

Estimasi Kandungan Biomassa dan Karbon di Hutan Mangrove Perancak Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali

Suryono*, Nirwani Soenardjo, Edi Wibowo, Raden Ario, Edi Fahrur Rozy

*Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, 50275*

Email: suryono1960@gmail.com

Abstrak

Ekosistem mangrove memiliki fungsi ekologis sebagai penyerap dan penyimpan karbon. Mangrove menyerap CO₂ pada saat proses fotosintesis, kemudian mengubahnya menjadi karbohidrat dengan menyimpannya dalam bentuk biomassa pada akar, pohon, serta daun. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui total *above ground biomass*, *belowground biomass*, simpanan karbon atas, simpanan karbon bawah, dan karbon organik pada sedimen dasar di Hutan Mangrove Perancak, Jembrana, Bali. Sampling dilakukan dengan metode *purposive sampling* dengan dasar pertimbangan berupa jenis, kerapatan serta diameter pohon mangrove. Estimasi biomassa digunakan metode tanpa pemanenan dengan mengukur *diameter at breast height* (DBH, 1.3 m) mangrove. Simpanan karbon diestimasi dari 46% biomassa. Kandungan karbon organik pada sedimen diukur dengan menggunakan metode *lost on ignition* (LOI). Hasil penelitian menunjukkan total *above ground biomass* sebesar 187,21 ton/ha, *below ground biomass* sebesar 125,43 ton/ha, simpanan karbon atas sebesar 86,11 ton/ha, simpanan karbon bawah sebesar 57,69 ton/ha, sedangkan karbon organik sedimen sebesar 359,24 ton/ha.

Kata kunci: Mangrove, Biomassa, Karbon, Bali

Abstract

Estimation of Biomass Content And Carbon In Perancak Mangrove Forest Jembrana Regency of Bali Province

The mangrove ecosystem has ecological functions as an absorber and carbon storage. Mangrove absorbs CO₂ during the process of photosynthesis, then changes it into carbohydrates by storing it in the form of tree biomass. The aim of this research is to know the total of above ground biomass, below ground biomass, upper carbon storage, lower carbon storage, and sediment organic carbon in Perancak Mangrove Forest, Jembrana, Bali. The selection of sampling location using purposive sampling method with consideration of type, density and diameter of mangrove. The estimation of biomass using the method without harvesting by measuring diameter at breast height (DBH, 1.3 m) mangrove. Carbon deposits are estimated from 46% of biomass. The organic carbon content of sediment was measured using the lost on ignition (LOI) method. The results showed that the total of above ground biomass of 187.21 ton / ha, below ground biomass 125.43 ton / ha, upper carbon store of 86.11 ton / ha, lower carbon store of 57.69 ton / ha, and organic carbon sediment to 359.24 tons / ha.

Keywords: Mangrove, Biomass, Carbon, Bali

PENDAHULUAN

Hutan mangrove merupakan suatu kawasan yang berfungsi sebagai penghubung antara lautan dan daratan (Dharmawan dan Siregar, 2008). Ekosistem mangrove memiliki fungsi ekologis yang penting bagi wilayah pesisir, selain itu fungsi ekologis mangrove adalah sebagai penyerap dan penyimpan karbon dalam upaya mitigasi pemanasan global (Rachmawati *et al.*,

2014). Dharmawan dan Siregar (2008) menyatakan bahwa meningkatnya kandungan karbondioksida (CO₂) di atmosfer merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya perubahan iklim dunia. Pengurangan emisi CO₂ melalui berbagai vegetasi hutan sangat diperlukan. Keberadaan hutan mangrove di wilayah pesisir sangat diyakini sebagai salah satu upaya penurunan kandungan gas CO₂ dari atmosfer.

*Corresponding author
buloma.undip@gmail.com

<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/buloma>

Diterima/Received : 10-01-2018
Disetujui/Accepted : 15-02-2018

Mangrove merupakan salah satu parameter *blue carbon*, karena perannya dalam memanfaatkan CO₂ untuk fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa dan di dalam sedimen (Atiet *et al.*, 2014). Jumlah biomassa suatu kawasan diduga diperoleh dari pengukuran diameter, tinggi dan *wood density* dari setiap jenis mangrove (Rachmawati *et al.*, 2014). Menurut Kauffman *et al.* (2012) simpanan karbon di hutan mangrove lebih tinggi dibandingkan simpanan karbon pada tipe hutan lainnya, dimana simpanan karbon terbesar terdapat pada sedimen mangrove. Daun dan ranting pohon mangrove yang gugur didekomposisi oleh mikroorganisme, dan menjadi salah satu sumber bahan organik pada sedimen mangrove (Susiana, 2011).

Hutan mangrove di Perancak, Jembrana awalnya memiliki area yang sangat luas. Vegetasi mangrove di Perancak telah mengalami perubahan luasan, dimana sejak tahun 1980-an telah terjadi pengalihan fungsi menjadi lahan tambak. Upaya rehabilitasi telah dilakukan sejak tahun 2001 dengan reboisasi (penanaman kembali). Lebih dari 390 ha merupakan lahan tambak, baik yang masih produktif maupun yang sudah tidak produktif, serta 178,6 ha merupakan ekosistem mangrove (Prameswari *et al.*, 2015; Rahmania *et al.*, 2015). Penelitian tentang estimasi kandungan biomassa dan karbon di hutan mangrove Perancak, Jembrana, Bali perlu dilakukan, sehingga diketahui kontribusi hutan mangrove dalam mereduksi emisi gas CO₂. Tujuan dari penelitian ini mengetahui penyuplai biomassa tertinggi di hutan mangrove Perancak, dan mengetahui total biomassa, simpanan karbon, dan karbon organik sedimen pada mangrove Perancak, Bali.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan mangrove Perancak, Bali. Materi pada penelitian ini adalah vegetasi mangrove, sedimen (bahan organik tanah), serta parameter lingkungan (*salinitas pore water*).

Penentuan lokasi pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling* dengan mempertimbangkan dominansi, kerapatan, dan diameter mangrove (Ariani *et al.*, 2016). Terdapat tiga lokasi pengambilan sampel dengan tiga plot di setiap lokasi.

Terdapat 9 titik pengambilan sampel, dengan jumlah plot sebanyak 9. Plot yang digunakan adalah plot berbentuk lingkaran dengan diameter 14 m, dengan jarak antar plot sejauh 5 m. Menurut Kauffman *et al.* (2012) ukuran plot

berdiameter 14 m ($r = 7$ m, $A = 153,9$ m) untuk mengukur pohon dengan ukuran diameter > 5 cm.

Estimasi biomassa pohon dilakukan dengan metode sampling tanpa pemanenan (*non-destructive*), dengan mengukur semua *diameter at breast height* (DBH, 1.3 m) mangrove, kemudian dilakukan perhitungan dengan model *allometrik* untuk menduga potensi biomassa dan simpanan karbonnya (Sutaryo, 2009). Sedangkan untuk mengestimasi karbon organik sedimen dilakukan dengan pengambilan sampel sedimen pada kedalaman 0-100 cm (Kauffman *et al.*, 2012).

Analisis Kerapatan dan Dominansi Relatif

Kerapatan menunjukkan nilai individu persatuan luas daerah (Ariani *et al.*, 2016). Nilai kerapatan dihitung dengan rumus (Rachmawati *et al.*, 2014).

Dominansi relatif merupakan persentase penutupan suatu jenis terhadap suatu areal mangrove. Dominansi dihitung dengan mengukur basal area dengan rumus (Atiet *et al.*, 2014; Ariani *et al.*, 2016).

Analisis Biomassa Mangrove

Penentuan biomassa mangrove menggunakan model *allometrik* untuk setiap jenisnya. Biomassa terbagi menjadi dua bagian, yaitu *aboveground biomass* dan *belowground biomass* (Rusolono *et al.* (2015). Model *allometrik* biomassa disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Analisis Simpanan Karbon

Hairiah dan Rahayu (2007) menyatakan stok karbon diestimasi dari biomasanya, dengan mengikuti aturan 46% biomassa adalah karbon. Sehingga estimasi jumlah karbon tersimpan yaitu dengan mengalikan 0,46 dengan biomassa.

Setelah penghitungan stok karbon dalam kilogram, stok karbon dikonversi menjadi satuan ton. Menurut Standar Nasional Indonesia (2011) konversi stok karbon menjadi satuan ton per hektar.

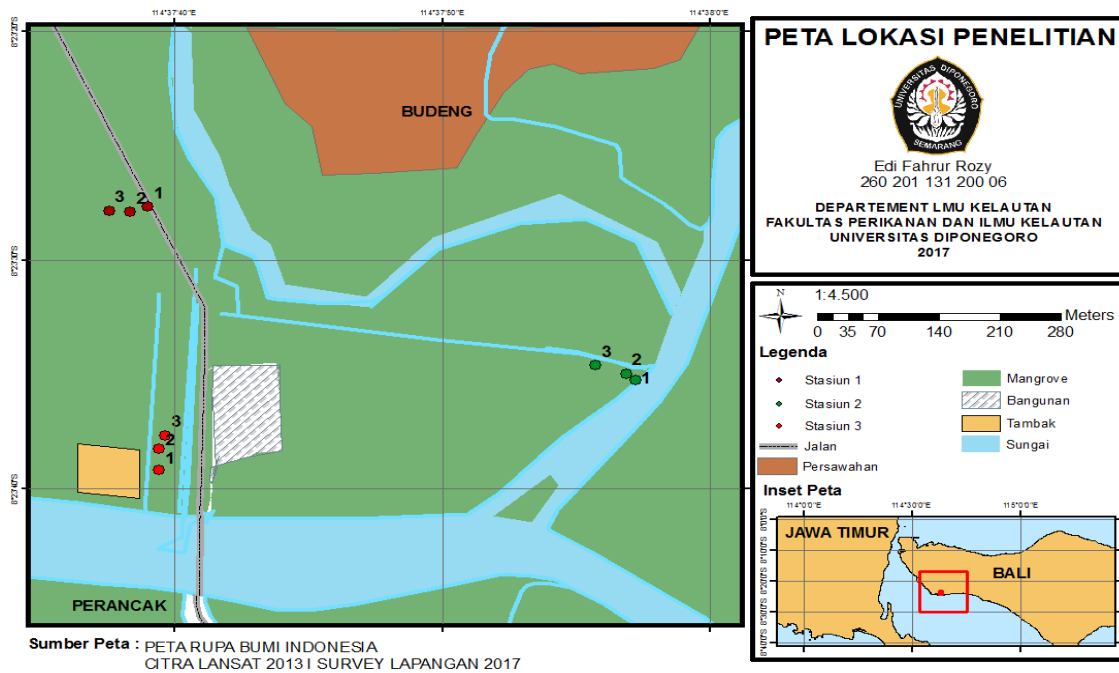
Analisis Karbon Organik Sedimen

Analisis kandungan karbon organik menggunakan metode *loss on ignition* (LOI). Metode LOI merupakan metode untuk mengukur kadar organik pada sedimen, dengan menimbang berat sampel yang hilang setelah pembakaran. Menurut Howard, *et al.* (2014) metode LOI dilakukan dengan mengeringkan sampel sedimen selama 48 jam dengan suhu 60°C untuk mendapatkan *bulk density*. Menurut Kauffman *et al.* (2012), Howard, J *et al.* (2014) estimasi karbon dicari dengan menggunakan rumus :

1. $Bulk\ density = \frac{massa\ berat\ kering\ (g)}{Volume\ sampel\ (cm^3)}$
2. $Soil\ C\ density\ (g\ cm^{-3}) = \% C \times bulk\ density$
3. $Soil\ C\ (Mg\ ha^{-1}) = Bulk\ density \times soil\ deep\ interval \times \%C$

Menurut Agus *et al.* (2011) kandungan karbonorganik sedimen (*soil organic carbon*

content, C_{org}) merupakan masa karbon untuk setiap satuan berat tanah. Apabila analisis hanya menghasilkan kandungan bahan organik (misalnya dengan metode LOI) maka kandungan C_{org} tanah diasumsikan 1/1,724 dari kandungan bahan organik tanah. Apabila jenis substrat mempunyai kandungan bahan organik 98% maka $C_{org} = 98\% / 1,724$.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Hutan Mangrove Perancak, Bali.

Tabel 1. Model allometrik above ground biomass Beberapa Jenis Mangrove

Jenis spesies	Model allometrik	Sumber
<i>Avicennia alba</i>	$B = 0,079211 * D^{2,470895}$	Tue <i>et al.</i> , 2014
<i>A. marina</i>	$B = 0,1848 * D^{2,3524}$	Dharmawan dan siregar, 2008
<i>Rhizophora apiculata</i>	$B = 0,043 * D^{2,63}$	Amira, 2008
<i>R. mucronata</i>	$B = 0,1466 * D^{2,3136}$	Dharmawan, 2013
<i>Sonneratia alba</i>	$B = 0,3841 \rho D^{2,101}$	Kauffman dan Cole, 2010
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	$B = \rho * 0,0754 * D^{2,505}$	Kuffman <i>et al.</i> , 2012
<i>Ceriops tagal</i>	$B = 0,251 * \rho * D^{2,46}$	Komiyama <i>et al.</i> , 2005
<i>Xylocarpus granatum</i>	$B = 0,1832 * D^{2,21}$	Tarlan, 2008

Keterangan: B = Biomassa (kg); D = Diameter at breast height (cm); ρ = wood density (gr/cm²)

Tabel 2. Model allometrik belowground biomass Beberapa Jenis Mangrove

Jenis spesies	Model allometrik	Sumber
<i>Avicennia marina</i>	$B = 1,28 * D^{1,17}$	Komiyama <i>et al.</i> , 2008
<i>Rhizophora apiculata</i>	$B = 0,00698 * D^{2,15}$	Ong <i>et al.</i> , 2004
<i>Xylocarpus granatum</i>	$B = 0,145 * D^{2,55}$	Komiyama <i>et al.</i> , 2008
Common equation	$B = 0,199 \rho^{0,899} D^{2,22}$	Komiyama <i>et al.</i> , 2005

Keterangan: B = Biomassa (kg); D = Diameter at breast height (cm); ρ = wood density (gr/cm²)

Setelah dilakukan penghitungan karbon tanah dalam gram per centimeter persegi. Menurut Lugina *et al.* (2011) selanjutnya dikonversikan menjadi satuan ton per hektar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Vegetasi mangrove di Hutan Mangrove Perancak sebagian besar adalah hutan hasil rehabilitasi bekas lahan tambak. Berdasarkan analisis vegetasi mangrove di Hutan Mangrove Perancak, beberapa jenis mangrove di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 3, 4, dan 5.

Berdasarkan hasil penelitian vegetasi di Hutan Mangrove Perancak, Lokasi I didominasi oleh spesies *Rhizophora* sp. dengan jumlah 90,48% dari total tegakan yang ada. Lokasi II didominasi oleh *Rhizophora* sp. dengan 57,97% dan *Avicennia* sp. 27,54%. Lokasi III didominasi oleh 59,82% *Rhizophora* sp. dan *Avicennia* sp. 31,05%. Vegetasi mangrove di Hutan Mangrove Perancak memiliki nilai kerapatan terendah yaitu 1494 ind/ha, dan tertinggi yaitu 2123 ind/ha. Nilai kerapatan mangrove yang ditemukan masuk dalam kategori baik. Hal ini sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup (2004), yang menyatakan tingkat kerapatan yang baik memiliki nilai kerapatan lebih dari 1500 ind/ha.

Secara umum komposisi vegetasi di kawasan Hutan Mangrove Perancak didominasi oleh jenis *Rhizophora* sp. Menurut Sulistiyowati (2009) mangrove jenis *Rhizophora* sp. memiliki kemampuan adaptasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis lainnya. Menurut Kolinug *et al.* (2014) *Rhizophora* sp. dapat tumbuh pada salinitas 32-34 ppt.

Biomassa dan massa karbon merupakan dua unsur penting yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Biomassa sebagian besar terdiri atas karbon. Penyusun utama dari biomassa adalah senyawa penyusun karbohidrat yang terdiri dari unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O) yang dihasilkan melalui proses fotosintesis tanaman. Hasil penghitungan total biomassa di atas permukaan tanah (*aboveground biomass*, AGB) dan biomassa di bawah permukaan (*belowground biomass*, BGB) dalam kg di setiap lokasi penelitian disajikan pada Gambar 2.

Lokasi I memiliki nilai biomassa tertinggi karena jenis mangrove yang tumbuh di lokasi I didominasi oleh jenis *Rhizophora* sp. Mangrove jenis *Rhizophora* sp. tumbuh di daerah belumpur dengan adaptasi akar yang berbentuk tunjang. Salah satu fungsi akar tunjang pada jenis mangrove ini adalah untuk menyerap udara pada kondisi miskin oksigen, semakin sedikit kandungan oksigen maka akan meningkatkan jumlah dan tinggi akar tunjang. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Heriyanto dan Subandono (2012) dan Rachmawati *et al.* (2014) nilai biomassa dari jenis *Rhizophora* sp. lebih besar dibandingkan jenis mangrove yang lain.

Lokasi III merupakan lokasi yang memiliki nilai biomassa terendah. Hal ini terjadi karena ukuran diameter (*diameter at breast height*, DBH) pada lokasi III merupakan yang terkecil dibandingkan dengan lokasi lainnya. Menurut Rachmawati *et al.* (2014) kandungan biomassa mangrove dipengaruhi oleh kerapatan, diameter, jenis, dan *wood density* mangrove.

Tabel 3. Nilai Jumlah Tegakan (Ni) dan Dominansi Relatif (DR) untuk Tiap Spesies di Lokasi Pertama

Plot	Spesies	Kisaran DBH (cm)	Ni	Kerapatan (ind/ha)	DR(%)
1	<i>Avicennia alba</i>	6,8 - 16,6	3	22	1,02
	<i>Avicennia marina</i>	6,3 - 19,2	6	43	2,04
	<i>Rhizophora mucronata</i>	1,9 - 11,8	124	895	42,18
2	<i>Avicennia alba</i>	3,5 - 21,5	3	22	1,02
	<i>Avicennia marina</i>	1,9 - 8,5	7	51	2,38
	<i>Rhizophora mucronata</i>	4,3 - 5,9	3	22	1,02
	<i>Rhizophora apiculata</i>	2,8 - 12,5	57	412	19,39
	<i>Xylocarpus granatum</i>	2,5	1	7	0,34
	<i>Ceriops tagal</i>	3,5 - 5,8	2	14	0,68
	<i>Sonneratia alba</i>	4,4 - 19,2	4	29	1,36
3	<i>Rhizophora mucronata</i>	3,2 - 7,6	3	22	1,02
	<i>Ceriops tagal</i>	4,8408	1	7	0,34
	<i>Rhizophora apiculata</i>	2,6 - 13,6	79	570	26,87
	<i>Sonneratia alba</i>	15,6051	1	7	0,34
Total Jumlah			294	2123	100

Tabel 4. Nilai Jumlah Tegakan (Ni), dan Dominansi Relatif (DR) untuk Tiap Spesies di Lokasi Kedua

Plot	Spesies	Kisaran DBH (cm)	Ni	Kerapatan (ind/ha)	DR (%)
1	<i>Avicennia marina</i>	2,8 - 12,4	10	72	4,83
	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	2,8 - 7,9	9	65	4,35
	<i>Ceriops tagal</i>	2,2 - 2,8	6	43	2,90
	<i>Rhizophora apiculata</i>	2,2 - 8,9	27	195	13,04
	<i>Sonneratia alba</i>	11,4 - 22,2	5	36	2,42
2	<i>Rhizophora mucronata</i>	2,3 - 6,5	87	628	42,03
	<i>Sonneratia alba</i>	7,5 - 22,6	10	72	4,83
3	<i>Rhizophora mucronata</i>	1,5 - 3,6	6	43	2,90
	<i>Avicennia alba</i>	2,1 - 21,8	47	339	22,71
Total Jumlah			207	1494	100

Tabel 5. Nilai Jumlah Tegakan (Ni), dan Dominansi Relatif (DR) untuk Tiap Spesies di Lokasi Ketiga

Plot	Spesies	Kisaran DBH (cm)	Ni	Kerapatan (ind/ha)	DR (%)
1	<i>Avicennia alba</i>	1,8 - 15,3	16	116	7,31
	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	1,9108	1	7	0,46
	<i>Ceriops tagal</i>	1,5924	1	7	0,46
	<i>Rhizophora mucronata</i>	1,9 - 7,3	82	592	37,44
	<i>Sonneratia alba</i>	7,3 - 18,6	3	22	1,37
2	<i>Avicennia alba</i>	2,7 - 14,4	40	289	18,26
	<i>Rhizophora mucronata</i>	2,5 - 7,2	8	58	3,65
3	<i>Avicennia alba</i>	2,6 - 17	11	79	5,02
	<i>Avicennia marina</i>	3,9	1	7	0,46
	<i>Rhizophora mucronata</i>	2,5 - 7,4	41	296	18,72
	<i>Sonneratia alba</i>	3,1 - 11,2	15	108	6,85
Total Jumlah			219	1581	100

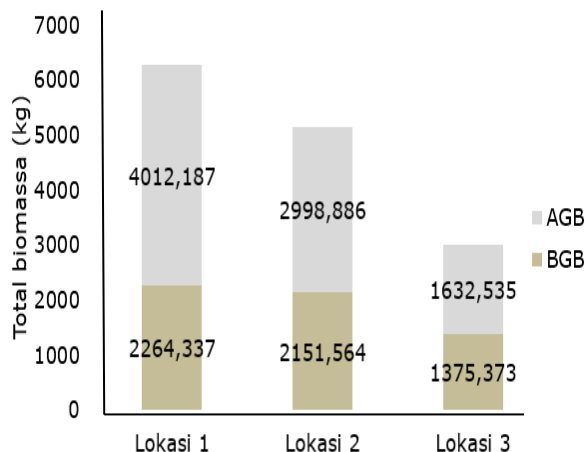
Simpanan karbon menggambarkan seberapa besar suatu pohon dalam menyimpan karbon. Besar kecilnya simpanan karbon dalam suatu vegetasi bergantung pada jumlah biomassa yang terkandung pada pohon, kesuburan tanah dan daya serap vegetasi tersebut (Atiet *al.*, 2014). Hasil perhitungan simpanan karbon mangrove Perancak disajikan pada Gambar 4. Hasil perhitungan biomassa dalam satuan ton per hektar di sajikan pada Gambar 3.

Sebanyak 46% dari biomassa suatu pohon adalah karbon (Hairiah dan Rahayu, 2007). Semakin tinggi nilai biomassa pada suatu tegakan maka akan semakin tinggi simpanan karbonnya. Menurut Heriyanto dan Subandono (2012) kandungan karbon pada tanaman menggambarkan berapa besar tanaman tersebut dapat mengikat CO₂ dari udara. Tumbuhan menyerap CO₂ dari udara kemudian mengkonversinya menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis yang digunakan untuk pertumbuhan. Tingginya kandungan karbon organik sedimen di suatu vegetasi disebabkan karena substrat menerima sumbangan karbon dalam bentuk

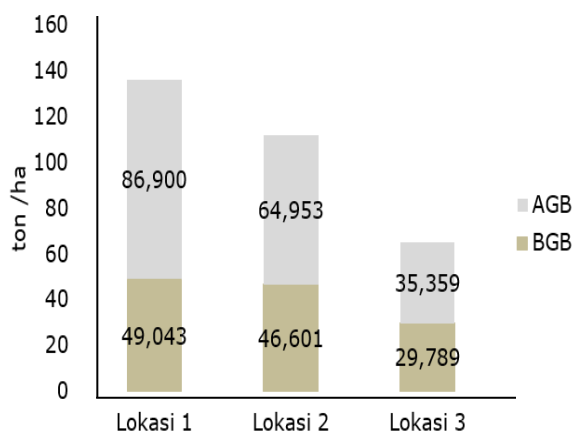
daun, ranting, buah dan bunga yang mati (serasah) (Brown, 1996). Hasil perhitungan kandungan karbon organik pada sedimen di Perancak disajikan pada Gambar 5.

Tingginya kandungan karbon organik sedimen pada Lokasi I diduga karena perbedaan usia mangrove, yang ditandai dengan besarnya ukuran diameter mangrove. Semakin lama usia mangrove maka semakin banyak bahan organik yang terurai. Selain itu, lokasi I didominasi oleh *Rhizophora sp.* dimana jenis ini tumbuh dengan baik pada substrat berlumpur. Atiet *al.* (2014) menyatakan sedimen yang banyak mengandung lumpur umumnya kaya bahan organik dibandingkan sedimen berpasir. Berdasarkan hasil penghitungan biomassa, simpanan karbon, dan karbon organik sedimen dengan satuan ton/ha di setiap lokasi penelitian, selengkapnya disajikan pada Tabel 6.

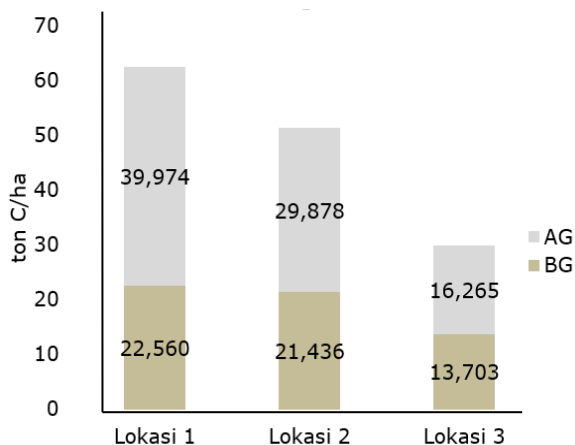
Hasil estimasi biomassa bawah, biomassa atas, karbon organik sedimen, simpanan karbon bawah, dan simpanan karbon atas di Hutan



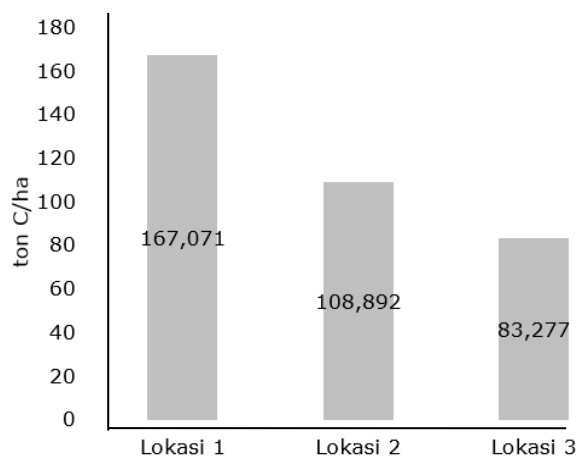
Gambar 2. Estimasi *Aboveground Biomass* (AGB), dan *Belowground Biomass* (BGB) dalam kg



Gambar 3. Estimasi *Aboveground Biomass* (AGB), dan *Belowground Biomass* (BGB) dalam ton/ha



Gambar 4. Estimasi Simpanan Karbon Atas (*Aboveground*, AG) dan Bawah (*Belowground*, BG) di Setiap Lokasi Penelitian



Gambar 5. Perbandingan Kandungan Karbon Organik pada Sedimen di Setiap Lokasi

Tabel 6. Jumlah *Belowground Biomass* (BGB), *Aboveground Biomass* (AGB), Karbon Organik Sedimen (C_{org}), Karbon di Bawah Permukaan (C_{bg}), Karbon di Atas Permukaan (C_{ag}) pada Tiap Lokasi Penelitian.

Lokasi	BGB (ton/ha)	AGB (ton/ha)	C_{org} (ton/ha)	C_{bg} (ton/ha)	C_{ag} (ton/ha)
1	49,043	86,900	167,071	22,560	39,974
2	46,601	64,953	108,892	21,436	29,878
3	29,789	35,359	83,277	13,703	16,265
Total	125,433	187,212	359,240	57,699	86,117

Mangrove Perancak yaitu 125,433 ton/ha, 187,212 ton/ha, 359,240 ton/ha, 57,699 ton/ha, dan 86,117 ton/ha. Hasil penelitian ini lebih kecil dibandingkan penelitian vegetasi mangrove oleh Cahyaningrum *et al.* (2014) di Karimunjawa dengan karbon atas sebesar 91,2 ton/ha. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan penelitian di daerah

Ciasem, Purwakarta dengan kandungan karbon sebesar 38,6 ton/ha (Dharmawan, 2010). Hasil kandungan karbon organik sedimen lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian di Tanjung Lesung, Banten yaitu 27,92 ton/ha (Atiet *al.*, 2014). Perbedaan yang terjadi diduga karena perbedaan diameter, kerapian, dan tingkat kesuburan tanah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa : Penyuplai biomassa tertinggi terdapat di lokasi I dan terendah adalah lokasi III. lokasi I disuplai oleh *Rhizophora* sp. dan *Avicennia* sp. Kemudian untuk lokasi II disuplai oleh *Avicennia* sp. dan *Rhizophora* sp. Biomassa di Lokasi III disuplai oleh *A. alba* dan *R. mucronata*. Hutan mangrove di Perancak memiliki total *aboveground biomass* 187,21 ton/ha, *belowground biomass* 125,43 ton/ha, simpanan karbon atas 86,11 ton/ha, dan simpanan karbon bawah 57,69 ton/ha, sedangkan karbon organik sedimen 359,24 ton/ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Ati, R.N.A., Rustam, A., Kepel, T.L., Sudirman, N., Astrid, M., Daulat, A., Mangindaan, P., Salim, H.L. & Hutahaean, A.A., 2014. Stok Karbon dan Struktur Komunitas Mangrove sebagai Blue Carbon di Tanjung Lesung, Banten. *Jurnal Segara*, 10(2):98-171.
- Agus, F., Hairiah, K., & Mulyani, A. 2011. Pengukuran cadangan karbon tanah gambut. Petunjuk Praktis. *World Agroforestry Centre-(ICRAF), SEA Regional Office dan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BSDLP), Bogor, Indonesia*. 58p.
- Amira S. 2008. Pendugaan biomassa jenis *Rhizophora apiculata* Bl. di hutan mangrove Batu Ampar Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat [Skripsi]. Fakultas Kehutanan IPB Bogor.
- Ariani, E., Ruslan, M., Kurnain, A., & Kissinger, K. 2016. Analisis Potensi Simpanan Karbon Hutan Mangrove Di Area PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk P 12 Tarjun. *Enviro. Scientiae*. 12(3): 312-329.
- Brown, S., Sathaye, J., Cannell, M., & Kauppi, P. E. 1996. Mitigation of carbon emissions to the atmosphere by forest management. *The Commonwealth Forestry Review*, 80-91.
- 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.
- Dharmawan, I.W.S., & Siregar, C.A. 2008. Karbon tanah dan pendugaan karbon tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(4):317-328.
- 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.
- Donato, D., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. 2012. *Mangrove adalah salah satu hutan terkaya karbon di kawasan tropis* (No. CIFOR Infobrief no. 12, p. 12p). Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia.
- Hairiah, K., & Rahayu, S. 2007. Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. Bogor. *World Agroforestry Centre-ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Unibraw, Indonesia*, 77.
- Heriyanto, N. M., & Subiandono, E. 2012. Komposisi dan struktur tegakan, biomasa, dan potensi kandungan karbon hutan mangrove di Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 9(1):023-032.
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Pidgeon, E., & Telszewski, M. (eds.). 2014. Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA.
- Kauffman, J.B., & Cole, T.G. 2010. Micronesian mangrove forest structure and tree responses to a severe typhoon. *Wetlands*, 30(6):1077-1084. DOI 10.1007/s13157-010-0114-y.
- Kauffman, J. Boone, & Daniel C. Donato. *Protocols for the measurement,*

- monitoring and reporting of structure, biomass, and carbon stocks in mangrove forests*. Bogor, Indonesia: CIFOR, 2012.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 201 Tahun 2004 Tentang Kriteria Baku dan Pedoman Kerusakan Hutan Mangrove. Jakarta.
- Kolinug, K.H., Langi, M.A., Ratag, S.P., & Nurmawan, W. 2014. Zonasi tumbuhan utama penyusun mangrove berdasarkan tingkat salinitas air laut di desa Teling Kecamatan Tombariri. In *COCOS*. 5(4)
- Komiyama, A., Ong, J. E., & Pongparn, S. 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2):128-137.
- Komiyama, A., Pongparn, S., & Kato, S. (2005). Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21(4), 471-477. DOI:10.1017/S0266467405002476.
- Lugina, M., Ginoga, K. L., Wibowo, A., Bainnura, A., & Partiani, T. (2011). Prosedur Operasi Standar (SOP) untuk pengukuran stok karbon di kawasan konservasi. *Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Kementerian Kehutanan Indonesia*.
- Ong, J. E., Gong, W. K., & Wong, C. H. (2004). Allometry and partitioning of the mangrove, *Rhizophora apiculata*. *Forest Ecology and Management*, 188(1-3):395-408.
- Prameswari, A. A. S. R., Hariyanto, T., & Sidik, F. (2015). Analisis Indeks Vegetasi Mangrove Menggunakan Citra Satelit Alos Avnir-2 (Studi Kasus: Estuari Perancak, Bali). *Geoid*, 11(1):40-45.
- Rachmawati, D., Setyobudiandi, I., & Hilmi, E. (2014). Potensi estimasi karbon tersimpan pada vegetasi mangrove di wilayah pesisir muara gembong Kabupaten Bekasi. *Omni-Akuatika*, 10(2):85-91. DOI : 10.20884/1.oa.2014.10.2.22
- Rahmania, R., Proisy, C., Germain, O., Gaspar, P., Viennois, G., Prospero, J., ...& Widagti, N. (2015, July). 13 Years of changes in the extent and physiognomy of mangroves after shrimp farming abandonment, Bali. In *Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images (Multi-Temp)*, 2015 8th International Workshop on the (pp. 1-4). IEEE. DOI: 10.1109/Multi-Temp.2015.7245801.
- Rusolono T., Tatang T., dan Judin P. 2015. Analisis Survey Cadangan Karbon dan Keanekaragaman Hayati di Sumatera Selatan (Panduan survei cadangan karbon dan keanekaragaman hayati di Sumatera Selatan). Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Dinas Kehutanan Provinsi Sumatera Selatan. German International Cooperation (GIZ).
- Standar Nasional Indonesia. 2011. Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon–Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting). Badan Standarisasi Indonesia. SNI 7724:2011.
- Sulistiyowati, H. 2009. Biodiversitas mangrove di cagar alam pulau sempu. *Jurnal Sainstek*, 8(1):59-61.
- Susiana. 2011. Diversitas dan kerapatan mangrove, gastropoda dan bivalvia di Estuari Perancak, Bali [Skripsi]. Program Studi Manajemen Suberdaya Perairan. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Hasanuddin: Makassar.
- Sutaryo, D. (2009). Penghitungan Biomassa Sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon. *Wetlands International Indonesia Programme. Bogor*.
- Tarlan, M.A. 2008. Biomass estimation of nyirih (*Xylocarpus granatum* Koenig. 1784) in primary mangrove forest in Batu Ampar, West Kalimantan. Undergraduate thesis, Bogor Agricultural University, Indonesia.
- Tue, N. T., Dung, L. V., Nhuan, M. T., & Otori, K. (2014). Carbon storage of a tropical mangrove forest in Mui Ca Mau National Park, Vietnam. *Catena*, 121:119-126.