

# POTENSI ESTIMASI KARBON TERSIMPAN PADA VEGETASI MANGROVE DI WILAYAH PESISIR MUARA GEMBONG KABUPATEN BEKASI

Ditha Rachmawati<sup>1</sup>, Isdradjad Setyobudiandi<sup>1</sup> dan Endang Hilmi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pasca Sarjana Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan – Institut Pertanian Bogor

<sup>2</sup>Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman  
Email: ditharachmawati@gmail.com

## ABSTRACT

Mangrove Muara Gembong can be considered as buffering system of high CO<sub>2</sub> produced by industries in Bekasi. This study aims to determine the carbon stored in standing mangrove's Muara Gembong. The research was conducted on March 2014 in the coastal area of Muara Gembong, Bekasi Regency West Java. The method used in this study is a survey method with sampling purposive sampling technique. The results showed that the degree of dominance of mangrove species in Muara Gembong at station I, II, III and IV were *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia alba*, *S. caseolaris*, *R. mucronata*. Potential carbon stored of mangrove stands in Muara Gembong is 55,35 tons ha, with the highest carbon stored in mangrove species *Rhizophora mucronata* is 17,60 tons/ha. Based on the potential of biomass and carbon being produced, showed that the ability of mangrove ecosystem to absorbing carbon in Muara Gembong is not too high .

**Keywords** : Carbon sink, conservation, global warming, mangrove, Muara Gembong

## PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove memiliki fungsi ekologis yang sangat penting terutama bagi wilayah pesisir. Salah satu fungsi ekologis mangrove yang berperan dalam upaya mitigasi pemanasan global adalah mangrove sebagai penyimpanan karbon. Mangrove menyimpan karbon lebih dari hampir semua hutan lainnya di bumi (Daniel et al., 2011). Ekosistem mangrove Indonesia mampu menyerap karbon di udara sebanyak 67,7 MtCO<sub>2</sub> per tahun (Sadelle et al., 2012). Besarnya kandungan karbon dipengaruhi oleh kemampuan pohon tersebut untuk menyerap karbon dari lingkungan melalui proses fotosintesis, yang dikenal dengan proses *sequestration* (Hilmi, 2003).

Dalam proses fotosintesis, CO<sub>2</sub> dari atmosfer di ikat oleh vegetasi dan disimpan dalam bentuk biomassa. *Carbon sink* berhubungan erat dengan biomassa tegakan. Jumlah biomassa suatu kawasan diperoleh dari produksi dan kerapatan biomassa yang diduga dari pengukuran diameter, tinggi, dan berat jenis pohon. Biomassa dan *carbon sink* pada hutan tropis merupakan jasa hutan diluar potensi biofisik lainnya, dimana potensi biomassa hutan yang besar adalah menyerap dan menyimpan karbon guna pengurangan CO<sub>2</sub> di udara (Darusman, 2006).

Muara Gembong, Kabupaten Bekasi merupakan wilayah pesisir yang berada di pantai utara Jawa Barat. Muara gembong memiliki potensi ekosistem mangrove yang cukup luas. Mangrove di Muara Gembong dapat dijadikan wilayah penyangga untuk mengurangi potensi dampak pemanasan global. Hal tersebut dikarenakan Kabupaten Bekasi telah berkembang menjadi daerah industri yang menghasilkan buangan gas CO<sub>2</sub> sehingga berdampak negatif terhadap peningkatan suhu di atmosfer.

Ekosistem mangrove di Muara Gembong mengalami degradasi yang cukup hebat, pada tahun 2003 luas hutan mangrove Muara Gembong berkurang dengan laju 255,22 ha/tahun dan yang tersisa hanya 386,21 ha (Jamil, 2007). Hal tersebut karena kawasan mangrove di Muara Gembong banyak yang dijadikan lahan tambak oleh masyarakat sekitar.

Penelitian tentang estimasi karbon tersimpan pada tegakan mangrove dirasa penting karena dengan mengetahui jumlah karbon yang mampu diserap oleh mangrove, kita akan lebih memahami manfaat ekologi mangrove sebagai penyerap karbon sehingga usaha konservasi mangrove dalam rangka mengurangi pemanasan global dapat lebih diperhatikan dan ditingkatkan.

**METODE PENELITIAN**

**Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2014 di kawasan pesisir Muara Gembong, Kabupaten Bekasi Jawa Barat yang terletak pada koordinat: Lintang 06°02'07”S dan Bujur 107°4'45”E (**Gambar 1**). Aspek yang diamati terdiri, kerapatan mangrove, INP, dan potensi karbon yang tersimpan di mangrove.

**Analisis Data**

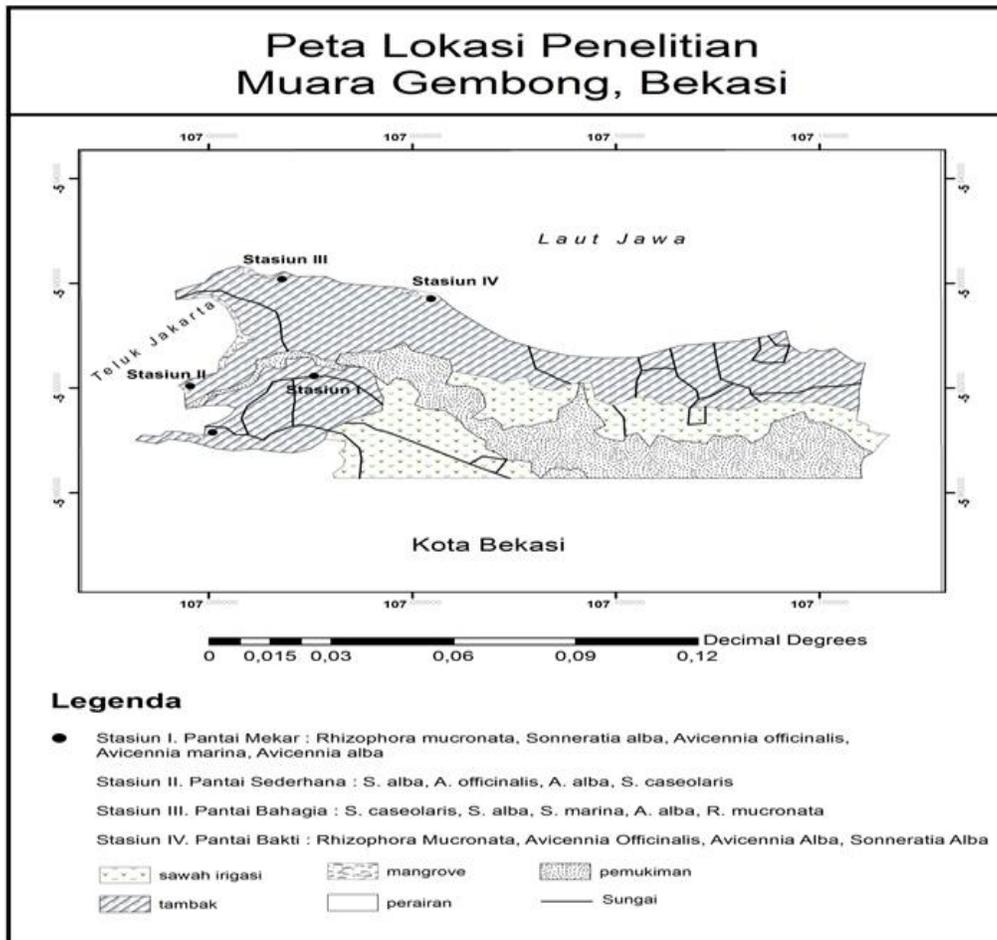
**1. Penentuan Potensi Dominasi Jenis Mangrove**

Untuk menghitung tingkat dominansi jenis ekosistem mangrove yang diukur adalah jenis vegetasi, jumlah individu, diameter dan tinggi tanaman. Analisis dominansi jenis dihitung dengan menggunakan analisis indeks nilai penting (Kusmana, 1996).

**Pengumpulan Data**

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode survey. Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa cara, yaitu observasi atau pengamatan langsung terhadap latar dan objek penelitian, dan pengumpulan data sekunder melalui studi literatur.

- 1) Kerapatan :  $K = \frac{\text{Jumlah Individu}}{\text{Luas Contoh}}$
- 2) Kerapatan Relatif :  $KR = \frac{\text{Kerapatan suatu jenis}}{\text{Kerapatan total}} \times 100\%$
- 3) Frekuensi :  $F = \frac{\text{Jumlah plot ditemukannya suatu jenis}}{\text{Jumlah seluruh plot}}$
- 4) Frekuensi Relatif :  $FR = \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Frekuensi total}} \times 100\%$
- 5) Dominansi :  $D = \frac{\text{Luas petak contoh}}{\text{Luas bidang dasar suatu jenis}}$
- 6) Dominansi Relatif :  $DR = \frac{\text{D suatu jenis}}{\text{D seluruh jenis}} \times 100\%$
- 7) Indeks Nilai Penting :  $INP = KR + FR + DR$



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian

**2. Penghitungan Biomassa dan Karbon Vegetasi Mangrove**

Dalam pendugaan biomassa dan karbon ekosistem mangrove dilakukan melalui beberapa tahapan (Hilmi, 2003) yaitu :

1. Dimensi Pertumbuhan meliputi tinggi pohon yang diukur berdasarkan jarak terpendek antara suatu titik dengan titik proyeksinya pada bidang datar atau bidang horizontalnya. Tinggi yang diukur adalah tinggi total dan tinggi bebas cabang. Kemudian diameter setinggi dada: yaitu diameter pada ketinggian sekitar 1,3 meter dari permukaan tanah. Alat ukur yang digunakan adalah pita ukur.

2. Pendugaan Biomassa Mangrove. Model pendugaan karbon mangrove dapat dibangun berdasarkan persamaan nilai biomassa dengan diameter (**Tabel 1**).
3. Pendugaan Biomassa dan Karbon dari Ekosistem Mangrove Menghitung Biomassa dan karbon dari ekosistem mangrove maka dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :  
Potensi Karbon dan Biomassa =

$$\sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\text{luas plot}} \times \text{luas mangrove}$$

Keterangan :

Yi = potensi biomassa per jenis

i = jenis ke-i

**Tabel 1.** Model pendugaan biomassa dan karbon ekosistem mangrove

No.	Spesies	Persamaan Allometrik
1.	<i>Avicennia</i> spp.	$W_{top} = \rho \cdot 0.1848 DBH^{2.3524}$ , Darmawan et al., (2008)
2.	<i>R. apiculata</i>	$W_{top} = \rho \cdot 0.235 DBH^{2.42}$ , Ong et al., (1993) $\rho \cdot k \cdot 0.75 D^{2.23}$ Hilmi et al., (2007)
3.	<i>R. mucronata</i>	$W_{top} = \rho \cdot 0.105 DBH^{2.68}$ , Dmax = 25cm, Clough et al., (1992) $\rho \cdot k \cdot 0.50 D^{2.32}$ Hilmi et al., (2007)
4.	<i>Sonneratia</i> spp.	$W_{top} = \rho \cdot 0.1848 DBH^{2.3524}$ , Darmawan et al., (2008)

Keterangan :

Wtop = Biomassa pohon atau Berat kering (kg)

ρ = Kerapatan kayu atau Berat jenis kayu (mg m<sup>-3</sup>, kg dm<sup>-3</sup> atau g cm<sup>-3</sup>)

k = Persen karbon (cm)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Struktur Komunitas Mangrove Muara Gembong**

Berdasarkan perhitungan tingkat kerapatan, frekuensi, dominasi dari jenis mangrove pada tiap stasiun pengamatan maka didapatkan Indeks Nilai Penting (INP) sebagai gambaran struktur komunitas mangrove di Muara Gembong, Bekasi (**Tabel 2**). Spesies mangrove yang memiliki Indeks Nilai Penting tertinggi pada stasiun I Pantai Mekar yaitu *R. mucronata* dengan Nilai Penting (NP) sebesar 119,8%. Karakteristik substrat merupakan faktor pembatas terhadap pertumbuhan ekosistem mangrove, terlihat pada tingginya nilai INP pada spesies mangrove *R. mucronata* disebabkan spesies tersebut memiliki adaptasi akar yang baik dengan kondisi substrat di Stasiun Pantai Mekar yaitu berlumpur. Hal tersebut sesuai pernyataan Hilmi (2007), bahwa spesies

mangrove *R. mucronata* merupakan vegetasi yang dominan di daerah-daerah bersubstrat lumpur dalam. *R. mucronata* dapat tumbuh dan beradaptasi dengan baik pada kondisi substrat yang dalam atau tebal dan berlumpur dikarenakan memiliki bentuk akar tunjang seperti jangkar yang menancap ke dalam tanah atau lumpur sehingga dapat menunjang atau menopang batang pohon dengan baik (Setyawan 2003).

Tabel 2. Struktur komunitas vegetasi mangrove di Muara Gembong, Bekasi

St	Jenis	D	DR	K	KR	F	FR	INP
I	<i>R. mucronata</i>	5,3	38,6	820	51,2	0,6	30	119,8
	<i>S. alba</i>	3	22,4	520	32,5	0,6	30	84,9
	<i>Avicennia officinalis</i>	0,6	4,7	100	6,2	0,4	20	30,9
	<i>Avicennia marina</i>	4	28,9	40	2,5	0,2	10	41,4
	<i>Avicennia alba</i>	0,73	5,34	120	7,5	0,2	10	22,8
II	<i>S. alba</i>	9	37,8	1000	44,6	0,6	33,3	115,8
	<i>A. officinalis</i>	5,4	23,1	480	21,4	0,6	33,3	77,9
	<i>A. alba</i>	4,3	18,4	420	18,7	0,4	22,2	59,4
	<i>S. caseolaris</i>	4,9	20,7	340	15,2	0,2	11,1	47
III	<i>S. caseolaris</i>	20,4	60	440	37,9	0,60	27,3	125,2
	<i>S. alba</i>	7,2	21,2	280	24,1	0,60	27,3	72,6
	<i>A. marina</i>	4,6	13,6	260	22,4	0,40	18,2	54,4
	<i>A. alba</i>	0,6	1,9	60	5,2	0,40	18,2	25,2
	<i>R. mucronata</i>	1,1	3,2	120	10,3	0,20	9,1	22,7
IV	<i>R. mucronata</i>	6,4	44,4	680	52,3	0,8	36,4	133,1
	<i>A. officinalis</i>	6,3	43,8	400	30,8	0,8	36,4	110,9
	<i>A. marina</i>	1	7	140	10,8	0,4	18,2	36
	<i>S. alba</i>	0,7	4,8	80	6,1	0,2	9,1	20

*S. alba* merupakan spesies yang mendominasi pada Stasiun II Pantai Sederhana dengan Nilai Penting (NP) sebesar 115,76%. *S. alba* merupakan jenis mangrove yang mempunyai ketahanan terhadap pasang surut, hampasan gelombang dan toleransi terhadap perubahan salinitas (Chapman, 1976). Spesies jenis ini merupakan jenis mangrove yang terdapat di zona terdepan dan digenangi air berkadar garam tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi sebaran mangrove hingga terjadi yang disebut zonasi, terkait dengan respon jenis vegetasi yaitu terhadap salinitas, pasang-surut dan keadaan tanah (Murdianto, 2003). Hal tersebut sesuai dengan kondisi letak geografis dari Stasiun II yaitu terletak di muara sungai dekat tepi laut yang berseberangan dengan Teluk Jakarta sehingga mengakibatkan kondisi lingkungan sekitar bersalinitas tinggi dan bertekstur berpasir yang merupakan habitat tumbuh baik bagi spesies *S. alba*.

Nilai Penting (NP) tertinggi di Stasiun III Pantai Bahagia yaitu jenis mangrove *S. caseolaris* sebesar 125,25%. *S. caseolaris* memiliki sistem perakaran yang tumbuh kearah samping atau horizontal dan pada setiap bagian akar ditunjukkan dengan keluarnya bagian akar yang keluar tegak lurus ke permukaan substrat. Hal tersebut yang menyebabkan jenis mangrove *Sonneratia* berada pada zona terdepan, dengan sistem perakaran yang kuat sehingga dapat menahan pengaruh angin dan gelombang dari laut.

*Sonneratia* merupakan jenis mangrove pioner yang memiliki kemampuan beradaptasi pada berbagai kondisi lingkungan yang ekstrim seperti fluktuasi salinitas dan kondisi oksigen yang rendah dikarenakan kondisi tanah pada ekosistem mangrove yang cenderung berlumpur dan jenuh dengan air. Kemampuan beradaptasi dengan kondisi tersebut dikarenakan *Sonneratia* memiliki akar nafas (*pneumatofor*) yaitu akar yang dapat menyerap oksigen pada saat surut dan mencegah kelebihan air pada saat pasang, maka pada saat kondisi substrat anaerob struktur *pneumatofor* akan menyokong dan mengait serta menyerap oksigen selama air surut (Whitten, 1999).

Perbedaan antara *S. alba* dengan *S. Caseolaris* selain bentuk morfologinya yaitu terdapat perbedaan antara habitat tempat tumbuhnya. *S. alba* terdapat muara sungai berpasir, sering di tepi laut, dan salinitas relatif tinggi sedangkan *S. caseolaris* terdapat di tepi muara sungai, salinitas rendah dan berair tawar (Kitamura 1997). Hal tersebut dapat terlihat dari kondisi geografis letak Stasiun III yang lebih dekat kearah daratan sehingga kondisi perairannya lebih tawar.

Nilai Penting tertinggi pada stasiun IV Pantai Bakti yaitu spesies mangrove *R. mucronata* sebesar 133,11%. Stasiun IV memiliki karakteristik substrat yang sama dengan Stasiun 1 yaitu berlumpur dan bersalinitas tinggi, dimana faktor lingkungan tersebut merupakan kondisi sifat tanah yang baik untuk penyebaran spesies mangrove *R. mucronata*. Menurut Santoso

(2012), kondisi tanah atau sifat tanah yang meliputi mineralogi dan fisik dalam suatu ekosistem mempunyai kontribusi besar dalam membentuk zonasi penyebaran suatu vegetasi. Berdasarkan kondisi sifat tanah *R. mucronata* umumnya hidup di sepanjang aliran sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut, hal tersebut sesuai dengan letak Stasiun IV yang berada di dekat aliran sungai Citarum dimana *R. mucronata* menjadi jenis mangrove yang dominan.

### Potensi Karbon Tersimpan Vegetasi Mangrove di Muara Gembong, Bekasi.

Ekosistem mangrove di wilayah pesisir sangat efektif dan efisien dalam mengurangi konsentrasi karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) di atmosfer, dikarenakan mangrove dapat menyerap  $\text{CO}_2$  melalui proses fotosintesis dengan cara difusi lewat stomata kemudian menyimpan karbon dalam bentuk biomassa (Windardi, 2014). Maka dari itu sebagian besar biomassa pada vegetasi mangrove merupakan karbon dan nilai karbon yang terkandung dalam vegetasi mangrove merupakan potensi dari mangrove dalam menyimpan karbon. Salah satu cara untuk mengetahui nilai karbon tersimpan yang dimiliki oleh vegetasi mangrove adalah dengan cara mengestimasi (Twilley et al., 1992).

**Tabel 3.** Potensi karbon tersimpan vegetasi mangrove di Muara Gembong, Bekasi.

JENIS	Potensi (ton/ha)	
	Potensi Biomassa	Potensi Karbon
<i>R. mucronata</i>	34,31	17,60
<i>S. caseolaris</i>	29,51	15,02
<i>S. alba</i>	17,70	9,01
<i>A. officinalis</i>	11,92	6,03
<i>A. marina</i>	10,41	5,27
<i>A. alba</i>	4,78	2,42
Potensi Total	108,66	55,35

Berdasarkan perhitungan nilai biomassa dan estimasi karbon tersimpan vegetasi mangrove di lokasi penelitian (**Tabel 3**), nilai setiap spesies mangrove memiliki kandungan karbon tersimpan yang berbeda, hal tersebut dilihat dari penggunaan nilai koefisien perhitungan yang berbeda pada tiap spesiesnya (Komiyama et al., 2008). Hasil penelitian menunjukkan bahwa mangrove jenis *R. mucronata* memiliki nilai karbon tersimpan sebesar 17,60 ton/ha. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan spesies mangrove *S. caseolaris*, *S. alba*, *A. officinalis*, *A. marina*, *A. alba* dan *Sonneratia caseolaris* yang ditemukan di lapangan. Nilai karbon tersimpan dari *Rhizophora mucronata* yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesies lainnya dikarenakan spesies tersebut memiliki nilai biomassa yang lebih tinggi yaitu 34,31 ton/ha. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Windardi (2014) bahwa vegetasi mangrove sangat dipengaruhi oleh besarnya biomassa yang dimiliki, nilai biomassa vegetasi yang besar maka

menghasilkan konversi nilai karbon yang juga besar.

Nilai produksi bersih yang dihasilkan oleh ekosistem mangrove dalam kemampuannya menyerap karbon menurut data Kusmana (1996) sebagai berikut : biomasa total (62,9-398,8 ton/ha), guguran serasah (5,8-25,8 ton/ha/tahun) dan tiap volume (9 m<sup>3</sup>/ha/tahun) pada tegakan ekosistem mangrove berumur 20 tahun. Potensi biomassa dari ekosistem mangrove yang baik di Asia Tenggara yaitu berkisar antara 250-275 ton/ha, sedangkan potensi biomassa terendah yaitu kurang dari 7,9 ton/ha hektar (Daniel et al., 2011).

Potensi total biomassa ekosistem mangrove di lokasi penelitian sebesar 108,66 ton/ha, hal tersebut menunjukkan potensi biomassa di kawasan ekosistem mangrove Muara Gembong tidak terlalu tinggi. Menurut Dharmawan et al., (2008), tinggi rendahnya potensi biomassa suatu ekosistem mangrove disebabkan oleh tingkat kesuburan tanah dan kerapatan pohon yang ada di kawasan tersebut. Sedangkan potensi karbon tersimpan pada

tegakan mangrove di Muara Gembong mampu menyerap karbon sebesar 55,35 ton/ha. Kemampuan penyerapan karbon yang tidak terlalu tinggi tersebut maka perlu dilakukan kegiatan konservasi mangrove di Muara Gembong sehingga manfaat ekologi mangrove sebagai penyerap karbon dapat mengurangi dampak pemanasan global yang terjadi di wilayah pesisir tersebut.

## KESIMPULAN

1. Tingkat dominansi jenis mangrove di Muara Gembong pada stasiun I jenis mangrove *R. mucronata*, stasiun II jenis mangrove *S. alba*, stasiun III jenis mangrove *S. caseolaris*, stasiun IV jenis mangrove *R. mucronata*.
2. Potensi karbon tersimpan pada tegakan mangrove di Muara Gembong yaitu 55,35 ton/ha, dengan karbon tersimpan tertinggi pada jenis mangrove *R. mucronata* yaitu 17,60 ton/ha.
3. Berdasarkan potensi biomassa dan karbon yang dihasilkan, menunjukkan bahwa kemampuan ekosistem mangrove dalam menyerap karbon di Muara Gembong tidak terlalu tinggi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Kajian Advokasi dan Informasi Lingkungan Hidup (eLKAIL) Muara Gembong Bekasi, staf laboratorium Produktivitas Lingkungan (Proling) Departemen MSP IPB Bogor, staf laboratorium Lingkungan Akuakultur Departemen Budidaya Perairan IPB dan rekan-rekan yang telah membantu dalam penelitian ini serta seluruh redaksi dan reviewer.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chapman, V. K. 1976. Mangrove of Indo-Malesia. In: F. D. Poor and I. Dor (Eds), Hydrobiology of Mangal. Dr. W. Junk Publishers, Netherlands.
- Clough, B.F. 1992. Primary productivity and the growth of mangrove forests. In: Robertson, A.I., and D.M. Alongi (Eds.), Tropical Mangrove Ecosystems 225-250. American Geophysical Society, Washington.
- Darusman, D. 2006. Pengembangan potensi nilai ekonomi hutan dalam restorasi ekosistem. Jakarta.
- 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, 317-328.
- Daniel, C.D., Kauffman, J., Murdiyarso, B., Kurnianto, S., Stidham, M., Kanninen, M. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. Nature Geoscience 4, 293-297.
- Hilmi, E. 2003. Model penduga kandungan karbon pada pohon kelompok jenis *Rhizophora* spp. dan *Bruguiera* spp. dalam tegakan hutan mangrove (Studi kasus di Indragiri Hilir Riau). [Disertasi] Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. 170 hal
- Hilmi, E., Siregar, A.S. 2007. Model pendugaan biomassa flora bakau di Kabupaten Indragiri Hilir Riau. Jurnal Biosfera 23 (2): 470-476.
- Jamil, N. 2007. Analisis opsi pola penggunaan lahan di wilayah pesisir kecamatan Muara Gembong Kabupaten Bekasi. [Thesis] Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. 149 hal.
- Kitamura, S., Anwar, C., Chaniago, A., Baba, S. 1997. Handbook of mangroves in Indonesia; Bali and Lombok. JICA/ISME, Okinawa, 120 pp.
- Komiyama, A., Ong, J.E., Pongparn, S. 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forest : a Review. Aquatic Botany 89: 128-137.
- Kusmana, C. 1996. A estimation of above and below ground tree biomass of a mangrove forest in East Kalimantan, Indonesia. Faculty of Forestry. Bogor Agricultural University. Bogor.
- Murdiyanto, B. 2003. Mengenal, memelihara dan melestarikan ekosistem bakau. direktorak jenderal perikanan tangkap. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Ong, J.E. 1993. Mangroves a carbon source and sink. Chemosphere 27: 1097-1107.

- Sadelie, A., Kusumastanto, T., Kusmana, C., Hardjomidjojo, H. 2012. Kebijakan pengelolaan sumberdaya pesisir berbasis perdagangan karbon. *Jurnal Hutan dan Masyarakat* 6 (1): 1-11.
- Santoso, N. 2012. Arah kebijakan dan strategi pengelolaan kawasan mangrove berkelanjutan di Muara Angke Daerah Khusus Ibukota Jakarta. [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 200 hal.
- Setyawan, A.D., Winarno, K., Purnama, P.C. 2003. Review: ekosistem mangrove di Jawa: 1. Kondisi terkini. *Biodiversitas* 4 (2): 130-142.
- Twilley, R.R., Chen, R., Hargis, T. 1992. Carbon sinks in mangroves and their implication to carbon budget of tropical ecosystems. *Water, Air and Soil Pollution* 64: 265-288.
- Windardi, A.C. 2014. Struktur komunitas hutan mangrove, estimasi karbon tersimpan dan perilaku masyarakat sekitar kawasan Segara Anakan Cilacap. [Tesis]. Program Studi Ilmu Lingkungan. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. 85 hal.
- Whitten T., Soeriatmadja, R.E., Afiff, S.A. 1999. *Ekologi at Jawa and Bali*. Dalhouse University. Canadian International Development Agency.