

POTENSI PENYIMPANAN KARBON TANAH PADA KAWASAN HUTAN DENGAN TUJUAN KHUSUS OELSONBAI KUPANG

Mariani Unang, Lusia S. Marimpan*, Astin E. Mau, Fadlan**

Pramatana***

[Email: rianyunang502@gmail.com](mailto:rianyunang502@gmail.com)

Fakultas Pertanian, Universitas Nusa Cendana

ABSTRAK

Perubahan iklim terjadi akibat peningkatan gas rumah kaca mendorong upaya mitigasi melalui peningkatan cadangan karbon hutan. Penelitian ini bertujuan menentukan potensi penyimpanan karbon tanah di KHDTK Oelsonbai Kupang. Penelitian dilakukan pada kawasan seluas 20,25 ha dengan menggunakan metode purposive sampling berdasarkan kerapatan tajuk vegetasi (analisis NDVI), dengan intensitas 10% (50 plot), pada tiga kedalaman (0-10 cm, 10-20 cm dan 20-30 cm). Parameter yang dianalisis meliputi bulk density dan kandungan karbon organik dengan metode pengabuan kering (Loss On Ignition/LOI).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada vegetasi rapat nilai bulk density 1,38 g/cm³, C-Organik 1,81% dan simpanan karbon tanah 24,58 ton/ha. Vegetasi sedang nilai bulk density sebesar 1,26 g/cm³, kandungan C-Organik 1,14% dan simpanan karbon tanah 13,86 ton/ha. Pada vegetasi jarang nilai bulk density sebesar 1,57 g/cm³, kandungan C Organik 0,73 % dan simpanan karbon tanah 11,26 ton/ha. Total simpanan karbon tanah di KHDTK Oelsonbai Kupang sebesar 453,53 ton.

Kata Kunci: karbon tanah, C-Organik, bulk density, KHDTK Oelsonbai.

I. PENDAHULUAN

Perubahan iklim global merupakan salah satu tantangan lingkungan terbesar saat ini dan berkaitan erat dengan meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer. Karbon dioksida (CO_2) menjadi GRK dominan yang sebagian besar bersumber dari aktivitas antropogenik seperti deforestasi dan pembakaran bahan bakar fosil (Arfina *et al.*, 2020). Peningkatan konsentrasi GRK menyebabkan lebih banyak panas terperangkap di atmosfer sehingga memicu pemanasan global, kenaikan permukaan air laut, serta perubahan pola cuaca ekstrem yang berdampak negatif terhadap ekosistem maupun kehidupan manusia. Apabila tidak segera ditangani, kondisi ini berpotensi menimbulkan krisis lingkungan dan kemanusiaan pada masa mendatang, sehingga upaya mitigasi melalui peningkatan cadangan karbon menjadi sangat penting.

Ekosistem hutan memegang peranan penting dalam siklus karbon global melalui penyerapan CO_2 dari atmosfer oleh vegetasi dalam proses fotosintesis. Hasil fotosintesis tersebut diubah menjadi biomassa yang memungkinkan vegetasi tumbuh semakin besar dan tinggi (Tuah *et al.*, 2017). Hutan tidak hanya menyimpan karbon pada biomassa pohon berupa batang, cabang, dan daun, tetapi juga pada nekromassa seperti kayu mati dan serasah yang selanjutnya berkontribusi terhadap penyimpanan karbon di dalam tanah. Kerapatan tajuk vegetasi memiliki keterkaitan positif dengan kandungan karbon tanah karena vegetasi yang rapat menghasilkan biomassa dan serasah dalam jumlah lebih besar, sehingga meningkatkan akumulasi bahan organik dan karbon di dalam tanah (Akhbar & Arianingsih, 2016)

Tanah, melalui penumpukan bahan organik, merupakan salah satu penyimpan karbon terbesar di biosfer daratan dan memiliki kapasitas menyimpan karbon lebih besar dibandingkan vegetasi maupun atmosfer (Farija *et al.*, 2017 dalam Purnama *et al.*, 2024). Tanah menyimpan sekitar 2.344 Gt karbon organik sehingga menjadikannya cadangan karbon organik terestrial terbesar (Edwin, 2016). Karbon organik tanah berasal dari sisa tumbuhan dan mikroorganisme yang terdekomposisi dan tersimpan di dalam profil tanah. Sebaliknya, karbon yang hilang dari tanah akan dilepaskan kembali ke atmosfer dalam bentuk CO₂ melalui respirasi akar, aktivitas mikroorganisme, dan oksidasi senyawa karbon. Kapasitas penyimpanan karbon tanah sangat dipengaruhi oleh tipe ekosistem hutan, kedalaman tanah, topografi, kondisi lingkungan, serta praktik pengelolaan lahan, sehingga pengelolaan yang tepat menjadikan tanah sebagai penyerap karbon yang efektif.

Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Oelsonbai merupakan kawasan seluas 20,25 ha yang terletak di Kelurahan Fatukoa, Kecamatan Maulafa, dan Kelurahan Naioni, Kecamatan Alak, Kota Kupang, dengan fungsi khusus untuk penelitian, pendidikan, pelestarian lingkungan, dan rehabilitasi lahan (Herningtyas *et al.*, 2022). Kawasan ini juga berfungsi sebagai daerah tangkapan air pada hulu DAS Kupang dan DAS Meto Batulesa serta menjadi habitat keanekaragaman hayati asli Nusa Tenggara Timur (Riwu Kaho & Mau, 2019). Di dalamnya terdapat lahan agroforestri berupa pencampuran tanaman pertanian dan tanaman kehutanan, sementara aktivitas masyarakat sekitar seperti pengambilan kayu bakar secara berkala turut menimbulkan gangguan terhadap kawasan. Penelitian Fallo *et al.* (2024) melaporkan bahwa potensi biomassa atas permukaan tanah di kawasan ini

mencapai 75,16 ton/ha dengan simpanan karbon 35,17 ton/ha dan serapan CO₂ 129,08 ton/ha.

Meskipun informasi mengenai cadangan karbon atas permukaan tanah telah tersedia, perhitungan potensi penyimpanan karbon tanah di KHDTK Oelsonbai belum pernah dilakukan, sehingga informasi mengenai *carbon pools* pada kawasan ini masih belum lengkap. Padahal, karbon tanah merupakan komponen cadangan karbon yang berkontribusi besar dan relatif stabil dalam jangka panjang, khususnya pada ekosistem lahan kering tropis seperti Nusa Tenggara Timur yang memiliki karakteristik iklim semi-kering. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan potensi penyimpanan karbon tanah di KHDTK Oelsonbai Kupang berdasarkan tingkat kerapatan tajuk vegetasi, sekaligus menganalisis hubungan antara kerapatan tajuk dan kandungan C-organik tanah sebagai dasar perumusan strategi pengelolaan kawasan.

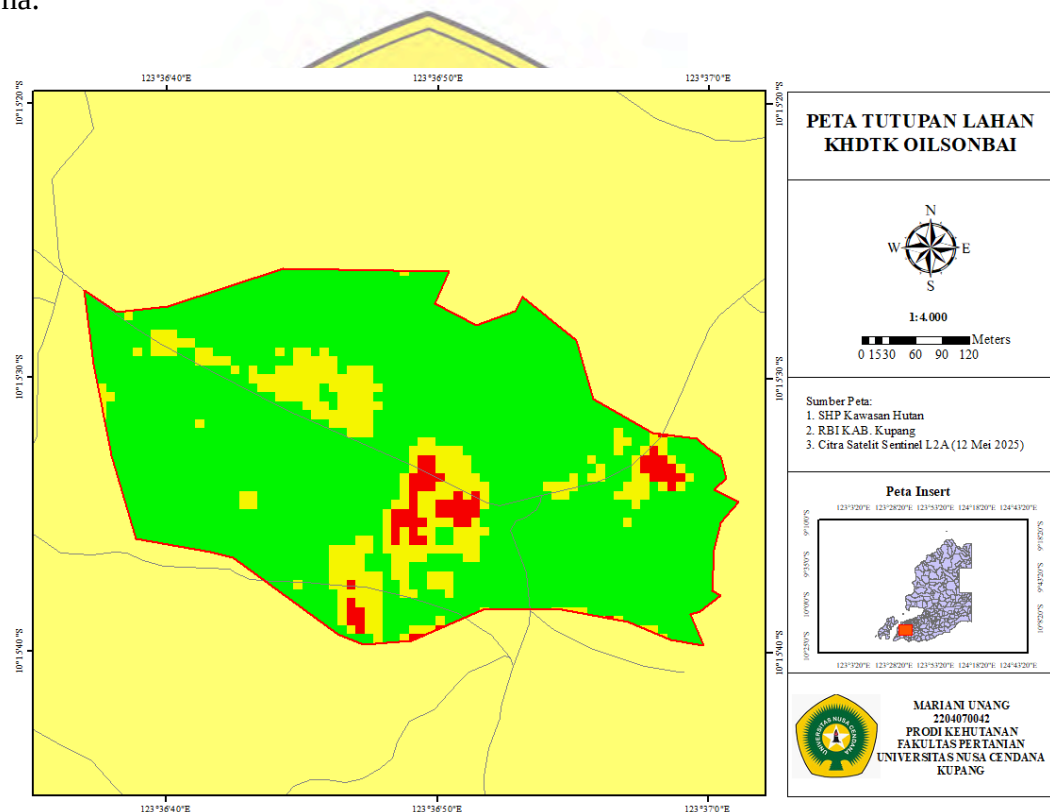
Penelitian ini berfokus pada dua rumusan masalah:

1. Berapa potensi penyimpanan karbon tanah pada Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus Oelsonbai Kupang?

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari sampai April 2026 di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus Oelsonbai Kupang dan Laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Nusa Cendana, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode purposive sampling. Berdasarkan hasil digitasi citra satelit, didapatkan luas tutupan lahan Kawasan

Hutan Dengan Tujuan Khusus Oelsonbai Kupang 20,25 Ha. Untuk memperoleh tingkat kerapatan vegetasi dilakukan dengan menggunakan metode NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Berdasarkan hasil digitasi dengan metode NDVI, maka diperoleh luas tutupan lahan dengan tingkat kerapatan vegetasi rapat adalah 16,40 ha, luas tutupan lahan dengan tingkat kerapatan vegetasi sedang adalah 3,15 ha, luas tutupan lahan dengan tingkat kerapatan vegetasi jarang adalah 0,60 ha.



Gambar 1. Peta Tutupan Lahan

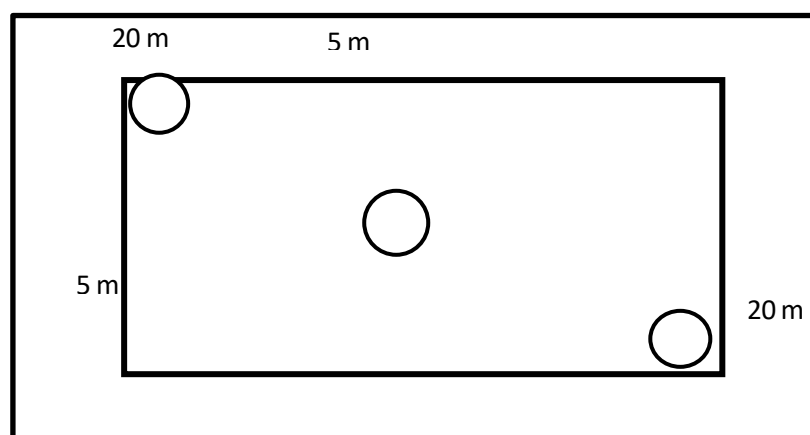
Penentuan Plot

Penentuan titik pengambilan sampel tanah di dalam tiap plot dilakukan dengan metode diagonal (Nugroho & Hidayat, (2021). Pengambilan contoh tanah dilakukan pada tiga kedalaman, yaitu 0–10 cm, 10–20 cm, dan 20–30 cm, mengacu pada pedoman pengukuran dan penghitungan cadangan karbon (Badan

Standardisasi Nasional, 2011). Sampel tanah utuh (tidak terganggu) diambil menggunakan ring sampel untuk analisis bulk density, sedangkan sampel tanah komposit (terganggu) diambil menggunakan bor tanah pada tiga titik diagonal untuk analisis kandungan C-organik. Analisis C-organik dilakukan dengan metode pengabuan kering (Loss on Ignition/LOI), yaitu dengan mengoven sampel tanah selama 24 jam pada suhu 105°C, kemudian mengabukannya dalam tanur selama 5–6 jam pada suhu 500°C, sehingga kadar bahan organik dapat dihitung dari selisih berat sebelum dan sesudah pengabuan (Agus *et al.*, 2011). Pengambilan sampel tanah mengacu pada Peraturan Menteri Kehutanan No. P.33/Menhut-II/2009, menggunakan intensitas sampling 10% dengan petak ukur berukuran 20 × 20 m.

$$\begin{aligned}\text{Luas seluruh plot yang diamati} &= \text{IS} \times \text{luas area hutan} \\ &= 10\% \times 20,25 \text{ Ha} \\ &= 2,02 \text{ Ha}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah plot yang akan dibuat} &= \frac{\text{Luas Petak Ukur}}{\text{Luas Plot}} \\ &= \frac{2,02}{0,04} = 50 \text{ plot}\end{aligned}$$



Gambar 2. Bentuk dan Ukuran Plot Pengambilan Sampel

Analisis Data

a. Perhitungan Bulk density

$$BD = \frac{BK}{V_t}$$

Keterangan:

BK: berat kering tanah

V_t: volume tanah dalam ring ($v_t = 1/4\pi d^2 t$)

b. Bahan Organik

Menurut Badan Standardisasi Nasional, (2011)., perhitungan nekromassa kayu mati didapatkan dengan mengalikan volume kayu mati dengan nilai kerapatan kayu.

$$BO = \frac{1,724 (0,458b - 0,4)}{BKM} \times 100\%$$

Keterangan:

BO : Bahan organik

b : berat kering tanah

BKM : Bearat kring tanah setelah oven (105⁰)

1,724 0,4 dan 0,458 : Konstanta pengukuran bahan organik

c. C-Organik Tanah

$$\text{C-organik} = \frac{Bo}{1,724}$$

Keterangan:

Bo : Persentase bahan organik

1,724 : Konstanta faktor konversi

d. Perhitungan Kandungan Karbon

Menurut Badan Standardisasi Nasional, (2011), perhitungan karbon tanah menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Ct = Kt \times Blt \times \%C \text{ organik}$$

Keterangan:

Ct : kandungan karbon tanah (g/cm^2);

Kt : Kedalaman contoh tanah (cm);

Blt : Bulk densiity (cm)

% C organik : nilai persentase kandungan karbon.

Cadangan karbon per hektar dapat menghitung menggunakan rumus yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional. (2011) yaitu sebagai berikut:

$$C_{\text{tanah}} = C_t \times 100$$

Keterangan:

C_{tanah} : Kandungan karbon organik per hektar dinyatakan dalam (ton/ha)

C_t : Kandungan karbon tanah dinyatakan dalam (g/cm²)

100: Faktor konversi dari g/cm² ke ton/ha.

e. Analisis Korelasi

Analisis korelasi dalam penelitian ini bertujuan mengukur hubungan linear antara variabel C-organik tanah dengan tutupan lahan di KHD TK Oelsonbai Kupang. Penelitian ini menggunakan korelasi pearson, sebuah metode statistik parametrik, untuk menilai kekuatan dan arah keterkaitan antara dua jenis data numerik. Koefisien korelasi Pearson (r) dapat dilihat pada persamaan berikut (Setiangingsih *et al.*, 2025)

$$r = \frac{(n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y))}{\sqrt{([n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Keterangan:

r : Koefisien Korelasi Pearson

n : Jumlah sampel

x : Nilai C-organik tanah

y : Nilai tutupan lahan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kandungan dan Simpanan Karbon Tanah

a. Kandungan dan Simpanan Karbon Tanah pada Vegetasi Rapat

Vegetasi rapat memiliki luas 16,40 ha dengan jumlah plot 40. Hasil perhitungan kandungan dan simpanan karbon tanah pada vegetasi rapat disajikan pada Tabel 3.1.

Parameter	Bulk density (g/cm ³)	C-Organik (%)	Ct (g/cm ²)	Ctanah (ton/ha)
Rata-rata	1,38	1,81	0,25	24,58

Tabel 3.1 kandungan dan simpanan karbon tanah pada vegetasi rapat

Berdasarkan Tabel 3.1, nilai *bulk density* pada vegetasi rapat sebesar 1,38 g/cm³ dengan kandungan C-organik 1,81%, kandungan karbon tanah (Ct) 0,25 g/cm², dan simpanan karbon tanah 24,58 ton/ha. Nilai tersebut menunjukkan bahwa vegetasi rapat memiliki kemampuan penyimpanan karbon tanah tertinggi dibandingkan kategori kerapatan lainnya. Tingginya simpanan karbon pada vegetasi rapat mengindikasikan bahwa kondisi ekologis kawasan mendukung proses akumulasi bahan organik dalam tanah, di mana semakin besar masukan biomassa dari vegetasi, semakin besar pula potensi tanah menyimpan karbon dalam jangka panjang.

Nilai *bulk density* pada vegetasi rapat cenderung meningkat seiring bertambahnya kedalaman tanah. Pada lapisan 0-10 cm, nilai *bulk density* relatif lebih rendah dibandingkan lapisan di bawahnya, yang menunjukkan bahwa lapisan permukaan memiliki struktur lebih longgar dan porositas lebih tinggi akibat

akumulasi bahan organik dari serasah serta aktivitas perakaran. Sebaliknya, pada kedalaman 20-30 cm nilai *bulk density* meningkat, seperti terlihat pada plot 28 dan plot 32 yang masing-masing mencapai 1,61 g/cm³. Selain rendahnya kandungan bahan organik, proses vertikal berupa infiltrasi dan perkolasi turut memodifikasi sifat tanah pada setiap kedalaman. Air hujan yang mengalir ke bawah membawa partikel halus seperti fraksi liat dari lapisan permukaan melalui proses pencucian (Wang *et al.*, 2020), yang kemudian mengendap dan menyumbat pori makro pada lapisan bawah sehingga meningkatkan *bulk density*. Dinamika ini diperkuat oleh pengulangan siklus basah-kering yang menyebabkan penyusutan dan pemadatan alami partikel tanah (Bakri *et al.*, 2025).

Kandungan karbon organik pada vegetasi rapat menunjukkan pola yang berlawanan dengan *bulk density*, yaitu lebih tinggi pada lapisan permukaan dan menurun pada lapisan yang lebih dalam. Kandungan C-organik tertinggi ditemukan pada plot 12 sebesar 4,68%, diikuti plot 10 sebesar 4,46% dan plot 18 sebesar 4,33%, sedangkan plot 28 dan plot 32 hanya mencapai 0,98% dan 0,99%. Pola ini selaras dengan Giweta, (2020) yang menyatakan bahwa sebagian besar cadangan bahan organik tanah terletak pada lapisan permukaan karena tingginya masukan serasah, akar halus, dan aktivitas mikroorganisme.

Hubungan antara *bulk density* dan kandungan C-organik pada vegetasi rapat bersifat berbanding terbalik. Plot dengan kandungan bahan organik tinggi umumnya memiliki *bulk density* lebih rendah karena bahan organik memperbaiki struktur tanah melalui pembentukan agregat dan peningkatan ruang pori sehingga tanah menjadi lebih gembur. Hasil ini sejalan dengan Crnobra *et al.* (2022) yang

menunjukkan hubungan negatif antara kandungan bahan organik dan *bulk density* tanah.

Nilai C_t dan simpanan karbon tanah menunjukkan pola yang konsisten dengan kandungan C-organik. Plot 12 memiliki nilai C_t tertinggi sebesar 0,62 g/cm² dengan simpanan karbon 61,66 ton/ha, diikuti plot 18 sebesar 0,59 g/cm² dengan simpanan karbon 59,10 ton/ha, dan plot 10 sebesar 58,41 ton/ha. Temuan ini sejalan dengan Istomo *et al.* (2025) yang menjelaskan bahwa peningkatan biomassa vegetasi dan akumulasi bahan organik berkontribusi terhadap peningkatan stok karbon tanah. serta (Purnama *et al.*, 2024) yang menemukan bahwa lokasi dengan kandungan C-organik tinggi memiliki simpanan karbon tanah lebih besar. Selain masukan serasah permukaan, sistem perakaran juga berperan penting melalui akar halus dan eksudat akar yang mendukung aktivitas mikroba serta pembentukan karbon yang terikat pada mineral tanah, sehingga beberapa plot mampu mempertahankan kandungan C-organik hingga kedalaman 20-30 cm. Secara keseluruhan, vegetasi rapat memberikan kontribusi terbesar terhadap penyimpanan karbon tanah di KHDTK Oelsonbai sehingga keberadaannya perlu dipertahankan dan dikelola secara berkelanjutan.

b. Kandungan dan Simpanan Karbon Tanah Pada Vegetasi Sedang

Vegetasi sedang memiliki luas 3,15 ha dengan jumlah 8 plot pengamatan. Hasil perhitungan kandungan dan simpanan karbon tanah pada vegetasi sedang disajikan pada Tabel 3.2.

Parameter	Bulk density	C-Organik	Ct	Ctanah
Rata-rata	1,26	1,14	0,14	13,86

Gambar 3.2 kandungan dan simpanan karbon tanah pada vegetasi sedang

Berdasarkan Tabel 3.2, nilai *bulk density* pada vegetasi sedang sebesar 1,26 g/cm³ dengan kandungan C-organik 1,14%, Ct sebesar 0,14 g/cm², dan simpanan karbon tanah 13,86 ton/ha. Nilai ini menunjukkan bahwa kapasitas penyimpanan karbon tanah pada vegetasi sedang lebih rendah dibandingkan vegetasi rapat, tetapi masih lebih tinggi daripada vegetasi jarang.

Nilai *bulk density* pada vegetasi sedang juga meningkat seiring bertambahnya kedalaman tanah. Nilai terendah ditemukan pada plot 1 lapisan 0-10 cm sebesar 1,08 g/cm³, sedangkan nilai tertinggi sebesar 1,43 g/cm³ ditemukan pada plot 5 lapisan 0-10 cm dan plot 7 lapisan 20-30 cm. Kondisi ini menunjukkan bahwa lapisan permukaan memiliki struktur lebih longgar akibat tingginya aktivitas akar dan akumulasi bahan organik, sedangkan lapisan yang lebih dalam mengalami pemadatan karena berkurangnya bahan organik dan aktivitas organisme tanah. Menurut Putri & Sasongko, (2023), peningkatan *bulk density* pada lapisan bawah umumnya disebabkan oleh berkurangnya porositas dan meningkatnya tekanan massa tanah di atasnya.

Kandungan C-organik pada vegetasi sedang tertinggi ditemukan pada plot 1 lapisan 0-10 cm sebesar 2,54%, diikuti plot 6 sebesar 2,12% dan plot 3 sebesar 1,79%. Tingginya kandungan C-organik pada ketiga plot tersebut diduga berkaitan dengan dominasi johar (*Senna siamea*) yang merupakan famili legum penghasil

serasah dalam jumlah besar dengan rasio C/N rendah sehingga lebih mudah terdekomposisi menjadi humus stabil (Utomo & Budiadi, 2012 dalam Konay, 2023). Hasil penelitian (Konay, 2023) pada lokasi yang sama mencatat C-organik tanah di bawah tegakan johar sebesar 2,37% (sedang), lebih tinggi dibandingkan tegakan akasia sebesar 1,66% dan jati sebesar 1,46% yang keduanya tergolong rendah. Sebaliknya, serasah akasia mengandung lignin dan polifenol tinggi sehingga laju dekomposisinya lambat dan transfer karbon ke dalam profil tanah terhambat (Mali *et al.*, 2021). Perbedaan kualitas dan kuantitas masukan bahan organik antar jenis vegetasi ini sejalan dengan (Bahadori *et al.*, 2021).

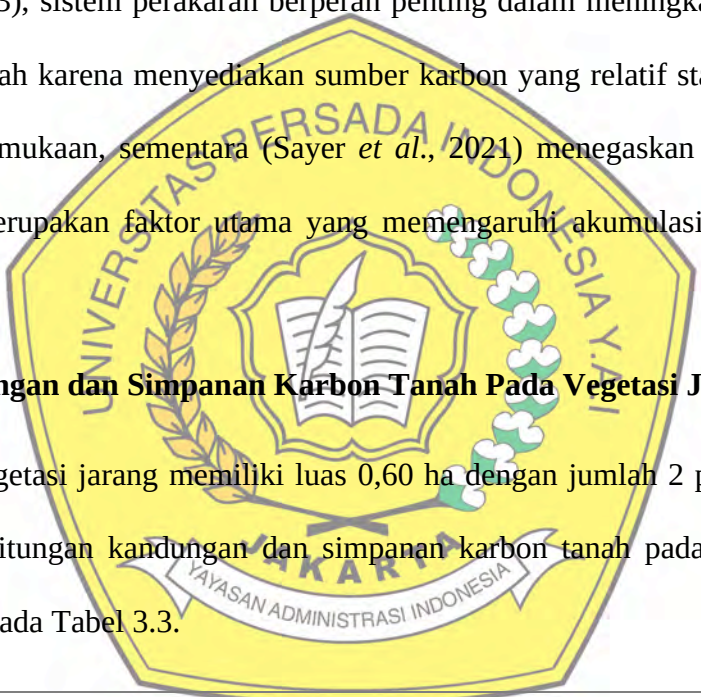
Pada lapisan 20-30 cm, kandungan C-organik menurun di seluruh plot, dengan nilai terendah pada plot 5 sebesar 0,48%, sedangkan plot 2 dan plot 3 masing-masing hanya mencapai 0,73% dan 0,72%. Rendahnya kandungan C-organik pada plot 2, 3, dan 5 juga dipengaruhi oleh penggunaan lahan, karena ketiga plot tersebut terletak pada lahan agroforestri yang dimanfaatkan secara intensif. Intensitas penggunaan lahan yang tinggi dapat mengurangi akumulasi serasah permukaan, meningkatkan gangguan tanah, dan menurunkan cadangan karbon organik tanah (Devi, 2021). Selain vegetasi yang tumbuh saat ini, riwayat pengelolaan lahan seperti pengolahan tanah dan sistem penanaman turut menentukan akumulasi bahan organik dalam tanah.

Hubungan antara *bulk density* dan C-organik pada vegetasi sedang juga bersifat negatif, sejalan dengan (Voltr *et al.*, 2021) yang menyatakan bahwa kandungan bahan organik merupakan faktor kunci yang memengaruhi kerapatan tanah dan kapasitas penyimpanan karbon. Nilai C_t dan simpanan karbon tanah menunjukkan

pola serupa dengan C-organik, di mana plot 1 memiliki Ct tertinggi sebesar 0,27 g/cm² dengan simpanan karbon 27,31 ton/ha, diikuti plot 6 dengan Ct 0,27 g/cm² dan simpanan karbon 26,58 ton/ha, sedangkan plot 5 hanya mencapai Ct 0,07 g/cm² dengan simpanan karbon 6,82-7,47 ton/ha. Vegetasi sedang masih menghasilkan serasah dan biomassa akar yang berkontribusi terhadap pembentukan karbon tanah meskipun dalam jumlah lebih sedikit dibandingkan vegetasi rapat. Menurut Liang *et al.* (2023), sistem perakaran berperan penting dalam meningkatkan kandungan karbon tanah karena menyediakan sumber karbon yang relatif stabil pada lapisan bawah permukaan, sementara (Sayer *et al.*, 2021) menegaskan bahwa masukan serasah merupakan faktor utama yang memengaruhi akumulasi karbon organik tanah.

c. Kandungan dan Simpanan Karbon Tanah Pada Vegetasi Jarang

Vegetasi jarang memiliki luas 0,60 ha dengan jumlah 2 plot pengamatan. Hasil perhitungan kandungan dan simpanan karbon tanah pada vegetasi jarang disajikan pada Tabel 3.3.



Parameter	Bulk density	C-Organik	Ct	Ctanah
Rata-rata	1,57	0,73	0,11	11,26

Tabel 3.1 kandungan dan simpanan karbon tanah pada vegetasi jarang

Berdasarkan Tabel 3.3 nilai *bulk density* pada vegetasi jarang sebesar 1,57 g/cm³ dengan kandungan C-organik 0,73%, Ct sebesar 0,11 g/cm², dan simpanan karbon tanah 11,26 ton/ha. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa vegetasi jarang memiliki kandungan dan simpanan karbon tanah terendah dibandingkan vegetasi sedang dan rapat, yang mengindikasikan bahwa tutupan lahan terbatas mengurangi

masukan bahan organik ke dalam tanah.

Nilai *bulk density* pada vegetasi jarang relatif tinggi pada semua kedalaman. Pada lapisan 0-10 cm, *bulk density* mencapai 1,45 g/cm³ pada plot 1 dan 1,48 g/cm³ pada plot 2, kemudian meningkat menjadi 1,64-1,65 g/cm³ pada kedalaman 20-30 cm. Tingginya nilai tersebut menunjukkan bahwa tanah pada vegetasi jarang mengalami pemadatan lebih besar akibat rendahnya masukan bahan organik, terbatasnya aktivitas perakaran, dan minimnya perlindungan permukaan tanah oleh kanopi vegetasi, sehingga struktur tanah menjadi lebih padat dan porositas menurun.

Kandungan C-organik pada vegetasi jarang menunjukkan pola berlawanan dengan *bulk density*, dengan nilai tertinggi pada plot 1 lapisan 0-10 cm sebesar 1,15% dan plot 2 sebesar 0,80%, yang kemudian menurun pada lapisan lebih dalam menjadi 0,58% dan 0,44%. Tingginya kandungan C-organik pada plot 1 diduga berkaitan dengan dominasi johar (*Senna siamea*), akasia auri (*Acacia auriculiformis*), dan jati (*Tectona grandis*). Johar sebagai tanaman legum mampu menghasilkan serasah dalam jumlah besar, akasia auri menyumbang bahan organik melalui produksi serasah daun dan dekomposisi akar (Mali *et al.*, 2021), sedangkan jati menggugurkan daun dalam jumlah banyak terutama pada musim kemarau sehingga meningkatkan akumulasi serasah permukaan (Giweta, 2020). Kombinasi ketiga jenis tersebut menghasilkan masukan biomassa yang lebih besar dibandingkan plot 2.

Sebaliknya, plot 2 yang didominasi akasia auri menunjukkan kandungan C-organik lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa biomassa vegetasi yang tinggi

tidak selalu berarti kandungan karbon organik tanah yang tinggi, karena serasah akasia umumnya memiliki rasio C/N tinggi sehingga dekomposisinya lebih lambat dibandingkan vegetasi legum seperti johar (Konay, 2023). Selain faktor vegetasi, plot 2 diketahui merupakan area bekas lapangan bola yang sebelumnya sering digunakan untuk aktivitas manusia. Penggunaan lahan secara intensif dapat menyebabkan pemadatan tanah, berkurangnya lapisan serasah, dan menurunnya akumulasi bahan organik (Crnobra *et al.*, 2022). Faktor lingkungan lain seperti suhu dan kelembapan tanah turut mengatur aktivitas mikroorganisme pengurai bahan organik (Zhao *et al.*, 2017)

Nilai Ct dan simpanan karbon tanah pada vegetasi jarang konsisten dengan kandungan C-organik. Plot 1 memiliki Ct tertinggi sebesar 0,17 g/cm² dengan simpanan karbon 16,66 ton/ha pada lapisan 0-10 cm, sedangkan plot 2 memiliki Ct 0,12 g/cm² dengan simpanan karbon 11,83 ton/ha, dan keduanya menurun pada lapisan yang lebih dalam. Penelitian Farija *et al.* (2016) yang melaporkan bahwa kawasan dengan tutupan vegetasi rapat memiliki stok karbon tanah lebih tinggi dibandingkan kawasan bervegetasi jarang. Rendahnya stok karbon pada vegetasi jarang dipengaruhi oleh terbatasnya masukan bahan organik dan kondisi lingkungan lahan kering, sehingga peningkatan tutupan vegetasi dan pengelolaan lahan berkelanjutan diperlukan untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan karbon tanah.

d. Kandungan dan Simpanan Karbon Tanah di KHDTK Oelsonbai

KHDTK Oelsonbai memiliki luas 20,25 ha dengan 50 plot pengamatan yang terbagi berdasarkan kerapatan tajuk. Hasil perhitungan simpanan karbon

tanah pada seluruh kelas kerapatan disajikan pada Tabel 3.4.

Kerapatan	Luas (ha)	C-organik (%)	Ct (g/cm ²)	Ctanah (ton/ha)	Ctanah (ton)
Rapat	16,40	1,81	0,25	24,58	403,11
Sedang	3,15	1,14	0,14	13,86	43,66
Jarang	0,60	0,73	0,11	11,26	6,76
Total				453,53	

Berdasarkan Tabel 3.4, total simpanan karbon tanah di KHDTK Oelsonbai sebesar 453,53 ton. Vegetasi rapat dengan luas 16,40 ha menyumbang simpanan karbon terbesar yaitu 403,11 ton, diikuti vegetasi sedang dengan luas 3,15 ha sebesar 43,66 ton, dan vegetasi jarang dengan luas 0,60 ha sebesar 6,76 ton. Data tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kandungan C-organik selalu diikuti oleh peningkatan Ct dan simpanan karbon tanah, sehingga karbon organik merupakan komponen utama penyusun cadangan karbon tanah (Wijaya, 2024).

Perbedaan nilai simpanan karbon antar kategori kerapatan menunjukkan bahwa kerapatan vegetasi memengaruhi kemampuan tanah menyimpan karbon. Vegetasi rapat menghasilkan serasah daun, ranting, dan biomassa akar yang lebih banyak dibandingkan vegetasi sedang dan jarang. Serasah tersebut terdekomposisi menjadi sumber utama bahan organik tanah, sementara aktivitas perakaran yang lebih intensif memperkaya bahan organik melalui pembusukan akar dan eksudat akar (Sokol *et al.*, 2019). Sebaliknya, rendahnya masukan bahan organik pada vegetasi jarang akibat terbatasnya akumulasi serasah menyebabkan kandungan dan

simpanan karbon tanah relatif rendah (Akhbar & Arianingsih, 2016). Hasil ini diperkuat oleh Wahyudi *et al.* 2016) yang menjelaskan bahwa peningkatan kandungan karbon organik cenderung diikuti oleh peningkatan cadangan karbon tanah.

Jika dibandingkan dengan penelitian serupa, nilai simpanan karbon tanah di KHDTK Oelsonbai lebih rendah dibandingkan penelitian Akhbar & Arianingsih, (2016) di Hutan Lindung Kebun Kopi, Desa Nupabomba, Kabupaten Donggala, yang mencatat nilai tertinggi sebesar 103.047,26 ton, maupun penelitian Arfina *et al.* (2020) di Kawasan Geothermal Seulawah Agam. Perbedaan ini wajar mengingat KHDTK Oelsonbai berada pada wilayah beriklim semi-kering yang secara alami membatasi produktivitas vegetasi dan laju dekomposisi bahan organik, berbeda dengan lokasi pembandingan yang umumnya memiliki curah hujan lebih tinggi dan vegetasi lebih beragam. Musim kemarau selama 5-6 bulan menyebabkan kelembapan tanah menjadi faktor pembatas utama sehingga aktivitas mikroba pengurai menurun drastis atau memasuki fase dorman, yang membuat transformasi serasah menjadi bahan organik tanah yang stabil kurang optimal (Prescott & Vesterdal, 2021). Menurut Munjonji *et al.* (2020), pada ekosistem semi-kering keterbatasan air merupakan faktor utama pengendali akumulasi karbon tanah karena secara bersamaan memengaruhi produktivitas vegetasi, masukan serasah, dan laju dekomposisi. Meskipun demikian, kelembapan mikro di bawah kanopi vegetasi rapat dapat dipertahankan lebih lama dibandingkan vegetasi jarang sehingga menciptakan kondisi yang lebih kondusif bagi pembentukan karbon organik tanah (Basche & DeLonge, 2017).

3.2 Hubungan Kerapatan Tajuk dengan Kandungan C-Organik Tanah

Analisis korelasi Pearson dilakukan untuk menentukan hubungan antara kerapatan tajuk vegetasi dan kandungan C-organik tanah di KHDTK Oelsonbai Kupang. Hasil analisis disajikan pada Tabel 3.5.

Lokasi	Pearson Corelation	Sig. 2-Tailed	Keterangan
KHDTK Oelsonbai	0,446	0,001	Korelasi sedang, signifikan

Hasil analisis korelasi Pearson menunjukkan koefisien korelasi sebesar 0,446 dengan nilai signifikansi $p < 0,01$. Nilai tersebut termasuk kategori sedang, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan positif yang nyata antara kerapatan tajuk vegetasi dan kandungan C-organik tanah di lokasi penelitian. Korelasi ini tercermin dari perbedaan kandungan C-organik rata-rata antar kategori kerapatan, yaitu vegetasi rapat 1,81%, vegetasi sedang 1,14%, dan vegetasi jarang 0,73%. Hubungan positif tersebut terjadi melalui dua jalur utama masukan bahan organik, yaitu akumulasi serasah permukaan yang terdekomposisi menjadi bahan organik tanah (Giweta, 2020).

Meskipun bersifat positif, nilai korelasi yang tergolong sedang menunjukkan bahwa kerapatan tajuk bukan satu-satunya penentu kandungan C-organik tanah. Komposisi vegetasi dominan menjadi salah satu faktor penjelas, di mana plot yang didominasi johar secara konsisten memiliki C-organik lebih tinggi (plot 12 sebesar 4,68%, plot 10 sebesar 4,46%, dan plot 18 sebesar 4,33%), sedangkan plot yang didominasi akasia auri dalam kategori kerapatan yang sama justru memiliki nilai jauh lebih rendah (plot 28 sebesar 0,98% dan plot 32 sebesar

0,99%). Faktor lain yang berkontribusi adalah riwayat gangguan dan penggunaan lahan sebelumnya, sebagaimana terlihat pada plot bekas lapangan dalam kategori vegetasi jarang serta beberapa plot agroforestri dengan intensitas pengelolaan tinggi pada kategori vegetasi sedang. Penggunaan lahan secara intensif dapat mengurangi masukan bahan organik, meningkatkan gangguan fisik tanah, dan mempercepat mineralisasi C-organik. Adapun berkurangnya tutupan vegetasi meningkatkan kerentanan tanah terhadap erosi permukaan sehingga kehilangan bahan organik pada lapisan atas menjadi lebih besar (Vanacker *et al.*, 2022). Distribusi C-organik berdasarkan kedalaman juga menunjukkan pola konsisten pada seluruh kategori, yaitu tertinggi pada lapisan 0-10 cm dan menurun hingga kedalaman 20-30 cm (Sulman *et al.*, 2020).

Hasil ini sejalan dengan Chuchon-remon *et al.*, (2026) yang menemukan bahwa kerapatan tajuk vegetasi pada agroekosistem di Amazon Peru secara konsisten berkorelasi dengan peningkatan karbon organik tanah, serta menekankan bahwa stabilitas karbon organik tanah merupakan hasil interaksi kompleks antara vegetasi dan faktor gangguan lahan. Oleh karena itu, area dengan kerapatan tajuk rapat yang menjadi penyumbang utama cadangan karbon tanah perlu ditetapkan sebagai area inti yang dilindungi dari penebangan selektif, pembukaan lahan, dan pembakaran, mengingat pemulihan kondisi tanah pasca gangguan membutuhkan waktu yang lama sehingga pencegahan jauh lebih efisien dibandingkan restorasi (Poorter *et al.*, 2021). Program rehabilitasi pada area bervegetasi jarang dan sedang perlu diarahkan secara selektif melalui penanaman jenis legum penghasil serasah berkualitas tinggi, disertai pembatasan aktivitas yang menyebabkan pemadatan

tanah dan berkurangnya lapisan serasah, serta pemantauan rutin kandungan C-organik tanah pada berbagai kategori vegetasi dan kedalaman.

IV. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus Oelsonbai dapat menghasilkan potensi simpanan karbon tanah, maka ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Potensi penyimpanan karbon tanah di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus Oelsonbai Kupang sebesar 453,53 ton.

4.2 Saran

1. Perlu mempertahankan dan meningkatkan kerapatan vegetasi pada kawasan hutan, terutama pada area dengan tutupan vegetasi jarang, karena vegetasi lebih rapat cenderung memiliki kandungan C-organik dan potensi penyimpanan karbon tanah yang lebih tinggi.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji kandungan karbon tanah di KHDTK Oelsonbai Kupang dengan memperhatikan faktor musim.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji faktor-faktor lain yang memengaruhi kandungan C-organik tanah, seperti fisik dan kimia tanah yang memengaruhi penyimpanan karbon di KHDTK Oelsonbai Kupang.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhbar, M. S., & Arianingsih, I. (2016). Cadangan karbon tanah pada berbagai tingkat kerapatan tajuk hutan lindung kebun kopi Desa Nupabomba Kecamatan Tantovea Kabupaten Donggala. *Warta Rimba*, 4(1), 125–131.
- Arfina, N., Hidayat, M., Nisa, K., & Studi Pendidikan Biologi FTK UIN Ar-Raniry Banda Aceh, P. (2020). Prosiding Seminar Nasional Biotik 2020 Simpanan Karbon Pada Tanah Di Kawasan Geothermal Ie Brok Seulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011a). Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon-Pengukuran Lapangan Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting) (7725; 1).
- Bahadori, M., Chen, C., Lewis, S., Boyd, S., Rashti, M. R., Esfandbod, M., Garzon-Garcia, A., Van Zwieten, L., & Kuzyakov, Y. (2021). Soil organic matter formation is controlled by the chemistry and bioavailability of organic carbon inputs across different land uses. *Science of the Total Environment*, 770, 0–27. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145307>
- Bakri, B., Syazili, A., & Tampubolon, Z. P. (2025). Dynamics of soil organic matter, bulk density and infiltration rate on mining reclamation land. *Jurnal Lahan Suboptimal: Journal of Suboptimal Lands*, 14(1), 77–87. <https://doi.org/10.36706/jlso.14.1.2025.723>
- Basche, A., & DeLonge, M. (2017). The Impact of Continuous Living Cover on Soil Hydrologic Properties: A Meta-Analysis. *Soil Science Society of America*

Journal, 81(5), 1179–1190. <https://doi.org/10.2136/sssaj2017.03.0077>

Chuchon-remon, R., Solo, R., Cruz, J., & Vallejos-torres, G. (2026). *Agroecosystems with greater canopy cover increase soil organic carbon density and reduce soil erodibility in the Peruvian Amazon*. (March), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fagro.2026.1769313>

Crnobrna, B., Llanqui, I. B., Cardenas, A. D., & Panduro Pisco, G. (2022). Relationships between Organic Matter and Bulk Density in Amazonian Peatland Soils. *Sustainability* (Switzerland), 14(19). <https://doi.org/10.3390/su141912070>

Edwin, M. (2016). Penilaian Stok Karbon Tanah Organik Pada Beberapa Tipe Penggunaan Lahan Di Kutai Timur, Kalimantan Timur. 2.

Fallo, T. P. M., Marimpan, L. S., Pramatana, F. & Riwu Kaho, N. P. L. B. (2024). Potensi Biomassa dan Serapan CO₂ Serta Valuasi Ekonomi Karbon Atas Permukaan Tanah Di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus Oelsonbai Kupang. Repository UPT Perpustakaan Undana.

Farija, N., Agustina, E., Wahyuni, S., Muslich Hidayat, dan, & Studi Pendidikan Biologi FTK UIN Ar-Raniry Banda Aceh, P. (2017). Prosiding Seminar Nasional Biotik 2017 Estimasi Stok Karbon Tanah Di Hutan Seulawah Agam Desa Pulo Kemukiman Lamteuba Kecamatan Seulimuem Kabupaten Aceh Besar.

Giweta, M. (2020). Role of litter production and its decomposition, and factors affecting the processes in a tropical forest ecosystem: A review. *Journal of*

Ecology and Environment, 44(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s41610-020-0151-2>

Herningtyas, W., Njurumana, G. N., Feriani, M. E. S., & Mugiono, I. (2022). Development Strategies of Oelsonbai Research Center Scientific Tourism in KHDTK Oelsonbai Kupang. *Jurnal Sylva Lestari*, 10(1), 63–82. <https://doi.org/10.23960/jsl.v10i1.522>

Ignasia Mali, M., Purnama, M. E., Mau, A. E., Program Studi Kehutanan, M., Pertanian, F., & Program Studi Kehutanan, D. (2021). Dekomposisi Serasah Daun Akasia (*Acacia auriculiformis*) di KHDTK Litbang Kehutanan Oelsonbai Kota Kupang) Decomposition of Acacia Leaf Litter (*Acacia auriculiformis*) at KHDTK Oelsonbai Forestry Research and Development Kupang City). *Jurnal Wana Lestari*, 3(01), 93–101.

Istomo, Permatasari, P. H. A., & Ramdhani, F. M. (2025). Correlation of Carbon Reserves to Vegetation Density Based on NDVI in the Rehabilitation Zone Mount Halimun Salak National Park. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 16(01), 1–8. www.copernicus.eu.

Konay, Y. B. (2023). Analisis Perbandingan Tingkat Kesuburan Tanah Secara Kimiawi di Bawah Tegakan yang Berbeda (Tegakan Jati, Akasia dan Johar) di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus Oelsonbai, Kota Kupang ”.

Liang, G., Stark, J., & Waring, B. G. (2023). Mineral reactivity determines root effects on soil organic carbon. *Nature Communications*, 14(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40768-y>

Munjonji, L., Ayisi, K. K., Mudongo, E. I., Mafeo, T. P., Behn, K., Mokoka, M. V., & Linstädter, A. (2020). Disentangling Drought and Grazing Effects on Soil Carbon Stocks and CO₂ Fluxes in a Semi-Arid African Savanna. *Frontiers in Environmental Science*, 8(October), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.590665>

Nugroho, G. A., & Hidayat, M. T. (2021, March). Modul Praktikum MK.DIT (Materi 2 Pengambilan Sampel Tanah) .

Poorter, L., Craven, D., Jakovac, C. C., Sande, M. T. Van Der, Amissah, L., Bongers, F., Chazdon, R. L., Farrior, C. E., Kambach, S., & Meave, J. A. (2021). *Multidimensional tropical forest recovery*. (December), 1–8.

Prescott, C. E., & Vesterdal, L. (2021). Decomposition and transformations along the continuum from litter to soil organic matter in forest soils. *Forest Ecology and Management*, 498(May), 119522.

Purnama, A., Wijayanti Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian dan Kehutanan UMPR Jl Soekarno Hatta, N., Palangka Raya, K., & Tengah, K. (2024). Potensi Simpanan Karbon Tanah Pada Ruang Terbuka Hijau Kampus : Studi Kasus Di Kampus Ii Universitas Muhammadiyah Palangkaraya (*Soil Carbon Storage Potential in Campus Green Spaces: A Case Study At Campus 2 Of Muhammadiyah University of Palangkaraya*). Retrieved <http://ojs.uho.ac.id/index.php/CELEBICA>

Putri, D. R., & Sasongko, P. E. (2023). Sifat Fisika Tanah Pada Tipe Penggunaan Lahan Yang Berbeda Di Kecamatan Pujon, Jawa Timur, Indonesia. *Jurnal*

Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia, 25(1), 27–33.
<https://ejournal.unib.ac.id/index.php/JIPI>

Riwu Kaho, N. P. L. B., & Mau, A. E. (2019). Rencana Pengelolaan Hutan Penelitian Oelsonbai.

Sayer, E. J., Baxendale, C., Birkett, A. J., Bréchet, L. M., Castro, B., Kerdraon-Byrne, D., Lopez-Sangil, L., & Rodtassana, C. (2021). Altered litter inputs modify carbon and nitrogen storage in soil organic matter in a lowland tropical forest. *Biogeochemistry*, 156(1), 115–130. <https://doi.org/10.1007/s10533-020-00747-7>

Sokol, N. W., Sanderman, J., & Bradford, M. A. (2019). Pathways of mineral-associated soil organic matter formation: Integrating the role of plant carbon source, chemistry, and point of entry. In *Global Change Biology* (Vol. 25, Number 1). <https://doi.org/10.1111/gcb.14482>

Spasial, H., Dan, A. C., Setianingsih, T. E., Prasetyo, R. A., Romadhan, P., & Adi, B. (2025). Lahan Di Lanskap Dataran Aluvial Tropika Lembab Kalimantan Timur *Spatial Correlation Between Soil Organic Carbon and Land Cover in a Humid Tropical Alluvial Plain Landscape of East Kalimantan*. 12(2), 395–406. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2025.012.2.17>

Sulman, B. N., Harden, J., He, Y., Treat, C., Koven, C., Mishra, U., O'Donnell, J. A., & Nave, L. E. (2020). Land Use and Land Cover Affect the Depth Distribution of Soil Carbon: Insights From a Large Database of Soil Profiles. *Frontiers in Environmental Science*, 8(August), 1–12.

- Tuah, N., Sulaeman, R., & Yoza, D. (2017). 1)Mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Riau. 2)Dosen Fakultas Pertanian. In *JOM Faperta UR* (Vol. 4).
- Vanacker, V., Molina, A., Rosas, M. A., Bonnesoeur, V., Román-Dañobeytia, F., Ochoa-Tocachi, B. F., & Buytaert, W. (2022). The effect of natural infrastructure on water erosion mitigation in the Andes. *Soil*, 8(1), 133–147. <https://doi.org/10.5194/soil-8-133-2022>
- Voltr, V., Menšík, L., Hlisnikovský, L., Hruška, M., Pokorný, E., & Pospíšilová, L. (2021). The soil organic matter in connection with soil properties and soil inputs. *Agronomy*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy11040779>
- Wahyudi, J., Penelitian, K., Pengembangan, D., & Pati, K. (2016). Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca The Mitigation Of Greenhouse Gases Emission. In *Jurnal Litbang: XII* (Number 2).
- Wang, C., Wang, R., Huo, Z., Xie, E., & Dahlke, H. E. (2020). Colloid transport through soil and other porous media under transient flow conditions—A review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 7(4). <https://doi.org/10.1002/wat2.1439>
- Wijaya, E. (2024). Analisa Karbon Organik Tanah.
- Zhao, Y., Ding, Y., Hou, X., Li, F. Y., Han, W., & Yun, X. (2017). Effects of temperature and grazing on soil organic carbon storage in grasslands along the Eurasian steppe eastern transect. *PLoS ONE*, 12(10), 1–16.