

Kajian Stok Karbon Mangrove di Bebanga Kabupaten Mamuju Sulawesi Barat

Carbon Stock Analysis of Mangrove in Bebanga, Mamuju Regency West Sulawesi

Muhammad Syukri, Supriadi Mashoreng✉, Shinta Werorilangi, Rantih Isyrini, Rastina, Ahmad Faizal, Akbar Tahir, dan Sulaiman Gosalam

Departemen Ilmu Kelautan FIKP Universitas Hasanuddin Makassar
Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10 Tamalanrea Makassar, 90245

✉corresponding author: smashoreng@unhas.ac.id

ABSTRAK

Percepatan pemanasan global dan perubahan iklim terutama disebabkan oleh aktifitas manusia. Salah satu strategi untuk mitigasi pemanasan global dengan memanfaatkan ekosistem, misalnya ekosistem mangrove untuk menyerap dan menyimpan karbon dalam bentuk biomassa. Penelitian dilakukan untuk mengkaji stok karbon mangrove dilaksanakan pada bulan Mei 2016 di Kelurahan Bebanga Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat. Metode yang digunakan adalah *non-destructive* dengan pendekatan biomassa melalui persamaan allometrik. Asumsi yang digunakan adalah stok karbon sebesar 50% dari nilai biomasanya. Sampling dilakukan pada empat stasiun dengan kerapatan mangrove yang berbeda, mulai dari kategori jarang sampai kategori padat. Selain stok karbon juga dilakukan pengamatan tutupan kanopi menggunakan metode *hemispherical photograph*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ditemukan enam jenis mangrove di lokasi penelitian, yaitu *Rhizophora mucronata*, *R. apiculata*, *Sonneratia alba*, *Avicennia alba*, *A. marina*, dan *Bruguiera Gymnorrhiza*. Jenis mangrove yang mendominasi Stasiun 1 adalah *R. apiculata* dan *S. alba*, Stasiun 2 dan Stasiun 3 oleh jenis *R. mucronata*, sedangkan Stasiun 4 adalah jenis *S. alba*. Secara berturut-turut, total stok karbon pada Stasiun 1, 2, 3 dan 4 adalah: 342,86 ton C/ha, 689,29 ton C/ha, 1202,54 ton C/ha dan 357,25 ton C/ha. Jenis mangrove *Rhizophora mucronata* mempunyai kontribusi terbesar terhadap total stok karbon pada semua stasiun kecuali pada Stasiun 1 yang didominasi oleh *Sonneratia alba*. Hasil analisis regresi linear menunjukkan bahwa stok karbon dan tutupan kanopi mangrove tidak menunjukkan hubungan yang erat.

Kata Kunci: biomassa mangrove, stok karbon mangrove, tutupan kanopi mangrove, mamuju.

Pendahuluan

Ekosistem mangrove memiliki fungsi ekologis yang sangat penting terutama bagi wilayah pesisir. Mangrove berperan secara fisik sebagai pelindung pantai, baik dari angin maupun ombak dan arus. Selain itu, mangrove juga berperan secara ekologi sebagai tempat hidup, mencari makan dan memijah berbagai biota laut dan darat, penyaring bahan beracun, pengendap substrat dan sebagainya. Fungsi lain yang tidak kalah pentingnya adalah perannya sebagai salah satu ekosistem yang dapat mengurangi karbon di udara. Sebagai tumbuhan, mangrove melakukan proses fotosintesis yang memerlukan karbondioksida dari udara dan menghasilkan oksigen.

Sebagai hasil dari penyerapan karbon, mangrove menyimpan karbon dalam biomassa, baik di atas substrat (batang, daun dan ranting) maupun di bawah substrat (akar). Selain itu, bagian mangrove yang sudah menjadi serasah, dapat terkubur di dalam substrat sebagai stok karbon yang ada di sedimen. Menurut Kauffman *et al.* (2012), mangrove menyimpan karbon lebih 3 dari hampir semua hutan lainnya di bumi. Sementara menurut Sadelie *et al.* (2012), ekosistem mangrove Indonesia mampu menyerap karbon di udara sebanyak 67,7 Mt per

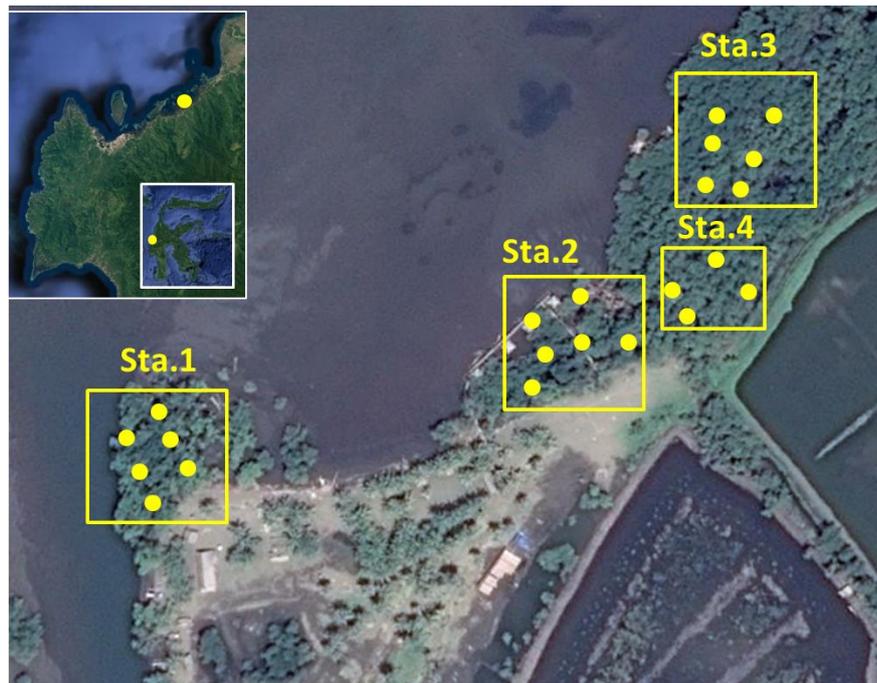
tahun. Besarnya kandungan karbon dipengaruhi oleh kemampuan pohon tersebut untuk menyerap karbon dari lingkungan melalui proses fotosintesis, yang dikenal dengan proses *sequestration* (Hilmi, 2003).

Salah satu daerah yang mempunyai hutan mangrove yang luas adalah Propinsi Sulawesi Barat, khususnya Kabupaten Mamuju. Walaupun tidak semua kecamatan pesisir ditumbuhi oleh mangrove Paena *et al.* (2010), namun secara keseluruhan luas mangrove di Kabupaten Mamuju sekitar 1.573,04 ha. Luas mangrove tersebut berpotensi menyimpan stok karbon yang cukup tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji potensi stok karbon yang ada di Kabupaten Mamuju, khususnya pada kawasan mangrove yang telah dijadikan sebagai salah satu kawasan ekowisata di Kelurahan Bebanga.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2016 di Kawasan Mangrove Kelurahan Bebanga, Kecamatan Kalukku, Kabupaten Mamuju (Gambar 1). Kawasan mangrove Bebanga dijadikan sebagai salah satu obyek ekowisata oleh Pemerintah Daerah Propinsi Sulawesi Barat. Daerah penelitian merupakan bagian dari total 6,51 ha areal mangrove yang ada di Kelurahan Bebanga. Penentuan stasiun didasarkan pada kondisi mangrove berdasarkan kerapatannya, masing-masing kategori jarang (Stasiun 1 dan 4), sedang (Stasiun 2) dan padat (Stasiun 3) (Tabel 1). Kategori kondisi mangrove didasarkan pada Kepmen Lingkungan Hidup nomor 201 tahun 2004. Penentuan kerapatan mangrove dilakukan berdasarkan Dharmawan dan Pamuji (2004).

Pengamatan struktur komunitas mangrove dilakukan dengan menggunakan plot berukuran 10 m x 10 m. Jumlah pohon yang ada pada setiap plot dihitung untuk menentukan kerapatannya. Setiap mangrove di dalam plot yang memiliki lingkaran batang minimal 16 cm diukur lingkaran batangnya pada posisi setinggi dada (sekitar 1,3 meter) menggunakan meteran. Mangrove diidentifikasi berdasarkan Bengen (2001) dan Noor *et al.* (2012).



Gambar 1. Lokasi penelitian

Tabel 1. Karakteristik stasiun penelitian

Stasiun	Kerapatan (pohon/ha)	Jumlah Plot	Jenis mangrove
1	600 ± 126	6	<i>Rhizophora apiculata</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Avicennia alba</i>
2	1217 ± 342	6	<i>R. mucronata</i> , <i>S. alba</i>
3	1767 ± 225	6	<i>R. mucronata</i> , <i>S. alba</i> , <i>A.marina</i> , <i>Bruguiera gymnorrhiza</i>
4	725 ± 126	4	<i>R. mucronata</i> , <i>R. apiculata</i> , <i>S. alba</i> , <i>A. marina</i> , <i>B. gymnorrhiza</i>

Estimasi stok karbon ditentukan dari biomassa mangrove. Pengukuran biomassa dilakukan dengan cara *non destructive* yaitu ditentukan berdasarkan data hasil pengukuran lingkaran batang pohon (Hairiah dan Rahayu, 2007). Data tersebut kemudian dikonversi ke dalam nilai biomassa bagian atas (*above ground*) menggunakan persamaan allometrik sesuai jenis mangrove (Tabel 2). Estimasi nilai stok karbon didapatkan dari 50% nilai biomassa (Komiyama *et al.* 2008).

Penentuan tutupan kanopi dilakukan dengan menggunakan metode *hemispherical photography* (Jennings *et al.* 1999; Korhonen *et al.* 2006) yang dilanjutkan dengan analisis foto menggunakan software *ImageJ*. Metode ini dilakukan dengan mengacu pada prosedur yang dijelaskan oleh Dharmawan dan Pamudji (2014).

Tabel 2. Persamaan allometrik beberapa jenis mangrove

No	Jenis Mangrove	Persamaan Allometrik
1	<i>Aegiceras floridum</i>	$B = 0.251 \rho (D)^{2.46}$ (Komiyama <i>et al.</i> , 2005)
2	<i>Avicennia</i> sp.	$B = 0.251 \rho (D)^{2.46}$ (Komiyama <i>et al.</i> , 2005)
3	<i>Avicennia marina</i>	$B = 0.1848 D^{2.3624}$ (Dharmawan & Siregar, 2008)
4	<i>Bruguiera cylindrica</i>	$B = 0.251 \rho (D)^{2.46}$ (Komiyama <i>et al.</i> , 2005)
5	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	$B = 0.0754 D^{2.505} \rho$ (Kauffman & Donato, 2012)
6	<i>Cerops tagal</i>	$B = 0.251 \rho (D)^{2.46}$ (Komiyama <i>et al.</i> , 2005)
7	<i>Lumnitzera littorea</i>	$B = 0.251 \rho (D)^{2.46}$ (Komiyama <i>et al.</i> , 2005)
8	<i>Lumnitzera racemosa</i>	$B = 0.251 \rho (D)^{2.46}$ (Komiyama <i>et al.</i> , 2005)
9	<i>R. apiculata</i>	$B = 0.043 D^{2.63}$ (Amira, 2008)
10	<i>R. mucronata</i>	$B = 0.128 (D)^{2.60}$ (Fromard <i>et al.</i> , 1998)
11	<i>Sonneratia alba</i>	$B = 0.3841 (D)^{2.101} \rho$ (Kauffman & Donato, 2012)
12	<i>Sonneratia</i> sp.	$B = 0.184 DBH^{2.3524} \rho$, (Darmawan <i>et al.</i> , 2008)
13	<i>Xylocarpus granatum</i>	$B = 0.1832 D^{2.21}$ (Tarlan, 2008)

Keterangan : B = Biomassa (kg/m², ton/ha); ρ = berat jenis tumbuhan (g/cm³); D diameter (cm)

Hasil dan Pembahasan

Biomassa dan Stok karbon

Nilia biomassa mangrove berkisar 685,71-2.405,07 ton/ha dengan rata-rata 1.295,97 ton/ha, sedangkan stok karbon berkisar 342,86-1.202,54 ton karbon/ha (C/ha) dengan rata-rata 647,985 ton C/ha, masing-masing terendah didapatkan pada Stasiun 1 dan tertinggi pada Stasiun 3. Jenis mangrove yang mempunyai kontribusi besar pada Stasiun 3 adalah *R. mucronata* yaitu dengan biomassa sebesar 1977.88 ton/ha atau setara dengan 988.94 ton C/ha (Tabel 3). Besarnya kontribusi jenis ini karena mempunyai kerapatan yang tinggi, yaitu 1.417 pohon/ha. *R. mucronata* juga mempunyai biomassa dan stok karbon yang besar pada Stasiun 2. Menurut Hairiah *dkk.*, (2011), biomassa pada suatu dipengaruhi oleh jenis vegetasi.

Tabel 3. Biomassa dan stok karbon mangrove di Bebanga Kabupaten Mamuju

Stasiun	Jenis	Rerata Diameter (cm)	Kerapatan (pohon/ha)	Biomassa (ton/ha)	Stok Karbon (ton/ha)
1	<i>R. apiculata</i>	18.4954	300	186.75	93.37
	<i>S. alba</i>	20.6901	233	392.78	196.39
	<i>A. alba</i>	20.5840	50	106.19	53.09
	Total		583	685.71	342.86
2	<i>R. mucronata</i>	10.3328	967	1241.02	620.51
	<i>S. alba</i>	18.1436	133	137.55	68.78
	Total		1100	1378.58	689.29
3	<i>R. mucronata</i>	10.5042	1417	1977.88	988.94
	<i>S. alba</i>	21.4682	300	420.02	210.01
	<i>A. marina</i>	7.3211	17	2.00	1.00
	<i>B. gymnorhiza</i>	15.2788	17	5.17	2.60
	Total		1750	2405.07	1202.54
4	<i>R. mucronata</i>	5.7296	50	1.84	2.05
	<i>R. apiculata</i>	18.4619	100	37.20	18.60
	<i>S. alba</i>	25.0934	475	587.77	293.88
	<i>A. marina</i>	14.8014	50	80.82	40.97
	<i>B. gymnorhiza</i>	13.0507	25	3.48	1.74
Total		700	711.11	357.25	

Jenis mangrove dengan kandungan biomassa tertinggi pada Stasiun 1 adalah jenis *S. alba* dengan nilai kerapatan 583.33 ind/ha. Kandungan biomassa jenis ini 392.78 ton/ha yang setara dengan kandungan karbon 196.39 ton C/ha. Sedangkan kandungan biomassa terendah adalah jenis *A. alba* dengan nilai kandungan sekitar 106.19 atau setara dengan 53.09 ton C/ha. Pada Stasiun 4, *S. alba* memiliki biomassa yang paling tinggi dari jenis lain, dengan nilai kandungan biomassa sebesar 587.77 ton/ha atau setara dengan 293.9 ton C/ha.

Vegetasi mangrove yang ditemukan di lokasi penelitian rata-rata memiliki diameter batang pohon yang relatif besar, sehingga cadangan karbon tersimpan juga tinggi. Mengacu pada luas total hutan mangrove seluas 6,51 ha, maka estimasi total stok karbon karbon yang ada pada kawasan mangrove Kelurahan Bebanga adalah sebesar 7724.79 ton (Tabel 4). Nilai total cadangan karbon berdasarkan jenis mangrove menunjukkan adanya variasi. Nilai stok karbon tertinggi adalah jenis *R mucronata* dan jenis *S. alba* dengan nilai total karbon masing-masing 4768.59 ton C/ha dan 2275.72 ton. Sedangkan untuk jenis dengan stok karbon terendah adalah *B. gymnorrhiza* dengan nilai karbon 12.80 ton.

Tabel 4. Total stok karbon mangrove di areal mangrove Kelurahan Bebanga Kabupaten Mamuju

Jenis	Stok karbon (ton C/ha)		Total Luas Mangrove (ha)	Total Stok Karbon (ton)
	Kisaran	Rerata		
<i>A. Alba</i>	20,37 – 378,57	24,134	6,51	157,11
<i>A. marina</i>	5,61 – 363,50	19,076		124,18
<i>B. gymnorrhiza</i>	17,41 – 25,84	1,966		12,60
<i>R. apiculata</i>	18,47 – 110,72	59,351		386,38
<i>R. mucronata</i>	2,21 – 1673,32	732,503		4.768,59
<i>S. alba</i>	2,96 – 585,51	349,573		2.275,72
Total				7.724,79

Meskipun jumlah kerapatan jenis *S. alba* tidak begitu melimpah, namun jenis ini memiliki stok karbon yang lebih besar jika dibandingkan jenis *R. mucronata* yang paling mendominasi di lokasi penelitian. Jenis *S. alba* memiliki diameter batang pohon yang besar dibandingkan dengan jenis lain. Diameter rata-rata jenis *S. alba* pada Stasiun 1 adalah 20,7 cm dan pada Stasiun 4 rata-rata diameter batang pohon 25,09 cm. Hal ini membuktikan bahwa diameter batang pohon berpengaruh besar terhadap kandungan biomassa mangrove. Kusmana *et. al.* (1992) menyatakan bahwa, besarnya biomasa ditentukan oleh diameter, tinggi tanaman, kerapatan kayu dan kesuburan tanah. Penelitian yang dilakukan oleh Adinugroho dan Sidiyasa (2001) juga sejalan dengan ini, dimana biomassa pada setiap bagian pohon meningkat secara proporsional dengan semakin besarnya diameter pohon sehingga biomassa pada setiap bagian pohon mempunyai hubungan dengan diameter pohon.

Penutupan kanopi

Berdasarkan kriteria penutupan oleh KEPMEN LH No. 201 Tahun 2004, stasiun pengamatan memiliki kondisi persen tutupan kanopi dengan kategori sedang sampai padat, yakni berkisar antara 61,12-85.35%. Presentase penutupan

tertinggi ditemukan pada Stasiun 3 yaitu $81,67 \pm 2,70$ %, sedangkan penutupan terendah berada pada Stasiun 4 dengan persen tutupan hanya sekitar $65,82 \pm 3,86$ % (Tabel 5).

Tabel 5. Tutupan kanopi mangrove masing-masing stasiun

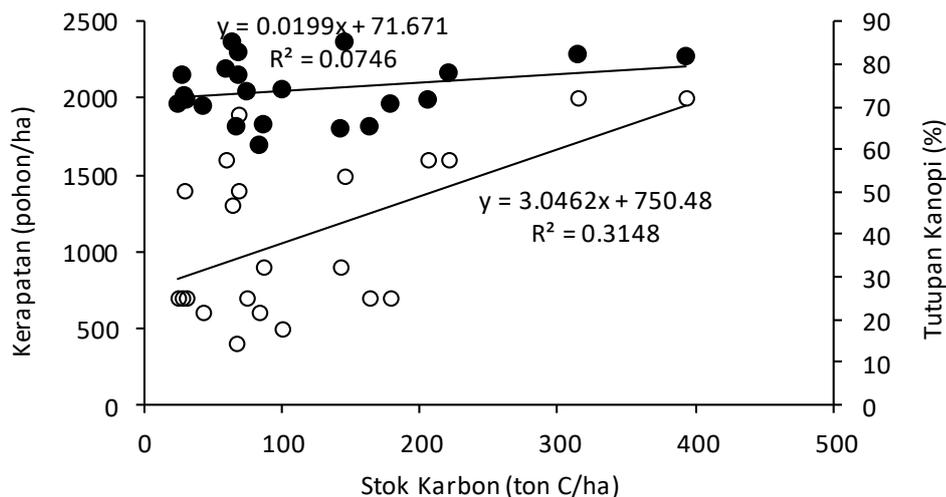
Stasiun	Jenis Dominan	Tutupan Kanopi (%)	Kondisi*
1	<i>R. apiculata</i>	$72,11 \pm 4,13$	Sedang
2	<i>R. mucronata</i>	$73,74 \pm 6,81$	Sedang
3	<i>R. mucronata</i>	$81,67 \pm 2,70$	Padat
4	<i>S. alba</i>	$65,82 \pm 3,86$	Sedang
Rerata		$73,33 \pm 6,52$	

Stasiun 3 memiliki persen penutupan tinggi karena jenis yang mendominasi pada stasiun tersebut adalah jenis *R. mucronata*. Jenis ini dikenal sebagai jenis mangrove yang memiliki morfologi daun yang lebar, ukuran daun bisa mencapai 11-23 x 5-13 cm (Noor, 2014). Dengan demikian jenis ini berpeluang mempunyai tutupan kanopinya yang lebih besar dengan jenis lain pada kerapatan yang sama. Berbeda dengan kondisi di Stasiun 4, persen penutupan kanopinya rendah karena jenis yang mendominasi adalah *S. alba*. Berbeda dengan jenis *R. mucronata*, morfologi daun dari jenis *S. alba* cenderung lebih kecil, biasanya hanya berukuran 5-12,5 x 3-9 cm (Noor, 2014), sehingga tutupan kanopi yang di hasilkan oleh jenis ini juga cenderung lebih kecil. Pretzsch (2001) menyatakan bahwa semakin besar luas tumpang daun maka semakin rapat tutupan kanopinya, demikian sebaliknya.

Kurangnya kompetisi tajuk akan berakibat pada pertumbuhan lateral yang cepat, yaitu pertumbuhan diameter batang pohon. Selain karena faktor jenis yang mendominasi pada Stasiun 4, rendahnya penutupan kanopi juga diduga karena pada stasiun ini terdapat bekas penebangan pohon sehingga mengurangi kerapatan, dan pada akhirnya akan mengurangi penutupan lahan pada lokasi tersebut. Persen penutupan kanopi yang didapatkan pada plot tersebut sekitar $61,12 \pm 4,34$ %.

Hubungan antara kerapatan dan tutupan kanopi dengan stok karbon

Stok karbon vegetasi mangrove dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kerapatan, tutupan kanopi dan komposisi jenis mangrove penyusunnya (Hairiah dan Rahayu (2007). Hubungan antara kerapatan mangrove dan stok karbonnya menunjukkan hubungan positif. Semakin tinggi kerapatan mangrove maka stok karbon cenderung meningkat. Namun demikian, indeks determinasi yang relatif rendah ($r^2 = 0,3148$) menunjukkan bahwa beberapa plot dengan kerapatan mangrove yang tinggi, tidak selalu mempunyai stok karbon yang tinggi pula (Gambar 2). Komposisi jenis mangrove sangat berpengaruh pada hubungan kedua parameter tersebut. Secara morfologi, ukuran mangrove yang bervariasi antar jenis menyebabkan stok karbon juga bervariasi. Dengan demikian, jenis mangrove dominan sangat menentukan besarnya stok karbon. Kemungkinan hubungan antar kerapatan dan stok karbon lebih kuat pada vegetasi mangrove monospesies.



Gambar 2. Hubungan antara kerapatan dan tutupan kanopi dengan stok karbon. Hubungan tutupan kanopi dan stok karbon ditunjukkan oleh lingkaran warna hitam, sedangkan hubungan antara kerapatan dan stok karbon ditunjukkan oleh lingkaran warna putih

Hubungan yang lebih lemah ditunjukkan oleh regresi linear antara tutupan kanopi dan stok karbon. Walaupun hubungan keduanya positif, namun indeks diterminasi yang rendah ($r^2 = 0,0746$) menunjukkan hubungan yang tidak terlalu kuat. Hal ini menunjukkan bahwa sampai pada kisaran tutupan kanopi 61,12-85,35%, peningkatan tutupan kanopi tidak berkorelasi kuat dengan peningkatan stok karbonnya.

Kesimpulan

Stok karbon mangrove di Kelurahan Bebanga Kabupaten Mamuju berkisar 342,86-1.202,54 ton/ha dengan rata-rata 115,36 ton/ha yang didominasi oleh jenis *Rhizophora mucronata*. Stok karbon dipengaruhi oleh kerapatan mangrove, namun pengaruh penutupan kanopi tidak terlalu signifikan.

Daftar Pustaka

- Adinugroho, W.C., K. Sidiyasa 2001. Model Pendugaan Biomassa Pohon Mahoni (*Swietenia macrophylla* King) di atas Permukaan Tanah. Jurnal penelitian Hutan dan Konservasi alam
- Bengen, D.G. 2001. Pedoman teknis pengenalan dan pengolahan ekosistem Mangrove. Pusat Kajian sumberdaya pesisir dan laut. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Indonesia
- Dharmawan I.W.E. Yaya I, Ulumuddin, Afdal., 2014. Estimasi Cadangan Karbon Di Ekosistem Mangrove Pesisir Timur Kabupaten Bintan, Kepulauan Riau. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI. Jakarta
- Dharmawan, I.W.E., C.A. Siregar. 2008. Karbon tanah dan pendugaan karbon tegakan *Avicennia marina*. (Forsk) Vierth. Ciasem. Purwakarta
- Dharmawan, I.W.E., Pramudji. 2014. Panduan Monitoring Status Ekosistem Mangrove. P2OLPI. Jakarta.
- Hairiah, K., A. Ekadinata., R.R. Sari., Rahayu, S. 2011. Pengukuran Cadangan Karbon Dari Tingkat Lahan Ke Bentang Lahan. World Agroforestry Centre ICRAF. Bogor

- Hairiah, K., Rahayu, S.. 2007. Pengukuran Karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan. World Agroforestry Centre ICRAF. Bogor.
- 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
- Kauffman, J.B., D.C. Donato., 2012. Protocols for The Measurement, Monitoring and Reporting of Structure, Biomass and Carbon Stocks in Mangrove Forest. CIFOR. Bogor - Indonesia. 40 pp
- KEPMEN-LH NO. 201 Tahun 2004. Kriteria Baku Dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove. Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta
- Komiyama, A., J.E. Ong and S. Pongpan. 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: a review. *Aquatic Botany*, 89: 128 - 137.
- Komiyama, A., S. Pongpan., S. Kato. 2005. Common allometric equation for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*. 21: 471-477. Doi. 10.1017/S0266467405002476. Cambridge University Press
- Kusmana, C., S. Sabiham., K. Abe., H. Watanabe. 1992. An estimation of above ground tree biomass of a mangrove forest in East Sumatera. *Tropics* I(4):143-257
- Noor, Y.R., M. Khazali dan I.N.N. Suryadiputra. 2012. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PKA/WI-IP, Bogor.
- Paena. M, Hasnawi., A. Mustafa. 2010. Kerapatan Mangrove Sebagai Dasar Rehabilitasi Dan Restocking Kepiting Bakau Di Kabupaten Mamuju Sulawesi Barat. Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur. Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau. Maros