

# ANALYSIS OF BIOMASS AND CARBON STOCK ON MANGROVE FOREST ECOSYSTEM THE TELUK PULAI, VILLAGE OF PASIR LIMAU KAPAS, ROKAN HILIR RIAU PROVINCE

By

Muhammad Syarif<sup>1</sup>, Irvina Nurrachmi<sup>2</sup>, Efriyeldi<sup>2</sup>

Marine Science, Faculty of Fisheries and Marine Science  
Riau University, Pekanbaru, Riau Province  
m.syarif13041992@gmail.com

## ABSTRACT

This research was conducted in April 2016. Sampling was conducted on mangrove forest ecosystems in Teluk Pulai Pasir Limau Kapas Rokan Hilir in Riau Province. The purpose of the research is to analyze the content of carbon in mangrove forest ecosystems as well as to determine the ability to these ecosystems to store carbon per unit area of mangrove forest area in the village of Teluk Pulai. The method used in this study is a survey method, which observation and sampling on the field and do the samples analyzed in the laboratory. Based on the average yield of total biomass of mangrove highest at station 1 is 198.58 ton/ha while the lowest was at station 3 is 68.80 tons/ha. The average yield of total carbon stocks are highest in station 1 with a value of 300.31 tons/ha while the total carbon stock was lowest for the station 3 with a value of 222.74 tons/ha.

Keyword: Teluk Pulai, Mangrove, Biomass, Carbon

- 
- 1) Student of the Faculty of Fisheries and Marine Sciences, University of Riau
  - 2) Lectures Faculty of Fisheries and Marine Sciences, University of Riau

## PENDAHULUAN

Pemanasan global (*Global Warming*) pada dasarnya merupakan fenomena peningkatan temperatur global dari tahun ke tahun karena terjadinya efek rumah kaca (*green house effect*) yang disebabkan oleh meningkatnya emisi gas-gas seperti karbondioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dinitrooksida (N<sub>2</sub>O) dan CFC (*Chloro Fluoro Carbon*) sehingga energi matahari terperangkap dalam atmosfer bumi. Pemanasan global menimbulkan dampak yang luas dan serius bagi lingkungan seperti pelelehan es di kutub, kenaikan muka air laut, perluasan gurun pasir dan perubahan iklim (Imiliyana *et al.*, 2012).

Hutan berperan dalam upaya peningkatan penyerapan CO<sub>2</sub> dimana dengan bantuan cahaya matahari dan air dari tanah, vegetasi yang berklorofil mampu menyerap CO<sub>2</sub> dari atmosfer melalui fotosintesis. Hasil fotosintesis ini antara lain disimpan dalam bentuk biomassa yang menjadikan vegetasi tumbuh menjadi besar atau makin tinggi. Pertumbuhan ini akan berlangsung terus sampai vegetasi tersebut secara fisiologis berhenti tumbuh atau dipanen. Secara umum hutan dengan “net growth” (terutama dari pohon-pohon yang sedang berada pada fase

pertumbuhan) mampu menyerap lebih banyak CO<sub>2</sub>, sedangkan hutan dewasa dengan pertumbuhan yang kecil hanya menyimpan stock karbon tetapi tidak dapat menyerap CO<sub>2</sub> berlebih/ekstra. Dengan adanya hutan yang lestari maka jumlah karbon (C) yang disimpan akan semakin banyak dan semakin lama. Oleh karena itu, kegiatan penanaman vegetasi pada lahan yang kosong atau merehabilitasi hutan yang rusak akan membantu menyerap kelebihan CO<sub>2</sub> atmosfer (Adinugroho *et al.*, 2006).

Teluk Pulai salah satu desa yang memiliki ekosistem hutan mangrove yang cukup luas, namun hutan mangrove di daerah ini telah mengalami degradasi atau perubahan yang diakibatkan kegiatan manusia. Penelitian mengenai analisis biomassa dan cadangan karbon pada mangrove juga pernah dilakukan oleh Heriyanto dan Amin (2013) di Dumai dan Massugito (2015) di Kuala Indragiri, namun penelitian mengenai peran ekologis lain sebagai ekosistem yang mampu menyerap karbon (CO<sub>2</sub>) dari atmosfer masih jarang dilakukan. Disisi lain, penelitian ini belum pernah dilakukan di daerah Teluk Pulai, sehingga data mengenai cadangan karbon hutan mangrove di daerah ini belum ada. Oleh sebab itu, peneliti ingin mengetahui biomassa dan cadangan karbon hutan mangrove di kawasan Desa Teluk Pulai Kecamatan Pasir Limau Kapas Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kandungan karbon pada ekosistem hutan mangrove serta untuk mengetahui kemampuan ekosistem tersebut menyimpan karbon per satuan luas area hutan mangrove di Desa Teluk Pulai.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan April 2016. Pengambilan sampel dilakukan pada ekosistem hutan mangrove di Desa Teluk Pulai Kecamatan Pasir Limau Kapas Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau (Gambar 1). Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Laut Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *survey*, yaitu melakukan pengamatan dan pengambilan sampel langsung di lapangan dan dilakukan analisis di laboratorium. Penentuan stasiun pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling*, yaitu menentukan lokasi penelitian secara sengaja dengan mempertimbangkan dan memperhatikan kondisi daerah penelitian di sekitarnya. Lokasi penelitian terbagi atas 3 stasiun yang dianggap dapat mewakili kawasan ekosistem mangrove di wilayah Desa Teluk Pulau. Stasiun 1 terletak di kawasan hutan mangrove alami atau relatif baik, Stasiun 2 terletak di kawasan hutan mangrove yang berada diantara kawasan hutan mangrove alami dan kawasan hutan yang berada berdekatan dengan pemukiman penduduk. Stasiun 3 terletak di kawasan hutan mangrove yang terpengaruh oleh aktivitas antropogenik manusia karena berada berdekatan dengan pemukiman penduduk.

Pengambilan sampel mangrove dilakukan menggunakan metode transek petakan kuadran atau petakan contoh (*transect plot*). Pada setiap stasiun ditempatkan tiga transek yang tegak lurus dengan garis pantai, yaitu dengan cara menarik garis transek dari daratan ke arah laut dengan panjang sekitar  $\pm 100$  m. Jarak antar plot sekitar  $\pm 50$  m. Setiap garis transek 1 plot, ukuran  $9 \times 9 \text{ m}^2$  yang dibagi menjadi 9 buah petakan sub plot dengan ukuran  $3 \times 3 \text{ m}^2$ . Data diambil dari 3 sub plot yang ditentukan secara acak, sehingga masing-masing sub plot memiliki peluang sama. Pada sub plot terpilih dilakukan penghitungan jumlah pohon mangrove dan pengukuran diameter pohon setinggi dada (DBH) serta kemudian dicatat jenisnya.

Kerapatan (*density*) yang memberikan gambaran jumlah individu per hektar dihitung dengan rumus yang mengacu pada (Badan Standardisasi Nasional, 2011). Sebagai berikut :

$$K = \frac{I}{L_{plot}} \times 10.000$$

Keterangan :

K = Kerapatan suatu jenis (Individu/ha).

I = Jumlah individu

L<sub>plot</sub> = Luas seluruh plot ( $\text{m}^2$ )

Pengukuran biomassa mangrove di atas permukaan tanah dapat dilakukan dengan mengacu pada (Lugina *et al.*, 2011) yakni:

$$BJ \text{ g cm}^{-3} = \frac{\text{Berat Kering (g)}}{\text{Volume (cm}^3)} \quad \text{Volume cm}^3 = \pi R^2 T$$

Dimana:

R = jari-jari potongan kayu (cm); T = panjang kayu (cm)

Biomassa pohon dihitung dengan menggunakan persamaan allometrik. Persamaan allometrik yang digunakan mengacu pada Hairiah *dalam* Lugina *et al.* (2011) yakni:

$$BK = 0,11 \rho D^{2,62}$$

Keterangan: BK = Berat Kering

$\rho$  = BJ Kayu ( $\text{g/cm}^3$ ) dan

D = Diameter Pohon (cm)

Perhitungan karbon dari biomassa menggunakan rumus yang mengacu pada (Badan Standardisasi Nasional, 2011) yaitu:

$$C_b = B \times \%C \text{ organik}$$

Keterangan:

$C_b$  = kandungan karbon dari biomassa, dinyatakan dalam kilogram (kg);

$B$  = total biomassa, dinyatakan dalam (kg);

$\%C \text{ organik}$  = nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau menggunakan nilai persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium.

Perhitungan karbon organik tanah menggunakan rumus yang mengacu pada Badan Standardisasi Nasional (2011) yaitu:

$$C_t = K_d \times \rho \times \%C \text{ organik}$$

Keterangan:

$C_t$  = adalah kandungan karbon tanah, dinyatakan dalam gram ( $\text{g/cm}^2$ );

$K_d$  = adalah kedalaman contoh tanah/kedalaman tanah, dinyatakan dalam sentimeter (cm);

$\rho$  = adalah kerapatan lindak (*bulk density*), dinyatakan dalam gram ( $\text{g/cm}^3$ )

$\%C_{\text{organik}}$  = adalah nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau menggunakan nilai persentase karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium.

Perhitungan cadangan karbon per hektar untuk biomassa dapat menggunakan rumus yang mengacu pada Badan Standardisasi Nasional (2011) yaitu:

$$C_n = \frac{C_x}{1000} \times \frac{10000}{l_{\text{plot}}}$$

Keterangan:

$C_n$  = adalah kandungan karbon per hektar pada masing-masing *carbon pool* pada tiap plot, dinyatakan dalam ton hektar (ton/ha);

$C_x$  = adalah kandungan karbon pada masing-masing *carbon pool* pada tiap plot, dinyatakan dalam kilogram (kg);

$l_{\text{plot}}$  = adalah luas plot pada masing-masing *pool*, dinyatakan dalam meter persegi ( $\text{m}^2$ ).

Perhitungan kandungan karbon organik tanah per hektar dapat menggunakan rumus yang mengacu pada (Badan Standardisasi Nasional, 2011) yaitu:

$$C_{\text{tanah}} = C_t \times 100$$

Keterangan:

$C_{\text{tanah}}$  = adalah kandungan karbon organik tanah per hektar, dinyatakan dalam ton per hektar (ton/ha);

$C_t$  = adalah kandungan karbon tanah, dinyatakan dalam gram ( $\text{g/cm}^2$ );

100 = adalah faktor konversi dari  $\text{g/cm}^2$  ke ton/ha.

Perhitungan cadangan karbon total menggunakan rumus yang mengacu pada (Lugina *et al.*, 2011) yaitu:

$$C_{\text{total}} = C_n + C_{\text{tanah}}$$

Keterangan:

$C_{\text{total}}$  = adalah cadangan karbon total, dinyatakan dalam ton per hektar (ton/ha);

$C_n$  = adalah karbon per hektar pada masing-masing *carbon pool* pada tiap plot, dinyatakan dalam ton per hektar (ton/ha);

$C_{\text{tanah}}$  = adalah kandungan karbon organik tanah per hektar, dinyatakan dalam ton per hektar (ton/ha).

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan dan analisis di laboratorium kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, setelah itu dilakukan Uji ANOVA untuk membandingkan kandungan karbon total antar stasiun. Apabila terdapat perbedaan antar stasiun, maka selanjutnya dilakukan uji LSD (*Least Significance Different*). Pengolahan data dengan menggunakan *software SPSS (Statistical Package for the Social Science)* versi 17.

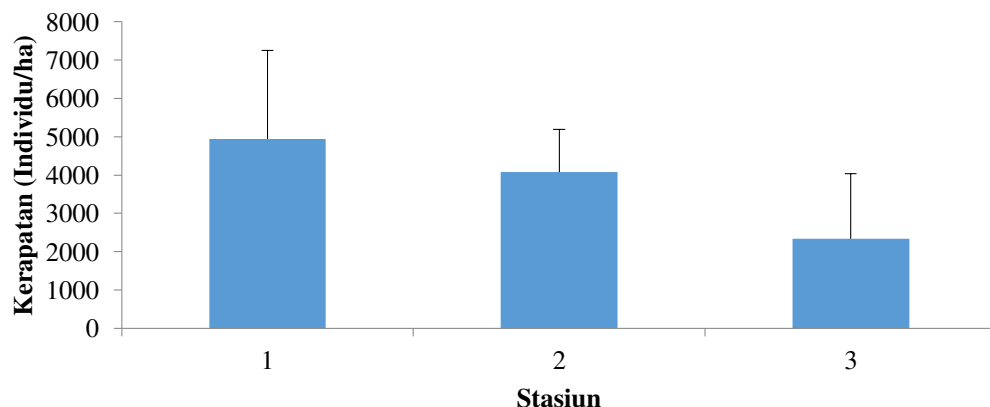
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi Vegetasi Mangrove

Vegetasi mangrove yang ditemukan di stasiun penelitian terdiri atas 5 spesies, yang meliputi: dua spesies dari genus *Avicennia* (*Avicennia alba* dan *Avicennia marina*), satu spesies dari genus *Bruguiera* (*Bruguiera gymnorhiza*), Genus *Rhizophora* (*Rhizophora apiculata*) dan Genus *Xylocarpus* (*Xylocarpus granatum*).

### Kerapatan Tegakan Mangrove

Kerapatan dan tegakan mangrove suatu wilayah dapat mempengaruhi kondisi lingkungan seperti kesuburan tanah, mencegah terjadinya pengikisan daratan terhadap air laut, dan menandakan perubahan suatu kawasan, apakah mengalami kerusakan atau belum mengalami kerusakan. Kerapatan tegakan mangrove pada stasiun penelitian dapat dilihat Gambar 2.



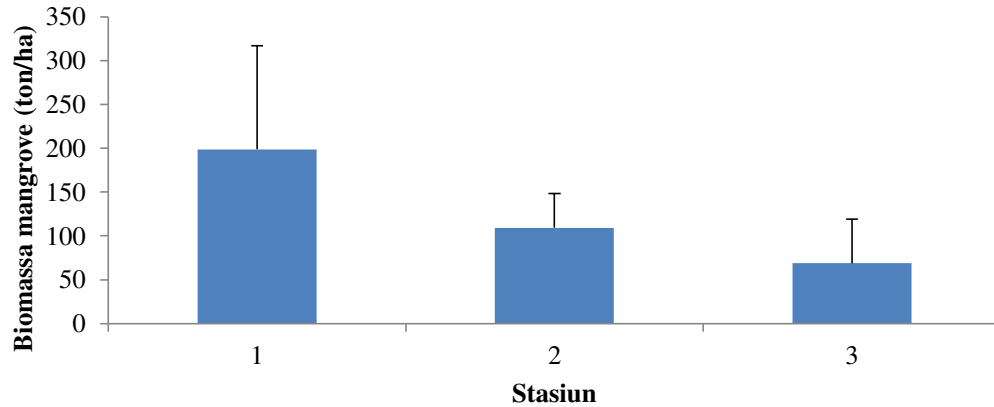
Gambar 2. Rata-rata Kerapatan Mangrove pada Stasiun

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa Stasiun 1 memiliki rata-rata kerapatan tegakan mangrove yang tertinggi, yakni 4938,27 individu/ha.

Sedangkan rata-rata kerapatan tegakan mangrove yang terendah terdapat pada Stasiun 3 dengan nilai 2345,68 individu/ha

### **Biomassa Mangrove**

Data biomassa mangrove yang diperoleh selama penelitian pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan Rata-rata Biomassa Mangrove pada setiap Stasiun

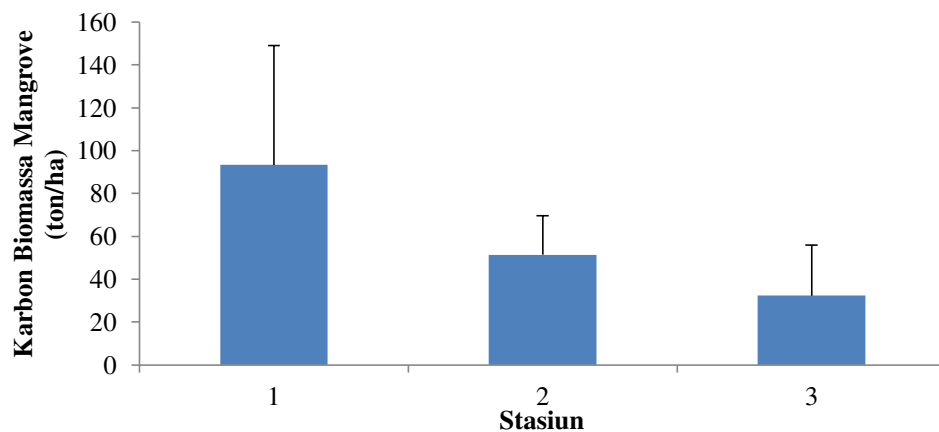
Berdasarkan gambar di atas nilai rata-rata biomassa mangrove paling tinggi terdapat di Stasiun 1 sebanyak 198,58 ton/ha dan rata-rata biomassa mangrove paling sedikit terdapat di Stasiun 3 sebanyak 68,80 ton/ha. Menurut Rahayu *et al.* (2007), suatu sistem penggunaan lahan yang terdiri dari pohon dengan spesies yang mempunyai nilai kerapatan kayu tinggi, biomasnya akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan lahan yang mempunyai spesies dengan nilai kerapatan rendah. Sugirahayu (2011) menyatakan bahwa perbedaan biomassa di masing-masing penutupan lahan dipengaruhi oleh jumlah dan kerapatan pohon, jenis pohon, faktor lingkungan yang meliputi penyinaran matahari, kadar air, suhu dan kesuburan tanah yang mempengaruhi laju fotosintesis.

Imiliyana *et al.* (2012) menyatakan bahwa biomassa akan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya usia tanaman, hal ini disebabkan karena diameter pohon mengalami pertumbuhan melalui pembelahan sel yang berlangsung secara terus menerus dan akan semakin lambat pada umur tertentu. Pertumbuhan tersebut terjadi di dalam cambium arah radial sehingga terbentuk sel-sel baru yang akan menambah diameter diidapatkan. Menurut Agus *et al.* (2011), secara umum biomassa bagian-bagian tumbuhan (biomassa daun, biomassa cabang, biomassa batang dan biomassa akar) berkorelasi positif dengan diameter dan tinggi total pohon tersebut. Korelasi positif biomassa bagian pohon lebih besar terjadi dalam hubungan dengan diameter pohon dibandingkan dengan tinggi total. Dari korelasi positif tersebut dapat diartikan bahwa peningkatan diameter tumbuhan atau tinggi total tumbuhan akan diikuti pula dengan peningkatan biomassa pada setiap bagian-bagian tumbuhan tersebut

### **Kandungan Karbon**

#### **1. Kandungan Karbon Biomassa Mangrove**

Hasil penelitian yang telah dilakukan di dapatkan kandungan karbon biomassa mangrove pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 4.

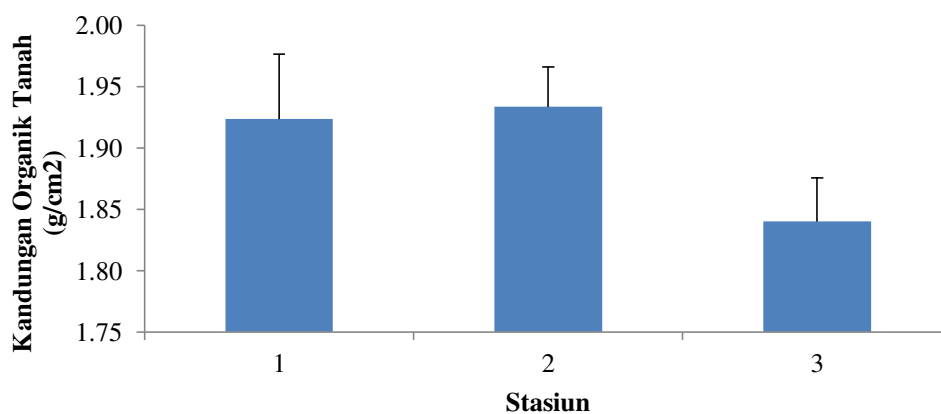


Gambar 4. Perbandingan Rata-rata Kandungan Karbon Biomassa Mangrove pada Setiap Stasiun

Pada Gambar 4 terlihat nilai rata-rata karbon biomassa mangrove paling tinggi terdapat di Stasiun 1 sebanyak 93,33 ton/ha dan rata-rata karbon biomassa mangrove paling sedikit terdapat di stasiun 3 sebanyak 32,34 ton/ha. Chanan (2012) menyatakan bahwa setiap penambahan kandungan biomassa akan diikuti oleh penambahan kandungan karbon, hal ini menjelaskan bahwa karbon dan biomassa memiliki korelasi yang positif sehingga apapun yang menyebabkan peningkatan ataupun penurunan biomassa maka akan menyebabkan peningkatan atau penurunan kandungan karbon. Fathoni (2010) menyatakan bahwa cadangan karbon pada berbagai jenis dan umur tanaman berbeda-beda maka cadangan karbon dan kandungan biomassa cenderung semakin besar dengan meningkatnya umur tanaman

## 2. Kandungan Organik Tanah

Hasil kandungan karbon biomassa dapat dilihat pada Gambar 5.



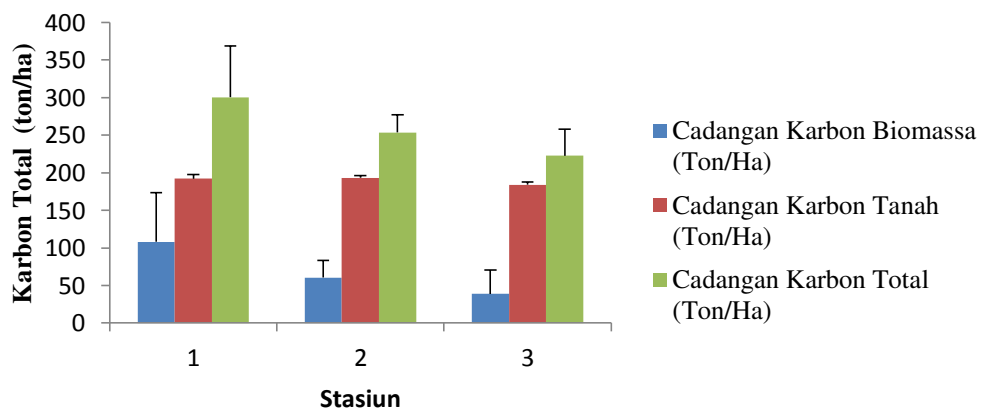
Gambar 5. Perbandingan Rata-rata Kandungan Karbon Organik Tanah pada Setiap Stasiun

Berdasarkan gambar di atas nilai rata kandungan organik tanah paling tinggi terdapat di Stasiun 2 sebanyak 1,93 g/cm<sup>2</sup> dan rata-rata kandungan organik tanah paling sedikit terdapat di Stasiun 3 sebanyak 1,84 g/cm<sup>2</sup>. Menurut Heriyanto dan Amin (2013), sumber karbon organik tanah berasal dari serasah (daun dan

cabang), biota dan bagian tubuh tanaman yang mati seperti akar. Siarudin *et al.* (2008) menyatakan bahwa serasah tanah berasal dari bahan-bahan organik berupa daun, ranting, cabang, buah, batang maupun fauna yang jatuh di tanah. Bahan-bahan tersebut apabila terdekomposisi oleh mikroorganisme akan termineralisasi menjadi unsur-unsur yang siap digunakan oleh tanaman. Menurut Widyati (2013), mikroorganisme tanah memainkan beberapa peranan penting mendekomposisi bahan organik. Salah satu proses dalam tanah yang sangat tergantung pada organisme tanah adalah dalam proses daur bahan organik. Bahan organik merupakan produk langsung dari gabungan aktifitas kimia tumbuhan dan mikroorganisme. Menurut Lubis (2011), Hasil dari proses bakteri ini akan membantu tanaman dalam mendapatkan nitrogen di atmosfer sehingga nantinya nitrogen tersebut dapat digunakan oleh tanaman.

### Cadangan Karbon Biomassa, Karbon Organik Tanah dan Cadangan Karbon Total per Hektar pada Setiap Stasiun

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Kawasan Desa Teluk Pulau didapatkan hasil cadangan karbon biomassa, karbon organik tanah dan cadangan karbon total per hektar pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan Rata-rata Cadangan Karbon Biomassa, Karbon Organik Tanah dan Cadangan Karbon Total per Hektar pada Setiap Stasiun.

Berdasarkan Gambar 6 nilai rata-rata cadangan karbon biomassa, cadangan karbon tanah dan cadangan karbon total. Cadangan karbon biomassa paling tinggi terdapat di stasiun 1 sebanyak 107,98 ton/ha sedangkan cadangan karbon biomassa paling rendah terdapat di stasiun 3 sebanyak 38,74 ton/ha, cadangan karbon tanah yang paling tinggi terdapat di Stasiun 1 sebanyak 195 ton/ha, sedangkan cadangan karbon tanah terendah terdapat di Stasiun 3 tinggi sebanyak 185 ton/ha dan cadangan karbon total paling tinggi terdapat di stasiun 1 sebanyak 300,31 ton/ha, sedangkan nilai cadangan karbon total terendah terdapat di stasiun 3 sebanyak 222,74 ton/ha.

### Parameter Kualitas Lingkungan

Parameter lingkungan merupakan salah satu faktor penting bagi setiap organisme, termasuk dalam hal ini kawasan hutan mangrove yang berada pada area yang mendapatkan pengaruh dari darat dan laut. Faktor-faktor lingkungan



yang diukur meliputi: Suhu, pH dan Salinitas. Adapun hasil pengukuran parameter kualitas lingkungan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 5. Kisaran Nilai Parameter Kualitas Lingkungan yang Diperoleh pada Tiap Stasiun**

Parameter kualitas lingkungan	Stasiun 1		Stasiun 2		Stasiun 3	
	Tanah	Air	Tanah	Air	Tanah	Air
Suhu (°C)	-	26-29	-	27-31	-	26-29
pH	7,2-74	-	7,2-74	-	7,2-74	-
Salinitas (‰)	-	22-27	-	22-27	-	22-27

Berdasarkan nilai parameter kualitas lingkungan pada Stasiun 1, Stasiun 2 dan Stasiun 3 terlihat nilai suhu, pH dan salinitas tidak begitu jauh berbedanya.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Potensi cadangan karbon pada biomassa dan karbon organik tanah mangrove yang diperoleh selama penelitian menunjukkan pada stasiun 1 memiliki potensi yang paling besar dibandingkan dengan stasiun 2 dan yang paling kecil terdapat pada stasiun 3. Hal ini juga didukung oleh data rata-rata cadangan karbon total yang tertinggi terdapat pada stasiun 1 dengan nilai 300,31 ton/ha sedangkan cadangan karbon total terendah terdapat pada stasiun 3 dengan nilai 222,74 ton/ha. Besarnya potensi cadangan karbon pada tiap komponen, baik karbon biomassa maupun karbon organik tanah akan memberikan potensi yang besar pula terhadap cadangan karbon total.

Diharapkan adanya penelitian lanjutan mengenai potensi karbon ini pada tiap jenis mangrove. Selain itu, perlu juga dilakukan penelitian pada sumber karbon lainnya seperti biomassa di bawah tanah, pohon mati dan pada serasah mangrove. Parameter lingkungan yang digunakan untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan kelembapan, suhu tanah, pH tanah dan suhu udara karena berpengaruh terhadap proses dekomposisi serasah mangrove oleh bakteri .

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ketua Jurusan Ilmu Kelautan Faperika Universitas Riau beserta jajaran staff yang telah memberikan kemudahan dalam administrasi penelitian. Terimakasih juga penulis ucapkan kepada rekan-rekan yang membantu di lapangan, Andre Febriadi, suardi, abdi, dan semua pihak yang terlibat dalam membantu penyempurnaan penelitian penulis.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, W. C. 2006. Persamaan Alometrik Biomassa dan Faktor Expansi Biomassa Vegetasi Hutan Sekunder Bekas Kebakaran di PT. Inhutani Batu Ampar, Kalimantan Timur. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam.
- Agus, S., K. Hariah, dan A. Mulyani. 2011. Pengukuran Cadangan Karbon Tanah Gambut. Balai Besar Penelitian Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian Bogor. Universitas Brawijaya. Malang.

- Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 7724 - Pengukuran dan Penghitungan Karbon-Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (*Ground Based Fores Carbon Accounting*).
- Chanan, M. 2012. Pendugaan Cadangan Karbon (C) Tersimpan di Atas Permukaan Tanah pada Vegetasi Hutan Tanaman Jati (*Tectona Grandis* Linn. F) (Di RPH Sengguruh BKPH Sengguruh KPH Malang Perum Perhutani II Jawa Timur). *Jurnal Gamma*. 7(2): 61-73.
- Fathoni, T. 2010. Cadangan Karbon Pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman Di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. Kampus Balitbang Kehutanan. Bogor.
- Heriyanto, T dan B. Amin. 2013. Analisis Biomassa dan Cadangan Karbon pada Ekosistem Hutan Mangrove di Pesisir Pantai Kelurahan Purnama Kota Dumai Provinsi Riau. Prosiding Seminar Nasional, Hotel Pangeran Pekanbaru. (Tidak Diterbitkan)
- Imiliyana, I., M. Muryono, dan H. Purnobasuki. 2012. Estimasi Stok Karbon pada Tegakan Pohon *Rhizophora stylosa* di Pantai Camplong, Sampung-Madura. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Lubis, R. S. 2011. Pendugaan Kolerasi antara Karakteristik Tanah Terhadap Cadangan Carbon (carbon Stok) pada Hutan Sekunder. Skripsi Fakultas Kehutanan Intitut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lugina, M., K. L., A. Ginoga, Wibowo, A., Bainnaura., dan T. Partiani., 2011. Prosedur Operasi Standar (SOP) untuk Pengukuran Stok Karbon di Kawasan Konservasi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor. 28 hal
- Massugito. 2015. Analisis Cadangan Karbon Pada Ekosistem Hutan Mangrove Di kawasan Pesisir Kuala Indragiri Provinsi Riau. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru.
- Rahayu, S., B. Lusiana, dan M. V. Noordwijk. 2007. Pendugaan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur. Bogor: *World Agroforestry Centre*.
- Siarudin, M., dan Rachman, E. (2008). Biomassa Lantai Hutan dan Jatuh Serasah Di Kawasan Mangrove Blanakan, Subang, Jawa Barat. *Balai Penelitian Ciamis*. Banjar. 4(V): 329-335.
- Sugirahayu, L., dan O. Rusdiana. 2011. Perbandingan Simpanan Karbon pada Beberapa Penutupan Lahan di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur Berdasarkan Sifat Fisik dan Sifat Kimia Tanahnya. Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan IPB. 2(3): 149-155.
- Widyati, E. 2013. Pentingnya Keragaman Fungsional Organisme Tanah Terhadap Produktivitas Lahan. Pusat Penelitian Pengembangan Peningkatan Produktivitas Hutan. Bogor.