

**EFEK BIOCHAR PADA BERBAGAI PERSENTASE AIR TANAH
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL KEDELAI SERTA SIFAT-
SIFAT KIMIA TANAH INCEPTISOL**

**BIOCHAR EFFECTS AT VARIOUS SOIL WATER PERCENTAGES ON
SOYBEAN GROWTH, YIELDS, AND CHEMICAL PROPERTIES OF
INCEPTISOLS**

**Nenny Nurlaeny^{1*)}, Ade Setiawan¹⁾, Bintang Hari Kusumadewi²⁾, Risti Riana²⁾, M.
Dzulfikar B. A.³⁾ dan Ranu Manggala Putra³⁾**

¹⁾Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas
Padjadjaran

²⁾Alumni program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

³⁾Departemen Budidaya Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

^{*)}Corresponding author E-mail: neny@unpad.ac.id

ABSTRACT

Soil physicochemical properties that support water availability during plant growth can be increased by inputting organic components to increase water-holding capacity. Research on the application of biochar to various percentages of groundwater in Inceptisols from Jatiningor was conducted to observe the components of growth and yield of soybean (*Glycine max* L. Merr) cultivar Anjasmoro, soil moisture and organic matter content, cation exchange capacity (CEC), concentration and absorption of N, K were affected by both treatments. Using a factorial randomized block design, the experiment was carried out in the Plastic House of the Controlled Culture Laboratory, Agriculture Faculty of Padjadjaran University, Jatiningor. The dose of biochar as the first factor consisted of four levels (0, 5, 10, and 15 t ha⁻¹) and the percentage of groundwater from field capacity (FC) as the second factor consisted of four levels (100, 80, 60 and 40%), which was repeated three replications. The interaction of biochar dose 15 t ha⁻¹ and 100% FC treatments significantly affected plant height, root nodules, total N, plant N uptake, and soil moisture content six weeks after planting (WAP). Doses of 5–15 t ha⁻¹ biochar affected soil organic matter, and the number of trifoliolate leaves and plant dry weight were influenced by the groundwater percentage of 60–100% FC. Biochar doses and various percentages of groundwater had no significant effect on CEC, exchangeable, e-K, and K uptake.

Keywords: *biochar, groundwater percentages, soil organic matter, soil moisture, soybean*

ABSTRAK

Sifat fisikokimia tanah yang mampu mendukung ketersediaan air selama pertumbuhan tanaman dapat ditingkatkan melalui *input* komponen organik yang dapat menambah daya pegang air oleh partikel tanah. Penelitian tentang aplikasi biochar pada berbagai persentase air tanah pada Inceptisols asal Jatiningor dilakukan untuk mengamati bagaimana komponen pertumbuhan serta hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merr) kultivar Anjasmoro, kadar air dan bahan organik tanah, kapasitas tukar kation (KTK), konsentrasi dan serapan N, K dipengaruhi oleh kedua perlakuan tersebut. Percobaan dilaksanakan dalam Rumah Plastik Laboratorium Kultur Terkendali, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran Jatiningor menggunakan Rancangan Acak Kelompok pola faktorial. Dosis biochar sebagai faktor pertama terdiri dari empat taraf (0, 5, 10, dan 15 t ha⁻¹) dan persentase air tanah dari kapasitas lapang (KL) sebagai faktor kedua

terdiri dari empat taraf (100, 80, 60 dan 40%) yang diulang tiga kali. Interaksi perlakuan biochar 15 t ha⁻¹ pada kondisi 100% KL berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, nodula akar, N total dan serapan N serta kadar air tanah pada 6 minggu setelah tanam (MST). Kadar bahan organik tanah dipengaruhi oleh dosis biochar 5–15 t ha⁻¹ dan jumlah daun trifoliat serta bobot kering tanaman pada fase vegetatif akhir dipengaruhi oleh persentase air tanah 60–100% KL. Dosis biochar dan berbagai persentase air tanah tidak berpengaruh nyata terhadap KTK, K-dd dan serapan K.

Kata kunci: bahan organik tanah, biochar, kadar air tanah, kedelai, persentase air tanah

PENDAHULUAN

Salah satu jenis tanaman dari kelompok polong-polongan yang menjadi sumber utama penghasil protein nabati yang penting untuk kebutuhan gizi masyarakat adalah tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merr). Jenis senyawa dan komposisi yang terkandung dalam biji kedelai meliputi protein (40%), minyak (20%), karbohidrat larut (35%) seperti sukrosa, rafinosa dan karbohidrat tidak larut seperti serat makanan, serta abu (5%) (Hassan (2013). Menurut data Kementan (2020), produksi nasional kedelai tahun 2015–2019 mengalami penurunan yang signifikan hingga mencapai 424.190 ton pada tahun 2020. Hal ini menyebabkan rendahnya ketersediaan komoditas kedelai sebagai bahan dasar makanan, sehingga perlu dilakukan usaha-usaha untuk dapat memenuhi permintaan konsumen.

Ordo tanah Inceptisol merupakan lahan kering yang sangat potensial digunakan untuk meningkatkan produksi kedelai meskipun tingkat kesuburannya relatif rendah. Pada tanah Inceptisol asal Jatinangor diketahui memiliki beberapa sifat fisik-kimia yang kurang mendukung pertumbuhan tanaman diantaranya kadar C-organik serta N-total tanah yang rendah (Nurlaeny dkk., 2019). Salah satu usaha untuk mendukung pertumbuhan kedelai yang optimal pada tanah Inceptisol adalah dengan perbaikan sifat fisikokimia tanahnya melalui pemberian biochar dengan tujuan meningkatkan kandungan bahan organik tanahnya yang mempunyai peran sebagai kunci kesuburan tanah.

Biochar merupakan padatan yang dihasilkan melalui proses pirolisis biomassa/limbah organik. Pirolisis merupakan proses pembakaran pada suhu tinggi secara tidak sempurna atau tanpa menggunakan oksigen, sehingga dihasilkan arang yang mengandung banyak karbon aktif (Nurida dkk., 2014). Widiastuti (2016), menyatakan biochar memiliki dua sifat utama yaitu adanya afinitas terhadap unsur hara yang tinggi dan di dalam tanah bersifat persisten. Limbah pertanian banyak dijumpai di Indonesia diantaranya yaitu sekam padi yang keberadaannya sangat berlimpah. Menurut Pujotomo (2017), produksi sekam padi sebesar 20–30% dari bobot gabah hasil proses penggilingan padi. Persentase yang tinggi ini dapat dimanfaatkan untuk bahan dasar pembuatan biochar sehingga tidak akan berdampak buruk bagi lingkungan.

Kualitas tanah yang baik juga sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air tanah yang mampu mencukupi kebutuhan tanaman. Pemanfaatan limbah pertanian dapat meningkatkan daya pegang air akibat bertambahnya komponen organik sebagai penahan molekul air sehingga akan berkontribusi dalam mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman (Nurida, 2014). Blanco-Canqui (2017) menyatakan bahwa penggunaan biochar umumnya mengurangi kepadatan massa tanah sebesar 3- 31%, meningkatkan porositas (14-64%), meningkatkan stabilitas agregat basah (3-226%), meningkatkan konsistensi

tanah, dan memiliki efek campuran pada stabilitas agregat tanah kering sehingga meningkatkan air yang tersedia sebesar 4-130%.

Ketersediaan air tanah yang berlebih atau terlalu sedikit (kekeringan) dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai, dimana ketersediaan air di dalam tanah yang optimal yaitu pada kondisi mendekati kapasitas lapang. Ochsner (2017) menyatakan bahwa kapasitas lapang merupakan kondisi dimana tanah mampu menahan air secara maksimum selama kurang lebih 1–2 hari setelah hujan. Dengan demikian pengaruh pengaplikasian biochar pada berbagai persentase air tanah dari kapasitas lapang terhadap beberapa komponen pertumbuhan dan hasil kedelai (*Glycine max* L. Merr) cv. Anjasmoro, serta kadar air dan bahan organik tanah, kapasitas tukar kation (KTK), konsentrasi dan serapan N, K oleh tanaman perlu dikaji secara mendalam.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan pada bulan September 2021–Februari 2022 di Rumah Plastik (*screen house*) Laboratorium Kultur Terkendali, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran dengan elevasi ± 725 mdpl. Metode eksperimen dilakukan dengan menggunakan *polybag* dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial. Perlakuan dosis biochar (B) sebagai faktor pertama terdiri dari empat taraf (0, 5, 10, dan 15 t ha^{-1}) dan persentase air tanah (K) sebagai faktor kedua dengan empat taraf (100, 80, 60 dan 40% dari kapasitas lapang) dan diulang tiga kali masing-masing untuk fase vegetatif maupun fase generatif, sehingga terdapat $4 \times 4 \times 3 \times 2 = 96$ *polybag* percobaan. Setiap kombinasi perlakuan dilengkapi dengan *polybag* perwakilan sebanyak 32 buah (dengan tanaman dan tanpa tanaman kedelai) yang disiapkan khusus untuk proses penimbangan (metoda Gravimetrik, Abdurachman, dkk. 2006) dalam menetapkan pemberian jumlah air penyiraman harian hingga mencapai kondisi air tanah sesuai dengan taraf perlakuan yang telah ditentukan melalui penimbangan bobot tanah (kehilangan bobot).

Persiapan media tanam dilakukan dengan mengambil tanah secara komposit dari lahan di Jatinangor dan digunakan sebagai media tanam untuk masing-masing *polybag* sebanyak 12,5 kg. Penetapan persentase kadar air tanah dilakukan menggunakan metode Gravimetrik dengan cara menimbang 12,5 kg tanah *polybag*⁻¹ kemudian ditambahkan sejumlah volume air hingga kondisi jenuh (6,25 L). Pada bagian bawah *polybag* disertai dengan alat penampung kelebihan air yang tidak terikat oleh partikel tanah. Setelah 48 jam maka tidak ada lagi air yang menetes, lalu dilakukan penimbangan kembali bobot tanah + air dan ditetapkan sebagai kondisi 100% kadar air pada kondisi kapasitas lapang (KL). Untuk kondisi 80%, 60% dan 40% KL maka penambahan volume air dikonversi sebanyak 80%, 60% dan 40% dari total pemberian jumlah air pada kondisi 100% KL. Hasil penetapan persentase air menunjukkan bahwa total berat volume tanah per *polybag* berturut-turut adalah 14,5; 14,1; 13,7 dan 13,3 kg.

Penanaman benih kedelai (*Glycine max* L. Merr) cv. Anjasmoro sebanyak empat biji yang telah dilapisi inokulum *Bradyrhizobium* (*seed coat*, dosis inokulum 5 g kg^{-1} benih) dilakukan dalam *polybag* (40 x 40 x 3 cm), dan masing-masing ditempatkan pada jarak 25 cm x 25 cm. Pencampuran tanah, pupuk dasar kompos (10 t ha^{-1}) dan berbagai dosis biochar (0, 5, 10 dan 15 t ha^{-1}) asal dari sekam padi dilakukan sebelum tanam dan diinkubasikan selama tujuh hari. Pupuk dasar Urea sebanyak 0,43 g, SP-36 3,26 g dan 1,56 g KCl diberikan ke dalam masing-masing *polybag* pada saat tanam.

Pemeliharaan tanaman kedelai terbaik (satu tanaman per *polybag*) dilakukan dengan memberikan penyiraman harian dengan cara penimbangan pada saat pemberian sejumlah volume air hingga kondisi tanah sesuai dengan perlakuan (100, 80, 60 dan 40% dari kondisi kapasitas lapang). Suhu dan kelembapan harian diamati dengan menggunakan alat *Hygrothermograph* dan intensitas cahaya matahari harian menggunakan *Digital Lux Meter*. Untukantisipasi serangan organisme pengganggu tanaman digunakan pestisida Metindo (dosis 2 g. L⁻¹) dan Curacron (1 mL.L⁻¹).

Fase vegetatif diamati parameter komponen pertumbuhan (tinggi tanaman, jumlah daun trifoliolate, bobot kering), serta sifat-sifat kimia tanahnya. Analisis parameter kimia tanah dan tanaman dilakukan dengan mengacu kepada prosedur baku menurut Balai Penelitian Tanah (2009). Kadar air tanah dianalisis dengan menggunakan metode Gravimetrik, C-Organik tanah dengan metode Oksidasi Basah (Walkey and Black), KTK menggunakan metode perkolasi dengan Amonium Asetat 1 M pH 7,0; total N tanah dengan metode Kjeldahl, dan K-dapat ditukar (K-dd) dengan metode ekstrak Amonium Asetat 1 M pH 7,0. Serapan N dan K oleh tanaman dianalisis dengan metoda oksidasi basah (HClO₄ dan HNO₃) kemudian diukur menggunakan alat spektrofotometer. Penyerapan N dan K ditentukan berdasarkan kandungan N dan K dalam jaringan tanaman dikalikan dengan biomassa tanaman. Pada fase generatif dilakukan pengamatan komponen hasil tanaman meliputi total polong, persentase dan bobot biji total.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis awal menunjukkan bahwa tanah Inceptisol asal Jatinangor yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan kandungan unsur hara dan tingkat kesuburan tanah yang tergolong sangat rendah serta didominasi oleh mineral liat (Tabel 1a). Sementara hasil analisis pupuk dasar (kompos) yang digunakan yaitu memiliki kandungan C-organik 26,96%, nisbah C/N 11,90 (Tabel 1b) dan berdasarkan SNI 19–7030–2004 dalam BSN (2004) kompos tersebut sudah memenuhi syarat untuk digunakan, bahkan nilai pH yang mendekati netral merupakan kondisi kompos yang sudah matang dan siap untuk digunakan. Pada Tabel 1c terlihat bahwa biochar yang berasal dari sekam padi mempunyai kandungan C-organik (25,93%) dan nilai KTK ((38,87 cmol.kg⁻¹) yang cukup tinggi sehingga secara keseluruhan akan mampu memperbaiki sifat fisikokimia tanah Inceptisol tersebut.

Data faktor-faktor lingkungan di dalam rumah plastik (Tabel 2) menunjukkan bahwa suhu rata-rata sebesar 30,2 °C merupakan suhu yang sesuai dengan yang dikehendaki oleh tanaman kedelai untuk mendukung pertumbuhannya. Menurut Taufiq dan Andy (2018) suhu sekitar 30°C merupakan suhu yang masih dapat ditoleransi oleh tanaman kedelai, namun pertumbuhannya akan mengalami penurunan apabila suhu lebih dari 35°C (Taufiq dan Sundari, 2012). Nilai kelembapan yang optimal pada fase pertumbuhan tanaman kedelai hingga fase pengisian polong menurut Nugroho dan Jumakir (2020) adalah sebesar 75–90% dan untuk fase pematangan polong hingga panen dibutuhkan nilai kelembapan optimum sebesar 60–75%. Dalam penelitian ini, meskipun persentase kelembapan di dalam rumah plastik menunjukkan angka di bawah rata-rata (34%), namun ternyata tanaman kedelai cv. Anjasmoro dapat tumbuh dengan baik. Perlakuan pemberian air harian yang teratur disertai adanya kontribusi peran biochar di dalam tanah, diduga merupakan faktor pendukung sehingga dapat meningkatkan

ketersediaan air dan unsur hara pada media tanam serta menyebabkan kelembapan tanah tetap tercukupi selama fase pertumbuhannya.

Tabel 1a. Karakteristik awal tanah Inceptisol Jatinangor

Parameter	Nilai	Kriteria
pH (H ₂ O)	5,85	Agak Masam
C-Organik (%)	0,83	Sangat Rendah
N-total (%)	0,26	Sedang
C/N	3	Sangat Rendah
P ₂ O ₅ (HCl 25%, mg.100g ⁻¹)	18,97	Sedang
P ₂ O ₅ (Bray 1, mg.kg ⁻¹)	9,38	Sedang
K ₂ O (HCl 25%, mg.100g ⁻¹)	19,64	Rendah
KTK (cmol.kg ⁻¹)	11,74	Rendah
Pasir, Debu, Liat (%)	7 – 34 – 58	Liat
Kadar Air (%)	5,40	-

Tabel 1b. Kandungan unsur hara Kompos

Sifat kimia	Nilai
pH	7,68
C-Organik (%)	26,96
C/N	11,90
P ₂ O ₅ (%)	1,87
K ₂ O (%)	0,92
Kadar Air (%)	39,23
CEC (cmol.kg ⁻¹)	37,87

Tabel 1c. Karakteristik kimia Biochar dari sekam padi

Sifat kimia	Nilai	Metoda analisis
C Organik (%)	25,93	SNI 7763 : 2018 point 6.5
N (%)	0,97	SNI 7763 : 2018 point 6.6.1
C/N	26,80	SNI 7763 : 2018 point 6.6.2
Kadar air (%)	20,87	SNI 7763 : 2018 point 6.3
pH	7,04	SNI 7763 : 2018 point 6.4
P ₂ O ₅ (%)	0,64	SNI 7763 : 2018 point 6.7.4.2.1
K ₂ O (%)	0,40	SNI 7763 : 2018 point 6.7.4.2.2
KTK (cmol.kg ⁻¹)	38,87	Extraction NH ₄ OAc 1 M, pH 7

Sumber: Laboratorium Kimia Tanah dan Nutrisi Tanaman, Fakultas Pertanian UNPAD, (2021)

Intensitas cahaya matahari harian rata-rata di dalam rumah plastik lebih rendah dibandingkan di luar. Adanya naungan dalam lingkungan tumbuh menghasilkan luas daun berturut-turut dari bagian atas sebesar 12,4 cm², tengah 136,6 cm², dan bawah 25,8 cm². Hal ini diduga menyebabkan tanaman dipicu untuk memiliki kemampuan melanjutkan proses fotosintesis dengan cara meningkatkan rata-rata luas daunnya, sehingga dapat mengurangi jumlah cahaya yang direfleksikan serta mengurangi penggunaan metabolit (Hale dan Orchut, 1987). Selain tanaman dapat meningkatkan

perkembangan akarnya maka pertumbuhan tanaman yang optimal dapat disebabkan oleh meningkatnya mekanisme penyerapan air dan nutrisi yang dibutuhkan.

Tabel 2. Suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya harian

Bulan	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Intensitas Cahaya (Lux)	
			Dalam	Luar
Oktober 2021	28,3	29,00	25.522	51.055
November 2021	31,3	35,00	33.113	67.040
Desember 2021	30,5	36,00	32.479	76.972
Januari 2022	30,7	36,00	33.385	92.246
Rata-rata	30,20	34,00	31.125	71.828

Pada umur 4 minggu setelah tanam (MST) tinggi tanaman tidak dipengaruhi oleh kombinasi perlakuan dosis biochar pada berbagai persentase air tanah (Tabel 3). Faktor umur tanaman kedelai yang masih muda merupakan indikasi bahwa kebutuhan air dan hara relatif masih dapat terpenuhi dari media tanamnya. Sementara itu, interaksi perlakuan biochar 15 t ha⁻¹ dan kondisi air tanah 100% pada kapasitas lapang (KL) secara nyata meningkatkan tinggi tanaman pada umur 6 MST. Kemampuan biochar yang bersifat dapat menahan air tanah akibat memiliki pori mikro dalam jumlah banyak (Verdiana dkk., 2016), diduga menyebabkan terpenuhinya kebutuhan air tanaman untuk proses metabolismenya. Diketahui bahwa air berperan dalam proses pembelahan sel tanaman yang selanjutnya berdampak terhadap proses perkembangan dan pertumbuhan organ-organ tanaman secara keseluruhan (Blum, 2011).

Tabel 3. Interaksi biochar dan persentase air tanah terhadap tinggi tanaman (cm) pada 6 MST

B (Biochar)	K (Persentase air tanah)			
	k ₁ (100% KL)	k ₂ (80% KL)	k ₃ (60% KL)	k ₄ (40% KL)
b ₀ (0 t ha ⁻¹)	83,00 b B	74,33 a AB	64,83 a A	67,67 a A
b ₁ (5 t ha ⁻¹)	82,30 b B	81,83 a B	78,83 b B	68,50 a A
b ₂ (10 t ha ⁻¹)	71,33 a AB	80,83 a B	80,83 b B	67,33 a A
b ₃ (15 t ha ⁻¹)	79,57 ab C	76,00 a BC	62,00 a A	66,67 a AB

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 0,05. Huruf kecil dibaca arah vertikal dan huruf kapital dibaca arah horizontal; MST: minggu setelah tanam, KL = kapasitas lapang.

Tabel 4 terlihat bahwa persentase air tanah 80–100% KL mempengaruhi secara nyata peningkatan jumlah daun trifoliolate pada umur 6 MST akibat adanya peningkatan

ketersediaan air di dalam tanah yang mengandung unsur-unsur hara terlarut. Kondisi air tanah 40–60% dari KL memberikan jumlah daun trifoliolate pada umur 4 MST tidak berbeda nyata. Menurut Siregar dkk. (2017) bahwa pertumbuhan kedelai akan mengalami penurunan pada kondisi cekaman air tanah sampai dengan 40% dari kapasitas lapang.

Bobot segar dan bobot kering tanaman dipengaruhi oleh kondisi perlakuan 60-100% KL sebab persentase ketersediaan air tersebut menyebabkan penyerapan hara dan air serta proses fotosintesis tanaman menjadi optimal. Hal ini mendukung pernyataan Oberhuber (2017), bahwa 80–90% komponen bobot segar tanaman terdiri dari air, sedangkan bobot kering tanaman merefleksikan fotosintat yang ditranslokasikan menuju seluruh bagian tanaman (Salisbury dan Ross, 1992). Di lain pihak, perlakuan berbagai dosis biochar tidak memberikan pengaruh yang nyata karena lebih berperan sebagai bahan pembenah tanah dan menahan sebagian unsur hara yang berasal dari proses penguraian pupuk.

Tabel 4. Pengaruh biochar dan persentase air tanah terhadap komponen pertumbuhan Tanaman

Perlakuan	Jumlah Daun Trifoliolate (helai)		Bobot Segar Tanaman (g)	Bobot Kering Tanaman (g)
	4 MST	6 MST		
b ₀ (kontrol/0 t ha ⁻¹)	5,25 a	18,92 a	66,941 a	9,663 a
b ₁ (5 t ha ⁻¹)	5,50 a	19,08 a	68,393 a	9,143 a
b ₂ (10 t ha ⁻¹)	5,42 a	19,17 a	67,257 a	8,953 a
b ₃ (15 t ha ⁻¹)	6,00 a	19,67 a	67,184 a	10,071 a
k ₁ (100% KL)	5,92 b	20,42 b	79,296 b	10,321 b
k ₂ (80% dari KL)	6,00 b	21,92 b	72,772 b	9,879 b
k ₃ (60% dari KL)	5,50 ab	19,83 b	70,413 b	9,757 b
k ₄ (40% dari KL)	4,75 a	14,67 a	47,293 a	7,873 a

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 0,05. b=biochar, k=persentase air tanah; KL=kapasitas lapang.

Adanya pemberian inokulum *Bradyrhizobium* yang bersimbiosis dengan perakaran tanaman kedelai menyebabkan terbentuknya jumlah nodula akar tertinggi (78,3 buah) akibat interaksi biochar 15 t ha⁻¹ pada kondisi air tanah 100% KL (Tabel 5). Di lain pihak jumlah nodula akar terendah (43,7 buah) ditemukan pada kondisi air tanah 40% KL tanpa disertai pemberian biochar (b₀k₄). Hal ini membuktikan bahwa aplikasi biochar sebagai bahan pembenah tanah diduga berperan dalam meningkatkan kualitas sifat fisik terutama melalui perbaikan struktur dan porositas tanah Inceptisol yang didominasi oleh tekstur liat (58%, Tabel 1a). Meskipun jumlah nodula akar pada kondisi air tanah 40% KL tidak berbeda nyata, terlihat kecenderungan adanya peningkatan jumlah nodula akar akibat input biochar yang dapat mendukung aktivitas fiksasi N oleh bakteri penambat N yang bersimbiose dengan tanaman (Tobing dkk., 2014). King dan Purcell (2005) bahkan menyatakan bahwa ketersediaan air di dalam tanah dapat memengaruhi aktivitas enzim nitrogenase dalam nodula

Tabel 5. Interaksi biochar dan persentase air tanah terhadap jumlah nodula akar (buah)

B (Biochar)	K (Persentase air tanah)			
	k ₁ (100% KL)	k ₂ (80% KL)	k ₃ (60% KL)	k ₄ (40% KL)
b ₀ (0 t ha ⁻¹)	54.0 a C	46.0 a AB	52.7 ab BC	43.7 a A
b ₁ (5 t ha ⁻¹)	56.3 a B	57.3 b B	49.3 a A	47.7 a A
b ₂ (10 t ha ⁻¹)	68.3 b B	58.0 bc A	57.0 b A	63.0 b AB
b ₃ (15 t ha ⁻¹)	78.3 c B	64.7 c A	67.0 c A	67.7 b A

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 0,05. Huruf kecil dibaca arah vertikal dan huruf kapital dibaca arah horizontal; KL = kapasitas lapang.

Tabel 6. Interaksi biochar dan persentase air tanah terhadap konsentrasi N total tanah dan serapan N oleh tanaman

B (Biochar)	K (Persentase air tanah)							
	k ₁ (100% KL)		k ₂ (80% KL)		k ₃ (60% KL)		k ₄ (40% KL)	
	N tanah (%)	Serapan nN (%)	N tanah (%)	Serapan anN (%)	N tanah (%)	Serapan anN (%)	N tanah (%)	Serapan anN (%)
b ₀ (0 t ha ⁻¹)	0.21 a B	4.05 a A	0.20 a B	5.27 a B	0.19 a B	4.61 a A	0.15 a A	4.17 a A
b ₁ (5 t ha ⁻¹)	0.22 a A	5.01 b A	0.20 a A	5.05 a A	0.22 ab A	4.52 a A	0.19 b A	4.97 b A
b ₂ (10 t ha ⁻¹)	0.237 a A	5.58 bc C	0.23 ab A	4.80 a AB	0.23 b A	4.92 a B	0.21 b A	4.28 a A
b ₃ (15 t ha ⁻¹)	0.30 b C	5.65 c C	0.25 b B	4.95 a B	0.21 ab A	4.88 a B	0.20 b A	4.16 a A

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 0,05. Huruf kecil dibaca arah vertikal dan huruf kapital dibaca arah horizontal; KL = kapasitas lapang.

Konsentrasi N-total di dalam tanah tertinggi (0,30%) secara nyata hanya dihasilkan oleh interaksi biochar 15 t ha⁻¹ pada kondisi air 100% KL (Tabel 6). Pada kondisi air tanah 40%KL tanpa adanya input biochar memberikan nilai N-total tanah terendah (0,15 %). Agnesia (2014) berpendapat bahwa setelah biochar diberikan ke dalam tanah maka akan terjadi peningkatan kandungan N-total karena proses dekomposisi biochar berlangsung melalui kontribusi air tanah sehingga N yang diikatnya dapat dilepas dan diserap oleh tanaman. DeLuca et.al (2009) juga menyatakan saat pupuk Urea terhidrolisis dan terionisasi di dalam tanah menjadi NH₄⁺ dan NO₃⁻, maka oksida pada permukaan biochar akan sangat efektif dalam menjerap NO₃⁻ sehingga berpotensi mengurangi kehilangan N akibat pencucian dan N tanah relatif dapat dipertahankan.

Tabel 7. Pengaruh Biochar dan persentase air tanah terhadap K-dd dan serapan K oleh tanaman kedelai

Perlakuan	K-dd (cmol.kg ⁻¹)	Serapan K (%)
b ₀ (kontrol/0 t ha ⁻¹)	0.54 a	1.210 a
b ₁ (5 t ha ⁻¹)	0.55 a	1.240 a
b ₂ (10 t ha ⁻¹)	0.56 a	1.250 a
b ₃ (15 t ha ⁻¹)	0.62 a	1.283 a
k ₁ (100% KL)	0.56 a	1.271 a
k ₂ (80% dari KL)	0.61 a	1.227 a
k ₃ (60% dari KL)	0.55 a	1.248 a
k ₄ (40% dari KL)	0.56 a	1.238 a

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 0,05. b = biochar, k = persentase air tanah; KL = kapasitas lapang, K-dd = K-dapat ditukar.

Menurut Adisarwanto (2004) kelembaban tanah dibutuhkan oleh perakaran tanaman untuk membantu melepaskan unsur N dan K dari jerapan mineral liat sehingga ketersediaannya meningkat dan dapat diserap oleh tanaman. Dalam penelitian ini kombinasi dosis biochar dengan berbagai persentasi air tanah tidak berpengaruh baik terhadap K-dapat ditukar (K-dd) maupun serapan K. Meskipun demikian interaksi perlakuan biochar 15 t ha⁻¹ dan persentase air tanah 100% KL secara nyata mempengaruhi terhadap nilai kadar air tanah (11,53%) (Tabel 8a). Karakteristik biochar yang memiliki permukaan yang luas (Herman dan Elara, 2018) dan pori-porinya yang halus menyebabkan total pori mikro pada tanah meningkat sehingga menambah kemampuannya dalam menahan air (Janu dan Charly, 2021). Maka, perlakuan persentase sejumlah air yang diberikan setiap hari dapat terikat oleh pori tanah secara optimal dan menyebabkan peningkatan persentase kadar air di dalam tanah.

Tabel 8a. Interaksi biochar dan persentase air tanah terhadap kadar air tanah (%)

B (Biochar)	K (Persentase air tanah)			
	k ₁ (100% KL)	k ₂ (80% KL)	k ₃ (60% KL)	k ₄ (40% KL)
b ₀ (0 t ha ⁻¹)	9,09 a A	8,46 a A	8,31 a A	8,54 a A
b ₁ (5 t ha ⁻¹)	9,17 a B	9,17 ab B	9,26 a B	7,92 a A
b ₂ (10 t ha ⁻¹)	9,81 a B	9,57 b AB	9,09 a AB	8,54 a A
b ₃ (15 t ha ⁻¹)	11,53 b B	9,25 ab A	9,34 a A	8,38 a A

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 0,05. Huruf kecil dibaca arah vertikal dan huruf kapital dibaca arah horizontal; KL = kapasitas lapang

Sebanyak 15 t ha⁻¹ biochar pada perlakuan 100% KL (Tabel 6) berpengaruh terhadap serapan N tanaman tertinggi (5,65 %) dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya. Diduga sifat fisik biochar yang mempunyai luas permukaan yang tinggi akan mampu menjerap dan mempertukarkan unsur hara lalu mensuplai unsur hara tersebut melalui akar ke jaringan-jaringan tanaman lainnya (Lehmann dan Joseph, 2009). Faktor ketersediaan air di dalam tanah pada 100% KL akan memudahkan penguraian pupuk dan penyerapan unsur hara oleh tanaman sehingga meningkatkan serapan N tanaman. Sebaliknya, rendahnya ketersediaan air di dalam tanah maka akan berakibat menurunkan serapan N oleh tanaman.

Dosis biochar dosis 5 – 15 t ha⁻¹ berpengaruh terhadap kandungan bahan organik tanah dibandingkan tanpa adanya pemberian biochar (Tabel 8b). Peningkatan bahan organik tanah terjadi akibat adanya sumbangan senyawa Carbon yang merupakan bahan penyusun biochar (Yosephine dkk., 2020). Menurut Nurida dkk. (2007) C-organik merupakan fraksi penyusun bahan organik di dalam tanah yang dapat menggambarkan kualitas tanah. Meskipun demikian nilai KTK tanah (Tabel 8b) tidak dipengaruhi secara nyata oleh kombinasi perlakuan biochar pada berbagai persentase air tanah. Tingginya kadar C organik pada biochar sekam padi (25,93%) (Tabel 1b) yang tersusun dari selulosa, hemiselulosa dan lignin sangat berpengaruh terhadap berlangsungnya proses dekomposisi biochar (Iskandar dan Rofiatin, 2017). Menurut Kusuma dkk. (2013) kecepatan dekomposisi suatu bahan organik sangat ditentukan oleh adanya biochar lignin yang sifatnya relatif sulit terdekomposisi. Saptaningsih dan Hatyanti (2015) juga menyatakan bahwa bahan organik yang cepat terdekomposisi akan dapat meningkatkan KTK dan kandungan hara di dalam tanah.

Perlakuan berbagai dosis biochar dan persentase air tanah tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah polong (Tabel 9). Secara mandiri, peningkatan persentase air tanah dari 60–100% KL memperlihatkan kecenderungan meningkatkan jumlah polong total antara 75–89 buah, sedangkan perlakuan 40% KL hanya menghasilkan jumlah polong total sebanyak 52,75 buah. Dari rata-rata jumlah polong total tersebut, perlakuan 60-100% KL menunjukkan persentase polong isi yang lebih besar (81,96–91,74) dibandingkan polong hampa (8,26-18,04); demikian juga pada perlakuan 40% KL persentase polong isi lebih besar (19,05) dibandingkan polong hampa (8,95) dari jumlah polong total sebanyak 52,75 buah.

Tabel 8b. Pengaruh Biochar dan persentase air tanah terhadap KTK dan kandungan bahan organik tanah

Perlakuan	Bahan organik tanah (%)	KTK tanah (cmol. kg⁻¹)
b ₀ (kontrol/0 t ha ⁻¹)	3,37 a	28,09 a
b ₁ (5 t ha ⁻¹)	3,51 b	31,59 a
b ₂ (10 t ha ⁻¹)	3,77 bc	32,52 a
b ₃ (15 t ha ⁻¹)	3,94 c	33,82 a
k ₁ (100% KL)	3,84 a	30,48 a
k ₂ (80% dari KL)	3,63 a	31,30 a
k ₃ (60% dari KL)	3,57 a	32,93 a
k ₄ (40% dari KL)	3,55 a	31,31 a

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 0,05. b = biochar, k = persentase air tanah; KL = kapasitas lapang. b = biochar, k = persentase air tanah, KL = kapasitas lapang, KTK = kapasitas tukar kation.

Berdasarkan jumlah polong total yang dihasilkan, perlakuan persentase air tanah 80–100% KL memberikan polong hampa yang lebih sedikit daripada perlakuan 40% KL. Oleh karena itu perlakuan persentase air tanah 60% KL jika dibandingkan dengan kondisi air tanah 40% KL masih merupakan perlakuan yang cukup optimal. Hal ini mendukung pernyataan Nugraha dkk. (2014) bahwa untuk pertumbuhan tanaman kedelai jika terjadi kondisi kekurangan air yang ekstrim pada saat periode pembentukan polong akan menyebabkan kerontokan akibat berkurangnya fotosintat untuk pengisian polong sehingga menghasilkan polong yang hampa. Berkurangnya fotosintat pada polong yang hampa berkaitan erat dengan rendahnya persentase kadar air dalam tanah untuk melarutkan dan menjadikan unsur hara tersedia agar dapat diserap oleh akar tanaman dan ditransportasikan organ reproduktif.

Tabel 9. Pengaruh biochar dan persentase air tanah terhadap jumlah dan persentase polong

Perlakuan	Jumlah polong (buah)	Polong isi (%)	Polong hampa (%)
b ₀ (kontrol/0 t ha ⁻¹)	69,17 a	85,35 a	14,65 a
b ₁ (5 t ha ⁻¹)	75,25 a	89,15 a	10,85 a
b ₂ (10 t ha ⁻¹)	76,77 a	88,43 a	11,57 a
b ₃ (15 t ha ⁻¹)	79,81 a	89,88 a	10,12 a
k ₁ (100% KL)	89,64 a	88,07 ab	11,93 ab
k ₂ (80% dari KL)	83,00 a	91,74 b	8,26 a
k ₃ (60% dari KL)	75,61 a	81,96 a	18,04 b
k ₄ (40% dari KL)	52,75 a	91,05 b	8,95 a

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 0,05. b = biochar, k = persentase air tanah; KL = kapasitas lapang

KESIMPULAN

Dosis biochar 5–15 t ha⁻¹ secara mandiri memengaruhi kadar bahan organik tanah, sedangkan interaksi dosis biochar pada berbagai persentase air tanah secara nyata memengaruhi tinggi tanaman kedelai, nodula akar, N total dan serapan N serta kadar air tanah Inceptisol. Pada fase vegetatif akhir jumlah daun trifoliat dan bobot kering tanaman dipengaruhi oleh persentase air tanah 60–100% dari kapasitas lapang, dan pada fase generatif, persentase air tanah 80–100% kapasitas lapang berpengaruh nyata terhadap persentase polong isi dari total jumlah polong yang dihasilkan oleh tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merr) cv. Anjasmoro pada tanah Inceptisol Jatiningor.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., Haryati, U. dan Juarsah, I. 2004. *Penetapan Kadar Air Tanah Dengan Metode Gravimetrik*. Mekanika Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Adisarwanto, T. 1993. Pencegahan klorosis daun pada tanaman kedelai di tanah Vertisol dengan pemberian unsur hara makro dan mikro. *Pros. Lokakarya Penelitian Komoditas dan Studi Khusus 1992. Vol.4. AARP-Litbang Pertanian. pp 475–484*

- Agnesia, F. 2014. Pengaruh Pemberian Biochar dan Kompos terhadap Sifat Kimia, Biologi dan Emisi Gas Karbondioksida pada Tanah Sawah. Universitas Brawijaya. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/129603>
- Badan Standarisasi Nasional [BSN]. 2004. SNI 19-7030-2004: Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik: 1-6.
- Balai Penelitian Tanah, 2009. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor, Balai Penelitian Tanah.
- Blanco-Canqui, H. 2017. *Soil Physics and Hydrology*. Univ. of Nebraska- Lincoln, NE.
- Blum. 2011. Plant Water Relations, Plant Stress and Plant Production. *Plant Breeding for Water-Limited Environments*, (13) 255-263
- Hale, M.G. and Orcutt, D.M. 1987. *The Physiology of Plant under Stress*. John Wiley and Sons, Inc., New York, USA
- Hassan, SM. 2013. *Soybean, Bio-Active Compounds*. Hany A El-Shelmy (ed). Ch. 20, p 453-473
- Herman, W., dan Elara, R. 2018. Pemanfaatan biochar sekam padi dan kompos jerami padi terhadap pertumbuhan dan produksi padi (*Oryza sativa*.) pada tanah ordo Ultisol. *Jurnal Ilmiah Pertanian* 15(1):42–50.
- Iskandar, T., dan Rofiantin, U. 2017. Karakteristik biochar berdasarkan jenis biomassa dan parameter proses Pyrolisis. *Jurnal Teknik Kimia*, 28-34.
- Janu, YF., dan Charly, M. 2021. Pengaruh biochar sekam padi terhadap sifat fisik tanah dan hasil tanaman jagung (*Zea mays*.) di kelurahan Lape kecamatan Aesesa. *AGRICA* 14(1): 67–82.
- Kementerian Pertanian [Kementan], 2020. *Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian 2015–2019*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- King, CA., and Purcell, LC. 2005. Inhibition of N₂ fixation in soybean is associated with elevated ureides and amino acids. *Plant Physiol.* 137: 1389–1396
- Kusuma, AH., Izzati, M., dan Saptaningsih, E. 2013. Pengaruh penambahan arang dan abu sekam dengan proporsi yang berbeda terhadap permeabilitas dan porositas tanah liat serta pertumbuhan kacang hijau (*Vigna radiata* L). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 1-9.
- Lehmann, J. and Joseph, S. 2009. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan-UK.
- Nurida, NL. 2014. Potensi pemanfaatan biochar untuk rehabilitasi lahan kering di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 8(3):57-68.
- Nurida, NL., Haridjaja, OS., Sudarsono, A., Kurnia, U., dan Djajakirana, G. 2007. Perubahan fraksi bahan organik tanah akibat perbedaan cara pemberian dan sumber bahan organik pada Ultisols Jasinga. *Jurnal Tanah dan Iklim* 26: 29–40.
- Nurlaeny, N., Onggo, T. M., Arifin, M., Setiawan, A., Herdiyantoro, D., and Putra, R.M. (2019). Soil properties, growth and spears yield quality of five asparagus cultivars grown in tropical soil affected by NaCl applications. *Proceeding International Seminar and Congress of Indonesian Soil Science Society 2019 5–7 August 2019, Bandung, West Java, Indonesia* <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/393/1/012047>
- Nugroho, H., dan Jumakir. 2020. Respon pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai terhadap iklim mikro. *Seminar Nasional Virtual*: 265–274.
- Nugraha, YS., Titin, S., dan Roedy, S. 2014. Pengaruh interval waktu dan tingkat pemberian air terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merrill.). *Jurnal Produksi Tanaman* 2(7): 552–559.

- Oberhuber, W. 2017. Soil water availability and evaporative demand affect seasonal dynamics and used of stored water in co-occurring saplings and mature conifers under drought. *Trees (Berl. West)*, 31 (2):467-478
- Ochsner, T. 2017. *Rain or Shine. An Introduction to Soil Physical Properties and Processes*. Oklahoma State University.
- Pujotomo, I. 2017. Potensi pemanfaatan biomassa sekam padi untuk pembangkit listrik melalui teknologi gasifikasi. *Jurnal Ilmiah Energi dan Kelistrikan* 9(2): 126–135
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 2012. *Identifikasi Lahan Kering Potensial untuk Pengembangan Tanaman Pangan*. pp 316-328.
- Salisbury, F.B. and Ross, C. 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California 94002.
- Saptiningsih, E., dan Haryanti, S. 2015. Kandungan selulosa dan lignin berbagai sumber bahan organik setelah dekomposisi pada tanah Latosol. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 34-42.
- Siregar, SR., Zuraida, dan Zuyasna. 2017. Pengaruh kadar air kapasitas lapang terhadap pertumbuhan beberapa genotipe M3 kedelai (*Glycine max* L. Merr). *Jurnal Floratek* 12(1): 10–20.
- Taufiq, A., dan Andy, W. 2017. *Teknologi produksi benih kedelai*. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi: 1–16.
- Taufiq, A., dan Sundari, T. 2012. Respons tanaman kedelai terhadap lingkungan tumbuh. *Buletin Palawija* (23): 13–26.
- Tobing, S., Nisa, RM., dan Triadiati. 2014. Aplikasi *Bradyrhizobium japonicum*. dan *Aeromonas salmonicida*. pada penanaman kedelai di tanah asam dalam percobaan rumah kaca. *Jurnal Biotik* 2(1): 1–76.
- Verdiana, MA., Husni, TS., dan Titin, S. 2016. Pengaruh berbagai dosis biochar sekam padi dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Produksi Tanaman* 4(8): 611–616.
- Widiastuti, MMD. 2016. Analisis manfaat biaya biochar di lahan pertanian untuk meningkatkan pendapatan petani di Kabupaten Merauke. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan* 13(2): 135–143.
- Yosephine, IO., Sakiah, dan Erpands, ALS. 2020. Pemberian beberapa jenis biochar terhadap C-organik dan N-total pada pertumbuhan bibit kelapa sawit. *Jurnal Penelitian Agronomi* 22 (2): 79-82