>	$BBA = 0,045 D^{2,868}$	Gevana <i>et al.</i> (2016)

Keterangan:

DBA = Biomassa Bagian Atas

DBH = *Diameter at Breast Height*

D = Hasil pengukuran DBH

Apabila model alometrik biomassa pohon untuk suatu jenis tertentu belum tersedia, maka digunakan persamaan alometrik Ekosistem Tanaman Mangrove (Komiyama *et al.*, 2005).

$$BBA = 0,251\rho D^{2,46}$$

Keterangan:

BBA = Biomassa Bagian Atas

D = Hasil pengukuran DBH

ρ = Berat jenis kayu dilihat pada Simpson (1996)

Untuk menghitung kadar karbon, maka dilakukan konversi biomassa ke dalam bentuk karbon atau biasa disebut fraksi karbon, dirumuskan sebagai berikut (Krisnawati *et al.*, 2012).

$$\text{Stok karbon} = \text{Fraksi karbon} \times \text{BBA}$$

Keterangan:

Stok karbon = Jumlah stok karbon (ton/ha)

BBA = Biomassa total tegakan (ton/ha)

Hasil perhitungan karbon (C) diatas dikonversikan kedalam bentuk CO₂ dengan persamaan sebagai berikut (Krisnawati *et al.*, 2012).

$$\text{Serapan CO}_2 \text{ (ton/ha)} = (\text{Mr. CO}_2 / \text{Ar. C}) \times \text{Stok karbon}$$

Keterangan:

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

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan biomassa bagian atas (BBA), stok karbon dan serapan CO₂ yang dilakukan di ekosistem mangrove Trimulyo disajikan pada Tabel 2. Banyaknya CO₂ yang diserap tumbuhan untuk membentuk biomassa disebut serapan CO₂. Pengukuran jumlah C yang disimpan dalam tubuh tanaman hidup pada suatu lahan dapat menggambarkan banyaknya CO₂ di atmosfer yang diserap oleh tanaman. Biomassa dan stok karbon merupakan dua hal yang tidak dapat dipisahkan satu dengan yang lain. Pendugaan nilai biomassa suatu kawasan dapat diperoleh dari pengukuran diameter batang, tinggi, dan berat jenis pohon (Manuri *et al.*, 2011). Untuk mengetahui stok karbon yang tersimpan pada vegetasi mangrove harus dicari biomasnya terlebih dahulu.

Tabel 2. Nilai Biomassa Bagian Atas, Stok Karbon dan Serapan CO₂

Stasiun	Biomassa Bagian Atas/ BBA (Ton ha ⁻¹)	Stok karbon (Ton ha ⁻¹)	Serapan CO ₂ (Ton ha ⁻¹)
1	49,05	23,05	84,53
2	94,57	44,45	162,98
3	73,27	34,44	126,27
4	89,50	42,07	154,24
Total	306,39	144,01	528,02
Rata-rata	76,60	36,00	132,01

Banyaknya CO₂ yang diserap tumbuhan untuk membentuk biomassa disebut serapan CO₂. Pengukuran jumlah C yang disimpan dalam tubuh tanaman hidup pada suatu lahan dapat menggambarkan banyaknya CO₂ di atmosfer yang diserap oleh tanaman. Biomassa dan stok karbon merupakan dua hal yang tidak dapat dipisahkan satu dengan yang lain. Pendugaan nilai biomassa suatu kawasan dapat diperoleh dari pengukuran diameter batang, tinggi, dan berat jenis pohon (Manuri *et al.*, 2011). Untuk mengetahui stok karbon yang tersimpan pada vegetasi mangrove harus dicari biomasnya terlebih dahulu.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, ekosistem mangrove Trimulyo memiliki nilai Biomassa bagian atas (BBA), stok karbon, dan serapan CO₂ berturut-turut sebesar 76,60 ton/ha, 36,00 ton/ha, 132,01 ton/ha. Nilai serapan CO₂ sebesar 132,01 ton/ha. Hasil tersebut menunjukkan bahwa setiap hektarnya ekosistem mangrove Trimulyo berkontribusi menyerap 132,01 ton CO₂, nilai serapan tersebut berasal dari BBA. Ekosistem mangrove Trimulyo memiliki luas sekitar 27 ha (Rifandi *et al.*, 2017). Sehingga diperkirakan dari BBA ekosistem mangrove Trimulyo berkontribusi menyerap CO₂ sebanyak 3.564,27 ton.

Tabel 2 juga menunjukkan bahwa nilai biomassa berbanding lurus dengan nilai stok karbon dan serapan CO₂. Dengan kata lain nilai biomassa yang tinggi akan diikuti nilai stok karbon dan serapan CO₂ yang tinggi. Sesuai dengan Chanan (2012) dan Imiliyana *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa nilai biomassa memiliki hubungan positif dengan nilai stok karbon dan serapan CO₂ artinya nilai biomassa yang tinggi akan diikuti nilai stok karbon dan serapan CO₂ yang tinggi.

Rata-rata BBA di ekosistem mangrove Trimulyo adalah 76,60 ton/ha. Hasil ini lebih rendah bila dibandingkan dengan penelitian (Cahyaningrum *et al.*, 2014) di Pulau Kemujan, Taman Nasional Karimunjawa dengan nilai BBA sebesar 182,62 ton/ha yang didapat dari 997 individu yang tersampling, dengan total luas plot 162.000 m². Dilihat dari densitasnya ekosistem mangrove Trimulyo lebih tinggi dibanding dengan ekosistem mangrove di Pulau Kemujan Taman Nasional Karimunjawa. Nilai BBA yang lebih besar di ekosistem mangrove Pulau Kemujan, Taman Nasional Karimunjawa diduga dari ukuran diameter batang yang lebih tinggi.

Hasil estimasi BBA di ekosistem mangrove Trimulyo 76,60 ton/ha lebih besar bila dibandingkan penelitian ekosistem mangrove Suryono *et al.* (2018) di ekosistem mangrove Perancak, Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali 62,4 ton/ha. Hal tersebut disebabkan ekosistem mangrove Perancak, Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali memiliki densitas yang lebih kecil bila dibandingkan dengan ekosistem mangrove Trimulyo. Nilai densitas yang terdapat pada ekosistem mangrove Perancak, Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali yaitu 2.123 individu/ha pada lokasi 1, 1.494 individu/ha pada lokasi 2 dan 1.581 individu/ha pada lokasi 3. Sedangkan pada ekosistem mangrove Trimulyo memiliki rata-rata densitas 2.736 individu/ha.

Nilai BBA, stok karbon dan serapan CO₂ berturut-turut tertinggi terdapat pada stasiun 2 yaitu sebesar 94,57 ton/ha, 44,45 ton/ha, 162,98 ton/ha. Nilai BBA, stok karbon dan serapan CO₂ terendah terdapat pada stasiun 1 yaitu sebesar 49,05 ton/ha, 23,05 ton/ha dan 84,53 ton/ha. Perbedaan nilai BBA, stok karbon, dan serapan CO₂ suatu kawasan dipengaruhi oleh jenis tumbuhan dan kerapatannya (Hairiah & Rahayu, 2007). Selain itu nilai biomassa suatu kawasan juga dipengaruhi ukuran diameter batang (Alongi, 2012).

Tabel 3. Jumlah individu, densitas dan rata-rata (*Diameter at Breast Height*) DBH mangrove

Stasiun	Jenis mangrove	Jumlah individu	Densitas (ind ha ⁻¹)	Rata-rata DBH (cm)
1	<i>Avicennia marina</i>	175	2.500	6,18
	<i>Avicennia alba</i>	10	143	7,26
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	1	14	14,98
	Σ	186	2.657	
2	<i>Avicennia marina</i>	190	2.714	8,73
	<i>Avicennia alba</i>	14	200	6,82
	Σ	204	2.914	
3	<i>Avicennia marina</i>	16	229	13,22
	<i>Rhizophora mucronata</i>	205	2.929	7,73
	Σ	221	3.157	
4	<i>Avicennia marina</i>	90	1286	10,10
	<i>Rhizophora mucronata</i>	89	1271	7,60
	Σ	179	2557	

Stasiun 2 memiliki nilai BBA, stok karbon dan serapan CO₂ paling tinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya. Dilihat dari nilai densitas, stasiun 2 memiliki nilai densitas sebesar 2.914 individu/ha. Nilai tersebut tidak jauh berbeda dengan stasiun lainnya bahkan lebih kecil dibanding dengan stasiun 3 yang memiliki nilai densitas 3.157 individu/ha. Jadi nilai densitas tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai BBA pada keempat stasiun.

Nilai BBA pada stasiun 2 diperoleh dari 204 individu mangrove yang tersampling terdiri dari *Avicennia marina* 190 individu dengan rata-rata DBH 8,73 cm, *Avicennia alba* 14 individu dengan rata-rata DBH 6,82 cm. Stasiun 2 di dominasi oleh *Avicennia marina* yang merupakan jenis yang memiliki kemampuan tinggi dalam menyimpan karbon dibandingkan jenis *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia alba*.

Stasiun 1 memiliki BBA, stok karbon dan serapan CO₂ paling rendah dibanding stasiun lainnya. Pada stasiun ini ditemukan 186 individu yang terdiri dari *Avicennia marina* 175 individu dengan rata-rata DBH sebesar 6,18 cm, *Avicennia alba* 10 individu dengan rata-rata DBH sebesar 7,26 cm dan *Sonneratia caseolaris* yang hanya ditemukan 1 individu dengan nilai DBH sebesar 14,98 cm. Jenis *Avicennia marina* juga mendominasi pada stasiun 1, namun rata-rata nilai DBH

pada jenis ini sangat rendah dibanding dengan stasiun lainnya, hal ini yang menyebabkan stasiun 1 memiliki BBA yang rendah. Pada stasiun ini juga ditemukan jenis *Sonneratia caseolaris* yang memiliki kemampuan paling tinggi dalam menyimpan karbon dibanding dengan semua jenis yang ditemukan pada penelitian ini, namun jenis ini hanya ditemukan 1 individu sehingga tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Alongi (2012) bahwa penyimpanan karbon terbanyak pada tumbuhan terdapat pada bagian batangnya. Meskipun didominasi oleh jenis yang memiliki kemampuan menyimpan karbon paling tinggi, nilai DBH setiap individu yang rendah menyebabkan stasiun 1 memiliki nilai BBA, stok karbon dan serapan CO₂ yang rendah.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa nilai stok karbon atau simpanan karbon mangrove yang terdapat di Kelurahan Trimulyo, Kecamatan Genuk, Kota Semarang adalah 36,00 ton/ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. 2011. Kimia lingkungan. Tersedia di <http://repository.ut.ac.id/4658/2/PEKI4312-M1.pdf>. [diakses tanggal 07 Mei 2019].
- Alongi, DM. 2012. Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Management* 3(3): 313-322.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Semarang. 2017. Kota Semarang dalam angka. Tersedia di <http://satudata.semarangkota.go.id/adm/file/20180122141841KotaSemarangDalamAngka2017.pdf>. [diakses tanggal 07 Mei 2019].
- Barbour, M.G., Burk, J.H., 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.
- 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.
- Dewa, D.D., Sejati, A.W. 2019. Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap emisi GRK pada wilayah cepat tumbuh di Kota Semarang. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*, 1(1), 24-31.
- Dewi, A.P., Syafrudin, S., Riyanto, B. 2019. Analisis Kinerja Jalan Satu Arah di Kecamatan Semarang Tengah, Kota Semarang. *Warta Penelitian Perhubungan*, 31(2), 55-66. <https://doi.org/10.25104/warlit.v31i2.1266>
- 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.
- Hairiah, K. dan S. Rahayu. 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor: World Agroforestry Centre.

- 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.
- IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IGES. Japan.
- Kartawinata, K., Samsudin, I., Heriyanto, N.M., Afriasini, J.J. 2004. A tree species inventory 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.
- Komiyama, A., Pongpan, 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.
- Larasati, R., June, T. Dewi, S., 2012. *Peran Cagar Biosfer Cibodas Dalam Penyerapan CO₂*. Forestry Research, Development and Innovation Agency.
- Manuri, S., Putra, C.A.S., Saputra, A.D. 2011. Teknik pendugaan cadangan karbon hutan. Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation–GIZ. Palembang.
- Martuti, N.K.T. 2013. Peranan tanaman terhadap pencemaran udara di Jalan Protokol Kota Semarang. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 5(1).
- Nurhidayati, S. 2017. Data Potensi Dan Kerusakan Pesisir Kota Semarang. Tersedia di <http://mangrovemagz.com/2017/03/14/data-potensi-dan-kerusakan-pesisir-kota-semarang/>. [diakses tanggal 13 Februari 2019].
- Rifandi, R.A., Muhammad, F. 2017. Strategi Pengelolaan Kawasan Hutan Mangrove Untuk Aktivitas Ekowisata Di Kelurahan Trimulyo Kecamatan Genuk Kota Semarang (*Doctoral dissertation*).
- Sari, D.M. 2021. Estimasi Karbon Tersimpan di Hutan Mangrove Desa Sriminosari Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur. Skripsi. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Simpson, W.T. 1996 *Method to estimate dry-kiln schedules and species groupings: tropical and temperate hardwoods*. RPL-RP-548. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, USA.
- Siregar, C.A, Dharmawan, I.W.S. 2009. Biomassa Karbon Pada Hutan Tanaman Mangrove. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- 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.