

KANDUNGAN KARBON ORGANIK TANAH DI LAHAN REKLAMASI BEKAS TAMBANG BATUBARA PADA TEGAKAN SENGON (*Paraserianthes falcataria*) UMUR 7 TAHUN

(*Soil Organic Carbon Content in Reclaimed of Ex-Coal Mined Land on 7-year-old Sengon (Paraserianthes falcataria) Stands*)

Mela Faradika¹, Wiryono¹, Yansen², Candra Vega Pernando²

¹*Program Studi Ilmu Lingkungan, Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Kec. Muara Bangka Hulu, Sumatera, Bengkulu 38371*

²*Program Studi Kehutanan, Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Kec. Muara Bangka Hulu, Sumatera, Bengkulu 38371
email: melafaradika@unib.ac.id*

ABSTRACT

*Coal-mined lands tend to have low soil organic carbon content. Revegetation activities allow the natural process of carbon sequestration by plants to occur, thus increasing organic carbon content. This study aimed to estimate organic carbon content and storage, to analyze the soil changes of soil properties and to determine the correlation between soil organic carbon and other soil characteristics on coal-mined land. Soil sampling was conducted in reclaimed coal-mined land on 7-year-old Sengon (*Paraserianthes falcataria*) at PT Ratu Samban Mining, Bengkulu Province at depths of 0-10 cm, 10-20 cm, and 20-30 cm. Soil samples taken at each depth were tested for organic carbon content, pH, field capacity, bulk density, and soil texture (percentage of sand, clay, and silt). The statistical analyses used were ANNOVA, LSD, regression, and correlation. The results showed different organic carbon contents at depths of 0-10 cm, 10-20 cm, and 20-30 cm of 1.67%; 1.34%; and 1.00%, respectively. Bulk density had significant negative correlation with soil organic carbon with a significance value of 0.021 ($p<0.05$) and a correlation coefficient (r) of -0.653. Reclamation activities through revegetation for 7 years have caused carbon absorption into the soil but it were still low.*

Keywords: Coal Mined Land, Organic Carbon, Revegetation, Sengon, Soil Properties

ABSTRAK

Lahan bekas tambang cenderung memiliki kandungan karbon organik tanah yang rendah. Kegiatan revegetasi memungkinkan terjadi proses sekuestrasi karbon secara alami oleh tumbuhan, sehingga dapat meningkatkan kandungan karbon organik. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung kandungan dan cadangan karbon organik, menganalisis perubahan sifat-sifat tanah, serta mengetahui korelasi antara karbon organik tanah dengan karakteristik tanah lainnya pada lahan bekas tambang. Pengambilan sampel tanah dilakukan di lahan reklamasi bekas tambang pada tegakan pohon Sengon (*Paraserianthes falcataria*) berumur 7 tahun di PT Ratu Samban Mining Provinsi Bengkulu pada kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm. Sampel tanah yang diambil pada setiap kedalaman di uji kandungan karbon organiknya, pH, kadar air kapasitas lapang, berat volume, dan tekstur tanah (persentase pasir, liat, dan debu). Analisis statistik yang digunakan, yaitu analisis ANNOVA, LSD, regresi, dan korelasi. Hasil penelitian menunjukkan kandungan karbon organik yang berbeda pada kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm berturut-turut sebesar 1,67%; 1,34%; dan 1,00%. Berat volume tanah memiliki korelasi

negatif yang signifikan dengan kandungan karbon organik tanah dengan nilai signifikansi sebesar 0,021 ($p<0,05$) dan koefesien korelasi (r) sebesar -0,653. Kegiatan reklamasi melalui revegetasi selama 7 tahun telah menyebabkan penyerapan karbon ke dalam tanah tetapi masih rendah.

Kata kunci: Lahan Bekas Tambang, Karbon Organik, Revegetasi, Sengon, Sifat-Sifat Tanah

PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan batubara secara terbuka menyebabkan rusaknya ekosistem hutan dan turunnya kualitas tanah. Hutan alami yang sebelumnya terdiri dari berbagai jenis tumbuhan berubah menjadi area terbuka (Wiryono *et al.*, 2017). Hal ini menimbulkan isu lingkungan berupa pemanasan global karena meningkatnya gas rumah kaca terutama karbon dioksida (CO_2) dan perubahan iklim. Salah satu upaya untuk mengurangi gas CO_2 di atmosfer adalah dengan cara pemulihan ekosistem hutan melalui kegiatan reklamasi melalui revegetasi pada lahan bekas tambang. Adanya kegiatan revegetasi memungkinkan terjadi proses sekuestrasi karbon secara alami oleh tumbuhan. Sekuestrasi karbon merupakan proses penangkapan dan penyimpanan CO_2 dari atmosfer dalam jangka waktu yang lama.

Karbon organik berperan penting dalam ekosistem, terutama dalam menjaga kesuburan tanah, mendukung keberlanjutan pertanian dan mempengaruhi siklus karbon global. Akan tetapi, hasilnya seringkali tidak sesuai harapan, terutama terkait dengan cadangan karbon organik. Lahan tambang yang direklamasi cenderung memiliki kandungan karbon organik tanah yang rendah dibandingkan dengan lahan alami (Tian *et al.*, 2021). Hal ini dikarenakan proses penambangan yang dapat merusak struktur tanah dan menghilangkan lapisan tanah bagian atas (*top soil*) yang kaya akan bahan organik (Yao *et al.*, 2023). Selain itu, adanya faktor-faktor lain seperti jenis vegetasi yang ditanam, metode reklamasi yang digunakan, dan kondisi iklim juga mempengaruhi kandungan karbon organik tanah di lahan tersebut (Wu *et al.*, 2022).

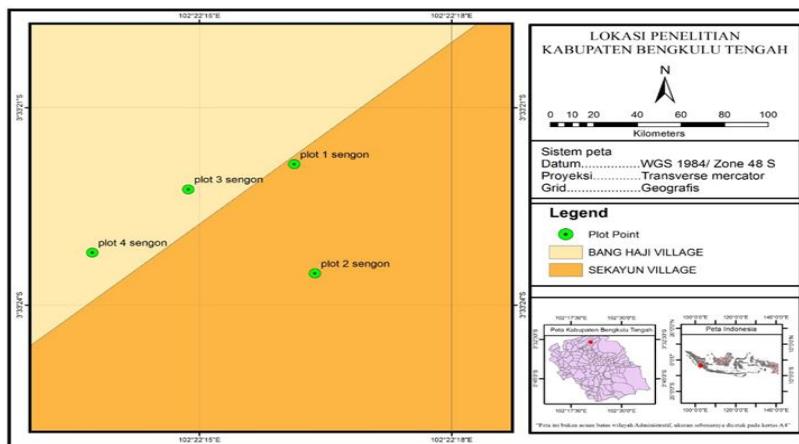
Dalam hal terjadinya perubahan iklim global, peningkatan cadangan karbon organik di tanah menjadi sangat penting. Tanah yang kaya akan kandungan karbon organik dapat mengindikasikan peran tanah sebagai penyimpan karbon yang efektif, yaitu membantu mengurangi dampak perubahan iklim dengan menyerap CO_2 dari atmosfer (Tian *et al.*, 2021). Oleh sebab itu, perlu untuk memahami bagaimana kegiatan reklamasi dapat mempengaruhi kandungan karbon organik tanah di lahan bekas tambang. Dengan mengetahui akumulasi karbon yang tersimpan, maka dapat diketahui kapasitas lahan reklamasi dalam menyerap karbon serta kemampuannya dalam menurunkan emisi gas rumah kaca terutama CO_2 (Astuti *et al.*, 2020).

Tujuan penelitian ini yaitu untuk menghitung kandungan dan cadangan karbon organik, menganalisis perubahan sifat-sifat tanah, serta mengetahui korelasi antara karbon organik tanah dengan karakteristik tanah lainnya pada lahan bekas tambang yang telah direklamasi dengan tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria*) selama 7 tahun. Hasil dari penelitian ini, diharapkan dapat memberikan informasi untuk pengembangan strategi reklamasi yang lebih efektif di masa mendatang.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lahan reklamasi bekas tambang pada tegakan pohon Sengon (*Paraserianthes falcataria*) berumur 7 tahun di PT Ratu Samban Mining Kecamatan Bang Haji, Kabupaten Bengkulu Tengah Provinsi Bengkulu.



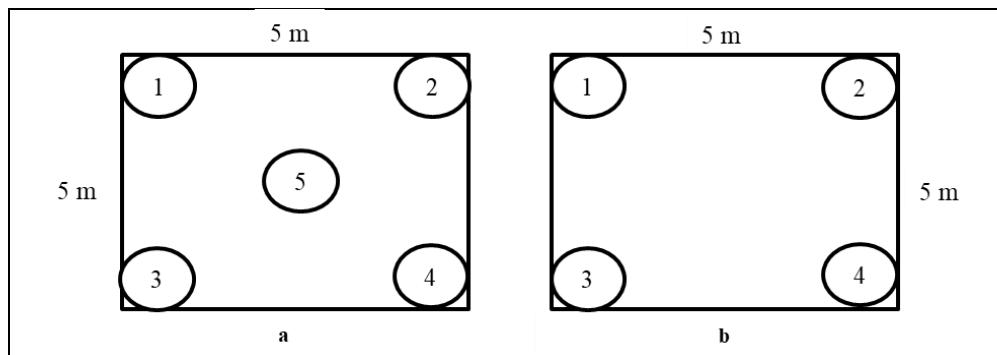
Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Pengambilan Sampel Tanah

Metode pengambilan sampel tanah mengacu pada prosedur SNI-7724 (BSN, 2011) dengan sedikit modifikasi. Sampel tanah untuk pengukuran pH, tekstur tanah, karbon organik, kadar air kapasitas lapang dan berat volume dilakukan pada plot berukuran 5 m x 5 m. Pengukuran pH, tekstur tanah, dan karbon organik dibagi menjadi 5 titik pengambilan sampel. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm di kelima titik tersebut. Untuk setiap kedalaman tanah, sampel digabungkan menjadi satu komposit. Desain plot pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 2a. pengambilan sampel tanah untuk pengukuran kadar air kapasitas lapang dan berat volume dibagi menjadi 4 titik pada

kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm menggunakan ring sampel. Pada setiap kedalaman cukup diambil satu sampel, jadi total ada 3 sampel. Desain plot pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 2b.

Kandungan karbon organik tanah dianalisis menggunakan metode *Walkley-Black*, nilai konsentrasi ditentukan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 561 nm dan pH tanah diukur menggunakan pH meter dengan perbandingan tanah dan akedes sebesar 1:2,5. Berat volume tanah ditentukan dengan metode ring contoh dan kadar air kapasitas lapang ditentukan dengan metode *pressure plate* (Kurnia et al., 2006).

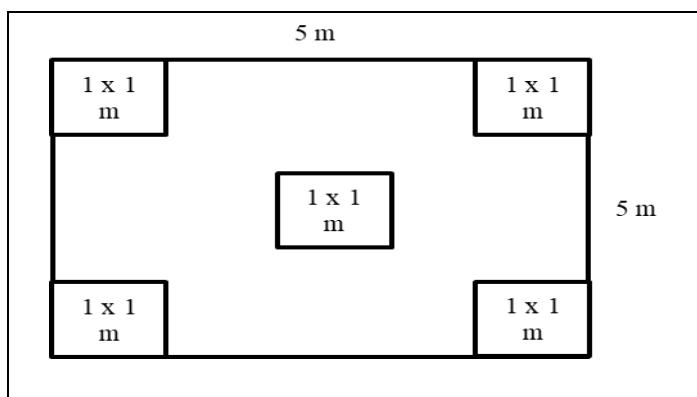


Gambar 2. Desain plot pengambilan sampel tanah (Gambar 2a: untuk analisis pH, tekstur tanah, karbon organik, Ca, N, P, K dan KTK. Gambar 2b: untuk analisis kadar air kapasitas lapang dan berat volume).

Pengambilan Sampel Tumbuhan Bawah dan Seresah

Data untuk tumbuhan bawah dan seresah diambil dari 4 plot yang sama berukuran 5 m x 5 m, dengan setiap plot dibagi menjadi 5 titik berukuran 1 m x 1 m. Semua tumbuhan dan seresah yang berada di atas permukaan tanah pada plot 1 m x 1 m diambil sebagai sampel, kemudian ditimbang berat basah dan berat

keringnya. Untuk mendapatkan berat basah ditimbang sebanyak 300 gram sampel. Setelah itu, dilakukan pengovenan selama 2 x 24 jam pada suhu 80° C (Hairiah *et al.*, 2011). Desain plot untuk pengambilan sampel biomassa tumbuhan bawah dan seresah dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain plot pengambilan sampel tumbuhan bawah dan seresah

Perhitungan Cadangan Karbon Organik Tanah

Perhitungan cadangan karbon organik tanah pada kedalaman tertentu dapat dihitung menggunakan persamaan 1 (BSN, 2011).

$$\text{Cadangan Karbon Organik (ton ha}^{-1}\text{)} = \text{Kedalaman tanah (cm)} \times \text{berat volume (g cm}^{-3}\text{)} \times \text{kadar karbon} \times 100$$

Keterangan :

Kadar karbon = % karbon/100

Perhitungan Potensi Tumbuhan Bawah dan Seresah

Perhitungan biomassa tumbuhan bawah dan seresah dilakukan dengan menghitung berat kering total. Rumus yang digunakan menurut Hairiah *et al.*, (2007) sebagai berikut (Persamaan 2).

$$\text{BKT} = \frac{\text{BKc}}{\text{BBC}} \times \text{BBT}$$

Keterangan :

BKT = Berat kering total (kg)

BKc = Berat kering contoh (kg)

BBC = Berat basah contoh (kg)

BBT = Berat basah total (kg)

Analisis Statistik

Analisis statistik yang digunakan, yaitu analisis *one way annova*, regresi, dan korelasi menggunakan *software SPSS (statistical package for the social science)*. Analisis *one way annova* digunakan untuk menentukan pengaruh kedalaman tanah terhadap kandungan karbon organik tanah dan sifat tanah. Jika hasilnya ditemukan perbedaan yang signifikan, maka dilanjutkan dengan uji *Fisher's Least Significant Difference (LSD)*. Analisis regresi dan korelasi digunakan untuk menentukan hubungan karbon organik tanah dengan sifat tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat-Sifat Tanah pada Kedalaman yang Berbeda

Sifat-sifat tanah dengan kedalaman yang berbeda pada lahan reklamasi bekas tambang disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil uji

one-way annova, tidak ada perbedaan yang signifikan ($p>0,05$) sifat-sifat tanah (pH, berat volume, kadar air kapasitas lapang, pasir, liat dan debu) di setiap kedalaman. Klasifikasi tekstur tanah menurut U.S.*Departement of Agriculture* (USDA), kandungan pasir dengan rentang 23-52%, liat 7-27% dan debu 28-50% termasuk kelas tekstur lempung, sedangkan kandungan pasir 50-70%, liat 0-20%, dan

debu 0-50 termasuk kelas tekstur lempung berpasir. Selain itu, kriteria tekstur tanah dapat ditentukan menggunakan diagram segitiga tekstur tanah. Dari nilai persentase kandungan pasir, liat, dan debu (Tabel 1.), kriteria tekstur tanah pada kedalaman 0-10 cm adalah lempung, sedangkan pada kedalaman 10-20 cm dan 20-30 cm adalah lempung berpasir.

Tabel 1. Sifat-sifat tanah pada kedalaman yang berbeda

Kedalaman tanah (cm)	pH	Berat Volume (g/cm ³)	Kadar air kapasitas lapang (%)	Pasir (%)	Liat (%)	Debu (%)
0-10	4,25	1,01	34,86	49,60	23,42	26,98
10-20	4,15	0,98	33,58	56,76	19,01	24,23
20-30	4,03	1,03	33,60	52,78	22,59	24,63

Kandungan Karbon Organik Tanah

Kandungan karbon organik tanah di bawah tegakan pohon Sengon (*Paraserianthes falcataria*) berumur 7 tahun pada lahan reklamasi bekas tambang batubara dapat dilihat pada Gambar 4a. Terdapat perbedaan kandungan karbon organik tanah pada kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm. Kandungan karbon organik tertinggi terdapat pada kedalaman 0-10 cm. Hal ini karena adanya input karbon dari biomassa seresah. Biomassa seresah berasal dari daun-daun yang gugur, kemudian lapisan seresah terurai menjadi humus, sehingga memperkaya lapisan tanah bagian atas (*top soil*) dengan bahan-bahan organik. Biomassa seresah memiliki korelasi yang sangat signifikan dengan kandungan karbon organik tanah, yang berarti tingginya input biomassa seresah berkontribusi pada tingginya karbon organik tanah (Wiryono *et al.*, 2021).

Kandungan karbon organik berkisar 1,00% - 1,67% dengan rata-rata 1,30%. Penelitian yang dilakukan Yunanto *et al.*, (2022), di lahan reklamasi bekas tambang batubara, kandungan karbon organik tanah pada tegakan berumur 6 tahun rata-rata 0,39% dan pada tegakan berumur 9 tahun rata-rata

1,49%. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Yunanto *et al.*, (2022), kandungan karbon organik pada penelitian ini jauh lebih tinggi dari kandungan karbon organik pada tegakan berumur 6 tahun dan tidak jauh berbeda dengan kandungan karbon organik pada tegakan berumur 9 tahun. Sementara itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan Wiryono *et al.*, (2021), kandungan karbon organik tanah pada hutan rata-rata 4,97%. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan karbon organik pada lahan tambang yang direklamasi cenderung lebih rendah dibandingkan dengan lahan alami.

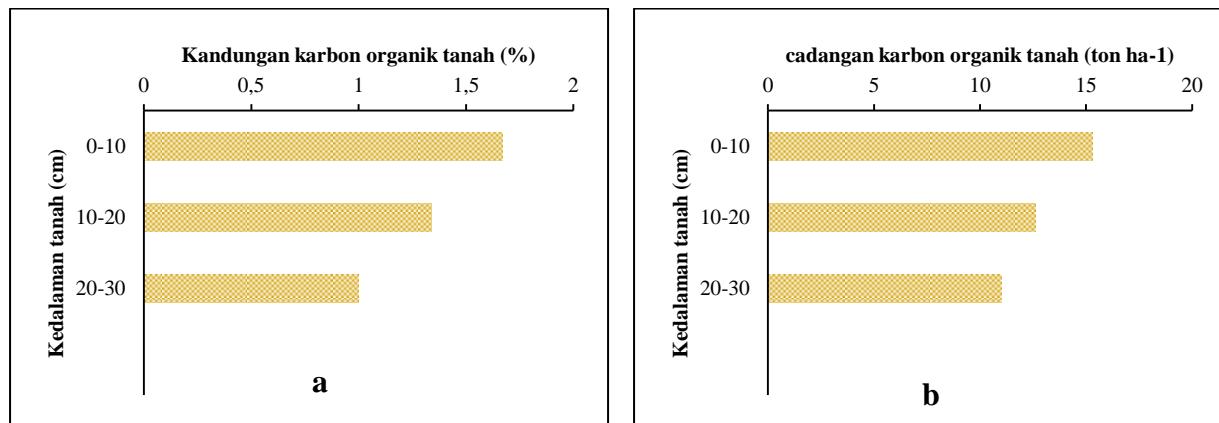
Berdasarkan uji *one-way annova*, rata-rata kandungan karbon organik tanah berbeda pada setiap kedalaman ($\text{sig.}= 0,01$; $p<0,05$). Karena hasilnya menunjukkan perbedaan yang nyata, maka dilanjutkan dengan uji Fisher's LSD. Perbedaan yang nyata hanya terlihat antara kedalaman 0-10 cm dengan 20-30 cm (Tabel 2.).

Cadangan karbon organik tanah memiliki pola yang sama dengan kandungan karbon organik tanah. Nilai tertinggi berada pada kedalaman 0-10 cm dan nilai terendah pada kedalaman 20-30 cm (Gambar 4b.). Uji

one-way annova menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan cadangan karbon organik tanah pada setiap kedalaman (sig. = 0,057; p>0,05) (Tabel 2).

Cadangan karbon organik tanah di lahan bekas tambang yang sudah direvegetasi selama 7 tahun lebih rendah daripada di hutan, kebun sawit, dan agroforestri (Wiryono *et al.*, 2021). Penelitian yang dilakukan Hartati & Sudarmadji (2022), melaporkan bahwa cadangan karbon organik pada lahan reklamasi bekas tambang batubara di Kalimantan Timur dengan tegakan berumur 6-8 tahun rata-rata 24 ton ha⁻¹. Jika dibandingkan, cadangan karbon organik pada penelitian ini lebih rendah. Hal itu dapat disebabkan karena faktor-faktor lain seperti jenis vegetasi yang ditanam, metode reklamasi yang digunakan dan kondisi iklim yang dapat mempengaruhi cadangan karbon organik tanah di lahan tersebut (Misebo *et al.*, 2022).

Jenis tanaman yang digunakan untuk revegetasi lahan bekas tambang pada penelitian ini adalah tanaman legum berkayu. Di Indonesia, pohon legum seperti Sengon dan Mangium banyak digunakan untuk revegetasi pada lahan bekas tambang karena cepat tumbuh dan dapat meningkatkan kandungan nitrogen tanah melalui proses fiksasi nitrogen (Munawar & Wiryono, 2015). Walaupun demikian, karena umur tanaman yang masih relatif muda menyebabkan cadangan karbon organiknya masih rendah (Sari *et al.*, 2022). Melalui proses pertumbuhan, diameter pohon akan bertambah besar, maka akan semakin besar juga nilai biomassanya. Semakin besar nilai biomassanya maka mengindikasikan bahwa cadangan karbon organiknya akan semakin besar juga. Berdasarkan penelitian Sari *et al.*, (2022), potensi biomass dan cadangan karbon paling besar diperoleh pada tegakan yang memiliki umur yang lebih matang.



Gambar 4. Kandungan karbon organik tanah berdasarkan kedalaman tanah

Tabel 2. Kandungan karbon organik berdasarkan kedalaman

Kedalaman tanah (cm)	Karbon organik tanah C (%)	Cadangan karbon organik tanah (ton ha ⁻¹)
0-10	1,67 ^b	15,30 ^a
10-20	1,34 ^{a,b}	12,60 ^a
20-30	1,00 ^a	11,03 ^a

Catatan: nilai yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata (*p-value* < 0,05)

Hubungan Karbon Organik Tanah dengan Sifat-Sifat Tanah

Kandungan karbon organik tanah memiliki korelasi positif yang sangat lemah terhadap pH (Gambar 5a.). Nilai sig. pada uji korelasi antara karbon organik tanah dan pH sebesar 0,562 ($p>0,05$), dengan koefisien korelasi (r) = 0,186. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pH dapat mempengaruhi sifat-sifat tanah, pengaruhnya terhadap karbon organik tanah mungkin tidak terlalu signifikan. Penelitian menunjukkan bahwa faktor lain, seperti jenis vegetasi dan kandungan nutrisi (terutama nitrogen total), memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap kandungan karbon organik tanah dibandingkan pH tanah. Vegetasi dapat mempengaruhi penambahan bahan organik ke tanah melalui proses dekomposisi, yang lebih berdampak pada kandungan karbon organik (Wu *et al.*, 2022).

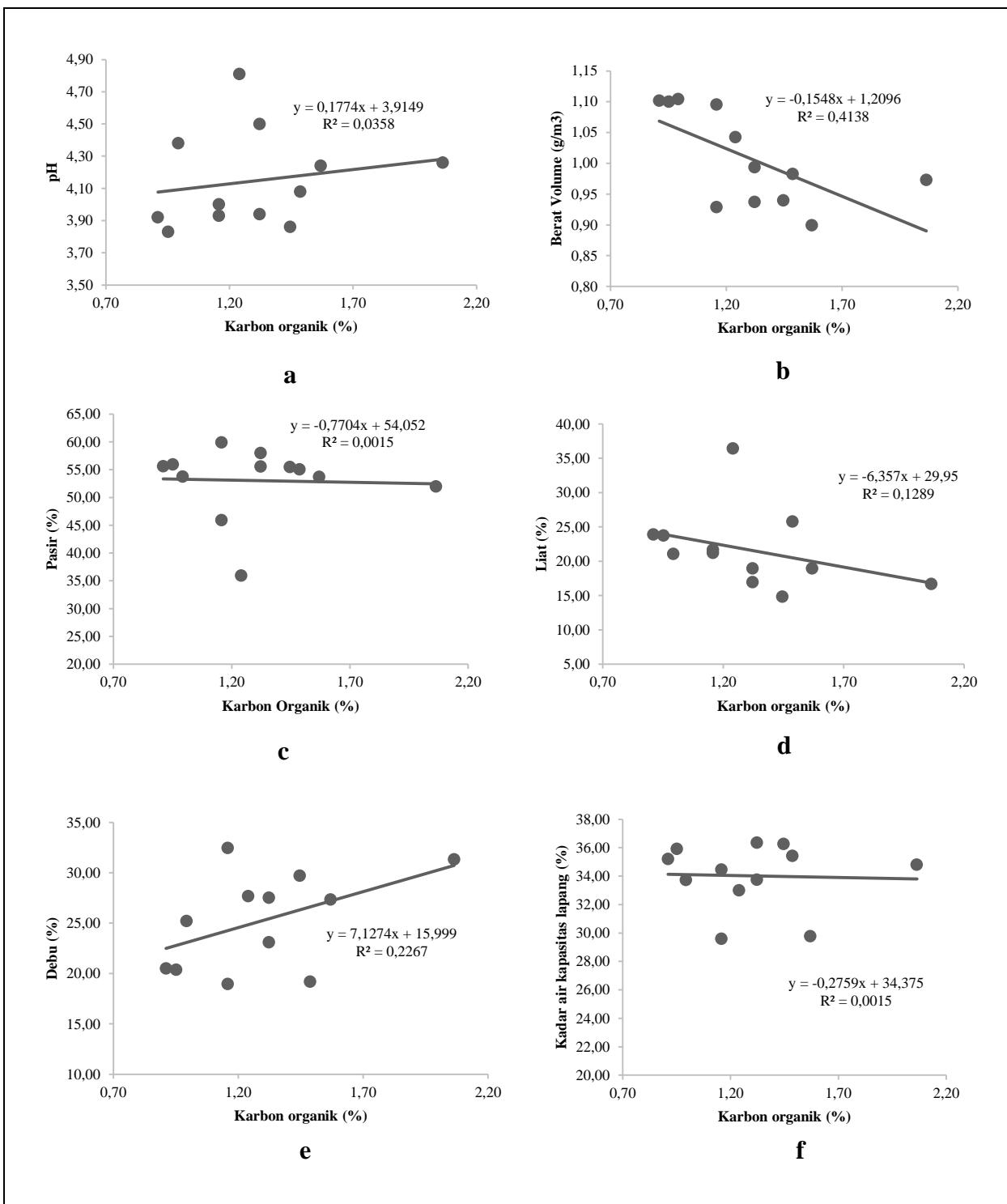
Namun karbon organik tanah memiliki korelasi positif sedang terhadap kandungan debu (Gambar 5e.). Uji korelasi antara karbon organik tanah dan kandungan debu menunjukkan nilai sig. sebesar 0,118 ($p>0,05$) dengan r = 0,476. Korelasi yang positif menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan karbon organik maka kandungan debu juga akan semakin tinggi. Menurut Ingram & Fernandes (2001), salah satu faktor kunci yang meningkatkan stabilitas karbon organik tanah adalah jerapannya dalam partikel liat dan debu.

Kandungan karbon organik tanah memiliki korelasi yang signifikan dengan berat volume tanah, dengan nilai sig. 0,021 ($p<0,05$) (Gambar 5b.). Koefisien korelasi (r) sebesar -0,653 menunjukkan ada hubungan yang kuat dengan arah yang negatif antara karbon organik tanah dengan berat volume tanah. Arah yang negatif berarti semakin besar kandungan karbon organik tanah maka

berat volume tanah akan semakin kecil. Hal ini karena bahan organik cenderung meningkatkan porositas tanah dengan mendorong pembentukan agregat tanah dan mengurangi pemanjangan. Hasilnya, tanah yang kaya akan karbon organik tidak terlalu padat, (Page *et al.*, 2020)

Kandungan karbon organik tanah memiliki korelasi negatif lemah dengan kandungan liat (Gambar 5d.). Uji korelasi karbon organik tanah dan kandungan liat menunjukkan nilai sig. 0,253 ($p>0,05$) dengan r = -0,358. Beberapa penelitian menyatakan bahwa kandungan karbon organik berkorelasi positif dengan kandungan liat. Semakin tinggi liat maka karbon organik juga semakin tinggi. Akan tetapi, pada kasus ini liat dan karbon organik memiliki korelasi negatif, yang artinya semakin tinggi kandungan liat maka kandungan karbon organik akan semakin rendah. Dalam hal ini, peningkatan kadar liat justru dapat mengurangi jumlah karbon organik yang terikat pada partikel tanah. Hal tersebut disebabkan karena kompetisi dengan mineral lain (Das *et al.*, 2023).

Karbon organik tanah memiliki korelasi negatif yang sangat lemah terhadap kandungan pasir dan kadar air kapasitas lapang (Gambar 5c. dan Gambar 5f.). Uji korelasi antara karbon organik tanah terhadap kandungan pasir dan kadar air kapsitas lapang berturut-turut menunjukkan nilai sig. 0,904 ($p>0,05$) dan 0,901 ($p>0,05$) dengan koefisien korelasi (r) -0,039 dan -0,040. Lahan bekas tambang yang di teliti memiliki tekstur tanah yang sebagian besar lempung berpasir. Pasir memiliki pori-pori besar, sehingga air cepat hilang (Mao *et al.*, 2022). Selain itu, sesuai dengan penelitian yang dilakukan Arunrat *et al.*, (2020), bahwa partikel pasir memiliki kapasitas rendah untuk menyimpan karbon.



Gambar 5. Korelasi karbon organik tanah dengan sifat-sifat tanah

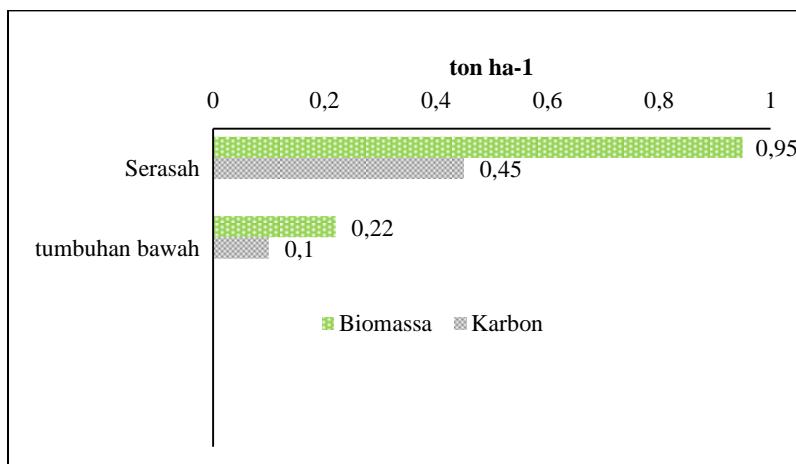
Biomassa Tumbuhan Bawah dan Seresah

Pengukuran biomassa tumbuhan bawah dan seresah dilakukan pada 5 plot dengan ukuran 1 m x 1 m dalam plot besar 5 m x 5 m

sebanyak 4 plot, sehingga total 20 plot untuk sampel tumbuhan bawah dan seresah dengan luas total 20 m². Hasil penelitian menunjukkan

bahwa biomassa tumbuhan bawah sebesar 0,22 ton/ha dengan cadangan karbon 0,10 ton/ha dan biomassa seresah sebesar 0,95 ton/ha dengan cadangan karbon 0,45 ton/ha (Gambar 6.). Berdasarkan hasil penelitian ini, kandungan biomassa dan karbon seresah lebih besar dibandingkan dengan tumbuhan bawah. Biomassa seresah memiliki korelasi positif

yang sangat signifikan terhadap kandungan karbon organik tanah. Besarnya input biomassa seresah berkontribusi pada tingginya karbon organik tanah. Biomassa seresah akan terurai menjadi humus, sehingga memperkaya lapisan tanah bagian atas (*top soil*) dengan bahan-bahan organik (Wiryono et al., 2021).



Gambar 6. Jumlah biomassa dan karbon pada tumbuhan bawah dan seresah

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan kandungan karbon organik tanah pada lahan reklamasi bekas tambang batubara di kecamatan Bang Haji, Kabupaten Bengkulu Tengah pada tegakan Sengon (*Paraserianthes falcataria*) berumur 7 tahun mencapai 1,49%. Kandungan karbon organik tertinggi terdapat pada kedalaman 0-10 cm karena adanya input karbon dari biomassa seresah. Hal tersebut dapat terkonfirmasi dari hasil perhitungan jumlah biomassa dan cadangan karbon seresah yang lebih besar dibandingkan dengan tumbuhan bawah. Selain itu, hanya berat volume tanah yang memiliki hubungan yang signifikan dengan kandungan karbon organik tanah. Kegiatan reklamasi melalui revegetasi selama 7 tahun telah menyebabkan penyerapan karbon ke dalam tanah tetapi masih rendah. Perlu dilakukan penelitian pada Sengon (*Paraserianthes falcataria*) yang memiliki umur lebih matang.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional (BSN). 2011. *Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon – Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting)*. 1–24.
- Arunrat, N., Kongsurakan, P., Sereenonchai, S., & Hatano, R. (2020). Soil Organic Carbon in Sandy Paddy Fields of Northeast Thailand: A Review. *Agronomy*. Vol. 10. No. 8, 2-25.
- Astuti, R., Wasis, B., and Hilwan, I. 2020. Potensi Cadangan Karbon pada Lahan Rehabilitasi di Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah. *Media Konservasi*. Vol. 25. No. 2, 140–148.
- Das, A., Purakayastha, T. J., Ahmed, N., Das, R., Biswas, S., Shivay, Y. S., Sehgal, V. K., Rani, K., Trivedi, A., Tigga, P., Sahoo, J., Chakraborty, R., and Sen, S. 2023. Influence of Clay Mineralogy on

- Soil Organic Carbon Stabilization under Tropical Climate, India. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.* Vol. 23. No. 1, 1003–1018.
- Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R. R., dan Rahayu, S. 2011. *Pengukuran Cadangan Karbon: dari Tingkat Lahan ke Bentang Lahan Edisi kedua.* Bogor : World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, University of Brawijaya (UB), Malang, Indonesia.
- Hartati, W., and Sudarmadji, T. 2022. The Dynamics of Soil Carbon in Revegetated Post-Coal Mining Sites: A Case Study in Berau, East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas.* Vol. 23. No. 10, 4984–4991.
- Ingram, J. S. I., and Fernandes, E. C. M. 2001. Managing Carbon Sequestration in Soils: Concepts and Terminology. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* Vol. 87. No. 1, 111–117.
- Kurnia, E., Agus, F., Adimiharja, A., and Dariah, A. 2006. Soil Physical Properties and Analysis Methods. *Center for Research and Development of Agricultural Land Resources.* Vol. 1. No. 1, 1–155.
- Mao, J., Li, Y., Zhang, J., Zhang, K., Ma, X., Wang, G., and Fan, L. 2022. Organic Carbon and Silt Determining Subcritical Water Repellency and Field Capacity of Soils in Arid and Semi-Arid Region. *Frontiers in Environmental Science.* Vol. 10, 1–13.
- Misebo, A. M., Pietrzykowski, M., and Woś, B. 2022. Soil Carbon Sequestration in Novel Ecosystems at Post-Mine Sites—A New Insight Into the Determination of Key Factors in the Restoration of Terrestrial Ecosystems. *Forests.* Vol. 13. No. 1, 1–11.
- Munawar, A., dan Wiryono, W. 2015. Serapan Karbon oleh Mangium dan Sengon Berumur Empat Tahun pada Lahan Pascatambang yang Sudah Direklamasi. *Jurnal Natur Indonesia.* Vol. 16. No. 1, 42–47.
- Page, K. L., Dang, Y. P., and Dalal, R. C. 2020. The Ability of Conservation Agriculture to Conserve Soil Organic Carbon and the Subsequent Impact on Soil Physical, Chemical, and Biological Properties and Yield. *Frontiers in Sustainable Food Systems.* Vol. 4. No. 31, 1–17.
- Sari, F. D., Anwar, G., dan Suharto, E. 2022. Potensi Biomassa dan Simpanan Karbon ada Agroforestri Kayu Bawang (*Azadirachta excelsa Jacobs*) dan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*). *Journal of Global Forest and Environmental Science.* Vol. 2. No. 3, 52–62.
- Tian, Q., Jiang, Y., Tang, Y., Wu, Y., Tang, Z., and Liu, F. 2021. Soil pH and Organic Carbon Properties Drive Soil Bacterial Communities in Surface and Deep Layers Along an Elevational Gradient. *Frontiers in Microbiology.* Vol. 12. No. 646124, 1–15.
- Wiryono, Muktamar, Z., Deselina, Nurliana, S., Aningtias, H., and Anugrah, P. M. 2021. Soil Organic Carbon in Forest and Other Land Use Types at Bengkulu City, Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika.* Vol. 27. No. 3, 184–192.
- Wiryono, Munawar, A., dan Suharto, H. 2017. Restorasi Ekosistem Hutan Pasca Penambangan Batubara. *Analytical Biochemistry.* Vol. 11. No. 1.
- Wu, X., Wang, L., An, J., Wang, Y., Song, H., Wu, Y., and Liu, Q. 2022. Relationship Between Soil Organic Carbon, Soil Nutrients, and Land Use in Linyi City (East China). *Sustainability (Switzerland).* Vol. 14. No. 20, 1–16.
- Yao, Y., Dai, Q., Gao, R., Yi, X., Wang, Y., and Hu, Z. 2023. Characteristics and Factors Influencing Soil Organic Carbon Composition by Vegetation Type in Spoil Heaps. *Frontiers in Plant Science.*

Vol. 14. No. 1240217, 1–16.

Yunanto, T., Amanah, F., Wulansari, A. R.,
and Wisnu, N. P. 2022. Effect of Soil
Properties on Plant Growth and
Diversity at Various Ages of Coal Mine
Reclamation in Indonesia. *Biodiversitas*.
Vol. 23. No. 1, 459–468.