

EMISI GAS KARBON DIOKSIDA (CO₂) PADA PERKEBUNAN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq) YANG DITUMPANGSARI DENGAN TANAMAN PANGAN DI LAHAN GAMBUT

(*Emission of Carbon Dioxide (CO₂) on Oil Palm (Elaeis Guineensis Jacq) Intercropping With Cropping Crop in Peat Land*)

M. RIDHA PAHLIPI, ERVINA ARYANTI, M. IRFAN, INDAH PERMANASARI, DAN TAUFIQ ARMINUDIN

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Peternakan
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. H.R. Soebrantas No. 155 KM 18 Simpang Baru Panam Pekanbaru Riau 28293
Email : ridha26p@gmail.com HP: 085278608179

ABSTRACT

Peat land conversion into oil palm plantations leads was increased emissions of carbon dioxide (CO₂). Plants on peat land and environmental conditions believed to be factors in the emission of carbon dioxide (CO₂). The purpose of this research was determined the emissions of carbon dioxide (CO₂) in oil palm plantations are intercropped with cropping crop on peat land and the influence of environmental factors on the emission of carbon dioxide (CO₂). This research was conducted in September 2015 until April 2016 in Rimbo Panjang village, Subdiscript Tambang, District of Kampar, Province of Riau. Cropping crop used were corn and soybeans. The method used in this study was a Random Block Design with four treatments and four replications. The treatments were palm - berau, palm oil - corn, palm oil - soybean, palm oil – intercropping (soybean – maize). Parameters measured were carbon dioxide (CO₂), soil temperature, air temperature, the temperature of the lid, the depth of the water table and soil pH. The results showed that carbon dioxide emissions (CO₂) in oil palm plantations are intercropped with cropping crop (corn and soybeans) were not significantly different. The influence of air temperature, soil temperature, the temperature of the lid, and the depth of the ground water level were inversely and insignificant to the emission of carbon dioxide (CO₂). As for getting nearly neutral pH, the emission of carbon dioxide (CO₂) is increasing, but insignificant.

Keyword: Emissions, Karbon dioxide (CO₂), peat land, oil palm plantations, intercropping.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki lahan gambut yang luasannya mencapai sekitar 14,9 juta ha. Lahan gambut terluas terletak di Sumatera yaitu 6.436.649 ha, kedua terletak di Kalimantan yaitu 4.778.004 ha, dan ketiga terletak di Papua 3.690.921 ha (Ritung *et al.*, 2011). Laju konversi gambut meningkat cepat di beberapa Provinsi dengan areal gambut luas seperti di Riau, Kalimantan Barat, dan Kalimantan Tengah. Misalnya di Riau sekitar 1,83 juta ha atau 57% dari luas total gambut, sekitar 3,2 juta ha telah terkonversi pada periode 1982-2007 (Agus dan Subiksa, 2008).

Mubekti (2011) menegaskan bahwa konversi hutan dan pengelolaan lahan gambut, terutama yang berhubungan dengan drainase dan pembakaran, merubah fungsi lahan gambut dari penambat karbon menjadi sumber emisi gas rumah kaca. Menurut Saharjo *et al.*, (2012) emisi karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan secara berlebih akan meningkatkan

gas rumah kaca di atmosfer yang berdampak pada peningkatan pemanasan global.

Menurut Saas dan Fisher (1992) emisi akan menurun seiring dengan menurunnya akumulasi radiasi matahari yang diterima karena penutupan oleh kanopi tanaman. Dalam meningkatkan efisiensi lahan maka dipilih pola tanam *intercropping* (tumpangsari). Kelebihan-nya adalah pemanfaatan cahaya, air dan hara, mengontrol gulma, hama dan penyakit serta merupakan jalur alternatif untuk pertanian yang berkelanjutan (Lithourgidis *et al.*, 2011; Aminah *et al.*, 2014).

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui emisi karbon dioksida (CO₂) pada lahan gambut yang dijadikan perkebunan kelapa sawit yang ditumpangsari dengan tanaman pangan dan untuk mengetahui pengaruh faktor lingkungan (suhu udara, suhu tanah, suhu sungkup, kedalaman permukaan air tanah, dan pH tanah) dan perlakuan penanaman tanaman pangan terhadap emisi gas karbon dioksida (CO₂). Adapun manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi

Emisi Gas Carbon Dioksida (CO₂) pada Perkebunan Kelapa Sawit (Pahlipi, dkk)

mengenai emisi gas karbon dioksida (CO₂) pada lahan gambut yang dijadikan perkebunan kelapa sawit yang ditumpangsari dengan tanaman pangan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan September 2015 sampai dengan bulan April 2016. Tempat penelitian dilaksanakan pada perkebunan kelapa sawit yang berumur 3 tahun milik petani di Desa Rimbo Panjang, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau, Indonesia.

Alat dan Bahan terdiri dari alat *Infrared Gas Analyzer* (IRGA) LI 820 CO₂, sungkup berdiameter 25 cm dan tinggi 25 cm, thermometer batang, meteran, Personal Computer (PC), bor gambut, dan form isian data lapang. Alat untuk mengukur pH yaitu shaker, pH *Truogh* seri 720, spatula, gelas kimia, tabung reaksi, kantong plastik, dan label. Bahan yang digunakan adalah perkebunan kelapa sawit umur tiga tahun, benih jagung dan kedelai, dolomit, pupuk kandang, pupuk NPK dan aquades.

Rancangan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari empat Perlakuan dan empat kelompok. Perlakuan terdiri atas: EGR₁ = Kelapa sawit – Bera (kontrol), EGR₂ = Kelapa sawit – Jagung, EGR₃ = Kelapa sawit – Kedelai, EGR₄ = Kelapa sawit – Tumpangsari Jagung Kedelai, EGR₅ = Vegetasi semak gambut (Pembanding terhadap seluruh perlakuan).

Adapun parameter pengamatan dari penelitian ini berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Widyanto *et al*, (2014) adalah emisi karbon dioksida (CO₂) dalam satuan ppm, tinggi sungkup setelah pemasangan sungkup di atas tanah (cm), tekanan udara di dalam sungkup (kPa), suhu tanah (°C), suhu di dalam sungkup (°C), suhu udara (°C), kedalaman permukaan air tanah, dan pH tanah. Pengukuran emisi karbon dioksida (CO₂) dilaksanakan pada fase generatif pada umur 6 minggu.

Pengukuran emisi CO₂ dihitung melalui PC dengan menggunakan software IRGA LI 820 CO₂ Gas Analyzer. Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan maka data diolah melalui software Microsoft Office Excel 2013. Microsoft Office Excel digunakan untuk menghitung persamaan regresi linear antara waktu (detik) dan konsentrasi karbon di sungkup. Persamaan yang didapat adalah $Y = ax + b$. Y = Konsentrasi CO₂ di sungkup, a = koefisien regresi = koefisien perubahan konsentrasi

CO₂ persatuan waktu, b = Konsentrasi awal CO₂.

Perhitungan Fluks CO₂ ditentukan berdasarkan persamaan di bawah ini :

$$FC = \frac{Ph}{RT} \times \frac{dC}{dT}$$

Keterangan :

Fc = Fluks CO₂ (μmol/m²/det)

P = tekanan atmosfer dari rata-rata cell pressure pembacaan IRGA (Pa)

h = tinggi sungkup (m)

R = konstanta gas = 8,314 Pa m³/°K/mol

$\frac{dC}{dT}$ = Perubahan konsentrasi CO₂ persatuan waktu (μmol/ det)

Hasil pengukuran emisi karbon dioksida dihubungkan dengan faktor lingkungan dengan menggunakan analisis korelasi dan regresi. Hasil antar perlakuan akan dibandingkan dengan sidik ragam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan tumpangsari tanaman pangan pada perkebunan kelapa sawit tidak berbeda nyata terhadap emisi gas CO₂. Hasil pengukuran emisi gas CO₂ disajikan pada Tabel 1. Hasil ini merupakan rata-rata pada setiap perlakuan yang terdiri dari empat ulangan. Emisi gas CO₂ dikonversi menjadi fluks CO₂ dengan satuan ton per hektar per bulan.

Pemberian perlakuan penanaman tanaman pangan yaitu jagung dan kedelai tidak memberikan perbedaan emisi gas CO₂ yang nyata pada penelitian ini. Hal ini dikarenakan kedelai dan jagung merupakan tanaman lahan kering. Menurut Saas dan Fisher (1992) dibanding dengan pola tanam sawah dimana air tergenang dipertahankan dengan ketinggian genangan antara 5-10 cm, pelepasan gas CO₂ sebesar 50,12 sampai 58,82 mg/m²/jam, maka pelepasan gas CO₂ pada lahan yang ditanam dengan pola tanam lahan kering jauh lebih tinggi dari pada pola tanam sawah. Pada padi varietas yang sama ditanam dengan sistem ladang akan melepaskan gas CO₂ dua kali lebih besar dibandingkan tanaman sistem sawah. Hasil penelitian ini tidak jauh berbeda dari pernyataan Agus (2008) bahwa emisi CO₂ dari dekomposisi tanah gambut pada perkebunan kelapa sawit yang berasal dari hutan sekunder ataupun semak belukar yaitu sebesar 54,6 ton/ha/th atau 4,55 ton/ha/bulan.

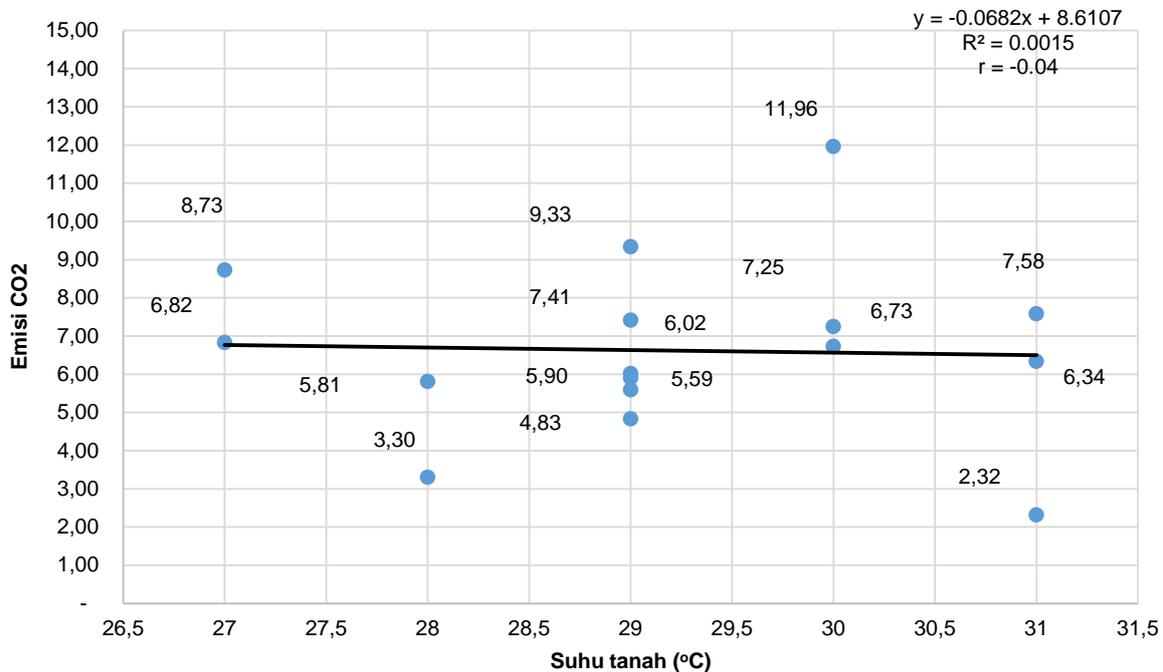
Tabel 1. Rataan Fluks Karbon Dioksida (CO₂) pada Perkebunan Kelapa Sawit yang Ditumpangsari dengan Tanaman Pangan

| Perlakuan | Fluks CO ₂ (ton/ha/bln) |
|---------------------------------|------------------------------------|
| Kelapa sawit – Bera | 4,70 |
| Kelapa sawit – Jagung | 8,48 |
| Kelapa sawit – Kedelai | 7,08 |
| Kelapa sawit – Jagung – Kedelai | 6,22 |
| Semak | 7,15 |

Keterangan: Data ditransformasi dengan \sqrt{x}

Dalam melakukan perhitungan fluks karbon dioksida (CO₂) juga dihitung faktor-faktor lingkungan, seperti suhu tanah, suhu udara, suhu sungkup, kedalaman permukaan air tanah, dan pH tanah. Hal itu dilakukan karena faktor-faktor tersebut merupakan faktor yang berpengaruh dalam emisi karbon dioksida (CO₂) ke udara.

Hubungan antara suhu tanah dan fluks gas CO₂ didapat melalui persamaan regresi dan korelasi. Hubungan antara suhu tanah dan emisi gas CO₂ serta persamaan regresi dan koefisien keseragaman (R²) ditampilkan pada Gambar 1.



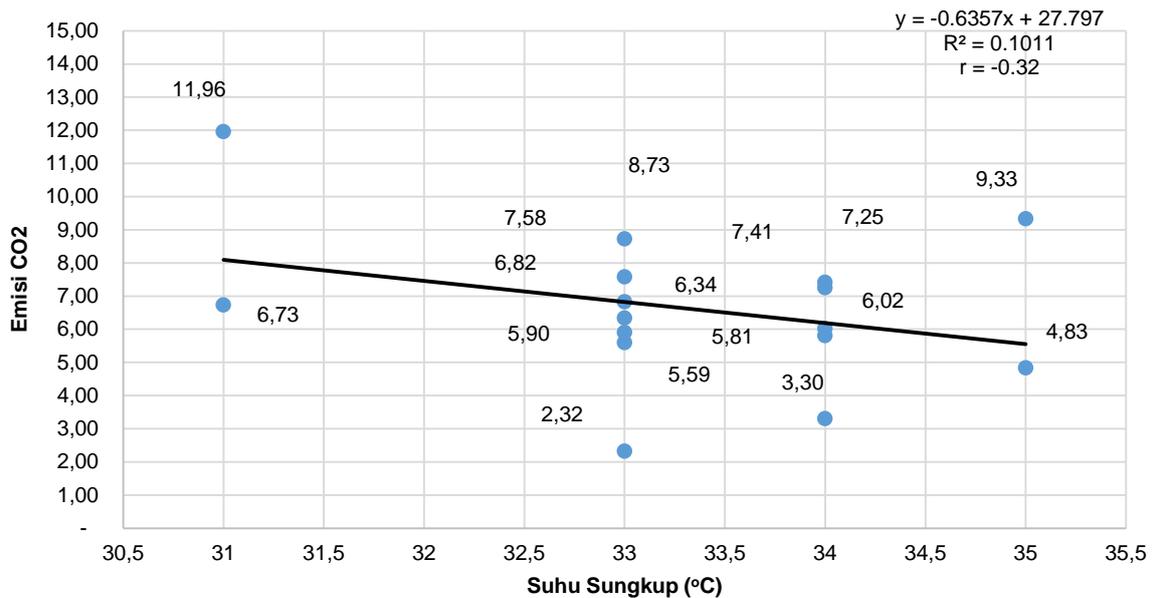
Gambar 1. Diagram pancar hubungan antara suhu tanah terhadap emisi gas CO₂

Nilai r hitung hanya sebesar 0,04 jauh di bawah nilai r Tabel yaitu 0,623 pada derajat bebas sama dengan empat belas. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara suhu tanah dan emisi karbon sangat rendah atau hanya empat persen. Nilai -0,04 mendekati nol (0) sehingga dapat dinyatakan hubungan suhu tanah dan emisi gas CO₂ pada penelitian ini tidak ada. Jauhiainen *et al*, (2012) menyatakan secara umum peningkatan suhu setelah deforestasi akan meningkatkan suhu pada permukaan gambut maka hal ini juga

akan meningkatkan proses dekomposisi. Namun pada penelitiannya hubungan yang signifikan tidak ditemukan antara emisi karbon dioksida (CO₂) dan suhu tanah. Pada persamaan regresi keragaman data yang dapat dijelaskan (nilai R²) hanya berkisar antara 0 - 0,02.

Hubungan antara suhu sungkup dan emisi gas CO₂ didapat melalui persamaan regresi dan korelasi. Hasil regresi dan korelasi antara suhu tanah dan fluks gas CO₂ disajikan di diagram pancar pada Gambar 2.

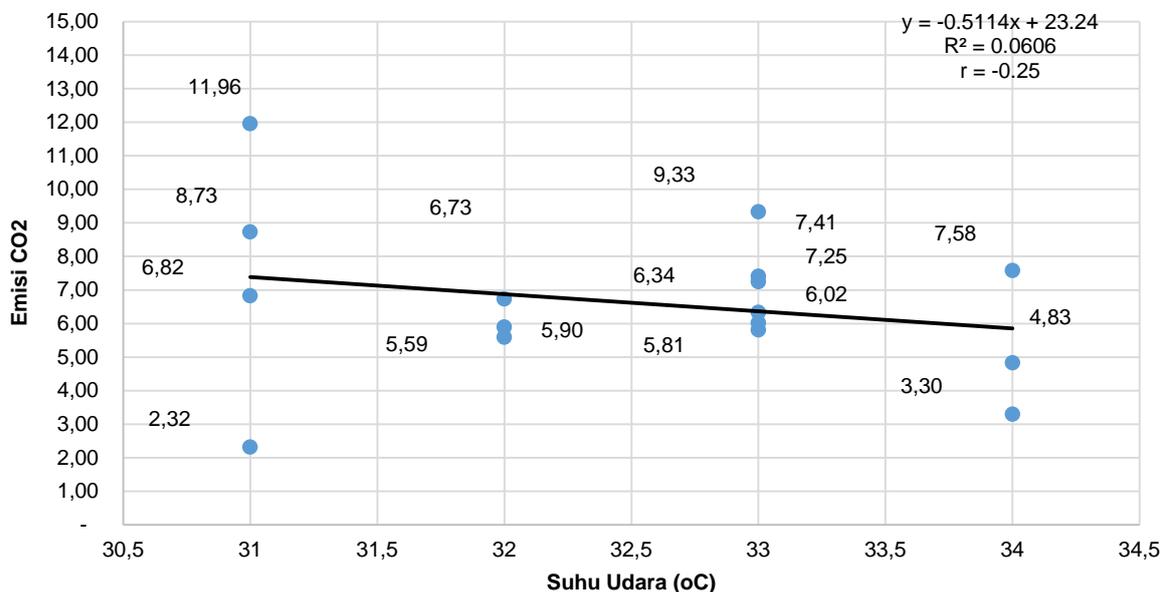
Emisi Gas Carbon Dioksida (CO₂) pada Perkebunan Kelapa Sawit (Pahlipi, dkk)



Gambar 2. Diagram pancar hubungan antara suhu sungkup dan emisi karbon dioksida (CO₂)

Nilai *r* hitung sebesar 0,32, nilai ini di bawah nilai *r* tabel pada derajat bebas sama dengan empat belas. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara suhu sungkup dan emisi karbon tidak signifikan. Pada penelitian ini diukur juga suhu sungkup untuk mengukur panas yang dilepaskan ke lingkungan.

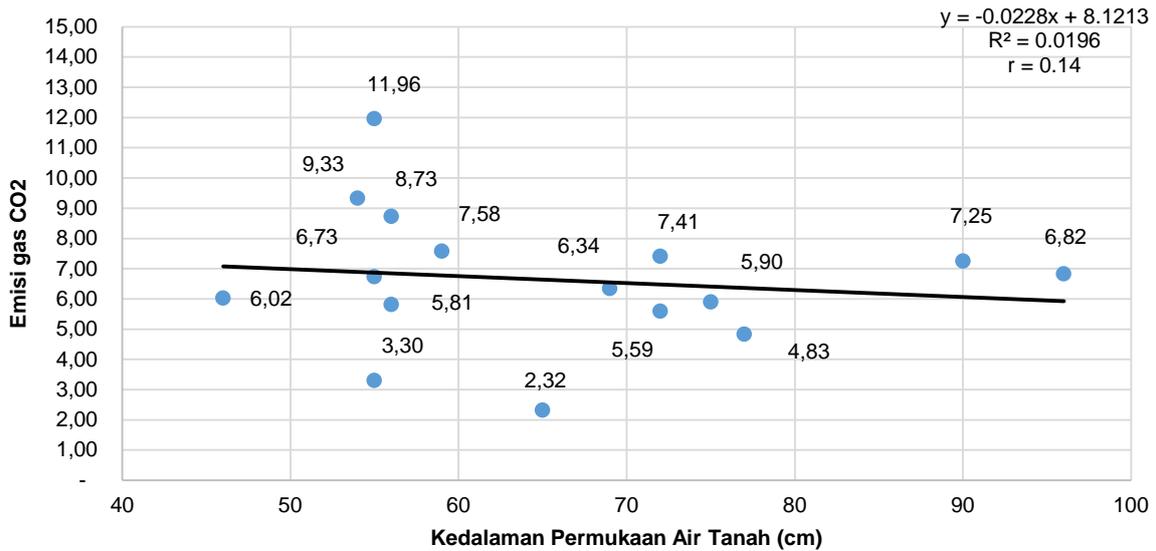
Hubungan antara suhu udara dan emisi karbon dioksida (CO₂) didapat melalui persamaan regresi dan korelasi. Hasil regresi dan korelasi antara suhu tanah dan fluks karbon dioksida (CO₂) disajikan di diagram pancar pada gambar 3.



Gambar 3. Hubungan suhu udara dan emisi karbon dioksida (CO₂).

Nilai *r* hitung sebesar 0,25, nilai ini di bawah nilai *r* tabel pada derajat bebas sama dengan empat belas. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara suhu udara dan emisi karbon tidak signifikan. Hubungan antara kedalaman permukaan air tanah dan emisi gas CO₂

didapat melalui persamaan regresi dan korelasi. Hasil regresi dan korelasi antara kedalaman permukaan air tanah dan fluks gas CO₂ disajikan di diagram pancar pada gambar 4.

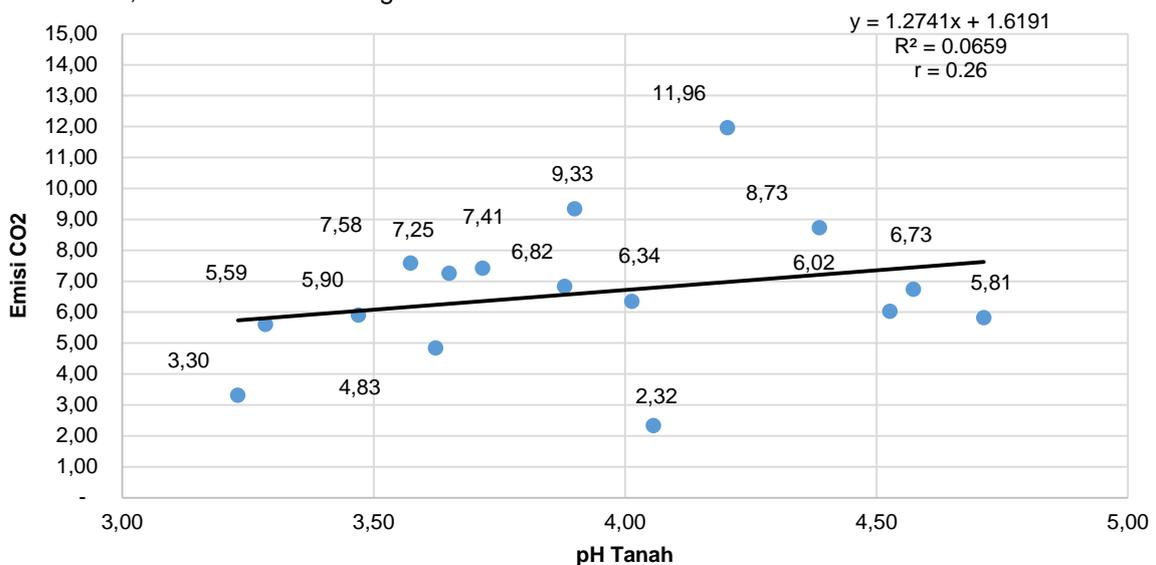


Gambar 4. Hubungan antara kedalaman permukaan air tanah dan emisi karbon dioksida (CO₂)

Nilai r hitung sebesar 0,14, nilai ini di bawah nilai r tabel pada derajat bebas sama dengan empat belas. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara suhu udara dan emisi karbon tidak signifikan. Tingkat dekomposisi gambut sangat dipengaruhi oleh kedalaman drainase; semakin dalam drainase, semakin cepat terjadinya dekomposisi gambut (Agus dan Subiksa, 2008). Kedalaman drainase air pada lahan gambut akan mempengaruhi kedalaman permukaan air tanah. Saat permukaan air tanah semakin dalam, maka kondisi tanah akan semakin aerob. Kondisi ini membuat mikroorganisme semakin cepat dalam mendekomposisikan bahan organik. Keadaan ini akan meningkatkan emisi gas rumah kaca, terutama emisi gas karbon

dioksida (CO₂). Widyanto (2012) menyatakan bahwa kedalaman permukaan air tanah tidak berpengaruh terhadap emisi gas rumah kaca. Senada dengan itu Jauhiainen (2012) menyatakan bahwa pengaruh kedalaman permukaan air tanah sangat rendah. Pada penelitian ini juga sama bahwa pengaruh kedalaman permukaan air tanah sangat kecil. Data yang dapat dijelaskan pada persamaan regresi hanya 1,96 persen, serta koefisien korelasi -0,14.

Hubungan antara pH tanah dan emisi gas CO₂ didapat melalui persamaan regresi dan korelasi. Hasil regresi dan korelasi antara pH tanah dan fluks gas CO₂ disajikan di diagram pancar pada gambar 5.



Gambar 5. Hubungan pH tanah dan emisi karbon dioksida (CO₂)

Emisi Gas Carbon Dioksida (CO₂) pada Perkebunan Kelapa Sawit (Pahlipi, dkk)

Nilai r hitung sebesar 0,26, nilai ini di bawah nilai r tabel pada derajat bebas sama dengan empat belas. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara pH tanah dan emisi karbon tidak signifikan, meskipun demikian hasil ini tetap menunjukkan adanya hubungan secara linear antara pH tanah dan emisi gas CO₂ meskipun tidak signifikan. Terdapat hubungan yang linier antara pH gambut dengan emisi CO₂ yang dilepas oleh lahan gambut (Rumbang *et al.*, 2009). Drainase lahan gambut akan menurunkan kadar air di lahan gambut, sehingga pH tanah gambut akan meningkat. Meningkatnya pH lahan gambut akan meningkatkan aktivitas jasad renik, yang mana jasad renik ini akan meningkatkan bahan organik terdekomposisi (Hidayanti dan Riwardi, 2011).

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah nilai emisi gas karbon dioksida (CO₂) pada perkebunan kelapa sawit (*Eleais guineensis* Jacq) yang ditumpangsari dengan tanaman pangan (jagung kedelai) tidak berbeda nyata. Pengaruh suhu udara, suhu tanah, suhu sungkup, kedalaman muka air tanah adalah berbanding terbalik dan tidak signifikan terhadap emisi gas karbon dioksida (CO₂), sedangkan pengaruh pH terhadap emisi gas karbon dioksida (CO₂), yaitu semakin mendekati pH netral maka emisi gas karbon dioksida (CO₂) akan semakin meningkat, tetapi tidak signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., dan I.G.M. Subiksa. 2008. *Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan*. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre. Bogor. 36 hal.
- Agus, F., K. Khairiah, dan A. Mulyani. 2011. *Pengukuran Cadangan Karbon Tanah Gambut*. World Agroforestry Centre-ICRAF, SEA Regional Office dan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). Bogor. 58 hal.
- Akhadi, M. 2009. *Ekologi Energi*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 354 hal.
- Aminah, I. S., Rosmiah, dan M. H. Yahya. 2014. Efisiensi Pemanfaatan Lahan pada Tumpangsari Jagung (*Zea mays* L.) dan Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) di Lahan Pasang Surut. *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Lahan* Suboptimal. Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Palembang. Palembang.
- Arminuddin, A. T., dan I. Permanasari. 2011. *Ekologi Pertanian*. Suska Press. Pekanbaru. 120 hal.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2011. *Peta Sebaran Areal Perkebunan Kelapa Sawit Menurut Wilayah Kabupaten / Kota di Provinsi Riau*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pekanbaru. 4 hal.
- Barchia, M. F. 2006. *Gambut Agroekosistem dan Transformasi Karbon*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 178 hal.
- Dariah, A., Susanti, E., Mulyani, A., dan F. Agus. 2013. Faktor Penduga Simpanan Karbon pada Tanah Gambut. *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Gardner, F. P., R.B. Pearce, dan R. L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. UI-Press, Jakarta. 428 hal.
- Hanafiah, K. A. 2010. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Rajawali Press. Jakarta. 360 hal.
- Handayani, E. P., K. Idris, S. Sabiham, S. Djuniwati, dan M. V. Noordwijk. 2009. Emisi CO₂ pada Kebun Kelapa Sawit di Lahan Gambut: Evaluasi Fluks CO₂ di Daerah Rizosfer dan Non Rizosfer. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*, 11(1): 8 – 13.
- Hartatik, W., Subiksa, I.G. M., dan A. Dariah. 2011. *Sifat Kimia dan Fisika Lahan Gambut*. Balai Penelitian Tanah. Bogor. 103 hal.
- Hidayanti, N., dan Riwardi. 2011. Laju Subsiden pada Sistem Drainase dan Pengapuran Tanah Gambut Fibrrik dengan Pertanaman Jagung. *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Budidaya Pertanian. Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu*. Bengkulu.
- Jaenicke, Rieley, J. J. O., Mott, C., Kimman, P., and F. Siegert. 2008. Determination of The Amount of Carbon Stored in

- Indonesian Peatlands. *Geoderma*, 147: 151–158.
- Jauhiainen, J., Hooijer, A., and S. E. Page. 2012. Carbon Dioxide Emissions from an *Acacia* Plantation on Peatland in Sumatera, Indonesia. *Biogeoscience*, (9): 617-630.
- Kartikawati, R., Susilawati, H. L., Ariani, M., dan P. Setyanto. 2011. Teknologi Mitigasi Gas Rumah Kaca (GRK) Dari Lahan Sawah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. *Majalah ilmiah Agroinovasi*, 41(3400) : 7 hal.
- Krisnawati, H., Imanuddin, R., Adinugroho, W. C., dan S. Hutabarat. 2015. *Metode Standar Untuk Pendugaan Emisi Gas Rumah Kaca Dari Sektor Kehutanan di Indonesia (Versi 1)*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor. 93 hal.
- Lihtourgidis, A.S., Dorgas, C.A., Damalas, C.A., and D.N. Vlachostergios. 2011. Annual Intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. Review Article. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4): 396-410.
- Marliah, A., Jumini, dan Jamilah. 2010. Pengaruh Jarak Tanam Antar Barisan Pada Sistem Tumpangsari Beberapa Varietas Jagung Manis Dengan Kacang Merah Terhadap Pertumbuhan dan Hasil. *Jurnal Agrista*, 14(1): 30-38.
- Maswar, Haridjadja, O., Sabiham, S., dan M. V. Noordwijk. 2011. Cadangan, Kehilangan, dan Akumulasi Karbon pada Perkebunan Kelapa Sawit di Lahan Gambut Tropika. *Jurnal Solum*, 8(1): 1-10.
- Mubekti. 2011. Studi Pewilayahan Dalam Rangka Pengelolaan Lahan gambut Berkelanjutan di Provinsi Riau. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 13(2): 88-94.
- Mulyani, A., dan M. Noor. 2011. *Evaluasi Kesesuaian Untuk Pengembangan Pertanian di Lahan Gambut*. Balai Penelitian Tanah. Bogor. 19 hal.
- Nugroho, T. C., Oksana, dan E. Aryanti. 2013. Analisis Sifat Kimia Tanah Gambut yang Dikonversikan Menjadi Perkebunan Kelapa Sawit di Kabupaten Kampar. *Jurnal Agroteknologi*, 4(1): 25-30.
- Permanasari, I., dan D. Kastono. 2012. Pertumbuhan Tumpangsari Jagung Dan Kedelai Pada Perbedaan Waktu Tanam Dan Pemangkasan Jagung. *Jurnal Agroteknologi*, 3(1): 13-20.
- Pramono, A., Nugraha, W.A., Firmansyah, M.A., Wihardjaka, A., dan P. Setyanto. 2014. Penurunan Emiss Gas Rumah Kaca Dengan Ameliorasi Pada Sistem Tumpangsari Karet dan Nenas Di Lahan Gambut Kalimantan Tengah. *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan*. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian. Pati.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2013. Informasi Ringkas Perkebunan Kelapa Sawit. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian 1(1). Jakarta.
- Rumbang, N., Radjagukguk, B., dan D. Prajitno. 2009. Emisi Karbon Dioksida (CO₂) dari Beberapa Tipe Penggunaan Lahan Gambut di Kalimantan. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 9 (2) : 95-102.
- Saas, R.L. dan F.M. Fisher. 1992. CH₄ Emission from Paddy Fields in The United Stated. *In: CH₄ and N₂O Workshop. Program and Abstract*. Tsukuba, Japan.
- Sabaruddin, L. 2012. *Agroklimatologi: Aspek-Aspek Klimatik untuk Sistem Budidaya Tanaman*. Alfabeta, Bandung. 188 hal.
- Saharjo, B. H., Putra, E. I., dan U. Atik. 2012. Pendugaan Emisi CO₂ Sebagai Gas Rumah Kaca Akibat Kebakaran Hutan dan Lahan pada Berbagai Tipe Penutupan Lahan di Kalimantan Tengah Tahun 2000-2009. *Jurnal Silvikultivar Tropika*, 3(3) : 143-148.
- Setyanto, P., Wihardjaka, A., Yulianingsih, E., dan F. Agus. 2014. Emisi Gas Rumah Kaca dari Saluran Drainase di Lahan Gambut Jabiren, Kalimantan Tengah. *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan*. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Sukarman, Suparto, dan H. S. Mamat. 2012. Karakteristik Tanah Gambut dan Hubungannya Dengan Emisi Gas Rumah Kaca Pada Perkebunan Kelapa Sawit di Riau dan Jambi. *Dalam:*

Emisi Gas Carbon Dioksida (CO₂) pada Perkebunan Kelapa Sawit (Pahlipi, *dkk*)

Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.

Suswati, D., Hendro, B., Shiddieq, D., dan D. Indradewa. 2011. Identifikasi Sifat Fisik Lahan Gambut Rasau Jaya III Kabupaten Kubu Raya Untuk Pengembangan Jagung. *Jurnal Teknik Perkebunan dan PSDL*, 1(12) : 31-40.

Suwondo, Supiandi, S., Sumardjo, dan B. Paramudya. 2012. Efek Pembukaan Lahan Terhadap Karakteristik Biofisik Gambut pada Perkebunan Kelapa Sawit di Kabupaten Bengkalis. *Jurnal Natur Indonesia*, 14 (2) :143-149.

Wardhana, S., Mawarni, L., dan A. Barus. 2014. Kajian Penanaman Kedelai di Bawah Kelapa Sawit Umur Empat Tahun di PTPN III Kebun Rambutan. *Jurnal Online Agroteknologi*, 2 (3) : 1037-1042.

Warsana. 2009. Introduksi Teknologi Tumpangsari Jagung dan Kacang Tanah. Badan Pengembangan Teknologi Pertanian. *Tabloid Sinar Tani*, 29 (2) : 4 hal.

Wibowo, H., Sugiyarti, T., Marwanto, S., dan F. Agus. 2014. Emisi Gas CO₂ pada Lahan Gambut yang Dibuka Untuk Lahan Budidaya: Studi Kasus Di Provinsi Kalimantan Barat. *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan*. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.

Widyanto, H., Nurhayati, Dariah, A., dan A. Jamil. 2014. Variasi Temporal Emisi CO₂ di Bawah Perkebunan Kelapa Sawit Pada Lahan Gambut di Riau. *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan*. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.

Winarna, dan S. Rahutomo. 2008. Hubungan Karakteristik Lahan Gambut Dengan Produksi Kelapa Sawit. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 16(1) : 27-35.

Zulkarnain. 2005. Pertumbuhan dan Hasil Selada Pada Berbagai Kerapatan Jagung Dalam Pola Tumpangsari. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 1(2): 94-101.