

FLUKS CO₂ PADA TEGAKAN NIPAH DI DELTA MAHAKAM KALIMANTAN TIMUR (CO₂ Flux in Mangrove Palm Vegetation in Mahakam Delta East Kalimantan)

Rita Diana^{*)}, Deddy Hadriyanto^{*)}, Dinillah Tartila^{*)}

^{*)}Peneliti Pusat Pengkajian Perubahan Iklim Universitas Mulawarman
Email: ritdhy@gmail.com

ABSTRACT

One of the important aspect in climate change issue is how to develop quantitatively and predictably the atmospheric carbon dioxide sequestration by soil and vegetation. This particularly important in mangrove and shoreline area covered by water and thin forest layer. This research aimed to understand the carbon dioxide flux in nypa (mangrove palm) and soil layer of Mahakam Delta. Transect method of 125 m distance was applied in nypa vegetation in Saliki, Muara Payang and Sei Balok of Mahakam Delta. There were 24 plots in each of these three locations where trenched and untrenched points were applied to differentiate between autotrophic and heterotrophic environment. Plots were measured every month within 9 months period. Result indicated by average that highest heterotrophic level was in Sei Balok of 0.21 ppm compared to 0.15 as the lowest in Saliki. Meanwhile, the average autotrophic carbon dioxide flux was in Sei Balok of 0.21 ppm and the lowest was in Saliki of 0.19 ppm. Overall, however, the level of heterotrophic was found higher than that of autotrophic. This is therefore heterotrophic activities proved as higher in carbon dioxide flux due to biotic activities so that preventing deforestation and creation of fish ponds need to be minimalized or reduced coupled with rehabilitation in Mahakam Delta.

Keywords: CO₂ flux, nypa vegetation, mahakam delta

ABSTRAK

Salah satu aspek penting dalam kajian perubahan iklim salah satunya adalah bagaimana mengembangkan secara kuantitatif dan prediktif penyerapan karbondioksida (CO₂) dari atmosfer oleh tanah dan tegakan hutan. Hal ini akan lebih penting lagi pada kawasan mangrove dan pantai yang relatif tertutup oleh genangan air dan tegakan hutan yang relatif sedikit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui fluks karbondioksida pada kawasan daratan Delta Mahakam khususnya pada tegakan nipah. Penelitian ini menggunakan metode transek dengan panjang 125 m pada areal tegakan nipah hutan mangrove di Delta Mahakam pada tiga lokasi yang berbeda yaitu Saliki, Muara Payang dan Sei Balok. Pada masing-masing lokasi dibuat 24 plot dari setiap plot ditentukan kembali plot mana yang dipasangkan *tranch* dan tanpa *tranch* ini untuk membedakan plot autotrofik dan heterotrofik. Pengukuran dilakukan setiap bulan selama 9 bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fluks karbondioksida rata-rata heterotrofik tertinggi adalah pada lokasi Sei Balok 0,21 ppm dan terendah pada Saliki 0,15 ppm. Sedangkan rata-rata fluks karbondioksida autotrofik tertinggi adalah pada lokasi Sei Balok 0,21 ppm dan terendah Saliki 0,19 ppm dan disimpulkan bahwa fluks karbondioksida pada heterotrofik lebih tinggi dibanding autotrofik. Hal ini membuktikan bahwa aktifitas biota menyebabkan fluks karbondioksida menjadi lebih tinggi. Dengan demikian deforestasi untuk pembuatan tambak perlu diminimalisir dan harus ada usaha meningkatkan rehabilitasi di kawasan Delta Mahakam.

Kata Kunci: Fluks CO₂, Tegakan Nipah, Delta Mahakam

I. PENDAHULUAN

Sekitar 3 juta ha hutan mangrove tumbuh di sepanjang 95.000 km garis pantai Indonesia. Jumlah ini merupakan 23% dari seluruh ekosistem mangrove di seluruh dunia,

yang tersebar hampir di seluruh pulau-pulau besar mulai dari Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi sampai ke Papua (Giri et al., 2011; Donato et al., 2012). Kalimantan Timur menduduki urutan ketiga terluas kawasan hutan mangrove yang ada di Indonesia sekitar 978.200 ha atau 28% (Noor et al., 2006, Rahman et al., 2011). Penyebarannya terdapat di sepanjang pesisir sebelah selatan Kabupaten Pasir, selanjutnya di sekitar Balikpapan, Muara Sungai Mahakam, Bontang, Sangkulirang dan Berau.

Ekosistem mangrove di kawasan Delta Mahakam terdiri dari beberapa zona tegakan hutan yang tumbuh pada tanah lumpur aluvial di daerah pantai sampai muara sungai Mahakam yang dipengaruhi pasang surut air laut. Zona terdepan adalah jenis-jenis dari genus *Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Lumnitzera* yang dihadiri pula oleh beberapa jenis minor hutan mangrove *Excoecaria*, *Xylocarpus*, *Aegiceras*, *Scyphyphora* kemudian disusul tegakan *Nypa* spp (Bengen et al., 2011). Tegakan Nipah murni/hampir murni khususnya *Nypa fruticans* menyebar sekitar 60% dari ekosistem mangrove diseluruh kawasan Delta Mahakam (Noor et al., 2006; Giri et al., 2011; Bengen et al., 2011).

Sebagaimana tegakan mangrove umumnya tegakan memainkan peranan penting dalam strategi mitigasi terhadap perubahan iklim, yaitu kemampuannya menyimpan karbon lima kali lebih banyak dibandingkan tipe hutan lainnya (Donato et al., 2011). Besarnya kandungan karbon dipengaruhi oleh kemampuan pohon dalam menyerap karbon dari lingkungan melalui proses fotosintesis (Purnobasuki, 2011; Rachmawati et al., 2014). Pohon dan organisme autotrof lainnya melalui proses fotosintesis menyerap CO₂ dari atmosfer dan mengubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa tubuhnya seperti dalam batang, daun, akar, umbi, buah dan lain-lain. Dalam aktifitas respirasi, sebagian CO₂ yang sudah terikat akan dilepaskan kembali dalam bentuk CO₂ ke atmosfer (Sutaryo, 2009). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai fluks karbondioksida yang terdapat pada tiga lokasi berbeda yang ada di Delta Mahakam, Kalimantan Timur.

II. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada tegakan nipah di tiga lokasi yaitu Saliki, Muara Payang dan Sei Balok yang terdapat di Delta Mahakam, Kalimantan Timur. Pengukuran dilakukan selama enam bulan dari bulan Januari sampai Agustus 2015.



Gambar 1. Peta lokasi plot penelitian pada Saliki, Muara Payang dan Sungai Balok di Delta Mahakam.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu; EGM-4, *chamber*, thermometer dan GPS. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode transek (Kauffmandan Donato, 2012). Transek dibuat sepanjang 125 meter pada setiap lokasi dan dibuat plot sebanyak 24 buah dengan jarak 5 meter setiap plot di sepanjang transek. Dari 24 plot ditentukan 6 plot autotrofik dan 18 plot heterotrofik secara acak. Pada plot autotrofik (gambar 2a). dilakukan perlakuan dengan memasang jaring kawat di dalam tanah, hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan fluks karbondioksida yang berada pada kondisi yang didukung oleh bantuan akar atau biota lain (heterotrofik) dan yang tidak didukung oleh yang lain (autotrofik) (gambar 2b). Kemudian sepanjang transek dipasang jembatan, ini bertujuan untuk mencegah adanya gangguan yang terjadi dan menyebabkan hasil dari fluks karbondioksida tidak maksimal ketika dilakukannya pengukuran.



Gambar 2. (a) Plot pengukuran autotrofik

(b) Pengukuran fluks karbondioksida menggunakan EGM-4, *chamber* dan thermometer

Penelitian dilaksanakan setiap bulan pada setiap plot pengukuran. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat EGM-4 (*Environmental Gas Monitor*), *chamber* dan termometer. Termometer dan *Chamber* ditancapkan di atas permukaan tanah yang telah diberi tanda sebagai plot, selama 124 detik suhu tanah yang telah diukur dan gas yang ditangkap oleh *chamber* direkam oleh EGM-4 (gambar 2b).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Suhu Tanah di Tiga Lokasi Pengukuran Fluks Karbondioksida

Dari hasil pengukuran suhu tanah rata-rata pada lokasi penelitian, suhu tanah plot autotrofik tertinggi 27,5°C dan suhu tanah plot autotrofik terendah 26,4°C. Sedangkan untuk suhu tanah plot heterotrofik tertinggi 27,7°C dan suhu tanah plot heterotrofik terendah 26,6°C.

Tabel 1. Data suhu tanah rata-rata pada plot autotrofik di tiga lokasi.

LOKASI	Suhu tanah rata-rata (°C)						rata-rata (°C)
	bulan ke						
	1	2	3	4	5	6	
Saliki	28,4	27,9	27,7	26,7	26,5	27,5	27,5
Muara Payang	28,5	26,7	26,7	26,6	27,3	27,3	27,2
Sei Balok	27,6	25,6	26,7	26,5	26	26	26,4

Baik pada plot autotrofik maupun plot heterotrofik suhu tanah rata-rata tertinggi terdapat pada lokasi Saliki yaitu 27,5°C dan 27,7°C, sedangkan suhu tanah rata-rata terendah terdapat pada lokasi Sei Balok yaitu 26,4°C dan 26,6°C.

Tabel 2. Data suhu tanah rata-rata pada plot heterotrofik di tiga lokasi.

LOKASI	Suhu tanah rata-rata (°C)						rata-rata (°C)
	bulan ke						
	1	2	3	4	5	6	
Saliki	28,7	28,7	27,9	26,8	26,7	27,5	27,7
Muara Payang	28,1	27,1	27,8	26,5	27,4	26,8	27,3
Sei Balok	27,5	26,1	26,8	26,5	26,4	26,4	26,6

Perbedaan suhu tanah pada setiap plot di tiga lokasi pengambilan sampel berpengaruh terhadap jumlah fluks CO₂ yang dihasilkan. Hal tersebut terkait pada aktivitas

mikroorganisme tanah dan perakaran tanaman yang melalui proses respirasi terhadap pelepasan fluks CO₂. Pelepasan fluks CO₂ ke udara disebabkan oleh pengaruh iklim mikro dan aktifitas biota tanah, tetapi hilangnya tutupan hutan sebagai penyimpan karbon dapat menyebabkan pelepasan fluks CO₂ dalam jumlah yang besar. Hilangnya tutupan hutan tidak terlepas dari terjadinya konversi hutan seperti pembukaan lahan pertanian, pembangunan infrastruktur, perkebunan dan lahan tambak yang memberi dampak negatif terhadap berkurangnya simpanan karbon pada hutan yang belum terganggu (alami) (Tono *et al.*, 2014).

B. Fluks Karbondioksida Pada Tiga Lokasi.

Pengukuran di lapangan dilakukan setiap bulannya selama enam bulan, hasil yang diperoleh berupa rata-rata fluks karbondioksida pada tiga lokasi dan rata-rata fluks karbondioksida setiap bulan di tiga lokasi untuk plot Autotrofik dan plot Heteretrofik.

1. Rata-rata fluks karbondioksida pada tiga lokasi pengukuran

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan di sepanjang transek berukuran 125 m pada tiga lokasi yang didominasi oleh tegakan nipah, diperoleh hasil berupa rata-rata nilai fluks karbondioksida pada 6 buah plot Autotrofik dan 18 buah plot Heteretrofik. Hasil pengukuran fluks karbondioksida di sajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Rata-rata fluks karbondioksida di tiga lokasi

NO	SALIKI		MUARA PAYANG		SEI BALOK	
	Auto (ppm)	Hetero (ppm)	Auto (ppm)	Hetero (ppm)	Auto (ppm)	Hetero (ppm)
1	0,19	0,23	0,27	0,19	0,20	0,27
2	0,18	0,23	0,22	0,19	0,18	0,16
3	0,13	0,20	0,19	0,25	0,20	0,18
4	0,11	0,16	0,20	0,22	0,20	0,24
5	0,13	0,16	0,17	0,20	0,23	0,18
6	0,16	0,24	0,20	0,18	0,21	0,16
7	-	0,14	-	0,23	-	0,13
8	-	0,18	-	0,22	-	0,22
9	-	0,20	-	0,15	-	0,15
10	-	0,15	-	0,27	-	0,15
11	-	0,17	-	0,27	-	0,17

12	-	0,17	-	0,18	-	0,15
13	-	0,21	-	0,21	-	0,31
14	-	0,26	-	0,11	-	0,23
15	-	0,17	-	0,21	-	0,19
16	-	0,19	-	0,21	-	0,13
17	-	0,16	-	0,19	-	0,19
18	-	0,22	-	0,16	-	0,21
TOTAL	0,89	3,44	1,25	3,64	1,2	3,39
Rata-rata	0,15	0,19	0,21	0,20	0,20	0,19

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa fluks karbondioksida yang berada di tiga lokasi pada tegakan nipah memiliki perbedaan seperti terlihat pada Tabel 3. Untuk mengetahui apakah perbedaan yang terjadi pada setiap lokasi terlihat berbeda secara signifikan atau tidak signifikan maka dilakukan analisis ragam satu arah atau biasa disebut *One-Way Anove*. Dan diperoleh hasil perbandingan signifikansi dari nilai rata-rata fluks karbondioksida pada plot Autotrofik dan plot Heterotrofik di tiga lokasi pengukuran yang disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Signifikansi perbedaan nilai rata-rata fluks karbondioksida berdasarkan *One-Way Anove* pada plot pengukuran Autotrofik di tiga lokasi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Antar grup	0,013	2	0,006	8,170	0,004
Galat	0,012	15	0,001		
Total	0,024	17			

Keterangan :

Jika $F_{(hitung)} > F_{(tabel)} \alpha = 0,05$ maka H_0 ditolak (tidak ada perbedaan pada uji beda)

Jika $F_{(hitung)} < F_{(tabel)} \alpha = 0,05$ maka H_0 diterima (ada perbedaan pada uji beda)

Pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$ atau 5 % dimana df_1 adalah 2 dan df_2 adalah 15 maka $F_{(tabel)}$ adalah 3,68. Dilihat dari tabel diatas, $F_{(hitung)}$ menunjukkan nilai 8,170 dengan signifikan sebesar 0,004. Hasil analisa diatas melitahkan bahwa rata-rata fluks karbondioksida pada plot Autotrofik yang berada di tiga lokasi tidak memiliki perbedaan secara signifikan atau nilai rata-rata fluks karbondioksida relatif sama, hal ini dikarenakan $F_{(hitung)} 8,170 > F_{(tabel)} 3,68$.

Berbeda dengan hasil analisa pada plot Autotrofik, hasil analisa yang terjadi pada plot Heteretrofik menunjukkan hasil yang signifikan seperti tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Signifikasi perbedaan nilai rata-rata fluks karbondioksida berdasarkan *One-Way Anove* pada plot pengukuran Heterotrofik di tiga lokasi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0,002	2	0,001	0,475	0,625
Within Groups	0,088	51	0,002		
Total	0,090	53			

Keterangan :

Jika $F_{(hitung)} > F_{(tabel)}$, $\alpha = 0,05$ maka H_0 ditolak (tidak ada perbedaan pada uji beda)

Jika $F_{(hitung)} < F_{(tabel)}$, $\alpha = 0,05$ maka H_0 diterima (ada perbedaan pada uji beda)

Tabel 5 diatas melihat nilai rata-rata fluks karbondioksida yang berada pada plot Heterotrofik di tiga lokasi memiliki perbedaan yang signifikan. Pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$ atau 5 % dimana df_1 adalah 2 dan df_2 adalah 51 maka $F_{(tabel)}$ adalah 3,18.

Dimana $F_{(hitung)}$ menunjukkan nilai 0,475 dengan signifikansi sebesar 0,625. Hal ini menunjukkan terdapatnya perbedaan pada nilai fluks karbondioksida antara ke tiga lokasi tersebut yang dipengaruhi oleh faktor-faktor yang berada pada masing-masing lokasi.

2. Rata-rata bulanan fluks karbondioksida pada tiga lokasi pengukuran

Pengolahan data fluks karbondioksida dibuat dalam bentuk rata-rata bulanan untuk melihat hasil pengukuran yang diperoleh selama penelitian berlangsung, seperti yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata fluks karbondioksida pada plot Autotrofik di tiga lokasi

LOKASI	Fluks Karbondioksida (ppm)						Rata-rata (ppm)
	Tahun 2015 Bulan Ke-						
	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	
Saliki	0,15	0,10	0,14	0,09	0,20	0,21	0,15
Muara Payang	0,25	0,13	0,25	0,19	0,21	0,22	0,21
Sei Balok	0,26	0,16	0,23	0,19	0,17	0,20	0,20

Dari Tabel 6 menunjukan nilai fluks karbondioksida pada plot Autotrofik di masing-masing lokasi mengalami peningkatan dan penurunan setiap bulannya. Tabel tersebut melihat pada lokasi Saliki memiliki nilai lebih rendah dari lokasi Muara Payang dan Sei

Balok. Sama halnya dengan plot Heteretrofik, berikut hasil rata-rata bulanan fluks karbondioksida pada plot Heteretrofik disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rata-rata fluks karbondioksida pada plot Heterotrofik di tiga lokasi

LOKASI	Fluks Karbondioksida (ppm)						Rata-rata (ppm)
	Tahun 2015 bulan ke-						
	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	
Saliki	0,18	0,18	0,16	0,16	0,27	0,20	0,19
Muara Payang	0,22	0,26	0,21	0,15	0,16	0,21	0,20
Sei Balok	0,19	0,18	0,18	0,17	0,14	0,26	0,19

Seperti hasil pengukuran pada plot Autotrofik, fluks karbondioksida yang berada pada plot Heteretrofik juga mengalami peningkatan dan penurunan. Akan tetapi nilai fluks karbondioksida yang terjadi pada plot Heteretrofik lebih besar dibandingkan dengan nilai fluks karbondioksida yang terjadi pada plot Autotrofik. Pada Tabel 6 dan Tabel 7 dapat dilihat bahwa naik dan turunnya nilai fluks karbondioksida pada ketiga lokasi memiliki pola yang sama, meskipun nilai dari masing-masing lokasi berbeda. Akan tetapi untuk lokasi Saliki ada kenaikan secara drastis pada bulan kelima (Juli 2015) dimana nilai fluks karbondioksida meningkat. Hal ini dikarenakan adanya gangguan dari faktor luar seperti lokasi pengukuran terganggu akibat air yang tergenang di area plot, banyaknya serasah yang menumpuk di atas permukaan tanah dan tersekap di dalam plot sehingga kemungkinan menyebabkan tanah mengalami stres ketika dilakukan pengukuran. biota lain.

Berbeda dengan plot autotrofik, pada plot heterotrofik memiliki pola yang berbeda untuk ketiga lokasi, dan nilai fluks karbondioksida yang ada lebih besar dibandingkan dengan nilai fluks karbondioksida pada plot autotrofik. Hal ini mempengaruhi nilai fluks karbondioksida pada setiap lokasi berbeda seperti iklim mikro yang ada pada masing-masing lokasi, bantuan respirasi yang berasal dari akar tumbuhan, biota lain dan jatuhnya serasah. Seperti yang terjadi pada plot autotrofik, plot heterotrofik mengalami peningkatan secara drastis pada bulan ke-lima. Hal yang menyebabkan ini terjadi sama seperti plot autotrofik, plot heterotrofik mengalami gangguan pada saat dilakukannya pengukuran. Gangguan seperti air yang menggenangi areal plot dan banyaknya aktivitas biota laut.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata fluks karbondioksida heterotrofik sebesar 0,193 ppm lebih tinggi daripada Autotrofik 0,187 ppm. Selanjutnya fluks karbondioksida Autotrofik tertinggi terdapat pada lokasi Muara Payang (0,21 ppm) disusul berturut-turut Sungai Balok (0,20 ppm) dan Saliki (0,15 ppm). Demikian pula fluks karbondioksida

Heterotrotik lokasi Muara Payang lebih tinggi 0,20 ppm dibanding Sei Balok dan Saliki memiliki nilai sama 0,19 ppm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan diberikan kepada Pusat Pengkajian Perubahan Iklim (P3I-UNMUL) yang telah memberikan bantuan baik materil dan imateril sehingga terlaksananya penelitian ini dan khususnya USAID melalui KWACS project.

DAFTAR PUSTAKA

- Dietrich G. Bengen et al. 2011. Mangrove Delta Mahakam. P4L.
- Donato, D., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., Kanninen, M. *Mangrove Adalah Salah Satu Hutan Terkaya Karbon di Kawasan Tropis*. (12-13):1-13
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L. L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., . . . Duke, N. (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 154-159.
- Handayani, E.P., K. Idris, S. Djuniwati, M. van Noordwijk. 2009. Emisi CO₂ pada Kebun Kelapa Sawit di Lahan Gambut: Evaluasi Fluks CO₂ di Daerah Rizosfer dan Non Rizosfer. *Jurnal Tanah Lingkungan*., 11 (1):8-13.
- Kauffman, J. B. dan Donato, D. C. 2012. *Protocols for the Measurement, Monitoring and Reporting of Structure, Biomass and Carbon Stock in Mangroves Forest*. Working paper 86. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Noor, Y. R., Khazali. M., Suryadiputra, I.N.N. 2006. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. Bogor: PHKA/WI-IP.
- Purnobasuki, H. 2011. Peranan Mangrove Dalam Mitigasi Perubahan Iklim. http://herypurba-fst.web.unair.ac.id/artikel_detail-23207-Mangrove_Peranan%20mangrove%20dalam%20mitigasi%20perubahan%20iklim.html. Diakses pada tanggal 18 Mei 2016.
- Rachmawati Dita, Setyobudiandi Isdradjad dan Hilmi Endang. 2014. Potensi Estimasi Karbon Tersimpan Pada Vegetasi Mangrove Di Wilayah Pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. *Omni-Akuatika* Vol. XIII No.19 November 2014 : 85 – 91.
- Sutaryo Dandun. 2009. *Perhitungan Biomassa*. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor.
- Rahman F. Abdullah, Dragoni Danilo, Didan Kamel, Barreto-Munoz Armando, Hutabarat A. Joseph. 2012. Detecting large scale conversion of mangroves to aquaculture with change point and mixed-pixel analyses of high-fidelity MODIS data. *Remote Sensing of Environment* 130 (2013) 96-107.
- Tono Sargiar, Wawan dan Amri Al Ikhsan. 2014. *Fluks CO₂ Pada Berbagai Kondisi Hutan Rawa Gambut di Areal Konsesi PT. Diamond Raya Timber Kecamatan Bangko Kabupaten Rokan Hilir*. Vol. 1 No. 1 (2014).