

Penaksiran Biomassa dan Karbon Tersimpan pada Ekosistem Hutan Mangrove di Kawasan Bandar Bakau Dumai

DESTI ZARLI MANDARI^{1*}, HARIS GUNAWAN², MAYTA NOVALIZA ISDA²

¹Mahasiswa Program S1 Biologi, FMIPA, Universitas Riau

²Dosen Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Riau

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Riau, Kampus Bina Widya Pekanbaru, 288293, Indonesia

*destizarli.mandari@yahoo.co.id

ABSTRAK

Ekosistem hutan mangrove memiliki fungsi sebagai penyerap Karbondioksida (CO₂) dari udara dan menyimpan karbon dalam bentuk biomassa. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2014 hingga Januari 2015, dan bertujuan untuk menentukan jumlah biomassa total atas permukaan dan karbon tersimpan serta kaitannya terhadap tiga kondisi perkembangan hutan mangrove di Kawasan Bandar Bakau, Dumai, Provinsi Riau. Pembuatan plot menggunakan metode petak contoh berukuran 50 x 50 m sebanyak 3 plot di sepanjang garis pantai. Masing-masing plot terdapat 5 (lima) sub-plot (10 x 10 m) yang ditentukan secara acak. Hasil penelitian menunjukkan dari sepanjang garis transek ditemukan 10 jenis mangrove yaitu *Xylocarpus granatum*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Sonneratia alba*, *Lumnitzera racemosa*, *Lumnitzera littorea*, dan *Scyphiphora hydrophyllacea*. Jenis yang mendominasi tegakan mangrove adalah *Xylocarpus granatum* dengan kerapatan 2128 pohon/ha dan *Rhizophora apiculata* dengan kerapatan 1472 pohon/ha. Biomassa total dan kandungan karbon tersimpan tertinggi dihasilkan oleh jenis *X. granatum* dengan Biomassa total sebesar 78,6 ton/ha atau setara dengan 39,3 ton C/ha. Nilai Biomassa total yang dihasilkan dari keseluruhan plot adalah sebesar 115,85 ton/ha dengan total kandungan karbon tersimpan sebesar 57,91 ton C/ha.

Kata kunci: Biomassa atas permukaan, Karbon Tersimpan, Kerapatan Mangrove, *Xylocarpus granatum*

ABSTRACT

Mangrove forest ecosystem has a function as an absorber of Carbon dioxide (CO₂) from the air and store carbon in the form of biomass. The research was conducted in December 2014 until January 2015, and aimed to determine the total amount of above-ground biomass and the carbon stock as well as the relation of the three conditions of the development of mangrove forests in the area of Bandar Bakau, Dumai, Riau Province. The plot was made by using transect line plot method, 50 x 50 m in size with a total of 3 plots along the coastline. Each plot contained 5 (five) sub-plots (10 x 10 m) that randomly determined. The results showed that along the transect line was found 10 species of mangrove, i.e. *Xylocarpus granatum*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Sonneratia alba*, *Lumnitzera racemosa*, *Lumnitzera littorea*, and *Scyphiphora hydrophyllacea*. The vegetation was dominated by *Xylocarpus granatum* with a density of 2128 trees/ha and *Rhizophora apiculata* with a density of 1472 trees/ha. The highest total biomass and carbon stock generated by *X. granatum* with total biomass 78.6 ton/ha equivalent to 39.3 ton of C/ha. The total value of biomass produced from the whole plot is 115.85 ton/ha with a total carbon content stored at 57.91 ton C/ha.

Key words: Above-ground Biomass, Carbon stored, Mangrove density, *Xylocarpus granatum*

PENDAHULUAN

Hutan mangrove umumnya tersebar luas di wilayah tropis dan sedikit di subtropis. Indonesia memiliki luas hutan mangrove antara 2,5 hingga 4,5 juta ha, dan merupakan mangrove yang terluas di

dunia (Spalding *et al.* 1997 dalam Noor *et al.* 1999). Riau termasuk salah satu Provinsi di Indonesia dengan hutan mangrove yang cukup luas, yaitu meliputi areal seluas 234517 ha (Anonim 2012). Kota Dumai merupakan sebuah kota yang berada di pesisir Timur Provinsi Riau dengan total luas wilayah 1772,38 km² (BPS 2012). Salah satu hutan mangrove yang terkenal di Dumai adalah Kawasan Bandar Bakau. Kawasan Bandar Bakau berada di Kelurahan Pangkalan Sesai Kecamatan Dumai Barat Kota Dumai Provinsi Riau, dengan luas areal 41,5 ha dan terbelah menjadi 2 bagian oleh Sungai Dumai yaitu Kawasan Timur seluas 20 ha dan Kawasan Barat sekitar 21,5 ha (PIM 2010).

Kawasan Bandar Bakau saat ini berstatus sebagai kawasan ekowisata yang dikelola oleh organisasi Pecinta Alam Bahari dan dapat digolongkan menjadi beberapa tipe kondisi pertumbuhan mangrove, yaitu kondisi mangrove yang telah ditanam kembali atau sekunder, kondisi tegakan mangrove campuran alami dan sekunder, dan kondisi tegakan mangrove alami di muara sungai. Ketiga kondisi tegakan mangrove tersebut, mangrove yang berada di tepian muara sungai memiliki risiko tertinggi terkena dampak dari lingkungan sekitar. Tekanan yang ditimbulkan oleh adanya kegiatan industri dan pelabuhan-pelabuhan kecil rakyat mengakibatkan terjadinya abrasi sehingga menambah lebar muara sungai dan mengurangi luas area mangrove.

Ekosistem mangrove sebagaimana ekosistem hutan lainnya memiliki peran sebagai penyerap karbondioksida (CO₂) dari udara. Menurut Donato *et al.* (2012), deforestasi dan perubahan tata guna lahan saat ini menyebabkan emisi karbondioksida (CO₂) sekitar 8–20% yang bersumber dari kegiatan manusia di tingkat global, menempati posisi kedua setelah pembakaran bahan bakar fosil. Masalah tersebut dapat diatasi dengan cara meningkatkan peran hutan sebagai penyerap CO₂ melalui sistem pengelolaan hutan alam dan hutan tanaman yang sinergis dengan fungsi sosial dan nilai ekonomi hutan tersebut.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan mengenai potensi karbon tersimpan pada hutan mangrove seperti di Sampang, Madura rata-rata stok karbon pada tegakan *Rhizophora stylosa* adalah sebesar 196,855 ton/ha dengan penyerapan karbon sebesar 721,582 ton CO₂/ha (Imiliyana *et al.* 2012). Hasil ini menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan penelitian yang dilakukan di kawasan hutan mangrove Subelen, Siberut Sumatera Barat yaitu jumlah stok karbon yang diperoleh adalah sebanyak 49,13 ton/ha atau setara dengan 24,56 ton C/ha dengan serapan karbon sebanyak 90,16 ton CO₂/ha (Bismark *et al.* 2008). Rendahnya serapan karbon ini disebabkan rendahnya pengelolaan mangrove di kawasan tersebut berbeda dengan penelitian yang dilakukan di Taman Nasional Alas Purwo, Banyuwangi memperoleh hasil cukup tinggi dengan jumlah stok karbon tertinggi pada tegakan *Rhizophora mucronata* sebesar 217,22 ton/ha setara dengan 108,61 ton C/ha dengan penyerapan karbon sebesar 398,60 ton CO₂/ha (Heriyanto & Subiandono 2011). Dari hasil data – data penelitian menunjukkan bahwa keberadaan hutan mangrove menjadi tidak kalah penting karena mampu mengurangi dampak dari isu pemanasan global dengan kemampuannya dalam menyerap karbondioksida yang tinggi dibandingkan hutan alam sekunder yang hanya mampu menyimpan karbon sebanyak 27.18 ton C/ha dengan serapan karbon sebesar 102,31 ton CO₂/ha (Heriyanto & Siregar 2007). Oleh karena itu, karena adanya perbedaan kondisi hutan mangrove di kawasan Bandar Bakau dengan kawasan yang telah diteliti sebelumnya, maka perlu dilakukan penelitian mengenai taksiran jumlah biomassa total atas permukaan kaitannya dengan potensi serapan karbon di Kawasan Bandar Bakau Dumai.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah biomassa total atas permukaan dan karbon tersimpan serta kaitannya terhadap tiga kondisi perkembangan hutan mangrove di Kawasan Bandar Bakau, Dumai. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan data dasar tentang jumlah biomassa total atas permukaan dan karbon tersimpan kaitannya dengan total akumulasinya dimasa akan datang dalam rangka pengelolaan hutan mangrove sebagai salah satu penyerap emisi karbon penting di Dumai.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2014 hingga Januari 2015, bertempat di kawasan Bandar Bakau yang berada di Kelurahan Pangkalan Sesai Kecamatan Dumai Barat, Kota Dumai, Provinsi Riau.

Prosedur Penelitian

Lokasi penelitian ditentukan dengan metode survey dan pengamatan di lapangan menggunakan metode petak contoh (*Transect Line Plot*). Petak contoh atau plot tersebut ditentukan untuk mengetahui sebaran jenis, diameter dan tinggi vegetasi mangrove. Posisi masing-masing plot diletakkan sejajar garis pantai sesuai dengan kondisi vegetasi di lapangan. Peletakan masing-masing plot yang berukuran 50 x 50 m tersebut berjarak 10 m dari tepi laut dengan posisi vertikal garis pantai. Pada tiap plot terdapat masing-masing 5 (lima) sub-plot berukuran 10 x 10 m dengan jarak yang tidak ditentukan atau acak untuk pengukuran diameter pohon, dan sub-plot berukuran 5 x 5 m untuk pengukuran diameter pancang.

Pengukuran diameter batang pohon dilakukan setinggi dada orang dewasa ($DBH = diameter\ at\ breast\ high = 1,3\ m$ dari permukaan tanah), setiap batang diukur menggunakan pita ukur kemudian diberi nomor atau tanda serta dicatat masing-masing jenisnya. Pengukuran dilakukan dengan cara melilitkan pita pengukur pada batang pohon, dengan posisi pita sejajar untuk semua arah, sehingga data yang diperoleh adalah lingkaran/keliling batang bukan diameter.

Parameter Pengamatan

Penghitungan volume dan berat jenis kayu diperoleh dengan cara memotong cabang yang terbesar dengan ukuran panjang $\pm 10\ cm$, diukur diameter dan berat basah kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu $100^{\circ}C$ selama 48 jam lalu ditimbang berat kering hingga konstan (Rianti 2012). Lalu hitung volume dan berat jenis kayu dengan menggunakan rumus berikut:

$$Volume\ (cm^3) = \pi R^2 T$$

Dimana:

R = jari-jari potongan kayu = $\frac{1}{2} \times$ Diameter (cm); dan

T = panjang kayu (cm) (Imiliyana *et al.* 2012)

$$Berat\ Jenis\ (g\ cm^{-3}) = \frac{Berat\ kering\ (g)}{Volume\ (cm^3)} \quad (Imiliyana\ et\ al.\ 2012)$$

Pengukuran biomassa dan kandungan karbon dilakukan pada seluruh spesies yang dijumpai di plot penelitian dengan menggunakan persamaan umum yang dikembangkan oleh Komiyama *et al.* (2005).

$$W_{top} = 0,251\rho D^{2,46} \quad (Komiyama\ et\ al.\ 2005)$$

Dimana:

W_{top} = Biomassa atas permukaan

ρ = berat jenis pohon

D = diameter pohon setinggi dada (1,3 m dari permukaan tanah)

Kandungan karbon dalam tumbuhan dihitung menggunakan rumus (Brown 1997 dan IPCC 2003):

$$Kandungan\ Karbon = Biomassa \times 50\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Jenis dan Kerapatan

Komposisi Jenis

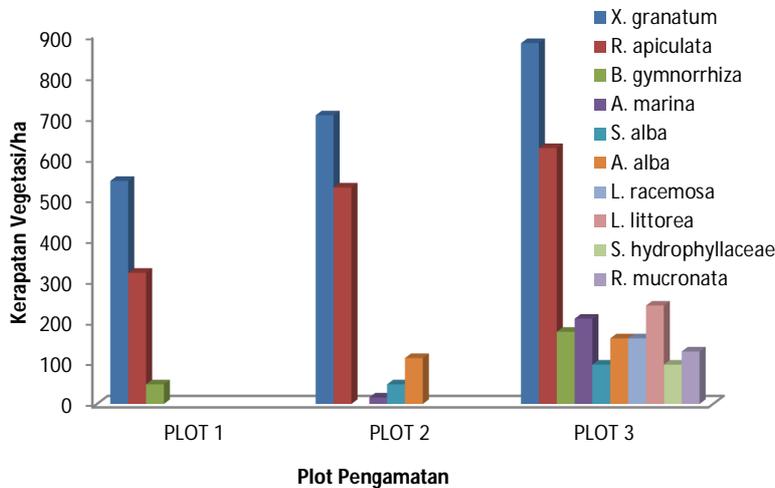
Terdapat 10 jenis mangrove yang teridentifikasi di Kawasan Bandar Bakau Dumai yang berasal dari 6 famili dan termasuk ke dalam kelompok mangrove sejati (Tabel 1). Perbandingan komposisi jenis tiap plot pada Tabel 1 menunjukkan bahwa komposisi jenis di plot 1 sangat rendah dibanding plot 2 dan 3, sedangkan komposisi jenis tertinggi terdapat pada plot 3. Rendahnya komposisi jenis di plot 1 dikarenakan letak plot yang berada di kondisi sekunder atau banyak dari tegakan mangrovenya merupakan tegakan yang sudah ditanam kembali sehingga jenis *Xylocarpus granatum* dan *Rhizophora apiculata* mendominasi di plot ini. Sementara untuk jenis lain masih memiliki diameter dibawah 5 cm sehingga tidak termasuk dalam penelitian. Apabila di suatu daerah hanya didominasi oleh jenis-jenis tertentu saja, maka daerah tersebut dikatakan memiliki keanekaragaman yang rendah.

Tabel 1. Identifikasi Famili dan Jenis Tumbuhan Hutan Mangrove di Kawasan Bandar Bakau Dumai

No	Jenis	Jumlah Individu			Total/ Jenis
		Plot 1	Plot 2	Plot 3	
A	Famili Meliaceae				
1	<i>Xylocarpus granatum</i>	136	176	220	532
B	Famili Rhizophoraceae				
1	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	12	-	44	56
2	<i>Rhizophora apiculata</i>	80	132	156	368
3	<i>Rhizophora mucronata</i>	-	-	32	32
C	Famili Combretaceae				
1	<i>Lumnitzera racemosa</i>	-	-	40	40
2	<i>Lumnitzera littorea</i>	-	-	60	60
D	Famili Avicenniaceae				
1	<i>Avicennia alba</i>	-	28	40	68
2	<i>Avicennia marina</i>	-	4	52	56
E	Famili Sonneratiaceae				
1	<i>Sonneratia alba</i>	-	12	24	36
F	Famili Rubiaceae				
1	<i>Scyphiphora hydrophyllaceae</i>	-	-	24	24
Total		228	352	692	1272

Kerapatan

Kerapatan vegetasi di plot 1 merupakan yang terendah dikarenakan jumlah tegakan pohon yang sedikit dibandingkan dengan plot lainnya dan kerapatan yang tertinggi adalah pada plot 3 (Gambar 1).



Gambar 1. Kerapatan Jenis Vegetasi Mangrove pada 3 Plot Penelitian di Kawasan Bandar Bakau Dumai.

Total kerapatan vegetasi dari ketiga plot di kawasan Bandar Bakau diperoleh sebesar 5.088 pohon/ha, lebih rendah jika dibandingkan dengan kerapatan pohon pada penelitian Rianti (2012) dengan kerapatan pohon sebesar 5.636 pohon/ha di kawasan hutan mangrove *Marine Station*, Kec. Dumai Barat, Kota Dumai. Hal ini dikarenakan kawasan *Marine station* ini masih terbelang alami (Rianti 2012), berbeda dengan kawasan Bandar Bakau yang sudah dijadikan sebagai kawasan ekowisata (Dinas Pariwisata Kota Dumai 2013).

Biomassa dan Karbon Tersimpan

Biomassa merupakan total jumlah materi hidup di atas permukaan pada suatu pohon dan dinyatakan dengan satuan ton berat kering per satuan luas (Brown 1997). Biomassa tegakan hutan mangrove dihitung menggunakan persamaan allometrik yang telah ditetapkan dan dikembangkan oleh peneliti-peneliti sebelumnya (Kauffman & Donato 2012). Biomassa suatu tegakan dapat dihitung dengan menggunakan beberapa variabel seperti data diameter dan tinggi pohon, namun dalam penelitian ini hanya menggunakan data diameter batang pohon setinggi dada (DBH). Persamaan allometrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah persamaan umum oleh Komiyama *et al.* (2005).

Rata-rata biomassa per plot yang diperoleh dari ketiga plot pengamatan adalah sebesar 38,62 ton/ha dengan kandungan karbon atau jumlah karbon tersimpan sebesar 19,30 ton C/ha (Tabel 2). Nilai biomassa terbesar terdapat pada plot 2 dan yang terendah adalah pada plot 1. Meskipun komposisi jenis dan kerapatan pohon tertinggi terdapat pada plot 3, namun nilai biomassa tertinggi diperoleh pada plot 2 dikarenakan rerata diameter per jenis yang ditemukan di plot 2 lebih tinggi dibandingkan plot lainnya seperti yang dijelaskan oleh Hairiah & Rahayu (2007) bahwa nilai biomassa dan kandungan karbon tersimpan berbeda-beda pada berbagai ekosistem, tergantung pada keragaman dan kerapatan tumbuhan yang ada, jenis tanah, serta cara pengelolaan pada ekosistem tersebut.

Tabel 2. Biomassa dan Kandungan Karbon Tersimpan Hutan Mangrove di Kawasan Bandar Bakau Dumai

Plot	Jenis	Kerapatan/ha	Rerata Diameter	Biomassa (ton/ha)	Kandungan Karbon (ton/ha)
Plot 1	<i>Xylocarpus granatum</i>	544	10,92	23,67	11,84
	<i>Rhizophora apiculata</i>	320	9,83	3,61	1,81
	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	48	5,97	0,15	0,07
	Total	912	-	27,43	13,72
Plot 2	<i>Xylocarpus granatum</i>	704	9,7	33,72	16,86
	<i>Rhizophora apiculata</i>	528	10,14	12,11	6,05
	<i>Avicennia marina</i>	16	5,25	1,39	0,69
	<i>Sonneratia alba</i>	48	7,78	0,29	0,14
	<i>Avicennia alba</i>	112	9,08	0,04	0,02
Total	1408	-	47,55	23,76	
Plot 3	<i>Xylocarpus granatum</i>	880	8,75	21,21	10,6
	<i>Rhizophora mucronata</i>	128	6,54	0,68	0,34
	<i>Rhizophora apiculata</i>	624	8,69	9,3	4,65
	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	176	5,7	0,64	0,32
	<i>Lumnitzera racemosa</i>	160	6,26	1,02	0,51
	<i>Lumnitzera littorea</i>	240	7,05	3,31	1,65
	<i>Avicennia alba</i>	160	8,85	1,64	0,82
	<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	96	6,54	0,46	0,23
	<i>Sonneratia alba</i>	96	8,87	0,76	0,38
	<i>Avicennia marina</i>	208	8,51	1,85	0,93
Total	2768	-	40,87	20,43	
Rerata	1696	8,02	38,62	19,30	
Total/ha	5088	-	115,85	57,91	

Biomassa total yang diperoleh dari ketiga plot adalah sebesar 115,85 ton/ha dengan total kandungan karbon tersimpan sebesar 57,91 ton C/ha (Tabel 2). Hasil tersebut tidak dapat dikategorikan besar, namun lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan di kawasan hutan mangrove Subelen, Siberut Sumatera Barat yaitu jumlah stok karbon yang diperoleh adalah sebanyak 49,13 ton/ha atau setara dengan 24,56 ton C/ha dengan serapan karbon sebanyak 90,16 ton CO₂/ha (Bismark *et al.* 2008), namun lebih kecil dibandingkan dengan hasil penelitian Rianti (2012) yang telah dilakukan di hutan mangrove Marine Station Dumai yaitu diperoleh biomassa total sebesar 139,11 ton/ha atau setara dengan kandungan karbon sebesar 69,56 ton C/ha.

Nilai biomassa tertinggi pada tiap plot berasal dari jenis *Xylocarpus granatum* yaitu sebesar 78,6 ton/ha atau setara dengan kandungan karbon sebesar 39,3 ton C/ha karena jenis ini dapat ditemukan di ketiga plot pengamatan dan memiliki jumlah tegakan yang paling banyak diantara jenis lainnya. Banyaknya tegakan *Xylocarpus granatum* ini di ketiga plot dikarenakan penelitian berada di zona yang sudah mengarah ke daratan (Kordi 2012). Berbeda dengan penelitian Heriyanto & Subiandono (2011), nilai biomassa tertinggi dihasilkan oleh jenis *R. mucronata* dengan nilai sebesar 217,22 ton/ha setara dengan simpanan karbon sebesar 108,61 ton C/ha.

Nilai biomassa selain dipengaruhi oleh kerapatan pohon juga di pengaruhi oleh besarnya diameter pohon itu sendiri, hal ini dikarenakan semakin besar diameter suatu pohon maka nilai biomasnya juga akan semakin besar. Pengaruh dari tingginya nilai diameter batang terhadap nilai biomassa suatu tegakan pohon sangat besar dibanding dengan kerapatan sejalan dengan pendapat Adinugroho (2001) bahwa terdapat hubungan erat antara dimensi pohon (diameter dan tinggi) dengan biomasnya terutama dengan diameter pohon. Seiring pertumbuhan suatu tegakan pohon maka akan menghasilkan nilai biomassa dan karbon tersimpan yang besar pula karena terjadi penyerapan CO₂ dari atmosfer melalui proses fotosintesis menghasilkan biomassa yang kemudian dialokasikan ke daun, ranting, batang dan akar yang mengakibatkan penambahan diameter serta tinggi pohon.

Nilai biomassa yang telah diperoleh dapat menunjukkan berapa banyak kandungan karbon yang tersedia atau tersimpan pada suatu tegakan. Dikarenakan hampir 50% dari biomassa suatu tumbuhan tersusun oleh unsur karbon (Brown 1997). Untuk itu semakin besar nilai biomasnya, maka kandungan karbon tersimpan juga akan semakin besar. Bila suatu hutan diubah fungsinya menjadi lahan pertanian, perkebunan, dan kawasan industri, maka jumlah karbon yang tersimpan akan semakin merosot atau berkurang bahkan hilang sehingga karbon terlepas atau terjadi emisi karbon yang apabila terjadi terus menerus akan berujung pada meningkatnya jumlah karbondioksida di udara sehingga menyebabkan pemanasan global. Untuk itu setelah diperoleh hasil perhitungan biomassa total di Kawasan Bandar Bakau yang masih terbilang rendah ini, menunjukkan bahwa diperlukan usaha untuk mempertahankan keutuhan hutan alami, dan menanam kembali pohon-pohon asli hutan mangrove tersebut.

Nilai biomassa yang diperoleh pada penelitian di kawasan Bandar Bakau ini yaitu 115,85 ton/ha menunjukkan nilai yang tidak terlalu tinggi, sehingga di kawasan tersebut masih memerlukan pengelolaan yang lebih intensif. Menurut Dharmawan *et al.* (2008) tinggi rendahnya nilai biomassa yang dihasilkan suatu ekosistem mangrove disebabkan oleh tingkat kesuburan tanah dan kerapatan pohon yang terdapat di kawasan tersebut. Namun setidaknya, jika dalam 1 ha lahan di kawasan tersebut mampu menghasilkan biomassa sebesar 115,85 ton/ha dan menyimpan sebanyak 57,91 ton C/ha, maka areal kawasan yang luasnya mencapai 21,5 ha ini mampu menghasilkan biomassa sebesar 2490,77 ton/21,5 ha atau mampu menyimpan cadangan karbon sebanyak 1245,06 ton. Sehingga mangrove yang berada di kawasan tersebut mampu mengurangi kandungan CO₂ di atmosfer dengan cara menyerap dan menyimpan dalam bentuk cadangan karbon terutama karbohidrat melalui proses fotosintesis.

KESIMPULAN

Nilai biomassa yang dihasilkan dari penelitian di kawasan bandar bakau adalah sebesar 115,85 ton/ha atau mampu menyimpan cadangan karbon sebanyak 57,91 ton C/ha. Plot 2 menunjukkan nilai biomassa yang tertinggi dibandingkan dengan plot 1 & 3 yaitu sebesar 47,55 ton C/ha, hal ini menunjukkan bahwa kondisi vegetasi yang alami menghasilkan nilai biomassa yang lebih tinggi dibandingkan dengan biomassa yang dihasilkan oleh plot 1 yang memiliki kondisi vegetasi tegakan sekunder

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Riau dan Pecinta Alam Bahari Club yang telah banyak membantu selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho CW & Sidiyasa Kade. 2001. Model Pendugaan Biomassa Pohon Mahoni (*Swietenia macrophylla* King) di atas Permukaan Tanah. Jurnal penelitian Hutan dan Konservasi alam Vol III No.1 hal: 103 – 117.
- Anonim. 2012. Statistik Dinas Kehutanan Propinsi Riau 2006. (Ed). Seksi Pemantauan, Pendataan dan Evaluasi, Subdinas Perencanaan Hutan. Dinas Kehutanan Propinsi Riau.
- Badan Pusat Statistik. 2012. Geografi dan Iklim, Luas Wilayah Kota Dumai. BPS. Dumai.
- Bismark M, Subiandono E, Heriyanto NM. 2008. Keragaman dan Potensi Jenis serta Kandungan Karbon Hutan Mangrove di Sungai Subelen Siberut, Sumatera Barat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 5(3): 297-306.
- Brown S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. (FAO Forestry Paper - 134). FAO. Rome.
- Dharmawan IWS & Siregar CA. 2008. Karbon Tanah dan Pendugaan Karbon Tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh di Ciasem, Purwakarta. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam 5, 317-328.
- Dinas Pariwisata Kota Dumai. 2013. Jenis dan Nama Objek Wisata di Kota Dumai.
- Donato DC, Kauffman JB, Murdiyarto D, Kurnianto S, Stidham M, Kanninen M. 2012. Mangrove Adalah Salah Satu Hutan Terkaya Karbon di Kawasan Tropis. *Nature Geoscience*. DOI: 10.1038
- Hairiah K & Rahayu S. 2007. Pengukuran 'Karbon Tersimpan' di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. World Agroforestry Centre. Bogor.
- Heriyanto NM & CA Siregar. 2007. Keragaman Jenis dan Konservasi Karbon pada Hutan Sekunder Muda di Maribaya, Bogor. *Info Hutan* 4 (3) : 283-291.
- Heriyanto NM & Subandono E. 2012. Komposisi dan Struktur Tegakan, Biomassa, dan Potensi Kandungan Karbon Hutan Mangrove di Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 9 (1): 023-032.
- Imiliyana A, Muryono M, Purnobasuki H. 2012. Estimasi Stok Karbon pada Tegakan Pohon *Rhizophora stylosa* di Pantai Camplong, Sampang-Madura. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- International Panel on Climate Change. 2003. IPCC Guidelines for Nation Greenhouse Inventories : Reference manual IPCC. IPCC.
- Kauffman JB & Donato DC. 2012. Protocols for the Measurement, Monitoring and Reporting of Structure, Biomass and Carbon Stocks in Mangrove Forests. Working Paper 86. CIFOR. Bogor.
- Komiyama A, Pongpan S, Kato S. 2005. Common Allometric Equations for Estimating the Tree Weight of Mangroves. *Journal of Tropical Ecology*. 21: 471-477.
- Kordi KGH. 2012. Ekosistem Mangrove: Potensi, Fungsi, dan Pengelolaan. Rineka Cipta. Jakarta.
- Noor YR, Khazali M, Suryadiputra INN. 2006. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PHKA/WI-IP. Bogor.
- Pusat Informasi Mangrove. 2010. Hutan Mangrove Muara Sungai Dumai. <http://mangrovedumai.blogspot.com/2011/06/hutan-mangrove-muara-sungai-dumai.html>. [Diakses pada 18 September 2014].
- Rianti AP. 2012. Potensi Karbon Tersimpan Tegakan Hutan Mangrove *Marine Station* Kecamatan Dumai Barat, Kota Dumai [Skripsi]. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau.