

Pengaruh Biochar Sekam Padi dan Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai pada Entisol

Maria Getrudis Yati^{1*}, Widowati², Wahyu Fikrinda³

^{1,2,3}Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tribhuwana Tungadewi
Jalan Telaga Warna Tlogomas Malang, 65144. Indonesia.

*E-mail: fikrindawahyu@gmail.com

Diterima: 09/04/2022

Direvisi: 04/06/2023

Disetujui: 06/06/2024

ABSTRAK

Entisol berstruktur tanah lempung dengan bahan organik rendah. Pemberian bahan organik penting dilakukan dengan pemberian biochar dan pupuk organik cair. Penelitian bertujuan mempelajari pengaruh pemberian biochar sekam padi dan POC terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai di entisol. Penelitian dilaksanakan di Malang pada Maret-Juli 2020. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok faktorial dua faktor dan tiga ulangan. Faktor 1 adalah dosis biochar sekam padi (B) terdiri atas 3 taraf yaitu: B₀= 0 t.ha⁻¹ (kontrol), B₁= 10 t.ha⁻¹ (80 g tan⁻¹), B₂= 15 t.ha⁻¹ (120g tan⁻¹) dan faktor 2 adalah POC NASA terdiri atas P₀= 0 cc.L⁻¹ (kontrol), P₁= 20 cc.L⁻¹, P₂ = 40 cc.L⁻¹. Pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, bobot basah brangkasan, jumlah bintil akar, jumlah polong pertanaman, bobot biji pertanaman, bobot 100 biji dan hasil panen. Data dianalisis anova jika nyata dilanjutkan uji Beda Nyata Terkecil taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan (1) Terdapat interaksi nyata dosis biochar dan dosis POC pada parameter bobot basah brangkasan tanaman. (2) Hasil kedelai terbaik terdapat pada dosis 10 t.ha⁻¹, dilihat dari parameter pengamatan tinggi tanaman, jumlah bintil akar dan jumlah polong pertanaman sedangkan pemberian pupuk organik cair belum mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai.

Kata kunci: Legum, arang, organic farming

ABSTRACT

Entisol has a clay soil structure with low organic matter. It is important to provide organic material by providing biochar and liquid organic fertilizer. The research aims to study the effect of providing rice husk biochar and POC on the growth and yield of soybean plants in entisol. The research was conducted in Malang in March - July 2020. The research used a factorial randomized block design of two factors and three replications. Factor 1 is the dosage of rice husk biochar (B) consisting of 3 levels, namely: B₀= control, B₁= 10 t.ha⁻¹ (80 g ton⁻¹), B₂= 15 t.ha⁻¹ (120g ton⁻¹) and factor 2 is NASA POC concentration consisting of P₀= 0 cc.L⁻¹ (control), P₁= 20 cc.L⁻¹, P₂ = 40 cc.L⁻¹. Observations included plant height, number of leaves, fresh weight of stover, number of root nodules, number of pods planted, weight of seeds planted, weight of 100 seeds and harvest yield. The data was analyzed by ANOVA if it was real, followed by the Least Significant Difference test at the 5% level. The research results show (1) There is a real interaction between biochar dose and POC dose on the wet weight parameters of plant stover. (2) The best soybean yield was found at a dose of 10 tons ha⁻¹, seen from the observation parameters of plant height, number of root nodules and number of pods planted, while the application of liquid organic fertilizer was not able to increase the growth and yield of soybean plants.

Keywords: Legume, charcoal, organic farming

PENDAHULUAN

Kedelai (*Glicine max* L. Merrill) merupakan tanaman pangan semusim, yang banyak dibudidayakan setelah padi dan jagung. Kedelai Indonesia mengandung kadar protein 30.33- 36.49% dan kadar lemak 15.91-25.11% (Adawiyah et al., 2018). Peningkatan jumlah penduduk serta pemahaman terhadap

kebutuhan protein berdampak pada meningkatnya kebutuhan kedelai dari tahun ke tahun. Rata-rata kebutuhan kedelai tiap tahunnya sebanyak ± 2,2 juta ton biji kering, sedangkan pada tahun 2021, proyeksi kedelai yang dihasilkan dari dalam negeri mencapai 613,3 ribu ton turun 3,01 persen dari tahun 2020 yang mencapai 632,3 ribu ton (Kementan,

2021), sedangkan produksi pada tahun 2024 diperkirakan menurun kembali sebesar 3.12 persen menjadi 558,3 ribu ton (Annur, 2022). Untuk meningkatkan produksi ini, penanaman di lahan marginal mulai dilakukan.

Tanah Entisol merupakan tanah baru dengan kandungan lempung dan bahan organik yang rendah serta bertekstur pasir, sehingga daya menahan airnya rendah. Menurut Afandi et al. (2015) sebelum tanaman dapat mengkonsumsi unsur P dan K dalam tanah, perkembangan tanaman belum optimal bagi mereka. Tanah yang ber-pH rendah membuat ketersediaan kalium sangat mudah hilang karena pencucian hara (W. Widowati et al., 2012). Oleh karena itu, dalam perbaikan kualitas tanah dengan penggunaan bahan organik seperti biochar penting dilakukan (Tambunan et al., 2014).

Biochar adalah karbon yang dihasilkan dari proses pirolisis bahan-bahan organik. Biochar dapat meningkatkan kesuburan tanah serta dapat memulihkan mutu tanah yang sudah terdegradasi (S. Widowati et al., 2020). Pada Entisol biochar tongkol jagung yang dicampur dengan pupuk kandang dapat meningkatkan bahan organik tanah (16,5%), porositas (16,9%) pori mikro (60,2%) dan hasil jagung (146,4%) dibandingkan dengan control (S. Widowati et al., 2020). Biochar mempunyai sifat rekalsitran, lebih tahan terhadap oksidasi serta lebih normal dalam tanah sehingga mempunyai pengaruh jangka panjang terhadap perbaikan kualitas kesuburan tanah (C-organik tanah dan KTK) (Mawardiana et al., 2013). Salah satu jenis biochar adalah biochar sekam padi yang memiliki kandungan K dan KTK paling tinggi yaitu masing-masing sekitar 0,90% dan 29,27 me/100 g (Nurida et al., 2017). Rostaliana et al., (2012) melaporkan bahwa pemberian biochar arang sekam dengan dosis 12 t.ha⁻¹ dapat memperbaiki kualitas tanah. Riduan dan Junedi (2024) penggunaan biochar sekam padi 5 t.ha⁻¹ yang ditambah dengan pupuk kandang ayam sebesar 15 t.ha⁻¹ menghasilkan produksi kedelai 2.95 t.ha⁻¹.

Biochar pada tanaman legume memberikan efek yang menguntungkan pada perbaikan sifat tanah maupun hasil tanaman. Pada tanaman legume terjadi pertumbuhan akar dengan adanya peningkatan fiksasi nitrogen biologis oleh rhizobia yang hidup bersimbiosis dengan

kedelai sehingga meningkatkan hasil panen. Biochar mempengaruhi siklus nitrogen tanah (Liu et al., 2018) dengan memfiksasi nitrogen biologis dan mineralisasi nitrogen organik serta mengurangi hilangnya NH₃ dari tanah (Yu et al., 2018). Biochar dapat meningkatkan fiksasi nitrogen biologis melalui dua mekanisme, (1) biochar akan meningkatkan pH tanah dan meningkatkan kandungan Mo, S, dan P yang tersedia (Scheifele et al., 2017) (2) biochar dapat meningkatkan sinyal kimia antara inang dan simbiosis dengan mengadsorpsi faktor nodul dan flavonoid (Gul dan Whalen, 2016). Menurut penelitian (Yooyen et al., 2015) biochar 20-30 ton.ha dapat meningkatkan hasil panen kedelai sebesar 28-36.8 % lebih besar dibandingkan dengan kontrol yaitu sebesar 5 – 5.4 ton.ha.

Pupuk organik cair merupakan pupuk yang berasal dari ekstraksi bahan organik (Zaevi et al., 2014). Nasa adalah salah satu jenis pupuk organik cair yang memiliki kandungan hara makro, mikro, vitamin, mineral, asam-organik dan hormon pertumbuhan yang tidak berbahaya bagi bakteri tanah rhizobial. POC NASA (PT. Natural Nusantara) mengandung 0.12% N, 0.03% P₂O₅, 0.31% K, 60.40 ppm Ca, 0.12% S, 16.88 ppm Mg, 0.29% Cl, 2.46 ppm Mn, 12.89 ppm Fe, < 0.03 ppm Cu, 4.71 ppm Zn, 0.15% Na, 60.84 ppm B, 0.01% Si, < 0.05 ppm Co, 6.38 ppm Al, 0.98% NaCl, 0.11 ppm Se, 0.11 ppm As, < 0.06 ppm Cr, < 0.2 ppm Mo, < 0.04 ppm V, 0.35% SO₄, C/N ratio 0.86%, pH 7.5, 0.44% lemak, 0.72% protein, serta memiliki zat pengatur tumbuh auksin, giberelin, dan sitokinin. Hasil penelitian (Sari et al., 2013) aplikasi POC Nasa sebesar 40 cc dengan teknik semprot bisa menambah tinggi tanaman kedelai dan bobot kering biji per pot. Kombinasi perlakuan terbaik diperoleh pada varietas Wilis dengan pemberian 16,75 cc pupuk organik cair yang mampu menghasilkan bobot kering bobot kering 100 biji yang lebih tinggi dari kemampuan potensi hasilnya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pemberian biochar sekam padi dan pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai pada entisol. Hipotesis dari penelitian ini adalah diduga perlakuan biochar sekam padi 10 t.ha⁻¹ dan pupuk organik cair 40 cc.L⁻¹ mendapatkan pertumbuhan tanaman kedelai terbaik.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Dau - Malang. Penelitian dilaksanakan pada Maret sampai Juli 2020. Peralatan yang digunakan adalah cangkul, polybag, gayung, ember, meteran, timbangan analitik, oven, alat dokumentasi dan alat tulis. Bahan yang digunakan yaitu tanah Entisol dari Poncokusumo, biochar sekam padi, pupuk organik cair NASA dan benih kedelai varietas Anjasmoro.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan menggunakan dua faktor, yaitu: Faktor 1: Biochar sekam padi, yang terdiri atas 3 taraf, yaitu: B0= kontrol, B1= 10 t.ha⁻¹ (80 g tan⁻¹), B2= 15 t.ha⁻¹ (120 g tan⁻¹) Faktor 2: Konsentrasi Pupuk Organik Cair (POC) Nasa, yang terdiri dari 3 taraf, yaitu: P0= Kontrol, P1= 20 cc.L⁻¹, P2= 40 cc.L⁻¹. Setiap tanaman mendapatkan larutan POC sebesar 250 cc.L⁻¹. Data yang diperoleh dilakukan *Analisis of Varians* (ANOVA) jika terdapat perbedaan nyata dilanjutkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

Pelaksanaan penelitian meliputi: **Pembuatan biochar**, menggunakan bahan sekam padi yang dibakar pada suhu 350°C selama 3 jam menggunakan alat pirolisator. Selanjutnya biochar yang sudah jadi kemudian dicampur dengan media tanam dan diinkubasi selama 1 minggu. **Persiapan media tanam**, media tanam yang digunakan terdiri dari tanah entisol yang berasal dari Poncokusumo. Tanah diletakkan di polybag ukuran 40 cm x 40 cm dengan bobot tanah sebesar 5 kg. Sesuai dengan perlakuan, kemudian biochar ditambahkan pada media tanam. **Penanaman**, setiap polybag ditanam 2 benih kedelai varietas Anjasmoro, selanjutnya ketika sudah tumbuh, dipilih 1 tanaman yang terbaik. **Aplikasi Pupuk organik cair**, aplikasi disesuaikan dengan perlakuan dan setiap polybag mendapatkan 250 cc.L⁻¹. **Pengamatan parameter** terdiri dari tinggi tanaman, jumlah daun, total berat basah tanaman, jumlah bintil akar, jumlah polong pertanaman, berat brangkasan, bobot 100 biji, bobot biji pertanaman (g), hasil (t.ha⁻¹).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi tanaman (cm)

Berdasarkan **Tabel 1**, diketahui bahwa pemberian dosis biochar sekam padi berbeda nyata terhadap tinggi tanaman pada umur 21, 28 dan 35 HST sedangkan pemberian konsentrasi POC NASA tidak berbeda nyata pada semua umur pengamatan.

Tabel 1. Pengaruh biochar sekam padi dan pupuk organik cair terhadap tinggi tanaman pada umur 14-35 HST

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)			
	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST
Dosis biochar (B)				
B0 (Kontrol)	6,56a	9,23a	14,84a	19,41a
B1 (10 t.ha ⁻¹)	6,98a	10,23c	16,39c	23,79c
B2 (15 t.ha ⁻¹)	6,92a	9,76b	15,75b	22,58b
BNT 5%	tn	0,11	030	0,61
POC Nasa (P)				
P0 (Kontrol)	6,75a	9,83a	15,36a	21,10a
P1 (20 cc.L ⁻¹)	6,70a	9,54a	15,66a	21,96a
P2 (40 cc.L ⁻¹)	7,02a	9,85a	15,96a	22,71a
BNT 5%	tn	tn	tn	tn

Ket: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda nyata menurut uji BNT 5%.

Berdasarkan **Tabel 1**, pemberian biochar sebesar 10 t.ha⁻¹ memiliki tinggi tanaman paling banyak pada saat tanaman berumur 21 sampai 35 HST, diikuti dengan perlakuan biochar sebesar 15 t.ha⁻¹ dan berbeda dengan perlakuan kontrol. Perlakuan kontrol menghasilkan tinggi tanaman paling rendah pada 21-35 HST. Sedangkan pemberian POC Nasa belum memiliki pengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman pada 14 HST – 35 HST.

Jumlah daun (helai)

Berdasarkan **Tabel 2**, secara terpisah pemberian biochar berpengaruh nyata terhadap parameter jumlah daun sedangkan pemberian POC Nasa tidak berpengaruh terhadap jumlah daun pada 28 – 35 HST.

Pemberian biochar, baik 10 t.ha⁻¹ dan 15 t.ha⁻¹ menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan tanaman kontrol (**Tabel 2**). Pemberian biochar dengan sebesar 10 t.ha⁻¹ menghasilkan jumlah daun yang paling banyak pada 21 – 35 HST dan berbeda dengan perlakuan lainnya. Sedangkan konsentrasi POC NASA sebesar 20 maupun 40 cc.L⁻¹ tidak

memberikan pengaruh nyata terhadap parameter jumlah daun pada umur 14 – 35 HST.

Tabel 2. Pengaruh biochar sekam padi dan pupuk organik cair terhadap jumlah daun pada umur 14-35 HST

Perlakuan	Jumlah Daun (helai)			
	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST
Dosis biochar				
(B)				
B0 (Kontrol)	5,91a	8,14a	12,53a	17,40a
B1 (10 ton ha ⁻¹)	6,20a	8,33a	13,47c	18,04b
B2 (15 ton ha ⁻¹)	6,27a	8,45a	13,21b	18,24b
BNT 5%	tn	tn	0,25	0,16
POC Nasa (P)				
P0 (Kontrol)	6,07a	8,21a	12,95a	17,71a
P1 (20 cc L ⁻¹)	6,17a	8,24a	12,78a	17,82a
P2 (40 cc L ⁻¹)	6,13a	8,38a	13,49a	18,20a
BNT 5%	tn	tn	tn	tn

Ket: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda nyata menurut uji BNT 5%.

Jumlah bintil akar (bintil) dan bobot basah brangkas (g)

Berdasarkan **Tabel 3**, tidak terdapat interaksi antara perlakuan biochar dan POC NASA. Secara terpisah, biochar memberikan pengaruh nyata terhadap parameter bintil akar dan bobot basah brangkas sedangkan perlakuan POC NASA tidak memberikan pengaruh nyata.

Pemberian biochar sekam padi 10 t.ha⁻¹ maupun 15 t.ha⁻¹ menghasilkan jumlah bintil akar yang lebih banyak dibandingkan dengan tanaman kontrol. Biochar sekam pada sebesar 10 t.ha⁻¹ menghasilkan jumlah bintil akar yang paling tinggi sebesar 20,11 bintil pada 35 HST dan meningkat menjadi sebesar 24,50 bintil pada 49 HST. Jumlah tersebut berbeda nyata dibandingkan kontrol yang yaitu sebesar 13,39 bintil pada 35 HST meningkat menjadi 18,17 bintil pada 49 HST. Sedangkan pemberian POC Nasa tidak memberikan pengaruh terhadap jumlah bintil akar baik pada 35 maupun 49 HST.

Menurut (Farhangi-Abriz dan Torabian, 2018) diyakini bahwa pertumbuhan bintil akar sangat dipengaruhi oleh masukan nutrisi seperti nitrogen eksogen. Biochar dapat meningkatkan jumlah bintil kedelai di bawah tekanan garam dan meningkatkan penyerapan dan pemanfaatan nitrogen di berbagai bagian

tanaman kedelai. Aktivitas nitrogenase pada bintil kedelai yang diberi biochar meningkat, hal ini diduga penerapan biochar meningkatkan kadar air tanah, suhu, dan fotosintesis tanaman (Zhu et al., 2019).

Berdasarkan **Tabel 3**, pada 35 dan 49 HST, kombinasi perlakuan biochar 15 t.ha⁻¹ dan POC 20 cc.L⁻¹ (B2P1) serta perlakuan biochar 15 t.ha⁻¹ dan POC 40 cc.L⁻¹ (B2P2) menghasilkan bobot basah paling berat yaitu masing-masing sebesar 15 g dan 14,33 g dan berbeda dengan perlakuan lain dan kontrol.

Tabel 3. Pengaruh biochar sekam padi dan POC terhadap jumlah bintil dan bobot brangkas tanaman

Perlakuan	Jumlah Bintil Akar (bintil)		BB Brangkas (g)
	35 HST	49 HST	100 HST
	B0 (Kontrol)	13,39a	18,17a
B1 (10 ton ha ⁻¹)	20,11c	24,50c	83,70b
B2 (15 ton ha ⁻¹)	18,33b	23,28b	78,70b
BNT 5%	0,92	1,01	12,39
Dosis poc (P)			
P0 (Kontrol)	15,50a	20,72a	72,17a
P1 (20 cc L ⁻¹)	17,67a	22,44a	73,09a
P2 (40 cc L ⁻¹)	18,67a	22,78a	79,20a
BNT 5%	tn	tn	tn

Ket: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda nyata menurut uji BNT 5%.

Jumlah polong pertanaman (polong)

Berdasarkan **Tabel 4** hasil analisis ragam menunjukkan tidak terdapat interaksi antara perlakuan dosis biochar sekam padi dengan konsentrasi POC NASA terhadap jumlah polong pertanaman pada 70 dan 100 HST. Perlakuan biochar sekam padi baik B1 (10 t.ha⁻¹) dan B2 (15 t.ha⁻¹) memiliki jumlah polong yang tinggi masing-masing sebesar 82,02 polong dan 82,74 polong dan berbeda dengan perlakuan B0 (kontrol).

Bobot 100 biji (g) bobot biji per tanaman (g) dan hasil (ton.ha⁻¹)

Tabel 5 menunjukkan bahwa pemberian dosis biochar maupun POC secara terpisah tidak memberikan pengaruh pada bobot 100 biji, bobot biji per tanaman maupun hasil panen tanaman kedelai. Hasil panen tanaman kedelai pada perlakuan dosis biochar sekam padi berkisar antara 2,16 sampai 2,24 t.ha⁻¹. Hasil

panen yang didapat bila dibandingkan dengan deskripsi varietas Anjasmoro (yang memiliki daya hasil 2,03 – 2,25 t.ha⁻¹) telah masuk dalam potensi hasil yang diperoleh. Perlakuan biochar yang diberikan memberikan efek jangka panjang dalam memperbaiki sifat fisik, biologi maupun kimia tanah. Sehingga pengaruh pada produksi tanaman kedelai ini masih belum didapatkan dan perlu dikaji ulang sampai musim tanam berikutnya untuk mengetahui keefektifannya.

Tabel 4. Pengaruh biochar sekam padi dan pupuk organik cair terhadap jumlah polong pertanaman pada umur 70 dan 100 HST

Perlakuan	Jumlah Polong Per Tanaman	
	70 HST	100 HST
Dosis biochar (B)		
B0 (Kontrol)	61,19a	90,51a
B1 (10 ton ha ⁻¹)	82,02b	105,55c
B2 (15 ton ha ⁻¹)	82,74b	100,82b
BNT 5%	3,45	3,55
Dosis POC (P)		
P0 (Kontrol)	71,97a	99,46a
P1 (20 cc L ⁻¹)	73,96a	95,53a
P2 (40 cc L ⁻¹)	80,03a	101,83a
BNT 5%	tn	tn

Ket: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda nyata menurut uji BNT 5%.

Tabel 5. Pengaruh biochar sekam padi dan pupuk organik cair terhadap bobot 100 biji (g), bobot biji per tanaman (g) dan hasil (t.ha⁻¹) umur 100 HST

Perlakuan	Bobot 100 biji (g)	Bobot biji per tanaman (g)	Hasil (t.ha ⁻¹)
Dosis biochar (B)			
B0 (Kontrol)	17,44a	33,79a	2,16a
B1 (10 t.ha ⁻¹)	17,89a	35,02a	2,24a
B2 (15 t.ha ⁻¹)	17,78a	34,39a	2,20a
BNT 5%	tn	tn	tn
Dosis Poc (P)			
P0 (Kontrol)	17,44a	32,61a	2,09a
P1 (20 cc.L ⁻¹)	17,67a	34,89a	2,23a
P2 (40 cc.L ⁻¹)	18,00a	35,70a	2,28a
BNT 5%	tn	tn	tn

Ket: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda nyata menurut uji BNT 5%.

Berdasarkan hasil dari **Tabel 5**, hasil panen belum menunjukkan hasil yang signifikan. Hal ini karena biochar tidak dapat terlihat efeknya dalam waktu yang singkat dan dapat dilihat pada jangka panjang. Sedangkan menurut (Lehmann et al., 2006) penerapan biochar dapat memberikan pasokan nutrisi berkelanjutan dan efektif untuk pertumbuhan kedelai. Aplikasi biochar dalam tanah dapat digunakan untuk meningkatkan retensi air, kapasitas pertukaran ion, aktivitas mikroba, dan ketersediaan nutrisi tanah, karena luas permukaannya yang tinggi dan sifatnya yang berpori (Biederman et al., 2017). Penambahan biochar ke dalam tanah dapat memperbaiki kondisi fisik tanah dan kesuburan tanah (yaitu porositas tanah, pH, P tersedia tanaman, kapasitas menahan air tanah, mineralisasi nitrogen, dan hasil kedelai dan jagung) (Kätterer et al., 2019).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat interaksi sangat nyata pada pemberian dosis biochar dan dosis pupuk organik cair terhadap pertumbuhan tanaman kedelai pada Entisol pada parameter total bobot basah tanaman. Pertumbuhan dan hasil kedelai terbaik pada dosis biochar 10 t.ha⁻¹, dilihat dari parameter pengamatan tinggi tanaman, jumlah bintil akar dan jumlah polong per tanaman sedangkan dosis pupuk organik cair terbaik pada dosis 40 cc.L⁻¹ dilihat dari parameter total mberat basah tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, D. R., Andarwulan, N., TrianaR, N., Agustin, D., dan Gitapratwi, D. (2018). Evaluasi Perbedaan Varietas Kacang Kedelai terhadap Mutu Produk Susu Kedelai. *Jurnal Mutu Pangan : Indonesian Journal of Food Quality*, 5(1), 10–16. Diambil dari <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jmpi/article/view/27871>
- Afandi, F. N., Siswanto, B., dan Nuraini, Y. (2015). Pengaruh pemberian berbagai jenis bahan organik terhadap sifat kimia tanah pada pertumbuhan dan produksi tanaman ubi jalar di entisol Ngrangkah Pawon, Kediri. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2(2), 237–244.

- Annur, C. M. (2022). Nilai Impor Kedelai Indonesia Naik Jadi US\$ 1,48 Juta pada 2021. Diambil dari databoks.katadata.co.id.
- Biederman, L. A., Phelps, J., Ross, B. J., Polzin, M., dan Harpole, W. S. (2017). Biochar and manure alter few aspects of prairie development: A field test. *Agriculture, ecosystems & environment*, 236, 78–87.
- Farhangi-Abriz, S., dan Torabian, S. (2018). Biochar improved nodulation and nitrogen metabolism of soybean under salt stress. *Symbiosis*, 74, 215–223.
- Gul, S., dan Whalen, J. K. (2016). Biochemical cycling of nitrogen and phosphorus in biochar-amended soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 103, 1–15.
- Kätterer, T., Roobroeck, D., Andrén, O., Kimutai, G., Karlton, E., Kirchmann, H., ... Nowina, K. R. de. (2019). Biochar addition persistently increased soil fertility and yields in maize-soybean rotations over 10 years in sub-humid regions of Kenya. *Field Crops Research*, 235, 18–26.
- Kementan. (2021). *Rencana Strategis (Renstra) Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Pertanian (PUSTAKA) Tahun 2020-2024*. Bogor.
- Lehmann, J., Gaunt, J., dan Rondon, M. (2006). Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems—a review. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 11, 403–427.
- Liu, Q., Zhang, Y., Liu, B., Amonette, J. E., Lin, Z., Liu, G., ... Xie, Z. (2018). How does biochar influence soil N cycle? A meta-analysis. *Plant and soil*, 426, 211–225.
- Mawardiana, M., Sufardi, S., dan Husen, E. (2013). Pengaruh residu biochar dan pemupukan NPK terhadap dinamika nitrogen, sifat kimia tanah dan hasil tanaman padi (*Oryza sativa* L.) musim tanam ketiga. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 2(3), 255–260.
- Nurida, N. L., Sutono, S., dan Muchtar, M. (2017). Pemanfaatan biochar kulit buah kakao dan sekam padi untuk meningkatkan produktivitas padi sawah di Ultisol Lampung. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 20(1), 69–80.
- Riduan, A., dan Junedi, H. (2024). Pengaruh Biochar Sekam Padi dan Pupuk Kandang Kotoran Ayam Terhadap Kesuburan Ultisol dan Hasil Kacang Tanah (*Arachis hypogea* L.). *Jurnal Media Pertanian*, 9(1), 29–38.
- Rostaliana, P., Prawito, P., dan Turmudi, E. (2012). Pemanfaatan biochar untuk perbaikan kualitas tanah dengan indikator tanaman jagung hibrida dan padi gogo pada system lahan terbangun dan bakar. *Naturalis-Jurnal Penelitian Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(3), 179–188.
- Sari, D. K., Hasanah, Y., dan Simanungkalit, T. (2013). Respons pertumbuhan dan produksi beberapa varietas kedelai (*Glycine max* L.(Merill)) dengan pemberian pupuk organik cair. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 6597.
- Scheifele, M., Hobi, A., Buegger, F., Gattinger, A., Schulin, R., Boller, T., dan Mäder, P. (2017). Impact of pyrochar and hydrochar on soybean (*Glycine max* L.) root nodulation and biological nitrogen fixation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 180(2), 199–211.
- Tambunan, S., Handayanto, E., dan Siswanto, B. (2014). Pengaruh aplikasi bahan organik segar dan biochar terhadap ketersediaan P dalam tanah di lahan kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1(1), 89–98.
- Widowati, S., Karamina, H., dan Fikrinda, W. (2020). Soil amendment impact to soil organic matter and physical properties on the three soil types after second corn cultivation. *AIMS Agric Food*, 5(1), 150–168.
- Widowati, W., Asnah, A., dan Sutoyo, S. (2012). Pengaruh penggunaan biochar dan pupuk kalium terhadap pencucian dan serapan kalium pada tanaman jagung. *Buana Sains*, 12(1), 83–90.
- Yooyen, J., Wijitkosum, S., dan Sriburi, T. (2015). Increasing yield of soybean by adding biochar. *Journal of Environmental Research and Development*, 9(4), 1066.
- Yu, L., Yu, M., Lu, X., Tang, C., Liu, X., Brookes, P. C., dan Xu, J. (2018). Combined application of biochar and nitrogen fertilizer benefits nitrogen retention in the rhizosphere of soybean by increasing microbial biomass but not altering microbial community structure. *Science of the Total Environment*, 640, 1221–1230.
- Zaevi, B., Napitupulu, M., dan Astuti, P. (2014). Respon tanaman kacang panjang (*Vigna sinensis* L.) terhadap pemberian pupuk NPK pelangi dan pupuk organik cair Nasa. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian Dan*

Kehutanan, 13(1), 19–32.

Zhu, Q., Kong, L., Shan, Y., Yao, X., Zhang, H., Xie, F., dan Ao, X. (2019). Effect of biochar on grain yield and leaf photosynthetic physiology of soybean cultivars with different phosphorus efficiencies. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(10), 2242–2254.