



Pengaruh interaksi pemberian biochar dan kotoran sapi terhadap fase vegetatif tanaman padi (*Oryza sativa* L.) Dan populasi bakteri pelarut fosfat

The effect of the interaction of biochar and cow dung on the vegetative phase of rice plants (*Oryza sativa* L.) and the population of phosphate-solubilizing bacteria

Gunawan Siswantoro*, Prof. Novi Arfarita, S.P., M.P., M.Sc., Ph.D.

¹ dan Ir. Abdul Basit, M.P.²

¹Departemen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Malang

Jl. MT. Haryono No. 193 Malang 65144, Jawa Timur, Indonesia

*Korespondensi : (Gunawansiswantoro19@gmail.com)

Abstract

*Declining soil fertility resulting from the continuous use of inorganic fertilizers has become a major constraint to rice productivity in Indonesia. The combined application of biochar and cattle manure offers a sustainable strategy for improving soil physical, chemical, and biological properties, including the development of phosphate-solubilizing bacteria (PSB). This study aimed to evaluate the effects of combined biochar and cattle manure application on the vegetative growth of rice (*Oryza sativa* L.), the population of phosphate-solubilizing bacteria, and the relationship between PSB population and vegetative growth. The experiment was conducted from December 2025 to June 2026 using a Randomized Complete Block Design (RCBD) consisting of five treatments with four replications, resulting in 20 experimental units. Observed variables included plant height, leaf number, leaf area, tiller number, shoot fresh weight, shoot dry weight, root fresh weight, root dry weight, and PSB population determined using the Total Plate Count (TPC) method. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), followed by the Least Significant Difference (LSD) test at the 5% significance level and correlation analysis. The results showed that the combined application of biochar and cattle manure had no significant effect on PSB population but significantly improved plant height, leaf number, leaf area, tiller number, shoot fresh weight, and shoot dry weight. The treatment consisting of 119 g biochar and 317 g cattle manure produced the best vegetative growth. Correlation analysis revealed positive relationships between PSB population, leaf area, and root dry weight. These findings indicate that the combined application of biochar and cattle manure effectively enhances rice vegetative growth but does not significantly increase the population of phosphate-solubilizing bacteria.*

Keywords: *biochar; cattle manure; phosphate-solubilizing bacteria; rice; vegetative growth.*

ABSTRAK

Penurunan kesuburan tanah akibat penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus menjadi salah satu faktor yang membatasi produktivitas padi di Indonesia. Kombinasi biochar dan kotoran sapi merupakan alternatif pengelolaan tanah yang berpotensi memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, termasuk mendukung perkembangan bakteri pelarut fosfat (BPF). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis



pengaruh kombinasi biochar dan kotoran sapi terhadap fase vegetatif tanaman padi (*Oryza sativa* L.), populasi bakteri pelarut fosfat, serta hubungan antara populasi bakteri pelarut fosfat dengan pertumbuhan vegetatif tanaman padi. Penelitian dilaksanakan pada Desember 2025–Juni 2026 menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan lima perlakuan dan empat ulangan sehingga diperoleh 20 unit percobaan. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, jumlah anakan, bobot segar tanaman, bobot kering tanaman, bobot segar akar, bobot kering akar, serta populasi bakteri pelarut fosfat yang dianalisis menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC). Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA), dilanjutkan uji BNT 5% dan analisis korelasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi biochar dan kotoran sapi tidak berpengaruh nyata terhadap populasi bakteri pelarut fosfat, tetapi memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, jumlah anakan, bobot segar tanaman, dan bobot kering tanaman. Perlakuan dengan dosis biochar 119 g dan kotoran sapi 317 g menghasilkan pertumbuhan vegetatif terbaik. Analisis korelasi menunjukkan bahwa populasi bakteri pelarut fosfat berkorelasi positif dengan luas daun dan bobot kering akar. Dengan demikian, kombinasi biochar dan kotoran sapi efektif meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman padi, meskipun belum mampu meningkatkan populasi bakteri pelarut fosfat secara signifikan.

Kata kunci: bakteri pelarut fosfat; biochar; kotoran sapi; padi; pertumbuhan vegetatif.

PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan komoditas pangan strategis yang menjadi sumber utama karbohidrat bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan beras terus bertambah, sementara produktivitas padi nasional masih menghadapi berbagai kendala. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, produksi padi Indonesia pada tahun 2024 mencapai 53,14 juta ton gabah kering giling (GKG) dengan luas panen sekitar 10,05 juta hektare. Meskipun demikian, produktivitas menunjukkan kecenderungan menurun dibandingkan tahun sebelumnya (Badan Pusat Statistik, 2025). Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan produksi padi memerlukan strategi pengelolaan lahan yang tidak hanya berorientasi pada peningkatan hasil, tetapi juga pada perbaikan kualitas tanah secara berkelanjutan.

Salah satu penyebab menurunnya produktivitas padi adalah degradasi kualitas tanah akibat penggunaan pupuk anorganik secara intensif dalam jangka panjang tanpa diimbangi dengan penambahan bahan organik. Praktik tersebut mengakibatkan penurunan kandungan bahan organik tanah, berkurangnya aktivitas mikroorganisme, serta rendahnya efisiensi pemanfaatan fosfor (P) karena sebagian besar unsur tersebut berada dalam bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman (Lal, 2016; Minasny et al., 2017; Andrzejewska et al., 2025). Selain itu, lebih dari 65% lahan sawah irigasi di Indonesia memiliki kandungan bahan organik kurang dari 2%, sehingga menjadi salah satu faktor pembatas produktivitas tanaman padi (Wihardjaka, 2021).

Pengelolaan bahan organik yang kurang tepat juga dapat meningkatkan risiko pencemaran lingkungan. Aplikasi pupuk kandang yang belum matang berpotensi menyebabkan kehilangan unsur hara melalui limpasan permukaan sehingga meningkatkan



risiko eutrofikasi pada badan perairan (Thomas et al., 2016; Withers et al., 2018; Stutter et al., 2018). Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengelolaan tanah yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan hara sekaligus memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah secara berkelanjutan.

Biochar merupakan salah satu bahan pembenah tanah yang memiliki potensi besar untuk mendukung sistem pertanian berkelanjutan. Biochar adalah material kaya karbon yang dihasilkan melalui proses pirolisis biomassa dengan karakteristik berpori dan stabil di dalam tanah. Aplikasi biochar dilaporkan mampu meningkatkan kapasitas tukar kation, memperbaiki pH tanah, meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan air dan unsur hara, serta menyediakan habitat yang mendukung perkembangan mikroorganisme tanah (Glaser, 2019). Di sisi lain, kotoran sapi merupakan sumber bahan organik yang mengandung unsur hara makro dan mikro serta menyediakan karbon sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah, sehingga mampu meningkatkan aktivitas biologis tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman (Agtha et al., 2024; Khan et al., 2021).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kombinasi biochar dan kotoran sapi memberikan efek sinergis dalam memperbaiki kualitas tanah. Biochar berfungsi meningkatkan retensi unsur hara dan menyediakan habitat bagi mikroorganisme, sedangkan kotoran sapi berperan sebagai sumber karbon dan nutrisi yang menunjang aktivitas mikroba. Sinergi kedua bahan tersebut dilaporkan mampu meningkatkan produktivitas padi, memperbaiki ketersediaan fosfor dan nitrogen, serta meningkatkan keragaman komunitas mikroorganisme tanah (Ali et al., 2025).

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada perubahan sifat fisik dan kimia tanah maupun peningkatan hasil tanaman. Informasi mengenai pengaruh kombinasi biochar dan kotoran sapi terhadap populasi bakteri pelarut fosfat serta hubungannya dengan pertumbuhan vegetatif tanaman padi masih terbatas, khususnya pada agroekosistem sawah di Indonesia (Xu et al., 2025; Perdana et al., 2025). Kesenjangan penelitian tersebut menunjukkan perlunya kajian yang mampu menjelaskan keterkaitan antara aplikasi bahan organik, dinamika bakteri pelarut fosfat, dan respons pertumbuhan vegetatif tanaman padi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kombinasi biochar dan kotoran sapi terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman padi serta populasi bakteri pelarut fosfat. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam pengembangan teknologi pemupukan organik yang lebih efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan guna mendukung peningkatan produktivitas padi sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap pupuk anorganik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2025 hingga Juni 2026 di Greenhouse Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang, sedangkan analisis populasi bakteri pelarut fosfat dilakukan di Laboratorium Halal Center Universitas Islam Malang. Bahan yang digunakan meliputi benih padi (*Oryza sativa* L.), tanah sawah, biochar, kotoran sapi, media Pikovskaya, serta bahan pendukung laboratorium lainnya, sedangkan alat yang digunakan meliputi polybag, timbangan digital, oven, penggaris, cawan petri, mikropipet, autoklaf, inkubator, *laminar air flow*, dan *colony counter*. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri atas lima



perlakuan kombinasi biochar dan kotoran sapi dengan empat ulangan sehingga diperoleh 20 unit percobaan. Biochar dan kotoran sapi diaplikasikan ke dalam media tanam sesuai dosis perlakuan, kemudian benih padi yang telah disemaikan dipindahkan ke polybag dan dipelihara hingga fase vegetatif. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, jumlah anakan, bobot segar tanaman, bobot kering tanaman, bobot segar akar, bobot kering akar, serta populasi bakteri pelarut fosfat yang dihitung menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) pada media Pikovskaya dan dinyatakan sebagai *colony forming unit* (CFU). Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf nyata 5%. Apabila perlakuan menunjukkan pengaruh yang nyata, pengujian dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%, sedangkan hubungan antara populasi bakteri pelarut fosfat dengan parameter pertumbuhan vegetatif dianalisis menggunakan uji korelasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Populasi Bakteri pelarut posfat

Hasil analisis ragam uji F 5% (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap parameter Total Populasi Bakteri pelarut posfat.

perlakuan	Total Bakteri Pelarut Posfat (Log 10 ⁶ CFU g ⁻¹ tanah) sampel tanah
O	10.88
B	10.79
K	10.91
C	10.91
D	10.88
BNT 5%	TN

Keterangan: TN = Tidak nyata berdasarkan hasil analisis sidik ragam (ANOVA) pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil uji BNT 5% menunjukkan bahwa Bakteri pelarut fosfat dalam tanah tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah populasi yang membantu pengemburan tanah dan pertumbuhan pada tanaman padi.

Tinggi Tanaman

Hasil analisis ragam uji F 5% (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman tanaman padi pada umur 10 sampai 50 hst.

Perlakuan	Umur (HST)		
	21	35	49
O	11.60b	19c	69.59b
B	11.87b	18.53bc	70.8b
K	10.35ab	16.16a	60.41ab
C	8.89a	17.33abc	64.9a
D	11.42b	17.17ab	67.28b
BNT 5%	2.18	2.18	2.18

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak



berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%.

Berdasarkan hasil uji BNT 5% menunjukkan bahwa pada umur 35 hst perlakuan kontrol dan Biochar memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap tinggi tanaman padi dibandingkan perlakuan lainnya. Pada umur 21,35 dan 49 perlakuan O (Tanpa Perlakuan) memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya.

Jumlah Daun

Hasil analisis ragam uji F 5% (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata terhadap parameter jumlah daun tanaman padi pada umur 63 sampai 98 hst. Hasil uji lanjut BNT 5%

Perlakuan	Umur (HST) (Helai)				
	63	70	77	84	98
O	22.00 a	25.75 a	27.33 a	24.50 a	29.33 ab
B	23.50 a	24.92 a	31.50 a	24.83 a	29.00 a
K	23.00 a	25.67 a	44.00 b	21.83 a	30.92 ab
C	24.08 a	28.08 a	25.17 a	24.08 a	31.58 ab
D	31.58 b	33.00 b	30.33 a	33.33 b	37.00 b
BNT 5%	4.04	4.20	11.84	5.21	5.44

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%.

Berdasarkan hasil uji BNT 5% menunjukkan bahwa secara umum perlakuan D (*Biochar* 119g + kotoran sapi 317g) memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap jumlah daun tanaman padi dibandingkan perlakuan lainnya.

Luas Daun

Hasil analisis ragam uji F 5% (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata terhadap parameter luas daun tanaman padi pada umur 21 sampai 105 hst.

Perlakuan	Umur (HST) (cm ²)						
	21	63	70	84	91	98	105
O	38.1 c	674.2 a	789.9 a	847.8 a	979.82 a	1069.44 ab	1199.69 ab
B	29.29 b	843.31 a	762.55 a	986.78 a	1200.29 ab	1307.51 bc	1463.71 bc
K	19.45 a	734.63 a	785.74 a	828.57 a	1099.68 a	1194.68 ab	1331.86 ab
C	26.87 ab	764.38 a	857.18 a	864.67 a	950.16 a	1035.92 a	1159.67 ab
D	34.91 bc	1029.97 b	1086.88 b	1358.37 b	1391.27 b	1495.55 c	1651.54 c
BNT 5%	8.61	170.93	188.45	210.99	250.27	260.12	276.01

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%.



Berdasarkan hasil uji BNT 5% menunjukkan bahwa secara umum perlakuan D (*Biochar* 119g + kotoran sapi 317g) memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap luas daun tanaman padi dibandingkan perlakuan lainnya.

Jumlah Anakan

Hasil analisis ragam uji F 5% (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata terhadap parameter jumlah anakan tanaman padi pada umur 105 dan 110 hst.

Perlakuan	Umur (HST)		
	98	105	112
O	12.33 a	15.83 a	18.75 a
B	12.42 a	15.92 a	19.38a
K	14.08 abc	17.58 abc	20.33 a
C	15.67 c	19.83 c	20.33 a
D	15.67 c	20.17 c	23.25 b
BNT 5%	2.60	3.20	2.91

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%.

Berdasarkan hasil uji BNT 5% menunjukkan bahwa secara umum perlakuan D (*Biochar* 119g + kotoran sapi 317g) memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap jumlah daun tanaman padi dibandingkan perlakuan lainnya.

Berat basah dan Berat Kering

Hasil analisis ragam uji F 5% (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata terhadap parameter berat basah dan berat kering tanaman padi.

Perlakuan	Bobot segar tajak	Bobot kering tajak
O	101,63 a	30,00 a
B	107,66 a	31,73 a
K	109,71 a	32,38 a
C	118,71 a	35,93 a
D	343,46 b	45,62 b
BNT 5%	18,10	6,69

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%.

Berdasarkan hasil uji BNT 5% menunjukkan bahwa secara umum perlakuan D (*Biochar* 119g + kotoran sapi 317g) memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap berat basah dan berat kering tanaman padi dibandingkan perlakuan lainnya.

Hasil Analisis Korelasi

Hasil analisis ragam uji F 5% (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan berkorelasi



terhadap parameter sifat kimia tanah, parameter pertumbuhan dan total populasi bakteripelarut fosfat. Untuk menunjukkan bagaimana pengaruh satu sama lain antara parameter dan perlakuan dalam penelitian.

Maka perlu di uji korelasi untuk mendapatkan hasil dari permasalahan yang ingin dijawab dari pada itu berikut merupakan hasil korelasi dari penelitian ini:

KORELASI	BPF	TT	JD	LD	JA	BST	BKT	BAS	BAK
BPF	1								
TT	0,17	1							
JD	0,07	-0,14	1						
LD	1,00	0,15	0,06	1					
JA	0,09	-0,14	0,95	0,08	1				
BST	0,14	0,10	0,94	0,12	0,97	1			
BKT	0,04	0,09	0,83	0,03	0,94	0,96	1		
BAS	0,77	0,18	0,40	0,76	0,24	0,32	0,07	1	
BAK	0,95	0,08	0,38	0,94	0,40	0,43	0,33	0,79	1

Keterangan : TT(Tinggi Tanaman),JD(Jumlah Daun),LD(Luas Daun),JA(Jumlah Anakan),BPF(Bakteri Pelarut Fosfat),BST(Bobot Segar Tanaman),BKT(Bobot Kering Tanaman),BAS (Berat Akar Segar),BAK(Berat Akar Kering).

Berdasarkan hasil analisis korelasi, diketahui bahwa hubungan antara perlakuan, parameter pertumbuhan vegetatif, dan populasi bakteri pelarut fosfat (BPF) menunjukkan arah serta tingkat keeratan yang bervariasi. Populasi BPF menunjukkan korelasi positif terhadap berat kering akar, yang mengindikasikan bahwa peningkatan aktivitas bakteri pelarut fosfat berpotensi mendukung perkembangan sistem perakaran melalui peningkatan ketersediaan fosfor di daerah rizosfer (Richardson & Simpson, 2011; Alori, Glick & Babalola, 2017; Fitriatin et al., 2024). Selain itu, jumlah daun berkorelasi positif terhadap jumlah anakan, bobot segar tanaman, dan bobot kering tanaman. Hubungan tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak daun yang terbentuk, semakin besar pula kapasitas tanaman dalam melakukan fotosintesis sehingga produksi fotosintat meningkat dan selanjutnya mendukung pembentukan anakan serta akumulasi biomassa tanaman (Taiz et al., 2018; Fahad et al., 2018). Luas daun juga berkorelasi positif terhadap berat kering akar, sedangkan jumlah anakan memiliki korelasi positif terhadap bobot segar dan bobot kering tanaman. Di samping itu, bobot segar tanaman berkorelasi positif dengan bobot kering tanaman, yang menunjukkan bahwa peningkatan pertumbuhan vegetatif berjalan seiring dengan meningkatnya akumulasi biomassa sebagai hasil efisiensi fotosintesis dan penyerapan unsur hara (Taiz et al., 2018; Lynch, 2022).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kombinasi biochar dan kotoran sapi memberikan respons yang berbeda terhadap parameter pertumbuhan vegetatif tanaman padi maupun populasi bakteri pelarut fosfat. Perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, jumlah anakan, bobot segar tanaman, dan bobot kering tanaman. Sebaliknya, bobot segar akar, bobot kering akar, serta populasi bakteri pelarut fosfat tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antarperlakuan. Kombinasi biochar sebanyak 119 g dan kotoran sapi 317 g merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman. Keberhasilan perlakuan tersebut diduga berkaitan dengan kemampuan biochar dalam memperbaiki sifat fisik tanah melalui



peningkatan porositas, kapasitas menahan air, dan kapasitas tukar kation sehingga efisiensi penyerapan unsur hara menjadi lebih baik. Di sisi lain, kotoran sapi menyediakan bahan organik beserta unsur hara makro dan mikro yang dilepaskan secara bertahap selama proses dekomposisi sehingga mampu menunjang aktivitas fisiologis tanaman, termasuk pembelahan dan pemanjangan sel (Lehmann et al., 2016; Agegnehu et al., 2017; Al-Wabel et al., 2018; Ippolito et al., 2020; Arfarita, 2024). Perbaikan kondisi media tanam tersebut tercermin dari meningkatnya tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, jumlah anakan, serta biomassa tanaman pada perlakuan terbaik. Sebaliknya, tidak ditemukannya pengaruh nyata terhadap biomassa akar menunjukkan bahwa perkembangan sistem perakaran berlangsung relatif seragam sehingga respons pertumbuhan lebih banyak dialokasikan pada bagian tajuk tanaman (Lynch, 2022; Li et al., 2022).

Populasi bakteri pelarut fosfat yang dianalisis menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antarperlakuan. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa aplikasi biochar dan kotoran sapi pada dosis yang digunakan belum mampu meningkatkan populasi BPF secara signifikan selama periode penelitian. Kondisi ini diduga dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain karakteristik fisik dan kimia tanah, ketersediaan substrat organik, kompetisi antarmikroorganisme di daerah perakaran, serta waktu inkubasi yang relatif singkat sehingga biochar belum mengalami proses *aging* secara optimal sebagai habitat mikroorganisme (Richardson & Simpson, 2011; Lehmann et al., 2016; Bai et al., 2024; Lu et al., 2023). Meskipun demikian, hasil analisis korelasi menunjukkan adanya hubungan positif antara populasi BPF dengan luas daun dan berat kering akar. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa aktivitas bakteri pelarut fosfat tetap berpotensi meningkatkan efisiensi pemanfaatan fosfor oleh tanaman sehingga mendukung perkembangan daun dan sistem perakaran meskipun jumlah populasinya tidak meningkat secara nyata (Alori, Glick & Babalola, 2017; Khan, Bano & Babar, 2021; Yang et al., 2025).

Sebagian besar parameter pertumbuhan vegetatif juga menunjukkan hubungan positif satu sama lain. Peningkatan tinggi tanaman diikuti oleh peningkatan jumlah daun, luas daun, jumlah anakan, serta biomassa tanaman. Hubungan tersebut menunjukkan bahwa setiap komponen pertumbuhan vegetatif saling berkaitan dalam menentukan kemampuan tanaman menghasilkan fotosintat dan mengakumulasi biomassa. Semakin baik perkembangan organ vegetatif, semakin besar kemampuan tanaman dalam memanfaatkan cahaya, air, dan unsur hara sehingga pertumbuhan berlangsung lebih optimal (Taiz et al., 2018; Fahad et al., 2018; Yao et al., 2020).

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi biochar dan kotoran sapi lebih efektif dalam memperbaiki kondisi media tanam dibandingkan meningkatkan populasi bakteri pelarut fosfat secara langsung. Perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah akibat aplikasi kedua bahan tersebut mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman padi yang ditunjukkan oleh meningkatnya tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, jumlah anakan, serta biomassa tanaman. Meskipun demikian, efektivitas kombinasi biochar dan kotoran sapi terhadap peningkatan populasi bakteri pelarut fosfat masih memerlukan penelitian lanjutan dengan variasi dosis, waktu inkubasi yang lebih panjang, serta kondisi lingkungan yang berbeda agar potensi sinergi antara biochar, bahan organik, dan mikroorganisme tanah dapat dimanfaatkan secara optimal (Agegnehu et al.,



2017; Lehmann & Joseph, 2021; Ali et al., 2025; Xu et al., 2025).

KESIMPULAN DAN SARAN

Pemberian biochar dan kotoran sapi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap total populasi bakteri pelarut fosfat (BPF). Seluruh perlakuan menunjukkan jumlah populasi BPF yang relatif seragam, sehingga Interaksi biochar dan kotoran sapi pada dosis yang digunakan belum mampu meningkatkan populasi BPF secara signifikan.

Interaksi biochar dan kotoran sapi memberikan pengaruh nyata terhadap sebagian besar parameter pertumbuhan tanaman padi, yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, jumlah anakan, bobot segar tanaman, dan bobot kering tanaman. Perlakuan D (biochar 119 g + kotoran sapi 317 g) memberikan respons pertumbuhan terbaik dibandingkan perlakuan lainnya. Namun demikian, perlakuan tersebut tidak memberikan pengaruh nyata terhadap berat segar akar maupun berat kering akar.

Analisis korelasi menunjukkan bahwa populasi bakteri pelarut fosfat memiliki hubungan positif dengan beberapa parameter pertumbuhan tanaman, terutama luas daun dan berat kering akar. Selain itu, parameter pertumbuhan vegetatif seperti jumlah daun, jumlah anakan, luas daun, bobot segar tanaman, dan bobot kering tanaman juga saling berkorelasi positif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Program studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Unisma yang telah memberikan fasilitas selama pelaksanaan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Agegehu, G., Bass, A.M., Nelson, P.N. & Bird, M.I. (2017) 'Benefits of biochar, compost and biochar–compost for soil quality, crop yield and greenhouse gas mitigation', *Science of the Total Environment*, 543, pp. 295–306. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.054>
- Agegehu, G., Bass, A.M., Nelson, P.N. and Bird, M.I. (2016) 'Benefits of biochar, compost and biochar–compost for soil quality, crop yield and greenhouse gas mitigation: A review', *Science of the Total Environment*, 543, pp. 295–306. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.054>
- Ali, N., **et al.** (2025) 'Biochar and cattle manure co-application improves rice productivity through microbial modulation', *BMC Plant Biology*. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06657-3>
- Ali, N., Jiang, Q., Akhtar, K., Luo, R., Jiang, M., He, B. & Wen, R. (2025) 'Biochar and manure co-application improves soil health and rice productivity through microbial modulation', *BMC Plant Biology*, 25, 914. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06657-3>
- Alori, E.T., Glick, B.R. & Babalola, O.O. (2017) 'Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture', *Frontiers in Microbiology*, 8, 971. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00971>
- Al-Wabel, M.I., Al-Omran, A., El-Naggar, A.H., Nadeem, M. & Usman, A.R.A. (2018) 'Biochar properties and agricultural sustainability', *Land*



- Degradation & Development*, 29(7), pp. 2124–2161.
<https://doi.org/10.1002/ldr.2829>
- Fahad, S. et al. (2018) 'Crop production under drought and heat stress: Plant responses and management options', *Frontiers in Plant Science*.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01147>
- Ippolito, J.A., Berry, C.M., Strawn, D.G., Novak, J.M., Levine, J. & Harley, A. (2020) 'Biochar impacts on soil fertility and crop productivity', *Soil Science Society of America Journal*, 84(2), pp. 495–516.
<https://doi.org/10.1002/saj2.20046>
- Khan, et al. (2021) 'Role of phosphate-solubilizing bacteria in sustainable agriculture', *Journal of Plant Growth Regulation*.
<https://doi.org/10.1007/s00344-020-10284-7>
- Khan, N., Bano, A. & Babar, M.A. (2021) 'Role of phosphate-solubilizing bacteria in improving plant growth and nutrient acquisition', *Journal of Plant Growth Regulation*, 40(5), pp. 1855–1871. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10284-7>
- Lal, R. (2016) 'Soil health and carbon management', *Journal of Soil and Water Conservation*, 71(6), pp. 156A–164A.
<https://doi.org/10.2489/jswc.71.6.156A>
- Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C. & Crowley, D. (2016) 'Biochar effects on soil biota', *Soil Biology and Biochemistry*, 43(9), pp. 1812–1836. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022>
- Li, Y., Zhao, X., Wang, Y. & Liu, J. (2022) 'Organic manure application improves soil microbial biomass and nutrient availability in paddy soils', *Journal of Soils and Sediments*, 22(8), pp. 2546–2558. <https://doi.org/10.1007/s11368-022-03182-8>
- Lynch, J.P. (2022) 'Root phenotypes for improved nutrient capture: An underexploited opportunity for global agriculture', *New Phytologist*, 234(2), pp. 548–564. <https://doi.org/10.1111/nph.17951>
- Minasny, B., Malone, B.P., McBratney, A.B., Angers, D.A., Arrouays, D., Chambers, A., Chaplot, V., Chen, Z.S., Cheng, K., Das, B.S. et al. (2017) 'Soil carbon 4 per mille', *Geoderma*, 292, pp. 59–86.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.002>
- Richardson, A.E. & Simpson, R.J. (2011) 'Soil microorganisms mediating phosphorus availability', *Plant Physiology*, 156(3), pp. 989–996.
<https://doi.org/10.1104/pp.111.175448>
- Withers, P.J.A., et al. (2018) 'Managing phosphorus inputs to reduce eutrophication', *Science of the Total Environment*.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.110>
- Yao, Z., Liu, Y., Wang, D., Zheng, J., Liu, S. & Kuzyakov, Y. (2020) 'Biochar



application increases rice yield and nitrogen use efficiency in paddy soils',
Field Crops Research, 255, 107867.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107867>.