

# Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dari Pertanian Skala Kecil di Lahan Gambut

Jamaludin<sup>1</sup>, Evi Gusmayanti<sup>2</sup>, dan Gusti Zakaria Anshari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Pasca Sarjana Universitas Tanjungpura, Pontianak, Kalimantan Barat,; e-mail: [jamaludin.mil@student.untan.ac.id](mailto:jamaludin.mil@student.untan.ac.id)

<sup>2</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Kalimantan Barat

<sup>3</sup>Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Kalimantan Barat

## ABSTRAK

Pembukaan lahan gambut menyebabkan emisi gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) ke atmosfer, termasuk alih fungsi hutan rawa gambut menjadi pertanian rakyat (skala kecil). Tujuan penelitian untuk mengukur emisi CO<sub>2</sub> dari pertanian skala kecil di lahan gambut, yaitu perkebunan karet (*Hevea brasiliensis*) berumur 8-10 tahun, kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) berumur 5-6 tahun, dan jahe (*Zingiber officinale*) berumur 0-6 bulan. Sampel gas CO<sub>2</sub> diambil dengan metode sungkup tertutup (*closed chamber*). Pengukuran konsentrasi gas CO<sub>2</sub> dilakukan dengan gas kromatografi. Sungkup ditempatkan pada dua kondisi lahan, yaitu perlakuan pemotongan akar (*trenching*) untuk mewakili respirasi heterotrofik, dan tanpa pemotongan akar untuk mewakili respirasi total. Hasil penelitian mendapatkan bahwa emisi CO<sub>2</sub> dari pertanian rakyat memiliki kontribusi dalam meningkatkan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer. Total emisi CO<sub>2</sub> dari kebun karet, kelapa sawit dan jahe, masing-masing sebesar 42,6 ton CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup>, 35,9 ton CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup>, dan 34,4 ton CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup>. Nilai respirasi heterotrofik dari kebun karet diperkirakan sebesar 61,4%, dan kelapa sawit 57,4%. Pemotongan akar (*trenching*) pada pertanian jahe tidak efektif karena sistem perakaran serabut yang tidak menyebar jauh, sehingga respirasi heterotrofik tidak dapat dipisahkan dari respirasi total. Muka air tanah menunjukkan hubungan yang negatif terhadap nilai emisi ( $r = -0,197$ ,  $p\text{-value} = 0,023$ ) dari ketiga penggunaan lahan. Besarnya emisi carbon dari pertanian skala kecil pada lahan gambut yang terdrainase mendekati nilai patokan (default value) IPCC 2014, yang antara 40 - 73 ton CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup>. Pengendalian emisi karbon dari pertanian skala kecil pada lahan gambut berkontribusi penting dalam upaya untuk mencapai target penurunan emisi gas rumah kaca dari sektor pertanian.

**Kata kunci:** Pertanian skala kecil, Lahan gambut, Kelapa sawit, Karet, Jahe, Emisi CO<sub>2</sub>

## ABSTRACT

Conversion of peatland to smallholder agriculture leads carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emission into the atmosphere. This research aims to measure CO<sub>2</sub> emissions from smallholder agriculture on tropical peatlands used for rubber (*Hevea brasiliensis*) 8-10 years, oil palm (*Elaeis guineensis Jacq*) 5-6 years, and ginger (*Zingiber officinale*) 0-6 months. We collected gas samples from a closed chamber and measured CO<sub>2</sub> emissions for four months, using gas chromatography. We separated heterotrophic from total respiration by trenching. The results showed that CO<sub>2</sub> emissions from smallholder agriculture had a contribution to increase the concentration of CO<sub>2</sub> in the atmosphere. Carbon emissions were 42.6 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>, 35.9 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>, and 34.4 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> from rubber, oil palm, and ginger. The estimated autotrophic respiration in rubber and oil palm plantations was 38,6% and 42,8%, respectively. Water table depth shows a negative correlation to the CO<sub>2</sub> emission ( $r = -0,197$ ,  $p\text{-value} = 0,023$ ). In conclusion, this research found a large carbon emission from small-scale agriculture on drained tropical peat according to the 2014 IPCC default value, which ranges 40-73 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>. Reducing carbon emission from small scale agricultures on peatlands would significantly contribute to achieve the reduction of green house gas target in agricultural sector.

**Keywords:** Smallholder agriculture, Peatlands, Oil palm, Rubber plantation, Ginger agriculture, CO<sub>2</sub> emissions

**Citation:** Jamaludin, Gusmayanti, E., dan Anshari, G.Z. (2020). Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dari Pertanian Skala Kecil di Lahan Gambut. Jurnal Ilmu Lingkungan, 18(3), 582-588, doi:10.14710/jil.18.3.582-588

## 1. Pendahuluan

Berkurangnya lahan pertanian produktif di Indonesia mengakibatkan pengembangan lahan pertanian ke lahan-lahan suboptimal. Salah satu lahan suboptimal yang dimanfaatkan sebagai pertanian adalah lahan gambut. Luas lahan gambut di Indonesia menurut Wahyunto et al., (2016) sekitar 14,9 juta hektar terdapat di tiga pulau besar yaitu Sumatera, Kalimantan dan Papua. Di Kalimantan Barat, luas lahan gambut yang telah dimanfaatkan untuk pertanian skala kecil sekitar 189.410 (Miettinen et al., 2016).

Aktivitas pertanian dan perkebunan di lahan gambut baik skala kecil maupun industri memiliki dampak yang dapat merusak lingkungan. Alih fungsi hutan rawa gambut tropis menjadi lahan pertanian memicu emisi karbon yang sangat besar, yang mempercepat pemanasan global. Menurut Widyati, (2011) aktivitas pertanian seperti pembukaan dan pembersihan lahan serta pembuatan saluran drainase menyebabkan peningkatan emisi CO<sub>2</sub> akibat penurunan muka air tanah.

Penurunan muka air tanah meningkatkan kadar oksigen yang mempercepat proses dekomposisi bahan organik penyusun gambut. Proses ini menyebabkan peningkatan emisi CO<sub>2</sub> pada lahan gambut. (Ishikura et al., 2019 ; Couwenberg et al., 2010; Furukawa et al., 2005; Hooijer et al., 2012; Jauhiainen et al., 2012; Page et al., 2011a).

Pembukaan lahan dapat menghasilkan emisi terutama pembukaan lahan dengan cara membakar. Proses pemupukan pada lahan gambut dalam upaya perbaikan kesuburan tanah juga berkontribusi meningkatkan emisi karbon dan nitrogen. Pemupukan meningkatkan emisi melalui proses respirasi di lahan gambut (Comeau et al., 2016).

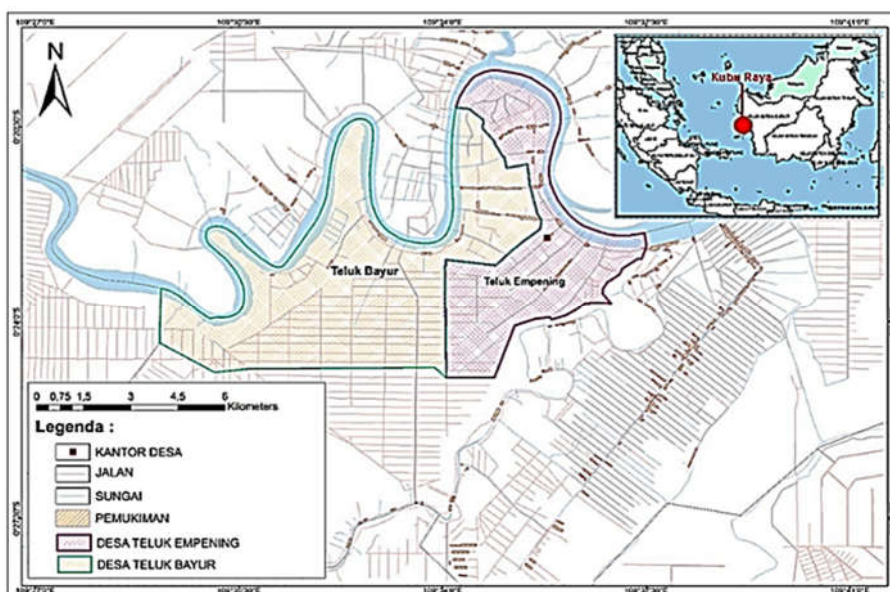
Sebagian besar penelitian terhadap emisi dilakukan pada pertanian atau perkebunan skala besar terutama di lahan kelapa sawit dan hutan tanaman industri (Ramdani dan Hino 2013; Miettinen et al., 2016; Wakhid et al. 2017; Sumarga et al. 2016;

Carlson et al., 2015; Page et al. 2011, Jauhiainen et al., 2012) sedangkan penelitian emisi pada lahan skala kecil masih terbatas seperti di lahan karet, kopi, kelapa dan kelapa sawit (Khasanah dan van Noordwijk, 2019). Miettinen et al. (2016) menyebutkan bahwa pada 2015 sekitar 78% (146 Mt C th<sup>-1</sup>) total pelepasan karbon akibat dekomposisi gambut di Semenanjung Malaysia, Kalimantan dan Sumatera berasal dari areal industri perkebunan dan perkebunan skala kecil. Selain itu, pengelolaan lahan pertanian skala kecil masih bersifat tradisional dan belum memperhatikan manajemen penggunaan lahan gambut guna menekan potensi kerusakan. Salah satu dampak dari kerusakan lahan gambut adalah peningkatan emisi CO<sub>2</sub>. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengukur emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari pertanian skala kecil, yaitu karet, kelapa sawit dan jahe, pada lahan gambut terdrainase.

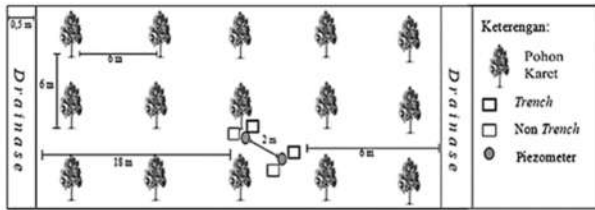
## 2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Desa Teluk Empening dan Teluk Bayur, Kecamatan Terentang Kabupaten Kubu Raya (Gambar 1). Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan November 2018 sampai dengan Februari 2019. Penelitian dilakukan pada tiga lokasi tipe penggunaan lahan yaitu perkebunan karet (RB) umur 8-10 tahun, kelapa sawit (OP) umur 5-6 tahun, dan jahe (GG) umur 0-6 bulan.

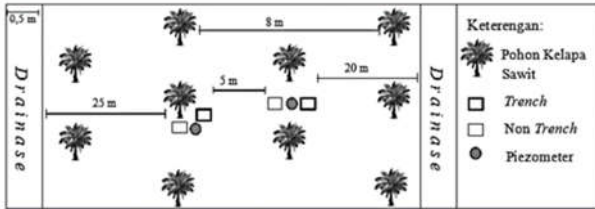
Pada tiap tipe penggunaan lahan, dilakukan tiga kali pengulangan dengan memilih lahan yang mirip baik usia tanaman maupun pengelolaan lahan. Umur tanaman karet pada saat pengukuran adalah yaitu 10-12 tahun. Jarak tanam pohon karet yaitu 4-5 m. Jarak antara titik pengambilan sampel dengan drainase terdekat yaitu 6 m (Gambar 2). Usia tanaman kelapa sawit yaitu 4-6 tahun. Jarak tanam pohon kelapa sawit yaitu 8 m. Jarak antara titik pengambilan sampel dengan drainase terdekat yaitu 20 m (Gambar 3). Usia lahan jahe yang digunakan bervariasi 0-6 bulan. Jarak antara titik pengambilan sampel dengan drainase terdekat yaitu 9 m (Gambar 4).



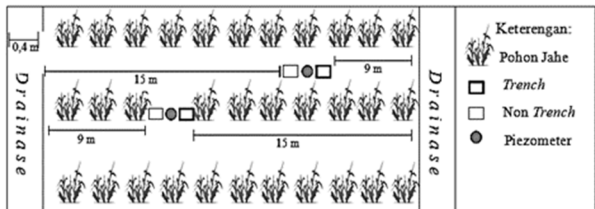
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Tata Letak Titik Pengambilan Sampel di Lahan Karet (RB)



Gambar 3. Tata Letak Titik Pengambilan Sampel di Lahan Kelapa Sawit (OP)



Gambar 4. Tata Letak Titik Pengambilan Sampel di Lahan Jahe (GG)

Pengambilan sampel gas diambil pada area dekat pohon (NT) dan jauh dari pohon (FT). Titik pengambilan dekat pohon pada lahan RB dan GG berkisar 0,5-1 m dari pohon, sedangkan pada lahan GG berada di antara tanaman. Titik pengambilan jauh dari pohon pada lahan karet dan kelapa sawit berada di titik diagonal pohon berkisar 4-5 meter dari pohon sedangkan pada lahan jahe berada di antara bedengan. Pada setiap area titik pengambilan sampel dilakukan persiapan area rizosfer dan nonrizosfer dengan memotong area perakaran. Pada daerah rizosfer dipersiapkan lahan dengan luas 40x40 cm, area ini kemudian disebut untrench (UT), kemudian untuk daerah nonrizosfer dilakukan pemotongan area akar dengan luasan 40x40 cm dan ketebalan 50 cm, kemudian dibatasi dengan kain berbahan nilon yang

tidak dapat ditembus oleh akar namun dapat ditembus air. Area tersebut kemudian disebut trench (TR). Pemasangan trenching dilakukan pada bulan April tahun 2018.

Setiap titik pengambilan sampel juga dipasang peizometer. Pipa yang digunakan yaitu pipa paralon dengan diameter 2,5 inch sepanjang 2 m. Pemasangan peizometer dilakukan pada titik pipa terdekat tanaman dan titik terjauh tanaman menggunakan meteran laser atau secara manual.

Pengukuran dan pengambilan sampel dilakukan pada masing-masing lahan satu kali sebulan selama empat bulan. Pengukuran suhu dan kedalaman muka air tanah dilakukan pada waktu bersamaan pada saat pengambilan sampel gas. Pengambilan sampel gas dilakukan dengan metode sungkup tertutup. Sungkup yang digunakan berbentuk silinder berdiameter 35 cm dan tinggi 40 cm yang telah dilengkapi dengan septum tempat jarum syringe/spuit. Sampel gas disedot dari sungkup menggunakan spuit sebanyak 20 ml lalu disimpan ke dalam tabung (vial) bervolume 10 ml. Pengambilan sampel dilakukan pada rentang waktu pukul 08.00-15.00. setiap titik sebanyak 4 kali setiap 4 menit. Total sampel yang diambil yaitu 536 tabung sampel selama empat bulan. Sampel diambil dari enam titik area rizosfer dan enam titik area nonrizosfer di lahan sawit. Hal serupa juga dilakukan di lahan karet dan jahe.

Suhu udara dan suhu tanah diukur setiap saat pengambilan sampel. Pengukuran suhu permukaan dilakukan dengan cara meletakkan termometer di atas sungkup pengambilan sampel gas atau sekitar 40 cm dari permukaan tanah. Pengukuran suhu tanah dilakukan pada titik pengambilan gas di kedalaman 5 cm dan 10 cm dari permukaan tanah. Pengukuran suhu udara dan suhu tanah dilakukan bersamaan saat pengambilan gas.

Sampel gas yang telah diambil dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Sampel gas diukur dengan gas kromatografi untuk mengetahui konsentrasi emisi CO<sub>2</sub> di dalam vial. Pengukuran dikerjakan di Laboratorium Universitas Nottingham, Inggris. Konsetrasi emisi yang terukur pada gas kromatografi selanjutnya dikonversi menjadi emisi CO<sub>2</sub> menggunakan Hukum Gas Ideal.

Tabel 1. Ketebalan, Sifat Tanah Gambut, Variabel Lingkungan dan Emisi CO<sub>2</sub>

Lahan	Ulangan	Ketebalan Gambut (cm)	Bobot isi (g cm <sup>-3</sup> )	pH tanah	pH Air	Suhu Udara (°C)	Suhu Tanah 5 cm (°C)	Suhu Tanah 10 cm (°C)	Muka Air Tanah (cm)	Emisi CO <sub>2</sub> mg m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>
Karet	1	410	0,09	4,08	3,7 ± 0,07	30,9 ± 2,1	27,3 ± 1,0	26,9 ± 0,6	36,4 ± 0,5	408,5 ± 136,4
	2	114	0,13	3,95	3,5 ± 0,13	29,5 ± 1,5	26,8 ± 0,8	26,5 ± 0,3	39,3 ± 10,3	538,4 ± 158,2
	3	115	0,22	4,2	3,5 ± 0,05	31,0 ± 1,0	27,5 ± 0,4	27,2 ± 0,2	33,3 ± 5,3	434,8 ± 131,4
	Rerata	213	0,15	4,08	3,5 ± 0,12	30,5 ± 1,7	27,2 ± 0,8	26,9 ± 0,5	36,5 ± 7,6	486,8 ± 142,9
Kelapa Sawit	1	525	0,12	4,16	3,8 ± 0,15	31,4 ± 1,8	29,6 ± 2,8	28,7 ± 1,8	40,6 ± 6,9	374, ± 188,9
	2	510	0,11	4,17	3,7 ± 0,10	28,4 ± 1,2	28,1 ± 2,2	27,9 ± 1,6	48,5 ± 4,8	330,9 ± 119,6
	3	60	0,41	3,61	3,3 ± 0,06	31,9 ± 3,3	29,3 ± 3,2	27,4 ± 0,8	22,2 ± 7,1	515,5 ± 116,9
	Rerata	365	0,21	3,98	3,6 ± 0,22	30,6 ± 2,7	28,9 ± 2,8	27,9 ± 1,5	36,4 ± 12,7	410,2 ± 161,6
Jahe	1	60	0,18	3,94	3,6 ± 0,06	34,3 ± 3,6	29,2 ± 1,2	28,1 ± 0,3	19,3 ± 7,2	398,1 ± 163,1
	2	40	0,33	3,82	3,5 ± 0,07	32,8 ± 3,0	28,1 ± 0,5	27,4 ± 0,5	21,6 ± 5,6	221,1 ± 111,5
	3	140	0,12	3,953	3,8 ± 0,09	34,0 ± 1,3	28,6 ± 0,8	28,2 ± 0,5	25,4 ± 10,8	528,9 ± 163,3
	Rerata	80	0,21	3,9	3,6 ± 0,13	33,7 ± 2,8	28,6 ± 1,0	27,9 ± 0,6	21,8 ± 8,0	392,8 ± 204,7
Rata-rata		219,33	0,14	4,07	3,6 ± 0,12	31,6 ± 2,9	28,3 ± 1,9	28,3 ± 1,1	31,8 ± 11,9	429,9 ± 147,1

Data yang diperoleh disajikan dengan analisis statistik deskriptif. Perbandingan emisi CO<sub>2</sub> di rizosfer dan nonrizosfer menggunakan ANOVA serta analisis perbandingan rata-rata dengan uji t. Perbandingan emisi CO<sub>2</sub> di rizosfer dan nonrizosfer menggunakan perbandingan rata-rata dengan uji t. Untuk menguji pengaruh penggunaan lahan terhadap emisi CO<sub>2</sub> dilakukan analisis keragaman. Hubungan antara emisi CO<sub>2</sub> dengan kedalaman muka air tanah, suhu dan pH diuji dengan korelasi pearson dan regresi linier sederhana.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Beberapa Sifat-Sifat Tanah

Sifat-sifat tanah yang diukur meliputi ketebalan gambut, bobot isi dan pH. Tanah gambut pada lokasi penelitian termasuk gambut tipis ( $\leq 40$  cm) hingga gambut sangat dalam ( $\geq 300$  cm). Pada lahan OP ketebalan gambut tergolong gambut sangat dalam dengan rata-rata ketebalan 365 cm. Pada lahan RB ketebalan gambut tergolong gambut dalam dengan rata-rata ketebalan 213 cm. Pada lahan GG ketebalan gambut tergolong gambut dangkal dengan rata-rata ketebalan 80 cm.

Bobot isi pada lahan kelapa sawit (OP) dan jahe (GG) sebesar 0,21 g cm<sup>-3</sup> dan pada karet (RB) yakni 0,15 g cm<sup>-3</sup>. Gambut tipis yang banyak mengandung bahan mineral tanah mempengaruhi tingginya bobot isi pada OP dan GG.

Derajat kemasaman tanah (pH) tergolong sangat masam ( $<4,5$ ) berdasarkan kriteria sifat kimia tanah (Balai Penelitian Tanah 2009). Nilai pH tertinggi terdapat pada lahan karet dengan nilai 4,07 serta lahan kelapa sawit dan lahan jahe masing-masing adalah 3,98 dan 3,90.

#### 3.2. Emisi CO<sub>2</sub> Berdasarkan Penggunaan Lahan

Total emisi dari tiap-tiap penggunaan didapat dari rata-rata hasil pengukuran area rizosfer baik dekat pohon dan jauh dari pohon. Hasil ANOVA menunjukkan tidak terdapat pengaruh signifikan penggunaan lahan terhadap emisi CO<sub>2</sub>. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa emisi CO<sub>2</sub> tertinggi adalah lahan karet menghasilkan  $486,8 \pm 142,9$  mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup> atau setara dengan  $42,6$  ton ha<sup>-1</sup>th<sup>-1</sup>, lahan kelapa sawit  $410,2 \pm 161,6$  mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup> atau setara  $35,9$  ton ha<sup>-1</sup>th<sup>-1</sup> dan jahe sebesar  $392,8 \pm 204,7$  mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup> atau setara  $34,4$  ton ha<sup>-1</sup>th<sup>-1</sup>. (Tabel 1 dan Gambar 5). Besarnya emisi carbon dari pertanian skala kecil pada lahan gambut yang terdrainase mendekati nilai patokan (default value) IPCC 2014, yang antara  $40 - 73$  ton CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup>.

Rumbang et al., (2009) juga memperoleh hasil serupa di mana lahan karet menghasilkan emisi lebih besar daripada kelapa sawit. Sedangkan Khasanah dan Van Noordwijk (2019) melaporkan hasil emisi CO<sub>2</sub> kelapa sawit lebih tinggi dibandingkan lahan karet pada lahan pertanian skala kecil, dengan nilai emisi CO<sub>2</sub> di lahan sawit sebesar  $121,4$  t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup> dan lahan karet sebesar  $79,1$  t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup>.

Nilai emisi CO<sub>2</sub> pada karet lebih tinggi dibandingkan dengan kelapa sawit dan jahe. Salah satu faktor sifat tanah yang mempengaruhi laju emisi adalah pH tanah. Nilai pH tanah pada lahan karet yaitu 4,08, lahan kelapa sawit 3,98 dan lahan jahe 2,90. Semakin tinggi pH maka proses emisi akibat dekomposisi bahan organik pada gambut semakin meningkat. Rerata pH pada lahan karet lebih tinggi dibandingkan lahan kelapa sawit dan jahe, sehingga diduga tingginya emisi pada lahan RB akibat pH tanah yang tinggi mengakibatkan proses dekomposisi berjalan lebih cepat. Hasil penelitian Yahya et al., (2019) menyebutkan bahwa pengaruh pH terhadap emisi sebesar 91.41%, sehingga disimpulkan bahwa semakin tinggi pH akan semakin besar emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan.

Emisi CO<sub>2</sub> yang diukur pada tiap bulan menunjukkan emisi tertinggi pada bulan Februari yaitu  $456,52$  mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup> sedangkan terendah pada bulan Januari yaitu  $357,37$  mg CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>.jam<sup>-1</sup> (Gambar 7). Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya dinamika besarnya emisi CO<sub>2</sub> sangat kompleks, dan belum dapat dijelaskan melalui penelitian ini.

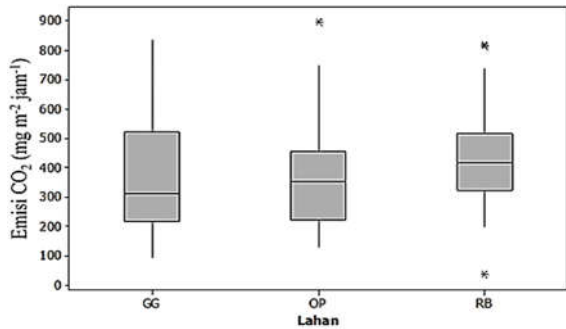
#### 3.3. Pengaruh Akar terhadap Emisi CO<sub>2</sub>

Pengambilan sampel pada titik dekat pohon (NT) dan jauh dari pohon (FT) bertujuan untuk melihat perbedaan emisi CO<sub>2</sub> pada area dekat perakaran dan area jauh dari perakaran. Hasil ini menunjukkan bahwa pembuatan trenching pada titik FT tidak memiliki perbedaan yang nyata antara area TR dan UT terhadap emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan.

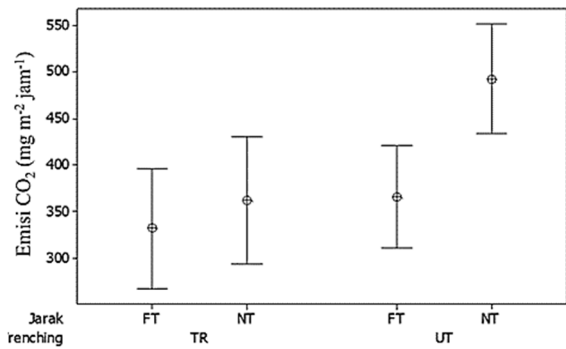
Kondisi serupa terjadi pada area non rizosfer (TR) pada titik NT, dan area rizosfer (UT) pada titik FT tidak memiliki perbedaan emisi CO<sub>2</sub> yang signifikan. Sehingga, untuk melihat pengaruh respirasi akar terhadap total emisi yang dihasilkan dapat dilakukan dengan pengaturan jarak pengambilan sampel dari pohon tanpa memerlukan pembuatan trenching. Hergoualc'h et al., (2017) juga melakukan penelitian serupa dengan asumsi bahwa respirasi total pada titik jauh dari pohon sebagai indikator respirasi heterotrofik.

Pengukuran emisi CO<sub>2</sub> di titik dekat pohon pada area rizosfer lebih besar dibandingkan area nonrizosfer. Emisi pada area rizosfer merupakan emisi respirasi total dari proses respirasi autotrofik dan heterotrofik, sedangkan area nonrizosfer merupakan emisi dari proses respirasi heterotrofik. Akumulasi proses respirasi pada akar dan dekomposisi menyebabkan pada area rizosfer menghasilkan emisi yang lebih tinggi dibandingkan TR yang hanya merupakan proses dekomposisi.

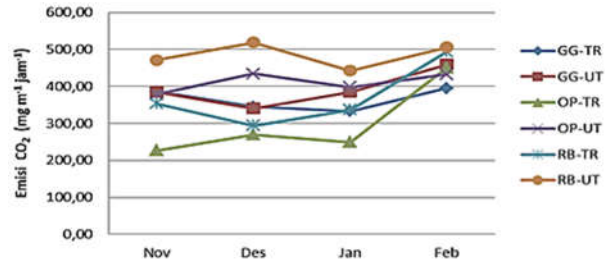
Nilai respirasi heterotrofik dari kebun karet yaitu 61,4%, dan kelapa sawit 57,4%. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan respirasi heterotrofik lebih tinggi dibandingkan respirasi autotrofik, dimana Agus et al. (2010) memperoleh hasil sebesar 62%, Dariah et al., (2014) sebesar 86%, dan Comeau et al., (2016) memperoleh hasil 68-87%.



**Gambar 5.** Besaran Emisi CO<sub>2</sub> pada Masing-Masing Penggunaan Lahan Jahe (GG), Kelapa Sawit (OP), dan Karet (RB)



**Gambar 6.** Emisi CO<sub>2</sub> di Area Nonrizosfer (UT) dan Area Rizosfer (TR) Dekat Pohon (NT) dan Jauh dari Pohon (FT)



**Gambar 7.** Emisi CO<sub>2</sub> pada Lahan Jahe (GG), Kelapa Sawit (OP) dan Kebun Karet (RB) Selama Empat Bulan

Pada lahan jahe, emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada area rizosfer tidak berbeda nyata dengan area non rizosfer. Pembuatan trenching tidak dapat memisahkan emisi CO<sub>2</sub> dari respirasi heterotrofik dan respirasi total pada lahan jahe dikarenakan akar pada tanaman jahe tidak menyebar jauh. Hal ini dapat dilihat pada saat pembuatan trenching tidak terdapat akar tanaman jahe yang terpotong walaupun titik pembuatan trenching hanya berjarak 10-20 cm dari tanaman jahe. Kondisi ini merupakan salah satu faktor yang menyebabkan emisi pada lahan karet dan kelapa sawit lebih tinggi dibandingkan lahan jahe. Akar tanaman tidak hanya berkontribusi melepaskan emisi CO<sub>2</sub> pada proses pernapasannya namun akar tanaman juga mengeluarkan eksudat seperti karbohidrat, asam amino, ion, serta enzim-enzim yang berpotensi meningkatkan aktivitas respirasi pada area perakaran (Hamer dan Marschner, 2005; Kuzyakov et al., 2000; Subke et al., 2004).

**Tabel 2.** Emisi CO<sub>2</sub> dari Berbagai Penggunaan Lahan

Lahan	CO <sub>2</sub> (mg m <sup>-2</sup> jam <sup>-1</sup> )			
	Area Nonrizosfer	Area Rizosfer	Dekat dari Pohon	Jauh dari Pohon
Karet	384,4 ± 135,2 (n= 23)	486,8 ± 142,9 (n=23)	397,2 ± 158,2 (n=23)	473,9±127,1 (n=23)
Kelapa sawit	269,0 ± 92,8 (n=19)	410,2 ± 161,6 (n=23)	394,2 ± 175,3 (n=21)	298,4 ± 106,2 (n=21)
Jahe	352,4 ± 107,2 (n= 22)	392,8 ± 204,7 (n=25)	515,5 ± 177,2 (n=22)	225,9 ± 128,1 (n=25)
Total	339,1 ± 170,7 (n=64)	429,9 ± 174,1 (n=59)	435,7 ± 184,6 (n= 66)	330,6 ± 160,1 (n=69)

### 3.4. Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Emisi CO<sub>2</sub>

Hasil yang diperoleh menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara muka air tanah pada lahan karet dan kelapa sawit namun berbeda nyata dengan jahe ( $P < 0,001$ ). Muka air tanah menunjukkan korelasi positif terhadap emisi CO<sub>2</sub> dengan nilai  $r = 0,205$ ;  $P = 0,017$ . Menurut Couwenberg et al. (2010) data yang dikumpulkan tentang emisi GRK salah satunya CO<sub>2</sub> dari lahan gambut tropis terdapat hubungan antara muka air tanah, pH, rasio C/N, suhu tanah, tutupan vegetasi dan penggunaan lahan. Nilai rata-rata pada setiap variabel lingkungan yang diukur ditampilkan dalam Tabel 1.

Berdasarkan hasil yang diperoleh rerata kedalaman muka air tanah di lahan karet dan kelapa sawit yaitu 37 cm dan 36 cm, sedangkan lahan jahe sebesar 22 cm. Kedalaman muka air tanah di lahan karet dan kelapa sawit yang tidak berbeda nyata disebabkan pembuatan saluran drainase oleh petani dengan tujuan untuk pengatusan. Sedangkan pada lahan jahe petani membuat sekat kanal dengan tujuan agar lahan tidak terlalu kering, namun tidak tergenang

sehingga tanaman jahe dapat tumbuh dengan baik. Hal ini menunjukkan proses oksidasi secara aerobik di lahan karet dan sawit lebih tinggi dibandingkan lahan jahe, yang mengakibatkan emisi yang dihasilkan di lahan karet dan kelapa sawit lebih tinggi dari lahan jahe. Ishikura et al. (2019) juga menjelaskan bahwa penurunan kedalaman muka air tanah akan meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> karena terjadinya percepatan dekomposisi bahan organik penyusun gambut.

Pengaruh muka air tanah juga dilaporkan Hooijer et al. (2010 dan 2012) menunjukkan hubungan yang positif antara emisi CO<sub>2</sub> dan muka air tanah, di mana semakin dalam kedalaman muka air tanah akan meningkatkan emisi CO<sub>2</sub>. Hal serupa juga disampaikan Hirano et al. (2012) bahwa peningkatan kedalaman 10 cm akan meningkatkan emisinya sebesar 0,89 t C m<sup>-2</sup> th<sup>-1</sup> pada lahan gambut tropika di Palangkaraya. Pada lahan gambut yang difungsikan sebagai kawasan pertanian kisaran antara 40 - 60 ton CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup>th<sup>-1</sup> pada kedalaman muka air tanah 70 cm (Hergoual c'H dan Verchot, 2011; Melling et al., 2005; Murdiyarso et

al., 2010; Couwenberg et al., 2010; Hooijer et al., 2006, 2010)

Suhu udara dengan rentang 27-40°C tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub>. Agus (2010) juga menunjukkan bahwa suhu udara tidak berpengaruh terhadap emisi gas CO<sub>2</sub>. Hal ini kemungkinan disebabkan perbedaan suhu minimum dan maksimum tidak terlalu lebar. Sementara, Kwon et al., (2013) menyebutkan bahwa temperatur permukaan tanah yang tinggi menyebabkan terjadinya cekaman kekeringan sehingga menekan aktivitas dekomposisi mikroba.

#### 4. Kesimpulan

Emisi CO<sub>2</sub> dari pertanian skala kecil dari perkebunan karet dan kelapa sawit serta pertanian jahe pada lahan gambut terdrainase menunjukkan besaran yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa pertanian skala kecil yang dilakukan oleh kelompok-kelompok masyarakat memiliki sumbangan emisi yang cukup besar. Upaya untuk mengurangi emisi dari pertanian skala kecil pada lahan gambut terdrainase sangat perlu dilakukan supaya target pemerintah untuk mengurangi emisi karbon dapat tercapai.

#### Ucapan Terima Kasih

Biotechnology dan Biological Sciences Research Council (BBSRC), United Kingdom grant number BB/PO23533/ 1 (SUSTAINPEAT project) yang bekerjasama dengan Universitas Tanjungpura. Terimakasih kepada Dr. Jonay Jovani Sancho selaku pembimbing lapangan dan lab. Abdul Jabbar, Imam Agus Faisal dan Rabbirl Yarham Mahardika yang membantu selama kegiatan penelitian di lapangan dan di laboratorium.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agus, Fahmuddin, Etik Handayani, Meine van Noordwijk, Kamarudin Idris, and Supiandi Sabiham. 2010. Root Respiration Interferes with Peat CO<sub>2</sub> Emission Measurement Root Respiration Interferes with Peat CO<sub>2</sub> Emission Measurement. In 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Pages 50–53. Brisbane, Australia.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, Dan Pupuk. Edited by Eviati and Sulaeman. 2nd ed. Bogor 16123. Balai Penelitian Tanah.
- Carlson, Kimberly M., Lael K. Goodman, and Calen C. May-Tobin. 2015. Modeling Relationships between Water Table Depth and Peat Soil Carbon Loss in Southeast Asian Plantations. *Environmental Research Letters*, Vol. 10 No. 7. Pages 1–12.
- Comeau, Louis-Pierre, Kristell Hergoualc'h, Agus Mohammad Salim, Jodie Hartill, Jo Smith, Louis V. Verchot, and Derek Peak. 2016. How Do the Heterotrophic and the Total Soil Respiration of an Oil Palm Plantation on Peat Respond to Nitrogen Fertilizer Application? *Geoderma*, Vol. 268 No. 1. Pages 41–51.
- Couwenberg, John, René Dommain, and Hans Joosten. 2010. Greenhouse Gas Fluxes from Tropical Peatlands in South-East Asia. *Global Change Biology* Vol. 16 No. 6. Pages 1715–32.
- Dariah, Ai, Ani Maftuah, Balai Penelitian Tanah, Balai Penelitian, Pertanian Lahan, Standar Nasional Indonesia-r-sni, and Badan Sertifikasi Nasional. 2013. Panduan Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi. Karakteristik Lahan Gambut. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Dariah, Ai, Setiari Marwanto, and Fahmuddin Agus. 2014. Root- and Peat-Based CO<sub>2</sub> Emissions from Oil Palm Plantations. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol. 19. Pages 831–843.
- Furukawa, Yuichiro, Kazuyuki Inubushi, Mochamad Ali, A. M. Itang, and Haruo Tsuruta. 2005. Effect of Changing Groundwater Levels Caused by Land-Use Changes on Greenhouse Gas Fluxes from Tropical Peat Lands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* Vol. 71 No. 1. Pages 81–91.
- Hamer, Ute, and Bernd Marschner. 2005. Priming Effects in Soils after Combined and Repeated Substrate Additions. *Geoderma*, Vol. 128 No. 1–2. Pages 38–51.
- Hergoualc'h, Kristell, Dede T. Hendry, Daniel Murdiyoso, and Louis Vincent Verchot. 2017. Total and Heterotrophic Soil Respiration in a Swamp Forest and Oil Palm Plantations on Peat in Central Kalimantan, Indonesia. *Biogeochemistry*, Vol. 135 No. 3. Pages 203–20.
- Hergoualc'h, Kristell, and Louis V. Verchot. 2011. Stocks and Fluxes of Carbon Associated with Land Use Change in Southeast Asian Tropical Peatlands: A Review. *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 25 No. 2. Pages 1–13.
- Hirano, Takashi, Hendrik Segah, Kitso Kusin, Suwido Limin, Hidenori Takahashi, and Mitsuru Osaki. 2012. Effects of Disturbances on the Carbon Balance of Tropical Peat Swamp Forests. *Global Change Biology*, Vol. 18 No. 11. Pages 1–13.
- Hooijer, A., S. Page, J. Jauhiainen, J. G. Canadell, M. Silvius, H. Wösten, and J. Kwadijk. 2010. Current and Future CO<sub>2</sub> Emissions from Drained Peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences*, Vol. 7 No. 5. Pages 1505–14.
- Hooijer, A., S. Page, J. Jauhiainen, W. A. Lee, X. X. Lu, A. Idris, and G. Anshari. 2012. "Subsidence and Carbon Loss in Drained Tropical Peatlands." *Biogeosciences*, Vol. 9 No. 3. Pages 1053–71.
- Hooijer, A, M Silvius, H Wösten, and S Page. 2006. Peat-CO<sub>2</sub>, Assessment of CO<sub>2</sub> Emissions from Drained Peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics Report Q3943. Rotterdamseweg, Netherlands.
- Ishikura, Kiwamu, Ryuichi Hirata, Takashi Hirano, Yosuke Okimoto, Guan Xhuan Wong, Lulie Melling, Edward Baran Aeries, et al. 2019. Carbon Dioxide and Methane Emissions from Peat Soil in an Undrained Tropical Peat Swamp Forest. *Ecosystems*, Vol. 22 No. 8. Pages 1852–68.
- Jauhiainen, J., A. Hooijer, and S. E. Page. 2012. Carbon Dioxide Emissions from an Acacia Plantation on Peatland in Sumatra, Indonesia. *Biogeosciences*, Vol. 9 No. 2. Pages 617–30.
- Khasanah, Ni'matul, and Meine van Noordwijk. 2019. Subsidence and Carbon Dioxide Emissions in a Smallholder Peatland Mosaic in Sumatra, Indonesia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol. 24 No. 1. Pages 147–63.
- Kuzyakov, Y., J. K. Friedel, and K. Stahr. 2000. Review of Mechanisms and Quantification of Priming Effects. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 32 No. 11–12. Pages 1485–98.

- Kwon, Min Jung, Akira Haraguchi, and Hojeong Kang. 2013. Long-Term Water Regime Differentiates Changes in Decomposition and Microbial Properties in Tropical Peat Soils Exposed to the Short-Term Drought. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 60. Pages 33–44.
- Melling, L., R. Hatano, and K. J. Goh. 2005. Global Warming Potential from Soils in Tropical Peatland of Sarawak, Malaysia. *Phyton Annales Rei Botanicae*, Vol. 45 No. 4. Pages 275–84.
- Miettinen, Jukka, Chenghua Shi, and Soo Chin Liew. 2016. Land Cover Distribution in the Peatlands of Peninsular Malaysia, Sumatra and Borneo in 2015 with Changes since 1990. *Global Ecology and Conservation*, Vol. 6. Pages 67–78.
- Murdiyarso, D., K. Hergoualc'H, and L. V. Verchot. 2010. Opportunities for Reducing Greenhouse Gas Emissions in Tropical Peatlands. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 107. Pages 19655–60.
- Page, S. E., R. Morrison, C. Malins, A. Hooijer, J. O. Rieley, and J. Jauhiainen. 2011. Review of Peat Surface Greenhouse Gas Emissions From Oil Palm Plantations in Southeast Asia. *Indirect Effects of Biofuel Production Series*. Washington.
- Page, Susan E., John O. Rieley, and Christopher J. Banks. 2011. Global and Regional Importance of the Tropical Peatland Carbon Pool. *Global Change Biology*.
- Ramdani, Fatwa, and Masateru Hino. 2013. Land Use Changes and GHG Emissions from Tropical Forest Conversion by Oil Palm Plantations in Riau Province, Indonesia. *PLoS ONE*, Vol. 8 No. 7. Pages 1–6.
- Rumbang, Nyahu, Bostang Radjaguguk, and Djoko Prajitno. 2009. Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Dari Beberapa Tipe Penggunaan Lahan Gambut Di Kalmantan. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, Vol. 9 No. 2. Hal 95–102.
- Subke, Jens Arne, Volker Hahn, Giovanna Battipaglia, Sune Linder, Nina Buchmann, and M. Francesca Cotrufo. 2004. Feedback Interactions between Needle Litter Decomposition and Rhizosphere Activity. *Oecologia*, Vol. 139 No. 4. Pages 551–59.
- Sumarga, Elham, Lars Hein, Aljosja Hooijer, and Ronald Vernimmen. 2016. Hydrological and Economic Effects of Oil Palm Cultivation in Indonesian Peatlands. *Ecology and Society*, Vol. 21 No. 2. Pages 1–19.
- Wahyunto, Kusumo Nugroho, and Fahmuddin Agus. 2016. Perkembangan Pemetaan Dan Distribusi Lahan Gambut Di Indonesia. In *Lahan Gambut Indonesia. Pembentukan, Karakteristik, Dan Potensi Mendukung Ketahanan Pangan*, edited by Fahmuddin Agus, Markus Anda, Ali Jamil, and Masganti, revisi, 246. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Wakhid, Nur, Siti Nurzakiah, Dedi Nursyamsi, Yosuke Okimoto, and Takashi Hirano. 2017. Soil Carbon Dioxide Emissions from a Rubber Plantation on Tropical Peat. *Science of The Total Environment*, Vol. 581–582 No. 1. Pages 1–19.
- Webster, K.L, J W Mclaughlin, Y Kimc, M S Packalenb, and C S Lid. 2013. Modelling Carbon Dynamics and Response to Environmental Change along a Boreal Fen Nutrient Gradient. Vol. 248. Pages 148–64.
- Widyati, Enny. 2011. Kajian Optimasi Pengelolaan Lahan Gambut Dan Isu Perubahan Iklim. *Tekno Hutan Tanaman*, Vol. 4 No. 2. Hal 57–68.
- Yahya, Vanda Julita, Supiandi Sabiham, Bambang Pramudya, and Irsal Las. 2019. Identifikasi Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Emisi Karbon Di Lahan Gambut Tropis (Kasus Pada Perkebunan Kelapa Sawit Di Kabupaten Siak). *Biospecies*, Vol. 12 No. 2. Hal 20–27.