



Estimasi Stok Karbon Mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang

Muhammad Afif Hakim[✉], Nana Kariada Tri Martuti, Andin Irsadi

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Diterima: 1 Januari 2016

Disetujui: 1 Februari 2016

Dipublikasikan: 1 Agustus 2016

Keywords:

*carbon stock; mangrove
;Tapak hamlet*

Abstrak

Peningkatan gas-gas efek rumah kaca sebagai hasil berbagai aktivitas manusia dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global. Salah satu dampak dari pemanasan global yaitu perubahan iklim. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak tersebut adalah meningkatkan peran mangrove sebagai penyerap karbon. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kandungan stok karbon pada tegakan mangrove dan C-organik pada sedimen mangrove. Metode sampling yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *purposive sampling* untuk menentukan enam stasiun penelitian, sampel diambil sekali tanpa pengulangan. Analisis C-organik menggunakan metode Spektrofotometri. Hasil penelitian menunjukkan mangrove di Dukuh Tapak memiliki kandungan biomassa sebesar sebesar 1507,91 ton/ha, stok karbon sebesar 708,2 ton C/ha, dan mampu menyerap CO₂ sebesar 2598,65 ton/ha. Pola hubungan antara kerapatan dengan biomassa, biomassa dengan stok karbon, dan stok karbon dengan serapan CO₂ menunjukkan adanya tiga macam persamaan yang memiliki nilai korelasi (R) yang positif yaitu sebesar 0,67, 1,00, dan 1,00. Jenis sedimen pada penelitian ini yaitu lumpur berpasir dengan rata-rata C-organik sedimen mangrove sebesar 4,4 %. Simpulan dari penelitian ini adalah kandungan stok karbon mangrove di Dukuh Tapak lebih tinggi dari penelitian stok karbon di pulau Kemujan TN. Karimunjawa dan kandungan C-organik sedimen mangrove di Dukuh Tapak termasuk dalam kriteria tinggi.

Abstract

The enhancement of gases greenhouse effects as a result of human activities contribute to global warming. One of the effects of global warming is the climate change. One of the efforts which should be made to reduce these impacts is improve the role of mangroves as carbon sinks. The purpose of this study is to determine the content of carbon stock in mangrove stands and C-organic in mangrove sediments. The sampling method used in this research was purposive sampling method, in order to determine the six research stations, samples were taken once without repetition. C-organic analysis using spectrophotometry method. The results showed that mangrove in Tapak hamlet has a biomass content of at 1507.91 tons/ha, the carbon stock of 708.2 tons C/ha and capable of absorbing CO₂ of 2598.65 tons/ha. The pattern of the relationship between the density of the biomass, the biomass carbon stock and carbon stock with CO₂ uptake showed three kinds of equations that has a value of correlation (R) were positive in the amount of 0.67, 1.00, and 1.00, respectively. The sediment type in this study is sandy mud with an average C-organic mangrove sediments of 4.4 %. The conclusion of this research is the content of carbon stocks in Tapak hamlet mangrove is igher than the carbon stock research on the Kemujan island TN. Karimunjawa and the content of C-organic mangrove sediments in Tapak hamlet is in the high criteria.

© 2016 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:
Gedung D6 Lt.1 Jl Raya Sekaran Gunugpati, Semarang
E-mail: afihakimm09@gmail.com

p-ISSN 2252-6277
e-ISSN 2528-5009

PENDAHULUAN

Peningkatan gas-gas efek rumah kaca sebagai hasil berbagai aktivitas manusia dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global yang menjadi salah satu isu di dunia saat ini (Efendi *et al.* 2012). Dampak dari pemanasan global adalah perubahan iklim yang mengakibatkan mencairnya gunung-gunung es di daerah kutub yang dapat menimbulkan naiknya permukaan air laut (Suarsana & Wahyuni 2011). Peningkatan permukaan air laut ini merupakan ancaman serius bagi ekosistem pesisir salah satunya ekosistem mangrove.

Ekosistem mangrove sangat efektif mengurangi konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) di alam melalui proses fotosintesis dan hasilnya disimpan dalam bentuk biomassa (Windardi, 2014). Menurut Rachmawati *et al.* (2014), nilai karbon yang terkandung pada vegetasi mangrove merupakan potensi dari mangrove dalam menyimpan karbon (stok karbon) dalam bentuk biomassa. Perhitungan stok karbon dalam suatu ekosistem mangrove dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan ekosistem mangrove tersebut dalam menyerap gas-gas yang menyebabkan pemanasan global. Adanya upaya yang dilakukan untuk mengendalikan konsentrasi karbon di atmosfer, maka dapat digunakan untuk mengurangi jumlah CO_2 di atmosfer (Chanan 2012).

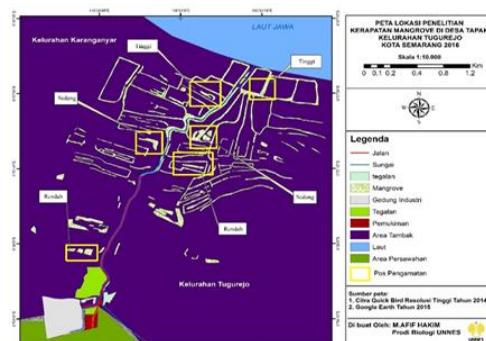
Masalah abrasi yang terjadi di pesisir utara Kota Semarang tercatat semakin meningkat. Salah satu daerah pesisir yang mengalami abrasi cukup parah yaitu Kecamatan Tugu. Wilayah Kecamatan Tugu mengalami abrasi sampai 1.211,20 ha dan mengalami kemunduran garis pantai hingga 1,7 kilometer (Saputri 2013). Hal tersebut terjadi disebabkan beberapa faktor seperti alih fungsi lahan mangrove yang berfungsi sebagai penahan ombak menjadi lahan tambak oleh warga pesisir kota Semarang. Alih fungsi lahan tersebut dapat menyebabkan berkurangnya fungsi mangrove sebagai penyerap karbon di udara.

Salah satu wilayah pesisir kota Semarang yang masih bagus kondisi mangrovenya adalah wilayah Tapak. Luas mangrove di kawasan Tapak mencapai $\pm 15,05$ Ha dan menurut data inventarisasi beberapa spesies mangrove yang mendominasi di kawasan Tapak adalah *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* (Martuti 2013). Adanya mangrove di kawasan Tapak ini, memiliki beberapa potensi di antaranya untuk kegiatan eco-eduwisata mangrove dan beberapa kegiatan pelestarian lingkungan pesisir (Ermiliansa *et al.* 2014).

Penelitian mengenai estimasi stok karbon mangrove penting dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kawasan mangrove Tapak mampu menyerap karbon dari udara. Hasil penelitian ini dapat menunjang kegiatan pengelolaan kawasan konservasi secara berkelanjutan dan lestari dalam kaitannya dengan pengurangan dampak pemanasan global.

METODE

Penelitian dilakukan di kawasan mangrove Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang. Waktu pengambilan data di bulan April-Mei 2016. Analisis persentase karbon organik yang terdapat pada sedimen ekosistem mangrove dilakukan di Laboratorium Tanah Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Tengah.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei, yaitu pengamatan dan pengambilan sampel langsung di lapangan. Penentuan stasiun dilakukan secara *purposive*, yaitu menentukan lokasi penelitian secara sengaja dengan mempertimbangkan serta memperhatikan kondisi daerah penelitian di sekitarnya (Fachrul 2007). Prosedur dalam pengukuran biomassa pohon dilakukan dengan cara *non destructive test* (NDT) dengan catatan jenis tanaman yang diukur sudah diketahui rumus alometriknya. Dalam hal ini prosedur untuk pengukuran biomassa di atas permukaan tanah menggunakan prosedur menurut Lugina *et al.* (2011). Analisis pendugaan biomassa vegetasi mangrove di atas permukaan tanah menggunakan persamaan alometrik berdasarkan spesies tanaman menurut Krisnawati *et al.* (2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Biomassa, Stok Karbon, Serapan CO₂ Vegetasi Mangrove di Dukuh Tapak. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan perbandingan total nilai biomassa, stok karbon, dan penyerapan CO₂ vegetasi mangrove di Dukuh Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kota Semarang (Tabel 1).

Tabel 1. Kandungan biomassa, stok karbon, dan serapan CO₂ di Dukuh Tapak

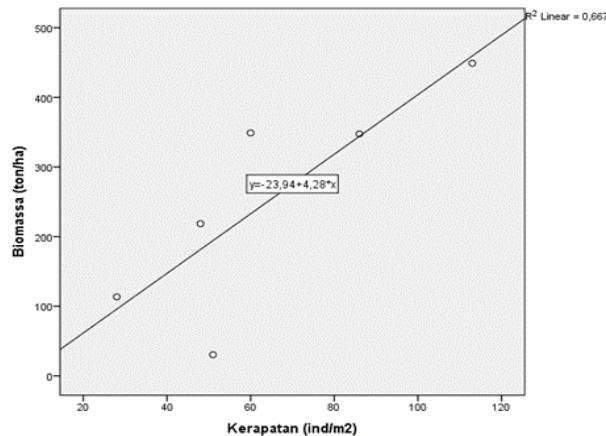
Stasiun	Spesies mangrove	Jumlah Spesies	Biomassa tegakan (ton/ha)	Stok karbon (ton C/ha)	CO ₂ - Ekuivalen (ton/ha)
I	AM	113	449,00	211,03	773,78
II	RM	46	289,44	136,04	498,8
	AM	14	59,51	27,97	102,56
	Σ	60	348,95	164,01	601,36
III	AM	28	113,43	53,31	195,48
IV	RM	64	247,48	116,32	426,49
	RS	13	57,05	26,81	98,32
	AM	9	43,02	20,22	74,14
	Σ	86	347,55	163,35	598,95
V	AM	48	218,58	102,73	376,69
VI	AM	51	30,40	14,29	52,39
Jumlah		386	1507,91	708,20	2598,65

Keterangan: AM: *A. marina*, RM: *R. mucronata*, RS: *R. stylosa*

Hasil penelitian menunjukkan kandungan biomassa, stok karbon, dan penyerapan CO₂ pada vegetasi mangrove di Dukuh Tapak, terbesar berturut-turut terdapat pada stasiun I, II, IV, V, III, VI. Simpanan karbon yang didapat dengan luas area penelitian pada masing-masing stasiun sebesar 314 m² dikonversikan menjadi simpanan karbon per hektar sehingga didapatkan hasil kandungan biomassa mangrove pada lokasi penelitian sebesar 1507,91 ton/ha, stok karbon sebesar 708,2 ton C/ha, dan mampu menyerap CO₂ sebesar 2598,65 ton/ha.

Potensi biomassa mangrove di Dukuh Tapak pada setiap stasiun berbeda-beda. Stasiun I memiliki potensi biomassa tertinggi daripada stasiun lainnya (449 ton/ha) sedangkan stasiun IV memiliki potensi biomassa terendah (30,4 ton/ha). Hal ini diduga disebabkan stasiun I terletak di dekat muara, memiliki kerapatan yang tinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya, dan umur tegakan lebih tua. Berdasarkan hasil analisis korelasi, pola hubungan antara kerapatan mangrove dengan kandungan biomassa mangrove memiliki nilai korelasi (R) sebesar 0,67 (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa kerapatan mangrove mempunya korelasi yang positif terhadap kandungan biomassa. Dengan kata lain kerapatan mangrove berbanding lurus terhadap kandungan biomassa mangrove dimana semakin tinggi kerapatan mangrove maka akan semakin tinggi pula kandungan biomassanya.

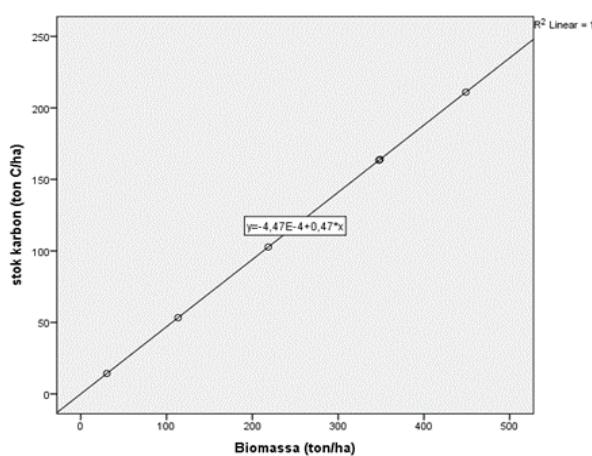
Biomassa tanaman adalah hasil dari proses pertumbuhan tanaman selama periode tertentu dan pada satuan luas tertentu, jadi biomassa suatu jenis tanaman dipengaruhi oleh pertumbuhan jenis tanaman tersebut (Fajri & Dewi 2010). Menurut Syam'ani *et al.* (2012), biomassa bertambah karena tumbuhan menyerap CO₂ di atmosfer dan mengubahnya menjadi senyawa organik dari proses fotosintesis, hasil fotosintesis digunakan oleh tumbuhan untuk melakukan pertumbuhan ke arah horisontal dan vertikal ditandai dengan bertambahnya diameter dan tinggi. Melalui proses fotosintesis, CO₂ diserap oleh tumbuhan dengan bantuan sinar matahari kemudian diubah menjadi karbohidrat untuk selanjutnya didistribusikan ke seluruh tubuh tanaman dan ditimbun dalam bentuk daun, batang, cabang, buah, dan bunga (Hairiah *et al.* 2011).



Gambar 2. Grafik hubungan antara kerapatan dengan kandungan biomassa

Chanan (2012) menyatakan, setiap penambahan kandungan biomassa akan diikuti oleh penambahan kandungan stok karbon, hal ini menjelaskan bahwa karbon dan biomassa memiliki hubungan yang positif sehingga apapun yang menyebabkan peningkatan ataupun penurunan biomassa maka akan menyebabkan peningkatan atau penurunan kandungan stok karbon. Jumlah biomassa yang tinggi pada Stasiun I akan diikuti dengan kandungan stok karbon mangrove yang tinggi pada stasiun tersebut, begitu pula sebaliknya jumlah biomassa yang rendah pada Stasiun VI akan diikuti dengan rendahnya kandungan stok karbon mangrove pada stasiun tersebut.

Hal ini sejalan dengan Ermiliansa *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa persentase stok karbon meningkat seiring dengan peningkatan biomassa. Pola hubungan antara biomassa dengan stok karbon memiliki nilai korelasi (R) positif maksimal yaitu sebesar 1,0 (Gambar 3).

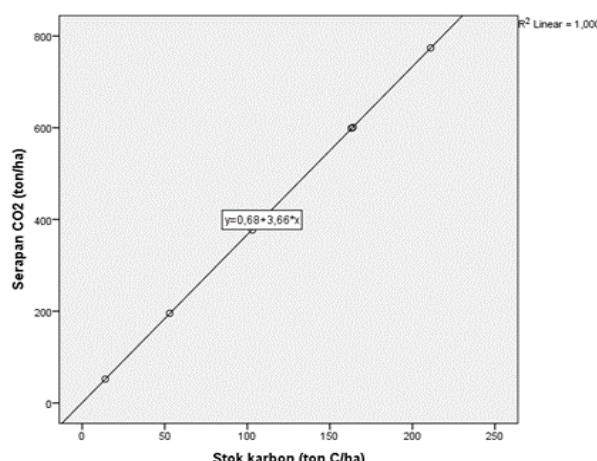


Gambar 3. Grafik hubungan antara biomassa dengan stok karbonDari gambar di atas dapat

Dari gambar di atas dapat dijelaskan bahwa biomassa tegakan mangrove mempunya korelasi yang positif terhadap kandungan stok karbon. Dengan kata lain jumlah biomassa berbanding lurus terhadap kandungan stok karbon mangrove dimana semakin besar biomassa maka akan besar pula cadangan karbon mangrove-nya. Menurut Aminudin (2008), batang merupakan kayu yang 50% tersusun oleh selulosa. Selulosa merupakan komponen utama dinding kokoh yang menyelubungi sel tumbuhan dan terdiri dari molekul gula linear yang berantai panjang yang tersusun oleh karbon (Campbell *et al.* 2008), sehingga makin tinggi selulosa maka kandungan karbon akan makin tinggi. Semakin besar diameter pohon diduga memiliki potensi selulosa dan zat penyusun kayu lainnya akan lebih besar. Tingginya karbon pada bagian batang erat kaitannya dengan lebih tingginya biomassa bagian batang jika dibandingkan dengan bagian pohon lainnya. Faktor ini menyebabkan pada kelas diameter yang lebih besar kandungan karbonnya lebih besar.

Proses penimbunan C dalam tubuh tanaman hidup dinamakan proses sekuestrasi (C-sequestration). Jumlah stok karbon pada tubuh tanaman hidup (biomassa) pada suatu lahan dapat menggambarkan banyaknya CO₂ di atmosfer yang diserap oleh tanaman. Penyerapan CO₂ memiliki hubungan dengan stok karbon (Heriyanto & Subiandono 2012). Hal tersebut bisa dilihat pada Tabel 1, kemampuan mangrove dalam menyerap CO₂ berbanding lurus dengan jumlah stok karbon yang terkandung pada vegetasi tersebut. Kemampuan vegetasi mangrove dalam menyerap CO₂ tertinggi pada stasiun I yaitu sebesar 773,78 ton/ha, sedangkan pada stasiun VI memiliki kemampuan terendah yaitu sebesar 52,39 ton/ha.

Vegetasi mangrove pada stasiun I memiliki kemampuan menyerap CO₂ tertinggi karena pada area tersebut memiliki kerapatan vegetasi mangrove yang tinggi dan didukung dengan banyaknya mangrove yang memiliki diameter batang yang besar, sedangkan pada stasiun VI kerapatan vegetasi mangrove yang rendah dan memiliki diameter batang yang kecil. Menurut penelitian yang dilakukan Huy & Anh (2008), total akumulasi CO₂ pada batang tumbuhan sebesar 62%, ranting sebesar 26%, kulit sebesar 10%, dan daun sebesar 2%. Serapan CO₂ memiliki hubungan yang positif antara jumlah total biomassa dengan kandungan karbon biomassa. Berdasarkan hasil analisis korelasi, pola hubungan antara kandungan stok karbon dengan serapan CO₂ memiliki nilai korelasi (R) positif maksimal yaitu sebesar 1,0 (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik hubungan antara stok karbon dengan serapan CO₂

Dari Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa kandungan stok karbon pada suatu tegakan mangrove memiliki korelasi positif dengan serapan CO₂. Dengan demikian dapat diartikan bahwa serapan CO₂ akan besar apabila total stok besar. Begitu pula sebaliknya serapan gas karbondioksida CO₂ akan kecil apabila kandungan stok karbon kecil. Selain pengukuran kandungan biomassa, stok karbon, dan serapan CO₂ dilakukan juga pengukuran parameter lingkungan di lokasi penelitian. Kandungan Karbon Organik Sedimen Mangrove di Dukuh Tapak

Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan data karbon organik pada sedimen mangrove di Dukuh Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kota Semarang seperti yang tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan C-organik sedimen mangrove di Dukuh Tapak

Stasiun	C-organik (%)
I	4,64
II	4,5
III	4,1
IV	4,45
V	5,78
VI	2,95
Rata-rata	4,4

Hasil penelitian kandungan C-organik pada substrat mangrove di Dukuh Tapak menunjukkan rata-rata hasil yang tinggi, stasiun V masuk dalam kriteria sangat tinggi, stasiun I-IV masuk dalam kriteria tinggi, dan stasiun VI masuk dalam kriteria sedang. Semua jenis sedimen pada lokasi penelitian berupa lumpur berpasir. Kandungan C-organik pada sedimen mangrove di Dukuh Tapak menunjukkan rata-rata hasil yang tinggi, yaitu dengan nilai rata-rata C-organik pada setiap stasiun berkisar antara 2,95%-5,78%. Persentase kadar C-organik sedimen mangrove di Dukuh Tapak memiliki pola fluktuatif naik turun (Tabel 3). Widiatmaka (2013) menyatakan bahwa kadar organik pada tanah termasuk sedimen sangat sensitif terhadap sejumlah faktor, di antaranya adalah iklim, topografi, tanah dan pengelolaan tanaman, serta kondisi antropogenik lainnya. Tingginya kandungan C-organik pada penelitian ini dikarenakan jenis sedimen area tersebut yang berupa lumpur berpasir. Lumpur merupakan hasil dari proses percampuran pertikel debu, liat, dan pasir pada proses sedimentasi. Sedimentasi pada ekosistem mangrove adalah hasil dari padatan tersuspensi yang masuk ke area pesisir melalui muara sungai, pengeringan material, dan resuspensi sedimen oleh gelombang (Lestari 2016).

Kondisi pasang air laut pada saat penelitian mempengaruhi sedimen yang terbawa arus. Saat kondisi pasang intrusi air laut akan membawa partikel debu ke daerah belakang mangrove dan ketika surut maka berbagai partikel tersebut akan tertarik kembali bersama dengan air laut yang tertarik ke laut, partikel pasir akan terlebih dahulu mengendap karena ukurannya jauh lebih besar (Indah *et al.* 2009). Sedimen lumpur memiliki kandungan bahan organik lebih tinggi dari pada sedimen pasir. Bahan organik yang tinggi pada sedimen lumpur berasal dari unsur-unsur hara yang berasal dari sungai dan hasil pembusukan kotoran-kotoran burung, dan hewan-hewan lainnya, baik yang hidup di bagian atas maupun di perairan (Kordi 2012).

Sedimen pasir sedikit mengandung bahan organik dikarenakan memiliki struktur butiran yang lebih besar dari jenis sedimen lumpur, kerapatannya rendah permeabilitas yang tinggi dan mudah mengalami pencucian, sehingga sulit untuk menyimpan bahan organik yang terlarut (Yuwono 2009). Permeabilitas menunjukkan kemampuan tanah dalam meloloskan air tekstur dan struktur serta bahan organik lainnya ikut ambil bagian dalam menentukan permeabilitas (Munandar 2013). Hal ini sejalan dengan pendapat Rajiman *et al.* (2008), pasir memiliki aerasi yang baik dan mudah diolah, tetapi tingkat kesuburnya rendah. Tanah pasir memiliki kandungan bahan organik dan kalsium yang sangat rendah yaitu 0,75% dan 0,34 cmol/kg.

Stasiun V memiliki kandungan C-organik tertinggi dari pada stasiun lainnya, yaitu sebesar 5,78%. Pada stasiun ini, karbon organik lebih banyak dipengaruhi oleh kerapatan mangrove dan kepadatan akar. Menurut Lestari (2016), akar *A. marina* pada stasiun V memainkan peran yang cukup besar dalam memasok sejumlah karbon organik sedimen. Kepadatan *A. marina* yang sangat rapat memungkinkan terjadinya pelepasan sejumlah senyawa organik yang berasal dari akar yang selanjutnya mempengaruhi proporsi kadar karbon organik di dalam sedimen. Hal menarik pada lokasi penelitian adalah kandungan C-organik pada stasiun V lebih tinggi dari stasiun IV. Jika dilihat dari kerapatannya stasiun V memiliki kerapatan yang lebih rendah dari stasiun IV. Penyebab kondisi tersebut belum dapat dijelaskan secara lebih rinci. Namun, kemungkinan besar berkaitan dengan kondisi sedimen di masa lalu.

Sedimen yang berada di stasiun IV sudah mengalami beberapa kali proses pencucian akibat pasang surut air laut karena letak stasiun ini berbatasan laut. Selain itu, pada lapisan sedimen yang lebih dalam telah terjadi interaksi mineral sehingga komposisi kimiawinya sangat dipengaruhi oleh proses pedologi (Siringoringo 2015). Kandungan C-organik terendah pada lokasi penelitian berada pada stasiun VI, yaitu

sebesar 2,95%. Kondisi vegetasi pada stasiun VI memiliki kerapatan mangrove terendah dan masih dalam tahap semai dan pancang, maka serasah yang gugur di atas permukaan sedimen masih dalam jumlah yang relatif sedikit.

Menurut Mutiara (2016), penyimpanan karbon suatu lahan menjadi lebih besar bila kondisi kesuburan substrat mangrovenya baik atau dengan kata lain jumlah karbon tersimpan di atas substrat mangrove (biomassa tanaman) ditentukan oleh besarnya jumlah karbon tersimpan di dalam substrat mangrove (bahan organik tanah). Menurut Kordi (2012), kandungan C-organik pada suatu ekosistem mangrove dapat menggambarkan tingkat kesuburan atau produktivitas ekosistem tersebut. Hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang paling produktif, yang mampu menghasilkan serasah daun dan ranting sekitar 9 ton/ha/tahun. Serasah yang gugur merupakan asupan bahan organik yang penting dalam rantai makanan di dalam lingkungan perairan. Total produksi daun tersebut hanya sekitar 2% saja yang masuk dalam rantai makanan, sedangkan 98% masuk ke lingkungan perairan yang akan mengalami proses dekomposisi untuk menghasilkan bahan-bahan organik yang dapat menyuburkan ekosistem tersebut (Supriharyono 2007).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa kandungan stok karbon mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang sebesar 708,71 ton C/Ha sedangkan sedimen mangrove di Dukuh Tapak Kelurahan Tugurejo Kota Semarang memiliki kandungan C-organik yang tinggi yaitu sebesar 4,4 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminudin S. 2008. Kajian Potensi Cadangan Karbon pada Pengusahaan Hutan Rakyat (Studi Kasus: Hutan rakyat Desa Dengok, Kecamatan Playen, Kabupaten Gunungkidul). *Tesis*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Campbell NA, Reece JB, Urry LA, Cain ML, Wasserman SA, Minorsky PV. 2008. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 3 Terjemahan: D.T. Wulandari*. Jakarta: Erlangga.
- Chanan M. 2012. Pendugaan cadangan karbon (C) tersimpan di atas permukaan tanah pada vegetasi hutan tanaman jati (*Tectona grandis* Linn.F) (di RPH Sengguruuh BKPH Sengguruuh KPH Malang Perum Perhutani II Jawa Timur). *J Gamma* 7(2): 61-73.
- Efendi M, Sunoko HR & Sulistya W. 2012. Kajian kerentanan masyarakat terhadap perubahan iklim berbasis daerah aliran sungai (Studi kasus sub DAS Garang Hulu). *J Ilmu Lingkungan* 10(1): 8-18.
- Ermiliansa D, Samekto A & Purnaweni H. 2014. Peran PRENJAK dalam mewujudkan konservasi berbasis eco-eduwisata mangrove di Dukuh Tapak Tugurejo Kota Semarang. *J Ekosains* 6(1): 62-67.
- Fachrul MF. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Hairiah K, Ekadinata A, Sari RR & Rahayu S. 2011. *Pengukuran Cadangan Karbon dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan*. Bogor: World Agroforestry Centre ICRAF Southeast Asia Regional Office.
- Heriyanto NM & Subiandono E. 2012. Komposisi dan struktur tegakan, biomasa, dan potensi kandungan karbon hutan mangrove di Taman Nasional Alas Purwo. *J Penelitian dan Konservasi Alam* 9(1): 23-32.
- Huy B & Anh TA. 2008. Estimating CO₂ sequestration in natural broad-leaved evergreen forest in Vietnam, *Asia-Pacific Agroforestry newsletter*, 7-10. Intergovernmental Panel on climate Change (1996). Revise Guidelines for GHG Inventory, Land Use and Forestry, sector, IPCC, London.
- Kordi MGH. 2012. *Ekosistem Mangrove: Potensi, fungsi, dan pengelolaan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Krisnawati H, Adinugroho WA & Imanuddin R. 2012. *Monografi Model-Model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa Pohon pada Berbagai Tipe Ekosistem Hutan di Indonesia*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan-Kementerian Kehutanan.
- Lestari TA. 2016. *Pendugaan Simpanan Karbon Organik Ekosistem Magrove di Areal Perangkap Sedimen-Pesisir Cagar alam Pulau Dua Banten*. *Tesis*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Lugina M, Ginoga KL, Wibowo A, Bainnura A & Partiani T. 2011. *Prosedur Operasi Standar (SOP) untuk Pengukuran Stok Karbon di Kawasan Konservasi*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Kementerian Kehutanan, Republik Indonesia
- Martuti NKT. 2013. Keanekaragaman mangrove di wilayah Tapak, Tugurejo, Semarang. *J MIPA* 36(2): 123-130.

- Munandar A. 2013. *Sifat Fisik Tanah pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di Sub Das Olonjongen Kecamatan Parigi Selatan Kabupaten Parigi Moutong*. Skripsi. Palu: Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako.
- Mutiara MT. 2016. Biomassa dan Serapan Karbon (*Carbon Sequestration*) pada Tegakan, Nekromassa, dan Substrat Mangrove di Buluksetra Pangandaran. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rachmawati D, Setyobudiandi I & Hilmi E. 2014. Potensi estimasi karbon tersimpan pada vegetasi mangrove di wilayah pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. *J Omni-akuatika* 14(19): 89-91.
- Rajiman, Yudono P, Sulistyaningsih E & Hanudin E. 2008. Pengaruh pembenahan tanah terhadap sifat fisika tanah dan hasil bawang merah pada lahan Pasir Bugel Kabupaten Kulon Progo. *J Agrin* 12(1): 67-77.
- Saputri DS. 2013. Kecamatan Tugu alami abrasi terparah. *On line at <http://nasional.republika.co.id/berita/nasional/jawa-tengah-diy-nasional/13/05/13/mmqpne-kecamatan-tugu-alami-abrasi-terparah>* [diakses 10 Agustus 2016].
- Siringoringo HH. 2013. Potensi sekuestrasi karbon organik tanah pada pembangunan hutan tanaman *Acacia mangium* Wild. *J Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 2(10): 193-213.
- Suarsana M & WahyuniPS. 2011. *Global warming*: ancaman nyata sektor pertanian dan upaya mengatasi kadar CO₂ atmosfer. *J Sains dan Teknologi* 11(1): 31-46.
- Supriharyono. 2007. Konservasi Ekosistem Sumber Daya Hayati di Wilayah Pesisir dan Laut Tropis. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Syam'ani, Agustina A, Susilawati & Yusanto N. 2012. Cadangan karbon di atas permukaan tanah pada berbagai sistem penutupan lahan di sub-sub DAS Amandit. *J Hutan Tropis* 13(2): 152-153.
- Widiyatmaka. 2013. Urgensi penjagaan karbon dalam tanah dalam rangka mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Dalam: *Prosiding International Seminar of Adaptation and Mitigation on Climate Change*. Organizing commitee Education of Geography Department PGRI Sumbar. Padang, 11 Maret 2016. 249-255.
- Windardi AC. 2014. *Struktur Komunitas Hutan Mangrove, Estimasi Karbon Tersimpan dan Perilaku Masyarakat Sekitar Kawasan Segara Anakan Cilacap*. Tesis. Purwokerto: Universitas Jenderal Soedirman.
- Yuwono NW. 2009. Membangun kesuburan tanah di lahan marginal. *J Ilmu Tanah dan Lingkungan* 9(2): 137-141.