

Pengaruh Pupuk Urea dan Mineral Zeolit terhadap Emisi Karbondioksida (CO₂) pada Pertanaman Padi (*Oryza Sativa L.*) di Tanah Gambut

The Influence of Urea Fertilizer and Zeolite Minerals on Carbon Dioxide (CO₂) Emissions on the Rice Plant (*Oryza Sativa L.*) in Peat Soil

Muh Bambang Prayitno^{1*)}, Hendri Dunand¹, Dwi Probowati Sulistyani¹

¹Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Sumatera Selatan 30862

^{*)}Penulis untuk korespondensi: muhbambang_prayitno@yahoo.com

Sitasi: Prayitno MB, Dunand H, Sulistyani DP. 2019. The influence of urea fertilizer and zeolite minerals on carbon dioxide (CO₂) emissions on the rice plant (*Oryza Sativa L.*) in peat soil. In: Herlinda S *et al.* (Eds.), Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2019, Palembang 4-5 September 2019. pp. 437-444. Palembang: Unsri Press.

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of nitrogen and zeolite fertilization on CO₂ emissions in paddy rice plantation in peat soils. The study was conducted in the greenhouse of the Faculty of Agriculture, Sriwijaya University, Indralaya, South Sumatra Province, from September to December 2018. The results of this study indicate that the treatment of nitrogen fertilizer produces the highest CO₂ emissions in the production phase of the U₃ treatment (average emissions: 3.80 mg/plant/day) and the lowest emissions in the vegetative phase (age 55 days) on the U₂ treatment (average emissions: 2.41 mg/plant/day). The zeolite treatment produced the highest CO₂ emissions in the production phase of Z₁ treatment (average emission: 3.82 mg/plant/day) and the lowest emissions in the generative phase (age 65 days) on treatment Z₁ (average emission: 2.43 mg/plant/day). The highest CO₂ emission from the combination of nitrogen and zeolite fertilizers is in the rice production phase U₂Z₃ (3.95 mg/plant/day) and the lowest CO₂ emission at 55 days on treatment U₂Z₁ (2.22 mg/plant/day).

Keywords: peat soils, CO₂ emissions, paddy rice, urea fertilizer, zeolite minerals

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemupukan nitrogen dan zeolit terhadap emisi CO₂ pada pertanaman padi di tanah gambut. Penelitian dilakukan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Indralaya, Provinsi Sumatera Selatan, pada bulan September hingga Desember 2018. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan pupuk nitrogen menghasilkan emisi CO₂ tertinggi pada fase produksi perlakuan U₃ (rerata emisi: 3,80 mg/tan/hari) dan terendah pada fase vegetatif (umur 55 hari) pada perlakuan U₂ (rerata emisi: 2,41 mg/tan/hari). Perlakuan zeolit menghasilkan emisi CO₂ tertinggi pada fase produksi perlakuan Z₁ (rerata emisi: 3,82 mg/tan/hari) dan terendah pada fase generatif (umur 65 hari) pada perlakuan Z₁ (rerata emisi: 2,43 mg/tan/hari). Emisi tertinggi dari kombinasi perlakuan pupuk nitrogen dan zeolit adalah pada padi fase produksi U₂Z₃ (3,95 mg/tan/hari) dan terendah pada umur tanaman 55 hari U₂Z₁ (2,22 mg/tan/hari).

Kata kunci: tanah gambut, emisi CO₂, padi, pupuk urea, mineral zeolit

PENDAHULUAN

Tanah gambut adalah tanah terbentuk dari bahan organik yang belum dan sedang terdekomposisi, dengan laju penambahan bahan organik lebih cepat dari laju dekomposisinya (Radjagukguk, 2000). Menurut Wahyunto dan Subiksa (2011) Indonesia memiliki areal gambut terluas di zona tropis yakni 21 juta ha. Sebaran gambut berada di Pulau Sumatera (35%), Kalimantan (32%), Papua (30%) dan pulau lainnya (3%).

Tanah gambut, dalam keadaan alami, memiliki kemampuan menyimpan karbon dalam jumlah yang besar, namun perubahan peruntukan pada lahan gambut akan berpengaruh terhadap cadangan karbon, seperti untuk lahan pertanian, perkebunan dan lainnya. Penggunaan lahan gambut untuk non hutan adalah memodifikasi lahan dengan pembuatan saluran drainase yang akan berdampak pada pelepasan karbon dari tanah dalam bentuk CO₂ (Astuti 2009) sebagai menyumbang gas rumah kaca.

Emisi yang dihasilkan dari lahan gambut adalah karbondioksida (CO₂) sebesar 55%, metana (CH₄) sebesar 15%, dan dinitrogen oksida (N₂O) sebesar 6%. Faktor yang berpengaruh terhadap mineralisasi karbon pada tanah gambut adalah suhu, tinggi muka air tanah, kandungan mineral, pH, kation-kation, dan salinitas (Bertand *et al.*, 2007).

Tanaman padi merupakan tanaman utama dan sebagai makanan pokok bagi penduduk Indonesia (Wahyunto, 2009), sehingga petani selalu menanam padi di lahan rawa maupun gambut meskipun secara tradisional. Potensi gambut untuk kegiatan pertanian, khususnya padi, adalah cukup baik dan menjadi salah satu pilihan akibat dari keterbatasan lahan, meskipun terdapat keterbatasan kemampuan lahan dan dampak ikutannya (Utami *et al.*, 2009).

Peningkatan daya dukung tanah gambut untuk kegiatan pertanian adalah dilakukan dengan peningkatan kesuburan tanah melalui pengapuran dan pemupukan (Nurida dan Wihardjaka, 2014). Pengapuran berfungsi untuk meningkatkan pH tanah menjadi netral dan meningkatkan ketersediaan hara Ca dan Mg, dan pemupukan adalah berfungsi sebagai meningkatkan ketersediaan hara bagi tanah untuk keperluan tanaman dan proses dekomposisi gambut. Meskipun disisi lain dampak dari pemupukan adalah terjadinya peningkatan produksi gas CO₂ sehingga dapat memicu emisi gas rumah kaca (Leiwakabessy dan Sutandi, 2004). Upaya yang dilakukan untuk efisiensi pemupukan di lahan gambut untuk pertanaman adalah penggunaan bahan amelioran, seperti zeolit.

Zeolit dapat meningkatkan efisiensi pupuk yang dapat digunakan sebagai pertukaran ion, selain itu zeolit memiliki kemampuan sebagai adsorben (Soares, 2008). Menurut Suwardi (1999), pencampuran zeolit dengan pupuk nitrogen menyebabkan amonium yang dikeluarkan dari pupuk akan dijerap zeolit. Hal ini disebabkan karena zeolit merupakan mineral silikat berongga yang mempunyai KTK yang tinggi dan ukuran rongganya sesuai dengan ukuran ion amonium (Suwardi, 1995). Pada saat konsentrasi nitrat dalam tanah menurun amonium yang telah dijerap oleh zeolit akan dilepaskan kembali ke dalam tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari laju emisi CO₂ pada tanah gambut dari perlakuan kombinasi perlakuan pupuk urea dan mineral zeolit, serta mengetahui kombinasi perlakuan terbaik dalam penurunan laju emisi pada pertanaman padi di tanah gambut.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Sumatera Selatan, dari bulan Oktober 2018 sampai Januari 2019. Analisis gas CO₂ dilaksanakan di Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Kementerian Pertanian Pati Jawa Tengah.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan kombinasi perlakuan, yaitu: Perlakuan U₁Z₁ (Pupuk Urea 125 kg/ha dan Zeolit 125 kg/ha); Perlakuan U₁Z₂ (Pupuk Urea 125 kg/ha dan Zeolit 250 kg/ha); Perlakuan U₁Z₃ (Pupuk Urea 125 kg/ha dan Zeolit 375 kg/ha); Perlakuan U₂Z₁ (Pupuk Urea 250 kg/ha dan Zeolit 125 kg/ha); Perlakuan U₂Z₂ (Pupuk Urea 250 kg/ha dan Zeolit 250 kg/ha); Perlakuan U₂Z₃ (Pupuk Urea 250 kg/ha dan Zeolit 375 kg/ha); Perlakuan U₃Z₁ (Pupuk Urea 375 kg/ha dan Zeolit 125 kg/ha); Perlakuan U₃Z₂ (Pupuk Urea 375 kg/ha dan Zeolit 250 kg/ha); Perlakuan U₃Z₃ (Pupuk Urea 375 kg/ha dan Zeolit 375 kg/ha). Setiap kombinasi dibuat secara seri sebanyak 5 kali. Sehingga seluruh perlakuan ada 45 pot.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Awal Tanah Gambut

Hasil analisis awal tanah gambut, Tabel 1 dan 2, memperlihatkan bahwa BD gambut adalah 0,40 g/cm³ atau tergolong gambut saprik (matang) (Soil Survey Staff, 1996 *dalam* Batubara, 2009). Dariah *et al.* (2012) menunjukkan besarnya pengaruh tingkat kematangan gambut terhadap besarnya bulk density gambut semakin matang gambut, rata-rata BD gambut menjadi lebih tinggi. Gambut saprik adalah gambut yang sudah melapuk lanjut dan bahan asalnya tidak dikenali, kadar air tidak terlalu tinggi, bewarna coklat tua hingga hitam dan memiliki bobot isi lebih dari 0,25 g/cm³ (Agus *et al.*, 2008). Gambut dengan kematangan saprik adalah ditunjukkan dengan semakin warna semakin gelap hingga hitam (10YR2/1).

Tabel 1. Hasil analisis awal sifat fisika tanah gambut

Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Kriteria*
Bulk Density	g cm ⁻³	0,40	-
Warna	-	10 YR 2/1	Hitam
Kematangan	-	-	Saprik

Keterangan: *) Kriteria berdasarkan Balai Penelitian Pusat Tanah (2014)

Tabel 2. Hasil analisis awal sifat kimia tanah gambut

Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Kriteria*
pH H ₂ O	-	4,05	Sangat masam
C-Organik	%	39,40	Tinggi
N-Total	%	1,05	Sangat Tinggi
C/N Ratio	-	37,50	Sangat Tinggi
P ₂ O ₅ Bray I	mg100/g	142,05	Sangat Tinggi
K ₂ O-dd	mg100/g	10,02	Tinggi
Al-dd	Cmol/kg	7,22	-
H-dd	Cmol/kg	2,18	-

Keterangan: *) Kriteria berdasarkan Balai Penelitian Pusat Tanah (2014)

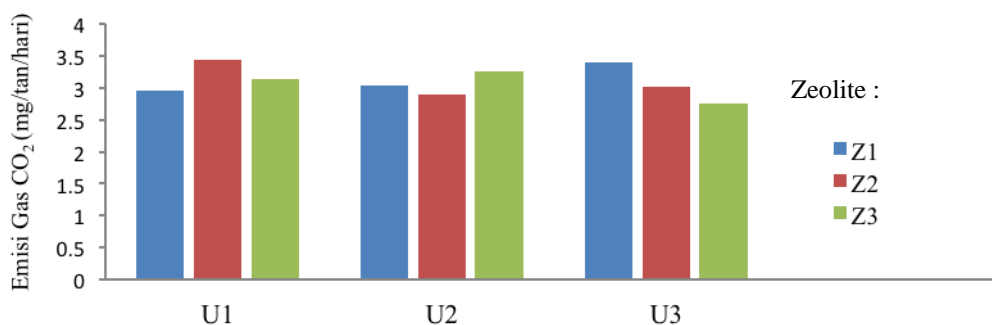
Hasil analisis sifat kimia tanah gambut, Tabel 2, memperlihatkan bahwa pH tanah = 4,05 (sangat masam), C-organik= 39,40% (tinggi), nilai C/N = 37,50, N-total = 1,05% kriteria rendah, P-tersedia = 142,05 mg 100/g (rendah), Al-dd = 7,22 Cmol⁽⁺⁾/kg, H-dd = 2,18, Cmol⁽⁺⁾/kg, dan K tersedia = 10,02 mg 100/g (tinggi). Gambut merupakan salah satu potensi sumber hara bagi tanaman setelah mengalami proses pelapukan. Menurut Marschner (1986) kemasaman tanah akan sangat mempengaruhi ketersediaan unsur hara posor, kalium dan unsur mikro.

Emisi Gas CO₂ Pada Fase Vegetatif

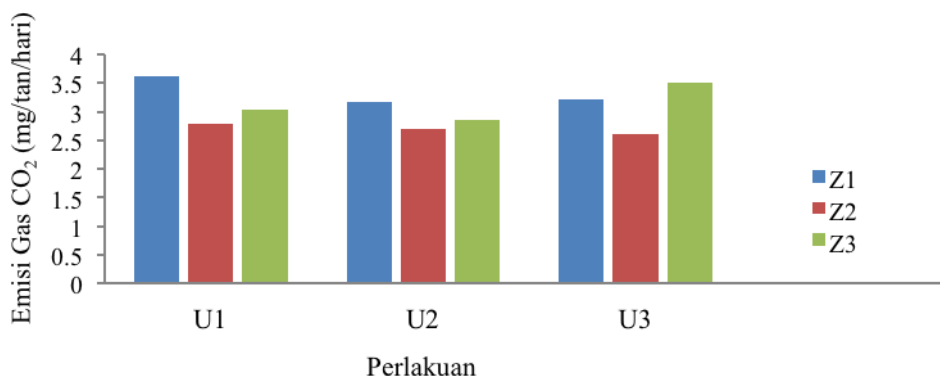
Emisi karbondioksida (CO₂) pada fase vegetatif 15 HST, Gambar 1, memperlihatkan bahwa nilai emisi gas CO₂ memiliki nilai perubahan skibst perlakuan adalah sekitar 0,69 mg/tan/hari. Perlakuan Z₁ emisi gas CO₂ dengan pemberian pupuk urea mengalami peningkatan. Menurut (Handayani, 2009) pemberian pupuk urea dengan dosis lebih tinggi menyebabkan respon fluks CO₂ tidak sama, karena akan tergantung pada tingkat kematangan tanah gambut. Emisi terendah dijumpai pada perlakuan U₃Z₃ (2,75 mg/tan/hari) dan tertinggi pada perlakuan U₁Z₂ (3,44 mg/tan/hari). Rerata emisi CO₂ tertinggi dari perlakuan pemupukan nitrogen dijumpai pada U₁ (3,18 mg/tan/hari). Rerata emisi CO₂ akibat perlakuan zeolit tertinggi pada perlakuan Z₁ (3,13 mg/tan/hari).

Emisi gas CO₂ pada tanaman padi umur 35 HST, Gambar 2, menunjukkan bahwa emisi tertinggi didapatkan pada perlakuan U₁Z₁ (3,62 mg/tan/hari) dan emisi terendah pada U₃Z₂ (2,61 mg/tan/hari). Rerata emisi CO₂ tertinggi dari perlakuan pemupukan nitrogen dijumpai pada U₁ (3,15 mg/tan/hari). Rerata emisi akibat perlakuan zeolit tertinggi pada perlakuan Z₁ (3,33 mg/tan/hari).

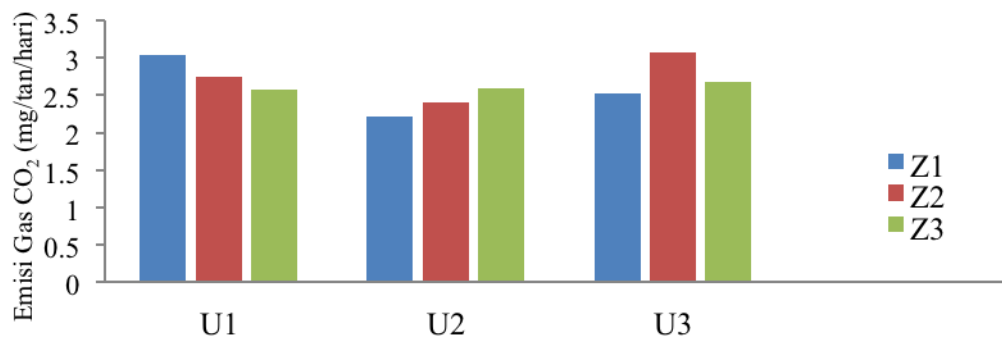
Hasil emisi karbondioksida (CO₂) pada tanaman umur 55 hari, Gambar 3, memperlihatkan bahwa emisi terendah pada perlakuan U₂Z₁ (2,22 mg/tan/hari) dan tertinggi pada U₃Z₂ nilai emisi CO₂ 3,07 mg/tan/hari. Rerata emisi CO₂ tertinggi dari perlakuan pemupukan nitrogen dijumpai pada U₁ (2,78 mg/tan/hari). Rerata emisi akibat perlakuan zeolit tertinggi pada perlakuan Z₂ (2,74 mg/tan/hari).



Gambar 1. Fluks emisi CO₂ pada tanaman padi umur 15 hari



Gambar 2. Fluks emisi CO₂ pada tanaman padi umur 35 hari



Gambar 3. Fluks emisi CO₂ pada tanaman padi umur 55 hari

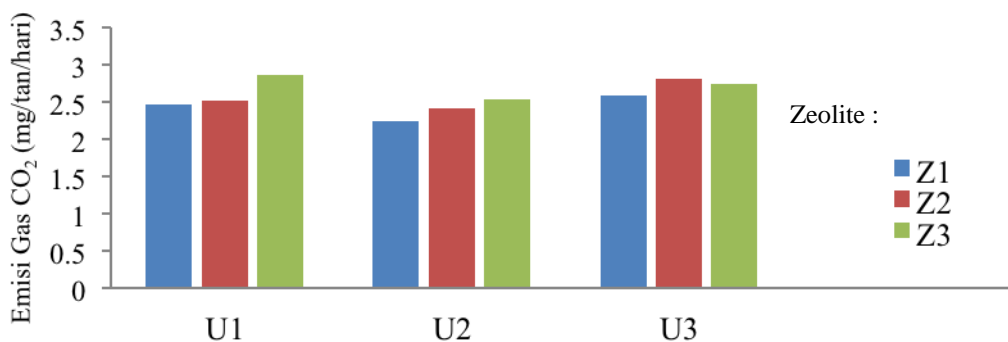
Rerata emisi CO₂ pada umur tanaman padi belum dipengaruhi oleh kenaikan dosis pupuk nitrogen, hal ini terlihat bahwa emisi tertinggi didapatkan pada perlakuan pupuk nitrogen U₁ pada umur tanaman 15, 35 dan 55 hari. Disisi lain terlihat bahwa peningkatan dosis zeolit mampu menekan rerata emisi CO₂ pada lahan gambut untuk pertanaman padi. Faktor yang berpengaruh terhadap laju emisi GRK yaitu aktivitas mikroorganisme, dekomposer bahan organik (Bertrand *et al.*, 2007).

Faktor lain yang berpengaruh pada emisi CO₂ adalah suhu udara. Menurut Comeau *et al.* (2013) menyatakan bahwa besarnya emisi CO₂ dapat dipengaruhi oleh suhu udara, karena meningkatnya suhu akan merangsang aktivitas mikroorganisme yang akan mempercepat laju dekomposisi dan memperbesar energi kinetik gas.

Ketersediaan air di tanah untuk memenuhi keperluan air dalam mendukung pertumbuhan tanaman mempunyai pengaruh terhadap emisi CO₂ yang terjadi. Kedalaman muka air berpengaruh terhadap emisi karbon pada lahan gambut. Hasil penelitian Moore and Dalva (1993); dan Hooijer *et al.* (2006) menyatakan bahwa muka air tanah berpengaruh terhadap fluks CO₂ dan CH₄ pada lahan gambut. Kondisi air pada fase vegetatif lebih banyak akan mengurangi jumlah emisi CO₂ yang terjadi. Smith *et al.*, (2003) dan Liu *et al.*, (2008) menyatakan bahwa kandungan air pada bahan organik mempengaruhi emisi CO₂ dari tanah. Kandungan air tanah yang terlalu tinggi pada lahan akan menghambat difusi CO₂ dan aktivitas mikrobia perombak (Jia *et al.*, 2006). Liu *et al.*, (2008) menyatakan bahwa kandungan air pada bahan organik mempengaruhi emisi CO₂ dari tanah. Kandungan air tanah yang terlalu tinggi pada lahan akan menghambat difusi CO₂ dan aktivitas mikrobia perombak (Jia *et al.*, 2006).

Emisi Gas Karbondioksida (CO₂) Pada Fase Generatif

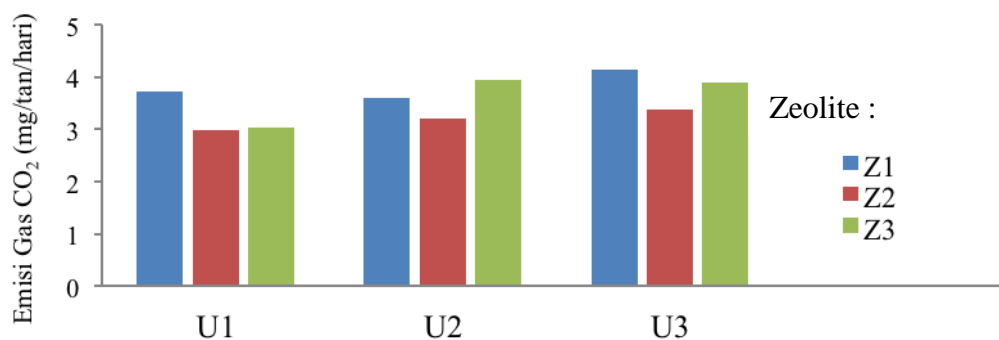
Fase generatif merupakan lanjutan dari fase vegetatif yang menginginkan kondisi tanah baik untuk mendukung pengisian buah, sehingga ketersediaan air dan hara sangat penting. Hasil emisi karbondioksida (CO₂) pada umur tanaman padi 65 hari (fase generatif), Gambar 4, memperlihatkan bahwa emisi tertinggi pada perlakuan U₁Z₃ (2,86 mg/tan/hari) dan terendah pada perlakuan U₂Z₁ (2,25 mg/tan/hari). Peningkatan aktivitas dalam penyerapan hara untuk proses geratif berpengaruh terhadap emisi CO₂, hal ini terlihat bahwa rerata emisi tertinggi sebesar 2,71 mg/tan/hari dihasilkan oleh pemupukan nitrogen dengan dosis tertinggi (pupuk Urea 375 mg/tan/hari). Disisi lain peranan zeolit cukup penting dalam mengurangi emisi CO₂ pada fase ini. Menurut Agus (2007) pemberian pupuk urea dengan dosis lebih tinggi menyebabkan respon fluks CO₂ sangat tergantung pada tingkat kematangan tanah gambut.



Gambar 4. Fluks emisi CO₂ pada tanaman padi umur 65 hari

Emisi Gas Karbondioksida (CO₂) Pada Fase Produksi

Hasil emisi karbondioksida (CO₂) pada fase produksi, Gambar 5, memperlihatkan bahwa emisi tertinggi pada perlakuan U₁Z₂ (2,98 mg/tan/hari) dan terendah pada perlakuan U₃Z₁ (4,13 mg/tan/hari), dengan rentang perbedaan emisi karbondioksida sekitar 1,15 mg/tan/hari. Kondisi air yang berkurang pada fase ini sangat berpengaruh terhadap emisi CO₂. Rerata emisi CO₂ pada fase ini terlihat jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan emisi CO₂ fase sebelumnya. Rerata emisi CO₂ pada U₁ (3,25 mg/tan/hari), U₂ (3,58 mg/tan/hari), dan U₃ (3,80 mg/tan/hari atau emisi tertinggi).



Gambar 5. Fluks emisi CO₂ fase produksi tanaman padi

Kedalaman muka air berpengaruh terhadap emisi karbon pada lahan gambut. Hasil penelitian Moore and Dalva (1993); Klemedtsson *et al.*, (1997); dan Hooijer *et al.* (2006) menyatakan bahwa muka air tanah berpengaruh terhadap fluks CO₂ dan CH₄ pada lahan gambut. Emisi CO₂ pada fase produksi padi menghendaki pengeringan di tanah, sehingga ketersediaan oksigen pada tanah meningkat dan berpengaruh pada peningkatan emisi CO₂. Perlakuan pupuk nitrogen berpengaruh terhadap emisi CO₂ dan semakin tinggi pupuk nitrogen yang diberikan akan menghasilkan emisi CO₂ yang tinggi pula. Perlakuan penambahan zeolit cenderung mampu menekan emisi CO₂.

KESIMPULAN

Rerata emisi CO₂ pada fase vegetatif tertinggi adalah pada umur tanaman 15 hari (3,10 mg/tan/hari) dan terus menurun dengan bertambahnya umur tanaman hingga umur tanaman 65 hari (2,60 mg/tan/hari), akan tetapi pada fase produksi rerata emisi CO₂

meningkat hingga 3,54 mg/tan/hari. Perlakuan pupuk nitrogen menghasilkan emisi CO₂ tertinggi pada fase produksi perlakuan U₃ (rerata emisi: 3,80 mg/tan/hari) dan terendah pada fase vegetatif (umur 55 hari) pada perlakuan U₂ (rerata emisi: 2,41 mg/tan/hari). Perlakuan zeolit menghasilkan emisi CO₂ tertinggi pada fase produksi perlakuan Z₁ (rerata emisi: 3,82 mg/tan/hari) dan terendah pada fase generatif (umur 65 hari) pada perlakuan Z₁ (rerata emisi: 2,43 mg/tan/hari). Emisi tertinggi dari kombinasi perlakuan pupuk nitrogen dan zeolit adalah pada padi fase produksi U₂Z₃ (3,95 mg/tan/hari) dan terendah pada umur tanaman 55 hari U₂Z₁ (2,22 mg/tan/hari).

DAFTAR PUSTAKA

- Agus F. 2007. Cadangan, emisi, dan konservasi karbon pada lahan gambut. Bunga Rampai Konservasi Tanah dan Air. Pengurus Pusat Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia 2004-2007. P. 45 – 52.
- Agus F, Runtuwuwu E, June T, Susanti E, Komara H, Syahbuddin H, Las I, Noordwijk MV. 2009. Carbon Dioxide Emission in Land Use Transitions to Plantation. *Jurnal Litbang Pertanian*. 28(4) : 119-126.
- Astuti MH. 2009. Neraca Karbon Pada Pengelolaan Padi Gambut. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Batubara SF. 2009. Pendugaan Cadangan Karbon dan Emisi Gas Rumah Kaca Pada Tanah Gambut di Hutan dan Semak Belukar Yang Telah Didrainase [Tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Bertrand I, Delfosse O, Marry B. 2007. Carbon And Nitrogen Mineralization In Acidic, Limed, And Calcareous Agricultural Soils: Apparent And Actual Effects. *Biochem*. (39): 276-288.
- Dariah Ai, Nurzakiah S. 2014. *Pengelolaan Tata Air Lahan Gambut*. Bogor: Badan Penelitian Tanah.
- Handayani EP. 2009. Emisi Karbon Dioksida (CO₂) dan Metan (CH₄) Pada Perkebunan Kelapa Sawit Di Lahan Gambut Yang Memiliki Keragaman Dalam Ketebalan Gambut Dan Umur Tanaman, [Disertasi]. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Hooijer, Silvius AM, Wosten H, Page SE. 2006. Peat-CO₂, Assessment of CO₂ Emissions from Drained Peat Lands in SE Asia. *Delft Hydrolics report Q3943*.
- Jia B, Zhou G, Wang Y. 2006. Effects of temperature and soil water-content on soil respiration of grazed and ungrazed leymus chinensis steppes, Inner Mongolia. *Journal of Arid Environments*. 67: 60-76.
- Leiwakabessy FM, Sutandi, A. 2004. Pupuk dan Pemupukan. Departemen Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Liu LC, Fan Y, Wu G, Wei YM. 2008. Using LMDI method to analyze the change of China's industrial CO₂ emissions from final fuel use: an empirical analysis. *Energy Policy*. 35(11): 5892 – 5900.
- Moore TR, Dalva M. 1993. The influence of temperature and water table position on carbon dioxide and methane emission from laboratory columns of peatland soil. *J. Soil Sci*. 44: 651-664.
- Nurida NL, Wihardjaka A. 2014. *Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi*. (Eds.) Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Radjagukguk B. 2000. *Perspektif Permasalahan dan Konsepsi Pengelolaan Lahan Gambut Tropika Untuk Pertanian Berkelanjutan*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Smith PD, Martino D, Cai Z, Gwary D, Janzen H, Kumar P, McCarl B, Ogle S, O'Mara F, Rice C, Scholes B, Sirotenko O, Metz B, Davidson OR, Bosch PR, Dave R, Meyer LA.

2003. Agriculture. In: Climate Change 2007: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, pp.497-540.
- Suwardi. 1995. Pemanfaatan Zeolit sebagai media tumbuh tanaman hortikultura. Proceeding Temu Ilmiah IV, Tokyo 1-3 September 1995.
- Suwardi. 1999. Penetapan Kualitas Mineral Zeolit dan Prospeknya di Bidang Pertanian. Seminar Pembuatan Dan Pemanfaatan Zeolit Agro Untuk Meningkatkan Produksi Industry Pertanian, Tanaman Pangan, Dan Perkebunan, Bandung 23 Agustus 1999.
- Utami, S. N. H., A. Maas, B. Radjagukguk, dan B.H. Purwanto. 2009. Sifat Fisik, Kimia dan TIR Spektrofotometri Gambut Hidrofobik Kalimantan Tengah. *Jurnal Tanah Tropika*. 1(1):10.
- Wahyunto, Subiksa IGM. 2011. Genesis Lahan Gambut Indonesia. Balai Penelitian Tanah. Bogor. 3-14 hal.