



ANALISIS ESTIMASI EMISI CO₂ DAN PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN BIOFISIK TERHADAP FLUKTUASI EMISI DI LAHAN GAMBUT

Miranti Retno Wulan¹, Azahra Annisa Putri¹, Gede H Cahyana¹

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kebangsaan Republik Indonesia

E-mail: mrntiirw@gmail.com, azahraannisaputrii@gmail.com

Informasi Naskah :

Diterima Redaksi:
8 Mei 2026

Revisi Akhir:
22 Juni 2026

Diterbitkan Online:
30 Juni 2026

ABSTRAK : Ekosistem lahan gambut merupakan penyimpan karbon organik masif yang sangat rentan terhadap alih fungsi lahan dan drainase. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui estimasi CO₂ yang dihasilkan dari tanah gambut serta menganalisis faktor lingkungan dari tanah gambut terhadap fluktuasi emisi CO₂ yang dilepaskan ke atmosfer. Melalui metode kajian literatur terhadap studi yang menggunakan teknik *closed chamber* dengan instrumen Licor LI-8100 dengan model *Artificial Neural Network* (ANN) dan metode manual dengan gas kromatografi, ditemukan bahwa estimasi emisi CO₂ tahunan sangat bervariasi tergantung faktor lingkungan yang mempengaruhinya. Pada lahan gambut terbuka, total emisi mencapai 59,82 ton/ha/th, sedangkan pada lahan gambut terbuka dengan alih fungsi lahan pertanian dan perkebunan berkisar antara 31,30 hingga 42,60 ton/ha/th. Nilai-nilai tersebut secara konsisten mendekati nilai patokan (*default value*) IPCC 2014 untuk gambut tropis terdrainase. Faktor lingkungan biofisik, terutama Muka Air Tanah (MAT), teridentifikasi sebagai pengontrol utama emisi dan meningkatkan pelepasan CO₂. Selain itu, suhu menunjukkan korelasi positif terhadap laju respirasi mikroba, sementara kelembapan dan pH tanah berperan penting dalam memodulasi aktivitas enzimatik biota tanah. Pemanfaatan model matematis seperti ANN terbukti efektif dalam memprediksi fluktuasi emisi berbasis parameter biofisik dengan tingkat korelasi R² mencapai 0,5545.

Kata Kunci: Tanah Gambut, Emisi CO₂, parameter lingkungan biofisik

ABSTRACT : Peatland ecosystems are massive reservoirs of organic carbon that are highly vulnerable to land-use conversion and drainage. This study aims to estimate CO₂ emissions from peat soils and analyze the environmental factors of peat soils that influence fluctuations in CO₂ emissions released into the atmosphere. Through a literature review of studies employing the closed-chamber technique using the Licor LI-8100 instrument with an Artificial Neural Network (ANN) model and manual methods with gas chromatography, it was found that annual CO₂ emission estimates vary significantly depending on the influencing environmental factors. In open peatlands, total emissions reached 59.82 tons/ha/year, while in open peatlands converted to agricultural and plantation land, emissions ranged from 31.30 to 42.60 tons/ha/year. These values consistently align with the 2014 IPCC default values for drained tropical peatlands. Biophysical environmental factors, particularly the Water Table, were identified as the primary drivers of emissions and increased CO₂ release. Additionally, temperature shows a positive correlation with microbial respiration rates, while soil moisture and pH play a crucial role in modulating the enzymatic activity of soil biota. The use of mathematical models such as ANN has proven effective in predicting emission fluctuations based on biophysical parameters, with an R² correlation coefficient reaching 0.5545.

Keyword: Peatland, CO₂ Emissions, biophysical environmental parameters

PENDAHULUAN

Tanah gambut terbentuk dari sisa tumbuhan yang mengalami proses terurai, kandungan air tanah gambut sangat tinggi serta derajat kelembapan pada tanah gambut menyebabkan pembusukan tanah menjadi sangat lama (Wahab dkk., 2023). Pembentukannya dipengaruhi oleh curah hujan tinggi dan genangan air, sehingga memiliki

kemampuan menyimpan air dan karbon lebih besar dibandingkan tanah mineral (Alwi, 2006).

Ekosistem gambut berperan sebagai penyerap karbon alami yang sangat efektif dengan kapasitas penyimpanan dalam volume yang masif (Waldes & Page 2008; Jauhiainen et al. 2008). Pada ekosistem gambut, material organik asal tumbuhan cenderung tidak mengalami dekomposisi secara sempurna akibat kondisi jenuh air. Kondisi rawa gambut

tersebut menyebabkan ekosistem ini berfungsi lebih dominan sebagai penyerap dan penyimpan karbon dibandingkan sumber emisi karbon melalui proses alami (Tawan & Sulaiman, 2008). Pada kondisi alam yang masih utuh, karbon akan tersimpan dalam bentuk bahan organik. Namun, ketika lahan gambut mengalami pembukaan lahan dan proses drainase, karbon yang tersimpan menjadi lebih rentan terhadap dekomposisi, sehingga memicu pelepasan emisi karbon dioksida (CO₂) ke atmosfer (Saptomo dkk., 2019).

Berbagai aktivitas dapat mempengaruhi dampak yang dapat merusak lingkungan, seperti pertanian dan perkebunan. Alih fungsi lahan gambut menjadi lahan untuk pertanian dan perkebunan dapat memicu emisi karbon yang sangat besar dan dapat mempercepat pemanasan global (Jamaludin dkk., 2020). Alih fungsi lahan ini menyebabkan karbon yang tersimpan di dalam tanah secara stabil akan terlepas ke atmosfer (Jaenicke dan Siegert 2008; Hooijer et al 2012; Subowo 2010). Akibat dari alih fungsi lahan ini akan terjadi pengeringan terhadap lahan gambut, pengeringan tersebut menurunkan kemampuannya dalam menyimpan air, yang memicu peningkatan kondisi kaya oksigen dan terlepasnya cadangan karbon. Akibatnya, lahan gambut yang dikeringkan ini melepaskan emisi gas CO₂ yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan area hutan gambut yang masih alami dan tergenang.

Ekosistem lahan gambut memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap berbagai gangguan yang berpotensi mendegradasi kualitasnya. Karakteristik spesifik tanah ini mencakup sifat kekeringan yang tidak dapat pulih kembali (*irreversible drying*) serta kerawanan terhadap penurunan muka tanah atau subsidensi saat terpapar kondisi aerobik (Muryati & Kurniawan., 2024). Faktor lingkungan tersebut sangat dinamis karena dipengaruhi oleh perubahan iklim dan sistem hidrologi. Akibatnya, pelepasan emisi karbon yang dihasilkan menjadi sangat bervariasi dan tidak stabil (Saptomo dkk., 2019). Oleh sebab itu, tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui estimasi CO₂ yang dihasilkan dari tanah gambut serta menganalisis faktor lingkungan dari tanah gambut terhadap fluktuasi emisi CO₂ yang dilepaskan ke atmosfer.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu desain kajian literatur (*literature review*), merupakan kumpulan referensi dari berbagai literatur ilmiah yang diklasifikasikan menurut kategori tertentu untuk memetakan perkembangan informasi dan landasan teori secara komprehensif yang berkaitan dengan topik penelitian (Creswell, J. W. 2018). Data yang digunakan merupakan data sekunder dari penelitian sebelumnya, merupakan sumber informasi yang diperoleh secara tidak langsung oleh peneliti, yakni data

yang didapatkan melalui perantara, bukan dari objek penelitian utama (Sugiyono, 2015).

Penelitian kajian literatur ini dilakukan dengan mengumpulkan data dari dua jurnal yang berkaitan dengan pengaruh faktor lingkungan dari tanah gambut terhadap estimasi CO₂ lahan gambut yang dilepaskan ke atmosfer. Pencarian jurnal ini menggunakan *Google Scholar* dengan kata kunci “emisi CO₂”, “lahan gambut”, “karakteristik fisika kimia”, serta “faktor lingkungan yang mempengaruhi” dengan rentang waktu dari tahun 2017 hingga 2024, sehingga diharapkan kajian literatur ini dapat lebih komprehensif dengan keadaan saat ini.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Estimasi Emisi CO₂ dari Tanah Gambut

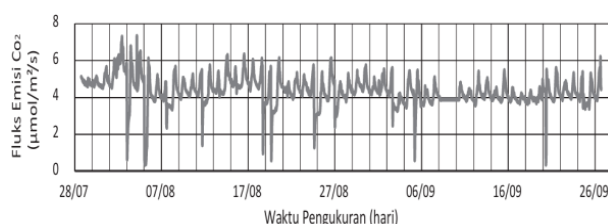
Berdasarkan hasil sintesis data dari jurnal acuan terkait, ditemukan bahwa lahan gambut menyimpan banyak sekali karbon, dalam kondisi alami belum terjadinya alih fungsi lahan ataupun terdegradasi gambut akan menyimpan karbon dalam bentuk organik secara stabil dalam waktu yang sangat lama. Karena mengingat pembentukan gambut terbentuk dari sisa hasil tumbuhan yang tertumpuk, besarnya biomassa berperan penting dalam proses penyerapan dan penyimpanan karbon, sehingga bahan organik yang terkandung di dalam tanah gambut sangat banyak.

Sebaliknya, tanah gambut akan melepaskan karbon ke atmosfer jika lahan gambut tersebut mengalami alih fungsi lahan serta adanya beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhinya. Berdasarkan penelitian utama yang dikaji menunjukkan bahwa konversi lahan gambut menjadi lahan pertanian dan perkebunan baik dalam skala kecil maupun terbuka tanpa vegetasi akan berkontribusi terhadap peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer.

Pengukuran emisi CO₂ di lahan gambut dapat dilakukan dengan metode *closed chamber* (sungkup tertutup) namun dengan pendekatan instrumen dan analitik yang berbeda-beda. Prinsip kerja dari *closed chamber* (sungkup tertutup) yaitu, gas-gas yang dilepaskan dari tanah akan tertahan dan berkumpul di ruang tertutup yaitu *chamber* yang nantinya gas-gas tersebut akan diukur konsentrasinya pada suatu interval waktu dan menggunakan metode lanjutan (Nugroho 2016). Metode lanjutan tersebut di antaranya dengan menggunakan instrumen Licor LI-8100 dan metode manual dengan gas kromatografi.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Saptomo dkk (2019) menggunakan instrumen Licor LI-8100 *Automatic Soil CO₂ flux System* untuk mengatur kondisi selama pengukuran seperti waktu pengukuran, interval pengukuran dan data hasil pengukuran untuk disimpan. Kemudian data hasil dari pengukuran tersebut dipindahkan ke komputer dan

dilakukan analisis dan pengolahan data, hasil tersebut disajikan pada **Gambar 1**. hasil pengukuran emisi CO₂ di lahan gambut Pulau Padang dilakukan selama 2 bulan secara kontinyu menunjukkan bahwa fluks emisi bersifat fluktuatif terhadap waktu tertentu pada saat pengukuran dilakukan dengan rata-rata CO₂ sebesar 4.37 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Nilai fluks CO₂ maksimum terjadi pada tanggal 2 Agustus pukul 11.00 WIB dengan fluks sebesar 7.303 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ pada kondisi suhu 32.78°C dan kelembapan sebesar 0.226 m^3/m^3 . Sedangkan nilai fluks CO₂ minimum terjadi pada tanggal 5 Agustus pukul 02.00 WIB dengan fluks sebesar 0.34 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ pada kondisi suhu 23.7°C dan kelembapan sebesar 0.289 m^3/m^3 . Total emisi selama periode pengukuran mencapai 996.958 $\text{gCO}_2/\text{m}^2/2$ bulan, yang dikonversi menjadi 59.82 ton CO₂/ha/tahun, sehingga emisi karbon yang diemisikan ke atmosfer dari lahan gambut adalah 16.314 ton C/ha/tahun. Berikut hasil fluks emisi CO₂ yang disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Fluks Emisi CO₂ Lahan Gambut Pulau Padang

Berdasarkan nilai maksimum dan minimum fluks CO₂ yang dihasilkan, maka dapat diprediksi emisi CO₂ maksimum dan minimum yang diemisikan lahan gambut ke atmosfer. Emisi CO₂ maksimum dapat mencapai 101.340 ton CO₂/ha/tahun dengan emisi karbon sebesar 27.638 tonC/ha/tahun. Sedangkan emisi CO₂ minimum dapat mencapai 4.718 ton CO₂/ha/tahun dengan emisi karbon sebesar 1.287 tonC/ha/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa emisi sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti muka air tanah, suhu dan kelembapan tanah.

Akan tetapi, dalam penelitian yang dilakukan oleh Jamaludin dkk (2020) analisis sampel gas dilakukan di laboratorium menggunakan instrumen kromatografi gas untuk mengidentifikasi konsentrasi CO₂ di dalam vial. Selanjutnya, nilai konsentrasi yang diperoleh dari pembacaan alat tersebut dikonversi menjadi besaran emisi CO₂ aktual dengan menerapkan prinsip Hukum Gas Ideal. Data yang diperoleh disajikan menggunakan pendekatan statistik deskriptif. Selanjutnya, untuk membandingkan perbedaan tingkat emisi CO₂ antara zona rizosfer dan nonrizosfer, pengujian dilakukan melalui analisis ragam (ANOVA) serta uji beda rata-rata (uji-t). Analisis ragam (ANOVA) tersebut juga diaplikasikan guna mengidentifikasi seberapa besar pengaruh tipe penggunaan lahan terhadap pelepasan emisi CO₂. Berdasarkan emisi

CO₂ yang diukur tiap bulan menunjukkan konsentrasi emisi tertinggi terjadi pada bulan Februari sebesar 456,52 mg CO₂ m⁻².jam⁻¹. Sedangkan konsentrasi emisi terendah terjadi pada bulan Januari sebesar 357,37 mg CO₂ m⁻².jam⁻¹. Jika nilai tertinggi dikonversikan dalam satuan ton/ha/tahun menjadi 40 ton/ha/tahun dan nilai terendah sebesar 31,30 ton/ha/tahun.

Perbedaan metode pengukuran dari kedua penelitian ini sangat mempengaruhi akurasi data yang dihasilkan. Metode yang dilakukan oleh Saptomo dkk (2019) menggunakan alat otomatis yang dapat memantau emisi terus menerus. Namun terdapat kelemahannya, alat ini hanya dipasang di satu titik sehingga kurang mewakili kondisi lahan secara keseluruhan. Sedangkan metode yang digunakan oleh Jamaludin dkk (2020) menggunakan metode manual yang hanya mengambil sampel satu bulan sekali. Kelemahannya, ada kemungkinan fluktuasi emisi harian yang terlewatkan sehingga dapat memungkinkan kurang akurat. Oleh karena itu, penggabungan kedua metode ini pada penelitian selanjutnya akan menghasilkan data yang jauh lebih akurat, baik dari kelengkapan waktu maupun cakupan wilayahnya.

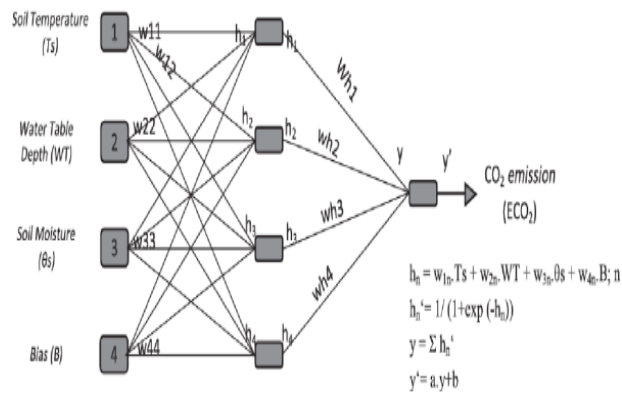
Berdasarkan hasil pengukuran emisi CO₂ yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya menunjukkan nilai-nilai tersebut mendekati nilai patokan (*default value*) IPCC 2014 untuk lahan gambut yang berkisar antara 40-73 ton/ha/tahun. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) ini bertujuan untuk mengestimasi besarnya emisi CO₂ dari lahan gambut tropis yang telah di drainase.

Perbedaan nilai estimasi emisi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti jenis penggunaan lahan, di mana keberadaan vegetasi dan sistem perakaran pada pertanian atau perkebunan dalam skala kecil akan membagi total respirasi menjadi respirasi heterotrofik dan autotrofik, serta terdapat beberapa macam faktor lingkungan juga yang mempengaruhinya.

Pengaruh Faktor Lingkungan Biofisik terhadap Fluktuasi Emisi CO₂

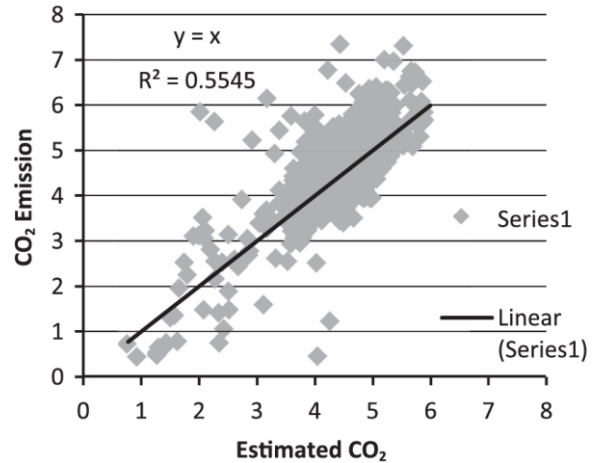
Pelepasan emisi Karbon Dioksida (CO₂) dari lahan gambut tidak terlepas dari interaksi kompleks faktor lingkungan biofisik. Berdasarkan hasil sintesis dari beberapa jurnal terkait, terdapat beberapa faktor lingkungan dengan parameter biofisik yang diidentifikasi dapat berpengaruh terhadap fluktuasi emisi CO₂. Faktor lingkungan tersebut diantaranya tinggi muka air tanah, curah hujan, suhu tanah, kelembapan tanah, dan pH dari tanah gambut. Faktor lingkungan biofisik tanah tersebut sangat dipengaruhi oleh dinamika iklim mikro di lokasi penelitian, terutama curah hujan yang berperan secara langsung dan signifikan dalam mengubah suhu tanah, kelembapan tanah, serta tinggi muka air tanah.

Penelitian yang dilakukan oleh Saptomo dkk (2019) estimasi emisi karbon dilakukan dengan menggunakan model *Artificial Neural Network* (ANN) atau Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang sudah dihubungkan dengan setiap parameter biofisik yang akan diidentifikasi. Model ANN ini dikembangkan dan terdiri dari 3 layer, layer pertama yaitu layer masukan (*input layer*), layer kedua yaitu layer tersembunyi (*hidden layer*) dan layer ketiga yaitu layer keluaran (*output layer*) (Arif, C dkk., 2015). Pada masing-masing layer tersebut terdiri dari kumpulan-kumpulan elemen pemrosesan yang mana terdapat unit atau node sederhana yang saling berhubungan dan fungsinya seperti sistem saraf manusia. Model ANN ini digunakan untuk memprediksi emisi CO₂ pada lahan gambut berdasarkan parameter biofisik yang akan berpengaruh terhadap emisi CO₂ yang dikeluarkan ke atmosfer. Berikut skema dari model *Artificial Neural Network* (ANN) yang dihubungkan dengan Muka Air Tanah (MAT), suhu tanah dan kelembapan tanah, disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Model Artificial Neural Network CO₂ Flux

Kinerja dari model ANN ini terdapat pengukuran untuk menentukan sebuah dugaan dari emisi bisa dapat digunakan untuk memprediksi apa tidak, pengukurannya yaitu dengan melihat nilai Koefisien korelasi atau R² yang bernilai 0 – 1. Apabila mendekati 1 menunjukkan bahwa hasil perhitungan model ANN memiliki korelasi yang cukup baik dan dapat digunakan. Berikut hasil nilai koefisien korelasi serta grafik model ANN estimasi emisi dan emisi yang dihasilkannya, pada **Gambar 3**. Hasil nilai R² menunjukkan bahwa perhitungan ANN dengan emisi pengukuran memiliki korelasi yang cukup baik, namun tentunya masih terdapat faktor lain yang mempengaruhinya.



Gambar 3. Grafik Koefisien Korelasi Model ANN terhadap fluks CO₂ Lahan Gambut

Sedangkan, penelitian yang dilakukan oleh Jamaludin dkk (2020) dalam menentukan hubungan antara parameter karakteristik biofisik dengan emisi CO₂ diuji dengan menggunakan korelasi pearson dan regresi linier secara sederhana. Hasil pengukuran yang telah dilakukan disajikan pada **Tabel 1** sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Karakteristik Biofisik Desa Teluk Empening dan Teluk Bayur

Karakteristik Biofisik	Nilai
Muka Air Tanah	429,9 ± 147,1 mg ⁻² .h ⁻¹
Suhu Tanah	28,3 ± 1,1
pH Tanah	4,07

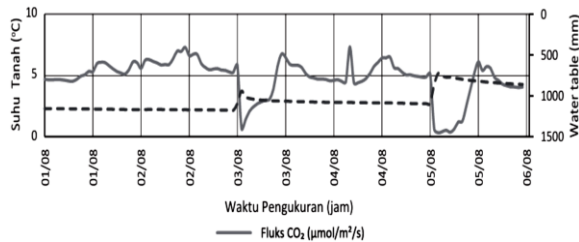
Berdasarkan model dan cara untuk mengetahui pengaruh faktor lingkungan biofisik terhadap fluktuasi emisi CO₂ dapat diketahui penjelasan masing-masing pengaruhnya diantaranya sebagai berikut:

1. Pengaruh Muka Air Tanah (MAT)

Muka Air Tanah (MAT) bertindak sebagai batas pemisah antara lapisan tanah yang jenuh dan tidak jenuh air. Secara alamiah, tingginya MAT ini menutupi permukaan lahan, yang memfasilitasi proses akumulasi material organik dari vegetasi selama berabad-abad. Akan tetapi, intervensi berupa pembuatan saluran drainase untuk pembukaan lahan pertanian telah memicu penurunan MAT secara drastis. Kondisi deplesi air ini tidak hanya mengakibatkan amblesan (subsiden) pada permukaan laut, tetapi juga mendorong terlepasnya cadangan CO₂ ke atmosfer. Pada akhirnya, sebagian besar karbon yang tersimpan di lahan gambut akan berubah menjadi emisi karbon yang dikeluarkan ke atmosfer (Hooijer et al. 2010).

MAT ini merupakan faktor lingkungan biofisik yang paling menunjukkan hubungan signifikan dengan emisi CO₂ di

lahan gambut dalam kedua penelitian yang dikaji. Hasil pengamatan hubungan emisi CO_2 dengan MAT menunjukkan tingkat emisi CO_2 menunjukkan fluktuasi yang tinggi meskipun kondisi muka air tanah terbilang stabil. Akan tetapi, respon signifikan terjadi ketika curah hujan sebesar 33,2 mm/jam turun pada 3 Agustus pukul 01.00 WIB. Hujan tersebut menaikkan elevasi muka air tanah (kedalamannya menyusut dari 1089,5 mm menjadi 941,25 mm), yang secara langsung memicu penurunan drastis laju emisi CO_2 dari 5,827 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ menjadi 0,69 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. Pola penurunan yang sama juga terekam pada 5 Agustus pukul 20.00 WIB. Penurunan emisi ini terjadi karena naiknya muka air tanah mempersempit ruang tanah yang tidak jenuh air, sehingga membatasi aktivitas respirasi mikroorganisme. Sebaliknya, menyusutnya muka air tanah akan memperdalam batas zona kaya oksigen (oksik). Seperti yang dijelaskan oleh Astiani et al. (2016), pergeseran batas oksik-anoksik ini sangat krusial, lapisan gambut atas yang terpapar oksigen akan mendorong tingginya dekomposisi biologis dan pelepasan CO_2 , sementara lapisan bawah yang tergenang akan menekan proses tersebut. Berikut kurva hubungan emisi CO_2 dengan MAT disajikan pada **Gambar 4**.



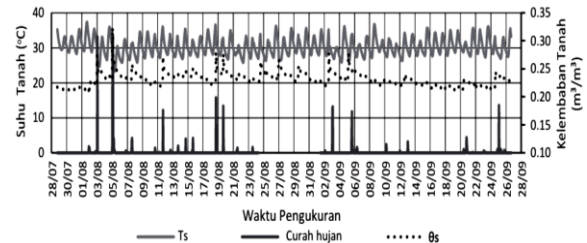
Gambar 4. Hubungan Emisi CO_2 dengan Muka Air Tanah

Menurut penelitian Jamaludin dkk (2020) mengkonfirmasi juga terdapat korelasi positif antara MAT dan emisi CO_2 dengan hasil nilai ($r = 0,205$; $P\text{-value} = 0,017$), artinya semakin dalam posisi MAT dari permukaan, semakin besar emisi CO_2 yang dihasilkan.

2. Curah Hujan dan Suhu Tanah

Pengaruh suhu tanah terhadap emisi CO_2 menunjukkan pola yang berbeda antara kedua penelitian. Penelitian oleh Saptomo dkk (2019) data hasil pengukuran mengindikasikan adanya korelasi yang kuat antara curah hujan dengan dinamika suhu dan kelembapan tanah. Curah hujan terbukti berkorelasi positif terhadap kelembapan tanah dan berkorelasi negatif dengan suhu. Secara kuantitatif, suhu tanah berfluktuasi pada interval 23,32°C hingga 37,37°C, sementara tingkat kelembapan tanah berada pada rentang 0,205–0,323 m^3/m^3 . Penurunan suhu menuju titik minimum umumnya terjadi secara perlahan pasca-hujan, berkebalikan dengan suhu puncak yang tercapai pada sore hari saat kondisi kering. Fenomena ini menegaskan bahwa hujan berintensitas tinggi secara instan meningkatkan kadar air di

lapisan atas tanah (kedalaman 10 cm). Penurunan emisi pada suhu tertinggi terjadi kemungkinan disebabkan oleh efek cekaman panas (*heat stress*) yang menekan aktivitas enzimatik mikroorganisme tanah, sebagaimana disampaikan oleh Kwon et al (2013) yang dikutip dalam Jamaludin dkk (2020). Berikut grafik pengaruh curah hujan terhadap suhu dan kelembapan tanah disajikan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Pengaruh Curah Hujan terhadap Suhu dan Kelembapan Tanah

Menurut Jamaludin dkk (2020) melaporkan suhu tanah dalam rentang 27–32°C tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi CO_2 dari tanah gambut. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh sempitnya rentang variasi suhu antara nilai minimum dan maksimum selama periode pengukuran, sehingga tidak cukup untuk menciptakan respon respirasi yang terdeteksi secara statistik.

Perbedaan temuan antara kedua penelitian ini terdapat pada perbedaan kondisi tutupan lahan. Pada lahan pertanian dengan vegetasi yang memiliki kanopi, suhu permukaan tanah lebih stabil karena terlindungi dari paparan langsung radiasi surya, sehingga variasi suhu hariannya lebih sempit. Sebaliknya, pada lahan gambut terbuka tanpa vegetasi seperti di Pulau Padang, suhu permukaan tanah lebih fluktuatif dan berkorelasi langsung dengan intensitas radiasi matahari harian, sehingga pengaruhnya terhadap emisi CO_2 lebih terlihat.

3. Kelembapan Tanah

Kelembapan berkorelasi positif dengan curah hujan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa emisi memiliki reaksi yang sangat fluktuatif terhadap kelembapan tanah. Ketika kelembapan tanah meningkat akibat curah hujan, emisi cenderung menurun. Kondisi konsisten dengan mekanisme bawah tanah yang jenuh air membatasi difusi oksigen ke dalam tanah gambut, sehingga menekan aktivitas respirasi aerobik dan dekomposisi bahan organik.

Berdasarkan penelitian oleh Saptomo dkk (2019) kelembapan tanah berada pada kisaran 0,205–0,323 m^3/m^3 pada kedalaman 10 cm. Emisi CO_2 cenderung meningkat pada rentang kelembapan 0,220–0,250 m^3/m^3 , kemudian menurun kembali seiring peningkatan kelembapan lebih lanjut. Pola ini mengindikasikan adanya kondisi kelembapan

optimal untuk respirasi tanah, di mana aktivitas mikroorganisme dekomposer paling tinggi terjadi pada kondisi tanah yang lembab tetapi belum jenuh sepenuhnya. Pada kondisi tanah yang terlalu kering, aktivitas biota tanah terhambat oleh cekaman kekeringan, sedangkan pada kondisi jenuh air, difusi oksigen menjadi faktor pembatas.

Nilai curah hujan ekstrem sebesar 33,6 mm/jam terekam pada 5 Agustus (14.00), sedangkan puncak kelembapan tanah ($0,323 \text{ m}^3/\text{m}^3$) terjadi saat presipitasi berada di level 30,4 mm/jam. Seiring berjalannya waktu, air tersebut mengalami infiltrasi ke lapisan yang lebih dalam, sehingga kelembapan permukaan perlahan menyusut dan terdistribusi secara lebih merata.

4. pH (Kemasaman)

Kemasaman tanah (pH) adalah suatu parameter yang menunjukkan keaktifan ion-ion H^+ dalam larutan tanah. Ion-ion tersebut berkesimbangan dengan H^+ tidak terdidosiasi senyawa-senyawa dapat larut dan tidak dapat larut yang terdapat dalam sistem tanah tersebut (Purwowidodo, 2005). Gambut di Indonesia umumnya memiliki nilai $\text{pH} < 4$ karena tingkat kematangannya masih tergolong fibrik. Gambut dengan kedalaman $< 150 \text{ cm}$ memiliki tingkat keasaman antara $\text{pH} 4.0 - 5.1$, sedangkan pada gambut dengan kedalaman $> 150 \text{ cm}$ memiliki tingkat keasaman antara $\text{pH} < 4.0$ (Hartatik dkk., 2011).

Menurut Jamaludin dkk (2020) peningkatan nilai pH pada tanah gambut berbanding lurus dengan laju emisi yang dihasilkan, yakni kondisi pH yang semakin tinggi akan memicu percepatan proses dekomposisi bahan organik. Dalam kondisi gambut yang lebih masam (pH sangat rendah), aktivitas mikroorganisme dekomposer cenderung terhambat, sehingga laju dekomposisi bahan organik melambat. Sebaliknya, peningkatan pH yang terjadi akibat pemupukan kapur (pengapuran) atau dekomposisi bahan organik sendiri akan mempercepat aktivitas mikroba dan meningkatkan emisi CO_2 . Parameter pH memberikan kontribusi yang sangat dominan terhadap pelepasan emisi hingga 91,41%. Temuan ini menegaskan adanya korelasi positif yakni peningkatan pH berbanding lurus dengan meningkatnya konsentrasi emisi CO_2 yang dilepaskan (Yahya dkk., 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Jamaludin dkk (2020) pH minimum sebesar 3,61 dan maksimum sebesar 4,17 selama periode pengukuran. Dilihat dari pH minimum emisi yang dihasilkan sebesar $515,5 \pm 116,9$ dan maksimum sebesar $330,9 \pm 119,6$. Hal ini membuktikan pH dapat mempengaruhi laju emisi yang dilepaskan ke atmosfer.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa tanah gambut dapat menyumbang emisi CO_2 sangat besar dengan kisaran antara 31,30 hingga 59,82 ton/ha/tahun. Nilai-nilai tersebut telah mendekati standar referensi emisi gambut tropis menurut IPCC 2014. Besaran emisi ini dipengaruhi secara langsung oleh faktor lingkungan seperti Muka Air Tanah (MAT), suhu tanah, kelembapan tanah serta pH tanah yang berkorelasi positif terhadap emisi CO_2 yang dilepaskan ke atmosfer.

Saran untuk penelitian selanjutnya lebih baik menggabungkan metode pengukuran secara kontinyu agar hasil yang didapatkan lebih akurat dan didapatkan penanganan terhadap emisi yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan jurnal ini. Terima kasih kepada Program Studi Teknik Lingkungan UKRI atas dukungan teknis yang diberikan. Penulis juga berterima kasih kepada semua pihak atas bimbingan, arahan dan masukan yang konstruktif dalam proses analisis dan diskusi ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, M. (2006). Perubahan Kemasaman Tanah Gambut Dangkal Akibat Pemberian Bahan Amelioran. *Jurnal Tanah Tropikal*, 12(2), 77-83
- Arif, C. Dkk. (2015). *Pengembangan Model Jaringan Saraf Tiruan Untuk Menduga Emisi Gas Rumah Kaca Dari Lahan Sawah Dengan Berbagai Rejim Air*. Institut Pertanian Bogor: Bogor. Vol. 10 (1).
- Astiani, D., Burhanuddin, T. Muhammad, dan L.M. Curran. (2016). Effect of Water table Level on Soil CO_2 Respiration in West Kalimantan Forested and Bare Peatland: an Experimental Stage. *Nusantara Bioscience*: 201-206.
- Creswell, J.W (2018). *Educational Research "Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*, 6th edition, Pearson.
- Hartatik, W., I. GM. Subiksa, dan Al Dariah. (2011). Sifat Kimia dan Fisik Tanah Gambut. In: *Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan*. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Hooijer, A., J. Jauhiainen, W. Lee, X. Lu, A. Idris, and G. Anshari. (2012). Subsidence and Carbon Lost in Drained Tropical Peatlands. *Biogeosciences*: 1053-1071.
- Jaenicke, J., and F. Siegert. (2008). Monitoring Restoration Measures in Tropical Peatlands Using Radar Satellite Imagery: 142-147.
- Jamaludin., Gusmayanti, E., Anshari, G, Z. (2020). Emisi Karbon Dioksida (CO_2) dari Pertanian Skala Kecil di Lahan Gambut. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(3), 582-588.
- Kwon, Min Jung, Akira Haraguchi, and Hojeong Kang. (2013). Long-Term Water Regime Differentiates

- Changes in Decomposition and Microbial Properties in Tropical Peat Soils Exposed to the Short-Term Drought. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 60. Pages 33–44.
- Muryati, S & Kurniawan, H. (2024). *Pendampingan Masyarakat Dalam Pemetaan Potensi Kawasan Gambut di Desa Serdang Jaya, Kabupaten Tanjung Jabung Barat*. Universitas Muhammadiyah Jambi.
- Nugroho, P. A. (2016). Emisi Gas Rumah Kaca di Perkebunan Karet. *Jurnal Lingkungan Pertanian*, 35 (2):157-166.
- Purwowidodo. B. (2005). *Mengenal Tanah*. Bogor: Laboratorium Pengendali Hutan. Jurusan Manajemen Hutan. Fakultas Kehutanan IPB.
- Saptomo, S, K., Farida, A., dan Chadirin, Y. (2019). Pendugaan Emisi CO₂ dari Lahan Gambut dengan Menggunakan Model Artificial Neural Network (ANN). *Jurnal Keteknikan Pertanian*, Vol .7 (2), p.121-128.
- Subowo, G. (2010). Strategi Efisiensi Penggunaan Bahan Organik Untuk Kesuburan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, Vol. 4 No. 1;13-25.
- Sugiyono. (2015). *Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Tawan, C.S, I.B. Ipor, and W.H. Wan Sulaiman. (2008). *Floral Diversity Of The Peat Swamp Forest Of Sarawak*. Restoration of Tropical Peatlands; 39-44.
- Wahab, N., Talib, M. K. A., dkk. (2023). Karakteristik tanah gambut dan pengelolaannya. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam*, 15(3), 112-125.
- Waldes, N., dan S. Page. (2008). Unlocking the natural resourcefunction on tropical peatlands: Understanding the nature and diversity of peat swamp forest vegetation as a foundation for vegetation restoration studies. *Environmental journals*; 30-38.
- Yahya., Vanda, J., Supiandi, S., Bambang Pramudya, dan Irsal, L. (2019). Identifikasi Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Emisi Karbon Di Lahan Gambut Tropis (Kasus Pada Perkebunan Kelapa Sawit Di Kabupaten Siak). *Biospecies*, Vol. 12 No. 2. Hal 20–27.