

ANALISIS BIOMASSA DAN CADANGAN KARBON PADA EKOSISTEM MANGROVE DESA MALANG RAPAT KABUPATEN BINTAN

Teguh Heriyanto¹⁾ dan Bantal Amin²⁾

Email: bintalamin@gmail.com

Diterima : 03 Desember 2017 Disetujui : 15 Januari 2017

ABSTRACT

This research was conducted on April 2016 in the forest ecosystems in the conservation areas of Malang Rapat Village Bintan regency. Mangrove forest plays significant functions from the viewpoint of ecosystem services and climate change mitigation. The survey method was applied in this study and carbon stock analysis was carried out in the Marine Chemistry Laboratory, Faculty of Fisheries and Marine Science, Universitas Riau. The results showed that the highest biomass of mangrove was found in the trunk and followed by the root, branch and leaf with biomass values of 4477.81, 3326.10, 936.45 and 131.26 Kg respectively. The potential of the carbon biomass was also found in the trunk and followed by roots, branches and leaves with 2104.57, 1563.27, 440.13 and 61, 69 Kg respectively. The average value of carbon reserves in the mangrove conservation areas of Malang Rapat, Bintan Island was 4632.69 tons/Ha.

Keywords: Biomass, Carbon stocks, Mangrove, Bintan Island

PENDAHULUAN

Kemajuan industri dan teknologi dewasa ini disamping memiliki dampak besar terhadap kondisi sosial budaya dan pertumbuhan ekonomi di seluruh dunia, namun juga memberikan tekanan terhadap lingkungan. Gas-gas yang dikeluarkan dari proses pembakaran yang tidak sempurna sebagian memiliki sifat yang sangat beracun dan mampu menyebabkan sejumlah penyakit pada hewan dan tumbuhan termasuk manusia,

khususnya di sekitar kawasan industri dan menyebabkan kenaikan suhu pada lingkungan dengan sangat cepat (Bhattacharjee, 2010). Hal tersebut dapat dirasakan secara langsung maupun tidak langsung dalam jangka waktu singkat ataupun lama serta efeknya dapat berdampak secara lokal, regional dan global.

Tumbuh-tumbuhan diketahui memiliki peran positif dalam mengurangi emisi gas seperti CO₂ yakni dengan cara menyerapnya dalam proses fotosintesis dan mengubahnya menjadi senyawa karbon organik. Lewis *et al dalam* Murray *et al.* (2011) mengungkapkan bahwa ekosistem mangrove mampu menyerap rata-rata 8 ton

¹⁾ Pasca Sarjana Ilmu Kelautan Universitas Riau

²⁾ Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau

CO₂e/ha/tahun. Nilai ini kurang lebih 2 kali hingga 4 kali lebih besar daripada nilai pengamatan secara global terhadap hutan tropis yang lebat (1.8–2.7 ton CO₂e/ha/tahun). Fakta ini seharusnya dapat dijadikan landasan untuk turut melindungi dan mencegah kerusakan laut serta ekosistem yang terdapat di dalamnya.

Kabupaten Bintan merupakan salah satu daerah kepulauan yang berada di daerah Provinsi Kepulauan Riau yang memiliki program perlindungan dan pelestarian terhadap ekosistem pesisir seperti ekosistem mangrove dalam bentuk kawasan konservasi laut daerah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis biomassa dan potensi hutan mangrove di kawasan konservasi tersebut dalam menyimpan karbon pada tiap bagian pohon mangrove (daun, cabang, batang dan akar), sehingga nantinya data tersebut dapat bermanfaat sebagai bahan rujukan untuk membuat kebijakan dan perencanaan dalam kegiatan konservasi ekosistem hutan mangrove.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan April 2016 di kawasan konservasi laut daerah yang berada di Desa Malang Rapat, Kecamatan Gunung Kijang, Kabupaten Bintan, Provinsi Kepulauan Riau dengan titik koordinat 1° 6' 3,32" Lintang Utara dan 104° 37' 56,28" Bujur Timur (Gambar 1). Analisis karbon dilakukan di Laboratorium Kimia Laut Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau Pekanbaru. Alat yang digunakan dalam penelitian ini terbagi dalam 2 bagian yaitu alat yang digunakan untuk mengambil data dan mengukur parameter kualitas lingkungan serta menganalisis sampel di laboratorium. Alat yang digunakan untuk pengambilan data di lapangan yakni, meteran, tali raffia, plastik, spidol permanen dan buku panduan identifikasi mangrove. Alat yang digunakan untuk mengukur parameter lingkungan yakni, *thermometer*, *pH indicator universal* dan *hand refractometer*.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode purposive dalam menentukan lokasi stasiun penelitian serta metode survey dalam pengambilan data lapangan. Pengukuran biomassa mangrove dilakukan dengan cara menggunakan persamaan allometrik (Sutaryo, 2009) sesuai dengan tuntunan dan Peraturan Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Nomor : P.01/VIII-P3KR/2012. Pengukuran cadangan karbon pada mangrove mengacu pada pedoman SNI 7724 (Badan Standardisasi Nasional, 2011). Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan uji korelasi, uji regresi dan uji Anova,

serta dideskripsikan berdasarkan literature terkait.

HASIL DAN PEMBAHASAN
Parameter Lingkungan dan Spesies Mangrove

Parameter lingkungan merupakan salah satu faktor penting bagi setiap organisme untuk dapat melakukan proses berkehidupan, termasuk dalam hal ini kawasan hutan mangrove. Adapun parameter kualitas air di daerah penelitian ini adalah Suhu 29°C, pH 7, Salinitas 30 ‰. Spesies mangrove yang diperoleh dari pada plot pada lokasi penelitian tersebut terdiri dari 3 jenis mangrove (Tabel 1) yakni *Rhizophora stylosa*, *Bruguiera gumnorrhiza*, *Bru*

Tabel 1. Data Spesies Mangrove Pada Lokasi Penelitian.

Transek	Plot	Sub Plot	Spesies Mangrove			Total
			<i>R. stylosa</i>	<i>B. gumnorrhiza</i>	<i>B. parviflora</i>	
1	1	1	-	-	-	0
		2	-	-	-	0
		3	-	-	-	0
	2	1	1	-	-	1
		2	1	1	-	2
		3	-	-	-	0
	3	1	1	-	-	1
		2	1	-	-	1
		3	1	-	-	1
2	1	1	-	-	-	0
		2	-	-	-	0
		3	-	-	-	0
	2	1	-	1	5	6
		2	-	-	-	0
		3	-	-	3	3
	3	1	-	-	-	0
		2	-	-	-	0
		3	3	-	1	4
3	1	1	1	-	-	1
		2	1	-	-	1
		3	1	-	-	1
	2	1	-	-	-	0
		2	1	-	-	1
		3	1	-	-	1
	3	1	1	-	-	1
		2	-	-	-	0
		3	1	-	-	1
Total Individu			15	2	9	26

Keterangan : - , tidak ditemukan tegakan mangrove.

Jumlah tegakan mangrove yang terdapat pada plot di lokasi penelitian adalah 26 individu. Sebanyak 9 individu serta *B. Gumnorrhiza* sebanyak 2 individu. Tegakan mangrove terbanyak terdapat pada transek 2 plot 2 sub plot 1 dengan jumlah 6 individu.

dimana tegakan mangrove terbanyak adalah *R. stylosa* sebanyak 15 individu dan diikuti *B. parviflora* menggambarkan jumlah individu mangrove dalam satuan luas area tertentu (Tabel 2).

Kerapatan Tegakan Mangrove

Kerapatan tegakan mangrove pada lokasi penelitian tersebut

Tabel 2. Kerapatan Mangrove Pada Lokasi Penelitian

Transek	Plot	Sub Plot	Kerapatan Tegakan Mangrove (individu/m ²)
1	1	1	-
		2	-
		3	-
	2	1	0,11
		2	0,22
		3	-
	3	1	0,11
		2	0,11
		3	0,11
2	1	1	-
		2	-
		3	-
	2	1	0,67
		2	-
		3	0,33
	3	1	-
		2	-
		3	0,44
3	1	1	0,11
		2	0,11
		3	0,11
	2	1	-
		2	0,11
		3	0,11
	3	1	0,11
		2	-
		3	0,11

Keterangan : - , tidak ditemukan tegakan mangrove.

Nilai kerapatan mangrove di kawasan konservasi laut daerah di Desa Malang Rapat berkisar antara 0,11 – 0,67 individu/m², dimana nilai kerapatan tegakan mangrove tertinggi terdapat pada transek 2 plot 2 sub plot 1.

Biomassa Mangrove

Nilai biomassa mangrove di kawasan konservasi laut daerah secara sederhana dapat dilihat pada Tabel 3, dimana total biomassa mangrove adalah 8.871,62 Kg, dimana komponen mangrove yang

memiliki biomassa terbesar adalah batang dengan total biomassa 4.477,81 Kg, diikuti akar (3.326,10

Kg), cabang (936,45 Kg) dan daun (131,26 Kg).

Tabel 3. Biomassa Mangrove di Lokasi Penelitian

Transek	Plot	Subplot	Biomassa (kg)				Total
			Daun	Cabang	Batang	Akar	
1	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	1	6,90	29,25	147,30	52,29	235,74
		2	5,94	22,97	114,51	76,06	219,47
		3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	1	9,14	34,19	176,87	55,25	275,44
		2	10,36	38,15	197,93	61,05	307,49
		3	17,13	66,31	340,39	110,47	534,29
2	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	1	44,98	583,22	2.445,45	2.626,41	5.700,06
		2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		3	4,48	44,54	439,93	149,49	638,43
	3	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		3	13,71	59,62	303,96	110,48	487,76
3	1	1	0,93	2,22	12,64	2,54	18,33
		2	4,13	14,73	76,79	23,38	119,04
		3	1,66	3,72	21,41	4,05	30,83
	2	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	7,80	27,55	144,05	43,07	222,48
		3	2,00	4,72	26,90	5,32	38,94
	3	1	0,72	1,53	8,92	1,60	12,77
		2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		3	1,39	3,74	20,76	4,67	30,56
Total Biomassa (Kg)			131,26	936,45	4.477,81	3.326,10	8.871,62

Keterangan : – , tidak ditemukan tegakan mangrove.

Biomassa mangrove yang dikaji pada penelitian ini terdiri dari 4 sumber komponen, yakni biomassa daun, cabang, batang dan akar. Berdasarkan hasil uji ANOVA diketahui bahwa rata-rata biomassa keempat komponen mangrove tersebut berbeda nyata ($p < 0,05$), sehingga dapat dinyatakan bahwa

nilai biomassa batang lebih tinggi daripada nilai biomassa komponen lain dan komponen daun memiliki nilai biomassa terendah.

Biomassa yang ditemukan pada komponen pohon berasal dari proses yang kompleks sebelum didistribusikan dan disimpan oleh tanaman, yakni melalui proses

fotosintesis, CO₂ di udara diserap oleh tanaman dan diubah menjadi karbohidrat, kemudian disebarkan ke seluruh tubuh tanaman dan akhirnya ditimbun dalam tubuh tanaman berupa daun, batang, ranting, bunga dan buah (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Lubis (2011) mengungkapkan bagian terbesar dari biomassa hutan adalah berupa batang-batang pohon yang menyusun tegakan pohon tersebut. Besarnya kandungan kadar air pada setiap bagian pohon (batang, cabang, ranting dan daun) dapat mempengaruhi secara langsung terhadap potensi biomassa atau berat kering setiap bagian pohon disamping berat basahnya. Sedangkan rendahnya kadar air pada bagian batang dikarenakan pada umumnya bagian batang mempunyai zat penyusun kayu yang lebih banyak dibandingkan dengan bagian pohon lainnya (cabang, ranting dan daun). Zat penyusun kayu tersebut dapat menyebabkan bagian rongga sel pada batang banyak oleh komponen penyusun kayu dibandingkan air, sehingga bobot biomassa batang menjadi besar (Widyasari, 2010).

Komponen mangrove yang memiliki nilai biomassa atau berat kering terendah adalah daun. Menurut Kramer dan Kozlowski *dalam* Hilmi (2003), daun adalah unit fotosintesis yang terdiri dari kloroplas yang mengandung beberapa ratus rantai molekul yang dapat menimbulkan banyak rongga yang mudah diisi oleh udara dan air. Pada dasarnya daun mangrove memiliki dinding epidermis yang tebal, memiliki sekulen atau tempat penyimpanan air dalam jaringan dan lapisan kutikula tebal yang bertujuan untuk memperlambat laju hilangnya

air evaporasi, sehingga laju transpirasinya lebih rendah dibandingkan tanaman non salin (Hutching and Saengar *dalam* Hilmi, 2003).

Kadar air daun lebih tinggi dibandingkan bagian pohon lainnya, sedangkan berat jenisnya umumnya lebih rendah dibandingkan bagian pohon lainnya. Faktor yang menyebabkannya adalah karena daun memiliki banyak rongga yang sebagian besar diisi oleh air. Hal ini disebabkan karena daun memiliki jumlah stomata yang banyak dibandingkan bagian pohon lainnya. Banyaknya jumlah stomata akan menyebabkan banyaknya air dari lingkungan yang akan diserap oleh daun, sehingga rongga di daun akan cukup banyak diisi oleh air (Hilmi, 2003).

Biomassa cabang lebih besar daripada biomassa daun, namun lebih kecil daripada biomassa batang dan akar. Bagian cabang tergolong ke dalam jenis kayu juvenil. Kayu juvenil adalah kayu yang berada pada masa transisi dari sifat kayu muda menuju sifat kayu dewasa yang dicirikan dari pembentukan kayu keras pada bagian kambium batang dan secara mikroskopis dapat ditunjukkan dari panjang serat kayu (Efansyah, 2011). Menurut Haygreen dan Bowyer *dalam* Hilmi (2003), kayu juvenile memiliki kualitas kayu yang rendah dibandingkan kayu dewasa, memiliki sedikit sel-sel kayu akhir, sebagian besar selnya memiliki dinding sel yang tipis, serta memiliki kadar selulosa yang rendah, sehingga kayu juvenil memiliki tingkat kerapatan rendah. Hal ini selaras dengan Soares dan Schaeffer-Novelli (2005) yang mengungkapkan bahwa adanya pengurangan jumlah air dari bagian daun ke bagian batang

pohon. Oleh karena itu biomassa cabang lebih rendah dibandingkan biomassa batang.

Biomassa akar lebih besar daripada biomassa cabang dan biomassa daun. Menurut Komiyama *et al.* (2008), besarnya nilai biomassa akar pada tumbuhan di hutan mangrove merupakan bentuk adaptasi untuk dapat bertahan hidup pada substrat sedimen lunak, mangrove tidak akan dapat berdiri tegak menopang biomassa atas (batang, cabang dan daun) tanpa didukung sistem akar yang berat. Selain itu, kelembaban tanah dapat menyebabkan peningkatan alokasi biomassa ke bagian akar (Kramer dan Kozlowski *dalam* Komiyama *et al.*, 2008), yang terjadi akibat peningkatan aktivitas kambial yang disebabkan oleh produksi ethylene

dalam kondisi terendam (Yamamoto *et al. dalam* Komiyama *et al.*, 2008).

Cadangan Karbon pada Mangrove

Nilai rata-rata cadangan karbon mangrove pada lokasi penelitian pada Tabel 4 dapat dijelaskan bahwa total kandungan karbon mangrove pada lokasi penelitian tersebut adalah 4.169,66 Kg yang tersimpan pada 4 komponen dari mangrove, yakni pada daun, cabang, batang dan akar. Berdasarkan hasil uji Anova diketahui bahwa nilai kandungan karbon komponen batang lebih tinggi dari pada nilai kandungan karbon pada komponen lainnya dan komponen daun memiliki nilai kandungan karbon yang rendah (Tabel4).

Tabel 4. Cadangan Karbon Mangrove di Lokasi Penelitian

Transek	Plot	Subplot	Cadangan Karbon (Kg)				Total	
			Daun	Cabang	Batang	Akar		
1	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	2	1	3,24	13,75	69,23	24,58	110,80	
		2	2,79	10,79	53,82	35,75	103,15	
		3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	3	1	4,29	16,07	83,13	25,97	129,46	
		2	4,87	17,93	93,03	28,69	144,52	
		3	8,05	31,17	159,98	51,92	251,12	
	2	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2		1	21,14	274,11	1.149,36	1.234,41	2.679,03	
		2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		3	2,10	20,93	206,77	70,26	300,06	
3		1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		3	6,44	28,02	142,86	51,92	229,25	
3		1	1	0,44	1,05	5,94	1,19	8,61
			2	1,94	6,92	36,09	10,99	55,95
			3	0,78	1,75	10,06	1,90	14,49
	2	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		2	3,67	12,95	67,71	20,24	104,56	
		3	0,94	2,22	12,64	2,50	18,30	
	3	1	0,34	0,72	4,19	0,75	6,00	
		2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		3	0,65	1,76	9,76	2,19	14,36	
	Total Cadangan Karbon			61,69	440,13	2.104,57	1.563,27	4.169,66

Keterangan : - , tidak ditemukan tegakan mangrove.

Sejalan dengan biomassa pada masing-masing komponen mangrove, nilai cadangan karbon yang terbesar pun terdapat pada bagian batang, sedangkan nilai cadangan karbon terendah terdapat pada daun. Batang memiliki kadar karbon yang terbesar karena pada masa pertumbuhan dan masa produktif, pohon menyerap karbon melalui daun dalam proses fotosintesis dan hasilnya langsung disebar ke seluruh bagian pohon yang lain. Menurut Purwitasari (2011), bagian pohon yang mampu menyimpan lebih banyak karbon adalah pada bagian terbesar yaitu batang.

Cadangan karbon pada daun umumnya relatif rendah, karena daun memiliki cadangan abu yang sangat tinggi, dengan zat terbang yang juga relatif tinggi. Cadangan abu yang tinggi disebabkan karena daun merupakan unit fotosintesis yang di dalamnya akan banyak mengandung air dan hara mineral. Besarnya hara mineral tersebut menyebabkan nilai cadangan abunya relatif tinggi, sehingga cadangan karbon menjadi relatif lebih rendah. Cadangan karbon pada bagian cabang relatif lebih rendah dibandingkan dengan batang karena cabang umumnya didominasi oleh kayu gubal dan kayu juvenil. Hilmi (2003) menjelaskan bahwa besarnya cadangan air yang mengisi rongga sel pada cabang mengakibatkan kadar air menjadi lebih tinggi dengan berat jenis menjadi rendah serta sedikitnya komposisi penyusun kayu menyebabkan cadangan karbon pada cabang menjadi rendah.

Akar juga memiliki cadangan karbon yang cukup tinggi, karena mangrove pada umumnya memiliki bobot akar yang berat sebagai mekanisme untuk mempertahankan

tegakan tubuhnya pada substrat lumpur (Komiyama, 2008). Oleh karena besarnya hubungan antara biomassa dengan karbon, dimana semakin besar biomassa maka semakin tinggi cadangan karbon, maka cadangan karbon pada akar relatif tinggi.

Cadangan karbon total di kawasan konservasi laut daerah Kabupaten Bintan ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai cadangan karbon di kawasan penelitian sebelumnya yakni kawasan pesisir pantai Kelurahan Purnama Kota Dumai (Heriyanto dan Amin, 2013) baik pada daerah ekosistem hutan mangrove yang terawat, apalagi yang rusak.

Nilai cadangan karbon di lokasi penelitian ini memiliki cadangan karbon 2 kali lebih banyak daripada cadangan karbon pada ekosistem hutan mangrove di kawasan pesisir pantai Kelurahan Purnama Kota Dumai yang terawat (2.278,41 ton/ha), sementara jika dibandingkan dengan kawasan yang rusaknya (924,87 ton/ha), nilai cadangan di lokasi ini 5 kali lebih besar. Hal ini bisa saja terjadi, karena banyaknya faktor yang mempengaruhi cadangan karbon di setiap kawasan. Faktor yang mempengaruhi biomassa juga akan mempengaruhi kandungan karbon, karena 47 persen dari biomassa mangrove tersusun atas karbon (Badan Standardisasi Nasional, 2011). Menurut Rusolono (2006), kandungan karbon pada vegetasi hutan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu diantaranya iklim, topografi, karakteristik lahan, komposisi dan jenis tanaman dan perbedaan siklus pertumbuhan tanaman.

Tingginya nilai cadangan karbon di kawasan konservasi laut daerah Kabupaten Bintan ini diduga adanya spesies mangrove yang memang memiliki cadangan karbon serta memiliki nilai diameter setinggi dada (DBH) yang besar, dimana pada lokasi penelitian tersebut ditemukan spesies mangrove *B. gymnorrhiza* dengan nilai DBH 73,25 cm.

KESIMPULAN DAN SARAN

Biomassa dan cadangan karbon pada hutan mangrove paling banyak terdapat pada bagian batang pohon mangrove, biomassa dan cadangan karbon terendah terdapat

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat Universitas Riau yang telah memberikan bantuan dana pada penelitian ini melalui DIPA Universitas Riau Tahun Anggaran 2016. Ucapan yang sama juga disampaikan kepada tenaga lapangan dan laboratorium yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional, 2011. SNI 7724 – Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon – Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting). Badan Standardisasi Nasional.

bagian daun. Tingginya potensi biomassa dan cadangan carbon pada ekosistem hutan mangrove menggambarkan besarnya peran ekosistem ini dalam menanggulangi dampak buruk dari pemanasan global dengan cara menyerap karbon dioksida dan menyimpannya dalam bentuk biomassa.

Penelitian ini dapat dilakukan di kawasan hutan mangrove lain atau vegetasi pesisir jenis lainnya untuk memperkaya sumber informasi dan data yang berguna sebagai bahan acuan atau pertimbangan dalam pengambilan kebijakan mengenai pelestarian lingkungan bagi instansi terkait serta negosiasi Indonesia di forum internasional.

Bhattacharjee, P. K. 2010. Global Warming Impact on the Earth. International Journal of Environmental Science and Development. Vol 1 (3) : 219-220. ISSN 2010-0264.

Efansyah, M. N, 2011. Prospek Usaha Bagi Hasil Penanaman Jati Unggul Nusantara (Studi Kasus pada Koperasi Perumahan Wanabhakti Nusantara di Kabupaten Bogor). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 154 hal (tidak diterbitkan).

Hairiah K. dan S. Rahayu, 2007. Pengukuran ‘Karbon Tersimpan’ di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. Bogor. World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Unibraw,

- Indonesia. 77 Hal. ISBN 979-3198-35-4.
- Heriyanto, T. dan Amin, B. 2013. Analisis Serapan Karbon Dioksida pada Ekosistem Hutan Mangrove di Pesisir Pantai Kelurahan Purnama Kota Dumai Provinsi Riau. Prosiding Seminar Nasional Konservasi dan Proteksi Lingkungan. Universitas Riau, Pekanbaru.
- 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). Skripsi Program Pascasarjana Institusi Pertanian Bogor. Bogor. 170 hal (tidak diterbitkan).
- Komiyama, A., J. E. Ong, S. Poungharn, 2008. Allometry, Biomassa and Productivity of Mangrove Forest : A Review. *Aquatic Botany*. Vol. 89 : 128-137.
- Lubis, R. S, 2011. Pendugaan Korelasi antara Karakteristik Tanah Terhadap Cadangan Karbon (Carbon Stok) pada Hutan Sekunder. Skripsi Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor. 59 hal (tidak diterbitkan).
- Murray, B. C., L. Pendleton, W. A. Jenkins, S. Sifleet. 2011. Green Payment for Blue Carbon Economic Incentives for Protecting Threatened Coastal Habitats. Report NI R 11-04. Durham, NC: Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions, Duke University.
- Purwitasari, H., 2011. Model Persamaan Alometrik Biomassa dan Massa Karbon Pohon Akasia Mangium (*Acacia mangium* Willd.) (Studi Kasus pada HTI Akasia mangium di BKPH Parung Panjang, KPH Bogor, Perum Perhutani Unit III, Jawa Barat dan Banten) HANIA. Skripsi pada Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor. 54 hal (tidak diterbitkan).
- Rusolono, T, 2006. Model Pendugaan Persediaan Karbon Tegakan Agroforestri untuk Pengelolaan Hutan Milik Melalui Skema Perdagangan Karbon. Disertasi Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 186 hal (tidak diterbitkan).
- Soares, M. L. G. dan Y. Schaeffer-Novel, 2005. Above-ground Biomass of Mangrove Species. I. Analysis of Models. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Vol 65 : 1-18.
- Sutaryo, D., 2009. Penghitungan Biomassa Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon. Wetlands International Indonesia Programme. 39 hal.

Widyasari, N. A. E, 2010.
Pendugaan Biomassa dan
Potensi Karbon Terikat di
Atas Permukaan Tanah pada
Hutan Gambut Merang Bekas
Terbakar di Sumatera Selatan.
Thesis pada Sekolah Pasca
Sarjana Institut Pertanian
Bogor. Bogor. 98 hal (tidak
diterbitkan).