

Estimasi Cadangan Karbon Bawah Permukaan Gambut Pada Berbagai Tutupan Lahan di Kabupaten Ogan Komering Ilir

Estimation of Belowground Carbon Stocks in Peatlands under Different Land Cover Types in Ogan Komering Ilir Regency, Indonesia

Rini Endang Pratiwi^{1)*}, Momon Sodik Imanudin^{1,2)*}, M. Umar Harun^{1,3)}

¹⁾Program Studi Magister Pengelolaan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

²⁾Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Indonesia

³⁾Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Indonesia

*Penulis korespondensi: 20012682428001@student.unsri.ac.id; momonsodikmanudin@fp.unsri.ac.id

Received November 2025, Accepted December 2025, Published December 2025

ABSTRAK

Pemantauan cadangan karbon bawah permukaan pada tanah gambut berperan penting untuk memahami berbagai jenis tutupan lahan terhadap penyimpanan karbon dan pengurangan dampak perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan mengestimasi jumlah cadangan karbon (CO₂) di bawah permukaan lahan gambut dengan kondisi tutupan lahan yang berbeda. Sampel diambil sebanyak tiga kali pada bulan Oktober, November, dan Desember 2024 untuk tutupan lahan sawit dengan perawatan, sawit tanpa perawatan, semak belukar, dan hutan rawa. Penelitian tambahan dilakukan pada bulan Agustus, September, dan Oktober 2025 pada kebun campuran dan hutan sekunder dengan vegetasi rapat. Sampel diambil berdasarkan tingkat kematangan pada kedalaman gambut sekitar ± 400 m, kemudian diuji di laboratorium untuk menentukan nilai *bulk density* (BD) dan kandungan karbon organik (%C) menggunakan metode *Loss on Ignition* (LOI). Nilai cadangan karbon dihitung dan dikonversi menjadi CO₂ ekuivalen untuk memperoleh estimasi total pada setiap titik pengamatan. Analisis data dilakukan secara deskriptif serta menggunakan uji statistik *One-Way ANOVA* dan uji lanjut *Tukey HSD*. Hasil menunjukkan bahwa tutupan lahan sawit dengan perawatan memiliki cadangan karbon tertinggi 11.607,54 ton/ha, diikuti sawit tanpa perawatan 11.107,32 ton/ha, semak belukar 7.691,36 ton/ha, kebun campuran 7.510,39 ton/ha, hutan sekunder 7.415,11 ton/ha, dan hutan rawa 6.872,56 ton/ha. Temuan ini menunjukkan bahwa jenis dan pengelolaan tutupan lahan berpengaruh terhadap jumlah cadangan karbon bawah permukaan, di mana lahan yang dikelola dengan baik memiliki potensi penyimpanan karbon lebih tinggi dibandingkan lahan alami atau tidak dikelola.

Kata kunci: Cadangan karbon bawah permukaan; lahan gambut; tutupan lahan; *loss on ignition* (LOI); *One-Way ANOVA*.

ABSTRACT

Monitoring subsurface carbon stocks in peat soils is crucial for understanding how different land cover types contribute to carbon storage and climate change mitigation. This study aims to estimate subsurface carbon (CO₂) stocks in peatlands under various land cover conditions. Soil sampling was conducted three times in October, November, and December 2024 across managed oil palm, unmanaged oil palm, shrubland, and swamp forest land covers. Additional sampling was carried out in August, September, and October 2025 on mixed gardens and secondary forests with dense vegetation. Samples were collected based on peat decomposition levels at an approximate depth of ± 400 m and analyzed in the laboratory to determine bulk density (BD) and organic carbon content (%C) using the Loss on Ignition (LOI) method. Carbon stock values were calculated and converted to CO₂ equivalents to obtain total estimates for each sampling point. Data were analyzed descriptively and statistically using One-Way ANOVA followed by the Tukey HSD post hoc test. The results revealed that managed oil palm land had the highest carbon stock 11,607.54 tons/ha, followed by unmanaged oil palm 11,107.32 tons/ha, shrubland 7,691.36 tons/ha, mixed garden 7,510.39 tons/ha, secondary forest 7,415.11 tons/ha, and swamp forest 6,872.56 tons/ha. These findings suggest that land cover type and management practices significantly affect subsurface carbon stocks, with well-managed lands tending to store higher amounts of carbon compared to natural or unmanaged areas.

Keywords: Subsurface carbon stock; peatland; land cover; *loss on ignition* (LOI); *One-Way ANOVA*.

PENDAHULUAN

Ekosistem gambut adalah salah satu tempat penyimpanan karbon terbesar yang ada di daratan. Meskipun hanya mencakup sekitar 3% sampai 5% dari total area daratan di dunia, ekosistem ini dapat menyimpan karbon jauh lebih banyak dari pada hutan mineral biasa (Widyastuti *et al.*, 2024). Di Indonesia, lahan gambut meliputi sekitar 13,4 juta hektar yang berada di Sumatra, Kalimantan, dan Papua, menjadikannya komponen penting dalam mengurangi dampak perubahan iklim secara global (Pratiwi, 2025). Dalam keadaan alami, lahan gambut yang kaya air dan ditutupi oleh vegetasi alami dapat menjaga kestabilan karbon dalam jangka waktu yang lama. Namun, pengurangan permukaan air tanah, pembakaran, dan kerusakan vegetasi menyebabkan peningkatan emisi karbon, sehingga lahan gambut menjadi sumber emisi dan bukan penyerap karbon (Beyer *et al.*, 2020).

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa pengukuran cadangan karbon lebih banyak berfokus pada karbon di atas permukaan (*aboveground carbon*), seperti biomassa tanaman, sedangkan informasi tentang cadangan karbon di bawah permukaan (*belowground carbon*) masih sangat sedikit (Sterner *et al.*, 2022). Padahal, bagian bawah tanah gambut menyimpan sebagian besar karbon yang sangat penting untuk menghitung total cadangan karbon ekosistem. Kegiatan drainase dan konversi lahan mengganggu keseimbangan air di lahan gambut, sehingga bahan organik gambut terekspos pada proses dekomposisi aerob dan melepaskan sejumlah besar CO₂ ke atmosfer (Azqandi *et al.*, 2024). Idealnya, lahan gambut dengan tutupan vegetasi alami dapat menjaga kestabilan ekosistem dan berfungsi dengan baik sebagai penyerap karbon. Namun, kenyataannya, banyak lahan gambut di Indonesia telah berubah menjadi area perkebunan, semak belukar, atau lahan terbuka, yang berdampak negatif terhadap sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Swails *et al.*, 2024). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan antara keadaan ekosistem gambut yang ideal dan stabil dengan kapasitas penyimpanan karbon yang tinggi, serta kondisi nyata saat ini yang banyak terdegradasi akibat kegiatan manusia (Xiangyang *et al.*, 2022).

Untuk mengatasi masalah ini, peneliti memperkirakan cadangan karbon di bawah permukaan di lahan gambut dengan berbagai jenis tutupan lahan dan menganalisis perbedaan serta faktor-faktor yang mempengaruhi variasi cadangan karbon tersebut. Pendekatan ini dilakukan dengan menggabungkan data pengambilan sampel lapangan selama beberapa waktu (2024 dan 2025) dan analisis laboratorium pada tutupan lahan yang berbeda, termasuk perkebunan sawit terawat, sawit tidak terawat, semak belukar, kebun campuran, hutan sekunder, dan hutan rawa. Dengan pendekatan ini, penelitian ini menawarkan wawasan baru tentang dinamika karbon di bawah permukaan lahan gambut

tropis, yang selama ini belum diteliti secara menyeluruh.

Diharapkan hasil penelitian ini bisa memberikan peran ilmiah yang berarti dalam pengembangan pengetahuan mengenai estimasi cadangan karbon di bawah permukaan, serta memberikan dasar bagi pengelolaan lahan gambut yang berkelanjutan. Selain itu, temuan ini juga dapat menjadi acuan praktis bagi pemangku kebijakan, pengelola lingkungan, dan masyarakat dalam merancang strategi konservasi dan mengurangi emisi karbon di lahan gambut. Dengan demikian, penelitian ini bukan hanya akan memperluas pengetahuan ilmiah tentang ekosistem gambut, tetapi juga mendukung usaha lokal dan global dalam menurunkan emisi gas rumah kaca dan mengatasi masalah perubahan iklim.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi simpanan karbon (CO₂) di bawah tanah pada lahan gambut, dengan penekanan pada tahap kematangan gambut (Suharnoto *et al.*, 2022). Metode kuantitatif mencakup pengambilan sampel tanah di lokasi dan analisis yang dilakukan di laboratorium dan dilanjutkan dengan analisis statistik inferensial. Pengambilan sampel tanah dilakukan secara *purposive sampling* yang mewakili kondisi tutupan lahan yang berbeda, termasuk hutan rawa, hutan sekunder, semak belukar, kebun campuran, serta lahan kelapa sawit yang terbagi antara yang dirawat dan yang tidak. Sampel tanah diambil menggunakan alat bor gambut hingga mencapai lapisan gambut yang matang. Pengambilan sampel ditentukan berdasar tingkat kematangan gambut yang diidentifikasi secara langsung di lapangan dengan metode *Van Post*, yang membagi gambut menjadi tiga kategori utama: *fibric* (mentah), *hemic* (setengah matang), dan *sapric* (matang) (Ivansyah *et al.*, 2025). Contoh sampel tanah gambut yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tanah Gambut

Di laboratorium, analisis dilakukan untuk mengukur kerapatan tanah (*bulk density*) dan kadar karbon organik (%C) dengan memakai metode *Loss on Ignition* (LOI) pada temperatur 550°C (Qirom *et al.*, 2021). Perhitungan cadangan karbon diperoleh dari paduan kedua parameter tersebut, kemudian dikonversi ke dalam nilai CO₂ ekuivalen dengan menggunakan faktor 3,67 (Wijayanti *et al.*, 2025).

Setelah itu, dilakukan analisis statistik *One-Way ANOVA* untuk menguji adanya perbedaan rata-rata nilai simpanan karbon (CO_2) di antara berbagai kelompok tutupan lahan. Apabila hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji *Tukey HSD (Honestly Significant Difference)* untuk mengidentifikasi kelompok mana yang benar-benar berbeda (Kunarno *et al.*, 2024). Pengolahan data dilakukan dengan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menggambarkan variasi cadangan karbon berdasarkan tingkat kematangan gambut dan tipe tutupan lahan. Seluruh pengolahan data statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 30 dan Microsoft Excel 2024.

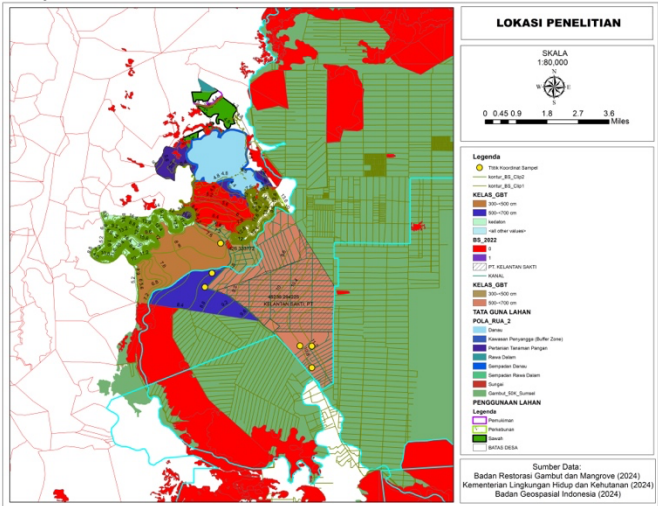
Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di daerah lahan gambut tropis yang berada di Kabupaten Ogan Komering Ilir (OKI) di Provinsi Sumatera Selatan. Lokasi ini dikenal sebagai salah satu tempat dengan ekosistem gambut terluas di Indonesia. Ciri khas dari wilayah ini adalah kedalaman gambut yang bervariasi, mencapai antara 2 hingga 8 meter, serta adanya perbedaan dalam kondisi hidrologi dan jenis vegetasi. Perbedaan ini terjadi karena variasi penutupan lahan dan kegiatan manusia, seperti pembukaan lahan, drainase, dan pengelolaan perkebunan kelapa sawit.

Penelitian ini secara geografis berfokus pada dua area utama, yaitu Desa Kedaton dan Desa Tanjung Serang. Kedua desa ini terletak dalam sistem hidrologi gambut yang sama, tetapi kondisi penggunaan lahan di masing-masing desa berbeda. Enam lokasi pengamatan ditentukan dengan tujuan khusus untuk mewakili berbagai jenis tutupan lahan. Titik pengamatan akan dilakukan pada kebun sawit dengan perawatan (KN-T1) pada pada koordinat -3.4494S, 104.9242E, kebun sawit tanpa perawatan (KN-T2) pada koordinat -3.4493S, 104.9194E, lahan rawa (KS-T1) pada koordinat -3.4061S, 104.8856E, semak belukar (KS-T3) pada koordinat -3.4110S, 104.8877 E, kebun campuran (T1-B) pada koordinat -3. 458523S,104.923.855E, hutan sekunder (T2-B) pada koordinat -3. 424513S, 104.878738E sesuai dengan (Gambar 2). Setiap lokasi yang diamati dipilih untuk menunjukkan berbagai tingkat gangguan ekosistem, dari area alami yang memiliki gangguan minimum hingga lahan yang rusak karena kegiatan pertanian dan kebun.

Topografi yang ada cenderung datar, dengan ketinggian antara 3 hingga 12 meter di atas level laut. Rata-rata curah hujan tahunan berkisar antara 2.300 mm hingga 2.800 mm, dan suhu udara bervariasi antara 26°C hingga 32°C, yang mencerminkan ciri khas iklim tropis yang lembap. Pengambilan sampel diambil secara berulang sebanyak tiga kali pada bulan Oktober 2024, November 2024, dan Desember 2024 untuk menganalisis variasi cadangan karbon bawah permukaan pada beberapa jenis tutupan lahan utama. Di samping itu, untuk meningkatkan variasi kondisi penggunaan lahan, diambil sampel tambahan sebanyak tiga kali pada dua lokasi dengan jenis

penggunaan lahan yang berbeda pada bulan Agustus, September, dan Oktober tahun 2025.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian Wilayah OKI

Alat dan Bahan

Peralatan yang dipakai dalam penelitian ini adalah alat lapangan yang berperan penting saat mengambil sampel gambut yang dapat mewakili berbagai tipe tutupan lahan, sedangkan ada peralatan laboratorium yang dipakai untuk pengeringan, pembakaran, serta menghitung kandungan bahan organik dan karbon (%C) dalam tanah gambut (Astiani *et al.*, 2022). Daftar alat dan bahan yang digunakan disajikan pada Tabel 1. dan Tabel 2.

Tabel 1. Alat dan Bahan Lapangan

No	Bahan / Peralatan
1	Bor Gambut, 5 – 9 batang <i>extension rod</i> , dan satu pasang tangkai (handel)
2	Kunci Inggris 12"
3	Kayu
4	Tongkat ukur kayu & meteran baja 50 m
5	Pisau tanah
6	Kain Pembersih
7	Kantong plastik polietilen tebal (1 kg)
8	Label tahan air dan spidol permanen
9	Handphone
10	Alat pengukur pH tanah
11	Ring sampel

Prosedur Penelitian

Pengambilan Sampel Tanah

Penelitian ini menggunakan alat lapangan yang membantu dalam pengambilan dan pemrosesan sampel tanah gambut dengan tepat. Bor gambut digunakan dengan panjang ekstensi 5 sampai 9 batang dan sepasang pegangan untuk mengebor tanah sekaligus mengambil sampel gambut pada berbagai kedalaman. Proses pemasangan dan melepas bor dibantu oleh dua kunci inggris yang berfungsi untuk mengencangkan atau melepaskan sambungan batang bor. Kayu berfungsi sebagai pengukur kedalaman, sementara meteran sepanjang 50 meter digunakan untuk menentukan area pengukuran di lapangan (Agus *et al.*, 2011).

Tabel 2. Bahan kimia dan perlengkapan laboratorium

No	Bahan / Peralatan
1	Sampel tanah gambut kering udara (20 g) untuk % C – Organik
2	Sampel tanah gambut dalam ring (untuk BD)
3	Cawan porselen tahan panas (Ø 5 cm)
4	Timbangan analitik ketelitian 0,01 g
5	Oven pengering (105°C)
6	Furnace (550°C)
7	Desikator kaca
8	Nampan logam
9	Kaliper digital
10	Kertas label tahan panas
11	Sarung tangan nitril dan masker laboratorium
12	Alat tulis laboratorium dan formulir kerja

Saat pengambilan sampel, pisau digunakan untuk memotong tanah atau bahan yang akan diuji, dan kain pembersih digunakan untuk membersihkan alat setelah selesai digunakan agar tidak ada kontaminasi antar sampel. Sampel gambut yang telah diambil di tes dengan metode *Van Post* terlebih dahulu untuk diukur tingkat kematangannya. Kemudian, sampel dimasukkan ke sebuah kantong plastik yang bersih dan tertutup dengan erat supaya kelembapan tidak hilang dan kondisi aslinya tetap terjaga. Kantong tersebut kemudian diberi label kertas tahan air berisi informasi lokasi, kedalaman, tanggal pengambilan, dan jenis tutupan lahan. Penandaan dilakukan menggunakan spidol permanen agar informasi tidak hilang saat proses penyimpanan. Untuk pengambilan sampel dengan volume tertentu yang diperlukan dalam analisis *Bulk Density* (BD), menggunakan ring sampel. Setiap titik pengambilan sampel dicatat dengan menggunakan Sistem Penentuan Global (GPS) guna memastikan ketepatan posisi geografis pada peta. Selain itu, alat pengukur pH tanah digunakan juga untuk mengetahui tingkat keasaman tanah gambut di setiap titik pengamatan. Dokumentasi kondisi lapangan dilakukan dengan menggunakan *Handphone*. Semua kegiatan pengambilan data dan observasi di lapangan dicatat secara teratur dalam formulir pengamatan, yang berfungsi sebagai catatan utama penelitian untuk mendukung analisis dan interpretasi pada tahap selanjutnya.

Pengujian Laboratorium

Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui nilai BD dan prosentase karbon organik (%C) dari sampel tanah gambut yang diambil dari lokasi. Pengukuran nilai Bobot Volume (BV) / *Bulk Density* (BD) Pengukurannya dilakukan dengan menggunakan metode "*Gavimetri*" sesuai dengan standar FAO (2019) (Kunarso *et al.*, 2024). Tanah yang telah diambil diletakkan dalam oven bersamaan dengan ring pada suhu 105°C selama 24 jam untuk menjaga beratnya. Setelah kering, sampel diambil dari oven dan dibiarkan mendingin di dalam desikator untuk mencegah penyerapan kelembapan. Tanah yang sudah diambil ditimbang bersama dengan ring untuk mengetahui beratnya. Kemudian, ring kosong juga ditimbang dan hasilnya dicatat. Dilanjutkan

dengan pengukuran BO dengan menggunakan metode *Loss on Ignition* (LOI). Tahapan analisis dimulai dengan mengeringkan sampel. Pertama, cawan porselen kosong ditimbang menggunakan timbangan analitik dan beratnya dicatat. Setelah itu, sebanyak 20 gram sampel tanah gambut yang telah dikeringkan dimasukkan ke dalam cawan, lalu cawan dan sampel ditimbang untuk memperoleh berat awal.

Selanjutnya, sampel ditempatkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam sampai bobotnya tidak berubah untuk mengurangi kandungan air. Setelah mengeringkan, sampel didinginkan dalam desikator agar tidak menyerap uap air. Kemudian, penimbangan dilakukan kembali untuk menentukan berat kering setelah pengeringan. Langkah selanjutnya adalah membakar sampel dalam *furnace* pada suhu 550°C selama 6 jam. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengoksidasi bahan organik dalam tanah, sehingga hanya menyisakan residu anorganik dalam bentuk abu. Setelah selesai membakar, cawan yang berisi residu anorganik didinginkan lagi di desikator, lalu ditimbang untuk mendapatkan berat akhirnya. Kadar bahan organik dihitung menggunakan rumus berikut (Grandgirard *et al.*, 2002).

$$\%OM = \frac{W_{105} - W_{550}}{W_{105}} \times 100$$

dan kadar karbon dihitung berdasarkan konversi:

$$\%C = \%OM \times 0.58$$

Setiap sampel tanah harus melalui analisis minimal 2x agar memperoleh hasil yang lebih akurat. Semua hasil analisis dicatat dalam tabel kerja di laboratorium guna menjamin konsistensi data dan ketepatan perhitungan.

Perhitungan cadangan karbon (C)

Penghitungan cadangan karbon untuk setiap lapisan tanah atau gambut mengikuti pedoman dari IPCC (2006). Caranya adalah dengan mengalikan nilai kepadatan (BD), fraksi karbon organik yang didapat dari analisis laboratorium, ketebalan lapisan, dan faktor konversi satuan. Hasilnya adalah cadangan karbon untuk setiap luas area (Agus & Subiksa, 2008). Persamaan untuk cadangan karbon per lapisan:

$$C_i = pb_{,i} \times fC_{,i} \times t_i \times 100$$

Keterangan :

C_i = Cadangan karbon pada lapisan i (Mg C ha⁻¹)

$pb_{,i}$ = Bulk density (BD) lapisan i (g cm⁻³)

$fC_{,i}$ = fraksi karbon organik (misalnya %C/100)

t_i = tebal lapisan (cm)

Faktor 100 = Konversi dari g cm⁻² ke Mg ha⁻¹

Setelah menghitung nilai stok karbon per lapisan dengan menggunakan data, konversi karbon (C) ke CO₂ Ekuivalen, dengan menggunakan faktor 44/12, yang sama dengan 3. 67 (IPCC 2006, Wijayanti *et al.*, 2025).

$$CO_2 = C_{total} \times \frac{44}{12}$$

Jika digabungkan maka stok CO₂ ekuivalen per lapisan dan total dapat langsung di rumuskan sebagai berikut :

$$C_i = p_{b,i} \times f_{C,i} \times t_i \times 100 \times \frac{44}{12}$$

$$CO_{2, \text{ total}} = \sum_{i=1}^n \left(p_{b,i} \times f_{C,i} \times t_i \times 100 \times \frac{44}{12} \right)$$

Rumus yang disebutkan di atas dapat mengaitkan informasi dari lapangan, seperti *Bulk Density* dan ketebalan gambut, dengan data laboratorium (%C). Selanjutnya, data ini diselaraskan dengan jumlah C yang ada dan kemudian diubah menjadi setara CO₂.

Analisis Data

Setelah memperoleh nilai cadangan karbon (CO₂) dilakukan analisis statistik untuk membandingkan nilai cadangan karbon bawah permukaan antar kondisi tutupan lahan. Hasil pengukuran ditampilkan dalam tabel ringkasan dan grafik perbandingan untuk membantu dalam memahami data secara kuantitatif.

Metode statistik yang paling utama digunakan adalah Analisis Varian Satu Arah (*One-Way ANOVA*). Teknik ini tepat untuk memeriksa perbedaan rata-rata di lebih dari dua kelompok data sekaligus. Sesuai dengan penelitian sebelumnya tentang pengujian pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap karakteristik gambut dengan menggunakan metode *One-Way ANOVA* dengan *Tukey HSD* sebagai *post-hoc* (Suharnoto *et al.*, 2022). Pengujian dilaksanakan dengan tingkat signifikan ($\alpha = 0,05$) sesuai dengan norma statistik yang diperkenalkan oleh Fisher pada tahun 1925, yang hingga kini masih sering digunakan dalam penelitian dibidang ekologi dan lingkungan. Apabila nilai probabilitas (p-value) berada di bawah 0,05, hal ini menandakan adanya perbedaan yang signifikan di antara kelompok jenis tutupan lahan. Sebaliknya, apabila p-value setara dengan atau lebih dari 0,05, ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata (Duddigan *et al.*, 2022).

Pada penelitian ini hasil ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, sehingga dilakukan uji lanjutan *Tukey HSD* untuk menemukan kelompok tutupan lahan yang berbeda secara nyata. Semua analisis dijalankan dengan menggunakan perangkat lunak statistik yang terdapat dalam Microsoft Excel dan SPSS 30, sehingga hasilnya dapat lebih mudah divisualisasikan dan dipahami.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis laboratorium memperoleh nilai kandungan C – Organik (%) dan *Bulk Density* (BD). Hasil analisis laboratorium terhadap kandungan C-organik dan BD dari sampel tanah gambut per lapisan pada berbagai kondisi tutupan lahan sebagai berikut.

Lahan Sawit dengan Perawatan

Pada area sawit dengan perawatan (KN-T1), hasil laboratorium menunjukkan bahwa antara bulan

Oktober sampai Desember 2024, kedalaman tanah gambut dengan tingkat kematangan hemik sampai saprik bervariasi antara 433 cm sampai 465 cm. Dari pengujian laboratorium, kandungan karbon organik (%C - Organik) di lapisan ini dengan nilai terendah 55,66% dan tertinggi 57,08% dengan nilai Bulk Density (BD) terendah 0,11 g cm⁻³ dan tertinggi 0,16 g cm⁻³.

Lahan Sawit tanpa Perawatan

Pada area sawit tanpa perawatan (KN-T2), hasil laboratorium menunjukkan bahwa antara bulan Oktober hingga Desember 2024, kedalaman tanah gambut dengan tingkat kematangan hemik hingga saprik berkisar antara 425 cm hingga 450 cm. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, kandungan karbon organik (%C - Organik) pada lapisan ini memiliki nilai terendah sebesar 56,54% dan tertinggi sebesar 57,16%, sedangkan nilai *Bulk Density* (BD) berkisar antara 0,11 g cm⁻³ hingga 0,14 g cm⁻³.

Semak Belukar

Pada area semak belukar (KS-T1), hasil laboratorium menunjukkan bahwa antara bulan Oktober hingga Desember 2024, kedalaman tanah gambut dengan tingkat kematangan hemik hingga saprik berkisar antara 338 cm hingga 372 cm. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, kandungan karbon organik (%C-Organik) pada lapisan ini memiliki nilai terendah sebesar 54,40% dan tertinggi sebesar 56,60%, sedangkan nilai BD berkisar antara 0,09 g cm⁻³ hingga 0,12 g cm⁻³.

Hutan Rawa

Pada area hutan rawa (KS-T3), hasil pengamatan laboratorium dari bulan Oktober hingga Desember 2024 menunjukkan bahwa kedalaman tanah gambut dengan tingkat kematangan hemik hingga saprik berkisar antara 94 cm hingga 373 cm. Berdasarkan hasil uji laboratorium, kandungan karbon organik (%C-Organik) pada lapisan ini memiliki nilai terendah sebesar 50,95% dan tertinggi sebesar 56,57%, sedangkan nilai BD berkisar antara 0,07 g cm⁻³ hingga 0,11 g cm⁻³.

Kebun Campuran

Pada area kebun campuran (T1-B), hasil pengamatan laboratorium dari bulan Agustus hingga Oktober 2025 menunjukkan bahwa kedalaman tanah gambut dengan tingkat kematangan hemik hingga saprik berkisar antara 65 cm hingga 320 cm. Berdasarkan hasil uji laboratorium, kandungan karbon organik (%C-Organik) pada lapisan ini memiliki nilai terendah sebesar 49,27% dan tertinggi sebesar 49,75%, sedangkan nilai BD berkisar antara 0,12 g cm⁻³ hingga 0,19 g cm⁻³.

Hutan Sekunder dengan Vegetasi Rapat

Pada area hutan sekunder dengan vegetasi rapat (T2-B), hasil pengamatan laboratorium selama periode Agustus-Oktober 2025 menunjukkan bahwa kedalaman tanah gambut dengan tingkat kematangan hemik hingga saprik bervariasi antara 65 cm hingga 320 cm. Berdasarkan hasil analisis, kandungan karbon organik (%C-Organik) memiliki nilai terendah

sebesar 49,27% dan tertinggi sebesar 49,75%, sedangkan nilai BD berkisar antara 0,12 g cm⁻³ hingga 0,19 g cm⁻³. Nilai tersebut menunjukkan bahwa lapisan gambut pada tutupan lahan ini relatif matang dengan kandungan bahan organik tinggi dan struktur gambut yang cukup padat akibat vegetasi yang rapat.

Hasil perhitungan C dan CO₂

Nilai BD dan %C-Organik yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium dihitung dengan menggunakan persamaan untuk cadangan karbon per lapisan diperoleh hasil seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan (nilai C dan CO₂)

No	Bulan	Kode	C	CO ₂
1	Oktober	KN-T1	2.853,96	10.464,53
2	November	KN-T1	2.789,02	10.226,40
3	Desember	KN-T1	3.850,01	14.116,71
4	Oktober	KN-T2	2.996,40	10.986,80
5	November	KN-T2	3.473,04	12.734,49
6	Desember	KN-T2	2.618,37	9.600,68
7	Oktober	KS-T1	1.713,60	6.283,20
8	November	KS-T1	2.052,71	7.526,60
9	Desember	KS-T1	2.526,62	9.264,29
10	Oktober	KS-T3	1.654,99	6.068,30
11	November	KS-T3	2.183,48	8.006,10
12	Desember	KS-T3	1.784,53	6.543,29
13	Agustus	T1 - B	2.033,76	7.457,10
14	September	T1 - B	2.105,32	7.719,50
15	Oktober	T1 - B	2.005,79	7.354,58
16	Agustus	T2 - B	2.131,96	7.817,20
17	September	T2 - B	2.077,54	7.617,65
18	Oktober	T2 - B	1.857,40	6.810,47

Hasil nilai C dan CO₂ diuji dengan metode one-way ANOVA dan Tukey HSD dengan analisis varian satu arah (*one-way ANOVA*) dan *Tukey HSD* untuk nilai C (Tabel 4, 5 dan 6) dan CO₂ sesuai dengan Tabel 7, 8 dan 9. Pada pelaksanaan uji ANOVA ini untuk kode tutupan lahan di kategorikan dengan angka numerik sebagai berikut: "Lahan Sawit dengan Perawatan" = 1 "Lahan Sawit Tanpa Perawatan" = 2 "Semak Belukar" = 3 "Hutan Rawa" = 4 "Kebun Campuran" = 5 "Hutan Sekunder" = 6.

Tabel 4. Hasil Uji *One-Way ANOVA* nilai C (ton/ha)

Sumber Variasi	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Antar Kelompok	4.829.429,20	5	965.885,84	7,213	0,002
Dalam Kelompok	1.607.010,89	12	133.917,57		
Total	6.436.440,09	17			

Nilai signifikansi ($p < 0.05$) menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata antar tutupan lahan terhadap nilai C (ton/ha).

Hasil uji ANOVA diperoleh hasil seperti pada Tabel 4. Pada uji ANOVA, nilai C (ton/ha) diperoleh adanya perbedaan sangat signifikan cadangan karbon antar tutupan lahan ($F = 7,213$ dan $\text{Sig.} < 0,002$). Hasil dari pengujian lanjut dengan *Tukey HSD* memperlihatkan bahwa tutupan lahan 1 menunjukkan

perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan perlakuan 3, 4, 5, dan 6 ($p < 0,05$), sementara beberapa kombinasi lainnya tidak memperlihatkan perbedaan yang jelas (Tabel 5). Melalui analisis kelompok homogen (Tabel 6), tuplah 1 mendapatkan nilai rata-rata tertinggi sebesar 3.164,33 ton/ha, sedangkan tuplah 4 mencatat nilai terendah sebesar 1.874,33 ton/ha. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan di tutupan lahan 1 memberikan kontribusi yang lebih besar bagi akumulasi karbon tanah dibandingkan tutupan lahan lainnya.

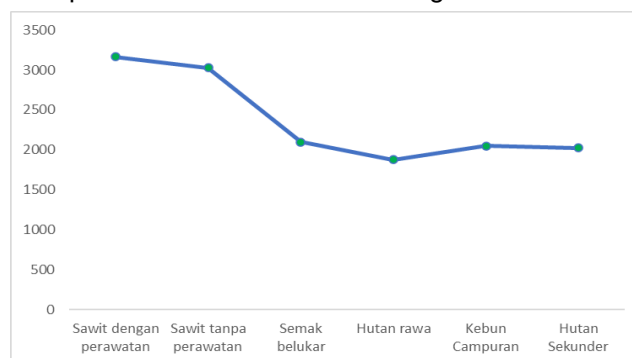
Tabel 5. Hasil Uji Lanjut *Tukey HSD* Nilai C (ton/ha)

Perbandingan Tutupan Lahan	Sig.	Keterangan
1 – 3	0,035	Berbeda nyata
1 – 4	0,010	Berbeda nyata
1 – 5	0,027	Berbeda nyata
1 – 6	0,023	Berbeda nyata
2 – 4	0,021	Berbeda nyata
2 – 6	0,049	Berbeda nyata
Lainnya	> 0,05	Tidak berbeda nyata

Tabel 6. *Homogeneous Subsets* Nilai C (ton/ha)

Subset	Kelompok Tupla	Rata-rata (ton/ha)	Sig.
1	4	1.874,33	0,971
2	6,5,3	2.022,30 – 2.097,64	0,057
3	2,1	3.029,27 – 3.164,33	0,997

Sesuai dengan Gambar 3. terlihat hasil bahwa cadangan karbon tertinggi berada pada lahan sawit dengan perawatan. Hasil ini menunjukkan bahwa cadangan C pada lahan sawit dengan dan tanpa perawatan, lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan tutupan alami berupa semak belukar, hutan rawa, kebun campuran dan hutan sekunder. Sebaliknya, di dalam kelompok yang sama tidak ditemukan perbedaan yang signifikan, seperti antara sawit dengan perawatan dan sawit tanpa perawatan, maupun antara semak belukar dengan hutan rawa.



Gambar 3. Rata-rata cadangan C (ton/ha) pada Berbagai Tipe Tutupan Lahan

Dari hasil uji ANOVA menggunakan aplikasi SPSS, diperoleh hasil seperti pada Tabel 7, bahwa pada uji ANOVA nilai CO₂ (ton/ha) menunjukkan adanya perbedaan yang sangat signifikan antar tutupan lahan. Nilai signifikansi ($p < 0,05$) menunjukkan

terdapat perbedaan yang nyata antar tutupan lahan terhadap nilai CO₂ (ton/ha). Pada uji ANOVA nilai CO₂ (ton/ha) menunjukkan adanya perbedaan yang sangat signifikan antar tutupan lahan dengan nilai $F = 7,212$ dan $Sig. < 0,002$. Hasil dari pengujian lanjut menggunakan *Tukey HSD* memperlihatkan bahwa tutupan lahan 1 berbeda nyata dengan tutupan lahan 3, 4, 5, dan 6 ($p < 0,05$), serta tutupan lahan 2 juga menunjukkan perbedaan signifikan dengan tutupan lahan 4 dan 6 (Tabel 8). Sementara itu, kombinasi antar tutupan lahan lainnya tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Berdasarkan hasil analisis kelompok homogen (Tabel 9),

Tabel 7. Hasil Uji *One-Way* ANOVA nilai CO₂(ton/ha)

Sumber Variasi	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Antar Kelompok	64.928.910,88	5	12.985.782,17	7,212	0,002
Dalam Kelompok	21.605.517,17	12	1.800.459,76		
Total	86.534.428,06	17			

Tabel 8. Hasil Uji *One-Way* ANOVA nilai CO₂ (ton/ha)

Perbandingan Tutupan Lahan	Sig.	Keterangan
1 – 3	0,035	Berbeda nyata
1 – 4	0,010	Berbeda nyata
1 – 5	0,027	Berbeda nyata
1 – 6	0,023	Berbeda nyata
2 – 4	0,021	Berbeda nyata
2 – 6	0,049	Berbeda nyata
Lainnya	> 0,05	Tidak berbeda nyata

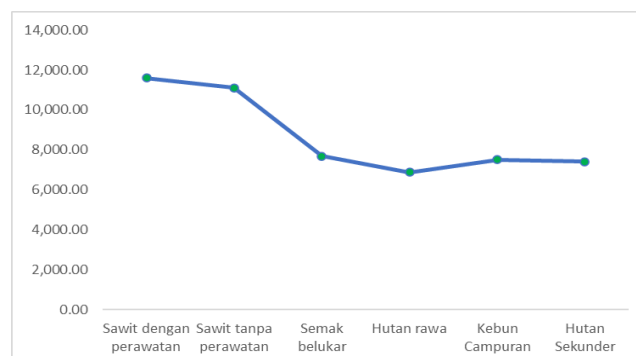
Tabel 9. *Homogeneous Subsets* Nilai CO₂ (ton/ha)

Sub set	Kelompok Tupla	Rata-rata (ton/ha)	Sig.
1	4,6,5,3	6.872,56 - 7.691,36	0,971
2	5,3,2	7.510,39 - 11.107,32	0,057
3	2,1	11.107,32 – 11.602,55	0,997

tutupan lahan 1 memperoleh nilai rata-rata emisi CO₂ tertinggi sebesar 11.602,55 ton/ha, diikuti tutupan lahan 2 sebesar 11.107,32 ton/ha, sedangkan tutupan lahan 4 mencatat nilai terendah sebesar 6.872,56 ton/ha. Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi pada tutupan lahan 1 memiliki tingkat pelepasan karbon ke atmosfer yang lebih tinggi dibandingkan tutupan lahan lainnya, yang mengindikasikan aktivitas dekomposisi bahan organik tanah lebih intensif pada periode tersebut.

Dari grafik pada gambar 4. Diperoleh hasil bahwa cadangan karbon (CO₂) tertinggi berada pada lahan sawit dengan perawatan. Hasil ini menunjukkan bahwa cadangan CO₂ pada lahan sawit dengan dan tanpa perawatan, lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan tutupan alami berupa semak belukar, hutan rawa, kebun campuran dan hutan sekunder. Sebaliknya, di dalam kelompok yang sama tidak ditemukan perbedaan yang signifikan, seperti antara sawit dengan perawatan dan sawit tanpa

perawatan, maupun antara semak belukar dengan hutan rawa.



Gambar 4. Rata-rata cadangan CO₂ (ton/ha) pada Berbagai Tipe Tutupan Lahan

Perbandingan Antar Tutupan Lahan hasil uji ANOVA + *Tukey HSD* memperjelas bahwa perbedaan cadangan karbon (CO₂) bawah permukaan di lahan gambut sangat dipengaruhi oleh kondisi tutupan lahan yang dikelola. Meskipun lahan sawit dengan perawatan menunjukkan nilai cadangan karbon bawah permukaan dan CO₂ ekuivalen tertinggi dibandingkan tutupan lahan lainnya, kondisi ini tidak serta-merta menunjukkan bahwa sistem pengelolaan sawit berperawatan berfungsi sebagai penyerap karbon yang berkelanjutan. Nilai CO₂ ekuivalen yang tinggi mencerminkan besarnya karbon yang tersimpan di dalam lapisan gambut, yang pada saat yang sama juga mengindikasikan keberadaan karbon lama (*legacy carbon*) yang berpotensi terlepas ke atmosfer apabila terjadi gangguan hidrologi atau percepatan proses dekomposisi bahan organik gambut.

Pada lahan sawit berperawatan, tingginya cadangan karbon terutama dipengaruhi oleh kedalaman gambut, kandungan karbon organik (%C), serta akumulasi biomassa akar dan masukan serasah. Namun demikian, praktik pengelolaan yang melibatkan drainase dapat meningkatkan kondisi aerobik tanah gambut dan mempercepat oksidasi bahan organik, sehingga stok karbon yang besar tersebut berpotensi menjadi sumber emisi CO₂ dalam jangka panjang apabila tidak diimbangi dengan pengelolaan muka air tanah yang berkelanjutan. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan adanya dualitas peran pada lahan sawit berperawatan di lahan gambut, yaitu sebagai penyimpan karbon bawah permukaan dalam kondisi stabil, tetapi sekaligus sebagai sumber risiko emisi karbon apabila sistem hidrologi gambut terganggu. Oleh karena itu, besarnya cadangan karbon tidak dapat dijadikan satu-satunya indikator keberlanjutan, melainkan harus dievaluasi bersama praktik pengelolaan lahan dan pengendalian kondisi hidrologi.

Perbedaan antar kelompok menunjukkan nilai p kurang dari 0,05, yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok penggunaan lahan

tersebut. Namun, dalam setiap kelompok yang seragam, tidak ada perbedaan yang berarti yang terdeteksi ($p > 0,05$). Secara umum, kelompok sawit menunjukkan estimasi cadangan karbon di bawah permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok tutupan alami seperti hutan dan semak belukar. Hal ini menunjukkan bahwa bagaimana lahan dikelola seperti kebun sawit perawatan dapat menyebabkan tingkat karbon tersimpan yang lebih tinggi dibandingkan dengan area alami yang telah terdegradasi atau memiliki lebih sedikit biomassa. Perbedaan cadangan karbon di bawah permukaan di antara tutupan lahan dalam studi ini dapat dikaitkan dengan tiga faktor utama yaitu biomassa akar, masukan serasah, dan intensitas pengelolaan.

Di area kelapa sawit, terutama yang dikelola dengan baik, sistem akar yang dalam dan luas menciptakan biomassa akar yang tinggi, sehingga memainkan peran penting dalam akumulasi karbon di dalam tanah. (Juliano *et al.*, 2023) juga menekankan bahwa biomassa akar merupakan kontributor utama cadangan karbon di lahan gambut yang konversi menjadi perkebunan kelapa sawit, di mana akar yang membusuk dan mati meningkatkan penyimpanan karbon tanah. Sebaliknya, untuk lahan semak belukar, biomassa akar yang relatif dangkal dan terbatas menghasilkan cadangan karbon bawah permukaan yang lebih rendah, yang mendukung temuan (Hussin *et al.*, 2021), yang melaporkan bahwa tingkat karbon organik di semak belukar lebih rendah daripada di area dengan tutupan vegetasi yang padat.

Selain itu, input serasah seperti daun, pelepah, dan sisa-sisa organik dari kelapa sawit berkontribusi terhadap cadangan karbon melalui proses dekomposisi. Lahan sawit berperawatan memiliki input serasah lebih banyak dan terkelola dengan baik sehingga mampu meningkatkan cadangan karbon bawah permukaan. (Nusantara *et al.*, 2017) menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan dari hutan menjadi perkebunan sawit dapat meningkatkan stok karbon tanah melalui kontribusi serasah meskipun di sisi lain menyebabkan perubahan sifat fisik gambut seperti peningkatan *bulk density*. Pada semak belukar dan hutan rawa gambut yang mengalami degradasi, input serasah relatif rendah dan laju dekomposisi lebih cepat akibat gangguan hidrologi, sehingga cadangan karbon yang tersimpan juga lebih kecil (Jauhiainen *et al.*, 2008) (Jauhiainen *et al.*, 2016).

Faktor – faktor yang memengaruhi variasi cadangan karbon (CO_2) bawah permukaan pada lahan gambut meliputi, Kedalaman gambut berbanding lurus dengan besarnya cadangan karbon dan CO_2 ekuivalen. semakin dalam lapisan gambut, semakin besar volume bahan organik yang tersimpan sehingga cadangan karbon meningkat. Berat jenis (BD) menunjukkan hubungan negatif terhadap cadangan karbon. Semakin tinggi nilai BD, maka kandungan bahan organik dan porositasnya menurun, sehingga cadangan karbon dan emisi CO_2 juga menurun. Kandungan karbon organik (%C) memiliki korelasi positif terhadap stok karbon. Semakin tinggi

nilai %C semakin besar pula potensi simpanan karbon dan CO_2 ekuivalen. Sebaliknya, pada lokasi dengan %C rendah, stok karbon menurun signifikan. Semakin rapat dan produktif vegetasi, maka semakin tinggi input bahan organik ke tanah, baik dari serasah daun, akar, maupun biomassa bawah tanah. Sebaliknya, vegetasi rendah seperti semak belukar atau lahan tanpa perawatan menghasilkan input bahan organik lebih sedikit, sehingga stok karbonnya lebih rendah. Aktivitas antropogenik, seperti drainase, pembukaan lahan, dan kebakaran, mempercepat oksidasi bahan organik sehingga menurunkan stok karbon dan meningkatkan pelepasan CO_2 ke atmosfer. Dampak ini paling terlihat pada lahan sawit tanpa perawatan yang memiliki cadangan karbon dan CO_2 paling rendah di antara kelompok sawit.

Lahan sawit dengan perawatan intensif biasanya mendapat tambahan bahan organik maupun anorganik dapat meningkatkan stok karbon bawah permukaan. Hal ini sejalan dengan (Prayitno *et al.*, 2013) yang menyatakan bahwa praktik pengelolaan lahan, termasuk pemeliharaan vegetasi, sangat memengaruhi dinamika cadangan karbon pada gambut. Sementara itu, lahan tanpa pengelolaan atau alami lebih bergantung pada kondisi ekosistem. Pada hutan rawa gambut, cadangan karbon yang rendah dalam penelitian ini dapat dijelaskan oleh terganggunya keseimbangan hidrologi, sesuai dengan laporan (Haq *et al.*, 2025) yang menekankan bahwa penurunan muka air tanah mempercepat dekomposisi bahan organik dan mengurangi kemampuan tanah gambut menyimpan karbon.

Hasil penelitian ini memberikan informasi bahwa variasi cadangan karbon di bawah permukaan pada lahan gambut sangat dipengaruhi oleh kombinasi antara biomassa akar, input serasah, dan tingkat pengelolaan. Lahan sawit yang dirawat dengan baik memperlihatkan stok karbon yang paling tinggi karena ketiga faktor tersebut bekerja dengan baik, sementara semak belukar dan hutan rawa gambut memiliki nilai yang lebih rendah disebabkan oleh kurangnya biomassa dan gangguan pada air. Selain itu, ketika mempertimbangkan hasil uji *Tukey HSD*, jenis tutupan lahan serta praktik pengelolaan lahan merupakan faktor utama yang mempengaruhi variasi cadangan karbon di bawah permukaan lahan gambut. Terutama, tutupan sawit dengan pengelolaan yang intensif cenderung lebih baik dalam mempertahankan cadangan karbon dibandingkan tutupan alami yang mengalami kerusakan dan gangguan hidrologi.

KESIMPULAN

Analisis mengenai cadangan karbon di bawah permukaan mengungkap bahwa jenis tutupan lahan yang dikelola dengan baik berpengaruh signifikan terhadap kemampuan tanah gambut untuk menyimpan karbon. Hasil dari uji ANOVA dan *Tukey HSD* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang jelas antara jenis tutupan lahan, di mana lahan sawit yang dirawat memiliki cadangan karbon paling tinggi, sementara nilai terendah terlihat pada hutan rawa dan semak belukar. Temuan ini menunjukkan betapa

pentingnya pengelolaan lahan dan kondisi tumbuhan dalam menjaga stabilitas karbon di tanah. Pendekatan statistik yang digunakan dapat menjadi metode yang efektif untuk secara kuantitatif dan berkelanjutan menilai dampak perubahan tutupan lahan terhadap stok karbon tanah gambut. Tingginya cadangan karbon bawah permukaan pada lahan sawit dengan perawatan perlu dipahami tidak hanya sebagai potensi penyimpanan karbon, tetapi juga sebagai indikasi keberadaan karbon lama (*legacy carbon*) yang berisiko menjadi sumber emisi CO₂ apabila pengelolaan hidrologi gambut tidak dilakukan secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., Hairiah, K., Mulyani, A., & Centre, W. A. (2011). *Measuring carbon stock in Peat Soil: Practical Guidelines*. <http://balittanah.litbang.deptan.go.id>
- Agus, F., & Subiksa, I. G. M. (2008). Lahan Gambut : Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan. In *Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF)*. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.08.031>
- Astiani, D., Widiastuti, T., Ekamawanti, H. A., Ekyastuti, W., Roslinda, E., & Mujiman. (2022). The partial contribution of CO₂-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>
- Azqandi, M., Ramavandi, B., Nasseh, N., Zaarei, D., & Fanaei, F. (2024). Green synthesis of manganese ferrite magnetic nanoparticle and its modification with metallic-organic frameworks for the tetracycline adsorption from aqueous solutions: A mathematical study of kinetics, isotherms, and thermodynamics. *Environmental Research*, 256(November 2023), 118957. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118957>
- Beyer, M., Kühnhammer, K., & Dubbert, M. (2020). In situ measurements of soil and plant water isotopes: A review of approaches, practical considerations and a vision for the future. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24(9), 4413–4440. <https://doi.org/10.5194/hess-24-4413-2020>
- Duddigan, S., Shaw, L. J., Alexander, P. D., & Collins, C. D. (2022). Effects of application of horticultural soil amendments on decomposition, quantity, stabilisation and quality of soil carbon. *Scientific Reports*, 12(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22451-2>
- Grandgirard, J., Poinot, D., Krespi, L., Nénon, J. P., & Cortesero, A. M. (2002). Costs of secondary parasitism in the facultative hyperparasitoid *Pachycrepoideus dubius*: Does host size matter? *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 103(3), 239–248. <https://doi.org/10.1023/A>
- Haq, M. I., Anshari, G. Z., & Nusantara, R. W. (2025). Beberapa Sifat Fisika Tanah Gambut Terdegradasi Akibat Kebakaran Lahan Di Desa Rasau Jaya Tiga Kabupaten Kubu Raya. *Pedontropika : Jurnal Ilmu Tanah Dan Sumber Daya Lahan*, 11(1), 51–59. <https://doi.org/10.26418/pedontropika.v11i1.85530>
- Hussin, A. M., Tala'a, A. A., Fadhil, S. A. N., & Salman, H. A. (2021). The adverse effect of long term intake of Monosodium Glutamate on kidney performance. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 880(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/880/1/012056>
- Ivansyah, O., Zubair, H., Irfan, U. R., & Widodo, S. (2025). Geochemical behavior of lateral peat degradation in the Kubu Raya Region, West Kalimantan, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 12(4), 8405–8419. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2025.124.8405>
- Jauhiainen, J., Silvennoinen, H., Könönen, M., Limin, S., & Vasander, H. (2016). *Effects of Carbon Substrate Lability on Tropical Peat Mineralization Under Aerobic and Anaerobic Conditions*. 127–131.
- Jauhiainen, J., Silvennoinen, H., Limin, S. H., & Vasander, H. (2008). Effect of hydrological restoration on degraded tropical peat carbon fluxes. *Restoration of Tropical Ecosystems*, 111.
- Juliano, G., Suwardi, S., & Sudadi, U. (2023). Dynamics of Tropical Peatlands Characteristics and Carbon Stocks as Affected by Land Use Conversion and Ages of Land Use in Riau Province, Indonesia. *Journal of Tropical Soils*, 29(1), 23–32. <https://doi.org/10.5400/jts.2024.v29i1.23-32>
- Kunarso, A., Farquharson, R., Rachmanadi, D., Hearn, K., Blanch, E. W., & Grover, S. (2024). Land use change alters carbon composition and degree of decomposition of tropical peat soils. *Mires and Peat*, 30(Drzymulska 2016), 1–23. <https://doi.org/10.19189/MaP.2023.OMB.Sc.2121334>
- Nusantara, R. W., Sudarmadji, Djohan, T. S., & Haryono, E. (2017). Kajian Karbon dan Hara Tanah Gambut Akibat Alih Fungsi Lahan Gambut di Kalimantan Barat. *Jurnal Pedon Tropika*, 3, 97–105. DOI: 10.26418/pedontropika.v3i1.23439
- Pratiwi, R. (2025). *Analisis Spasial Pengaruh Restorasi Terhadap Dinamika Kebakaran Lahan Gambut Kabupaten Ogan Komering Ilir di KHG Sungai Burnai- Sungai Sibumbang*. 10(2), 1–23. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v10i2.44820>
- Prayitno, M. B., Sabaruddin, S., Setyawan, D., & Yakup, Y. (2013). Pendugaan cadangan karbon gambut pada agroekosistem kelapa sawit. *Jurnal Agrista*, 17(3), 86–92. <https://www.neliti.com/publications/218880/pendugaan-cadangan-karbon-gambut-pada-agroekosistem-kelapa-sawit>
- Qirom, M. A., Yuwati, T. W., Rachmanadi, D., & Halwany, W. (2021). The variation of carbon

- content and bulk density on different time period post fire and peat depth. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 886(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/886/1/012096>
- Sterner, S., Aslan, C., Best, R., & Chaudhry, T. (2022). Forest management effects on vegetation regeneration after a high severity wildfire: A case study in the southern Cascade range. *Forest Ecology and Management*, 520(June), 120394. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120394>
- Suharnoto, Y., Setiawan, B. I., Pribadi, A., Muslihat, L., & Buchori, D. (2022). Assessments of Underground Carbon Stocks in Merang-Kepahyang Peatlands, South Sumatra, Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 14(9), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su14095473>
- Swails, E., Frolking, S., Deng, J., & Hergoualc'h, K. (2024). Degradation increases peat greenhouse gas emissions in undrained tropical peat swamp forests. *Biogeochemistry*, 167(1), 59–74. <https://doi.org/10.1007/s10533-023-01110-2>
- Widyastuti, M. T., Minasny, B., Padarian, J., Maggi, F., Aitkenhead, M., Connolly, J., Fiantis, D., Kidd, D., Ma, Y., Macfarlane, F., Robb, C., Setiawan, B. I., & Taufik, M. (2024). PEATGRIDS: Mapping thickness and carbon stock of global peatlands via digital soil mapping. *Earth System Science Data*, 12559239(August), 1–29. https://essd.copernicus.org/preprints/essd-2024-333/?utm_source=researcher_app&utm_medium=referral&utm_campaign=RESR_MRKT_Researcher_inbound
- Wijayanti, F., Fitria, A. D., Jaya, A., Aditya, H. F., Lestari, S. R., & Maroeto, M. (2025). Potential agroforestry system on peat land to improve soil chemical properties in Palangkaraya, Central Borneo. *Journal of Ecological Engineering*, 26(10), 103–115. <https://doi.org/10.12911/22998993/205594>
- Xiangyang, S., Genxu, W., Juying, S., Shouqin, S., Zhaoyong, H., Chunlin, S., & Shan, L. (2022). Contrasting water sources used by a coniferous forest in the high-altitude, southeastern Tibetan Plateau. *Science of the Total Environment*, 849(August), 157913. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157913>