

# Dampak Pemberian Pupuk Hayati dan NPK Terhadap Emisi CO<sub>2</sub> Pada Perkebunan Kelapa Sawit Di Lahan Gambut

Dika Riyani<sup>1</sup>, Evi Gusmayanti<sup>1,2\*</sup>, Muhammad Pramulya<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura;

<sup>2</sup>Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Tanjungpura;

<sup>3</sup>Program Studi D3 Budidaya Tanaman Perkebunan, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura;

## ABSTRAK

Pemanfaatan lahan gambut untuk perkebunan kelapa sawit selalu disertai dengan pemupukan, seperti pupuk hayati dan NPK. Namun kegiatan pemupukan ini berpotensi meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik gambut yang selanjutnya menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur emisi CO<sub>2</sub> sebelum dan sesudah pemupukan hayati dan NPK dari perkebunan kelapa sawit fase belum menghasilkan (umur tanaman 3 tahun) dan fase menghasilkan (umur tanaman 12 tahun). Penelitian ini dilaksanakan pada perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Barat. Emisi CO<sub>2</sub> yang diukur pada enam belas subplot dengan metode sungkup tertutup menggunakan sensor CO<sub>2</sub> Vaisala GMP343. Pengukuran emisi CO<sub>2</sub> dilakukan seminggu sekali dari bulan Agustus sampai Oktober 2020. Bersamaan dengan pengukuran emisi CO<sub>2</sub> dilakukan pengukuran suhu tanah, suhu udara dan kedalaman muka air tanah yang diikuti pengambilan sampel tanah untuk analisis pH, Eh dan kadar air gravimetrik. Pengambilan sampel tanah terganggu untuk analisis kesuburan gambut dilakukan sebanyak tiga kali yaitu seminggu sebelum pengukuran emisi CO<sub>2</sub>, setelah aplikasi pupuk hayati dan setelah aplikasi pupuk NPK. Hasil penelitian menunjukkan emisi CO<sub>2</sub> sebelum dan sesudah pemupukan tidak berbeda nyata. Rerata emisi CO<sub>2</sub> setelah pemupukan hayati cenderung lebih rendah dan kembali meningkat setelah pemupukan NPK. Besaran emisi CO<sub>2</sub> pada tanaman belum menghasilkan sebelum pemupukan sebesar  $0,65 \pm 0,36 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$ , setelah pemupukan hayati sebesar  $0,56 \pm 0,28 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$  dan setelah pemupukan NPK sebesar  $0,60 \pm 0,32 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$ . Sedangkan rerata emisi CO<sub>2</sub> pada lokasi tanaman menghasilkan sebelum pemupukan yaitu  $0,53 \pm 0,24 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$ , setelah pemupukan hayati  $0,38 \pm 0,18 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$  dan setelah pemupukan NPK meningkat menjadi  $0,66 \pm 0,43 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ jam}^{-1}$ .

**Kata kunci:** Emisi CO<sub>2</sub>, gambut, kelapa sawit, pemupukan

## ABSTRACT

Fertilization is a common practice when utilizing peatlands for oil palm plantation. It includes bio fertilizer and compound NPK fertilizer. However, fertilization may potentially increase microorganism activities leading to higher CO<sub>2</sub> emission. This study aims to measure CO<sub>2</sub> emissions before and after application of bio fertilizer and compound NPK fertilizer to oil palm plantations. This research was conducted on palm plantations in West Kalimantan. There are two plots of measurements i.e. immature oil palm, about 3 years of age and producing oil palm about 12 years of age, and every plot consists eight subplots. The measurement of CO<sub>2</sub> emissions carried out according to closed chamber method using Vaisala GMP343 CO<sub>2</sub> sensor once a week from August to October 2020. Along with measurement of CO<sub>2</sub> emissions, environmental factors were also measured, i.e. soil temperature, air temperature and groundwater level, pH, Eh and gravimetric water content. Sampling of disturbed soil for peat fertility analysis was carried out three times, a week before measuring CO<sub>2</sub> emissions, after application of bio-fertilizers and after application of compound NPK fertilizer. The results showed that CO<sub>2</sub> emissions before and after fertilization were not significantly different. The average CO<sub>2</sub> emission after biological fertilization tends to be lower than that before fertilizer application and tend to increase after NPK fertilization. The amount of CO<sub>2</sub> emission in immature plot before fertilization is  $0,65 \pm 0,36 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ hour}^{-1}$ , after biological fertilization is  $0,56 \pm 0,28 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ hour}^{-1}$  and after NPK fertilization is  $0,60 \pm 0,32 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ hour}^{-1}$ . Meanwhile, the average CO<sub>2</sub> emission at the location of the plant produced before fertilization was  $0,53 \pm 0,24 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ hour}^{-1}$ , after biological fertilization was  $0,38 \pm 0,18 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ hour}^{-1}$  and after NPK fertilization increased to  $0,66 \pm 0,43 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ hour}^{-1}$ .

**Keywords:** CO<sub>2</sub> emission, fertilization, oil palm, peatland

**Citation:** , Riyani, D, E. Gusmayanti, M. Pramulya. (2021). Dampak Pemberian Pupuk Hayati dan NPK Terhadap Emisi CO<sub>2</sub> Pada Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Gambut. Jurnal Ilmu Lingkungan, 19(2), 219-226, doi:10.14710/jil.19.2.219-226

## 1. Pendahuluan

Kelapa sawit adalah salah satu komoditas yang saat ini telah dikembangkan pada lahan gambut. Miettinen *et al.* (2016) memperkirakan lahan gambut yang telah dimanfaatkan untuk perkebunan kelapa sawit di pulau

Kalimantan dan Sumatera hingga tahun 2015 sekitar 2 juta hektar.

Produksi kelapa sawit di lahan gambut bervariasi. Menurut Soewandita (2018), pada gambut saprik produksi kelapa sawit berkisar antara 19,48 – 22,92

\* Penulis korespondensi: evi.gusmayanti@faperta.untan.ac.id

ton ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>. Peningkatan produktivitas kelapa sawit dapat dilakukan melalui pemupukan, baik berupa pupuk yang mengandung unsur hara makro maupun unsur hara mikro (Salwati *et al.*, 2014). Menurut Pahan (2006) unsur hara makro (N, P, K, Ca, dan Mg) dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang sangat besar, sedangkan unsur hara mikro (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Cl dan B) dibutuhkan dalam jumlah yang relatif lebih kecil. Penyediaan hara bagi tanaman kelapa sawit dapat pula dilakukan baik secara organik maupun anorganik (Juliansyah dan Supijatno, 2018). Pemberian pupuk dapat pula dilakukan dengan mengkombinasi pupuk hayati dan pupuk NPK, seperti yang dilakukan dalam penelitian ini.

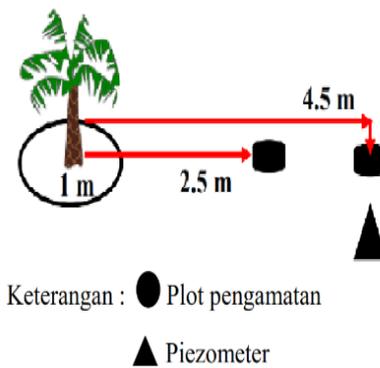
Pengaplikasian pupuk hayati dan pupuk NPK pada lahan gambut berpotensi meningkatkan emisi CO<sub>2</sub>. Menurut Maswar (2009), hal ini disebabkan pemupukan pada lahan gambut dapat mempengaruhi aktivitas biologi dalam tanah, termasuk aktivitas mikroorganisme perombak sehingga dapat mempercepat kehilangan karbon.

Mikroorganisme tanah membutuhkan sumber nutrisi dari unsur-unsur dasar seperti nitrogen, karbon, hidrogen, oksigen, fosfor, sulfur dan zat besi (Hajoeningtjas, 2005). Semakin banyak kandungan hara di dalam tanah gambut maka jumlah, keragaman, dan aktivitas mikroba juga semakin besar (Agus *et al.*, 2013). Pemupukan hayati maupun NPK mempengaruhi status hara dan kelimpahan mikroorganisme tanah. Selain itu fase pertumbuhan tanaman yang dapat dijadikan indikator lamanya lahan terdampak aktivitas budidaya. Keadaan tersebut dapat mempengaruhi besarnya emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur emisi CO<sub>2</sub> sebelum dan sesudah aplikasi pupuk hayati dan pupuk NPK pada lahan kelapa sawit belum menghasilkan (TBM) dan lahan kelapa sawit menghasilkan (TM).

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai dengan Oktober 2020 di lahan perkebunan kelapa sawit PT. Sintang Raya, Desa Olak-Olak, Kecamatan Kubu, Kabupaten Kubu Raya. Lokasi pengukuran emisi CO<sub>2</sub> dilakukan di dua lokasi yaitu pada lahan tanaman kelapa sawit belum menghasilkan (TBM) umur 3 tahun dan lahan tanaman kelapa sawit menghasilkan (TM) umur 12 tahun. Kedalaman gambut di lokasi penelitian berkisar 130-175 cm dengan bobot isi, berat jenis partikel dan porositas gambut masing-masing adalah 0,19 g cm<sup>-3</sup>, 1,91 g cm<sup>-3</sup> dan 89% (Razak, 2019). Setiap lokasi terdiri dari 4 plot, dan setiap plot terdapat 2 subplot pengukuran dengan jarak 2,5 m dan 4,5 m dari pokok kelapa sawit. Jumlah subplot pada tiap lokasi penelitian adalah 8, sehingga secara keseluruhan pada area TBM dan TM terdapat 16 subplot pengamatan. Gambar 1 menyajikan tata letak plot pengukuran emisi CO<sub>2</sub> dan piezometer untuk pengukuran muka air tanah.



Gambar 1. Letak plot pengamatan

### 2.2. Pelaksanaan Penelitian

Pengukuran emisi CO<sub>2</sub> dilaksanakan selama delapan minggu, setiap hari Kamis pada pukul 08:00 WIB sampai dengan selesai. Emisi CO<sub>2</sub> diukur menggunakan metode sungkup tertutup dengan sensor CO<sub>2</sub> Vaisala GMP343. Karakteristik lingkungan yang diukur bersamaan dengan pengukuran emisi CO<sub>2</sub> adalah suhu udara, suhu tanah, dan muka air tanah. Kemudian pengambilan sampel tanah dengan kedalaman 0-5 cm untuk analisis pH tanah, Eh dan kadar air gravimetrik.

Data konsentrasi CO<sub>2</sub> yang diukur menggunakan sensor Vaisala GMP343 diubah menjadi emisi CO<sub>2</sub> menggunakan persamaan di bawah ini (Sano *et al.*, 2010).

$$F_s = \frac{V}{A} \times \frac{1}{22,4 \times \frac{273,15+T}{273,15} \times 10^{-3}} \times \frac{dc}{dt} \quad (1)$$

Keterangan:

F<sub>s</sub> = Emisi CO<sub>2</sub> (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)

V = volume sungkup/chamber (m<sup>3</sup>)

A = luas penampang sungkup/chamber (m<sup>2</sup>)

T = rata-rata suhu dalam sungkup (°C)

dc/dt = perubahan konsentrasi CO<sub>2</sub> antar waktu (ppm s<sup>-1</sup>)

22,4 = volume molar gas pada kondisi stp (*standard temperature and pressure*) yaitu 22,4 liter mol<sup>-1</sup> atau 0,0224 m<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup> pada 0°C (273 °K) dan tekanan 1 atm

Pemberian pupuk hayati dilaksanakan pada minggu ke-4 pengukuran (M-4), kemudian disusul pupuk NPK Pelangi pada minggu ke-7 pengukuran (M3). Pupuk diaplikasikan pada pokok plot pengamatan dan pokok yang berada di sekitar plot. Pupuk hayati diaplikasikan di dalam larikan, selanjutnya aplikasi pupuk NPK dengan jarak minimal 40 cm dari larikan tersebut (Gambar 2). Pengambilan sampel tanah terganggu dilakukan pada kedalaman 0-30 cm pada 1 minggu sebelum pengukuran emisi CO<sub>2</sub>, setelah pemupukan hayati dan setelah pemupukan NPK. Sampel tersebut digunakan untuk analisis unsur hara total yang terdiri dari C-Org, N-Total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ca, Mg, K, Na, KTK, KB, Al-dd, H-dd dan pH.



Keterangan : ○ Larikan aplikasi pupuk hayati  
● Aplikasi pupuk NPK

Gambar 2. Tempat aplikasi pupuk

### 2.3. Analisis Data

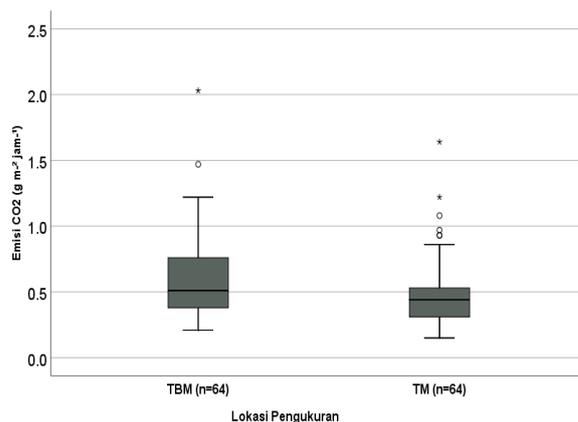
Data emisi CO<sub>2</sub> disajikan secara deskriptif. Perbandingan emisi CO<sub>2</sub> antara lahan tanaman kelapa sawit belum menghasilkan (TBM) dan tanaman kelapa sawit menghasilkan (TM) dianalisis menggunakan uji t. Selain itu untuk menganalisis hubungan antara variabel lingkungan (suhu tanah, suhu udara, muka air tanah, kadar air gravimetrik, pH tanah, Eh tanah) dengan emisi CO<sub>2</sub> dilakukan analisis korelasi.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Emisi CO<sub>2</sub> pada TBM dan TM

Rerata emisi CO<sub>2</sub> pada lahan TBM dan TM dapat dilihat pada Gambar 3. Lahan TBM memiliki rerata emisi 0,61 ± 0,33 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup> atau setara dengan 53,14 ± 28,62 ton ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup> dan lahan TM dengan rerata emisi CO<sub>2</sub> sebesar 0,49 ± 0,27 g m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup> atau setara 42,70 ± 23,19 ton ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>. Secara keseluruhan rerata emisi pada kedua lahan tersebut setara dengan 47,92 ton CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>. Hasil pengukuran ini berada pada kisaran yang sama dengan hasil pengukuran emisi yang dilaporkan oleh Prihutami *et al.* (2019), namun lebih rendah dari hasil yang diperoleh Razak (2019) pada lokasi yang sama dengan emisi CO<sub>2</sub> pada TM dan TBM secara berturut-turut 126,14 ton CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup> dan 169,07 ton CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>. Hasil penelitian ini juga berada pada kisaran nilai yang dilaporkan untuk perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada kurun waktu 2007 -2017 yang berkisar antara 10 sampai 95 ton CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>, serta perkebunan kelapa sawit di Malaysia 2006 - 2016 yang berkisar antara 7 sampai 79 ton CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> (Uning *et al.*, 2020).

Berdasarkan hasil uji t dengan taraf 5%, emisi CO<sub>2</sub> di TBM berbeda secara signifikan dengan emisi CO<sub>2</sub> di TM (*p value* 0,025). Hal ini sejalan dengan yang telah dilaporkan oleh Darmadi (2019) dan Razak (2019) yang juga memperoleh perbedaan yang signifikan antara emisi CO<sub>2</sub> pada TBM dan TM.



Gambar 3. Rerata Emisi CO<sub>2</sub> (g m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>) pada Lokasi Penelitian

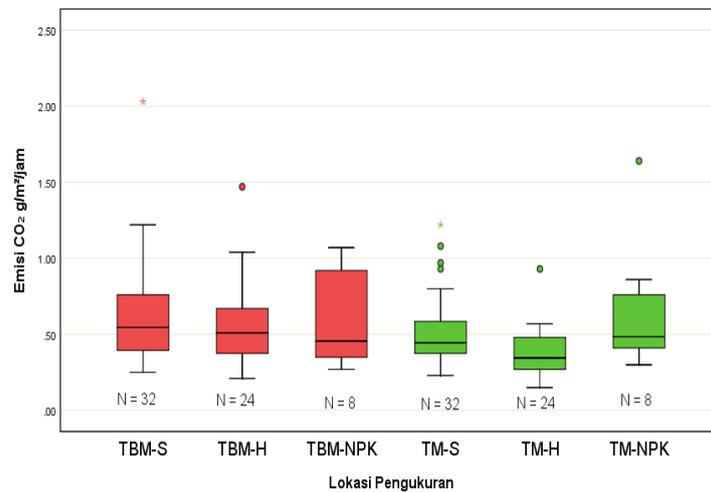
Perbedaan emisi CO<sub>2</sub> yang signifikan pada lahan TBM dan TM berkaitan dengan berbagai variabel lingkungan yang berbeda di antara kedua lahan tersebut. Suhu udara maupun suhu tanah pada lokasi TBM lebih tinggi dibanding suhu di TM (Tabel 2). Hal ini disebabkan kanopi tanaman pada lahan TBM masih relatif terbuka dan belum menutup sempurna, sehingga mempengaruhi penyerapan radiasi matahari oleh permukaan tanah.

### 3.2. Emisi CO<sub>2</sub> pada TBM dan TM Sebelum dan Sesudah Pemupukan

Rerata hasil pengukuran emisi CO<sub>2</sub> sebelum dan sesudah pemupukan diilustrasikan dalam Gambar 4. Gambar tersebut memperlihatkan adanya peningkatan variasi emisi yang terukur pada pengukuran setelah pemupukan NPK. Secara rerata, emisi CO<sub>2</sub> pada lahan TBM sebelum pemupukan, setelah pemupukan hayati dan NPK secara berturut-turut adalah 0,65 ± 0,36 g m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>, 0,56 ± 0,28 g m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup> dan 0,60 ± 0,32 g m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>. Sedangkan pada lahan TM sebelum pemupukan, setelah pemupukan hayati dan NPK secara berturut-turut adalah 0,53 ± 0,24 g m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>, 0,38 ± 0,18 g m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup> dan 0,66 ± 0,43 g m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>.

Hasil uji t berpasangan dengan taraf 5% pada lahan TBM maupun TM menunjukkan perbedaan tidak nyata antara sebelum dan sesudah aplikasi pupuk (*p value* pada TBM = 0,265, *p value* pada TM = 0,142). Sejalan dengan penelitian Fitra *et al.*, (2019) dan Razak (2019) yang menyatakan bahwa perlakuan kombinasi pemupukan yang diaplikasikan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap emisi CO<sub>2</sub> dari tanah gambut. Namun berbeda dengan hasil penelitian Handayani *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwa pemupukan merupakan salah satu penyebab peningkatan produksi CO<sub>2</sub> di lahan gambut.

Emisi CO<sub>2</sub> mengalami penurunan setelah aplikasi pupuk hayati, akan tetapi kembali meningkat setelah aplikasi pupuk NPK. Hal ini tidak sejalan dengan pendapat Gunarto (2015) yang menyatakan pemberian pupuk hayati (*Bio Max Grow*) dapat meningkatkan laju respirasi tanah melalui kinerja enzim dan peningkatan kehidupan mikroorganisme tanah.



S=Sebelum Pemupukan, H=Setelah Pemupukan Hayati & NPK=Setelah Pemupukan NPK

**Gambar 4.** Rerata Emisi CO<sub>2</sub> Sebelum dan Sesudah Pemupukan pada lahan Tanaman Kelapa Sawit Belum Menghasilkan (TBM) dan Tanaman Kelapa Sawit Menghasilkan (TM)

Hal ini diduga karena terjadinya proses pencucian pada saat pemupukan hayati. Tepat setelah pemupukan hayati terjadi hujan pada lahan tersebut. Selain itu ketersediaan beberapa unsur hara di dalam tanah seperti N dan Mg lebih rendah jika dibandingkan setelah pemupukan NPK, yang diduga menjadi penyebab rendahnya emisi. Menurut Hajoeningtjas (2005), mikroorganisme membutuhkan sumber nutrisi dari unsur-unsur dasar seperti nitrogen, karbon, hidrogen, oksigen, fosfor, sulfur dan zat besi. Setelah aplikasi pupuk NPK, emisi CO<sub>2</sub> yang terukur di TBM maupun TM mengalami peningkatan.

Hasil analisis kimia pada sampel tanah gambut pada kedua area TBM dan TM disajikan dalam Tabel 1 dan dikategorikan sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, sangat rendah berdasarkan klasifikasi Sulaeman *et al.* (2005). Setelah aplikasi pupuk hayati kandungan unsur hara pada TBM seperti Ca dan Mg mengalami penurunan, sedangkan pada TM terjadi penurunan pada kandungan N, K dan Na (Tabel 1). Hal ini diduga pengaruh dari curah hujan yang cukup tinggi tepat setelah aplikasi pemupukan, sehingga diduga terjadi proses pencucian. Pada dua minggu setelah aplikasi pupuk NPK, pada lahan TBM terjadi peningkatan kandungan unsur hara seperti N, Ca dan Mg. Sedangkan pada lahan TM terjadi peningkatan unsur hara N, P, Ca dan Mg. Peningkatan N-total pada kedua lokasi tersebut dikarenakan kandungan N yang terdapat pada pupuk NPK menambah N total di dalam tanah. Akan tetapi berbeda dengan P yang menurun pada lahan TBM, begitu pula kandungan K dan Na terjadi penurunan setelah aplikasi pupuk NPK.

Semakin banyak kandungan hara di dalam tanah gambut maka jumlah, keragaman, dan aktivitas

mikroba juga semakin meningkat (Agus *et al.*, 2013). Pinsonneault *et al.* (2016) juga menyampaikan bahwa terjadi peningkatan respirasi mikroba dengan adanya penambahan unsur hara N, P dan K. Selain aktivitas mikroorganisme meningkat, proses hidrolisis dari pupuk N juga menghasilkan CO<sub>2</sub> (Prayitno dan Runtung, 2018). Tiemeyer *et al.* (2016) menyatakan bahwa emisi CO<sub>2</sub> tergantung kepadatan N yang berada di zona aerob.

### 3.3 Karakteristik Lingkungan dan Hubungannya dengan Emisi CO<sub>2</sub>

Hasil pengukuran karakteristik lingkungan yang diukur bersamaan dengan emisi CO<sub>2</sub> disajikan dalam Tabel 2. Karakteristik lingkungan yang diukur yaitu muka air tanah (MAT), kadar air gravimetrik, pH, Eh, suhu tanah dan suhu udara. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh karakteristik lingkungan tersebut terhadap besaran emisi CO<sub>2</sub> yang terukur. Beberapa peneliti menghubungkan emisi CO<sub>2</sub> dari lahan gambut dengan beberapa variabel lingkungan seperti tinggi muka air tanah (Gusmayanti *et al.*, 2019; Astiani and Burhanuddin 2017; Aswandi *et al.*, 2016 ; Putri *et al.*, 2016; Winarna, 2015; Winarna and Santoso, 2020; Astiani *et al.*, 2015), kadar air tanah (Winarna, 2015; Gusmayanti *et al.*, 2019; Winarna and Santoso, 2020; Astiani *et al.*, 2015), suhu tanah dan suhu udara (Gusmayanti *et al.*, 2019; Astiani and Burhanuddin, 2017; Sihi *et al.*, 2018). Hubungan emisi CO<sub>2</sub> dengan faktor-faktor lingkungan lainnya seperti kelembapan tanah dan pH tanah juga disampaikan oleh Winarna and Santoso (2020).

**Tabel 1.** Sifat Kimia Tanah Gambut

Sifat Kimia Tanah Gambut	TBM				TM			
	M0	M3	M5	Rerata	M0	M3	M5	Rerata
pH (H <sub>2</sub> O)	3,54	3,22	3,21	<b>3,32</b>	3,38	3,27	3,16	<b>3,27</b>
pH (KCL)	3,22	2,56	2,69	<b>2,82</b>	3,12	2,89	2,51	<b>2,84</b>
C-Organik (%)	54,49 <sup>ST</sup>	55,94 <sup>ST</sup>	53,64 <sup>ST</sup>	<b>54,69<sup>ST</sup></b>	55,58 <sup>ST</sup>	39,33 <sup>ST</sup>	56,16 <sup>ST</sup>	<b>50,36<sup>ST</sup></b>
N-Total (%)	1,88 <sup>ST</sup>	1,87 <sup>ST</sup>	7,66 <sup>ST</sup>	<b>3,80<sup>ST</sup></b>	1,84 <sup>ST</sup>	1,62 <sup>ST</sup>	8,02 <sup>ST</sup>	<b>3,83<sup>ST</sup></b>
P-Bray 2 (ppm)	137,81 <sup>ST</sup>	152,12 <sup>ST</sup>	105,28 <sup>ST</sup>	<b>131,74<sup>ST</sup></b>	81,47 <sup>ST</sup>	88,28 <sup>ST</sup>	112,35 <sup>ST</sup>	<b>94,03<sup>ST</sup></b>
K (cmol(+))Kg <sup>-1</sup> )	0,67 <sup>T</sup>	0,94 <sup>T</sup>	0,61 <sup>T</sup>	<b>0,74<sup>T</sup></b>	0,48 <sup>S</sup>	0,35 <sup>R</sup>	0,33 <sup>R</sup>	<b>0,39<sup>R</sup></b>
Ca (cmol(+))Kg <sup>-1</sup> )	4,71 <sup>R</sup>	3,85 <sup>R</sup>	4,7 <sup>R</sup>	<b>4,42<sup>R</sup></b>	1,88 <sup>SR</sup>	2,06 <sup>R</sup>	3,77 <sup>R</sup>	<b>2,57<sup>R</sup></b>
Mg (cmol(+))Kg <sup>-1</sup> )	2,16 <sup>T</sup>	1,44 <sup>S</sup>	2,31 <sup>T</sup>	<b>1,97<sup>S</sup></b>	0,91 <sup>R</sup>	0,96 <sup>R</sup>	2,23 <sup>T</sup>	<b>1,37<sup>S</sup></b>
Na (cmol(+))Kg <sup>-1</sup> )	1,12 <sup>ST</sup>	1,53 <sup>ST</sup>	1 <sup>T</sup>	<b>1,22<sup>ST</sup></b>	0,81 <sup>T</sup>	0,57 <sup>S</sup>	0,55 <sup>S</sup>	<b>0,64<sup>S</sup></b>
KTK (cmol(+))Kg <sup>-1</sup> )	106,77 <sup>ST</sup>	109,55 <sup>ST</sup>	113,28 <sup>ST</sup>	<b>109,87<sup>ST</sup></b>	108,47 <sup>ST</sup>	84,76 <sup>ST</sup>	118,6 <sup>ST</sup>	<b>103,94<sup>ST</sup></b>
KB (%)	8,11 <sup>SR</sup>	7,08 <sup>SR</sup>	7,61 <sup>SR</sup>	<b>7,60<sup>SR</sup></b>	3,74 <sup>SR</sup>	4,65 <sup>SR</sup>	5,8 <sup>SR</sup>	<b>4,73<sup>SR</sup></b>
Al-dd (cmol(+))Kg <sup>-1</sup> )	1,05	0,72	0,63	<b>0,80</b>	1,05	0,52	0,64	<b>0,74</b>
H-dd (cmol(+))Kg <sup>-1</sup> )	2,2	1,06	0,93	<b>1,40</b>	1,9	4,79	1,54	<b>2,74</b>

Keterangan: M0 = minggu sebelum pengukuran, M3 = 3 minggu setelah pemupukan hayati, M5 = 2 minggu setelah pemupukan NPK, ST = Sangat Tinggi, T = Tinggi, S = Sedang, R = Rendah, SR = Sangat Rendah

Berdasarkan hasil analisis statistik, terdapat perbedaan yang signifikan pada pH, suhu tanah dan suhu udara di lahan TBM dan TM. Namun nilai Eh tanah dan kadar air gravimerik antara kedua lahan tersebut relatif sama. Karakteristik lingkungan tersebut secara simultan dan saling berkaitan menyebabkan perbedaan nilai emisi CO<sub>2</sub> pada lahan TBM dan TM. Hal ini juga dinyatakan oleh Sukarman *et al.*, (2012) dan Handayani *et al.*, (2019) bahwa emisi gas CO<sub>2</sub> yang terlepas ke atmosfer terjadi melalui proses kompleks yang dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan yang berinteraksi satu dan lainnya

Emisi CO<sub>2</sub> dengan muka air tanah (cm) memiliki korelasi yang tidak signifikan, baik pada TM maupun TBM. Secara keseluruhan nilai koefisien korelasi 0,094 dengan *p-value* = 0,292. Hubungan yang tidak nyata

antara kedalaman muka air tanah dan emisi CO<sub>2</sub> pada perkebunan kelapa sawit juga telah dilaporkan Prihutami *et al.* (2019), Gusmayanti *et al.*, (2019) dan Rahsia *et al.*, (2020). Hal ini disebabkan kisaran muka air tanah yang tidak besar, sehingga pengaruhnya terhadap emisi CO<sub>2</sub> tidak terlihat.

Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan hasil penelitian Astiani dan Burhanuddin (2017) yang melaporkan adanya hubungan yang sangat kuat antar tinggi muka air tanah dengan emisi CO<sub>2</sub> dengan nilai koefisien korelasi 0.537 (*p-value* <0.001). Hal serupa juga disampaikan Aswandi *et al.* (2016), Putri *et al.* (2016), dan Triadi *et al.* (2018) bahwa emisi CO<sub>2</sub> memiliki korelasi positif terhadap kedalaman muka air tanah.

**Tabel 2.** Uji T Karakteristik Lingkungan pada TBM dan TM

Karakteristik Lingkungan	TBM		TM		p - value
	Rerata	Std. Deviasi	Rerata	Std. Deviasi	
MAT (cm)	- 40,34	-11,00	-52,94	-11,40	0,000*
KA (%)	314,80	75,44	295,69	65,39	0,128
pH (H <sub>2</sub> O)	3,66	0,36	3,40	0,25	0,000*
Eh (Mv)	388,59	29,57	391,66	26,86	0,539
Tc (°C)	28,25	1,97	27,66	0,80	0,027*
Tu (°C)	34,98	3,09	31,84	1,41	0,000*

Keterangan : \* Berbeda nyata pada taraf 5% Emisi CO<sub>2</sub> pada TBM dan TM

Hasil penelitian Matysek *et al.* (2019) menunjukkan bahwa dengan menaikkan level muka air tanah dari 50 cm menjadi 30 cm terjadi penurunan emisi CO<sub>2</sub> dan laju mineralisasi gambut sebesar 31%. Sedangkan Winarna (2015) menyatakan setiap penurunan kedalaman muka air tanah sedalam 10 cm dari permukaan tanah akan meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 2,7 ton ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>.

Emisi CO<sub>2</sub> dengan kadar air gravimetrik (%) menunjukkan korelasi negatif -0,097 yang tidak nyata dengan nilai *p-value* = 0,277. Nilai korelasi ini menunjukkan bahwa apabila kadar air tanah meningkat, maka emisi CO<sub>2</sub> akan menurun. Kandungan kadar air yang tinggi menurunkan ketersediaan oksigen, sehingga menghambat aktivitas mikroba perombak. Hal ini sejalan dengan beberapa hasil penelitian (Gusmayanti *et al.*, 2019; Prihutami *et al.*, 2019; S. A. Rahsia *et al.*, 2020), akan tetapi berbeda dengan Astiani *et al.*, (2015).

Emisi CO<sub>2</sub> dengan pH tanah secara keseluruhan memiliki korelasi negatif yang tidak nyata ( $r = -0,093$ ; *p-value* = 0,297), sama halnya dengan lahan TM ( $r = -0,038$ ; *p-value* = 0,765). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang telah dilaporkan sebelumnya (Gusmayanti *et al.*, 2019; Prihutami *et al.*, 2019; Rahsia *et al.*, 2020; Razak, 2019). Akan tetapi pada lahan TBM terdapat korelasi negatif yang cukup antara pH tanah dengan emisi CO<sub>2</sub> dengan nilai  $r = -0,131^*$  (*p-value* = 0,012), yang berarti semakin tinggi pH maka akan menurunkan emisi CO<sub>2</sub>. Hasil penelitian ini sama dengan hasil yang dilaporkan oleh Juliandini (2018), namun berbeda dengan yang dilaporkan Winarna and Santoso (2020) bahwa terdapat korelasi positif yang kuat antar pH tanah dengan emisi CO<sub>2</sub> ( $r = 0,637$ ).

Potensial redoks (Eh) yang diukur pada saat penelitian berkorelasi tidak nyata dengan emisi CO<sub>2</sub> baik pada lahan TBM maupun lahan TM. Nilai korelasi yang diperoleh dari hasil analisis statistik keseluruhan yaitu  $r = 0,123$  dengan *p-value* = 0,167. Hasil penelitian ini sejalan dengan Rahsia *et al.*, (2020) pada lahan gambut pasca kebakaran dan Razak, (2019) pada lahan perkebunan kelapa sawit. Hasil yang berbeda diperoleh oleh penelitian Gusmayanti *et al.* (2019), Prihutami *et al.* (2019), dan Subuh (2019).

Nilai Eh tanah merupakan indikator proses biogeokimia tanah dan menunjukkan keadaan oksidatif dan reduktif tanah. Menurut Marwanto *et al.* (2013), Eh tanah sangat dipengaruhi kedalaman muka air tanah. Dalam penelitian ini emisi CO<sub>2</sub> juga tidak berkorelasi dengan muka air tanah. Hasil pengukuran Eh tanah menunjukkan korelasi positif dengan muka air tanah ( $r = 0,223$ ; *p-value* = 0,011) dan berkorelasi negatif dengan pH tanah ( $r = -0,295^{**}$ ; *p-value* = 0,001), sejalan dengan hasil yang dilaporkan Gusmayanti *et al.* (2019).

Suhu tanah dan emisi CO<sub>2</sub> secara keseluruhan menunjukkan korelasi negatif yang nyata dengan koefisien korelasi -0,188 (*p-value* = 0,034). Hasil uji secara terpisah menunjukkan pada lahan TM terdapat korelasi nyata antara suhu tanah dan emisi CO<sub>2</sub> ( $r = -0,348^{**}$ ; *p-value* = 0,005), namun pada lahan TBM

terdapat korelasi yang tidak nyata ( $r = -0,128$ ; *p-value* = 0,313). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian (Razak, 2019), pada lokasi penelitian yang sama pada lahan TM emisi CO<sub>2</sub> terdapat korelasi negatif yang nyata dengan suhu tanah ( $r = -0,238$ ; *p-value* = 0,024) dengan rerata suhu 28 °C sedangkan pada lahan TBM berkorelasi tidak nyata dengan kisaran suhu 29 °C.

Hubungan yang negatif menunjukkan hubungan yang tidak searah pada kedua variabel pengamatan tersebut. Semakin tinggi suhu tanah maka emisi CO<sub>2</sub> akan menurun. Hal ini diduga disebabkan oleh kisaran nilai suhu tanah pada umumnya relatif kecil yaitu 26-27 °C. Kisaran suhu tanah tertinggi 30-37 °C hanya terjadi di TBM pada minggu ke-3 pengukuran. Kisaran suhu yang lebih kecil dan sebaran data yang beragam diduga mempengaruhi hasil analisis korelasi. Astiani dan Burhanuddin (2017) juga melaporkan adanya korelasi negatif antara emisi CO<sub>2</sub> dengan suhu tanah pada lahan gambut terbuka. Hasil analisis statistik suhu udara dengan emisi CO<sub>2</sub> secara terpisah pada lokasi TBM dan TM menunjukkan adanya korelasi yang tidak nyata. Namun secara keseluruhan hasil uji korelasi antara suhu udara dengan emisi CO<sub>2</sub> menunjukkan adanya hubungan yang nyata dengan koefisien korelasi sebesar 0,243\*\* (*p-value* = 0,006). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian (Gusmayanti *et al.*, 2019). Suhu merupakan faktor yang dapat mempengaruhi besaran nilai emisi CO<sub>2</sub> dari tanah gambut (Yusuf *et al.*, 2017). Hal ini terjadi karena kenaikan suhu dapat menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme mikroorganisme di dalam tanah yang berperan aktif dalam proses dekomposisi bahan organik (Chadirin *et al.*, 2016). Sehingga besaran emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan juga semakin meningkat.

#### 4. Kesimpulan

Emisi CO<sub>2</sub> setelah aplikasi pupuk hayati cenderung menurun dan kembali meningkat setelah pemupukan NPK. Rerata emisi CO<sub>2</sub> pada lahan TBM sebelum pemupukan sebesar 0,65 ± 0,36 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>, setelah pemupukan hayati sebesar 0,56 ± 0,28 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup> dan setelah pemupukan NPK sebesar 0,60 ± 0,32 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>. Sedangkan rerata emisi CO<sub>2</sub> pada lahan TM sebelum pemupukan yaitu 0,53 ± 0,24 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>, setelah pemupukan hayati 0,38 ± 0,18 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup> dan setelah pemupukan NPK terjadi peningkatan menjadi 0,66 ± 0,43 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F..2013. Kontroversi Pengembangan Perkebunan Sawit pada Lahan Gambut. Hlm 454-473. *Dalam* Haryono *et al.* (Eds.). Politik Pengembangan Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta: IAARD Press.
- Astiani, D., Burhanuddin. 2017. Faktor-Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Emisi CO<sub>2</sub> di Lahan Gambut Terbuka. *Prosiding Seminar Nasional Penerapan Ilmu*

- Pengetahuan dan Teknologi* (hal. 151-158). 23-24 Mei 2017. Pontianak: Universitas Tanjungpura.
- Astiani, D., Mujiman, Hatta, M., Hanisah, Fifian, F., 2015. Soil CO<sub>2</sub> Respiration Along Annual Crops or Land-cover Type Gradients on West Kalimantan Degraded Peatland Forest. *Procedia Environmental Sciences*, 28:132-141.
- Aswandi, A., Sadono, R., Supriyo, H., Hartono, H. 2016. Kehilangan Karbon Akibat Drainase dan Degradasi Lahan Gambut Tropika di Trumon dan Singkil Aceh. *J. Man & Ling*, 23: 334-341.
- Chadirin, Y., Krido Saptomo, S., Rudyanto, R., Kazutoshi, O. 2016. Lingkungan Biofisik dan Emisi Gas CO<sub>2</sub> Lahan Gambut untuk Produksi Biomassa yang Berkelanjutan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 21: 146-151.
- Darmadi. 2019. Dampak Pemupukan Tanaman Kelapa Sawit Terhadap Fluks CO<sub>2</sub> di Lahan Gambut. *Skripsi*. Pontianak: Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura.
- Fitra, S., Prijono, S., Maswar, M., 2019. The Effect of Fertilization of Peat Land on Soil Characteristics, CO<sub>2</sub> Emissions, and Productivity of Rubber Plant. *JTSL*, 06: 1145-1156.
- Gunarto, L. 2015. *Bio Max Grow Tanaman*. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia
- Gusmayanti, E., Anshari, G.Z., Pramulya, M., Ruliyansyah, A., 2019. CO<sub>2</sub> fluxes from drained tropical peatland used for oil palm plantation in relation to peat characteristics and crop age after planting. *Biodiversitas J. of Biol. Divers*, 20: 1650-1657.
- Hajoeningtjas. O., D. 2005. *Mikro Biologi Pertanian*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Handayani, E.P., Idris, K., Sabiham, S., Juniwati, S., Noordwijk, M.V. 2019. Emisi CO<sub>2</sub> pada Kebun Kelapa Sawit di Lahan Gambut: Evaluasi Fluks CO<sub>2</sub> di Daerah Rizosfer dan Non Rizosfer. *J. Ilmu Tanah Dan Lingkung*, 11: 8-13.
- Juliandini, P. 2018. Analisis Emisi CO<sub>2</sub> Dari Gambut Pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan. *Skripsi*. Pontianak: Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura.
- Juliansyah, G., Supijatno. 2018. Manajemen Pemupukan Organik dan Anorganik Kelapa Sawit di Sekunyir Estate, Kalimantan Tengah. *Bul. Agrohorti*, 6:32-41.
- Marwanto, S., Sabiham, S., Sudadi, U. 2013. Pengaruh Kerapatan Akar, Pupuk dan Kedalaman Muka Air Tanah terhadap Emisi CO<sub>2</sub> dari Tanah Gambut pada Perkebunan Kelapa Sawit. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 37: 9-18.
- Maswar, 2009. Pengaruh Aplikasi Pupuk NPK Terhadap Kehilangan Karbon pada Lahan Gambut yang di Drainase. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi* (hal. 171-178). 29-30 Juni 2012. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Matysek, M., Leake, J., Banwart, S., Johnson, I., Page, S., Kaduk, J., Smalley, A., Cumming, A., Zona, D. 2019. Impact of fertiliser, water table, and warming on celery yield and CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> emissions from fenland agricultural peat. *Science of The Total Environment*, 667:179-190.
- Miettinen, J., Shi, C., Liew, S.C. 2016. Land cover distribution in the peatlands of Peninsular Malaysia, Sumatra and Borneo in 2015 with changes since 1990. *Global Ecology and Conservation*, 6:67-78.
- Pahan, I., 2006. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pinsonneault, A.J., Moore, T.R., Roulet, N.T. 2016. Effects of long-term fertilization on peat stoichiometry and associated microbial enzyme activity in an ombrotrophic bog. *Biogeochemistry*, 129: 149-164.
- Prayitno, M.B., Runtung, P.E.A. 2018. Pengaruh Muka Air Tanah dan Pupuk Nitrogen terhadap Emisi Karbon Tanaman Padi di Tanah Gambut. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal* (hal 225-235). 18-19 Oktober 2018. Palembang: Unsri Press.
- Prihutami, M.D., Gusmayanti, E., Pramulya, M. 2019. Fluks CO<sub>2</sub> di Lahan Kelapa Sawit dan Hubungannya Dengan Faktor Lingkungan pada Siang Hari. *Jurnal Ilmu Pertanian Tirtayasa* 1:57-67.
- Putri, T.T.A., Syaufina, L., Anshari, G.Z. 2016. Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Rizosfer dan Non Rizosfer dari Perkebunan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) pada Lahan Gambut Dangkal. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 40: 43-50.
- Rahsia, S.A., Gusmayanti, E., Nusantara, R.W., 2020. Emisi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) Lahan Gambut Pasca Kebakaran Tahun 2018 di Kota Pontianak. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 18, 384-391.
- Razak, F. R. 2019. Dampak Pemupukan Tanaman Kelapa Sawit Terhadap Respirasi Heterotrofik di Lahan Gambut. *Skripsi*. Pontianak: Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura.
- Salwati, S., Purnamayani, R., Firdaus, Endrizal. 2014. Respon Tanaman Kelapa Sawit Terhadap Berbagai Amelioran (Studi Kasus Desa Arang-Arang Provinsi Jambi). Jambi: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- Sano, T., Hirano, T., Liang, N., Hirata, R., Fujinuma, Y. 2010. Carbon dioxide exchange of a larch forest after a typhoon disturbance. *For. Ecol. Manag*, 260: 2214-2223.
- Sihni, D., Inglett, P.W., Gerber, S., Inglett, K.S. 2018. Rate of warming affects temperature sensitivity of anaerobic peat decomposition and greenhouse gas production. *Glob Change Biol*, 24: 259-274.
- Soewandita, H. 2018. Kajian Pengelolaan Tata Air dan Produktivitas Sawit di Lahan Gambut. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 19: 41-50.
- Subuh, A. 2019. Fluks CO<sub>2</sub> Malam Hari pada Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Gambut. *Skripsi*. Pontianak: Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura.
- Sukarman S, Mamat H.S. 2012. Karakteristik tanah gambut dan hubungannya dengan emisi gas rumah kaca pada perkebunan kelapa sawit di Riau dan Jambi. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan*. 4 Mei 2012. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Sulaeman, Suparto, Eviati, 2005. Petunjuk Teknis. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, Dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian, Bogor.
- Tiemeyer, B., Albiac Borraz, E., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., Dröslér, M., Ebli, M., Eickenscheidt, T., Fiedler, S., Förster, C., Freibauer, A., Giebels, M., Glatzel, S., Heinichen, J., Hoffmann, M., Höper, H., Jurasinski, G., Leiber-Sauheitl, K., Peichl-Brak, M., Roßkopf, N., Sommer, M., Zeitz, J. 2016. High emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils. *Glob Change Biol*, 22: 4134-4149.
- Triadi, L.B., F. Adji, F., Lasmana, Y. 2018. Dampak Dinamika Muka Air Tanah pada Besaran Dan Laju Emisi Carbon Di Lahan Rawa Gambut Tropika. *Jsda*, 14: 15-30.
- Uning R, Latif MT, Othman M, Juneng L, Mohd Hanif N, Nadzir MSM, Abdul Maulud KN, Jaafar WSWM, Said NFS, Ahamad F, Takriff MS. 2020. A Review of Southeast

- Asian Oil Palm and Its CO<sub>2</sub> Fluxes. *Sustainability*. 12(12):5077-5092.
- Winarna, W., Santoso, H., 2020. Karakteristik Emisi CO<sub>2</sub> Tanah Gambut di Bawah Tegakan Kelapa Sawit. *J. Penelitian Kelapa Sawit*, 28: 41-50.
- Winarna. 2015. Pengaruh Kedalaman Muka Air Tanah dan Dosis Terak Baja terhadap Hidrofobisitas Tanah Gambut, Emisi Karbon, dan Produksi Kelapa Sawit (*Disertasi*). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Yusuf, M.A., Rahutomo, S., Winarna. 2017. Emisi CO<sub>2</sub> pada Beberapa Praktek Kultur Teknis Kelapa Sawit di Lahan Gambut. *J. Pertan. Trop*, 4:75-83.