



KEMAMPUAN PEMBENAH TANAH DALAM MENAHAN LENGAS DAN MENINGKATKAN AKTIVITAS MIKROORGANISME PADA REGOSOL

Jakak Krisdiyanto, Yanisworo W Ratih *, R. Agus Widodo, Lelanti Peniwiratri

Program Studi Ilmu Tanah, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

*Corresponding author: yanisworowr@gmail.com

ABSTRAK

Regosol merupakan tanah yang mempunyai kandungan bahan organik rendah serta didominasi oleh fraksi pasir sehingga bukan lingkungan yang mendukung aktivitas mikroorganisme serta mudah meloloskan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian pembenah tanah terhadap kelengasan tanah dan aktivitas mikroorganisme. Penelitian dilaksanakan secara dilakukan menggunakan wadah diisi tanah 4 kg kering mutlak. Setelah ditambah bahan pembenah sesuai perlakuan, tanah diinkubasi selama 60 hari pada kondisi kapasitas lapang. Selanjutnya dilakukan inkubasi kembali selama 15 hari tanpa penambahan air, sehingga total inkubasi selama 75 hari. Penelitian dilakukan menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap dua faktor. Faktor pertama berupa jenis bahan pembenah, yaitu pupuk kandang, arang (*charcoal*), dan campuran pupuk kandang dan arang dengan perbandingan 1:1. Faktor kedua berupa kadar bahan pembenah tanah yaitu 2% dan 4% (w/w). Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam dengan kontras orthogonal dan uji BNT pada taraf 5%. Aktivitas mikroorganisme ditentukan berdasarkan jumlah CO₂ yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara jenis pembenah dan kadar pembenah dalam meningkatkan kadar lengas kapasitas lapang. Nilai kapasitas lapang tertinggi, sebesar 21,01%, terdapat pada perlakuan pembenah tanah berupa campuran arang dan pupuk kandang 1:1 pada kadar 4%. Penambahan bahan pembenah pada Regosol meningkatkan aktivitas dan jumlah mikroorganisme tanah. Peningkatan aktivitas dan populasi mikroorganisme tanah terutama ditunjukkan pada kadar 4% dan penggunaan pembenah campuran.

Kata kunci: arang, evolusi CO₂, kapasitas lapang, mikroorganisme, pupuk kandang

ABSTRACT

THE ABILITY OF SOIL AMENDMENTS TO RETAIN MOISTURE AND ENHANCE MICROBIAL ACTIVITY IN REGOSOLS. Regosol is a soil with low organic matter content and is dominated by sand fractions, making it an unsuitable environment for microorganism activity and easily permeates water. This study aims to determine the effect of soil amendment on soil moisture and microorganism activity. The study was conducted using a container filled with 4 kg of absolutely dry soil. After the amendment was added according to the treatment, the soil was incubated for 60 days at field capacity. Subsequently, another 15 days of incubation was carried out without the addition of water, resulting in a total incubation of 75 days. The study was conducted using a completely randomized design with two factors. The first factor was the type of amendment, namely manure, charcoal, and a mixture of manure and charcoal in a 1:1 ratio. The second factor was the soil amendment content, namely 2% and 4% (w/w). The data obtained were analyzed using analysis of variance with orthogonal contrasts and the LSD test at the 5% level. Microorganism activity was determined based on the amount of CO₂ produced. The results of the study showed that there was an interaction between the type of soil amendment and the amount of amendment in increasing the moisture content of field capacity. The highest field capacity value, at 21.01%, was found in the soil amendment treatment in the form of a 1:1 mixture of charcoal and manure at a concentration of 4%. The addition of amendment materials to Regosol increased the activity and number of soil microorganisms. The increase in activity and population of soil microorganisms was mainly shown at a concentration of 4% and the use of mixed amendments.

Keyword: charcoal, CO₂ evolution, field capacity, microorganisms, manure

PENDAHULUAN

Interaksi antara sifat fisika, kimia, dan biologi yang saling mendukung mempengaruhi kesuburan tanah yang dihasilkannya. Kemampuan tanah menahan air (lengas) dan aktivitas mikroorganisme tanah merupakan salah satu indikator kesuburan tanah.

Kedua faktor ini sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik dan struktur tanah (Brady & Weil, 2016).

Regosol dicirikan memiliki tekstur yang ringan dan porositas tinggi. Hal tersebut mengakibatkan

kemampuannya dalam menahan air dan nutrisi rendah. Aktivitas mikroba dalam Regosol juga terbatas akibat dari rendahnya kandungan bahan organik. Tanaman yang dibudidayakan pada Regosol sering mengalami cekaman (stres) air, layu, dan kekurangan nutrisi (Winarso *et al.*, 2021). Untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman yang optimal, perlu dilakukan perbaikan sifat Regosol. Salah satu metode yang dapat dilaksanakan adalah menggunakan bahan pembenah tanah yang tepat, agar kemampuannya menahan air dan daya dukungnya terhadap aktivitas mikroorganisme, meningkat.

Salah satu bahan pembenah yang menarik untuk diuji adalah arang (*Charcoal*) dan pupuk kandang. Arang seperti biochar, yaitu kadar nutrisi tersedia yang terkandung di dalamnya rendah. Keduanya berasal dari bahan tanaman yang keras, seperti kayu, tempurung kelapa, dan bambu, dengan pembakaran yang tidak sempurna (pirolisis). Proses pirolisis mengakibatkan arang maupun biochar memiliki struktur pori luas serta kapasitas tukar kation tinggi. Namun demikian pada proses pembuatan arang, suhu, waktu, dan keberadaan udara biasanya tidak dikontrol dengan ketat. Hal ini mengakibatkan tar, minyak, dan senyawa volatil masih dapat ditemukan (Kammen & Lew, 2005; Seyedsadr *et al.*, 2022), sehingga kualitas arang sebagai pembenah tanah lebih rendah dibandingkan dengan biochar. Namun demikian beberapa penelitian menunjukkan bahwa aplikasi arang dalam tanah membantu menahan ion-nutrien (Hamidi *et al.*, 2021) serta meningkatkan kapasitas tanah menahan air (Gupta and Malo, 2022). Arang kayu memiliki kapasitas menahan nitrogen jika diaplikasikan dengan benar dan dapat membantu efisiensi pupuk. Efek arang kayu pada mikroba tanah, mengakibatkan peningkatan aktivitas mikroba (Quilliam *et al.*, 2013. Uzoma *et al.*, 2011). Aplikasi arang kayu keras di tanah tropis mampu memperbaiki struktur tanah dan produktivitas tanaman (Chan, *et al.*, 2007).

Pupuk kandang, di sisi lain, berperan sebagai sumber bahan organik dan nutrisi bagi tanaman dan mikroba. Dibandingkan dengan arang maupun biochar, pupuk kandang mampu meningkatkan kandungan C, dan ketersediaan N, P, dan K. Aplikasi pupuk kandang

ke dalam tanah memperbaiki aktivitas biologi tanah, dan meningkatkan kemampuan tanah menahan air. Hasil penelitian Liu *et al.* (2023), menunjukkan bahwa dibandingkan dengan pupuk kimia, penambahan bahan organik secara signifikan meningkatkan biomassa mikroba total, biomassa bakteri, biomassa jamur, biomassa bakteri Gram-positif, dan biomassa bakteri Gram-negatif. Namun demikian pupuk kandang mudah kehilangan unsur hara melalui pencucian, volatilisasi, atau dekomposisi, sehingga efek positifnya terhadap kelembapan dan mikroba tidak bertahan lama (Hardjowigeno, 2010).

Kombinasi antara biochar dan pupuk kandang diharapkan dapat memberikan efek sinergis. Biochar berperan memperbaiki struktur dan porositas tanah serta menahan air dan hara, sedangkan pupuk kandang menyediakan unsur hara dan sumber energi bagi mikroorganisme tanah (Sun *et al.*, 2025; Kumar *et al.*, 2025). Interaksi keduanya diharapkan dapat meningkatkan kemampuan tanah menyimpan lengas lebih lama serta menciptakan lingkungan mikro yang mendukung aktivitas mikrobiota tanah. Dengan demikian, kombinasi ini tidak hanya berpotensi memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan air dan hara pada sistem pertanian berkelanjutan.

Pemanfaatan arang sebagai pembenah tanah, baik secara tunggal maupun dikombinasikan dengan pupuk kandang pada tanah Regosol, masih relatif jarang diteliti, berbeda dengan biochar yang telah banyak dikaji. Selain itu, pengamatan kelengasan tanah dan aktivitas mikrobiota secara simultan dalam satu rancangan percobaan juga masih terbatas. Arang dalam bentuk bubuk, sebagaimana digunakan dalam penelitian ini, merupakan hasil samping industri pembuatan arang yang berpotensi dimanfaatkan sebagai input pertanian karena harganya relatif terjangkau dan lebih murah dibandingkan dengan biochar. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian pembenah tanah berupa arang tempurung kelapa, pupuk kandang, atau campuran kedua bahan tersebut terhadap kelengasan tanah dan aktivitas mikroorganisme.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan tanah Regosol yang berasal dari Sambisari, Purwomartani, Kec. Kalasan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Tanah diambil pada kedalaman 0 – 20 cm. Bahan pembenah tanah berupa pupuk kandang dan arang tempurung kelapa. Pupuk kandang diperoleh secara komersial dari pedagang pupuk, sedangkan tempurung kelapa berasal dari produsen arang di Kulon Progo. Penelitian dilaksanakan menggunakan percobaan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) kontras orthogonal dengan dua faktor (3×2) + 1 sebagai kontrol (tanah tanpa penambahan pembenah). Faktor pertama berupa jenis pembenah tanah yaitu pupuk kandang (B1), arang tempurung kelapa (B2) dan campuran kedua pembenah dengan perbandingan 1:1 (B3). Untuk mempersingkat penulisan, selanjutnya perlakuan B3 ditulis dengan campuran pembenah 1:1. Faktor kedua

berupa kadar bahan pembenah tanah, yaitu 2% (D1) dan 4% (D2). Data yang diperoleh dianalisis dengan sidik ragam taraf signifikansi 5% menggunakan Kontras Orthogonal. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan maka diuji lanjut menggunakan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan taraf signifikansi 5%.

Tanah dikeringanginkan kemudian diayak dengan ayakan lolos 2 mm. Masing-masing pembenah tanah disaring dengan ayakan lolos 0,5 mm, kemudian disterilkan menggunakan autoclave pada temperatur 121°C dan tekanan 2 Atm selama 30 menit. Sterilisasi pembenah dilakukan supaya hasil pengamatan pada mikroorganisme tidak bias. Langkah selanjutnya adalah mencampur tanah dengan bahan pembenah sesuai perlakuan yang ditentukan. Tanah yang sudah dicampur dengan bahan pembenah masing-masing

ditentukan kadar air/kelengasannya pada kondisi kapasitas lapang. Selanjutnya 4 kg bahan diletakkan dalam wadah tanam dari plastik polietilena (*polybag*). Untuk menambah populasi mikroorganisme tanah, ditambahkan EM4 dengan jumlah 2 L/ha. EM4 ditambahkan bersamaan dengan penambahan akuades untuk mencapai kadar air tanah pada kondisi kapasitas lapang. Selanjutnya dilakukan inkubasi selama 60 hari agar bahan pembenah dapat bereaksi dengan tanah. Selama inkubasi, kelengasan dipertahankan pada kapasitas lapang berdasarkan penentuan kapasitas lapang pada inkubasi hari ke 0. Setelah inkubasi 60 hari dilakukan inkubasi tambahan selama 15 hari tanpa pemberian air untuk mengetahui kemampuan tanah menahan air dalam kondisi kekeringan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Regosol yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai pH 6,5, kadar C-organik dan N-total berturut turut sebesar 1,97 dan 0,64% (berharkat rendah), bertekstur geluh pasiran dengan kadar fraksi pasir mencapai 73%, dan porositas 58,21%. Data tersebut menunjukkan bahwa tanah bersifat porus sehingga mudah mengalami kehilangan air dan tidak mendukung aktivitas mikroorganisme karena kadar

Parameter yang diamati adalah kadar bahan organik mengguakan metode Wakley and Black, kadar air kapasitas lapang ditentukan menggunakan metode Alhricks (pada inkubasi hari ke 0 dan 60), jumlah mikrobia (pada inkubasi hari ke 60), evolusi CO₂ (setiap tiga hari selama 75 hari inkubasi, serta kadar lengas (pada inkubasi hari ke 60, 65, 70 dan 75). Jumlah mikrobia ditentukan menggunakan metode Taburan (*Pour Plate*) pada media Nutrien Agar (Cappuccino & Sherman, 2013). Evolusi CO₂ ditentukan menggunakan metode Alkali Trap–titrasi dengan NaOH 0,1N sebagai perangkap CO₂ dan asam oksalat untuk menentukan NaOH sisa (Carter & Gregorich, 2008).

bahan organik dan N total berharkat rendah. Kadar C arang dan pupuk kandang berturut-turut sebesar 36,57% dan 22,68 %. Tingginya kadar C pembenah tanah yang diaplikasikan dapat meningkatkan kadar C tanah.

Pengamatan terhadap Kadar Lengas Kapasitas Lapang (KLKL) pada inkubasi hari ke nol dan 60 disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Kadar Lengas Kapasitas Lapang (%) pada Inkubasi Hari ke-Nol

Kadar Pembenah Tanah (D)	Jenis Bahan Pembenah Tanah (B)			Rerata
	Pupuk kandang (B1)	Arang (B2)	Campuran pembenah (1:1) (B3)	
2% (D1)	16,61 c	17,54 b	19,15 a	17,77
4% (D2)	17,66 b	18,73 b	19,52 a	18,64
Rerata	17,13	18,14	19,34	18,20 (+)(m)
Kontrol				16,36 (n)

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama tidak menunjukkan beda nyata berdasarkan uji lanjut BNT taraf 5%. Angka pada rerata perlakuan dan kontrol yang diikuti huruf yang tidak sama menunjukkan beda nyata. Tanda (+) menunjukkan ada interaksi antara kombinasi perlakuan.

Tabel 2. Kadar Lengas Kapasitas Lapang (%) pada Inkubasi Hari ke-60

Kadar Pembenah Tanah (D)	Jenis Bahan Pembenah Tanah (B)			Rerata
	Pupuk kandang (B1)	Arang (B2)	Campuran pembenah (1:1) (B3)	
2% (D1)	17,63 c	19,67 b	20,46 a	19,25
4% (D2)	18,81 c	20,24 b	21,01 a	20,36
Rerata	18,22	19,96	20,73	19,81 (+)(m)
Kontrol				16,49 (n)

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama tidak menunjukkan beda nyata berdasarkan uji lanjut BNT taraf 5%. Angka pada rerata perlakuan dan kontrol yang diikuti huruf yang tidak sama menunjukkan beda nyata. Tanda (+) menunjukkan ada interaksi antara kombinasi perlakuan.

Berdasarkan hasil dan analisis hasil perhitungan menggunakan sidik ragam taraf signifikansi 5% dan dilanjutkan Uji BNT taraf signifikansi 5% diketahui bahwa terdapat interaksi antara jenis dan kadar pembenah tanah. KLKL pada semua perlakuan secara nyata lebih tinggi daripada kontrol. Pada hari ke-nol KLKL tertinggi terdapat pada perlakuan D2B2 yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan D1B3. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan pembenah berupa campuran arang dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1 lebih berpengaruh terhadap KLKL

daripada kadar pembenah. Terjadi peningkatan KLKL pada semua perlakuan setelah inkubasi selama 60 hari. Nilai rata rata pada inkubasi hari ke 0 sebesar 18,2% sedangkan setelah inkubasi 60 hari mencapai 19,81%, mengalami kenaikan sebesar 1,61%. Pada kontrol kenaikan hanya mencapai 0,13%. Kadar lengas kapasitas lapang tertinggi, sebesar 21,01%, terdapat pada perlakuan D1B3 dan D2B3, baik pada pengamatan hari ke 0 maupun setelah 60 hari inkubasi. Aplikasi campuran pupuk kandang dengan arang mengakibatkan penambahan KLKL.

Selama waktu inkubasi terjadi perubahan fisik dan kimia. Senyawa kimia dari pembenah tanah berinteraksi dengan mineral tanah. Perubahan terjadi secara bertahap. Pembentukan agregat tanah dan stabilitas struktur tanah mulai terbentuk (Albalasmeh *et al.*, 2024). Struktur pori arang maupun pupuk kandang mampu menahan air dalam ruang antar-pori, sehingga meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air. Pembenah tanah berupa campuran arang dan pupuk kandang secara nyata memberi hasil KAKL paling baik.

Kadar air kapasitas lapang menunjukkan kadar air tanah di lapang pada saat air drainase sudah berhenti atau hampir berhenti mengalir karena adanya gaya grafitasi setelah sebelumnya tanah tersebut mengalami jenuh sempurna. Nilai kadar air pada kapasitas lapang (KL) menunjukkan bahwa tanah memiliki kemampuan menahan air yang cukup baik setelah terjadinya drainase gravitasi. Nilai ini mencerminkan kondisi kelembapan tanah yang relatif optimum bagi pertumbuhan tanaman. Semakin tinggi kapasitas lapang maka kondisi air semakin baik bagi tanaman. Namun demikian nilai kapasitas lapang saja tanpa diikuti pengamatan kadar air titik layu permanen tidak dapat

menunjukkan jumlah air yang tersedia bagi tanaman secara kuantitatif. Jumlah air yang tersedia bagi tanaman adalah selisih antara kapasitas lapang dan titik layu permanen (Silva *et al.*, 2014). Dengan demikian untuk mendapatkan data yang lebih tepat sebaiknya dilakukan pula pengamatan kadar lengas titik layu permanen. Beberapa peneliti menggunakan parameter kadar air kapasitas lapang untuk mengetahui pengaruh kelembaban terhadap pertumbuhan tanaman (Apriyani *et al.*, 2020; Mahardika dan Simanjutak, 2022; Fau *et al.*, 2024). Dalam banyak kasus kadar air kapasitas lapang dapat menunjukkan kapasitas tanah menahan air (Jury *et al.*, 1991; Saxton and Rauls, 2006; Krnáčová *et al.*, 2025).

Selama inkubasi 60 hari terjadi reaksi biologis. Mikroorganisme tanah mulai merombak bahan organik yang terdapat dalam pupuk kandang, menghasilkan nutrisi terlarut bentuk yang tersedia bagi tanaman maupun mikroba. Perombakan bahan organik menghasilkan energi dan CO₂. Oleh sebab itu maka aktivitas mikroorganisme dapat digambarkan sebagai perolehan CO₂, dikenal sebagai evolusi CO₂. Data evolusi CO₂ terlihat pada tabel Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata Evolusi CO₂ (mg/25 gram/hari) selama periode inkubasi 75 hari

Kadar Pembenah Tanah (D)	Jenis Bahan Pembenah Tanah (B)			Rerata
	Pupuk kandang (B1)	Arang (B2)	Campuran pembenah (1:1) (B3)	
2% (D1)		0,60	0,75	0,65 q
4% (D2)	0,65	0,75	0,80	0,73 p
Rerata	0,63 b	0,68 b	0,78 a	0,69 (-)(m)
Kontrol				0,30 (n)

Keterangan : Angka rerata dalam kolom dan baris yang diikuti huruf yang sama tidak menunjukkan beda nyata berdasarkan uji lanjut BNT taraf 5%. Angka pada rerata perlakuan dan kontrol yang diikuti huruf yang tidak sama menunjukkan beda nyata. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi antara kombinasi perlakuan.

Berdasarkan analisis hasil perhitungan menggunakan sidik ragam taraf signifikansi 5% dan dilanjutkan Uji BNT taraf signifikansi 5%, tidak terjadi interaksi antara jenis dan kadar pembenah tanah terhadap pembentukan CO₂. Evolusi CO₂ pada semua perlakuan secara nyata lebih tinggi daripada kontrol. Jumlah CO₂ tertinggi terdapat pada perlakuan B3 dan D2. Perlakuan B3 merupakan campuran arang dan pupuk kandang (1:1), sedangkan D2 adalah kadar pembenah (4%). Kombinasi antara arang dan pupuk

kandang memberikan efek sinergis. Arang berperan memperbaiki struktur dan porositas tanah serta menahan air dan hara, sedangkan pupuk kandang menyediakan unsur hara dan sumber energi bagi mikroorganisme tanah. Interaksi keduanya meningkatkan kemampuan tanah menyimpan lengas sehingga menciptakan lingkungan mikro yang mendukung aktivitas mikroba tanah. Jumlah mikroba pada inkubasi hari ke 60 (Tabel 4) pada semua unit perlakuan secara nyata lebih tinggi daripada kontrol.

Tabel 4. Analisis Jumlah Mikroorganisme (cfu/gram) pada Inkubasi Hari ke-60

Kadar Pembenah Tanah (D)	Jenis Bahan Pembenah Tanah (B)			Rerata
	Pupuk kandang (B1)	Arang (B2)	Campuran pembenah (1:1) (B3)	
2% (D1)	1,93 x 10 ⁶	2,01 x 10 ⁶	2,05 x 10 ⁶	1,99 x 10 ⁶ p
4% (D2)	2,04 x 10 ⁶	2,07 x 10 ⁶	2,15 x 10 ⁶	2,09 x 10 ⁶ p
Rerata	1,98 x 10 ⁶ a	2,04 x 10 ⁶ a	2,10 x 10 ⁶ a	2,04 x 10 ⁶ (-)(m)
Kontrol				1,65 x 10 ⁶ (n)

Keterangan : Angka rerata dalam kolom dan baris yang diikuti huruf yang sama tidak menunjukkan beda nyata berdasarkan uji lanjut BNT taraf 5%. Angka pada rerata perlakuan dan kontrol yang diikuti huruf yang tidak sama menunjukkan beda nyata. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi antara kombinasi perlakuan.

Tidak terjadi interaksi antara jenis dan kadar pembenah tanah. Jumlah mikrobia pada inkubasi hari ke 60 pada semua unit perlakuan secara nyata lebih tinggi daripada kontrol. Meskipun tidak ada beda nyata antar perlakuan, namun nilai tertinggi terdapat pada perlakuan D2B3. Data Jumlah mikrobia yang diperoleh sesuai dengan aktivitas mikrobia yang direpresentasikan dengan CO₂ yang dihasilkan. Interaksi kedua jenis pembenah tanah menciptakan lingkungan tanah yang lembap, stabil, dan kaya

substrat, yang mendukung aktivitas mikrobia tanah secara optimal. Peningkatan aktivitas mikroba selanjutnya mempercepat siklus hara dan memperbaiki kualitas tanah secara berkelanjutan.

Untuk mengetahui kemampuan Regosol dalam mempertahankan lengas, maka setelah diinkubasi selama 60 hari pada kondisi kadar air kapasitas lapang, dilakukan inkubasi lebih lanjut selama 15 hari tanpa penambahan air. Penurunan kadar air disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 1.

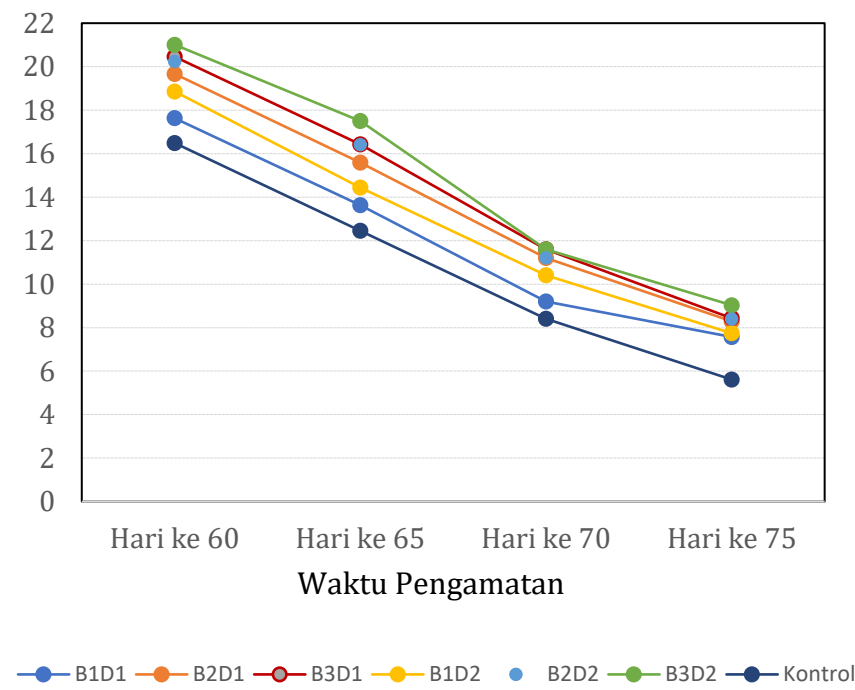
Tabel 5. Kadar Lengas (%) pada Inkubasi Hari ke-75 (15 hari tanpa penambahan air)

Kadar Pembenah Tanah (D)	Jenis Bahan Pembenah Tanah (B)			Rerata
	Pupuk kandang (B1)	Arang (B2)	Campuran pembenah (1:1) (B3)	
2% (D1)	7,57 c	8,29 a	8,43 a	8,10
4% (D2)	7,74 b	8,39 a	9,03 a	8,39
Rerata	18,22	19,96	20,73	8,24 (+)(m)
Kontrol				5,61 (n)

Keterangan : Angka rerata dalam kolom dan aris yang diikuti huruf yang sama tidak menunjukkan beda nyata berdasarkan uji lanjut BNT taraf 5%. Angka pada rerata perlakuan dan kontrol yang diikuti huruf yang tidak sama menunjukkan beda nyata. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi antara kombinasi perlakuan.

Inkubasi tanpa penambahan air selama 15 hari mengakibatkan penurunan kadar air, dari 19,81 (rata-rata) menjadi 8,24. Berdasarkan analisis menggunakan Sidik Ragam taraf signifikansi 5% dan dilanjutkan Uji BNT taraf signifikansi 5%, terjadi interaksi antara jenis dan kadar pembenah tanah terhadap penurunan kadar air tanah. Semua perlakuan menunjukkan kadar air

sisia yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Pada perlakuan D2B3 jumlah air tersisa paling tinggi, meskipun tidak berbeda nyata dengan perlakuan D1B2 dan D1B3. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan pembenah tanah berupa arang, pupuk kandang, maupun campurannya meningkatkan kemampuan tanah mempertahankan air pada kondisi kekeringan.



Gambar 1. Penurunan kadar lengas Regosol selama 15 hari (dari inkubasi hari ke 60 sampai dengan 75) tanpa penambahan air

Air tersisa pada kontrol sebesar 5,61%, sedangkan pada tanah yang ditambah pembenah berkisar antara 7,57% sampai dengan 9,03%. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Liu *et al.*, (2024), yang menunjukkan bahwa arang secara signifikan meningkatkan, retensi air residual serta kelembapan tertahan setelah drainase bebas pada tanah berpasir/geluh. Temuan ini menunjukkan arang dapat memperbaiki kapasitas menahan air tanah bertekstur ringan. Struktur pori arang mampu menahan air dalam ruang antar-pori, sehingga meningkatkan kemampuan

tanah menyimpan air (*water holding capacity*), terutama pada tanah bertekstur kasar, seperti pasir (Cheng *et al.*, 2024). Air yang tersimpan di dalam pori-pori arang tidak mudah menguap, tetapi tetap tersedia bagi akar tanaman dan mikroba. Glaser., 2002, menunjukkan bahwa penambahan arang (*charcoal*) ke dalam tanah-tanah tropika yang telah mengalami pelapukan lanjut dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah secara signifikan. Arang terbukti meningkatkan memperbaiki struktur tanah, meningkatkan porositas, dan menurunkan kerapatan massa tanah. Kondisi ini

mendukung bagi pertumbuhan akar dan aktivitas mikroorganisme. Terjadinya peningkatan kadar air kapasitas lapang maupun aktivitas dan jumlah mikrobia, karena penambahan bahan pembenah tanah meningkatkan kadar bahan organik (Tabel 6)

Tabel 6. Kadar C-Organik tanah (%) pada Inkubasi Hari ke 60

Kadar Pembenah Tanah (D)	Jenis Bahan Pembenah Tanah (B)			Rerata
	Pupuk kandang (B1)	Arang (B2)	Campuran pembenah (1:1) (B3)	
2% (D1)	5,94	5,94	6,26	6,05 q
4% (D2)	7,95	7,94	7,92	7,94 p
Rerata	6,95 a	6,94 a	7,09 a	6,99 (-)(m)
Kontrol				1,97 (n)

Keterangan : Angka rerata dalam kolom dan aris yang diikuti huruf yang sama tidak menunjukkan beda nyata berdasarkan uji lanjut BNT taraf 5%. Angka pada rerata perlakuan dan kontrol yang diikuti huruf yang tidak sama menunjukkan beda nyata. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi antara kombinasi perlakuan.

Carter et al. 2018 dan Lasota et al., 2021, dalam penelitiannya menunjukkan bahwa horizon tanah kaya *charcoal* mempunyai kandungan C organik lebih tinggi, pH lebih tinggi, kapasitas menahan air yang lebih baik, serta aktivitas enzim dan keragaman komunitas bakteri dan jamur yang lebih besar. Perubahan ini mencerminkan bahwa *charcoal* memodifikasi habitat mikroba dan mendukung aktivitas biologis tanah. Hasil penelitian Quilliam *et al.*, 2013 menunjukkan bahwa arang meningkatkan biomassa mikroba dan aktivitas enzim tanah, memodifikasi dinamika komunitas mikroba, serta menyediakan habitat mikro yang mendukung kehidupan mikroba. Temuan ini menegaskan bahwa arang tidak hanya berperan sebagai amendemen fisik tanah, tetapi juga mempengaruhi fungsi biologis tanah, yang penting untuk kesuburan dan siklus nutrien tanah. Arunrat et al. (2025) melakukan penelitian pada lahan di pegunungan utara Thailand, satu tahun setelah pembakaran. Hasilnya adalah bahwa lapisan tanah yang mengandung arang memiliki sifat kimiawi yang berbeda. kandungan bahan organik tanah dan N total secara signifikan lebih tinggi pada lapisan campuran arang-tanah. Analisis komunitas mikroba mengungkap bahwa keanekaragaman bakteri meningkat pada lapisan tanah yang mengandung arang dan campuran arang lebih tinggi di lapisan tanah campuran arang, dibandingkan pada lapisan tanpa arang.

Penelitian yang mengkaji kombinasi arang dan pupuk kandang belum banyak dilaporkan. Begitu juga

penelitian yang mengukur kelengasan tanah dan aktivitas mikrobia secara bersamaan dalam satu rancangan percobaan. Pada umumnya kelengasan dan aktivitas mikrobia diukur secara terpisah pada judul penelitian yang berbeda. Topik yang banyak diteliti adalah peran biochar. Arang dan biochar meskipun bahan dan teknik pembuatannya sama yaitu melau pirolisis, namun kualitas hasilnya berbeda. Proses pembuatan biochar dikontrol dengan ketat suhu, waktu, dan oksigen diatur untuk menghasilkan karbon stabil. Pembuatan arang dilakukan secara tradisional. Hal ini mengakibatkan arang umumnya memiliki heterogenitas ukuran pori dan sifat kimia yang lebih bervariasi. Oyeyiola *et al.* (2024), mengatakan bahwa arang kurang efektif dibanding biochar. Namun demikian arang dapat menjadi alternatif jika biochar tidak tersedia.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi arang bersama dengan pupuk kandang mampu meningkatkan potensial tanah menyimpan air dan meningkatkan aktivitas dan jumlah mikrobia. Hal ini sangat menarik karena industri arang secara tradisional banyak dijumpai disekitar kita dan limbah yang dihasilkan berupa serbuk arang banyak ditemukan. Dari segi harga, dibandingkan dengan biochar, arang sangat murah. Kondisi ini membuka peluang penelitian lanjutan untuk mengevaluasi interaksi arang dan pupuk kandang terhadap dinamika air tanah dan aktivitas mikroba, khususnya pada tanah miskin bahan organik seperti selain Regosol, yaitu Ultisol, atau tanah berpasir.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan aplikasi bahan pembenah tanah pada Regosol meningkatkan kadar air pada kapasitas lapang serta aktivitas dan jumlah mikroorganisme tanah. Terdapat interaksi antara jenis dan kadar pembenah tanah terhadap kadar air kapasitas lapang, dengan nilai

tertinggi diperoleh pada kombinasi kadar 4% dan pembenah campuran arang tempurung kelapa dan pupuk kandang (1:1). Peningkatan aktivitas dan populasi mikroorganisme tanah terutama ditunjukkan pada kadar 4% dan penggunaan pembenah campuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Albalasmeh, A. A., Quzaih, M. Z., Gharaibeh, M. A., Rusan, M., Mohawesh, O. E., Rababah, S. R., Alqudah, A., Alghamdi, A. G., & Naserin, A. 2024. *Significance of pyrolytic temperature, application rate and incubation period of biochar in improving hydro-physical properties of calcareous sandy loam soil. Scientific Reports*, **14**, 7012.
- Apriyani, M., Amarullah, & Murtalaksono, A. (2020). Pengaruh kondisi kapasitas lapang yang berbeda terhadap pertumbuhan vegetatif varietas kacang hijau (*Vigna radiata* L.). Dalam *Proceedings: Peran teaching factory di perguruan tinggi vokasi dalam mendukung ketahanan pangan pada era new normal* (hlm. xx-xx). Agropross, National Conference Proceedings of Agriculture. <https://doi.org/10.25047/agropross.2020.5>
- Arunrat, N., Uttarotai, T., Kongsurakan, P., Sereenonchai, S., & Hatano, R. 2025. *Bacterial community structure in soils with fire-deposited charcoal under rotational shifting cultivation of upland rice in northern Thailand. Ecology and Evolution*, **15**(2), e70851.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. 2016. *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson.
- Cappuccino, J. G., & Sherman, N. 2013. *Microbiology: A Laboratory Manual* (10th ed.). Pearson Education Limited, London.
- Carter, Z. W., Sullivan, B. W., Qualls, R. G., Blank, R. R., Schmidt, C. A., & Verburg, P. S. J. 2018. *Charcoal increases microbial activity in Eastern Sierra Nevada forest soils. Forests*, **9**(2), 93.
- Carter, M. R., & Gregorich, E. G. (Eds.). (2008). *Soil sampling and methods of analysis* (2nd ed.). CRC Press / Taylor & Francis Group
- Chan, K. Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., & Joseph, S. 2007. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research*, **45**(8), 629–634.
- Cheng, L., Wang, K., Yao, Z., Liu, X., Zhao, D., & Wang, Y. 2024. *Naturally deposited charcoal enhances water retention capacity of subtropical forest soils. Forests*, **15**(11), 1939.
- Fau, M. B., Rai, I. N., Wiraatmaja, I. W., & Mayadewi, N. N. A. 2024. *Pengaruh kadar air tanah dan jumlah tanaman inang berbeda terhadap perbanyakan spora FMA dan pertumbuhan tanaman jagung. Plumula : Berkala Ilmiah Agroteknologi*, **12**(2), 77–86. <https://doi.org/10.33005/plumula.v12i2.228>
- Glaser, B., Lehmann, J., & Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. *Biology and Fertility of Soils*, **35**, 219–230.
- Gupta, C., & Malo, E. 2022. A comparative study of potential of charcoal, crushed paper and wood pulp for sustainable agriculture. *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)*, **8**(7).
- Hamidi, N. H., Ahmed, O. H., Omar, L., & Ch'ng, H. Y. 2021. Soil nitrogen sorption using charcoal and wood ash. *Agronomy*, **11**(9), Article 1801.
- Hardjowigeno, S. 2010. *Ilmu tanah*. Akademika Pressindo.
- Jury, W. A., Gardner, W. R., & Gardner, W. H. 1991. *Soil physics* (5th ed.). John Wiley & Sons.
- Kammen, D. M., & Lew, D. 2005. *Review of technologies for the production and use of charcoal* (p. 6). University of California, Energy and Resources Group & Goldman School of Public Policy.
- Krnáčová, Z., Barančoková, M., & Labuda, M. 2025. *Quantification of soil water retention capacity in the protected water management area Žitný Ostrov (Slovakia). Agriculture*, **15**(5), 563.
- Kumar, Y., Ren, W., Tao, H., Tao, B., & Lindsey, L. E. (2025). Impact of biochar amendment on soil microbial biomass carbon enhancement under field experiments: A meta-analysis. *Biochar*, **7**(1), Article 2. <https://doi.org/10.1007/s42773-024-00391-6>
- Lasota, J., Błońska, E., Babiak, T., Piaszczyk, W., Stępniewska, H., Jankowiak, R., Boroń, P., & Lenart-Boroń, A. 2021. *Effect of charcoal on the properties, enzyme activities and microbial diversity of temperate pine forest soils. Forests*, **12**(11), 1488.
- Liu, Y., Wang, Z., Zhou, Y., & Chen, L. 2024. *Naturally deposited charcoal enhances water retention capacity of subtropical forest soils. Forests*, belum banyak , 1939.
- Liu, W., Yang, Z., Ye, Q., Peng, Z., Zhu, S., Chen, H., Liu, D., Li, Y., Deng, L., Shu, X., & Huang, H. 2023. Positive effects of organic amendments on soil microbes and their functionality in agro-ecosystems. *Plants*, **12**(22), 3790. <https://doi.org/10.3390/plants12223790>
- Mahardika, Y. H., & Simanjuntak, B. H. 2022. Pemberian berbagai level air dan pengaruhnya pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) varietas Grobogan. *Vegetalika*, **11**(4), 266–279. <https://doi.org/10.22146/veg.76102>
- Oyeyiola, Y. B., Ewetola, E. A., Kolawole, G. O., & Lawal, B. A. 2024. Comparative efficacy of biochar vs. cooking charcoal in urea-based soil fertility management: Impacts on soil quality, nutrient retention, and maize performance. *Discover Soil*, **1**, Article 17.
- Quilliam, R. S., Glaser, B., & Jones, D. L. 2013. Life in the “black soil”: charcoal additions and microbial dynamics in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, **57**, 809–820.
- Saxton, K. E., & Rawls, W. J. 2006. Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. *Soil Science Society of America Journal*, **70**(5), 1569–1578.
- Seyedsadr, S., Šípek, V., Jačka, L., Sněhota, M., Beesley, L., Pohořelý, M., Kovář, M., & Trakal, L. 2022. Biochar considerably increases the easily available water and nutrient content in low-organic soils amended with compost and manure. *Chemosphere*, **293**, Article 133586.
- Silva, B. M., Silva, É. A., Oliveira, G. C., Ferreira, M. M., & Serafim, M. E. 2014. Plant-available soil water capacity: Estimation methods and implications. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **38**, 464–475.
- Sun, J., Lu, X., Chen, G., Luo, N., Zhang, Q., & Li, X. 2023. Biochar promotes soil aggregate stability and associated organic carbon sequestration and regulates microbial community structures in Mollisols from northeast China. *SOIL*, **9**, 261–275.
- Sun, J., Tu, S., Lu, X., & Li, X. 2025. Coupling of biochar and manure improves soil carbon pool stability, pore structure, and microbial diversity. *Agronomy*, **15**(6), 1384. <https://doi.org/10.3390/agronomy15061384>
- Uzoma, K. C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A., & Nishihara, E. 2011. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil Use and Management*, **27**(2), 205–212.
- Winarso, S., Subchan, W., Setiawati, T. C., & Romadhona, S. R. 2021. Increasing the abundance of microorganisms in a regosol soil using biopellet fertilizer composed from biochar, chicken manure, and shrimp waste to increase soil fertility. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, **8**(4), 2881–2890.