

## Pengaruh Tinggi Muka Air Tanah Gambut terhadap Evolusi Gas CO<sub>2</sub>

Sigit Aji Wiyatno, Abdul Hadi\*, Zuraida Titin Mariana

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Jalan Jenderal Ahmad Yani KM 36 Simpang Empat, Banjarbaru 70714, Indonesia

\* Email penulis korespondensi: [abdhadi@ulm.ac.id](mailto:abdhadi@ulm.ac.id)

### Informasi Artikel

Received 01 Maret 2024

Accepted 24 Maret 2024

Published 25 Maret 2024

Online 25 Maret 2024

### Keywords:

CO<sub>2</sub> gas evolution; Peat soil;  
Water level

### Abstract

This study aims to determine the effect of the groundwater level on the evolution of CO<sub>2</sub> in peat soils if the groundwater table is lowered from a depth of 40 cm (PP No. 57 of 2016 concerning protection and management of peat ecosystems) to a depth of 60 cm. This study was conducted in a greenhouse and Laboratory of Physics, Chemistry and Biology Department of Soil, Agriculture Faculty, ULM. This study was began in October 2021 and continued until February 2022. The research method used was a factorial Completely Randomized Design (CRD) with four replications. The factors tested were the water table of the peat at a depth of 0 cm just above the soil surface (T1), 20 cm below the soil surface (T2), 40 cm below the soil surface (T3), and 60 cm below the soil surface (T4). The results of this study showed that the CO<sub>2</sub> evolution of peat soil during incubation for 1, 2, 3, 7, 14, 21, and 28 days at a depth of 20 cm was not significantly different from a depth of 40 cm and 60 cm, but significantly different when the groundwater level was right at the surface soil. The CO<sub>2</sub> evolution of peat soils at groundwater levels at the soil surface was lower than water levels 20, 40, and 60 cm below the ground.

### 1. Pendahuluan

Indonesia memiliki luas lahan gambut sekitar 20,6 juta ha dan itu termasuk terluas urutan keempat di dunia (Sanjaya et al., 2023). Berdasarkan luasan tersebut Indonesia memiliki luasan gambut sekitar 27,8% yang berada di pulau Kalimantan dan 35% berada di pulau Sumatera. Dari hasil inventarisasi lahan gambut yang menggunakan teknologi penginderaan jauh dan sistem geografis yang di dapat data lahan sebaran gambut di pulau Kalimantan yaitu sebesar 5,769 hektar yang terdiri dari empat provinsi yaitu provinsi Kalimantan Timur luas lahan sebesar 0,697 juta ha, Kalimantan Tengah 3,012 juta ha, Kalimantan Barat 1,729 juta ha, dan Kalimantan Selatan 0,331 juta ha (Sungkin et al., 2023).

Gambut memiliki peran sangat penting bagi kehidupan manusia, keanekaragaman hayati dan iklim global. Ekosistem lahan gambut sangat penting bagi sistem hidrologi karena mampu menyerap 13 kali lipat dari bobotnya. Lahan gambut juga dapat sebagai penyimpanan karbon di setiap lapisannya karena umumnya berasal dari sisa tumbuhan serasah yang belum terdekomposisi secara sempurna (Hodgkins et al., 2018). Seiring perkembangan zaman gambut mengalami banyak kerusakan akibat dari kebakaran lahan gambut, penebangan hutan gambut, pembangunan kanalisasi, dan ahli fungsi lahan yang membuat lahan gambut semakin terdegradasi (Nusantara et al., 2018). Penurunan muka air tanah gambut dapat menyebabkan bahan organik gambut terdekomposisi dan CO<sub>2</sub> akan lepas ke atmosfer (Nurzakiah et al., 2016). Emisi CO<sub>2</sub> merupakan salah satu sumber pemanasan global dan ini tentunya harus kita hindari.

Berbagai upaya sudah dilakukan oleh pihak pemerintah, dan masyarakat untuk mengembalikan ekosistem lahan gambut yang terdegradasi dan sesuai dengan fungsinya melalui kegiatan restorasi. Untuk itu dilakukan pembasahan kembali (*rewetting*) material gambut yang mengering akibat tinggi muka air tanah gambut. Kapilaritas tanah gambut merupakan salah satu faktor utama dalam menjaga kelestarian fungsi lahan gambut. Air tanah di lahan gambut memiliki peranan yang sangat penting dalam menyediakan air untuk zona perakaran tanaman pada kondisi kering (musim kemarau). Air mengendalikan hampir seluruh proses fisik, kimia, dan biologi yang terjadi, air dalam tanah berperan sebagai pelarut dan agen pengikat antara partikel-partikel tanah, yang selanjutnya berpengaruh terhadap stabilitas struktur dan kekuatan tanah serta bahan geologis.

Peraturan Pemerintah No. 57 tahun 2016 tentang perlindungan dan pengelolaan ekosistem gambut, menyebutkan bahwa ekosistem lahan gambut dengan fungsi budidaya dengan kriteria tinggi muka air tanah  $< 0,4$  m dan sedimen lapisan gambut berupa liat berpirit dan pasir kuarsa tidak terekspos. Penurunan muka air tanah dapat disebabkan oleh adanya aktivitas pembuatan saluran drainase pada saat pembukaan lahan gambut. Aktivitas tersebut menyebabkan perubahan sifat fisik, kimia dan biologi seperti perubahan suhu dan ketersediaan oksigen yang akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam mendekomposisikan gambut. Beberapa penelitian mengungkap bahwa terdapat korelasi positif antara kedalaman muka air tanah dengan emisi  $\text{CO}_2$  (Ojanen dan Minkkinen, 2019).

Pengaturan sekat kanal perlu dilakukan agar lahan gambut tidak mengering dan air tidak langsung mengalir ke sungai. Sekat kanal dibuat untuk mengatur tinggi muka air di lahan gambut. Pengaruh perbedaan tinggi muka air terhadap air kapiler dan evolusi  $\text{CO}_2$  di lahan gambut sangat penting untuk diteliti agar kerusakan lahan gambut dapat dihindari.

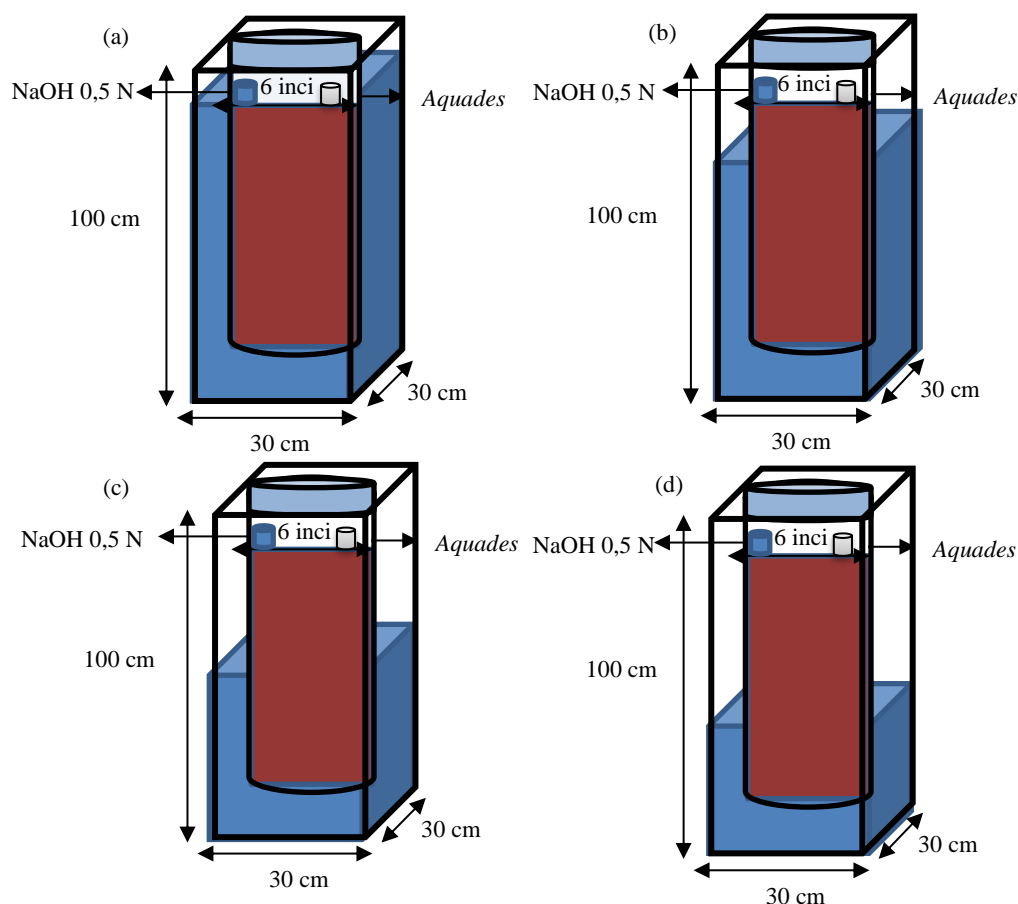
## 2. Bahan dan Metode

### 2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari Oktober 2021 - Februari 2022 di Rumah Kaca Jurusan Tanah dan Laboratorium Kimia dan Fisika Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat. Bahan yang digunakan adalah tanah gambut yang diambil di Lahan Badan Restorasi Gambut (BRG) Desa Sukamara, Kecamatan Landasan Ulin, Banjarbaru pada kedalaman 0 cm, 20 cm, 40 cm, dan 60 cm. Alat yang digunakan adalah peralatan laboratorium, cangkul, plastik sampel, botol film, lysimeter, penggaris/timbangan.

### 2.2. Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor. Faktor yang digunakan adalah perbedaan tinggi muka air tanah dan masing-masing perlakuan memiliki empat ulangan. Perlakuan tinggi muka air tanah gambut, yaitu T0 : tinggi muka air tanah kedalaman 0 cm; T1 : tinggi muka air tanah kedalaman 20 cm; T2 : tinggi muka air tanah kedalaman 40 cm dan T3 : tinggi muka air tanah kedalaman 60 cm.



Gambar 1. Ilustrasi perlakuan dalam lysimeter dengan tinggi muka air (a) 0 cm (b) 20 cm (c) 40 cm dan (d) 60 cm

### 2.3. Pelaksanaan Penelitian

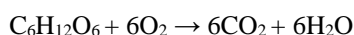
Survei dilaksanakan untuk menentukan lokasi pengambilan tanah pada lahan gambut yang di restorasi di Landasan Ulin Utara. Tanah gambut yang diambil di lapangan kemudian dibawa ke rumah kaca untuk dilakukan inkubasi. Penelitian ini menggunakan metode inkubasi di rumah kaca selama 30 hari.

Tanah yang telah diambil di lapangan selanjutnya dimasukkan ke dalam lysimeter yang berdiameter 6 inci dan bagian luar wadah kayu berukuran 30 cm x 30 cm x 100 cm untuk menampung air gambut. Tinggi lysimeter ini 80 cm, tanah gambut dimasukkan setinggi 70 cm dan menyisakan ruang di atasnya setinggi 10 cm untuk menempatkan larutan NaOH dan *aquades* (Gambar 1). Pipa tersebut diisi dengan air gambut berdasarkan perlakuan ketinggian air. Setelah itu tanah ditunggu selama 7 hari sebelum pengukuran evolusi gas CO<sub>2</sub>.

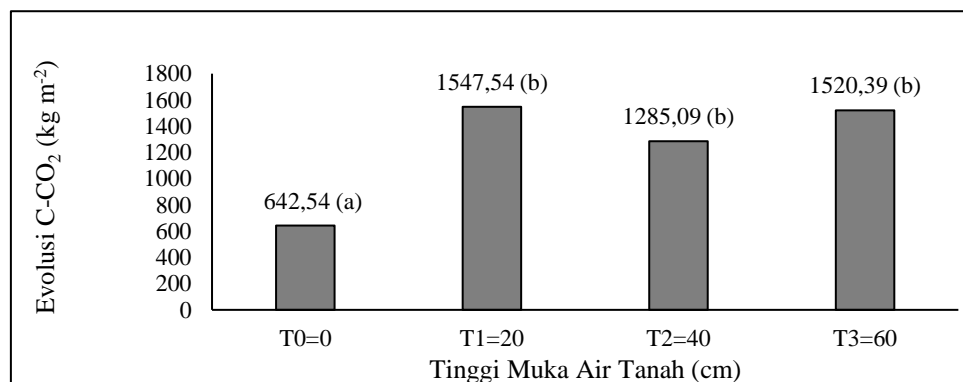
Pengamatan evolusi karbon menjadi CO<sub>2</sub> menggunakan larutan NaOH 0,5 N sebagai penyerap gas CO<sub>2</sub>, yang selanjutnya dititrasi menggunakan HCl (Nugroho et al., 2023). Data hasil Pengamatan diuji dengan uji kehomogenan ragam Bartlett. Jika homogen, selanjutnya dilakukan analisis ragam (ANOVA), tetapi jika sebaliknya maka dilakukan transformasi data sehingga data menjadi homogen. Analisis ragam dilakukan dengan program Anova Excel. Analisis ragam yang dilakukan pada data hasil pengamatan dengan menggunakan uji F-hitung pada taraf kepercayaan 5% dan 1%, jika di antara perlakuan terdapat pengaruh nyata atau sangat nyata, maka dapat dilanjutkan dengan uji DMRT dengan taraf 5%.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan salah satu emisi gas rumah kaca yang dapat mempengaruhi pemanasan global. Lahan gambut dapat memberikan kontribusi kepada emisi CO<sub>2</sub> jika lahan gambut di drainase yang menyebabkan muka air tanah turun, sehingga terjadi perubahan lingkungan dari kondisi anaerob menjadi aerob. Hal ini berhubungan dengan perubahan tinggi muka air tanah, yang terjadi pada kedalaman 0 cm, 20 cm, 40 cm, dan 60 cm pada penelitian ini. Dalam kondisi aerob terjadi peningkatan aktivitas mikroorganisme tanah sehingga proses respirasi berjalan lebih cepat dan menghasilkan gas CO<sub>2</sub> lebih banyak. Reaksi pelepasan karbon pada tanah gambut dalam kondisi aerob sebagai berikut.

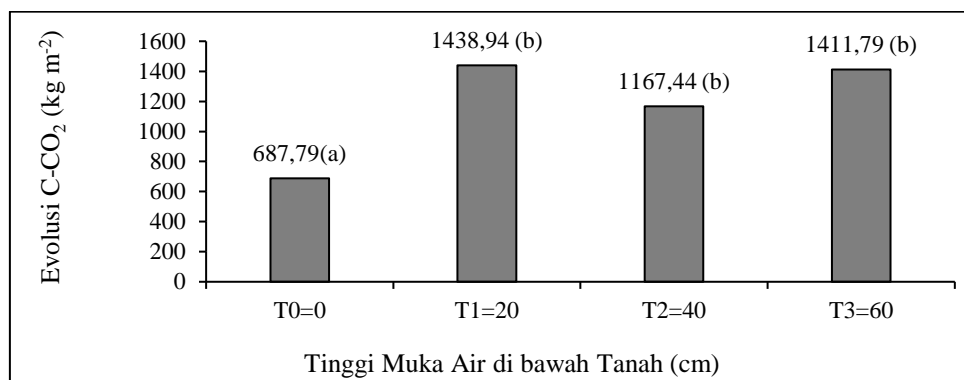


Tinggi muka air tanah gambut yang berbeda berpengaruh terhadap evolusi CO<sub>2</sub>. Pengamatan evolusi CO<sub>2</sub> saat inkubasi 1 hari masih sama pengaruhnya dengan evolusi saat inkubasi 2, 3, 4, dan 7 hari (Gambar 2, 3, 4, 5 dan 6). Evolusi CO<sub>2</sub> pada kedalaman 20 cm tidak berbeda nyata dengan kedalaman 40 cm dan 60 cm, namun berbeda nyata ketika muka air tanah tepat di permukaan tanah. Demikian juga untuk evolusi saat inkubasi 14, 21, dan 28 hari (Gambar 7, 8, dan 9)

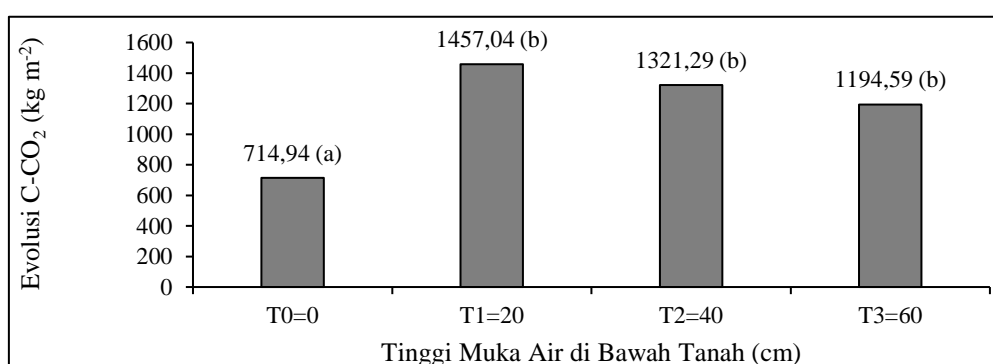


Gambar 2. Evolusi gas CO<sub>2</sub> pada berbagai perbedaan tinggi muka air tanah hari ke-1 setelah inkubasi. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata berdasarkan Uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%.

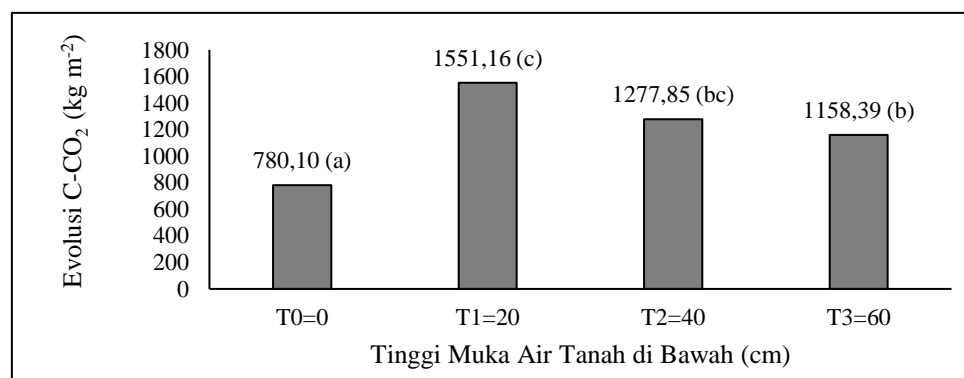
Pada perlakuan T0 tinggi muka air tanah 0 cm memiliki evolusi C-CO<sub>2</sub> lebih sedikit dibandingkan perlakuan lainnya karena lingkungan yang anaerob. Pada kondisi anaerob, aktivitas mikroorganisme aerob akan terganggu dalam mendekomposisi bahan organik dalam tanah gambut untuk menghasilkan CO<sub>2</sub> (Li et al., 2021). Jika permukaan air tanah gambut diturunkan menjadi 20 cm di bawah permukaan tanah maka evolusi C-CO<sub>2</sub> semakin meningkat, demikian juga halnya jika muka air tanah gambut diturunkan menjadi 40 dan 60 cm di bawah permukaan tanah. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 57 tahun 2016 tentang perlindungan dan pengelolaan ekosistem gambut, menyebutkan bahwa ekosistem lahan gambut dengan fungsi budidaya dengan kriteria tinggi muka air tanah < 0,4 m (< 40 cm), hal ini dilakukan untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dari tanah gambut.



Gambar 3. Evolusi gas CO<sub>2</sub> pada berbagai perbedaan tinggi muka air tanah hari ke-2 setelah inkubasi. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata berdasarkan Uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%.

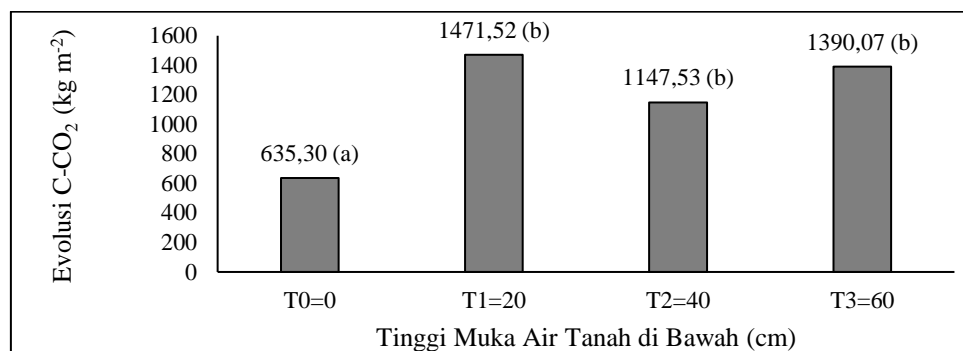


Gambar 4. Evolusi gas CO<sub>2</sub> pada berbagai perbedaan tinggi muka air tanah hari ke-3 setelah inkubasi. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%.

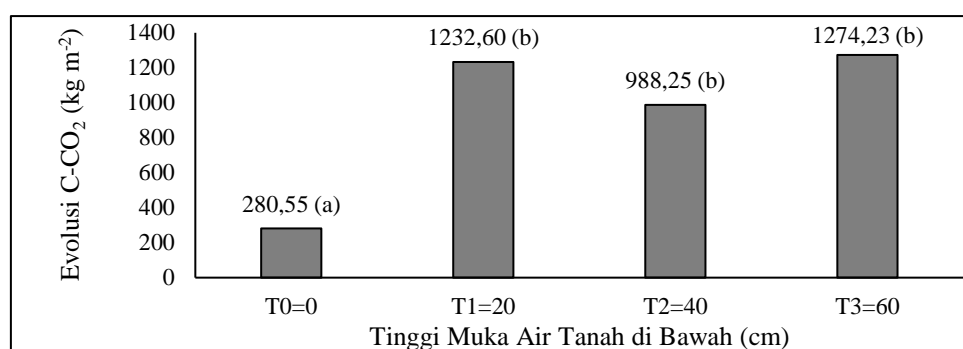


Gambar 5. Evolusi gas CO<sub>2</sub> pada berbagai perbedaan tinggi muka air tanah hari ke-4 setelah inkubasi. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata berdasarkan Uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%.

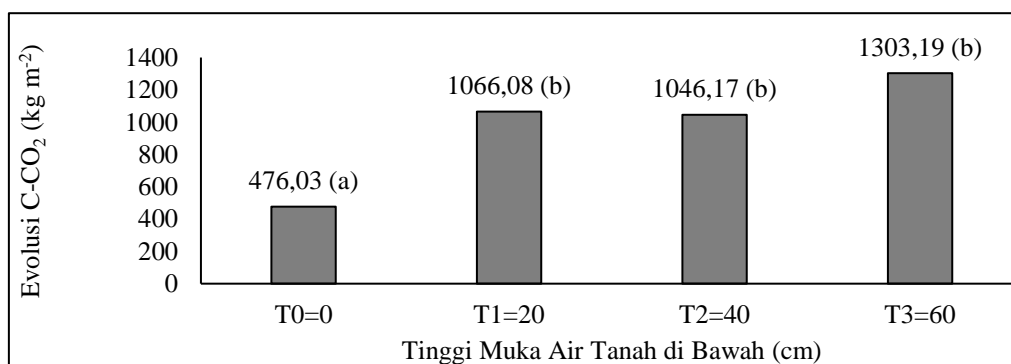
Lahan gambut merupakan tempat cadangan C terbesar yang berupa tanah gambut, pada jaringan tanaman dan tanaman mati (*necromass*) di lahan tersebut. Masing-masing komponen cadangan C (*carbon stock*) tersebut dapat bertambah atau berkurang tergantung pada faktor alam dan campur tangan manusia (Harendra et al., 2018). Kehilangan C di lahan gambut Indonesia diperkirakan mencapai 18% atau setara 6,22 Gt C dengan laju kehilangan 518 juta ton C per tahun (Noor, 2010). Musim kemarau panjang dapat menyebabkan penurunan muka air tanah yang selanjutnya dapat mempercepat emisi CO<sub>2</sub> dari tanah gambut (Dadap et al., 2022). Penurunan muka air tanah melalui pembuatan drainase untuk usaha pertanian juga dapat meningkatkan emisi CO<sub>2</sub> dari tanah gambut (Boonman et al., 2022). Berdasarkan penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan muka air tanah 20 cm, 40 cm dan 60 cm pengaruhnya terhadap evolusi C-CO<sub>2</sub> sama dan ini harus menjadi kehati-hatian kita dalam mengelola lahan gambut untuk pertanian.



Gambar 6. Evolusi gas CO<sub>2</sub> pada berbagai perbedaan tinggi muka air tanah hari ke-7 setelah inkubasi. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata berdasarkan Uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%.



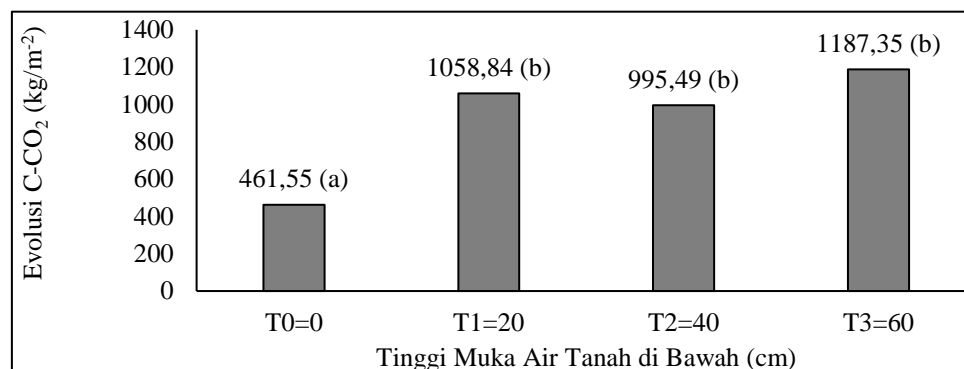
Gambar 7. Evolusi gas CO<sub>2</sub> pada berbagai perbedaan tinggi muka air tanah hari ke-14 setelah inkubasi. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata berdasarkan Uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%.



Gambar 8. Evolusi gas CO<sub>2</sub> pada berbagai perbedaan tinggi muka air tanah hari ke-21 setelah inkubasi. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata berdasarkan Uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%.

Lahan gambut memegang peranan yang penting dalam sistem hidrologi suatu lahan rawa. Salah satu sifat gambut yang berperan dalam sistem hidrologi adalah daya menahan air yang dimilikinya. Gambut memiliki daya menahan air yang besar hingga <450-3000% dari bobotnya, tergantung tingkat dekomposisi tanah gambut (Lestari dan Mukhlis, 2021). Di samping daya menahan air, gambut juga mempunyai daya lepas air, yaitu jumlah air yang dilepaskan jika permukaan air diturunkan per satuan kedalaman juga akan besar (Schut dan Westbrook, 2022). Penurunan muka air tanah menyebabkan pori tanah gambut akan diisi oleh udara dan gambut lebih cepat terdekomposisi menghasilkan CO<sub>2</sub> (Astiani et al., 2022), dan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan muka air tanah dapat meningkatkan evolusi C-CO<sub>2</sub>. Evolusi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada pengamatan 7, 14, 21 dan 28 hari setelah diperlakukan dengan perbedaan tinggi muka air menunjukkan bahwa penurunan muka air tanah 20 cm, 40 cm dan 60 cm (Gambar 6, 7, 8 dan 9) masih tetap dapat meningkat evolusi CO<sub>2</sub> pada tanah gambut dibandingkan dengan muka air tanah 0 cm (tepat di permukaan tanah). Berdasarkan penelitian ini membuktikan bahwa jika lahan gambut mengalami penurunan muka air tanah melalui drainase maka emisi CO<sub>2</sub> akan semakin

meningkat. Proses pengeringan lahan gambut pada bagian atas dengan drainase dapat mengubah suasana anaerob (jenuh air) menjadi aerob (tidak jenuh air) sehingga meningkatkan laju dekomposisi dan emisi CO<sub>2</sub>. Jika evolusi CO<sub>2</sub> terus menerus terjadi maka cadangan karbon dalam tanah gambut akan terus menerus hilang. Peningkatan emisi gas rumah kaca seperti CO<sub>2</sub> akan mempengaruhi iklim global (pemanasan global) yaitu naiknya suhu permukaan bumi oleh karena itu, muka air tanah gambut harus terus menerus dijaga.



Gambar 9. Evolusi gas CO<sub>2</sub> pada berbagai perbedaan tinggi muka air tanah hari ke-28 setelah inkubasi. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata berdasarkan Uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%.

#### 4. Kesimpulan

Evolusi CO<sub>2</sub> tanah gambut saat inkubasi 1, 2, 3, 7, 14, 21, dan 28 hari pada kedalaman 20 cm tidak berbeda nyata dengan kedalaman 40 cm dan 60 cm, namun berbeda nyata ketika muka air tanah tepat di permukaan tanah. Evolusi CO<sub>2</sub> tanah gambut pada tinggi muka air tanah tepat di permukaan tanah lebih rendah dibandingkan tinggi muka air 20, 40, dan 60 cm di bawah tanah.

#### Daftar Pustaka

- Astiani, D., Widiastuti, T., Ekamawanti, H.A., Ekyastuti, W., Roslinda, E., Mujiman. 2022. The partial contribution of CO<sub>2</sub>-emission losses from subsidence in small-holder oil palm plantation on a tropical peatland in West Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas* 23(12), 6539-6545. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231252>
- Boonman, J., Hefting, M.M., van Huissteden, C.J.A., van den Berg, M., van Huissteden, J., Erkens, G., Melman, R., van der Velde, Y. 2022. Cutting peatland CO<sub>2</sub> emissions with water management practices. *Biogeosciences*, 19, 5707–5727. <https://doi.org/10.5194/bg-19-5707-2022>
- Dadap, N.C., Cobb, A.R., Hoyt, A.M., Harvey, C.F., Feldman, A.F., Im, E.S., Konings, A.G. 2022. Climate change-induced peatland drying in Southeast Asia. *Environ. Res. Lett.* 17, 074026. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac7969>
- Harenda, K.M., Lamentowicz, M., Samson, M., Chojnicki, B.H. 2018. The role of peatlands and their carbon storage function in the context of climate change. In: Zielinski, T., Sagan, I., Surosz, W. (eds) *Interdisciplinary Approaches for Sustainable Development Goals. GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-71788-3\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-71788-3_12)
- Hodgkins, S.B., Richardson, C.J., Dommain, R., Wang, H., Glaser, P.H., Verbeke, B., Winkler, B.R., Cobb, A.R., Rich, V.I., Missilmani, M., Flanagan, N., Ho, M., Hoyt, A.M., Harvey, C.F., Vining, S.R., Hough, M.A., Moore, T.R., Richard, P.J.H., De La Cruz, F.B., Toufaily, J., Hamdan, R., Cooper, W.T., Chanton, J.P. 2018. Tropical peatland carbon storage linked to global latitudinal trends in peat recalcitrance. *Nat Commun* 9, 3640. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06050-2>
- Lestari, Y., Mukhlis. 2021. Peatland water conservation by agroforestry system. *E3S Web of Conferences* 305, 03004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130503004>
- Li, Q., Leroy, F., Zocatelli, R., Gogo, S., Jacotot, A., Guimbaud, C., Laggoun-Defarge, F. 2021. Abiotic and biotic drivers of microbial respiration in peat and its sensitivity to temperature change. *Soil Biology and Biochemistry* 153, 108077. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.108077>
- Noor, M. 2010. *Lahan Gambut Pengembangan Konservasi, dan Perubahan Iklim*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta .

- Nugroho, A., Susanto, Y.B., Kamilah, V.L., Prameswari, R. 2023. Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) absorption process using sodium hydroxide (NaOH). *Iptek The Journal of Engineering* 9(1), 30-34. <http://dx.doi.org/10.12962/j23378557.v9i1.a15192>
- Nurzakiah, S., Nurita., Nursyamsi, D. 2016. Water management “tabat system” in carbon dioxide mitigation and vulnerability to fire on peatland. *J Trop Soils* 21(1), 41-47. <https://doi.org/10.5400/jts.2016.21.1.41>
- Nusantara, R.W., Hazriani, R., Suryade, U.E. 2018. Water-table depth and peat subsidence due to land-use change of peatlands. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 145, 012090. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/145/1/012090>
- Ojanen, P., Minkinen, K. 2019. The dependence of net soil CO<sub>2</sub> emissions on water table depth in boreal peatlands drained for forestry. *Mires and Peat* 24, 1-8. <https://doi.org/10.19189/MaP.2019.OMB.StA.1751>
- Peraturan Pemerintah No. 57 Tahun 2016. 2016. *Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut*. Republik Indonesia.
- Sanjaya, H., Kurniawan, A., Ickwantoro, I., Alfansani, A.R., Kusriani., Maulina, D. 2023. Prediksi jumlah kejadian titik panas pada lahan gambut di Indonesia menggunakan prophet. *Infotech* 9(2), 354-360. <https://doi.org/10.31949/infotech.v9i2.6073>
- Schut, S.R., Westbrook, C.J. 2022. Variations in the water storage capacity of a mountain peatland with complex stratigraphy. *Journal of Hydrology* 615(A), 128614. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128614>
- Sungkin, F.J., Suswati, D., Gafur. S. 2023. Kajian sifat kimia tanah pada tiga tipe penggunaan lahan gambut di Desa Wajok Hilir Kecamatan Siantan Kabupaten Mempawah. *Jurnal Sains Pertanian Equator* 12(4), 873-880.