

Evektivitas Biochar Sekam Padi dan Pupuk Fosfat pada Lahan Marginal Terhadap Pertumbuhan Vegetatif dan Hasil Polong Edamame (*Glycine max* (L) Merr.)

*Wahyuni Putri Armita, Made Deviani Duaja dan Ahmad Riduan

Jurusan Magister Agroekoteknologi Universitas Jambi

Jl. Arif Rahman Hakim, Telanaipura Kota Jambi

*e-mail korespondensi: wahyuniputrihasibuan@gmail.com

Abstract The aim of this study was to evaluate the effectiveness of different doses of rice husk biochar and phosphate fertilizer on the vegetative growth of edamame grown on marginal soil. The experiment was arranged in a randomized complete block design (RCBD) with a factorial pattern consisting of two factors and three replications. The first factor was the application of biochar with four levels: b0 (control, without biochar), b1 (10 tons ha⁻¹ rice husk biochar), b2 (20 tons ha⁻¹ rice husk biochar), and b3 (30 tons ha⁻¹ rice husk biochar). The second factor was the dosage of phosphate fertilizer with three levels: p1 (0 kg ha⁻¹ TSP), p2 (75 kg ha⁻¹ TSP), and p3 (150 kg ha⁻¹ TSP). The observed parameters included plant height, leaf area index, number of branches, leaf chlorophyll content, flowering time, and edamame pod yield. The results of soil analysis indicated that the Ultisol used in this study had acidic pH, high phosphorus content, moderate nitrogen and potassium levels, and low organic carbon. Based on the results of the study there is an interaction between the provision of rice husk biochar and phosphate fertilizer on the number of branches, leaf chlorophyll content, and pod weight of edamame soybean plants. Phosphate fertilizer dose of 150 kg ha⁻¹ increases vegetative growth such as plant height and number of branches, while the provision of rice husk biochar dose of 10 - 20 tons ha⁻¹ without phosphate fertilizer is more effective in increasing leaf chlorophyll content, flowering age and pod weight of edamame soybeans

Keywords: Edamame, phosphate fertilizer, rice husk biochar, and Ultisol.

Abstrak. Tujuan dari penelitian ini untuk melihat efektivitas berbagai dosis biochar sekam padi dan pupuk fosfat pada tanah marginal terhadap pertumbuhan vegetatif edamame. Studi ini dirancang menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dua faktor dengan tiga kali pengulangan. Faktor pertama mencakup empat variasi dosis biochar, yakni: b0 (kontrol/tanpa biochar), b1 (10 ton ha⁻¹), b2 (20 ton ha⁻¹), dan b3 (30 ton ha⁻¹) berbahan sekam padi. Faktor kedua melibatkan tiga tingkatan dosis pupuk TSP, yaitu: p1 (0 kg ha⁻¹), p2 (75 kg ha⁻¹), dan p3 (150 kg ha⁻¹). Variabel pengamatan yang diamati yaitu tinggi tanaman, indeks luas daun, jumlah cabang, kandungan klorofil daun, waktu munculnya bunga dan berat polong kedelai edamame. Berdasarkan analisis awal, diketahui bahwa tanah ultisol yang digunakan bersifat masam, P tinggi, N dan K sedang, C-organik rendah. Berdasarkan hasil penelitian terdapat interaksi antara pemberian biochar sekam padi dan pupuk fosfat terhadap jumlah cabang, kandungan klorofil daun, dan berat polong tanaman kedelai edamame. Pupuk fosfat dosis 150 kg ha⁻¹ meningkatkan pertumbuhan vegetatif seperti tinggi tanaman dan jumlah cabang, sedangkan pemberian biochar sekam padi dosis 10 – 20 ton ha⁻¹ tanpa pupuk fosfat lebih efektif dalam meningkatkan kandungan klorofil daun, umur berbunga dan berat polong kedelai edamame.

Kata kunci: Edamame, fosfat, biochar sekam padi dan ultisol

PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) merupakan salah satu komoditas strategis dalam mendukung ketahanan pangan di Indonesia. Jenis kedelai yang bernilai ekonomi tinggi adalah edamame, kedelai hijau yang dipanen pada fase muda dan dikonsumsi sebagai sayur segar atau camilan. Edamame memiliki keunggulan dibandingkan kedelai biji kering baik dari segi nilai gizi dan cita rasa (Williams *et al.*, 2022). Peluang pasar edamame juga menjanjikan, terlihat dari tingginya permintaan ekspor dari Jepang (100.000) ton setiap tahun dan Amerika membutuhkan (7.000) ton setiap tahun, namun Indonesia baru mampu memenuhi sekitar 3% dari kebutuhan pasar Jepang (Hakim, 2013). Meningkatnya permintaan pasar tersebut, diperlukan upaya yang lebih intensif untuk memperluas areal tanam serta meningkatkan mutu hasil.

Perluasan areal tanam sering menghadapi kendala pada tanah marginal seperti pada Ultisol. Salah satu kendala utama dalam perluasan lahan pada Ultisol yaitu memiliki sifat fisika dan kimia kurang mendukung bagi pertumbuhan tanaman. Tanah Ultisol dicirikan oleh kondisi pH yang rendah, miskinnya kandungan bahan organik, rendahnya kejenuhan basa, tingginya kadar aluminium, minimnya aktivitas mikroorganisme tanah, kapasitas retensi air yang terbatas, serta struktur agregat yang lemah (Putra *et al.*, 2016). Untuk meningkatkan hasil panen secara maksimal di lahan bertanah Ultisol, petani dapat menerapkan pendekatan pemberian bahan organik sebagai solusi perbaikan kualitas tanah. Salah satu bahan organik yang terbukti efektif dalam memperbaiki kondisi tanah adalah

biochar. Biochar merupakan material padat berkadar karbon tinggi yang terbentuk melalui proses pirolisis terhadap berbagai jenis biomassa, termasuk limbah pertanian seperti jerami padi dan sekam dalam kondisi minim oksigen (Tomczyk *et al.*, 2020).

Hasil penelitian Tusar *et al.*, (2023) biochar yang dihasilkan melalui pembakaran biomassa dengan sedikit/tanpa oksigen mengandung senyawa basa (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}). Senyawa ini berperan penting dalam menetralkan keasaman dan meningkatkan pH tanah, yang selanjutnya mengurangi kelarutan Al^{3+} dan Fe^{3+} . Sedangkan Fosfor (P) sangat penting bagi pertumbuhan edamame karena pada tanah Ultisol, fosfor cenderung terikat oleh ion Al^{3+} dan Fe^{3+} , sehingga tidak tersedia bagi tanaman (Bolo *et al.*, 2021). Fosfor sangat penting bagi edamame untuk perkembangan akar, pembentukan polong, serta pematangan biji (Bagale, 2021).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan kesuburan tanah di lahan marginal seperti pada tanah ultisol, di antaranya melalui pemberian pupuk fosfat dan penggunaan biochar sebagai pembenah tanah. Pemberian pupuk TSP pada dosis 150 kg ha^{-1} dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan serta hasil kedelai (Mamia *et al.*, 2018). Sementara itu, biochar diketahui berperan dalam memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah, meskipun kandungan unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) tergolong rendah (Celebi *et al.*, 2023). Pandian *et al.*, (2024) menyatakan bahwa efektivitas biochar akan lebih optimal bila dikombinasikan dengan pupuk organik atau anorganik, karena sifat biochar mampu menahan, menyerap, dan melepaskan unsur hara secara perlahan (*slow release buffer*), sehingga mendukung efisiensi pemupukan dan kesuburan tanah secara berkelanjutan. Selain itu, peningkatan pertumbuhan tanaman kedelai juga telah dilaporkan oleh Nurmalasari *et al.*, (2022) pada biochar sekam padi dosis 15 ton ha^{-1} jumlah daun naik 11,34%, jumlah cabang 36,63%, berat basah 17,74%, dan berat kering 15,9% dibanding tanaman kontrol.

Namun demikian, kajian mengenai interaksi antara biochar sekam padi dan pupuk fosfat khususnya TSP, pada tanaman kedelai edamame di tanah ultisol masih terbatas. Selain itu, informasi mengenai dosis kombinasi yang tepat dalam meningkatkan ketersediaan hara, khususnya fosfor, serta kaitannya dengan respon fisiologis tanaman seperti indeks luas daun dan kandungan klorofil daun juga belum banyak di laporkan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh kombinasi biochar sekam padi dan pupuk TSP terhadap pertumbuhan vegetatif dan respon fisiologis tanaman kedelai edamame pada tanah ultisol..

METODE PENELITIAN

Penelitian ini di laksanakan di lahan percobaan Fakultas Pertanian Universitas Jambi, berlokasi di Desa Mendalo Indah, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi. Rentang waktu pelaksanaannya sekitar tiga bulan, dimulai dari November hingga Januari 2025. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial yang melibatkan dua variabel dengan pengulangan sebanyak tiga kali. Variabel pertama adalah penambahan biochar sekam padi ke dalam tanah, yang terdiri atas empat level perlakuan: tanpa biochar sebagai (b0), kemudian biochar 10 ton ha^{-1} (b1), biochar 20 ton ha^{-1} (b2), hingga dosis tertinggi biochar 30 ton ha^{-1} (b3). Variabel kedua adalah pemupukan fosfat menggunakan TSP, yang dibagi menjadi tiga level yakni 0 kg/ha (p1), 75 kg ha^{-1} TSP (p2), dan 150 kg ha^{-1} TSP (p3). Perpaduan dari kedua variabel tersebut menghasilkan 12 kombinasi perlakuan. Karena setiap kombinasi diterapkan pada tiga kelompok ulangan yang berbeda, maka jumlah keseluruhan petak yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 36 petak, di mana masing-masing petak ditanami sebanyak 36 tanaman. Varietas edamame yang digunakan merupakan *biomax* 1 dan pupuk fosfat yang digunakan merupakan TSP. Aplikasi biochar sekam padi di berikan 1 kali sesuai dosis perlakuan di inkubasi selama 3 minggu sebelum tanam serta penggunaan pupuk dasar kotoran ayam dengan dosis 10 ton Ha^{-1} . Pupuk fosfat (TSP) diaplikasikan satu kali, yaitu 3 hari sebelum tanam sesuai dengan dosis perlakuan. Sementara itu, pupuk Nitrogen (N) dan kalium (K) diberikan masing masing sebesar 50% dari dosis rekomendasi. Berdasarkan rekomendasi pemupukan tanaman edamame, dosis pupuk yang digunakan adalah Urea 150 kg ha^{-1} dan KCL 100 kg ha^{-1} (Dinas Pertanian 2016), sehingga pada penelitian ini diberikan Urea sebesar 75 kg ha^{-1} dan KCL 50 kg ha^{-1} . Kegiatan pemeliharaan tanaman mencakup berbagai aspek, mulai dari penyiraman, pembersihan gulma, penjarangan dan penyulaman tanaman, hingga penanganan serangan hama dan penyakit.

Pengamatan dalam penelitian ini mencakup beberapa parameter pertumbuhan dan hasil tanaman, yaitu tinggi tanaman, indeks luas daun, jumlah cabang, kandungan klorofil pada daun, waktu munculnya bunga pertama, serta boerat polong yang dihasilkan. Seluruh data yang terkumpul kemudian diolah secara statistik melalui analisis varians (ANOVA) untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perlakuan. Jika dari hasil analisis tersebut ditemukan perbedaan yang nyata antar perlakuan, maka pengujian akan dilanjutkan menggunakan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT) dengan tingkat kepercayaan atau taraf nyata $\alpha = 5\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis tanah awal dan Biochar sekam padi

Berdasarkan hasil analisis tanah awal di laboratorium, tingkat kesuburan tanah dan karakteristik tanah ultisol yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis menunjukkan bahwa tanah pada lokasi penelitian memiliki karakteristik sebagai berikut:

Tabel 1. Analisis tanah awal

Jenis sampel	pH awal (H ₂ O)	Ph setelah inkubasi (H ₂ O)	C-organik %	N-total (Kjeldahl) %	P-Tersedia (Bray1) ppm P ₂ O ₅	K-Tersedia (Bray1) ppm K ₂ O
Tanah	4,90	5,14	0,82	0,15	14,3	30,4

Sumber: PT Nusa Pusaka Kencana Analytical & QC Laboratory

Selain karakteristik tanah, kualitas biochar sekam padi yang digunakan juga memegang peranan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman edamame. Hasil analisis biochar sekam padi disajikan pada Tabel 2

Tabel 2. Hasil analisis biochar sekam padi

Jenis Sampel	pH (H ₂ O)	C-organik %	N-total %	P P ₂ O ₅ %	K K ₂ O %
Biochar sekam padi	7,04	38,72	0,93	0,20	0,58

Sumber: PT Nusa Pusaka Kencana Analytical & QC Laboratory

Dari hasil analisis tanah awal di lokasi peneltian dapat dilihat bahwa tanah ultisol adalah tanah dengan tingkat kemasaman tinggi (pH rendah). Namun setelah di inkubasi dengan biochar pH tanah terjadi peningkatan, untuk kandungan P (fosfor) tinggi, C-organik rendah, N dan K sedang. Biochar sekam padi yang digunakan mengandung C-organik yang tinggi dan pH Netral. Biochar mempunyai sifat alkalin yang berperan sebagai pembenah tanah yang efektif untuk menaikkan pH tanah (Ghorbani & Amirahmadi, 2018). Pentingnya peningkatan pH tanah karena dapat menurunkan kelarutan aluminium (Al) dan (Fe) yang bersifat toksik untuk akar tanaman pada kondisi tanah yang masam (Mosharrof *et al.*, 2021). Menurut Khan *et al.*, (2024) biochar sekam padi memiliki struktur berpori dan gugus fungsi permukaan yang beragam, sehingga dapat menyerap dan menahan nutrisi agar tidak mudah tercuci (*leaching*).

Tinggi tanaman

Tabel 3. Hasil tinggi tanaman edamame umur 42 hari setelah tanam dengan perlakuan berbagai dosis biochar sekam padi dan pupuk Fosfat

Perlakuan	Tinggi tanaman --- cm ---
Dosis biochar sekam padi :	
Tanpa biochar	40,31 a
Biochar 10 ton ha ⁻¹	40,88 a
Biochar 20 ton ha ⁻¹	40,58 a
Biochar 30 ton ha ⁻¹	39,75 a
Dosis pupuk fosfat :	
0 kg ha ⁻¹	40,07 a
75 kg ha ⁻¹	39,33 a
150 kg ha ⁻¹	41,74 a

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji jarak berganda Duncan (UJBD) α 5%.

Berdasarkan hasil analisis ragam, interaksi antara biochar dan pupuk fosfat tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman kedelai edamame maupun secara tunggal perlakuan biochar maupun pupuk fosfat. Tinggi tanaman edamame paling optimal tercatat pada pemberian biochar sekam padi dosis 10 ton ha⁻¹, dengan nilai rata-

rata 40,88 cm. Di sisi lain, variasi dosis pupuk fosfat yang diuji juga belum mampu memberikan peningkatan tinggi tanaman yang signifikan dibandingkan kondisi tanpa pemupukan fosfat. Tinggi tanaman terbaik pada faktor pupuk fosfat diraih pada dosis 150 kg ha⁻¹ dengan rata-rata 41,74 cm. Temuan ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan tinggi tanaman lebih dominan ditentukan oleh faktor bawaan genetik tanaman itu sendiri dibandingkan dengan perlakuan yang diberikan. Tinggi tanaman kedelai termasuk edamame merupakan karakter kuantitatif yang memiliki keragaman genetik luas dan nilai heritabilitas tinggi sehingga cenderung dikendalikan oleh genetik atau varietas tanaman (Deviona *et al.*, 2024). Selain itu, tidak berbeda nyata tinggi tanaman diduga disebabkan oleh kondisi ketersediaan hara yang telah mencukupi kebutuhan tanaman, sehingga penambahan biochar dan pupuk fosfat tidak memberikan respon yang signifikan terhadap pertumbuhan tinggi tanaman. Dalam kondisi tersebut, hasil fotosintesis (asimilat) yang dihasilkan tanaman cenderung dialokasikan untuk mendukung pertumbuhan organ lain seperti daun, cabang, dan system perakaran. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan ketersediaan hara akibat aplikasi biochar dan pupuk fosfat tidak selalu diikuti oleh peningkatan tinggi tanaman, melainkan lebih berperan dalam mendukung pertumbuhan vegetatif lainnya.

Indeks luas daun

Tabel 4. Hasil indeks luas daun tanaman edamame dengan perlakuan berbagai dosis biochar sekam padi dan pupuk Fosfat

Perlakuan	Indeks luas daun
Dosis biochar sekam padi:	
Tanpa biochar	1,20 a
Biochar 10 ton ha ⁻¹	0,88 ab
Biochar 20 ton ha ⁻¹	0,89 ab
Biochar 30 ton ha ⁻¹	0,70 b
Dosis pupuk fosfat:	
0 kg ha ⁻¹	1,05 a
75 kg ha ⁻¹	0,87 a
150 kg ha ⁻¹	0,83 a

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji jarak berganda Duncan (UJBD) α 5%. Data telah ditransformasi menggunakan akar akar kuadrat (sqrt) sebelum dianalisis secara statistik.

Berdasarkan hasil analisis ragam, tidak terdapat interaksi antara biochar sekam padi dan pupuk fosfat terhadap indeks luas daun tanaman kedelai edamame, demikian pula pada perlakuan secara tunggal. Hasil indeks luas daun tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa biochar sekam padi dengan nilai rata-rata 1,20. Sementara itu, pada faktor pupuk fosfat nilai indeks luas daun tertinggi diperoleh tanpa pemberian perlakuan pupuk fosfat 0 kg ha⁻¹ yaitu 1.05. Indeks luas daun merupakan parameter penting dalam menggambarkan kemampuan tanaman dalam melakukan fotosintesis, karena berkaitan dengan luas permukaan daun yang menerima cahaya (Irwan & Wicaksono, 2017). Lebih lanjut Wang dan Guo, (2025) menyatakan bahwa Indeks luas daun merupakan parameter penting yang berkaitan dengan pertumbuhan tanaman dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan serta perkembangan tanaman.

Tidak adanya peningkatan indeks luas daun akibat perlakuan diduga berkaitan dengan kondisi ketersediaan hara yang telah mencukupi kebutuhan tanaman, sehingga tidak mendorong peningkatan luas daun secara signifikan. Biochar mempunyai kemampuan menyerap dan menahan unsur hara sehingga pada kondisi tertentu dapat menyebabkan hara tidak langsung tersedia bagi tanaman dalam jumlah optimal untuk mendukung pembentukan luas daun. Pada sisi lain unsur fosfor lebih berperan dalam proses transfer energi (ATP), pembentukan akar, dan perkembangan fase reproduktif, sehingga pengaruhnya terhadap perluasan daun tidak memberikan pengaruh yang nyata

Jumlah cabang tanaman

Tabel 5. Hasil jumlah cabang tanaman edamame dengan perlakuan berbagai dosis biochar sekam padi dan pupuk Fosfat

Dosis biochar sekam padi	Dosis Pupuk Fosfat		
	0 kg ha ⁻¹	75 kg ha ⁻¹	150 kg ha ⁻¹
Tanpa biochar 0 ton ha ⁻¹	2.22 b B	3.41 a A	3.97 a A
Biochar 10 ton ha ⁻¹	3.38 a A	2.95 a A	2.82 a B
Biochar 20 ton ha ⁻¹	2.61 a AB	3.55 a A	2.94 a AB
Biochar 30 ton ha ⁻¹	3.36 a A	2.47 a A	3.09 a AB

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji jarak berganda Duncan (UJBD) α 5%. Huruf besar dibaca vertikal dan huruf kecil dibaca horizontal.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa terdapat interaksi nyata antara perlakuan biochar sekam padi dan pupuk fosfat terhadap jumlah cabang tanaman kedelai edamame. Berdasarkan hasil uji lanjut, jumlah cabang tertinggi diperoleh pada perlakuan tanapa biochar dengan pemberian pupuk fosfat 150 kg ha⁻¹ yaitu 3,97. Tingginya jumlah cabang pada perlakuan tersebut diduga berkaitan dengan peran unsur fosfor dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman. Fosfor berfungsi dalam proses transfer energi (ATP), pembelahan sel, serta pembentukan jaringan meristem, sehingga mampu merangsang pembentukan cabang lateral. Ketersediaan fosfor yang cukup akan meningkatkan aktivitas pertumbuhan tunas lateral yang berperan dalam pembentukan cabang tanaman. Hal ini sejalan dengan Rahayu *et al.*, (2022) yang menyatakan bahwa unsur fosfor berperan penting dalam pembelahan sel dan pembentukan jaringan meristem, sehingga kecukupan hara P mendukung pertumbuhan tunas lateral yang pada akhirnya meningkatkan jumlah cabang kedelai. Sementara itu, pada perlakuan biochar sekam padi, jumlah cabang yang dihasilkan bervariasi tergantung pada dosis yang diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa biochar berperan dalam memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah dan namun pada kondisi tertentu dapat mempengaruhi dinamika ketersediaan hara di dalam tanah. Kondisi tersebut menyebabkan respon tanaman terhadap pembentukan cabang tidak selalu meningkat dengan penambahan dosis biochar (Agegnehu *et al.*, 2017).

Klorofil daun

Tabel 6. Hasil nilai klorofil daun dengan perlakuan berbagai dosis biochar sekam padi dan pupuk Fosfat

Dosis biochar sekam padi	Dosis Pupuk Fosfat		
	0 kg ha ⁻¹	75 kg ha ⁻¹	150 kg ha ⁻¹
Tanpa biochar 0 ton ha ⁻¹	17.1 a B	15.3 b B	17.55 a AB
Biochar 10 ton ha ⁻¹	18.25 a AB	16.1 b B	16.85 ab B
Biochar 20 ton ha ⁻¹	19.33 a A	16.36 b B	17 b AB
Biochar 30 ton ha ⁻¹	17.07 a B	18.46 a A	18.55 a A

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji jarak berganda Duncan (UJBD) α 5%. Huruf besar dibaca vertikal dan huruf kecil dibaca horizontal.

Hasil analisis ragam menunjukkan adanya interaksi yang nyata pada perlakuan biochar sekam padi dan pupuk fosfat terhadap kandungan klorofil daun. Perlakuan biochar dosis 20 ton ha⁻¹ dan tanpa pupuk fosfat menunjukkan nilai kandungan klorofil terbaik yaitu 19,33. Tingginya kandungan klorofil pada perlakuan tersebut diduga berkaitan dengan peran biochar dalam memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, seperti meningkatkan kapasitas tukar kation dan retensi hara, sehingga ketersediaan unsur hara menjadi lebih optimal dan dapat diserap secara efisien oleh tanaman. Kondisi ini mendukung proses pembentukan klorofil yang erat kaitannya dengan ketersediaan unsur hara, khususnya nitrogen dan magnesium yang berperan dalam sintesis klorofil. Selain itu, kebutuhan hara tanaman telah tercukupi oleh adanya biochar. Dalam kondisi ini, biochar berfungsi sebagai penyangga (*buffer*) yang mampu menjaga ketersediaan hara tetap optimal pada proses fisiologis tanaman termasuk

proses fotosintesis. Hasil ini didukung penelitian Zhu *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa aplikasi biochar meningkatkan kandungan klorofil dan laju fotosintesis pada tanaman kedelai.

Umur berbunga

Tabel 7. Hasil umur berbunga tanaman dengan perlakuan berbagai dosis biochar sekam padi dan pupuk Fosfat

Perlakuan	Umur berbunga
	--- Hari ---
Dosis biochar sekam padi:	
Tanpa biochar	30,11 a
Biochar 10 ton ha ⁻¹	30 a
Biochar 20 ton ha ⁻¹	30,33 a
Biochar 30 ton ha ⁻¹	30,11 a
Dosis pupuk fosfat:	
0 kg ha ⁻¹	30,25 a
75 kg ha ⁻¹	30,08 a
150 kg ha ⁻¹	30,08 a

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji jarak berganda Duncan (UJBD) α 5%.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan biochar sekam padi dan pupuk fosfat tidak memberikan pengaruh nyata terhadap umur berbunga tanaman edamame, baik secara tunggal maupun interaksi. Hal ini ditunjukkan oleh nilai rata rata umur berbunga yang relatif seragam pada seluruh perlakuan. Hasil percepatan umur berbunga terbaik pada perlakuan biochar 10 ton ha⁻¹. Tidak adanya pengaruh perlakuan terhadap umur berbunga diduga berkaitan dengan peran dominan faktor genetik dalam mengendalikan fase perkembangan tanaman, khususnya pembungaan. Disisi lain, pemberian biochar dan pupuk fosfat lebih berperan dalam mendukung ketersediaan hara dan proses fisiologis tanaman, namun tidak secara langsung mempengaruhi percepatan atau keterlambatan fase pembungaan. Hal ini menunjukkan bahwa umur berbunga bukan merupakan parameter yang sensitif terhadap perlakuan pemupukan pada kondisi penelitian ini.

Tanaman kedelai termasuk kedelai edamame memiliki pola pertumbuhan yang relatif stabil terhadap variasi lingkungan, sehingga waktu muncul bunga cenderung seragam pada kondisi yang mendukung. Hal ini, sejalan dengan pernyataan Herawati *et al.*, (2018) faktor genetik tanaman berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan termasuk fase pembungaan. Selain itu, kondisi lingkungan seperti suhu, panjang hari (fotoperiode) dan waktu tanam juga mempengaruhi perkembangan tanaman termasuk fase generatif (Ramadhani 2023). Oleh karena itu, pada penelitian ini kondisi lingkungan diduga berada pada kondisi yang relatif seragam, sehingga tidak menimbulkan perbedaan yang nyata antar perlakuan.

Berat polong

Tabel 8. Hasil berat polong tanaman dengan perlakuan berbagai dosis biochar sekam padi dan pupuk Fosfat

Dosis biochar sekam padi	Dosis Pupuk Fosfat		
	0 kg ha ⁻¹	75 kg ha ⁻¹	150 kg ha ⁻¹
Tanpa biochar 0 ton ha ⁻¹	56.8 c	85.65 a	71.86 b
	B	A	B
Biochar 10 ton ha ⁻¹	89.61 a	81.6 a	84.25 a
	A	A	A
Biochar 20 ton ha ⁻¹	87.2 a	77.2 a	87.55 a
	A	A	A
Biochar 30 ton ha ⁻¹	81 a	82.44 a	68.06 b
	A	A	B

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji jarak berganda Duncan (UJBD) α 5%. Huruf besar dibaca vertikal dan huruf kecil dibaca horizontal.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara perlakuan biochar sekam padi dan pupuk fosfat terhadap berat polong tanaman kedelai edamame. Berat polong tertinggi diperoleh pada perlakuan biochar sekam padi dosis 10 ton ha⁻¹ dan tanpa pemberian pupuk fosfat (0 kg ha⁻¹) yaitu 89,61 gram. Tingginya berat polong pada perlakuan tersebut diduga berkaitan dengan peran biochar dalam memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, seperti meningkatkan kapasitas tukar kation, porositas, serta kemampuan tanah dalam menahan air dan unsur

hara. Kondisi ini menyebabkan unsur hara yang tersedia di dalam tanah dapat dimanfaatkan secara lebih efisien oleh tanaman, terutama pada fase reproduktif yang membutuhkan energi dan nutrisi dalam jumlah tinggi untuk pembentukan dan pengisian polong. Hal tersebut menunjukkan bahwa perbaikan kondisi tanah oleh biochar sudah mampu menyediakan lingkungan yang optimal bagi tanaman sehingga kebutuhan hara dapat tercukupi tanpa penambahan pupuk fosfat. Hal ini menunjukkan bahwa biochar berperan meningkatkan efisiensi pemanfaatan hara tanah, sehingga proses pembentukan dan pengisian polong berlangsung optimal. Hasil ini sejalan dengan penelitian Sirait *et al.*, (2020) yang menyatakan bahwa biochar pada tanah Ultisol dapat meningkatkan respon pertumbuhan dan hasil tanaman melalui interaksi dengan perlakuan lain. Selain itu, Egamberdieva *et al.*, (2022) menyatakan bahwa kombinasi biochar dan fosfor memberikan efek interaksi yang signifikan terhadap pertumbuhan dan serapan hara tanaman kedelai.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terdapat interaksi antara biochar sekam padi dan pupuk fosfat terhadap jumlah cabang, kandungan klorofil daun, dan berat polong tanaman kedelai edamame, namun tidak ada interaksi pada tinggi tanaman, indeks luas daun, dan umur berbunga.. Pupuk fosfat dosis 150 kg ha⁻¹ meningkatkan pertumbuhan vegetatif seperti tinggi tanaman dan jumlah cabang, sedangkan pemberian biochar sekam padi dosis 10 – 20 ton ha⁻¹ tanpa pupuk fosfat lebih efektif dalam meningkatkan kandungan klorofil daun, umur berbunga dan berat polong kedelai edamame. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi biochar sekam padi berpotensi sebagai alternatif pengelolaan hara pada tanah marginal, khususnya tanah Ultisol untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil polong kedelai edamame, serta meningkatkan efisiensi pemupukan dan mengurangi penggunaan pupuk anorganik

DAFTAR PUSTAKA

- Agegnehu, G., Bass, A. M., Nelson, P. N., & Bird, M. I. (2016). Benefits of biochar, compost and biochar-compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. *The Science of the total environment*, 543(Pt A), 295–306. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.054>
- Bagale, S. (2021). Nutrient Management for Soybean Crops. *International Journal of Agronomy*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/3304634>
- Bolo, P., Kihara, J., Mucheru-Muna, M., Njeru, E. M., Kinyua, M., & Sommer, R. (2021). Application Of Residue, Inorganic Fertilizer and Lime Affect Phosphorus Solubilizing Microorganisms and Microbial Biomass Under Different Tillage And Cropping Systems In A Ferralsol. *Geoderma*, 390, 114962. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114962>
- Celebi, H., Bahadır, T., Simsek, İ., & Tulun, S. (2023). Turning Waste into Soil Conditioner with a Sustainable Innovative Approach: Biochar †. *Engineering Proceedings*, 56(1). <https://doi.org/10.3390/ASEC2023-16356>
- Deviona, D., Roslim, D., Zul, D., Suhartina, S., & Syafitri, A. (2024). Keragaman Genetik dan Heritabilitas Berbagai Karakter Tanaman Kedelai (*Glycine max (L.) Merrill*). *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*, 26(1), 38-42. <http://dx.doi.org/10.20961/agsjpa.v26i1.80386>
- Egamberdieva, D., Ma, H., Reckling, M., Omari, R. A., Wirth, S., & Bellingrath-Kimura, S. D. (2022). Interactive Effects of Biochar, Nitrogen, and Phosphorous on the Symbiotic Performance, Growth, and Nutrient Uptake of Soybean (*Glycine max L.*). *Agronomy*, 12(1), 27. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010027>
- Ghorbani, M., & Amirahmadi, E. (2018). Effect of rice husk Biochar (RHB) on some of chemical properties of an acidic soil and the absorption of some nutrients. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 22(3), 313–317. <https://doi.org/10.4314/jasem.v22i3.4>
- Hakim, N. A. (2013). Perbedaan Kualitas Dan Pertumbuhan Benih Edamame Varietas Ryoko yang Diproduksi di Ketinggian Tempat yang Berbeda di Lampung. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 13(1), 8–12. <https://doi.org/10.25181/jppt.v13i1.163>
- Herawati, N., Ghulamahdi, M., & Sulistyono, E. (2018). Pertumbuhan dan hasil tiga varietas kedelai dengan berbagai interval pemberian air. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 46(1), 57–63. <https://doi.org/10.24831/jai.v46i1.12070>
- Irwan, A. W., & Wicaksono, F. Y. (2017). Perbandingan pengukuran luas daun kedelai dengan metode gravimetri, regresi, dan scanner. *Jurnal Kultivasi*, 16(3). <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v16i3.14448>
- 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. *Plants (Basel)*, 13(2), 166. <https://doi.org/10.3390/plants13020166>
- Mamia, A., Amin, A., Roy, T., & Faruk, G. (2018). Influence of Inorganic and Organic Fertilizers on Growth and Yield of Soybean. *Bangladesh Agronomy Journal*, 21(1), 77–81. <https://doi.org/10.3329/baj.v21i1.39363>

- Mosharrof, M., Uddin, M. K., Sulaiman, M. F., Mia, S., Shamsuzzaman, S. M., & Haque, A. N. A. (2021). Combined Application of Rice Husk Biochar and Lime Increases Phosphorus Availability and Maize Yield in an Acidic Soil. *Agriculture*, 11(8), 793. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080793>
- Nurmalasari, A. I., Rahayu, M., & Nabila Nur Owena, E. (2022). Growth Of Soybean (*Glycine Max* L.) On Various Types Of Biochar. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1016(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1016/1/012005>
- Pandian, K., Vijayakumar, S., Mustaffa, M. R. A. F., Subramanian, P., & Chitraputhirapillai, S. (2024). Biochar – A Sustainable Soil Conditioner For Improving Soil Health, Crop Production and Environment Under Changing Climate: a review. *Frontiers in Soil Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsoil.2024.137615>
- Putra, I., Subandar, I., & Samsuar. (2016). Respon Beberapa Varietas dan Dosis Bahan Organik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Mentimun (*Cucumis sativus* L.) pada Tanah Ultisol. *Jurnal Agrotek Lestari*, 2(2), 93. <https://jurnal.utu.ac.id/jagrotek/article/view/604/48>
- Rahayu, M. S. (2022). Respon Pertumbuhan Tanaman Kedelai di Tanah Marginal Dengan Pemberian Pupuk P dan Jenis Pupuk Organik. *Agriland: Jurnal Ilmu Pertanian*, 10(1), 68–80. <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/agriland/article/view/5769>
- Ramadhani, R. P. (2023). Prediksi pertumbuhan dan produksi kedelai pada berbagai waktu tanam dan irigasi. *Agriculture and Biological Technology*, 1(2), 71–83. <https://doi.org/10.61761/agiotech.1.2.71-83>
- Sirait, E. E., Nelvia, N., & Fauzana, H. (2020). Pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L.) terhadap pemberian vermikompos dan biochar di tanah Ultisol. *Jurnal Solum*, 17(2), 29–41. <https://doi.org/10.25077/jsolum.17.2.29-41.2020>
- Tomczyk, A., Sokołowska, Z., & Boguta, P. (2020). Biochar Physicochemical Properties: Pyrolysis Temperature and Feedstock Kind Effects. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 19(1), 191–215. <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09523-3>
- Tusar, H. M., Uddin, M. K., Mia, S., Suhi, A. A., Wahid, S. B. A., Kasim, S., Sairi, N. A., Alam, Z., & Anwar, F. (2023). Biochar-Acid Soil Interactions—A Review. *Sustainability*, 15(18). <https://doi.org/10.3390/su151813366>
- Wang, Q., & Guo, J. (2025). Developing a Universal Framework for Estimating Soybean Leaf Area Index Growth. *Agronomy*, 15(9), 2231. <https://doi.org/10.3390/agronomy15092231>
- Williams, M. M., Zhang, B., Fu, X., & Ross, J. (2022). Editorial: Everything Edamame: Biology, Production, Nutrition, Sensory And Economics. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.976008>
- Zhu, Q., Kong, L.-J., Shan, Y.-Z., Yao, X.-D., Zhang, H.-J., Xie, F.-T., & 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. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62563-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62563-3)