Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah *p-ISSN 2656-5021*
Volume 8 Nomor 3 Halaman 211-217 April 2023 *e-ISSN 2657-1579*

EMISI CO_2 DARI LAHAN BUDIDAYA UBI ALABIO YANG DIAPLIKASIKAN PUPUK HIJAU

Nurlaila[1], Nukhak Nufita Sari[1*], Muhammad Ferry Salim[2]
[1]Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani Km 36 Banjarbaru, Indonesia
[2]Mahasiswa Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani Km 36 Banjarbaru, Indonesia
**Corresponding author*: nukhak.sari@ulm.ac.id

Abstrak. Pemanfaatan gulma rawa sebagai pupuk hijau dinilai menjadi tindakan yang bijak dalam mengelola suatu lahan, mengingat pertumbuhannya yang pesat dan invasif. Namun, beberapa penelitian menyebutkan pemberian pupuk hijau pada lahan pertanian mampu meningkatkan emisi gas rumah kaca (GRK), termasuk emisi karbon dioksida (CO_2). Konsentrasi CO_2 di atmosfer masih menjadi yang terbesar diantara gas-gas rumah kaca lainnya. Penelitian emisi CO_2 dari lahan rawa lebak terutama pada lahan budidaya ubi Alabio masih belum banyak dilakukan. Ubi Alabio itu sendiri merupakan varietas ubi lokal yang hanya tumbuh di daerah rawa lebak dan biasa ditanam saat kondisi surut. Penelitian dengan rancangan acak kelompok disusun untuk mengkaji pengaruh pemberian pupuk hijau gulma rawa terhadap emisi CO_2 pada lahan budidaya ubi Alabio. Perlakuan yang diberikan berupa kontrol/tanpa pupuk hijau (M0), eceng gondok (M1), kayu apu (M2), kiambang (M3), eceng gondok + kayu apu (M4), eceng gondok + kiambang (M5), dan kayu apu + kiambang (M6) dengan dosis 35 $t.ha^{-1}$ untuk masing-masing perlakuan pupuk hijau. Varietas ubi Alabio yang ditanam adalah varietas Putih. Pengambilan sampel gas menggunakan metode sungkup tertutup (*closed chamber method*) dengan *syringe* pada interval waktu 10 menit. Sampel gas yang telah diambil kemudian dianalisis menggunakan *gas chromatography*. Pengambilan sampel gas dilakukan pada 7 dan 60 hari setelah tanam (HST). Pemberian pupuk hijau secara signifikan menyumbangkan emisi CO_2 yang lebih rendah dibandingkan dengan control. Aplikasi eceng gondok (M1) menghasilkan emisi CO_2 yang lebih besar dibandingkan dengan kayu apu (M2), kiambang (M3), maupun kombinasinya (M4, M5, dan M6).

Kata kunci: *Dioscorea alata*, fluks, gulma rawa, Kalimantan Selatan, rawa lebak

1. PENDAHULUAN

Populasi gulma air yang tinggi pada lahan rawa dapat menganggu keseimbangan ekosistem, seperti meningkatkan sedimentasi, mengurangi oksigen terlarut untuk biota air, sebagai inang sementara hama dan penyakit yang dapat menyerang tanaman budidaya, serta dapat mengganggu aktifitas pertanian di lahan rawa. Walaupun gulma air seperti eceng gondok, kayu apu, dan kiambang berpotensi sebagai fitoremidiator dengan menyerap berbagai logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), seng (Zn), tembaga (Cu) dalam ekosistem (Du *et al.*, 2020; Galal & Farahat, 2015; Kumar *et al.*, 2019a; Kumar *et al.*, 2019b; Li *et al.*, 2013; Zheng *et al.*, 2016), pengendalian populasi tetap harus dilakukan untuk mencegah serta mengurangi dampak negatif dari gulma rawa tersebut. Pemanfaatan eceng gondok, kayu apu, dan kiambang sebagai pupuk hijau merupakan pengendalian populasi paling cepat dan efektif, karena pupuk diberikan dalam bentuk segar. Selain untuk mengendalikan populasi gulma air yang tumbuh secara invasif, pemanfaatn gulma air sebagai pupuk hijau juga dapat membantu mempertahankan kesuburan tanah, mengurangi penggunaan pupuk kimia, dan meningkatkan kandungan karbon tanah (Toma *et al*, 2019). Aplikasi pupuk hijau sebagai bahan organik pembenah tanah akan menjaga tanah dalam kondisi sehat yang nantinya menciptakan lingkungan yang kondusif untuk pertumbuhan tanaman (Ansari *et al.*, 2019). Bahan organik menjadi bahan makanan bagi decomposer yang mengubah hara menjadi tersedia untuk tanaman (Abiven *et al.*, 2009).

Ubi Alabio (*Dioscorea alata* L.) merupakan varietas ubi lokal yang tumbuh di Kalimantan Selatan, khususnya di daerah rawa lebak. Indonesia itu sendiri mempunyai lahan rawa lebak yang sangat luas yakni sekitar 13,28 juta hektar yang tersebar di Sumatera sekitar 2,79 juta hektar, Kalimantan 3,58 juta hektar, Papua 6,31 juta hektar, dan Sulawesi 0,61 juta hektar (Alwi & Tapakrisnanto, 2017). Nama Alabio diambil dari salah satu daerah di Kabupaten Hulu Sungai Utara (HSU) yang menjadi sentra budidaya ubi tersebut. Ada tiga varietas lokal ubi Alabio yaitu varietas Putih, Habang Harum, dan Habang Carang. Varietas yang umumnya dibudidayakan oleh petani adalah varietas Putih dan Habang Harum (Saleh & William, 2017). Ubi Alabio dapat ditanam pada lahan rawa lebak dangkal dan tengahan. Sistem budidaya pada ubi Alabio dapat dilakukan secara monokultur maupun tumpangsari dengan komoditas lain. Pemberian pupuk hijau baik eceng gondok, kayu apu, maupun kiambang

© 2023 Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

pada budidaya ubi Alabio pada lahan rawa lebak diharapkan mampu mempertahankan sistem pertanian berkelanjutan. Pengaplikasian pupuk hijau yang berasal dari gulma rawa juga mampu menekan penggunaan pupuk kimia sehingga menekan biaya produksi.

Meskipun demikian, pengaplikasian pupuk hijau pada lahan budidaya tanaman terbukti berkontribusi dalam menyumbangkan emisi gas rumah kaca (GRK). Pemberian biomassa segar ke dalam tanah meningkatkan aktivitas mikroba tanah yang berdampak pada peningkatan CO_2 akibat adanya respirasi dan evaporasi permukaan (Ferrara *et al.*, 2020). Biomassa segar menyediakan karbon yang siap dikonsumsi oleh miktroba tanah (Ansari *et al.*, 2019). Karbon yang tersedia secara melimpah akan memicu peningkatan aktivitas mikroorganisme tanah yang pada akhirnya akan mempengaruhi besarnya emisi CO_2 dari dalam tanah. Meskipun tanah dan tumbuhan berperan sebagai penyimpan (*sink*) karbon, namun peningkatan emisi CO_2 pada beberapa decade terakhir cukup signifikan (Hossain *et al.*, 2017). Karbon dioksida merupakan GRK yang penting karena memiliki konsentrasi terbesar di atmosfer dibandingkan dengan GRK lainnya, seperti CH4 dan N_2O. Konsentrasi CO_2 di atmosfer tercatat sebanyak 414,72 ppm pada tahun 2021 (Lindsey, 2022). Konsentrasi CO_2 meningkat sebanyak 40% sejak pre-industri, terutama disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil dan juga penggunaan lahan termasuk didalamnya sector pertanian (IPCC, 2013). Peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer akan menyebabkan pemanasan global. Diprediksi akan terjadi peningkatan suhu rata-rata permukaan Bumi sebesar 1,2-4,8^oC pada akhir abad ke 21 (IPCC, 2014). Sektor pertanian dipercaya ikut berkontribusi terhadap emisi GRK ke atmosfer. Sekitar 15% GRK di atmosfer disumbangkan dari lahan pertanian (IPCC, 2007).

Pengelolaan lahan rawa lebak yang tepat dari segi budidaya terutama untuk budidaya ubi Alabio dengan memanfaatkan gulma air yang ada di sekitar lingkungan, serta diimbang dengan pengetahuan tentang GRK akan menciptakan sistem budidaya yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dikaji lebih mendalam tentang pengaruh pemberian pupuk hijau pada lahan budidaya ubi Alabio di rawa lebak terhadap emisi CO_2.

2. METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni - Oktober 2022 di Alabio, Kecamatan Sungai Pandan, Kabupaten Hulu Sungai Utara, Kalimantan Selatan. Desain penelitian disusun secara Rancangan Acak Kelompok (RAK) non faktorial. Perlakuan yang diberikan berupa aplikasi berbagai jenis pupuk hijau dengan dosis 35 t.ha-1 yang terdiri dari kontrol/tanpa pupuk hijau (M0), eceng gondok (M1), kayu apu (M2), kiambang (M3), eceng gondok + kayu apu (M4), eceng gondok + kiambang (M5), dan kayu apu + kiambang (M6). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali ulangan. Penanaman umbi ubi Alabio varietas Putih dilakukan seminggu setelah aplikasi pupuk hijau. Stek umbi dilapisi dengan abu kemudian ditanam pada lubang tanam dengan jarak 50 x 50 cm pada petakan berukuran 1 x 3 m. Setiap lubang ditanam sebanyak 5 buah tunas umbi (Saleh & William, 2017).

a. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) b. Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) c. Kiambang (*Salvinia molesta* M.)

Gambar 1. Gulma air sebagai pupuk hijau

Pengambilan sampel GRK CO_2 dilakukan sebanyak dua kali yaitu pada saat tanaman ubi Alabio berumur 7 dan 60 hari setelah tanam (HST). Pengambilan sampel gas dengan metode *closed chamber* dilakukan dengan memasang *chamber* pada petak percobaan diantara tanaman ubi Alabio. Pengambilan sampel gas dilakukan dengan interval waktu 10 menit setelah *chamber* dipasang. Sampel gas diambil dengan menggunakan suntikan/*syringe* 10 ml yang dibungkus dengan *alumunium oil* dan disumbat dengan septum (Balingtan, 2007). Sampel gas dianalisis dengan menggunakan *gas chromatography*. Analisis GRK CO_2 dilakukan di Laboratorium

© 2023 Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

Gas Rumah Kaca, Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Pati, Jawa Tengah. Perhitungan emisi GRK didasarkan pada Toma *et al.* (2011) dengan menggunakan rumus di bawah ini :

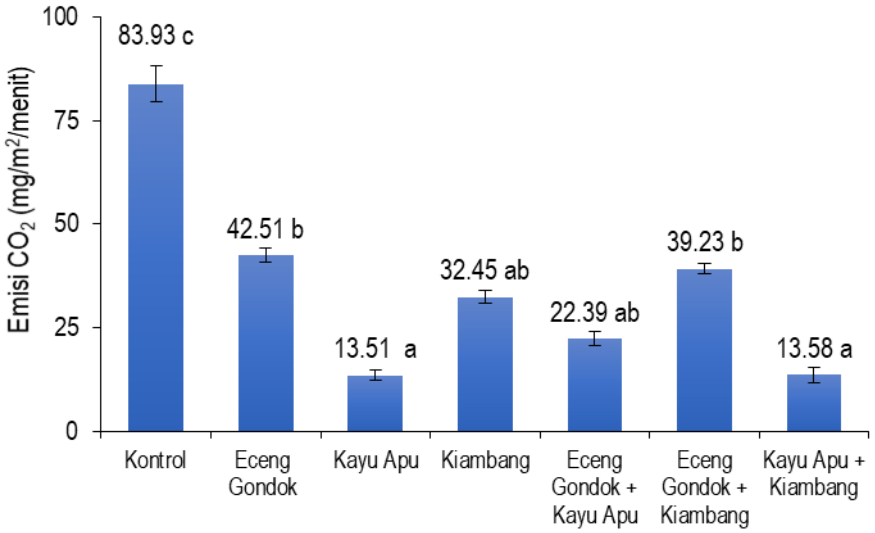
$$F = \rho \times V/A \times \Delta c/\Delta t \times 273/(273+T) \times \alpha$$

Keterangan :
F : emisi CO_2 ($mg.m^{-2}.jam^{-1}$)
ρ : kerapatan gas CO2 ($1{,}977 \times 10^6$ $mg.m^{-3}$)
V : Volume *chamber* (m^3)
A : Luas *chamber* (m^2)
Δc/Δt : perbandingan perubahan konsentrasi gas di dalam *chamber* per waktu selama pengambilan sampel ($m^3.m^{-3}.h^{-1}$)
T : Suhu rata-rata selama pengambilan sampel (°C)
α : faktor konversi

Data emisi GRK CO2 yang diperoleh diuji statistik menggunakan aplikasi Genstat. Apabila data menunjukkan beda nyata maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf kepercayaan 95%.

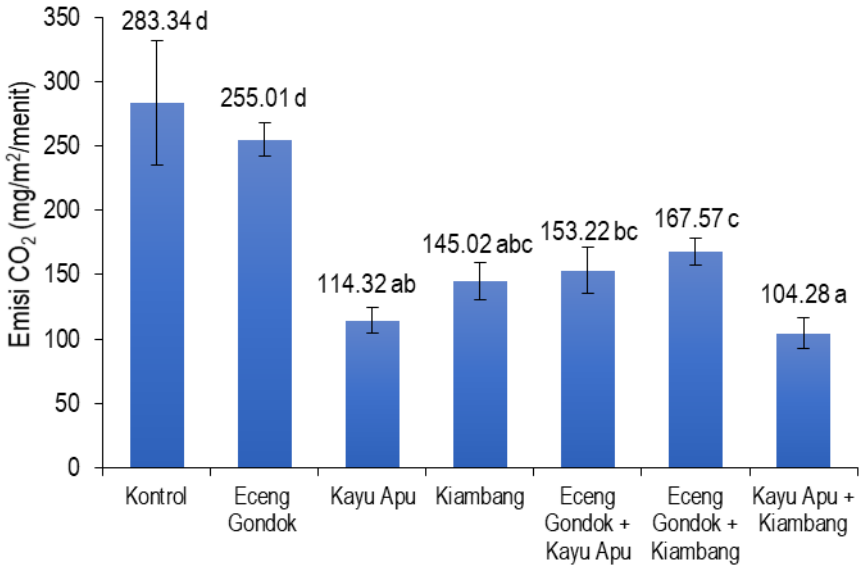
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Emisi CO_2 pada 7 HST lebih kecil dibandingkan dengan 60 HST pada semua perlakuan (Gambar 2 dan 3). Pada 7 HST, tanaman masih berupa umbi dengan kondisi perakaran yang masih pendek dan sedikit, sedangkan pada 60 HST kondisi perakaran ubi Alabio sudah panjang dan banyak. Perbedaan kondisi perakaran ini berpengaruh terhadap proses respirasi akar yang pada akhirnya mempengaruhi besarnya emisi CO_2. Akar tanaman aktif melakukan respirasi yang menghasilkan CO_2 sebagai produknya (Larionova *et al.*, 2003). Akar berkontribusi sebesar 24-60% dari total emisi CO_2 yang dihasilkan dari tanah (Yevdokimov *et al.*, 2010). Selain respirasi akar, mikroorganisme disekitar perakaran juga menyumbangkan emisi CO_2. Sekitar 60% dari emisi CO_2 disebabkan oleh respirasi mikroorganisme tanah yang mendekomposisi eksudat akar (Kuzyakov dan Larionova, 2006). Akar tanaman juga berperan penting terhadap dinamika karbon dan hara yang mempengaruhi total karbon yang dialokasikan ke akar (Jia *et al.*, 2013).



Gambar 2. Emisi CO_2 pada lahan budidaya ubi Alabio yang diaplikasikan pupuk hijau gulma rawa pada 7 HST

© 2023 Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat



Gambar 3. Emisi CO_2 pada lahan budidaya ubi Alabio yang diaplikasikan pupuk hijau gulma rawa pada 60 HST

Perlakuan control menyumbangkan emisi CO_2 terbesar baik pada 7 dan 60 HST, meskipun pada 60 HST emisi CO_2 yang dihasilkan tidak berbeda nyata dengan perlakuan pemberian eceng gondok. Pemberian pupuk hijau secara signifikan mampu menyumbangkan emisi CO_2 yang lebih kecil dibandingkan dengan yang tanpa pemberian pupuk hijau (control). Hal ini diduga terjadi penghambatan secara fisik lalu lintas CO_2 pada pori-pori tanah. Pada perlakuan control, permukaan tanah terbuka sehingga gas-gas CO_2 yang dihasilkan dari dalam tanah keluar secara sempurna tanpa adanya hambatan. Pori-pori tanah yang berisi gas-gas dapat melakukan pertukaran gas secara baik yang mempengaruhi besarnya emisi yang dikeluarkan. Penelitian-penelitian sebelumnya selalu menunjukkan adanya emisi CO_2 yang lebih besar setelah dilakukan pemberian pupuk hijau (Aulakh *et al.*, 2001; Alluvione *et al.*, 2010; Toma *et al.*, 2019; Ferrara *et al.*, 2020), namun pada penelitian ini menunjukkan hasil yang berbeda. Meskipun penulis meyakini adanya peningkatan aktivitas mikroorganisme tanah setelah pupuk hijau diaplikasikan, hasil penelitian ini dapat menjadi penyeimbang dan referensi baru bahwa pemberian pupuk hijau pada lahan budidaya tanaman tidak selalu menghasilkan emisi CO_2 yang lebih besar dibandingkan dengan lahan yang tanpa diberikan pupuk hijau. Meskipun demikian, masih diperlukan penelitian-penelitian lanjutan untuk mendukung hasil penelitian ini, terutama pengaruh pemberian pupuk hijau pada lahan rawa lebak.

Tabel 1. Kandungan kimia pupuk hijau gulma rawa

Pupuk hijau	Rasio C/N	Selulosa (%)	Lignin (%)	Sumber
Eceng gondok	14	24	18	Balasubramanian *et al.*, 2013
Kayu apu	24	14	6	Lestari *et al.*, 2022
Kiambang	6	29	13-17	Moozhiyil dan Pallauf, 1986 ; Kawaroe *et al.*, 2019

Pemberian pupuk hijau tunggal eceng gondok secara signifikan menyumbangkan emisi CO_2 yang lebih besar dibandingkan dengan pemberian pupuk hijau tunggal kayu apu atau kiambang, baik pada 7 maupun 60 HST. Uji statistik menunjukkan bahwa eceng gondok yang dikombinasikan dengan kayu apu dan kiambang menghasilkan emisi yang lebih kecil dibandingkan dengan pemberian eceng gondok secara tunggal pada 7 dan 60 HST. Meskipun eceng gondok, kayu apu, dan kiambang sama-sama memiliki C/N rasio yang rendah (<25), tetapi ketiganya memiliki komposisi lignin dan selulosa yang berbeda (Tabel 1). Rasio C/N yang rendah pada bahan organik menjadikan bahan tersebut mudah untuk terdekomposisi (Bednarek *et al.*, 2004). Namun, laju dekomposisi tidak hanya ditentukan oleh nilai rasio C/N, tetapi juga kandungan lignin pada penyusun bahan organik. Kandungan lignin yang tinggi dapat memperlambat laju dekomposisi (Thomas dan Spurway, 1998). Salah satu produk dari proses dekomposisi adalah CO_2. CO_2 banyak dihasilkan saat proses dekomposisi berada pada fase puncak dimana semua mikroorganisme pengurai yang terlibat melakukan aktivitas secara maksimal (Ravn *et al.*, 2020). Jika bahan organik mengandung bahan yang mudah diuraikan, maka CO_2 yang dihasilkan

© 2023 Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

pada puncak aktivitas penguraian oleh mikroorganisme berada pada waktu yang relatif cepat. Tetapi, jika bahan organik mengandung bahan yang sulit terurai maka CO_2 yang dihasilkan pada puncak aktivitas penguraian oleh mikroorganisme berada pada waktu yang lama. Kandungan lignin yang tinggi pada eceng gondok dibandingkan dengan kayu apu dan kiambang diduga mempengaruhi besarnya emisi CO_2 yang dihasilkan, terutama pada 60 HST. Pupuk hijau eceng gondok masih memiliki biomassa untuk diuraikan yang lebih banyak dibandingkan kayu apu dan kiambang pada 60 HST. Hal ini menjadikan emisi CO_2 yang dihasilkan masih besar pada saat dilakukan pengamatan.

4. SIMPULAN

Aplikasi kayu apu dan kiambang sebagai pupuk hijau pada kegiatan budidaya ubi Alabio di lahan rawa lebak mampu meminimalkan emisi CO_2, baik kayu apu atau kiambang yang diaplikasikan secara tunggal maupun yang dikombinasikan dengan pupuk hijau lainnya seperti eceng gondok. Meskipun demikian, perlu dilakukan pengamatan emisi CO_2 dengan interval waktu yang pendek untuk memastikan bahwa kayu apu dan kiambang memiliki potensi tersebut.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lambung Mangkurat yang telah mendanai kegiatan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

Abiven, S., Menassero, S., & Chenu, C. (2009). The effect of organik inputs over time on soil aggregate stability – A literature analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 41, 1–12.

Alluvione, F., C. Bertora, L. Zavattaro, dan C. Grignani. (2010). Nitrous Oxide and Carbon Dioxide Emissions Following Green Manure and Compost Fertilization in Corn. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 74:384–395. http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2009.0092

Alwi, M. & C. Tapakrisnanto. (2017). Potensi dan karakteristik lahan rawa lebak. Dalam Luthfi Fatah *et al.* (ed) *Lahan Rawa Lebak: Sistem Pertanian dan Pengembangannya. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. IAARD Press. Bogor.

Ansari, R.A., A. Sumbul, R. Rizvi, dan I. Mahmood. (2019). Organik Soil Amendments: Potential Tool for Soil and Plant Health Management. Plant Health Under Biotic Stress. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6043-5_1

Aulakh, M.S., T.S. Khera, J.W. Doran, dan K.F. Bronson. (2001). Denitrification, N2O and CO2 fluxes in rice-wheat cropping system as affected by crop residues, fertilizer N and legume green manure. *Biol Fertil Soils*. 34:375–389. http://dx.doi.org/10.1007/s003740100420

Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Agricultural Environment Research Institute). 2007. *CO2 investigation and analysis*. Agricultural Environment Research Institute. Pati.

Balasubramanian D., K.Arunachalam, A.Arunachalam, dan A.K.Das. (2013). Water hyacinth [*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.] engineered soil nutrient availability in a low-land rain-fed rice farming system of north-east India. *Ecological Engineering*. 58: 3–12. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.06.001

Bednarek R, Dziadowiec H, Pokojska U, Prusinkiewicz Z. 2004. Ecological and soil science research. Publishing house: PWN, Warsaw, p 344

Ferrara, R.M., N. Martinelli, & G. Rana. (2020). CO2 and H2O fluxes due to green manuring under Mediterranean conditions. *Italian Journal of Agrometeorology* (2): 45-53. http://dx.doi.org/10.13128/ijam-972

Ferrara, R.M., N. Martinelli, dan G. Rana. (2020). CO2 and H2O fluxes due to green manuring under Mediterranean conditions. Italian Journal of Agrometeorology (2): 45-53. http://dx.doi.org/10.13128/ijam-972

Galal, T.M. & E.A. Farahat. (2015). The invasive macrophyte *Pistia stratiotes* L. as a bioindicator for water pollution in Lake Mariut, Egypt. *Environ Monit Assess* 187(701): 1-10. https://doi.org/110.1007/s10661-015-4941-4

© 2023 Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

Hossain, M. B., M.M.U. Miah, A.K. Choudhury, N. Kalra, M.M. Rahman, S. Akhter, F. Ahmed, J.C. Biswas, M. Maniruzzaman, dan M.H.K. Shiragi. (2017). Carbon mineralization and carbon dioxide emission from organik matter added soil under different temperature regimes. *Int J Recycl Org Waste Agricult*. 6:311–319. https://doi.org/10.1007/s40093-017-0179-1

IPCC, 2007: Climate Change (2007): Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

IPCC, 2013: Climate Change. (2013): The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Jia, S., N.B. McLaughlin, J. Gu, X. Li, dan Z. Wang. (2013). Relationships between root respiration rate and root morphology, chemistry and anatomy in Larix gmelinii and Fraxinus mandshurica. *Tree Physiology*. 33: 579–589. http://dx.doi.org/10.1093/treephys/tpt040

Kawaroe, M., H. Effendi., Z.I. Palupi, N.S. Hendra, dan D.F. Lestari. (2019). Utilization of aquatic weed (*Salvinia molesta*) as a raw material for biogas production. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 22(2): 209-217.

Kumar, V., J. Singh, & P. Kumar. (2019a). Heavy metal uptake by water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) from paper mill effluent (PME): experimental and prediction modeling studies. *Environmental Science and Pollution Research*. https://doi.org/10.1007/s11356-019-04766-2

Kumar, V., J. Singh, A. Saini, & P. Kumar. (2019b). Phytoremediation of copper, iron and mercury from aqueous solution by water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). *Environmental Sustainability*. https://doi.org/10.1007/s42398-019-00050-8

Kuzyakov, Y.V. dan A. A. Larionova. (2006). Contribution of Rhizomicrobial and Root Respiration to the CO_2 Emission from Soil (A Review). *Eurasian Soil Science*. 39(7): 753–764

Larionova, A.A., I.V. Yevdokimov, I.N. Kurganova, D.V. Sapronov, L.G. Kuznetsova, dan V.O. Lopes de Gerenju. (2003). Root respiration and its contribution to the CO_2 emission from soil. *Eurasian Soil Science*. 36(2): 173-184

Lestari, M.W., A. Sholihah, dan A. Sugianto. (2022). *Pistia stratiotes* utilization to improve the straw compost quality. *Journal of Ecological Engineering*. 23(9): 78–87. https://doi.org/10.12911/22998993/151764

Li, Y., S. Zhang, W. Jiang, & D. Liu. (2013). Cadmium accumulation, activities of antioxidant enzymes, and malondialdehyde (MDA) content in *Pistia stratiotes* L. *Environ Sci Pollut Res*. 20:1117–1123. https://doi.org/10.1007/s11356-012-1054-2

Lindsey, R. (2022). Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide. https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide

Moozhiyil, M. dan J. Pallauf. (1986). Chemical Composition of the Water Fern, *Salvinia molesta*, and Its Potential as Feed Source for Ruminants. *Economic Botany*. 40(3): 375-383.

Ravn N.R., A. Michelsen, dan A.S.P. S. Reboleira.(2020). Decomposition of Organic Matter in Caves. *Front. Ecol. Evol*. 8:554-651. http://dx.doi.org/10.3389/fevo.2020.554651

Saleh, M. & E. William. (2017). Budidaya ubi alabio dan ubi nagara di lahan rawa lebak. Dalam Luthfi Fatah *et al.* (ed) *Lahan Rawa Lebak: Sistem Pertanian dan Pengembangannya. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. IAARD Press. Bogor.

Thomas, M.B. dan M.I. Spurway. (1998). A Review of Factors Influencing Organik Matter Decomposition and Nitrogen immobilisation in Container Media. *Combined Proceedings International Plant Propagators' Society*, 48: 66-71

Toma Y., F.G. Fernandez, S. Sato, M. Izumi, R. Hatano, T. Yamada, A. Nishiwaki, G. Bollero & J.R. Stewart. (2011). Carbon budget and methane and nitrous oxide emissions over the growing season in a *Miscanthus sinensis* grassland in Tomakomai, Hokkaido, Japan. *GCB Bioenergy*, 3:116–134. http://dx.doi.org/10.1111/j.1757-1707.2010.01070.x

Toma, Y., N.N. Sari, K. Akamatsu, S. Oomori, O. Nagata, S. Nishimura, B.H. Purwanto, & H. Ueno. (2019). Effects of Green Manure Application and Prolonging Mid-Season Drainage on Greenhouse Gas Emission from Paddy Fields in Ehime, Southwestern Japan. *Agriculture*, 9(29):1-17. https://doi.org/10.3390/agriculture9020029

© 2023 Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

Zheng, J.C., H.Q. Liu, H.M. Feng, W.W. Li, M.H.W. Lam, P.K.S. Lam, & H.Q. Yu. (2016). Competitive sorption of heavy metals by water hyacinth roots. *Environmental Pollution*. xxx:1-9. http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.001

© 2023 Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat