

PERBAIKAN SIFAT TANAH DAN PRODUKTIVITAS KACANG HIJAU PADA VERTISOL MELALUI AMELIORASI BIOCHAR DAN MULSA ORGANIK

IMPROVEMENT OF SOIL PROPERTIES AND MUNG BEAN PRODUCTIVITY ON VERTISOLS THROUGH BIOCHAR AND STRAW MULCH AMELIORATION

Rika Andriati Sukma Dewi^{1*}, Mulyati¹, Sukartono¹, Siska Ita Selvia¹

¹Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

*Email Penulis korespondensi: rika@unram.ac.id

Abstrak

Tanah vertisol yang memiliki sifat fisik dan kimia bermasalah memerlukan strategi ameliorasi untuk mendukung pertanian berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh aplikasi biochar sekam padi dan mulsa organik terhadap sifat kimia dan fisik tanah vertisol serta produksi kacang hijau (*Vigna radiata L.*). Penelitian dilakukan selama enam bulan (Januari–Juni 2024) di lahan tada hujan Desa Segala Anyar, Lombok Tengah, menggunakan Rancangan Acak Kelompok faktorial dua faktor: dosis biochar (0, 10, dan 20 ton/ha) dan jenis mulsa (plastik dan jerami padi 5 ton/ha), masing-masing dengan empat ulangan. Parameter yang diamati meliputi C-organik, pH, nilai COLE, kapasitas air tersedia (KAT), dan berat 100 biji kacang hijau. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi biochar 20 ton/ha dan mulsa jerami secara signifikan meningkatkan C-organik (1,49%), menaikkan pH (6,85), menurunkan nilai COLE (0,13), serta mempertahankan KAT di atas 10%. Kombinasi tersebut juga menghasilkan berat 100 biji tertinggi (1,40 ton/ha), mengindikasikan peningkatan efisiensi fisiologis tanaman. Temuan ini mengonfirmasi bahwa integrasi biochar dan mulsa organik efektif memperbaiki kualitas tanah marginal dan meningkatkan hasil tanaman, mendukung praktik pertanian berkelanjutan.

Kata kunci: Biochar, mulsa organik, vertisol, kualitas tanah, kacang hijau

Abstract

Vertisol soils, characterized by problematic physical and chemical properties, require effective amelioration strategies to support sustainable agriculture. This study aimed to evaluate the effects of rice husk biochar and organic mulch application on the chemical and physical properties of Vertisol soil, as well as on mung bean (*Vigna radiata L.*) productivity. The field experiment was conducted over six months (January–June 2024) on rainfed land in Segala Anyar Village, Central Lombok, using a factorial randomized complete block design with two factors: biochar doses (0, 10, and 20 tons/ha) and mulch types (plastic mulch and rice straw mulch at 5 tons/ha), each with four replications. Observed parameters included soil organic carbon (C-organic), pH, coefficient of linear extensibility (COLE), available water capacity (AWC), and the weight of 100 mung bean seeds. The results showed that the combination of 20 tons/ha biochar and rice straw mulch significantly increased soil C-organic (1.49%), raised soil pH (6.85), reduced COLE (0.13), and maintained AWC above 10%. This combination also produced the highest 100-seed weight (1.40 tons/ha), indicating enhanced physiological efficiency of the crop. These findings confirm that integrating biochar and organic mulch effectively improves marginal soil quality and boosts crop yield, supporting more sustainable agricultural practices.

Keywords: Biochar, organic mulch, Vertisols, soil quality, mung bean

PENDAHULUAN

Tantangan utama dalam pertanian berkelanjutan adalah mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah serta produktivitas tanaman, terutama di tengah degradasi dan penurunan kualitas tanah yang meluas. Salah satu pendekatan strategis untuk mengatasi masalah ini adalah melalui aplikasi biochar dan mulsa organik, yang dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta mendukung peningkatan hasil pertanian secara berkelanjutan (Khan et al., 2022). Biochar dan mulsa organik tidak hanya memperbaiki struktur dan daya simpan air tanah, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi dan mendukung keberlangsungan mikroorganisme tanah (Nepal et al.,

2023). Kombinasi kedua bahan ini dapat menciptakan sistem pertanian yang lebih adaptif terhadap tekanan lingkungan sekaligus mendukung produktivitas tanaman yang lebih tinggi dengan dampak ekologis yang lebih rendah (Roberts & Mattoo, 2018).

Aplikasi biochar, yaitu bahan kaya karbon yang berasal dari pirolisis biomassa, telah banyak diteliti karena kemampuannya dalam meningkatkan berbagai sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Hui, 2021) Struktur biochar yang sangat berpori dan memiliki luas permukaan yang besar menyediakan habitat yang baik bagi beragam mikroorganisme tanah yang bermanfaat, seperti bakteri dan jamur, yang berperan penting dalam siklus nutrisi dan menjaga kesehatan tanah (Rawat et al., 2019), terutama pada tanah seperti Vertisol yang memiliki keterbatasan bahan organik. Selain itu, kapasitas tukar ion yang tinggi dari biochar memungkinkan bahan ini menyerap dan mempertahankan nutrisi penting bagi tanaman, mengurangi pencucian, serta meningkatkan ketersediaan nutrisi untuk penyerapan oleh tanaman (Zhang, 2021).

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penambahan biochar ke tanah dapat meningkatkan hasil tanaman secara signifikan. Namun, respons tersebut bervariasi tergantung pada bahan baku biochar, dosis aplikasi, jenis tanah, dan jenis tanaman yang dibudidayakan (Premalatha et al., 2023). Hal ini menegaskan bahwa biochar merupakan bahan amelioran yang potensial untuk mendukung intensifikasi pertanian berkelanjutan melalui peningkatan kesuburan tanah dan efisiensi produksi tanaman, terutama pada lahan suboptimal.

Selain dampak menguntungkan dari biochar, penerapan mulsa organik juga dapat berkontribusi lebih lanjut pada peningkatan kesuburan tanah dan kinerja tanaman. Mulsa organik, seperti sisa tanaman atau kompos, tidak hanya meningkatkan struktur tanah dengan memperbaiki agregasi dan porositas, tetapi juga meningkatkan kapasitas tanah untuk menahan air (Khan et al., 2022). Hal ini membantu mengatur tingkat kelembaban dan membuat air lebih mudah tersedia bagi tanaman. Selain itu, seiring dekomposisi mulsa organik secara bertahap, ia melepaskan pasokan nutrisi esensial bagi tanaman secara berkelanjutan, termasuk nitrogen, fosfor, dan kalium, yang dapat dimanfaatkan secara efisien oleh tanaman (Hu et al., 2020). Efek sinergis dari biochar dan mulsa organik ini diyakini dapat menciptakan kondisi tanah yang lebih stabil dan produktif, khususnya di lahan dengan keterbatasan seperti Vertisol.

Pemanfaatan biochar dan mulsa organik pada tanah kering seperti Vertisol merupakan strategi yang menjanjikan dalam memperbaiki kualitas kesuburan tanah. Meskipun Vertisol memiliki nilai KTK dan kejenuhan basa yang tinggi, kandungan bahan organik dan hara tersedia seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) tergolong rendah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh aplikasi biochar dan mulsa organik terhadap sifat kimia tanah Vertisol serta dampaknya terhadap produksi kacang hijau di wilayah Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Segala Anyar, Kecamatan Pujut, Lombok Tengah dengan titik koordinat $8,80748^{\circ}\text{S}$, $116,29515^{\circ}\text{T}$, pada lahan tada hujan dengan jenis tanah Vertisol. Penelitian lapangan berlangsung selama 6 bulan, dari Januari hingga Juni 2024. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Fisika dan Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram.

Penelitian ini menggunakan rancangan faktorial dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari dua faktor, yaitu dosis biochar (biochar sekam padi) dan jenis mulsa. Faktor biochar terdiri dari tiga taraf: tanpa biochar, dosis biochar 10

ton/ha, dan dosis biochar 20 ton/ha). Faktor mulsa juga terdiri dari tiga taraf: mulsa plastik dan mulsa organik (mulsa jerami padi 5 ton/ha). Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak empat kali, sehingga total terdapat 24 unit percobaan. Kombinasi perlakuan yang digunakan adalah sebagai berikut:

B0M1 : Tanpa biochar + mulsa plastik

B0M2 : Tanpa biochar + mulsa jerami padi 5 ton/ha

B1M1 : Biochar sekam padi 10 ton/ha + mulsa plastik

B1M2 : Biochar sekam padi 20 ton/ha + mulsa plastik

B2M1 : Biochar sekam padi 10 ton/ha + mulsa jerami padi 5 ton/ha

B2M2 : Biochar sekam padi 20 ton/ha + mulsa jerami padi 5 ton/ha

Pada percobaan ini, benih kacang hijau varietas Vima-5 yang diperoleh dari PT. Agri Makmur Pertiwi digunakan sebagai bahan tanam. Biochar sekam padi dan mulsa plastik dan organik digunakan sebagai pembenah tanah. Sementara itu, luas petak percobaan adalah 1,6 x 1,6 meter ($2,56 \text{ m}^2$), dengan total 24 petak percobaan. Pengolahan lahan dilakukan dua minggu sebelum tanam untuk membersihkan gulma dan sisa tanaman sebelumnya, memperbaiki tekstur tanah, dan membuat bedengan. Lubang tanam dibuat dengan kedalaman tidak lebih dari 10 cm menggunakan tugal, dengan jarak tanam 30 cm x 20 cm. Jarak tanam ini merupakan praktik umum di daerah setempat. Setiap lubang tanam diisi dengan 3-4 benih, dan setelah kecambah muncul, hanya 2 tanaman yang sehat dipelihara.

Contoh tanah diambil dari lahan tada hujan di Desa Segala Anyar pada kedalaman 0-20 cm. Tanah tersebut diklasifikasikan sebagai Vertisol menurut Taksonomi Tanah USDA (1999). Contoh tanah diambil dari 10 titik setiap perlakuan dan dikompositkan untuk mendapatkan contoh tanah homogen. Tanah kemudian dikeringkan, digiling, dan diayak dengan saringan 2 mm. Sebelum percobaan, dilakukan analisis laboratorium untuk mengukur sifat-sifat tanah seperti N-Total (%) (metode *Kjeldhal*), P-Tersedia (ppm) (metode *Bray I*), C-Organik (metode *Walkley-Black*), pH H₂O (pH meter), dan nilai COLE (*coefficient of linear extensibility*).

Tanaman yang dijadikan contoh ditentukan secara acak di dalam petak percobaan. Jumlah tanaman yang diamati adalah 5% dari populasi tanaman, yaitu sebanyak 3 sampel tanaman per petak percobaan. Jumlah ini dipilih untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan tetap representatif terhadap kondisi populasi tanaman secara keseluruhan, namun tetap efisien secara waktu dan tenaga selama pengamatan di lapangan. Penggunaan 5% sebagai sampel juga didasarkan pada pertimbangan bahwa ukuran petak yang relatif kecil ($2,56 \text{ m}^2$) menghasilkan populasi tanaman yang cukup homogen, sehingga persentase ini dianggap memadai untuk mendekripsi perbedaan antar perlakuan secara statistik.

Pemberian mulsa organik (jerami padi) dilakukan 10 hari setelah tanam dengan ketebalan ±5 cm, diletakkan 5 cm dari lubang tanam dan dihamparkan merata di permukaan tanah. Sementara itu, mulsa plastik dipasang sepanjang bedengan, dipotong 50 cm lebih pendek dari panjang bedengan untuk menghindari kerutan akibat pemuaian saat terkena sinar matahari. Ujung-ujung mulsa ditarik dan dipasak menggunakan bambu berbentuk U pada jarak 50 cm, memastikan penutupan yang rapat.

Kandungan karbon organik tanah (C-organik) dianalisis menggunakan metode Walkley dan Black, dengan cara mengoksidasi bahan organik dalam tanah menggunakan larutan K₂Cr₂O₇ dan H₂SO₄. Sisa K₂Cr₂O₇ yang tidak bereaksi dititrasikan dengan FeSO₄ 0,5 N, dan hasilnya dihitung sebagai persen C-organik.

Pengukuran pH tanah dilakukan dengan metode pH-H₂O, menggunakan perbandingan 1:2,5 antara tanah kering dan air suling. Setelah diaduk dan didiamkan

selama 30 menit, pH diukur menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi (Soil Survey Staff, 2014).

Kapasitas air tersedia (KAT) diukur berdasarkan selisih antara kadar air pada kondisi kapasitas lapang ($pF = 2,54$) dan titik layu permanen ($pF = 4,2$). Sementara itu, nilai *Coefficient of Linear Extensibility* (COLE) ditentukan dengan mengamati perubahan panjang sampel tanah dari kondisi kering udara ke kondisi jenuh air dengan menggunakan rumus berikut:

$$COLE = \frac{L_{jenuh} - L_{kering}}{L_{kering}}$$

di mana L_{jenuh} merupakan panjang sampel setelah jenuh air, dan L_{kering} merupakan panjang sampel setelah kering udara.

Pengukuran berat 100 biji digunakan sebagai indikator utama dalam menilai komponen hasil dan mutu fisiologis biji kacang hijau. Sebanyak 100 biji dikumpulkan secara acak dari hasil panen setiap unit perlakuan, kemudian dikeringkan hingga kadar air mencapai standar panen (sekitar 14%). Penimbangan dilakukan menggunakan neraca analitik dengan ketelitian 0,01 gram. Nilai yang diperoleh merefleksikan kapasitas pengisian biji yang optimal, serta efisiensi proses fotosintesis selama fase reproduktif tanaman.

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan Analisis Keragaman (ANOVA) menggunakan software statistik SPSS. Jika hasilnya signifikan, akan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kimia Tanah Vertisol

Analisis sifat kimia tanah Vertisol menunjukkan bahwa perlakuan biochar dan mulsa berpengaruh terhadap peningkatan kandungan C-organik dan perbaikan pH tanah. Berdasarkan hasil pengamatan terhadap perlakuan kombinasi biochar sekam padi dan mulsa, terdapat perbedaan yang signifikan pada parameter C-organik dan pH (Tabel 1). Pada perlakuan tanpa biochar dan menggunakan mulsa plastik, kandungan C-organik tercatat sebesar 1,16%, sedangkan pada perlakuan tanpa biochar dengan mulsa jerami padi 5 ton/ha sedikit lebih tinggi, yaitu 1,23%. Penurunan C-organik pada perlakuan tanpa biochar, meskipun menggunakan mulsa plastik, menunjukkan bahwa peran biochar dalam meningkatkan kandungan karbon organik tanah sangat penting. (Hu et al., 2020)) mengemukakan bahwa biochar dapat meningkatkan akumulasi bahan organik yang lebih stabil, yang berkontribusi pada peningkatan kualitas tanah secara keseluruhan.

Pada perlakuan yang menggunakan biochar, seperti pada perlakuan biochar sekam padi 10 ton/ha dengan mulsa plastik, kandungan C-organik meningkat menjadi 1,40%. Hasil ini sejalan dengan temuan yang menyatakan bahwa biochar dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan akumulasi bahan organik yang lebih stabil, yang secara potensial mengurangi kehilangan karbon dioksida (CO_2) dari tanah ((Nepal et al., 2023)). Peningkatan C-organik ini berkaitan dengan efek biochar dalam memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan kapasitas retensi air, dan mendukung aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam dekomposisi bahan organik (S. Khan et al., 2024).

Tabel 1 Rata-rata Nilai Parameter Kimia Tanah

Kombinasi Perlakuan	C-Organik	pH
Tanpa biochar + mulsa plastik	1,16 ^b	6,78
Tanpa Biochar + mulsa Jerami padi 5 ton/ha	1,23 ^{ab}	6,83
Biochar sekam padi 10 ton/ha + mulsa plastik	1,40 ^{ab}	6,83
Biochar sekam padi 20 ton/ha + mulsa plastik	1,34 ^{ab}	6,88

Biochar sekam padi 10 ton/ha + mulsa Jerami padi 5 ton/ha	1,51 ^a	6,83
Biochar sekam padi 20 ton/ha + mulsa Jerami padi 5 ton/ha	1,49 ^{ab}	6,85

Pada perlakuan dengan dosis lebih tinggi, yaitu biochar sekam padi 20 ton/ha dengan mulsa plastik, terlihat sedikit penurunan pada kandungan C-organik menjadi 1,34% dibandingkan dengan dosis 10 ton/ha. Meskipun demikian, nilai ini masih lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa biochar. Penurunan ini mungkin disebabkan oleh pengaruh dosis biochar yang lebih tinggi terhadap keseimbangan mikroorganisme tanah. Peningkatan pH dan sifat fisik tanah yang lebih keras bisa mengganggu aktivitas mikroba yang mengurai bahan organik (Mierzwa-Hersztek et al., 2019). Meski demikian, peningkatan C-organik yang tetap terjaga pada kedua perlakuan biochar menunjukkan dampak positif bagi kualitas tanah.

Selain C-organik, pH tanah juga menunjukkan pengaruh signifikan dari penggunaan biochar dan mulsa. Pada perlakuan tanpa biochar dengan mulsa plastik, pH tanah tercatat sebesar 6,78, sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa biochar dan mulsa jerami padi 6,83. (Rawat et al., 2019) menyatakan bahwa biochar cenderung meningkatkan pH tanah karena sifat alkalisnya yang membantu menetralkan keasaman tanah. Pada perlakuan biochar sekam padi, pH tanah tercatat 6,83 untuk dosis 10 ton/ha dan 6,88 untuk dosis 20 ton/ha. Peningkatan pH ini menunjukkan bahwa biochar dapat memperbaiki kondisi tanah yang asam menjadi lebih netral, yang akan meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman (Mierzwa-Hersztek et al., 2020) (Bista et al., 2019) (Salem et al., 2019)

Peningkatan pH tanah ini juga didukung oleh penelitian (Rawat et al., 2019), yang mengungkapkan bahwa biochar berfungsi sebagai pH buffer yang membantu menstabilkan pH tanah, mengurangi fluktuasi pH yang dapat merugikan bagi pertumbuhan tanaman. Kondisi pH yang lebih stabil dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara penting seperti fosfor dan kalsium, yang lebih mudah diakses oleh akar tanaman, dan pada gilirannya mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik (Neina, 2019). Namun, penting untuk diingat bahwa efektivitas biochar dalam menstabilkan pH tanah dapat bervariasi tergantung pada jenis tanah, dosis aplikasi, dan jenis biochar yang digunakan (T. Okareh & O. Gbadebo, 2020).

Secara keseluruhan, hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa kombinasi penggunaan biochar sekam padi dengan mulsa jerami padi memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan kualitas tanah. Perbaikan pada parameter C-organik dan pH yang lebih stabil menunjukkan bahwa kombinasi ini mendukung kondisi tanah yang lebih optimal bagi pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, praktik ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, tetapi juga mendukung pertanian berkelanjutan yang lebih ramah lingkungan.

Sifat Fisik Tanah Vertisol

Sifat fisik tanah menunjukkan perbaikan signifikan terutama dalam menurunkan potensi kembang susut tanah (COLE) dan mempertahankan kapasitas air tersedia melalui aplikasi biochar dan mulsa organik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi biochar sekam padi dengan berbagai jenis mulsa memberikan dampak signifikan terhadap kualitas tanah, terutama dalam menurunkan nilai Cole dan meningkatkan kapasitas air yang tersedia. Nilai Cole, yang mencerminkan tingkat pengembangan tanah ketika jenuh air, secara signifikan berkurang dengan penerapan biochar, terutama bila dipadukan dengan mulsa jerami padi. Tanpa biochar, perlakuan dengan mulsa plastik menghasilkan nilai Cole sebesar 0,28, sementara penggunaan mulsa jerami padi menurunkannya menjadi 0,24 (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa mulsa jerami sedikit membantu

mengurangi ekspansi tanah, meskipun dampaknya masih terbatas tanpa tambahan biochar.

Pada perlakuan yang mencakup biochar, nilai Cole terus menurun, terutama dengan dosis 10 dan 20 ton/ha biochar sekam padi. Kombinasi biochar dengan mulsa plastik menurunkan nilai Cole menjadi 0,22 pada dosis 10 ton/ha dan menjadi 0,21 pada dosis 20 ton/ha, mengindikasikan bahwa biochar secara bertahap mengurangi ekspansi tanah seiring dengan peningkatan dosisnya. Penurunan nilai Cole ini menunjukkan bahwa biochar mampu memperbaiki struktur tanah dan menjadikannya lebih stabil saat jenuh air, yang berguna untuk menjaga kestabilan tanah di lahan yang rentan terhadap ekspansi atau retakan (Kandel et al., 2021)(Herman et al., 2018).

Tabel 2 Rata-rata nilai parameter sifat fisika tanah

Kombinasi Perlakuan	Nilai Cole	Kapasitas Air Tersedia
Tanpa biochar + mulsa plastik	0,28	11,19
Tanpa Biochar + mulsa Jerami padi 5 ton/ha	0,24	11,19
Biochar sekam padi 10 ton/ha + mulsa plastik	0,22	10,05
Biochar sekam padi 20 ton/ha + mulsa plastik	0,21	10,13
Biochar sekam padi 10 ton/ha + mulsa Jerami padi 5 ton/ha	0,16	10,51
Biochar sekam padi 20 ton/ha + mulsa Jerami padi 5 ton/ha	0,13	10,30

Efektivitas biochar tampak lebih optimal ketika dikombinasikan dengan mulsa jerami padi. Kombinasi biochar 10 ton/ha dengan mulsa jerami padi 5 ton/ha menghasilkan nilai Cole sebesar 0,16, dan dengan dosis biochar 20 ton/ha mencapai 0,13. Hasil ini menunjukkan adanya sinergi antara biochar dan mulsa jerami dalam memperkuat struktur tanah, yang kemungkinan didukung oleh sifat organik jerami padi yang mendukung efek stabilisasi biochar. Kombinasi ini menghasilkan efek terbaik dalam menurunkan nilai Cole, sehingga tanah lebih stabil terhadap perubahan kadar air dan meningkatkan ketahanan tanah terhadap erosi. Hal ini disebabkan karena biochar dan jerami padi memiliki kemampuan dalam meningkatkan aerasi tanah dan menyediakan nutrisi tambahan yang mendukung aktivitas mikroorganisme menguntungkan di sekitar akar tanaman (Kamara et al., 2015). Selain itu, jerami padi juga membantu menjaga kelembaban tanah secara konsisten, yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman yang sehat (Kumar et al., 2020).

Selain pengaruh terhadap nilai Cole, penggunaan biochar dan mulsa juga berdampak pada kapasitas air yang tersedia dalam tanah. Tanah tanpa biochar, baik dengan mulsa plastik maupun jerami padi, menunjukkan kapasitas air sebesar 11,19%, yang mencerminkan kapasitas retensi air yang normal. Namun, penambahan biochar sedikit mengurangi kapasitas air yang tersedia, terutama pada kombinasi dengan mulsa plastik. Pada dosis biochar 10 ton/ha dan 20 ton/ha dengan mulsa plastik, kapasitas air turun menjadi 10,05% dan 10,13%. Meskipun terjadi penurunan dibandingkan perlakuan tanpa biochar, nilai ini masih berada dalam kisaran optimal untuk pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, penurunan tersebut tidak dapat diartikan sebagai dampak negatif, melainkan sebagai indikator bahwa tanah menjadi lebih cepat mengalirkan air berlebih, sehingga dapat menghindari kejemuhan air di sekitar zona perakaran.

Kombinasi biochar dengan mulsa jerami padi menghasilkan efek yang berbeda dalam mempertahankan kapasitas air yang tersedia pada tingkat yang lebih tinggi. Kombinasi biochar 10 ton/ha dengan mulsa jerami padi menunjukkan kapasitas air

sebesar 10,51%, sedangkan pada dosis biochar 20 ton/ha, nilai tersebut berada di angka 10,30%. Meskipun sedikit lebih rendah dibandingkan tanah tanpa biochar, kombinasi ini menunjukkan retensi air yang lebih baik dibandingkan dengan mulsa plastik. Interaksi antara biochar dan mulsa jerami padi tampaknya menciptakan kondisi tanah yang lebih optimal baik dalam hal stabilitas maupun retensi air, yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman lebih baik dalam menghadapi perubahan kelembaban tanah (Ni et al., 2018)

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menekankan bahwa penggunaan biochar sekam padi dengan mulsa, terutama mulsa jerami padi, memberikan dampak positif yang signifikan pada kualitas fisik tanah. Penurunan nilai Cole dan peningkatan stabilitas kapasitas air menunjukkan bahwa kombinasi ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air di lahan pertanian. Selain memperbaiki struktur tanah, perlakuan ini juga berpotensi menunjang pertumbuhan tanaman dengan lebih optimal, terutama pada lahan yang rentan terhadap fluktuasi kadar air.

Produksi Kacang Hijau

Pengamatan terhadap parameter berat 100 biji menunjukkan tren peningkatan yang konsisten sebagai respons terhadap aplikasi biochar dan mulsa, baik secara individu maupun dalam kombinasi. Perlakuan kontrol tanpa biochar yang dipadukan dengan mulsa plastik memberikan hasil terendah sebesar 1,07 ton/ha. Sementara itu, penerapan mulsa jerami tanpa biochar sedikit meningkatkan bobot biji menjadi 1,09 ton/ha, yang mengindikasikan bahwa mulsa jerami memiliki kontribusi yang lebih besar dibandingkan mulsa plastik dalam mendukung proses pengisian biji meskipun tanpa pemberian tanah tambahan.

Tabel 3. Rerata berat 100 biji kacang hijau

Kombinasi Perlakuan	Berat 100 biji (ton/ha)
Tanpa biochar + mulsa plastik	1,07 ^c
Tanpa Biochar + mulsa Jerami padi 5 ton/ha	1,09 ^c
Biochar sekam padi 10 ton/ha + mulsa plastik	1,14 ^{bc}
Biochar sekam padi 20 ton/ha + mulsa plastik	1,16 ^{bc}
Biochar sekam padi 10 ton/ha + mulsa Jerami padi 5 ton/ha	1,24 ^b
Biochar sekam padi 20 ton/ha + mulsa Jerami padi 5 ton/ha	1,40 ^a

Penambahan biochar menunjukkan dampak yang lebih nyata terhadap peningkatan berat 100 biji. Aplikasi biochar 10 ton/ha bersama mulsa plastik menghasilkan berat 1,14 ton/ha, dan meningkat menjadi 1,16 ton/ha pada dosis biochar 20 ton/ha dengan jenis mulsa yang sama. Hasil ini menunjukkan bahwa biochar dari sekam padi memberikan pengaruh positif terhadap perbaikan karakteristik tanah, khususnya dalam meningkatkan retensi air dan ketersediaan unsur hara, yang pada gilirannya mendukung efisiensi pengisian biji. Peningkatan ini dapat terjadi karena biochar meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, yang memungkinkan tanah untuk menahan lebih banyak nutrisi penting bagi pertumbuhan tanaman (Murtaza et al., 2023). Selain itu, biochar juga berperan dalam memperbaiki aerasi tanah, sehingga akar tanaman dapat berkembang lebih baik dan menyerap nutrisi dengan lebih efisien (Blanco-Canqui, 2017).

Peningkatan tertinggi dicapai melalui kombinasi antara biochar dan mulsa jerami. Perlakuan biochar 10 ton/ha yang dikombinasikan dengan mulsa jerami menghasilkan berat 100 biji sebesar 1,24 ton/ha, sedangkan kombinasi biochar 20 ton/ha dan mulsa jerami mencatatkan hasil paling tinggi sebesar 1,40 ton/ha. Temuan ini memperlihatkan adanya efek sinergis yang kuat dari kedua jenis amelioran organik tersebut, yang tidak

hanya memperbaiki lingkungan perakaran dan ketersediaan air, tetapi juga mendukung proses fotosintesis dan akumulasi karbohidrat selama pengisian biji.

Secara umum, peningkatan berat 100 biji mencerminkan efisiensi fisiologis tanaman dalam mengonversi hasil fotosintesis ke dalam biji, yang sangat dipengaruhi oleh kualitas kondisi tumbuh. Efektivitas perlakuan biochar dan mulsa jerami padi, terutama pada dosis biochar 20 ton/ha, selaras dengan penelitian sebelumnya ((Zhang, 2021); (Rawat et al., 2019)) yang menegaskan peran penting bahan organik tersebut dalam mengoptimalkan proses pertumbuhan dan reproduksi tanaman melalui peningkatan efisiensi penggunaan nutrisi dan air. Dengan demikian, kombinasi biochar 20 ton/ha dan mulsa jerami merupakan perlakuan paling optimal dalam meningkatkan kualitas hasil biji kacang hijau, sebagaimana tercermin pada parameter berat 100 biji.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi kombinasi biochar sekam padi dan mulsa organik padi secara signifikan memperbaiki sifat kimia tanah Vertisol, ditunjukkan dengan peningkatan kadar C-organik hingga 1,51% dan kenaikan pH tanah menjadi 6,85. Selain itu, kombinasi perlakuan ini juga menurunkan nilai COLE hingga 0,13 dan mempertahankan kapasitas air tersedia di atas 10%, menunjukkan perbaikan kualitas fisik tanah.

Efek sinergis biochar dan mulsa organik juga berdampak nyata pada peningkatan hasil tanaman, dengan berat 100 biji kacang hijau tertinggi sebesar 1,40 ton/ha pada perlakuan biochar 20 ton/ha + mulsa jerami padi. Temuan ini mengindikasikan bahwa kombinasi amelioran organik tersebut efektif meningkatkan efisiensi fisiologis tanaman dalam kondisi tanah marginal seperti Vertisol, serta berpotensi mendukung strategi pertanian berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bista, P., Ghimire, R., Machado, S., & Pritchett, L. (2019). Biochar Effects on Soil Properties and Wheat Biomass vary with Fertility Management. *Agronomy*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/agronomy9100623>
- Blanco-Canqui, H. (2017). Biochar and Soil Physical Properties. *Soil Science Society of America Journal*, 81(4), 687–711. <https://doi.org/10.2136/sssaj2017.01.0017>
- Chakraborty, D., Nagarajan, S., Aggarwal, P., Gupta, V. K., Tomar, R. K., Garg, R. N., Sahoo, R. N., Sarkar, A., Chopra, U. K., Sarma, K. S. S., & Kalra, N. (2008). Effect of mulching on soil and plant water status, and the growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in a semi-arid environment. *Agricultural Water Management*, 95(12), 1323–1334. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.06.001>
- Herman, W., Resigia, E., Kunci, K., Biochar, :, Padi, S., Kompos, :, Padi, J., & Ultisol, ; (2018). Pemanfaatan Biochar Sekam dan Kompos Jerami Padi Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Padi (*Oryza Sativa*) Pada Tanah Ordo Ultisol. In *Jurnal Ilmiah Pertanian* (Vol. 15, Issue 1).
- Hu, L., Li, S., Li, K., Huang, H., Wan, W., Huang, Q., Li, Q., Li, Y., Deng, H., & He, T. (2020). Effects of two types of straw biochar on the mineralization of soil organic carbon in farmland. *Sustainability (Switzerland)*, 12(24), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su122410586>

- Hui, D. (2021). Effects of Biochar Application on Soil Properties, Plant Biomass Production, and Soil Greenhouse Gas Emissions: A Mini-Review. *Agricultural Sciences*, 12(03), 213–236. <https://doi.org/10.4236/as.2021.123014>
- Kamara, A., Sorie Kamara, H., & Saimah Kamara, M. (2015). Effect of Rice Straw Biochar on Soil Quality and the Early Growth and Biomass Yield of Two Rice Varieties. *Agricultural Sciences*, 06(08), 798–806. <https://doi.org/10.4236/as.2015.68077>
- Kandel, A., Dahal, S., & Mahatara, S. (2021). A review on biochar as a potential soil fertility enhancer to agriculture. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 6(1), 108–113. <https://doi.org/10.26832/24566632.2021.0601014>
- Khan, I., Iqbal, B., Khan, A. A., Inamullah, Rehman, A., Fayyaz, A., Shakoor, A., Farooq, T. H., & Wang, L. X. (2022). The Interactive Impact of Straw Mulch and Biochar Application Positively Enhanced the Growth Indexes of Maize (*Zea mays L.*) Crop. *Agronomy*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/agronomy12102584>
- Khan, S., Irshad, S., Mehmood, K., Hasnain, Z., Nawaz, M., Rais, A., Gul, S., Wahid, M. A., Hashem, A., Abd_Allah, E. F., & Ibrar, D. (2024). Biochar Production and Characteristics, Its Impacts on Soil Health, Crop Production, and Yield Enhancement: A Review. In *Plants* (Vol. 13, Issue 2). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/plants13020166>
- Kumar, V., A., Singh, R., Kumar, R., & Jaiswal, K. (2020). Effect of rice residues and organics source on physico-chemical properties of the soil. *International Journal of Chemical Studies*, 8(4), 3214–3217. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i4an.10148>
- Mierzwa-Hersztek, M., Wolny-Koładka, K., Gondek, K., Gałżka, A., & Gawryjołek, K. (2020). Effect of Coapplication of Biochar and Nutrients on Microbiocenotic Composition, Dehydrogenase Activity Index and Chemical Properties of Sandy Soil. *Waste and Biomass Valorization*, 11(8), 3911–3923. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00757-z>
- Murtaza, G., Ahmed, Z., Eldin, S. M., Ali, B., Bawazeer, S., Usman, M., Iqbal, R., Neupane, D., Ullah, A., Khan, A., Hassan, M. U., Ali, I., & Tariq, A. (2023). Biochar-Soil-Plant interactions: A cross talk for sustainable agriculture under changing climate. In *Frontiers in Environmental Science* (Vol. 11). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1059449>
- Neina, D. (2019). The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. In *Applied and Environmental Soil Science* (Vol. 2019). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>
- Nepal, J., Ahmad, W., Munsif, F., Khan, A., & Zou, Z. (2023). Advances and prospects of biochar in improving soil fertility, biochemical quality, and environmental applications. In *Frontiers in Environmental Science* (Vol. 11). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1114752>
- Ni, J. J., Chen, X. W., Ng, C. W. W., & Guo, H. W. (2018). Effects of biochar on water retention and matric suction of vegetated soil. *Geotechnique Letters*, 8(2), 124–129. <https://doi.org/10.1680/jgele.17.00180>
- Premalatha, R. P., Poorna Bindu, J., Nivetha, E., Malarvizhi, P., Manorama, K., Parameswari, E., & Davamani, V. (2023). A review on biochar's effect on soil properties and crop growth. In *Frontiers in Energy Research* (Vol. 11). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1092637>
- Rawat, J., Saxena, J., & Sanwal, P. (2019). Biochar: A Sustainable Approach for Improving Plant Growth and Soil Properties. In *Biochar - An Imperative Amendment*

- for Soil and the Environment. IntechOpen.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.82151>
- Roberts, D. P., & Mattoo, A. K. (2018). Sustainable agriculture—Enhancing environmental benefits, food nutritional quality and building crop resilience to abiotic and biotic stresses. In *Agriculture (Switzerland)*, 8(1).
<https://doi.org/10.3390/agriculture8010008>
- Salem, T. M., Refaie, K. M., Abd, A. E. H. E. G., SHERIF, E. L., & EID, M. A. M. (2019). Biochar application in alkaline soil and its effect on soil and plant. *Acta agriculturae Slovenica*, 114(1), 85-96.
- T. Okareh, O., & O. Gbadebo, A. (2020). Enhancement of Soil Health Using Biochar. In *Applications of Biochar for Environmental Safety*. IntechOpen.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.92711>
- Zhang, Z. (2021). Characteristics of biochar and its role in the remediation of heavy metals in soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 687(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/687/1/012023>