

PERANAN EKOSISTEM MANGROVE DI PESISIR KOTA BENGKULU DALAM MITIGASI PEMANASAN GLOBAL MELALUI PENYIMPANAN KARBON
(The Role of Mangrove Ecosystem in the Coastal of City of Bengkulu in Mitigating Global Warming through Carbon Sequestration)

Gunggung Senoaji* dan Muhamad Fajrin Hidayat

Jurusan Kehutanan, Universitas Bengkulu, Jl. Raya Kandang Limun Bengkulu, 38173.

*Penulis korespondensi. Tel: 081377986131. Email: senoaji1211@gmail.com.

Diterima: 16 Februari 2016

Disetujui: 24 Agustus 2016

Abstrak

Pemanasan global saat ini menjadi isu lingkungan utama dan keberadaan ekosistem mangrove ternyata mempunyai peranan yang cukup penting dalam mitigasi pemanasan global. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui luasan dan status ekosistem mangrove, komposisi vegetasi penyusunnya, dan kandungan karbonnya di pesisir Kota Bengkulu. Metode penelitian yang digunakan adalah telaah peta untuk mengetahui sebaran, luasan dan status ekosistem mangrove; dan survey lapangan untuk mengetahui komposisi penyusun ekosistem mangrove dan kandungan karbon tersimpannya. Survey lapangan dilakukan dengan membuat 57 plot pengamatan. Pada setiap plot diamati jenis dan dimensi vegetasi sesuai dengan tingkatan pertumbuhan. Kandungan karbon tersimpan ditentukan melalui perhitungan biomassa total pohon dengan mempertimbangkan nilai faktor ekspansi biomassa, fraksi karbon, dan massa jenis kayu. Hasil analisis peta menunjukkan bahwa luas sebaran ekosistem mangrove di pesisir Kota Bengkulu ± 214,62 ha. Status kawasan seluas 116,24 ha berada di dalam kawasan hutan Taman Wisata Alam Pantai Panjang-Pulau Bai; dan 98,38 ha berada di luar kawasan hutan. Vegetasi pohon dan pancang penyusun ekosistem mangrove yang ditemukan hanya 9 jenis, yakni *Rhizophora apiculata*, *Sonneratia alba*, *Bruguiera gymnoriza*, *Xylocarpus granatum*, *Avicennia alba*, *Hibiscus tiliaceus*, *Lumnitzera littorea*, *Ceriops tagal* dan *Acrostichum aureum*. Kandungan karbon tersimpan pada tegakan ekosistem mangrovenya adalah sebesar 18,53 ton/ha.

Kata kunci: *isu lingkungan, karbon, kawasan hutan, mangrove, pemanasan global.*

Abstract

*Global warming is currently a major environmental issue and the mangrove ecosystem has an important role in mitigation of global warming. This study aimed to determine the extent and legal status, vegetation composition, and carbon storage of mangrove ecosystems in the coastal area of the city of Bengkulu. Methods applied in this study included mapping, spatial analysis and field surveys. Carbon storage was determined by calculating the total biomass of the mangrove tree by considering the value of biomass expansion factors, carbon fractions and wood density. The results showed that the area of mangrove ecosystem in the coastal area of Bengkulu was about 214.62 hectares; in which 116.24 hectares within the Pantai Panjang-Pulau Baai Nature Tourism Park and 98.38 hectares outside the nature park area. Nine species were found on the mangrove area, i.e. *Rhizophora apiculata*, *Sonneratia alba*, *Bruguiera gymnoriza*, *Xylocarpus granatum*, *Avicennia alba*, *Hibiscus tiliaceus*, *Lumnitzera littorea*, *Ceriops tagal* and *Acrostichum aureum*. The total carbon stored in the stand of mangrove was 18.53 tons/ha.*

Keywords: *carbon, environment issue, forest area, global warming, mangrove.*

PENDAHULUAN

Pemanasan global saat ini menjadi isu lingkungan yang utama karena mempunyai dampak yang sangat besar bagi dunia dan kehidupan makhluk hidup yang menghuninya, yakni perubahan iklim dunia dan kenaikan permukaan laut. Peningkatan konsentrasi karbon dioksida di atmosfer merupakan salah satu penyebab terbesar terjadinya pemanasan global (Sunu, 2001). Perairan pesisir, termasuk mangrove, berperan penting terhadap total budget karbon (Nasprianto dkk, 2016). Tegakan mangrove, melalui proses

fotosintesis menyerap karbon dioksida dari atmosfer yang diubahnya menjadi karbon organik dalam bentuk biomassa (Sutaryo, 2009). Pelestarian hutan mangrove sangat penting dilakukan dalam mitigasi perubahan iklim global (Kordi, 2012), karena tumbuhan mangrove menyerap karbon dioksida dan mengubahnya menjadi karbon organik yang disimpan dalam *biomassa* tubuhnya, seperti akar, batang, daun, dan bagian lainnya (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Kandungan karbon tegakan mangrove *Avicennia marina* di Ciasem, Purwakarta adalah sebesar 182,5 ton/ha (Dharmawan dan Siregar,

2008), sedangkan kandungan karbon pada vegetasi mangrove di Pantai Seluma Bengkulu adalah sebesar 114,70 ton per hektar (Senoaji, 2015). Cadangan karbon tersimpan pada hutan mangrove primer di Nunukan adalah sebesar 176,8 ton karbon per hektar; sedangkan pada hutan mangrove sekunder di Dumai sebesar 86,63 ton karbon per hektar (Wibowo, 2013). Pada hutan alam primer Dipterokarpa di Sampit, kandungan karbonnya sebesar 253,33 ton/ha (Siregar dan Dharmawan, 2011).

Ekosistem mangrove (bakau) adalah ekosistem yang berada di daerah tepi pantai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut sehingga lantainya selalu tergenang air. Ekosistem mangrove berada di antara level pasang naik tertinggi sampai level di sekitar atau di atas permukaan laut rata-rata pada daerah pantai yang terlindungi (Supriharyono, 2009), dan menjadi pendukung berbagai jasa ekosistem di sepanjang garis pantai di kawasan tropis (Donato dkk, 2012).

Manfaat ekosistem mangrove yang berhubungan dengan fungsi fisik adalah sebagai mitigasi bencana seperti peredam gelombang dan angin badai bagi daerah yang ada di belakangnya, pelindung pantai dari abrasi, gelombang air pasang (*rob*), tsunami, penahan lumpur dan perangkap sedimen yang diangkut oleh aliran air permukaan, pencegah intrusi air laut ke daratan, serta dapat menjadi penetralisir pencemaran perairan pada batas tertentu (Lasibani dan Eni, 2009). Manfaat lain dari ekosistem mangrove ini adalah sebagai obyek daya tarik wisata alam dan atraksi ekowisata (Sudiarta, 2006; Wiharyanto dan Laga, 2010) dan sebagai sumber tanaman obat (Supriyanto dkk, 2014).

Ekosistem mangrove berfungsi sebagai habitat berbagai jenis satwa. Ekosistem mangrove berperan penting dalam pengembangan perikanan pantai (Heriyanto dan Subiandono, 2012); karena merupakan tempat berkembang biak, memijah, dan membesarkan anak bagi beberapa jenis ikan, kerang, kepiting, dan udang (Kariada dan Andin, 2014; Djohan, 2007). Jenis plankton di perairan mangrove lebih banyak dibandingkan di perairan terbuka (Qiptiyah, dkk, 2008). Hutan mangrove menyediakan perlindungan dan makanan berupa bahan organik ke dalam rantai makan (Hogarth, 2001). Bagian kanopi mangrove pun merupakan habitat untuk berbagai jenis hewan darat, seperti monyet, serangga, burung, dan kelelawar (Supriharyono, 2009). Kayu pohon mangrove dapat digunakan sebagai kayu bakar, bahan pembuatan arang kayu, bahan bangunan, dan bahan baku bubur kertas. Manfaat nilai guna langsung hutan mangrove sebesar Rp. 11,61 juta/ha/th (Saprudin dan Halidah, 2012).

Pentingnya peranan mangrove dalam mitigasi pemanasan global, menjadikan isyarat agar melakukan konservasi terhadap ekosistem mangrove. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui luasan dan status ekosistem mangrove di pesisir Kota Bengkulu, komposisi vegetasi penyusun serta kandungan karbon tersimpan. Informasi dari penelitian ini, diharapkan akan menjadi masukan yang penting untuk menjadikan ekosistem mangrove sebagai kawasan perlindungan lingkungan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni - Juli 2015 di pesisir pantai Kota Bengkulu, Provinsi Bengkulu yang memiliki ekosistem mangrove. Metode penelitian ini terdiri dari : metode pemetaan dan metode survey lapangan. Metode pemetaan dimaksudkan untuk menghasilkan peta tentang kondisi aktual sebaran ekosistem mangrove di lokasi penelitian. Metode survey lapangan dimaksudkan untuk mengetahui struktur dan komposisi tegakan penyusun ekosistem mangrove. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

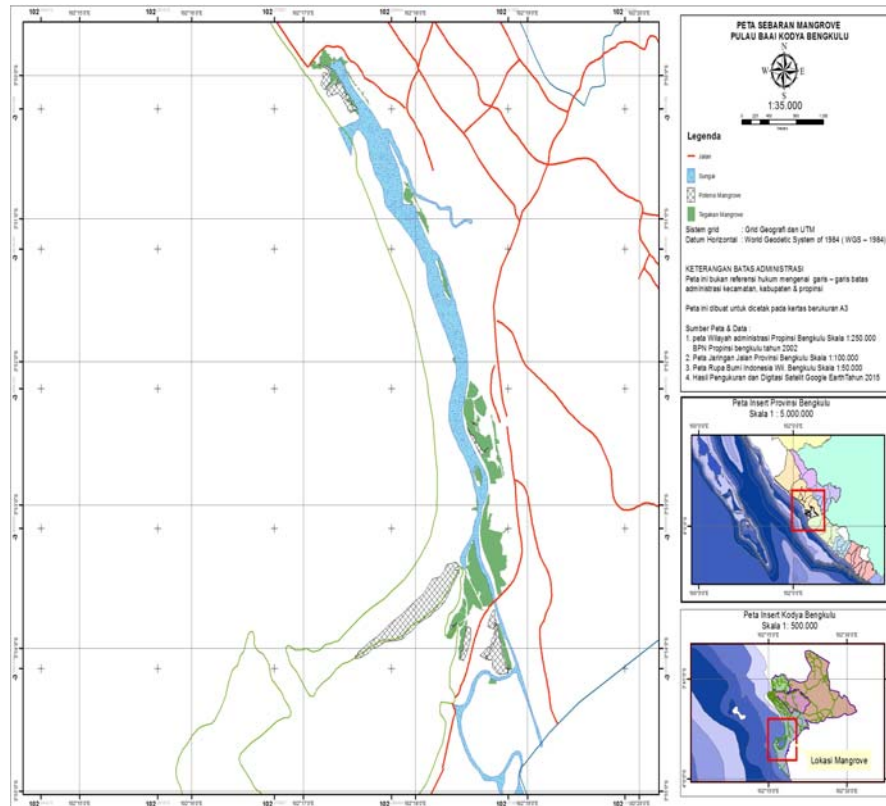
Bahan dan Alat

Bahan dan Alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah : GPS, kompas, phi band, clinometer, range finder, altimeter, haka hypsometer, kamera, meteran, tally sheet data inventarisasi, alat tulis, alat hitung, seperangkat komputer dengan software *ArcMap 10.1*, parang, dan alat pendukung lainnya.

Prosedur

Areal mangrove di lokasi penelitian, dibagi menjadi 11 blok. Pada setiap blok pengamatan dan dibuat secara acak plot-plot pengamatan berukuran 10 m x 10 m; dan di dalamnya dibuat plot 5 m x 5 m dan plot 2 m x 2 m. Jumlah keseluruhan plot yang dibuat sebanyak 26 plot. Pada setiap plot pengamatan 10 m x 10 m, dilakukan pencacahan terhadap seluruh tegakan mangrove yang berdiameter 10 cm ke atas (tingkat pohon); pada plot 5x5 m dilakukan pencacahan pada mangrove yang termasuk tingkat pancang (diameter 2 - 10 cm) dengan mengukur diameter setinggi dada pohon dan tinggi pohon totalnya. Pada plot pengamatan 2 m x 2 m dilakukan pencacahan jenis mangrove yang termasuk tingkat anakan (diameter kurang dari 2 cm).

Identifikasi jenis mangrove menggunakan panduan dari Noor dkk (2006). Penghitungan karbon tersimpan dan serapan karbon dioksida dalam pohon menggunakan pendekatan Krisnawati,



Gambar 1. Lokasi penelitian ekosistem mangrove di pesisir Kota Bengkulu. Sumber Peta : Pengolahan Data Primer dengan ArcMap 10.1 tahun 2015.

dkk (2012) dengan menghitung biomassa atas permukaan tanah dan biomassa bawah permukaan tanah. Nilai massa jenis kayu mangrove yang mengikuti Komiyama dkk (2005) dan Krisnawati dkk (2012) disajikan pada Tabel 1.

$$B_{tot} = B_{top} + B_{low} \tag{1}$$

$$B_{top} = Volume_{pohon} \times WD_{kayu} \times BEF \tag{2}$$

$$B_{low} = B_{top} \times FB_{top-low} \text{ (IPCC, 2006 = 0,37)} \tag{3}$$

$$BEF = Exp \{3,213 - 0,506 * Ln(BV)\} = 2,42 \tag{4}$$

$$Volume_{pohon} = 0,25 \pi D_{bh}^2 H f \tag{5}$$

$$C_{pohon} = B_{tot} \times Fc \text{ (IPCC, 2006 = 0,5)} \tag{6}$$

Keterangan :

- B_{tot} = biomasa total,
- B_{top} = biomassa atas permukaan,
- B_{low} = biomassa bawah permukaan,
- WD = massa jenis kayu,
- FB = fraksi biomassa atas bawah permukaan,
- BEF = fraksi ekspansi biomass,
- BV = Berat kayu bebas cabang,
- Fc = fraksi karbon,
- H = tinggi pohon total,
- F = angka bentuk pohon
- Dbh = diameter setinggi dada
- Π = konstanta (3,14).

Tabel 1. Nilai massa jenis berbagai species kayu mangrove

Jenis kayu	Massa jenis (ton/m ³)
<i>Avicennia alba</i>	0,50
<i>Rhizophora apiculata</i>	0,77
<i>Sonneratia alba</i>	0,34
<i>Bruguiera gymnoriza</i>	0,69
<i>Xylocarpus granatum</i>	0,53
<i>Lumnitzera littoreae</i>	0,77
<i>Ceriops tagal</i>	0,74

Sumber : Komiyama dkk (2005) dan Krisnawati dkk (2012)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekosistem mangrove di Pesisir Kota Bengkulu memiliki luas areal sekitar 214,62 ha berada di sekitar muara Sungai Jenggalu dan pesisir pantainya yang berlumpur. Ekosistem mangrove membentuk blok-blok yang menyebar di pinggiran sungai dan membentuk delta-delta sungai, dengan jumlah blok sekitar 11 lokasi. Menurut Purnobasuki (2005), ekosistem mangrove akan terbentuk di daerah dan pada daerah estuaria dan delta tempat sungai-sungai bermuara. Luas ekosistem mangrove dengan kerapatan sedang-tinggi sekitar 136,67 ha; sedangkan yang kerapatan rendah sekitar 77,95 ha. Tumbuhan mangrove akan tumbuh pada aliran sungai sampai pada batas masuk air laut ke daratan dan memiliki jenis tanah yang relatif berlumpur

Tabel 2. Indeks nilai penting vegetasi mangrove di pesisir Kota Bengkulu

Tingkat pertumbuhan	No	Jenis		INP (%)
		Nama latin	Nama lokal	
Pohon	1.	<i>Sonneratia alba</i>	Pidada	167,65
	2.	<i>Avicennia alba</i>	Api-api	77,09
	3.	<i>Bruguiera gymnoriza</i>	Mangi-mangi	6,83
	4.	<i>Rhizophora apiculata</i>	Bakau minyak	41,29
	5.	<i>Xylocarpus granatum</i>	Nyirih	7,12
Tiang	1.	<i>Sonneratia alba</i>	Pidada	36,96
	2.	<i>Avicennia alba</i>	Api-api	51,16
	3.	<i>Bruguiera gymnoriza</i>	Mangi-mangi	115,82
	4.	<i>Rhizophora apiculata</i>	Bakau minyak	71,93
	5.	<i>Xylocarpus granatum</i>	Nyirih	15,88
	6.	<i>Lumnitzera littoreae</i>	Teruntum	5,18
	7.	<i>Ceriops tagal</i>	Soga	3,06
Anakan	1.	<i>Sonneratia alba</i>	Pidada	57,34
	2.	<i>Avicennia alba</i>	Api-api	22,46
	3.	<i>Bruguiera gymnoriza</i>	Mangi-mangi	43,73
	4.	<i>Rhizophora apiculata</i>	Bakau minyak	61,86
	5.	<i>Xylocarpus granatum</i>	Nyirih	9,29
	6.	<i>Acrostichum aureum</i>	Paku	2,95
	7.	<i>Hibiscus scholaris</i>	Waru	2,38

Sumber : Pengolahan data primer, 2015.

atau sampai batas akhir pengaruh pasang surut air laut pada pantai yang terlindung. Pada blok-blok tersebut, ada yang berupa ekosistem mangrove primer, mangrove sekunder dan ada juga yang berupa areal berpotensi penanaman mangrove. Ekosistem mangrove di pesisir Kota Bengkulu, sebagian besar termasuk ke dalam zona mangrove tengah (Noor dkk, 2006).

Vegetasi penyusun ekosistem mangrove di Pesisir Kota Bengkulu, terdiri dari 9 jenis yakni *R. apiculata*, *S. alba*, *B. gymnoriza*, *X. granatum*, *A. alba*, *H. tiliaceus*, *L. littoreae*, *C. tagal* dan *A. aureum*. Jenis vegetasi yang paling dominan untuk tingkat pohon adalah *S. alba* dengan indeks nilai penting (INP) sebesar 167,7 %, diikuti dengan jenis *A. alba* dengan nilai INP sebesar 77,1 %. Pada tingkat pancang, jenis *B. gymnoriza* mendominasi di wilayah ini dengan nilai INP sebesar 115,8 %; sedangkan pada tingkat anakan didominasi oleh jenis *R. apiculata*. Menurut Noor dkk (2006), pada ekosistem mangrove yang tanahnya berpasir, umumnya didominasi oleh jenis *Sonneratia sp.*, sedangkan jenis *Avicennia sp.* dan *Rhizophora sp.* cenderung mendominasi pada daerah yang berlumpur. Jenis-jenis yang mendominasi tersebut, termasuk ke dalam jenis mangrove mayor (Halidah, 2014). Indeks nilai penting vegetasi mangrove disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan status kawasannya, ekosistem mangrove di pesisir Kota Bengkulu berada di dalam kawasan hutan Taman Wisata Alam Pantai Panjang-Pulau Baai Bengkulu dan Areal Peruntukan Lain (APL).

Ekosistem mangrove yang berada di dalam kawasan hutan, luasnya sekitar 116, 24 ha;

sedangkan yang di luar kawasan hutan sekitar 98,38 ha. Status kawasan ekosistem mangrove ini sangat berpengaruh terhadap tingkat kerusakannya. Untuk ekosistem mangrove yang berada di Taman Wisata Alam Pantai Panjang-Pulau Baai, keberadaannya bisa terjamin, karena termasuk ke dalam kawasan hutan konservasi, yang ditetapkan sebagai kawasan lindung. Sebaliknya, untuk ekosistem mangrove yang di luar kawasan hutan, tingkat kerusakannya relatif lebih tinggi. Hal ini disebabkan tidak ada payung hukum yang melindungi keberadaan ekosistem mangrove dan faktor ekonomi masyarakatnya. Menurut Ritohardoyo dan Galuh (2011), pemilikan dan penguasaan lahan pertanian yang sempit, merupakan salah satu pendorong masyarakat untuk mengkonversi sebagian lahan mangrovenya menjadi lahan budidaya, seperti sawah, kebun, tambak dan pemukiman.

Perhitungan kandungan karbon tersimpan pada tegakan mangrove, didekati dengan menghitung biomassa, yang terbentuk melalui proses fotosintesis. Semakin tua umur suatu tegakan, akan semakin banyak cadangan karbon yang disimpannya. Jenis-jenis kayu keras, umumnya akan lebih banyak menyimpan karbon dibandingkan kayu-kayu lunak. Oleh karena itu, kandungan karbon untuk setiap jenis vegetasi mangrove akan berbeda satu dengan yang lainnya, tergantung kepada massa jenis kayu. Semakin tinggi massa jenis kayu, semakin banyak kandungan biomassa. Semakin besar kandungan biomassa, maka kandungan karbon tersimpan juga akan semakin besar. Selama pohon atau tegakan itu hidup, maka proses penyerapan karbon dioksida dari atmosfer terus berlangsung. Kegiatan

Tabel 3. Biomassa dan karbon tersimpan pada setiap jenis vegetasi mangrove

Jenis	Biomassa (ton/ha)	Karbon tersimpan (ton/ha)
<i>Avicennia alba</i>	6,75	3,38
<i>Sonneratia alba</i>	27,70	13,85
<i>Bruguiera gymnoriza</i>	1,29	0,64
<i>Rhizophora apiculata</i>	1,11	0,55
<i>Xylocarpus granatum</i>	0,18	0,09
<i>Lumnitzera littoreae</i>	0,02	0,01
<i>Ceriops tagal</i>	0,02	0,01
Total	37,06	18,53

Sumber : Pengolahan data primer, 2015.

penebangan pohon atau matinya pohon secara alami akan menghentikan proses penyerapan karbon dioksida.

Kandungan biomassa pada tegakan mangrove di pesisir Kota Bengkulu adalah sebesar 37,06 ton/ha; dengan jumlah kandungan karbon tersimpan sebesar 18,53 ton/ha. Luas ekosistem mangrove yang berkepadatan sedang-tinggi luasnya sekitar 136,67 ha, berarti jumlah kandungan karbon tersimpan pada tegakan adalah sebesar 2.532,50 ton karbon. Besaran biomassa dan kandungan karbon tersimpan untuk setiap jenis vegetasi mangrove di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 3.

Kandungan karbon tersimpan di pesisir Kota Bengkulu ini, lebih kecil jika dibandingkan dengan kandungan karbon tersimpan pada ekosistem mangrove di pesisir Seluma Bengkulu sebesar 114,70 ton/ha (Senoaji, 2015), atau pada hutan mangrove di Taman Nasional Alas Purwo, Jawa Timur 393,62 ton/ha (Heriyanto dan Subiandono, 2012), atau di Taman Nasional Karimunjawa sebesar 91,31 ton/ha (Cahyaningrum dkk, 2014). Lebih kecilnya kandungan karbon tersimpan di pesisir Kota Bengkulu disebabkan sudah banyak tegakan mangrove yang ditebang untuk berbagai kepentingan.

Aktivitas manusia berperan penting dalam hal peningkatan atau penurunan kandungan karbon tersimpan pada ekosistem mangrove. Kegiatan penanaman mangrove akan meningkatkan kandungan karbon tersimpan, sedangkan penebangan mangrove akan mengurangi kandungan karbon tersimpan. Luas kawasan mangrove terus menurun sekitar 30-50 % selama setengah abad terakhir akibat penebangan untuk perluasan budidaya tambak dan pembangunan infra struktur (Donato dkk, 2012). Luas kawasan mangrove yang tersisa sebagian besar hanya terdapat di taman nasional atau cagar alam (Sulistiyowati, 2009). Perlindungan terhadap ekosistem mangrove perlu dilakukan dengan menetapkan sebagai kawasan lindung. Regulasi pemerintah yang menetapkan ekosistem mangrove sebagai kawasan lindung belum ada, sehingga potensi pengurangan

ekosistem mangrove yang terletak di luar kawasan hutan tetap tinggi.

Potensi pengurangan ekosistem mangrove di pesisir Pantai Kota Bengkulu cukup tinggi. Hal ini disebabkan sekitar 98,38 ha ekosistem mangrove, berada di luar kawasan hutan konservasi, termasuk ke dalam APL yang secara hukum dapat dikelola oleh masyarakat. Pembangunan tambak dan pembukaan yang marak untuk pemukiman oleh masyarakat, akan menjadi pemicu rusaknya ekosistem mangrove ini. Oleh karena itu, pemerintah perlu membuat regulasi untuk menyelamatkan ekosistem mangrove yang berperan terhadap perlindungan pesisir pantai. Menurut Patang (2012), strategi yang perlu diterapkan dalam pengelolaan hutan mangrove adalah membentuk kawasan hutan lindung mangrove yang tidak dapat diganggu.

KESIMPULAN

Ekosistem mangrove di pesisir Kota Bengkulu memiliki luas sekitar 214,62 ha, yang terdiri dari 136,67 ha berupa tegakan mangrove yang mempunyai kepadatan sedang-tinggi, dan 77,95 ha memiliki kepadatan rendah. Vegetasi penyusun ekosistem mangrove di pesisir Kota Bengkulu, terdiri dari 9 jenis yakni *R. apiculata*, *S. alba*, *B. gymnoriza*, *X. granatum*, *A. alba*, *H. tiliaceus*, *L. littoreae*, *C. tagal* dan *A. aureum*.

Status kawasan ekosistem mangrove yang berada di dalam kawasan hutan konservasi Taman Wisata Alam Pantai Panjang-Pulau Baai luasnya sekitar 116,24 ha; sedangkan yang di luar kawasan hutan sekitar 98,38 ha. Status kawasan ini mempengaruhi tingkat kerusakan ekosistemnya. Kandungan biomassa pada tegakan mangrove yang terdapat di pesisir Kota Bengkulu adalah sebesar 37,06 ton/ha; dengan jumlah kandungan karbon tersimpannya sebesar 18,53 ton/ha.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal DIKTI yang telah membiayai

penelitian ini dalam skema Penelitian Fundamental tahun 2015, sesuai dengan kontrak penelitian Nomor : 313/UN30.15/LT/2015 tanggal 10 Maret 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyaningrum, S.T., Hartoko, A., dan Suryanti, 2014. Biomassa Karbon Mangrove pada Kawasan Mangrove Pulau Kemujan Taman Nasional Karimunjawa. *Journal of Maquares*, 3(2):34-42.
- Dharmawan, I.W.S., dan Siregar, C.A., 2011. Karbon Tanah dan Pendugaan Karbon Tegakan *Avicennia marina* (Forsk) Vierh di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(4):317-328.
- Djohan, T.S., 2007. Distribusi Hutan Bakau di Laguna Pantai Selatan Yogyakarta. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 14(1):15-25.
- Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. dan Kanninen, M. 2012. Mangrove Salah Satu Hutan Terkaya Karbon di Daerah Tropis. *Brief CIFOR*, 12:1-12.
- Hairiah, K., dan Rahayu, S., 2007. *Petunjuk Praktis Pengukuran Karbon Tersimpan di Bagian Macam Penggunaan Lahan*. World Agroforestry Centre ICRAF Southeast Asia. Bogor.
- Halidah, 2014. *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. Jenis Mangrove yang Kaya Manfaat. *Info Teknis Eboni*, 11(1):37-44.
- Heriyanto, N.M., dan 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.
- Hogarth, P.J., 2001. *The Biology of Mangroves (Biology of Habitats)*. Oxford University Press. Oxford.
- Kariada, T.M., dan Andin, I., 2014. Peranan Mangrove sebagai Biofilter Pencemaran Air Wilayah Tambak Bandeng, Semarang. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 21(2):188-194.
- Komiyama, A., Pongparn, S., dan Kato S., 2005. Common Allometric Equation for Estimating The Tree Wight of Mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21:471-477.
- Kordi, M.G.H.K., 2012. *Ekosistem Mangrove: Potensi, Fungsi, dan Pengelolaan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Krisnawati, H., Wahyu, C.A., dan Rinaldi, I., 2012. *Monograf Model-model Allometrik Untuk Pendugaan Biomassa Pohon Pada Berbagai Tipe Ekosistem Hutan di Indonesia*. Kementerian Kehutanan. Pusat Penelitian dan Pengembangan. Konservasi dan Rehabilitasi. Bogor.
- Lasibani S.M., dan Eni, K., 2009. Pola Penyebaran Pertumbuhan "Propagul" Mangrove *Rhizophoraceae* di Kawasan Pesisir Sumatera Barat. *Jurnal Mangrove dan Pesisir*, 10(1):33-38.
- Nasprianto, Desy, M.H.M., Terry L.K., Restu, N.A.A., dan Andreas, H., 2016. Distribusi Karbon di Beberapa Perairan Sulawesi Utara. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 23(1):34-41.
- Noor, R., Khazali, Y.M., dan Suryadiputra, I.I.N., 2006. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PHKA/WI-IP. Bogor.
- Patang, 2012. Analisis Strategi Pengelolaan Hutan Mangrove (Kasus di Desa Tongke-Tongke Kabupaten Sinjai). *Jurnal Agrisistem*, 8(2):100-109.
- Purnobasuki, H., 2005. *Tinjauan Perspektif Hutan Mangrove*. Penerbit Airlangga University Press. Surabaya.
- Qiptiyah, M., Halidah, dan Rakman, M.A., 2008. Struktur Komunitas Plankton di Perairan Mangrove dan Perairan Terbuka di Kabupaten Sinjai, Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(2):137-143.
- Ritohardoyo, S., dan Galuh, B.A., 2011. Arah Kebijakan Pengelolaan Hutan Mangrove : Kasus Pesisir Kecamatan Teluk Pakedai. Kabupaten Kubu Raya, Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Geografi*, 8(2):83-94.
- Saprudin, dan Halidah, 2012. Potensi dan Nilai Manfaat Jasa Lingkungan Hutan Mangrove di Kabupaten Sinjai, Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 9(3):213-219.
- Senoaji, G., 2015. Serapan Karbon Dioksida pada Tegakan Mangrove di Pasar Ngalam Bengkulu. *Seminar Nasional Biodiversitas 2015*. Solo, 7 November 2015.
- Siregar, C.A., dan Dharmawan, I.W.S., 2011. Stok Karbon Tegakan Hutan Alam Dipterokarpa di PT Sarpatim, Kalimantan Tengah. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 8(4):337-348.
- Sudiarta, M., 2006. Ekowisata Hutan Mangrove : Wahana Pelestarian Alam dan Pendidikan Lingkungan. *Jurnal Manajemen Pariwisata*, 5(1):1-25.
- Sulistiyowati, 2009. Biodiversitas Mangrove di Cagar Alam Pulau Sempu. *Jurnal Sainstek*, 8(1):59-63.

- Sunu, P. 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. PT. Gramedia, Jakarta.
- Supriharyono, 2009. *Konservasi Ekosistem Sumberdaya Hayati di Wilayah Pesisir dan Laut Tropis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Supriyanto, Indriyanto, dan Bintoro, A., 2014. Inventarisasi Jenis Tumbuhan Obat di Hutan Mangrove Desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*, 2(1):67-75.
- Sutaryo, D., 2009. *Penghitungan Biomassa, Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Wetlands International Indonesian Program. Bogor.
- Wibowo, A., 2013. Kajian Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Kehutanan untuk Mendukung Kebijakan Perpres No. 61 tahun 2011. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 10(3):235-254.
- Wiharyanto, D., dan Laga, A., 2010. Kajian Pengelolaan Hutan Mangrove di Kawasan Konservasi Desa Mamburungun Kota Tarakan Kalimantan Timur. *Media Sains*, 2(1):10-17.