

Hidayah W., R. Hamidy., T. Warningsih  
2020 : 14(1)

**NILAI EKONOMI SERAPAN CO<sub>2</sub> EKOSISTEM MANGROVE  
DI DESA KELAPA PATI KABUPATEN BENGKALIS**

**Wardatul Hidayah**

*Alumni Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Pascasarjana Universitas Riau,  
Pekanbaru, Jl. Pattimura No. 09 Gobah, 28131. Telp 0761-23742*

**Rasoel Hamidy**

*Dosen Program Studi Mgister Ilmu Lingkungan, Pascasarjana, Universitas Riau,  
Pekanbaru, Jl. Pattimura No. 09 Gobah, Pekanbaru, 28131. Telp 0761-23742*

**Trisla Warningsih**

*Dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru, Kampus  
Bina Widya Km 12,5, Simpang Baru, Pekanbaru, 28293.Telp 0761-63266*

***Economic Valuation Of Mangrove Ecosystem In Kelapa Pati Village  
Bengkalis Regency***

***Abstract***

*Research has been conducted in Kepenghuluan Melayu Besar Subdistrict Tanah Putih Tanjung Melawan in January to February 2018. The aim of this research was to analyze the indicator of the presence of Aedes aegypti mosquito larvae on 3M Plus movement in Kepenghuluan Melayu Besar Subdistrict Tanah Putih Tanjung Melawan and analyze the effect of 3M Plus movements and impacts socio-economic on the existence of Aedes aegypti mosquito larvae in Kepenghuluan Melayu Besar Subdistrict Tanah Putih Tanjung Melawan. The results showed that 3M Plus movement affected to decrease larva population in an area. The impact of the 3M Plus movement was viewed from an economic aspect, namely the costs incurred was cheaper than before the 3M Plus movement. The social impact gained from 3M's movement Plus the empathy and feeling of mutual cooperation in the community, the use of recycled goods increases the aesthetic value because the use of used goods to be used as crafts, feeling safe and comfortable and not panicking when there is an attack of DHF and the emergence of clean living behavior and healthy in the community.*

*Keywords : Institutional analysis, mangrove ecosytems, Kepala Pati Village, use value and non use value, economic value*

## PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan isu lingkungan yang saat ini gencar dibicarakan sebagai akibat dari terjadinya pemanasan global. Gas CO<sub>2</sub> yang konsentrasinya tinggi di atmosfer akibat aktivitas manusia merupakan salah satu faktor pemicu terjadinya pemanasan global tersebut. Ekosistem mangrove adalah sumber daya di pesisir yang memiliki kemampuan tinggi dalam penyerapan CO<sub>2</sub>, yang dapat digunakan dalam upaya mengatasi konsentrasi CO<sub>2</sub> (Rachmawati *et al.* 2014; Dharmawan dan Siregar, 2008).

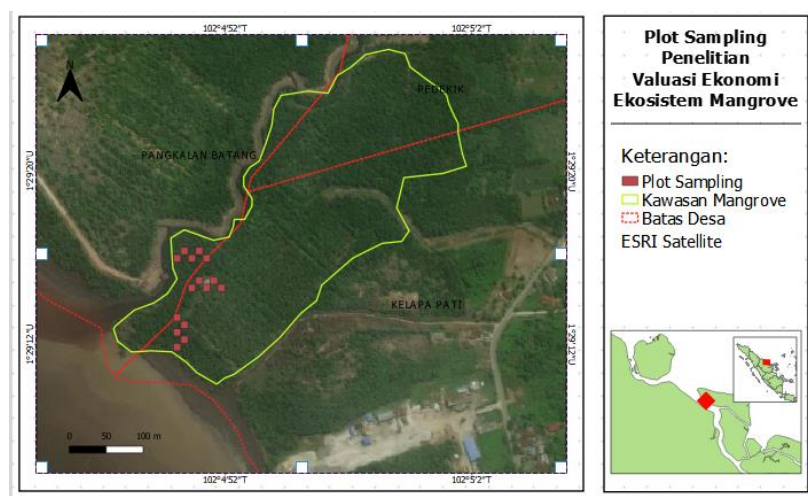
Ekosistem hutan mangrove yang berumur 5 tahun mampu menyerap CO<sub>2</sub> sebesar 18,65 CO<sub>2</sub> /ha/tahun. Nilai serapan CO<sub>2</sub> tersebut lebih tinggi apabila dibandingkan dengan hutan pinus pada umur 5, 11, dan 24 tahun mampu menyerap sebesar 10,53 ton CO<sub>2</sub> /ha/tahun; 21,09 ton CO<sub>2</sub> /ha/tahun; dan 14,76 ton CO<sub>2</sub> /ha/tahun. Hasil tersebut mengindikasikan kemampuan tinggi dalam penyerapan CO<sub>2</sub> oleh ekosistem mangrove pada umur yang sama yaitu 5 tahun apabila dibandingkan dengan tanaman darat (Heriansyah dan Nina, 2005). Potensi penyerapan CO<sub>2</sub> tersebut mendorong peneliti untuk melakukan penelitian tentang nilai ekonomi serapan CO<sub>2</sub> di Desa Kelapa Pati agar keberadaan ekosistem di kawasan pesisir lebih dijaga dan dihargai agar kegiatan konversi ekosistem mangrove menjadi peruntukan lain, menjadi lebih dipertimbangkan lagi.

## METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilaksanakan di ekosistem mangrove Desa Kelapa Pati Kecamatan Bengkalis Kabupaten Bengkalis yang memiliki luas 9 ha (Gambar 1), selama 1 bulan yaitu pada Bulan November 2019.

### 1. Pembuatan plot

Pembuatan transek untuk vegetasi mangrove menggunakan transek plot garis (*line plot transect*), pada 3 stasiun ukuran plot 10 m x 10 m. Selanjutnya akan dicatat jumlah vegetasi mangrove di kawasan tersebut. Pengambilan sampel vegetasi mangrove pada penelitian ini adalah mencakup pohon dengan ukuran diameter > 5 cm.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Ekosistem Mangrove Desa Kelapa Pati

2. Pengambilan Sampel dan Analisis Data

Tabel 1. Model Allometrik Biomassa Permukaan Atas Beberapa Jenis Mangrove

Jenis spesies	Model allometrik	Sumber
<i>Avicennia alba</i>	$B = 0,079211 * D^{2,470895}$	Tue <i>et al.</i> , 2014
<i>A. Marina</i>	$B = 0,1848 * D^{2,3524}$	Dharmawan & Siregar, 2008
<i>Rhizophora apiculata</i>	$B = 0,043 * D^{2,63}$	Amira, 2008
<i>R. mucronata</i>	$B = 0,1466 * D^{2,3136}$	Dharmawan, 2013
<i>Sonneratia alba</i>	$B = 0,128 (D)^2$	Kauffman 2012
<i>Ceriops tagal</i>	$B = 0,251 * \rho(0,97) * D^{2,46}$	Komiyama <i>et al.</i> 2005
<i>Xylocarpus granatum</i>	$B = 0,1832 * D^{2,21}$	Tarlan, 2008

Keterangan: B = Biomassa (Kg); D = DBH (cm);  $\rho$  = Wood density (gr/ cm<sup>2</sup>)

Pengambilan sampel penentuan nilai serapan CO2 ditentukan berdasarkan penentuan biomassa melalui pengukuran diameter mangrove pada ketinggian 1,3 meter atau pada titik setinggi dada atau DBH (*Diameter at Breast Height*) berdasarkan **Badan Standarisasi Nasional (2011)**. Perhitungan serapan CO<sub>2</sub> berdasarkan perhitungan biomassa ekosistem mangrove. Penentuan biomassa dengan menggunakan teknik tersebut merupakan metode sampling yang dilakukan tanpa pemanenan (*non-destructive*) dengan model allometrik (Tabel 1).

Biomassa pada penelitian ini adalah untuk menentukan nilai serapan CO<sub>2</sub> yang dikandung oleh ekosistem mangrove di kawasan tersebut, sehingga biomassa yang dihitung adalah biomassa yang hanya terdapat pada bagian permukaan atas (*above ground biomass*). Perhitungan biomassa ekosistem mangrove pada spesies yang tidak ada pada model allometrik, adalah menggunakan rumus dasar perhitungan biomassa, yaitu:

$$B = D \times a$$

Keterangan:

- B = Biomassa
- a = Konstanta (0,5)
- D = DBH

Selanjutnya adalah perhitungan karbon dari biomassa mengacu pada Brown (1997) yaitu:

$$Cb = B \times 50\%$$

Keterangan:

- Cb = Kandungan karbon (Kg)
- B = Total biomassa (Kg)

Perhitungan serapan gas karbon dioksida dapat menggunakan rumus yang mengacu dengan Bismark *et al.* (2008) yaitu:

$$S \text{ CO}_2 = \frac{Mr \text{ CO}_2}{Ar.C} \times Kc$$

Keterangan:

- S CO<sub>2</sub> = Serapan gas CO<sub>2</sub> (Kg)  
Mr. CO<sub>2</sub> = Berat molekul CO<sub>2</sub>, yaitu 44  
Ar C = Berat molekul relatif atom C, yaitu 12  
Kc = Kandungan karbon (Kg)

Nilai ekonomi serapan CO<sub>2</sub> ekosistem mangrove ditentukan berdasarkan nilai total serapan CO<sub>2</sub> dari harga yang berlaku pada pasar sukarela (*voluntary market*) yaitu sebesar US\$ 6 /t CO<sub>2</sub> dan pasar wajib (*regulated market*) *Clean Development Mechanism* (CDM) yaitu sebesar US\$ 15,68 /t CO<sub>2</sub> (Peters-Stanley *et al.* 2011).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi flora ekosistem mangrove di Desa Kelapa Pati dilakukan berdasarkan Kitamura *et al.* (1997) yang menunjukkan bahwa mangrove yang ada di Desa Kelapa Pati berasal dari jenis yang berbeda (Tabel 2). Identifikasi dilakukan dengan pengelompokan 3 stasiun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesies yang mendominasi pada setiap stasiun adalah dari kelompok yang berbeda.

Stasiun 1 pada lokasi ini terletak pada 1° 29' 12.3"N 102° 04' 49.8" E. Stasiun 1 adalah kawasan yang berada dekat dengan laut dan garis pantai sehingga memiliki karakteristik sebagai kawasan yang secara langsung terkena hempasan ombak dan gelombang. Lokasi ini secara otomatis adalah lokasi yang paling sering terendam oleh air laut sehingga merupakan lokasi yang memiliki salinitas tinggi. Spesies yang paling banyak ditemukan pada stasiun 1 adalah *Sonneratia alba* (Tabel 2). *Sonneratia alba* banyak ditemukan di stasiun 1 karena termasuk ke dalam spesies pionir yang memiliki kemampuan bertahan hidup pada kondisi ekstrim yaitu pengaruh pasang surut dan salinitas tinggi. Selain itu, *Sonneratia alba* adalah spesies dengan kemampuan perkembangan yang terjadi sepanjang tahun (Noor *et al.* 2012).

Tabel 2. Identifikasi dan Jumlah Pohon Mangrove Per Hektar di Desa Kelapa Pati

No	Spesies Mangrove	Jumlah Pohon Stasiun 1	Jumlah pohon Stasiun 2	Jumlah Pohon Stasiun 3	Total Pohon
1	<i>Heritiera littoralis</i>	40	107	27	174
2	<i>Xylocarpus granatum</i>	129	178	80	387
3	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	27	53	53	133
4	<i>Bruguiera parviflora</i>	-	13	-	13
5	<i>Rhizophora apiculata</i>	116	369	427	912
6	<i>Rhizophora mucronata</i>	40	-	-	40
7	<i>Sonneratia caesularis</i>	-	27	-	27
8	<i>Rhizophora stylosa</i>	189	527	111	827
9	<i>Avicennia alba</i>	93	80	240	413
10	<i>Sonneratia alba</i>	467	387	187	1041
11	<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	67	27	-	94
12	<i>Exoecaria agalocha</i>	80	560	373	1013
13	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	-	-	38	38
14	<i>Nypa fruticans</i>	44	53	1227	1324
Total		1292	2381	2763	6436

Stasiun 2 terletak pada 1° 29' 15.4" N 102° 04' 50.3" E. Stasiun 2 adalah lokasi yang berada dekat dengan sungai, tepatnya berada di belakang mangrove terluar. Stasiun 2 merupakan lokasi yang tidak memperoleh hempasan ombak secara langsung dan tetap memperoleh pengaruh pasang laut sehingga berpengaruh terhadap tingginya ketersediaan nutrisi di kawasan tersebut. Keberadaan sungai yang ada pada lokasi ini menyebabkan tingkat salinitas tidak terlalu tinggi seperti pada lokasi pada stasiun 1, karena pasokan air tawar dari keberadaan sungai tersebut. Kondisi alamiah yang sangat mendukung terhadap keberadaan ekosistem mangrove menjadikan lokasi ini sebagai lokasi yang memiliki jumlah spesies pohon yang lebih banyak dibandingkan dengan dua stasiun lainnya.

Stasiun 2 pada ekosistem mangrove di Desa Kelapa Pati didominasi oleh spesies *Exoecaria agalocha*. *Exoecaria agalocha* adalah spesies yang mempunyai sifat antara darat dan lautan. Selain *Exoecaria agalocha*, pada lokasi ini juga banyak didominasi oleh kelompok *Sonneratia alba* dan *Rhizophoraceae*. *Rhizophoraceae* adalah spesies mangrove yang memiliki pertumbuhan yang baik pada kondisi salinitas yang tidak terlalu tinggi. Selain itu, kelompok ini merupakan kelompok yang berada setelah mangrove terluar dan biasanya lebih dominan berada pada kawasan berlumpur, di mana pada saat kondisi saat air pasang, akar spesies ini akan terendam (Arief, 2003).

Stasiun 3 terletak pada 1° 29' 16.1" N 102° 04' 54.4" E. Stasiun 3 adalah lokasi yang berada dekat dengan daratan dan paling banyak ditemukan *Nypa fruticans*. *Nypa fruticans* merupakan kelompok mangrove yang memiliki sifat kurang toleran terhadap salinitas tinggi, sehingga sering ditemukan pada kawasan rawa dan berada di sepanjang tepi sungai.

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa spesies yang memiliki diameter paling besar adalah *Rhizophora apiculata* yaitu 14,94 cm. Diameter memiliki korelasi positif dengan biomassa pohon. Pohon yang memiliki diameter besar merupakan biomassa yang berasal dari hasil konversi CO<sub>2</sub> yang menunjukkan bahwa tingkat semakin banyak CO<sub>2</sub> yang diserap oleh pohon dari atmosfer. Pohon yang memiliki umur yang semakin tua berpotensi memiliki biomassa yang besar, disebabkan oleh aktivitas sel-sel baru yang terus tumbuh. Aktivitas pertumbuhan tersebut menyebabkan kambium yang terus mengalami pembelahan sehingga menyebabkan pohon memiliki diameter yang semakin besar (Sjostrom, 1998).

Tabel 3. Perbandingan Rata-Rata Diameter, Jumlah Pohon, Biomassa dan Serapan CO<sub>2</sub> Ekosistem Mangrove

No	Spesies	Diameter (cm)	Total Jumlah Pohon (per hektar)	Total Biomassa (ton/ha)	Total Serapan CO <sub>2</sub> (ton/ha)
1	<i>Heritiera littoralis</i>	7,83	174	0,69	1,27
2	<i>Xylocarpus granatum</i>	10,09	387	12,47	22,86
3	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	10	133	0,59	1,08
4	<i>Bruguiera parviflora</i>	9	13	0,06	0,11
5	<i>Rhizophora apiculata</i>	14,94	912	51,32	94,08
6	<i>Rhizophora mucronata</i>	12,85	40	2,16	3,95
7	<i>Sonneratia caesularis</i>	12,5	27	0,17	0,31
8	<i>Rhizophora stylosa</i>	13,67	827	5,79	10,61
9	<i>Avicennia alba</i>	9,68	413	10,41	19,08
10	<i>Sonneratia alba</i>	11,78	1041	17,25	31,62
11	<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	6,415	94	0,33	0,6
12	<i>Exoecaria agalocha</i>	11,77	1013	5,01	9,19
13	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	10,5	38	0,2	0,36
Total		-	5112	106,43	195,13



Pada Tabel 3 juga menunjukkan bahwa jumlah *Rhizophora apiculata* lebih rendah jika dibandingkan dengan *Sonneratia alba*, tetapi karena rata-rata diameter *Rhizophora apiculata* yang lebih besar dibandingkan *Sonneratia alba*, menjadikan *Rhizophora apiculata* sebagai spesies yang memiliki nilai biomassa tertinggi, sehingga mampu berkontribusi paling besar terhadap penyerapan CO<sub>2</sub> di ekosistem mangrove Desa Kelapa Pati. *Rhizophora apiculata* merupakan salah satu spesies yang mampu mendominasi di ekosistem mangrove Desa Kelapa Pati karena memiliki propagul yang dapat bertahan dengan cara mengapung dia air dan kotiledon yang mengandung bahan makanan cukup sehingga pada kondisi pasang surut penyebarannya dapat menuju ke berbagai tempat.

Perbedaan nilai serapan CO<sub>2</sub> pada tiap stasiun disebabkan perbedaan rata-rata diameter pohon dan jumlah pohon di lokasi tersebut. Berdasarkan Tabel 2, stasiun 1 memiliki jumlah pohon paling sedikit, dan jumlah pohon terbanyak berada pada stasiun 2, karena nipah yang mendominasi di stasiun 3 tidak termasuk ke dalam kategori pohon, sehingga secara otomatis pada penelitian ini tidak dilakukan perhitungan serapan CO<sub>2</sub> terhadap nipah. Stasiun 2 yang memiliki jumlah pohon yang lebih rapat dibandingkan dua stasiun lainnya, menjadikan lokasi ini memiliki nilai serapan CO<sub>2</sub> yang paling besar dibandingkan dengan lokasi di stasiun 1 dan stasiun 3.

Nilai serapan CO<sub>2</sub> tertinggi pada penelitian ini berasal dari *Rhizophora apiculata* yaitu sebesar 94,08 ton CO<sub>2</sub>/ha. Hasil nilai serapan CO<sub>2</sub> ekosistem mangrove Desa Kelapa Pati mempunyai nilai lebih tinggi apabila dibandingkan dengan Lubis (2013) yang memperoleh nilai serapan *Rhizophora apiculata* sebesar 78,43 ton CO<sub>2</sub>/ha. Nilai serapan CO<sub>2</sub> yang tinggi ditentukan oleh nilai biomassa yang tinggi. Tingginya nilai biomassa pada suatu tegakan mengindikasikan tingginya simpanan karbonnya dan karbon pada suatu tegakan mengindikasikan kemampuan tanaman dalam pengikatan CO<sub>2</sub>. (Heriyanto dan Subandono, 2012). Hal tersebut menunjukkan bahwa biomassa berkorelasi positif dengan nilai kandungan karbon dan nilai serapan CO<sub>2</sub>.

Nilai biomassa *Rhizophora apiculata* pada penelitian ini adalah sebesar 51,32 ton/ha. Nilai biomassa di ekosistem mangrove Desa Kelapa Pati mempunyai hasil yang lebih tinggi dari hasil yang diperoleh Lubis (2013) yang memperoleh nilai biomassa *Rhizophora apiculata* sebesar 45,51 ton /ha. Hasil total serapan CO<sub>2</sub> di ekosistem mangrove Desa Kelapa Pati adalah sebesar 195,13 ton CO<sub>2</sub>/ha. Nilai total serapan CO<sub>2</sub> pada penelitian ini lebih rendah apabila dibandingkan dengan penelitian Afifuddin (2019) sebesar 442,969 ton CO<sub>2</sub>/ha. Sebagaimana yang telah dibahas di atas, bahwa nilai serapan CO<sub>2</sub> berkorelasi dengan biomassa, di mana nilai biomassa pada ekosistem mangrove Desa Kelapa Pati adalah sebesar 106,43 ton/ha. Nilai tersebut lebih rendah apabila dibandingkan dengan nilai biomassa yang diperoleh Khairjon *et al.* (2013) sebesar 139,11 ton/ha. Hasil total serapan CO<sub>2</sub> yang diperoleh Afifuddin (2019) yang memiliki nilai total serapan CO<sub>2</sub> lebih tinggi apabila dibandingkan nilai serapan CO<sub>2</sub> di Desa Kelapa Pati dipengaruhi oleh nilai diameter pohon yang lebih besar serta jumlah pohon per hektar di lokasi tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan ekosistem mangrove di lokasi penelitian di Desa Kelapa Pati.

Perhitungan nilai serapan CO<sub>2</sub> pada penelitian ini dihitung berdasarkan harga pasar wajib dan pasar sukarela (Peters-Stanley *et al.* 2011). Harga pasar sukarela serapan CO<sub>2</sub> adalah sebesar US\$ 6 /ton CO<sub>2</sub> dan pasar wajib sebesar US\$ 15,68/ton CO<sub>2</sub>. Nilai US\$ 1 adalah sebesar Rp 14.097,50 (pada 14 November 2019). Hasil serapan CO<sub>2</sub> pada ekosistem mangrove Desa Kelapa Pati adalah sebesar 195,13 ton CO<sub>2</sub>/ha, sehingga nilai ekonomi serapan CO<sub>2</sub> pada kawasan tersebut sebesar US\$ 1.170,78 /ha atau sebesar Rp 16.505.071,05 /ha untuk pasar sukarela, dan untuk pasar wajib adalah

Sebesar US 3.059,64 /ha atau sebesar Rp 43.133.252,34 /ha. Ekosistem mangrove Desa Kelapa Pati pada penelitian ini memiliki luas sebesar 9 hektar, sehingga nilai total serapan CO<sub>2</sub> adalah Rp 148.545.639,45 untuk pasar sukarela, dan Rp 388.199.271,1 untuk pasar wajib.

Nilai ekonomi serapan CO<sub>2</sub> ditentukan berdasarkan nilai rata-rata antara nilai ekonomi yang berlaku pada pasar wajib dengan pasar sukarela, sehingga diperoleh nilai serapan CO<sub>2</sub> adalah sebesar Rp 268.372.455,28 /tahun. Hasil nilai ekonomi ekosistem mangrove Desa Kelapa Pati lebih rendah apabila dibandingkan penelitian Suharti (2016) sebesar Rp 407.955.600 /tahun dan Bana *et al.* (2019) sebesar Rp 143.672.987,27 /tahun.

Apabila nilai serapan CO<sub>2</sub> dibagi menjadi per hektar, total nilai ekonomi serapan CO<sub>2</sub> di ekosistem mangrove Desa Kelapa Pati adalah sebesar Rp 29.819.161,7 /ha/tahun, hasil tersebut lebih tinggi apabila dibandingkan nilai ekonomi serapan CO<sub>2</sub> pada penelitian Bana *et al.* (2019) yang memperoleh nilai ekonomi serapan CO<sub>2</sub> sebesar Rp 17.414.907,55 /ha/tahun.

Perubahan iklim adalah salah satu isu lingkungan yang saat ini sedang gencar dibahas. Perubahan iklim secara global tersebut terjadi salah satunya adalah karena kenaikan konsentrasi gas rumah kaca sebagai akibat dari gas CO<sub>2</sub> yang meningkat. Freedman (1989) mengatakan bahwa kontribusi gas karbon dioksida di atmosfer bumi adalah yang paling dominan sebagai akibat peningkatan aktivitas manusia terhadap hutan yang pada akhirnya dapat menyebabkan pengaruh efek rumah kaca. Hal tersebut berpengaruh terhadap perubahan pola dan jumlah curah hujan, naiknya air laut dan timbulnya berbagai pengaruh ekologi yang dampaknya bisa membahayakan kehidupan manusia di bumi.

Gas CO<sub>2</sub> yang ada di udara dapat diserap dengan keberadaan ekosistem hutan, salah satu ekosistem hutan yang memiliki kemampuan tinggi dalam penyerapan CO<sub>2</sub> adalah ekosistem hutan mangrove. Kemampuan serapan CO<sub>2</sub> adalah jasa lingkungan yang berasal dari ekosistem hutan terutama mangrove di luar potensi biofisik lainnya, yang berperan besar dalam mengurangi konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara (Dharmawan dan Samsuedin, 2012).

## **KESIMPULAN**

Nilai serapan CO<sub>2</sub> ekosistem mangrove di Desa Kelapa Pati adalah sebesar 195,13 ton CO<sub>2</sub>/ha dan nilai ekonomi serapan CO<sub>2</sub> di kawasan tersebut adalah sebesar Rp 268.372.455,28 /tahun atau Rp 29.819.161,7 /ha/tahun.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Afifudin, M. J. 2019. Analisa Vegetasi Hutan Mangrove dan Serapan CO<sub>2</sub> di Kecamatan Tongas Kabupaten Probolinggo Jawa Timur [skripsi]. Program Studi Ilmu Kelautan. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Amira, S. 2008. Pendugaan Biomassa Jenis *Rhizophora apiculata* Bl. di Hutan Mangrove Batu Ampar Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat [skripsi]. Fakultas Kehutanan IPB Bogor.

- Dharmawan, I. W. S. 2013. Pendugaan Biomasa Karbon di Atas Tanah Pada Tegakan *Rhizophora Mucronata* di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 15 (1), 50-56.
- Dharmawan, I. W. S dan I. Samsuudin. 2012. Dinamika potensi biomassa karbon pada lanskap hutan bekas tebangan di hutan penelitian Malinau. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan* 11(1): 12-20.
- Dharmawan, I.W.S dan C. A. Siregar. 2008. Karbon Tanah dan Pendugaan Karbon Tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 5(4): 317-328.
- Freedman B. 1989. *Environmental Ecology*. Academic Press, San Diego, CA. 424 pp.
- Heriyanto, N. M., dan E. Subiandono. 2012. Komposisi dan Struktur Tegakan, Biomasa, dan Potensi Kandungan Karbon Hutan Mangrove di Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 9(1):023-032
- Khairijon., S. Fatonah., A. P. Rianti. 2013. Profil Biomassa dan Kerapatan Vegetasi Tegakan Hutan Mangrove di Marine Station Kecamatan Dumai Barat, Riau. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung.
- Kitamura, S., C. Anwar, A. Chaniago., S. Baba. 1997. Buku Panduan Mangrove di Indonesia: Bali dan Lombok. Jaya Abadi. Jakarta.
- Lubis, K. M. 2013. Estimasi Karbon Tegakan *Rhizophora Apiculata* dan Karbon Tanah di Ekosistem Mangrove Pulau Cawan Kabupaten Indragiri Hilir, Riau [skripsi]. Fakultas Perikanan Dan Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru.
- Noor, Y.R., M. Khazali., I. N. N. Suryadiputra, 2012. Panduan Pengenalan Mangrove Indonesia. Bogor, Perlindungan hutan konservasi alam WI-IP
- Peters-Stanley, M., Hamilton, K., Marcello, T., Sjardin, M., 2011. Back to the Future: State of Voluntary Carbon Markets 2011. Forest Trends Association, Washington, D.C, p. 79.
- Rachmawati, D., I. Setyobudiandi., E. Hilmi. 2014. Potensi Estimasi Karbon Tersimpan pada Vegetasi Mangrove di Wilayah Pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. *Omni-Akuatika*, 10(2): 85-91.
- Sjostrom, E. 1998. Kimia Kayu: Dasar-Dasar Penggunaan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.



