

## Population of Phosphate Solubilizing Bacteria in Maize Rhizosphere with Different Irrigation Volume and Organic Matter

Nur Asri Shakila<sup>1\*</sup>, Lolita Endang Susilowati<sup>1</sup>, Rika Andriati Sukma Dewi<sup>1</sup>, & Ahmad Suriadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

<sup>2</sup>Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia;

### Article History

Received : April 28<sup>th</sup>, 2024

Revised : May 01<sup>th</sup>, 2024

Accepted : June 20<sup>th</sup>, 2024

\*Corresponding Author:

**Nur Asri Shakila**, Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia; Email:

[asrishakila2016@gmail.com](mailto:asrishakila2016@gmail.com)

**Abstract:** Phosphate solubilizing bacteria are soil bacteria which is vital to converting non-available phosphate into available phosphate. There has been a lot of studies to find out strategies or treatments that can increase PSB populations and activities, such as addition of organic materials or irrigation technique. This research aimed to test the effect of different irrigation volumes and types of organic material on phosphate solubilizing bacteria in maize rhizosphere. This research is a field experiment with a split plot design with two factors, irrigation volume (I1: 100% of plant needs, I2: 80% of plant needs, and I3: 60% of plant needs) as the main plot and type of organic material ( B0: without organic material, B1: manure; B2: rice husk biochar, and B3: vermicompost + biochar) as the sub plots. Soil and crop samples were taken at maximum vegetative phase (56 days after planting). The parameters tested and observed in this research were PSB population, soil pH, soil organic carbon, available P, phosphate uptake, and soil moisture. Based on the results of this research, it was obtained that the interaction between the irrigation volume of 100% of plants needs and the manure gave the highest PSB population about  $1,23 \times 10^6$  cfu/gram. This population increase is in line with an increase in soil-available P and plant phosphate uptake.

**Keywords:** Irrigation, organic matter, phosphate solubilizing bacteria, phosphate.

### Pendahuluan

Bakteri pelarut fosfat (BPF) adalah bakteri yang mampu mengubah fosfat tidak tersedia menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Fosfat sebagai salah satu unsur hara makro memiliki sifat cenderung pasif atau *immobile*, sehingga sukar tersedia bagi tanaman. Fosfat sangat mudah membentuk ikatan kompleks (Kirui *et al.*, 2022) dengan ion-ion lain seperti Fe, Al, Ca, atau Mg dan terakumulasi dalam tanah (Aliyat *et al.*, 2020). Dari pupuk fosfat yang diberikan, hanya sekitar 5-25% saja yang mampu diserap tanaman (Johnson & Poulton, 2019; Meyer *et al.*, 2022). BPF mampu menyediakan fosfat melalui proses mineralisasi dan pelarutan (Timofeeva *et al.*, 2022). Kemampuan tersebut berguna untuk efisiensi pemupukan fosfat.

Berdasarkan fakta tersebut, telah banyak penelitian yang dilakukan untuk mengkaji peran BPF terhadap ketersediaan fosfat dan serapan fosfat tanaman. BPF telah mampu meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah secara signifikan. Penelitian Hidayat *et al.* (2023) membuktikan bahwa aplikasi BPF 20 ml tanaman<sup>-1</sup> meningkatkan P-tersedia secara nyata dari 20,5 ppm menjadi 51,17. BPF juga mampu meningkatkan serapan P-tanaman. Sitanggang (2017) dalam Susilowati *et al.* (2022) menyatakan bahwa kombinasi mikroba pelarut fosfat dan pupuk TSP dapat meningkatkan serapan P sebesar 284,4 %.

Selain itu, telah banyak juga penelitian yang mengkaji pengelolaan yang tepat untuk meningkatkan populasi dan aktivitas BPF, terutama dengan memanfaatkan bahan organik. Purwanto *et al.*, (2022) menyatakan bahwa

pemberian bahan organik terbukti meningkatkan aktivitas mikroba, termasuk populasi BPF secara signifikan jika dibandingkan dengan tanah kontrol. Menurut Wahyuni *et al.*, (2016), pengaplikasian pupuk kandang 10 ton/ha mampu meningkatkan populasi bakteri dari  $10^3$  cfu/ml menjadi  $10^7$  cfu/ml.

Selain dipengaruhi oleh ketersediaan bahan organik di tanah, aktivitas BPF juga dipengaruhi oleh ketersediaan air dan kelembaban. Pada kelembaban 46,33 %, populasi BPF mencapai yaitu  $1,03 \times 10^8$  cfu/ml sedangkan pada kelembaban yang lebih rendah, 30%, populasi BPF hanya  $6,02 \times 10^7$  cfu/ml (Hutamy & Nuraini, 2019). Kelembaban yang lebih tinggi memberikan kondisi lebih sesuai bagi aktivitas bakteri tanah. Teknik pengairan juga dapat berpengaruh terhadap aktivitas bakteri tanah. Pengairan dengan sistem irigasi tetes memiliki populasi dan keragaman bakteri tanah yang lebih tinggi dibandingkan pengairan dengan penjuhan (Li *et al.*, 2023).

Banyak penelitian yang telah mengkaji pengaruh bahan organik terhadap populasi BPF. Akan tetapi, populasi BPF pada tanah rhizosfer sebagai akibat perbedaan jenis bahan organik dan volume pengairan terutama dengan sistem irigasi tetes belum banyak dilakukan, terutama tanpa input pupuk hayati BPF. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk dilakukan guna optimalisasi peran BPF dalam memperbaiki kualitas tanah terutama ketersediaan fosfat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian volume irigasi dan jenis bahan organik yang berbeda terhadap populasi BPF, P tersedia tanah, dan serapan P tanaman jagung.

## Bahan dan Metode

### Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kantong plastik, karet, ayakan diameter 2 mm, ayakan diameter 0,5 mm, pisau, tali rafia, pita, cangkul, penggaris, meteran, selang irigasi tetes, alat tulis menulis, tandon, timbangan analitik, dan alat-alat lainnya untuk analisis di laboratorium. Sementara itu, bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sampel tanah, bahan organik, pupuk anorganik (urea dan

NPK Phonska), insektisida, dan bahan-bahan kimia untuk analisis laboratorium.

### Rancangan percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rancangan *split plot* (petak terpisah) yang terdiri dari 2 faktor perlakuan sebagai berikut.

1. Faktor 1 (petak utama): volume pengairan
  - I1: Persentase pemberian air irigasi 100 %
  - I2: Persentase pemberian air irigasi 80%
  - I3: Persentase pemberian air irigasi 60%
2. Faktor 2 (anak petak): jenis bahan organik
  - B0: Tanpa bahan organik
  - B1: Pupuk kandang kambing 9 kg/petak (10 ton/ha)
  - B2: Biochar sekam padi 9 kg/petak (10 ton/ha)
  - B3: Biochar 4,5 kg/petak (5 ton/ha) + vermikompos 4,5 kg/petak (5 ton/ha)

Dengan demikian, maka didapatkan 12 interaksi perlakuan. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 36 petak unit percobaan.

### Pelaksanaan penelitian

Masing-masing petak yang digunakan dalam penelitian ini berukuran (3m x 3m) dengan jarak tanam di dalam petak 60 cm x 20 cm. Antar petak utama memiliki jarak 1,2 m dan setiap anak petak di dalamnya memiliki jarak 0,2 m. Total petak percobaan yaitu 36 unit.

Pengairan pada penelitian ini menggunakan irigasi tetes. Pengaturan pemberian air dilakukan secara manual dengan menyalakan dan mematikan keran air. Durasi pemberian air ditentukan dengan memperhatikan debit air yang menetes pada emitter dan perhitungan kebutuhan air tanaman berdasarkan metode evapotranspirasi.

Benih jagung yang digunakan dalam yaitu varietas NK212 Hibrida. Bahan organik yang digunakan berupa kompos pupuk kandang, biochar, dan kombinasi antara biochar dengan vermikompos. Adapun pupuk sintesis yang diberikan yaitu urea dan NPK Phonska. Pengaplikasian pupuk dilakukan dengan cara dibenamkan di sekitar perakaran pada 11, 31, 57 HST.

### Pengambilan sampel tanah dan tanaman

Sampel tanah yang digunakan berupa tanah rhizosfer tanaman jagung yang diambil bersamaan saat pengambilan sampel tanaman.

Tanah yang ikut diambil saat pencabutan tanaman diambil dengan teknik aseptik kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik dan disimpan di dalam *cooler box*. Tanah yang digunakan untuk analisis beberapa sifat kimia tanah (pH, C-organik, dan P-tersedia) juga menggunakan tanah rhizosfer.

### Parameter pengamatan

Parameter yang diamati meliputi tanah dan tanaman yaitu populasi BPF, pH tanah, C-organik, P-tersedia, serapan P, dan kelembaban. Populasi BPF dianalisis menggunakan media pikovskaya agar dengan metode sebar dan dihitung dengan teknik TPC.

### Analisis data

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis sidik ragam dengan taraf 5%. Proses analisis data dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan uji BNJ pada taraf 5%.

## Hasil dan Pembahasan

### Karakteristik tanah awal

Tanah awal memiliki sifat kimia cukup baik dengan nilai pH 6,1 dan nilai KTK berharkat sedang, masih dalam rentang yang baik untuk pertumbuhan tanaman. Akan tetapi, terdapat kekurangan dari segi ketersediaan hara N dan P serta C-organik yang rendah. Adapun sifat fisik tanah awal pada lahan percobaan bertekstur lempung berpasir dengan porositas yang baik. Hasil analisis tanah awal secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1.** Karakteristik Kimia Tanah Awal

No	Parameter	Nilai	Harkat
1	pH	6,1	Agak masam
2	C-Organik (%)	0,35	Sangat rendah
3	N-Total (%)	0,06	Sangat rendah
4	P-tersedia (ppm)	2,25	Sangat rendah
5	P-total (%)	0,1	Sangat rendah
6	K-tertukar (me%g)	4,83	Sangat tinggi
7	KTK (me%g)	20,54	Sedang

Ketersediaan hara dan kandungan C-organik dapat ditingkatkan dengan pemberian bahan organik (Malone *et al.*, 2023). Peningkatan C-organik dari penambahan bahan organik juga pada akhirnya dapat meningkatkan KTK dan pH tanah. Masukan unsur hara dan karbon dari bahan organik sebagai sumber energi bagi mikroba tanah juga akan meningkatkan aktivitas biologi tanah (Andrews *et al.*, 2024).

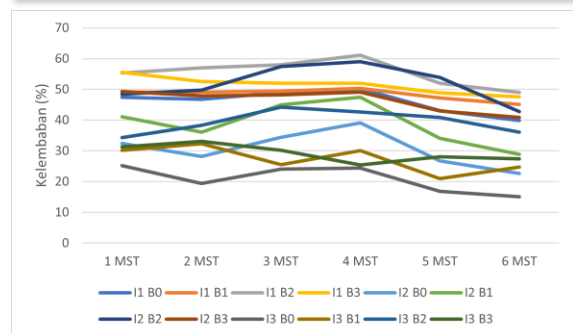
**Tabel 2.** Karakteristik Fisik Tanah Awal

No	Parameter	Nilai	Kelas
	Tekstur		
1	-Pasir	60,63	Lempung berpasir
	-Debu	27,44	
	-Liat	11,93	
2	Berat Jenis	2,1	-
3	Berat Volume	1,26	-
4	Porositas	15,01	-
5	Permeabilitas	41,02	Sangat Cepat

Sifat fisik tersebut menunjukkan bahwa tanah yang digunakan bersifat ringan atau mudah diolah, memiliki aerasi yang baik, dan tidak mudah tergenang (aerob). Kondisi tersebut menjadi lingkungan yang mendukung pertumbuhan bakteri tanah (Turmuktini & Simarmata, 2011; Pratiwi *et al.*, 2020). Akan tetapi, porositas yang baik berpotensi mempercepat kehilangan air. Kondisi tersebut dapat dicegah dengan penggunaan irigasi tetes dan penambahan bahan organik pada tanah. Pemberian bahan organik akan meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air.

### Dinamika kelembaban tanah selama fase vegetatif tanaman

Tanah dengan kelembaban tertinggi diperoleh pada perlakuan I1 (irigasi 100% kebutuhan tanaman), kemudian disusul dengan I2 (irigasi 80% kebutuhan tanaman) dan I3 (irigasi 60% kebutuhan tanaman). Dinamika kelembaban tanah dapat dipengaruhi oleh pemberian irigasi dan bahan organik. Kelembaban tanah setelah percobaan yang diamati selama pertumbuhan vegetatif tanaman disajikan pada grafik berikut.



**Gambar 1.** Dinamika Kelembaban Tanah

Nilai kelembaban tanah pada perlakuan bahan organik lebih tinggi dari pada kontrol. I1B0 memiliki rerata kelembaban 46%, I1B1 48 %, I1B2 55%, dan I1B3 51%. Tren yang sama terjadi pada I2 (irigasi 80% kebutuhan tanaman) dan I3 (irigasi 60% kebutuhan tanaman). Hal tersebut dapat terjadi karena pada bahan organik terdapat koloid organik dan pori mikro yang banyak sehingga mampu menyimpan air dengan baik (Priyono, 2005). Bahkan, beberapa jenis bahan organik dapat menyerap air 2–4 kali lipat dari berat bobotnya (Inatara *et al.*, 2011; Andi *et al.*, 2023).

Biochar memberikan hasil kelembaban yang tertinggi dibandingkan jenis bahan organik lainnya baik pada semua irigasi. Perlakuan I2B2 (irigasi 80% kebutuhan tanaman dan biochar) memiliki kelembaban hampir setara dengan I1B1 dan I1B3. I2B2 juga lebih tinggi dibandingkan I1B0 (irigasi 100% kebutuhan tanaman dan tanpa bahan organik). Hal tersebut dapat terjadi karena biochar lebih efisien dalam mengikat air. Biochar memiliki struktur pori dan permukaan efektif yang luas. Gugus fungsional yang terdapat pada pori tersebut berperan untuk mengikat air. Proses pyrolysis pada biochar menyebabkan terbentuknya pori yang banyak sebagai absorben dan adsorben di dalam tanah (Komarayati *et al.*, 2007; Lehmann, 2012). Abukari (2019) melaporkan bahwa pemberian biochar sekam padi ke dalam tanah dapat meningkatkan kapasitas menahan air di dalam tanah.

### Hasil analisis tanah dan tanaman pH Tanah

Semua perlakuan, termasuk kontrol memiliki kisaran pH tanah bernilai 7 (netral). Nilai pH setiap perlakuan dapat dilihat pada tabel 3. Data tersebut menunjukkan seluruh perlakuan mengalami kenaikan pH dari pH tanah awal 6,1 (agak masam) menjadi 7,1 - 7,5 (netral). Kenaikan pH diduga terjadi akibat pemberian irigasi dalam jumlah

sedikit sehingga tidak terjadi proses pencucian (*leaching*) kation-kation basa pada tanah. Di samping pengaruh irigasi, pemberian bahan organik pada tanah juga berperan dalam peningkatan pH. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian oleh Yuniarti *et al.*, (2020) bahwa pemberian bahan organik pupuk kandang domba 10 ton/ha dan 50% rekomendasi pupuk NPK meningkatkan pH tanah dari 5,58 menjadi 6,87.

**Tabel 3.** Nilai pH Tanah

		Nilai pH Tanah			
		Bahan Organik (Sub Plot)			
Interaksi Perlakuan		B0	B1	B2	B3
		Pengairan (Main Plot)	I1	7,3	7,5
I2	7,2		7,2	7,1	7,3
I3	7,4		7,3	7,4	7,5

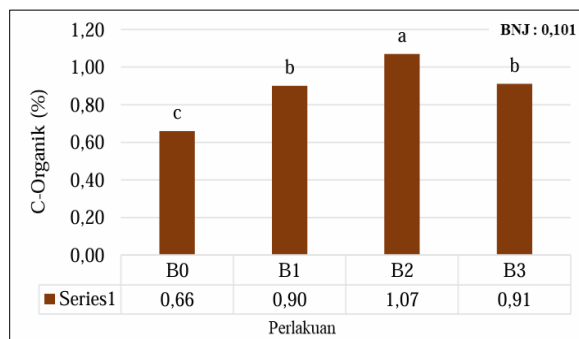
\*) Keterangan: I1 = irigasi 100%; I2 = irigasi 80%; I3 = irigasi 60%; B0 = tanpa bahan organik; B1 = pupuk kandang; B2 = biochar; B3 = biochar + vermikompos

Bahan organik mengandung asam organik yang terdisosiasi menjadi anion organik dan H<sup>+</sup>. Pada saat yang bersamaan, senyawa-senyawa seperti CaOH dan KOH pada tanah akan terdisosiasi melepas kation basa dan OH<sup>-</sup> (Arifin *et al.*, 2022; Mbaku, 2024). Ion OH<sup>-</sup> tersebut akan berikatan dengan ion H<sup>+</sup> menjadi H<sub>2</sub>O. Selain alasan tersebut, bahan organik yang digunakan memiliki pH pada kisaran netral hingga alkali. Pupuk kandang ber-pH 8,3, biochar ber-pH 7,01 dan vermikompos ber-pH 6,8.

Kenaikan pH juga terjadi pada tanah kontrol (tanpa bahan organik). Hal tersebut karena keberadaan vegetasi jagung yang melepaskan eksudat akar. Menurut Naveed *et al.* (2017), eksudat akar jagung mengandung 5,7% asam amino, 27,8% asam organik, 13% asam lemak, 17,8% gula, 24% asam fosfat, dan 9,6% urea. Senyawa organik asam amino memiliki gugus fungsi karboksil dan amina. Amina merupakan basa lemah yang dapat mengikat proton (H<sup>+</sup>) dan membentuk garam ammonium. Selain itu, hasil ini sesuai dengan penelitian Mulyati *et al.* (2021) bahwa pemberian pupuk anorganik diduga memicu peningkatan pH tanah pada pertanaman jagung. Tanah ber-pH 6,42 pada perlakuan kontrol, ber-pH 7,21 pada perlakuan 150 kg/ha NPK phonska, dan ber-pH 7,29 pada perlakuan 300 kg/ha NPK phonska.

### C-Organik

Hasil penelitian ini, hanya faktor perlakuan bahan organik yang memberikan pengaruh nyata terhadap kadar C-organik. Faktor irigasi dan bahan organik tidak terjadi interaksi dalam pengaruhnya terhadap C-organik. Pola pengaruh faktor bahan organik disajikan dalam gambar 2.



**Gambar 2.** Kadar C-Organik Tanah

\*) Keterangan: B0 = tanpa bahan organik; B1 = pupuk kandang; B2 = biochar; B3 = biochar + vermikompos

Berdasarkan data yang diperoleh, terjadi kenaikan kadar C-organik dari tanah awal dengan nilai 0,35% (status sangat rendah) menjadi 0,65%-1,07% (status sangat rendah). Perlakuan bahan organik pada penelitian ini, dengan dosis 10 ton/ha, tidak mengubah harkat karena perubahan harkat membutuhkan input bahan organik yang lebih banyak. Meskipun demikian, terjadi peningkatan kadar C-organik tanah dari tanah awal. Kondisi ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penambahan bahan organik meningkatkan kadar C-organik tanah (Setiawati *et al.*, 2020; Bolly & Apelabi, 2022).

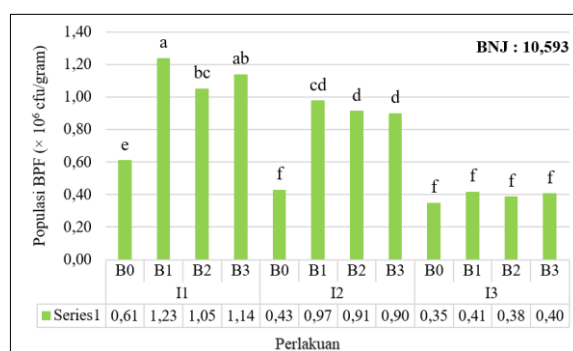
Berdasarkan data pada grafik tersebut, terlihat bahwa perlakuan B2 (biochar) memiliki nilai tertinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Kondisi ini terjadi karena biochar memiliki sifat yang tahan terhadap proses pelapukan. Biochar yang digunakan memiliki nisbah C/N 72,69, paling tinggi dibandingkan bahan organik lainnya. Biochar yang diproduksi melalui pirolisis memiliki rantai karbon siklik sehingga bersifat rekalsintran atau sulit terdekomposisi (Astuti *et al.*, 2018).

Peningkatan kadar C-organik juga terjadi pada perlakuan B0 (tanpa bahan organik) hampir 2 kali lipat dari tanah awal. Hal ini diduga terjadi karena adanya sumbangan senyawa organik dari eksudat akar jagung dan biomasa dari mikroba tanah. Sesuai dengan Susanti *et al.*, (2014) yang menyatakan bahwa biomasa karbon

mikroorganisme pada rhizosfer lebih tinggi dibandingkan non rhizosfer. Ma *et al.* (2022) juga menjelaskan bahwa akar dan mikroba, serta residu mikroba pada tanah berkontribusi terhadap akumulasi karbon organik tanah.

### Populasi bakteri pelarut fosfat

Aktivitas BPF sangat dipengaruhi kondisi lingkungan, termasuk ketersediaan bahan organik dan pengairan. Faktor irigasi, jenis bahan organik, dan interaksinya memberikan pengaruh nyata terhadap populasi BPF. Pengaruh interaksi faktor irigasi dan bahan organik terhadap populasi BPF dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Populasi BPF

\*) Keterangan: I1 = irigasi 100%; I2 = irigasi 80%; I3 = irigasi 60%; B0 = tanpa bahan organik; B1 = pupuk kandang; B2 = biochar; B3 = biochar + vermikompos

Populasi tertinggi diperoleh pada perlakuan I1B1. I1B1 berbeda nyata dengan I1B3, I1B2 dan I1B0. I1B1 juga berbeda nyata dengan I2B1 dan I2B3. Hal ini terjadi karena pemberian irigasi 100% kebutuhan tanaman dan nutrisi dari pupuk kandang menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan aktivitas mikroba. Terpenuhinya 100% kebutuhan air tanaman berpengaruh terhadap kelancaran proses fotosintesis dan translokasi fotosintat, termasuk pelepasan eksudat akar untuk bakteri tanah (Lakitan, 2018). Pada penelitian ini, penurunan populasi terjadi seiring dengan penurunan pemberian air. Hal tersebut karena air berperan membantu terpenuhinya kebutuhan nutrisi mikroba terutama sebagai pelarut dan transportasi (Bogati *et al.*, 2022; Siebielec *et al.*, 2022).

Perlakuan pupuk kandang menghasilkan populasi tertinggi karena memiliki nutrisi yang paling kaya dan paling mudah dirombak oleh mikroba dibandingkan biochar dan biochar + vermikompos. Hasil tersebut sejalan dengan Saputra *et al.*, (2023) bahwa pemberian pupuk

terpadu dan kompos pupuk kandang menghasilkan populasi BPF  $9,0 \times 10^8$  cfu/ml, sedangkan pemberian pupuk terpadu dan biochar menghasilkan populasi BPF  $7,9 \times 10^8$  cfu/ml. Penelitian oleh Wahyuni *et al.*, (2016) juga menunjukkan bahwa perlakuan kontrol menghasilkan populasi bakteri  $10^3$  cfu/ml, sedangkan perlakuan pupuk kandang 20 ton/ha menghasilkan populasi  $10^7$  cfu/ml pada pertanaman padi gogo rancah.

Kondisi tersebut dapat berkaitan dengan karakteristik biochar. Biochar mengandung senyawa karbon dengan struktur aromatik yang dominan sehingga hanya sebagian kecil yang termineralisasi dalam waktu singkat setelah aplikasi (Arifin *et al.*, 2022). Dengan demikian, biochar tidak dapat menjadi sumber energi dan nutrisi bagi mikroba dalam waktu yang cepat. Hal ini juga terjadi pada perlakuan biochar + vermikompos. Vermikompos dapat memberikan masukan BPF yang bersumber dari pencernaan cacing tanah (Garg *et al.*, 2006; Hindersah *et al.*, 2019), terutama jenis *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. (Pathma dan Sakhtivel, 2012). Namun, populasi yang rendah terjadi karena nutrisi yang cepat diperoleh hanya bersumber dari vermikompos 5 ton.

#### P-tersedia tanah

Faktor irigasi, jenis bahan organik, dan interaksinya memberikan pengaruh nyata terhadap kadar P tersedia tanah. Pengaruh interaksi faktor irigasi dan bahan organik terhadap P tersedia dapat dilihat pada Tabel 3. P-tersedia tertinggi diperoleh pada perlakuan I1B1 yang tidak berbeda nyata dengan I1B3. Tersedianya P akibat dari interaksi perlakuan air dan bahan organik dapat terjadi melalui beberapa mekanisme. Pertama, kehadiran air yang cukup sangat berpengaruh terhadap mineralisasi dan pelarutan hara, terutama rekasi hidrolisis dan hidratisasi (Dokumalao *et al.*, (2022). Air menjadi syarat mutlak berlangsungnya reaksi tersebut. Sesuai dengan pendapat Lele *et al.*, (2023) bahwa, pelarutan P berlangsung dengan baik pada kondisi tanah yang cukup air.

Kedua, ketersediaan P berkaitan dengan tingginya aktivitas BPF pada pH netral, lingkungan yang lembab, dan kaya nutrisi dari bahan organik (Wahyuni *et al.*, 2016). Hal ini sesuai dengan penelitian Iswara dan Nuraini (2022), P-tersedia diperoleh sebanyak 7,21 ppm (rendah) pada tanah ber-pH 5,9 dan 22,07 ppm (tinggi) pada tanah ber-pH 6,39. Nikiyluw *et al.*

(2018) juga menyebutkan bahwa pemberian kompos 300 gram/3 kg tanah meningkatkan ketersediaan fosfor secara nyata dibandingkan kontrol dari 1,42 menjadi 17,5 mg/kg. BPF menghasilkan enzim fosfatase untuk mineralisasi P dan asam organik untuk pelarutan P. Sebagian P yang telah dilarutkan oleh BPF digunakan untuk proses metabolismenya dan sebagian sisanya dilepaskan ke rhizosfer. Peningkatan P tersedia pada perlakuan kontrol terjadi karena adanya masukan pupuk P anorganik (NPK phonska) 100% rekomendasi. Sesuai pendapat Aprianto *et al.* (2020) bahwa peningkatan fosfat tersedia dipegaruhi oleh BPF, input bahan organik, dan pupuk anorganik. Pelarutan P dari pupuk anorganik dapat berlangsung dengan baik karena pH tanah berada pada kisaran netral (Hanafiah, 2004).

Tabel 4. Kadar P-tersedia Tanah

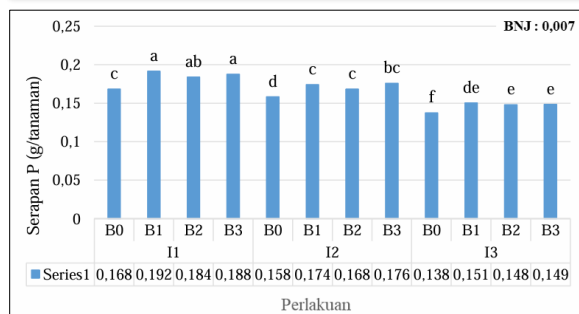
Interaksi Perlakuan	Bahan Organik (Sub Plot)			
	B0	B1	B2	B3
Pengai I1	41,22c	48,78a	44,59b	47,38 a
-ran I2	38,00e	43,45b	36,00f	39,95d
(Main Plot) I3	36,38f	44,46b	37,17f	40,70d

BNJ 5% : 0,0073

\*) Keterangan: I1 = irigasi 100%; I2 = irigasi 80%; I3 = irigasi 60%; B0 = tanpa bahan organik; B1 = pupuk kandang; B2 = biochar; B3 = biochar + vermikompos

#### Serapan P tanaman

Nilai serapan P memiliki pola yang selaras dengan populasi BPF. Seluruh perlakuan memiliki serapan P dengan harkat sangat tinggi. Terdapat interaksi perlakuan irigasi dan bahan organik dengan hasil disajikan dalam gambar 1. Nilai serapan P yang tertinggi diperoleh dari perlakuan I1B1, tidak berbeda nyata dengan I1B3 dan I1B2. Hal tersebut terjadi karena pemberian air 100% kebutuhan tanaman membantu pelarutan dan transportasi hara sehingga lebih mudah diserap tanaman. Kondisi ini sesuai pendapat Lakitan (2018) bahwa keberadaan air yang cukup sangat membantu dalam proses serapan hara. Pemberian air yang lebih sedikit dari kebutuhan tanaman akan menghambat penyerapan hara tanaman. Selain itu, ketersediaan air yang cukup berperan dalam pelarutan dan pergerakan hara sehingga memudahkan kontak dan penyerapan oleh perakaran.



**Gambar 4.** Serapan P Tanaman

\*) Keterangan: I1 = irigasi 100%; I2 = irigasi 80%; I3 = irigasi 60%; B0 = tanpa bahan organik; B1 = pupuk kandang; B2 = biochar; B3 = biochar + vermikompos

Serapan P yang tinggi pada tanaman juga terjadi karena pH tanah berada pada kisaran netral yang paling sesuai bagi aktivitas BPF (Romadloni *et al.*, 2024). Pemberian bahan organik juga memberikan lingkungan yang nyaman sekaligus nutrisi bagi BPF. Aktivitas BPF yang pada kondisi tersebut akan membantu meningkatkan P tersedia pada tanah sehingga meningkatkan kemungkinan penyerapan P oleh tanaman. Menurut Putriani *et al.* (2018), apabila P-tersedia meningkat, maka kontak antara akar dan P dalam tanah menjadi lebih besar. Hal tersebut sesuai dengan Mulyati *et al.* (2021) bahwa pemberian perlakuan pupuk organik plus 10 ton/ha memiliki serapan P 16,56 kg/ha, sedangkan perlakuan kontrol memiliki serapan P 8,32 kg/ha.

## Kesimpulan

Pemberian volume pengairan dan jenis bahan organik berbeda serta interaksi volume pengairan dan bahan organik berpengaruh nyata terhadap populasi BPF. Populasi BPF meningkat secara signifikan pada perlakuan irigasi 100% kebutuhan tanaman dan pemberian bahan organik. Populasi BPF tertinggi diperoleh pada interaksi I1B1 (volume pengairan 100% dan pupuk kandang kambing). Nilai P-teredia dan serapan P tanaman tertinggi juga diperoleh pada interaksi tersebut. Hasil penelitian ini berkontribusi sebagai acuan dalam mengoptimalkan peran bakteri pelarut fosfat terutama pada pertanaman jagung dengan memanfaatkan bahan organik dan upaya efisiensi penggunaan air.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada

Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini.

## Referensi

- Abukari, A. (2019). Influence of Rice Husk Biochar on Water Holding Capacity of Soil in The Savannah Ecological Zone of Ghana. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7, 888–891. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i6.888-891.2488>
- Andi, D., Sofyan, A., Hartati, T. M., & Hasan, A. D. A. (2023). Kajian Perubahan Sifat Fisika Tanah Inceptisol Melalui Pemberian Bahan Organik dari Limbah Kulit Pisang. *Jurnal Pertanian Khairun (JPK)*, 2(2). <https://doi.org/10.33387/jpk.v2i2.7271>
- Andrews, E. M., Tabassum, M., Galatis, E. G., Yao, E. H., Gaudin, A. C., Lazcano, C., ... & Khalsa, S. D. S. (2024). Almond Hull and Shell Organic Matter Amendments Increase Microbial Biomass and Multifunctionality in Orchard Soil and The Undisturbed Organic Layer. *Applied Soil Ecology*, 197, 105321. [10.1007/s11104-023-06361-4](https://doi.org/10.1007/s11104-023-06361-4)
- Aprianto, F., Rosliani, R. dan Liferdi. (2020). Korelasi antara serapan P tanaman cabai (*Capsicum annum* L.) dengan metode penetapan P tersedia tanah Ordo Inceptisol Subang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 7(2): 321-327. [10.1007/s11104-023-06361-4](https://doi.org/10.1007/s11104-023-06361-4)
- Arifin, Z., Ma'shum, M., Susilowati, L. E., & Bustan, B. (2022). Aplikasi Biochar Dalam Mempengaruhi Aktivitas Mikrobial Tanah Pada Pertanaman Jagung Yang Menerapkan Pola Pemupukan Terpadu. *Prosiding Saintek*, 4, 207-217. <https://jurnal.lppm.unram.ac.id/index.php/prosidingsaintek/article/view/497>
- Astuti, D. H., Sani, S., Yuandana, Y. G., & Karlin, K. (2018). Kajian Karakteristik Biochar dari Batang Tembakau, Batang Pepaya dan Jerami Padi dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(2), 41-46. [10.33005/jurnal\\_tekkim.v12i2.1083](https://doi.org/10.33005/jurnal_tekkim.v12i2.1083)
- Bogati, K., & Walczak, M. (2022). The Impact of Drought Stress on Soil Microbial Community, Enzyme Activities and

- Plants. *Agronomy*, 12(1), 189. [10.3390/agronomy12010189](https://doi.org/10.3390/agronomy12010189)
- Bolly, Y. Y., & Apelabi, G. O. (2022). Analisis Kandungan Bahan Organik Tanah Sawah Sebagai Upaya Penilaian Kesuburan Tanah di Desa Magepanda Kecamatan Magepanda Kabupaten Sikka. *Agrica*, 15(1), 26-32. <https://doi.org/10.37478/agr.v15i1.1919>
- Dokumalampo, K., Panambe, N., Peday, M. H., & Cabuy, R. L. (2022). Aspek Ekologi *Pigafetta filaris* (Giseke) Becc pada Kawasan Taman Wisata Alam Gunung Meja Manokwari. *Jurnal Kehutanan Papuaasia*, 8(1), 67-78. [10.46703/jurnalpapausia.Vol8.Iss1.291](https://doi.org/10.46703/jurnalpapausia.Vol8.Iss1.291)
- Hanafiah, K.A. (2004). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: Rajawali Press.
- Hindersah, R., Nabila, A., & Yuniarti, A. (2019). Pengaruh Vermikompos dan Pupuk Majemuk terhadap Ketersediaan Fosfat Tanah dan Hasil Kentang (*Solanum tuberosum* L.) di Andisols. *Agrologia*, 8(1), 21-27.
- Hutamy, H. B., & Nuraini, Y. (2019). Diversitas dan populasi bakteri pelarut fosfat pada Berbagai Penggunaan Lahan di UB Forest. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 6(1), 1113-1122. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2019.006.1.10>
- Inatara. Y. I., Sapei, A., E., & Sembiring, Djoefrie, M. H. (2011). Pengaruh Pemberian Bahan Organik pada Tanah Liat dan Lempung Berliat Terhadap Kemampuan Mengikat Air. *Jurnal Ilmu Tanah Pertanian Indonesia*, 2(130–135). <https://journal.ipb.ac.id/index.php/JIPI/article/view/6457>
- Iswara, F. V., & Nuraini, Y. (2022). Pengaruh Pemberian Dolomit dan Pupuk Anorganik Terhadap Serapan Fosfat, Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dan Produksi Padi. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 255-265. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.6>
- Kirui, C. K., Njeru, E. M., & Runo, S. (2022). Diversity and Phosphate Solubilization Efficiency of Phosphate Solubilizing Bacteria Isolated from Semi-Arid Agroecosystems of Eastern Kenya. *Microbiology Insights*, 15, 11786361221088991. [10.1177/11786361221088991](https://doi.org/10.1177/11786361221088991)
- Lakitan, B. (2018). *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Rajawali Press.
- Lehmann J, J. S. (2012). Biochar for Environmental Management. In *Biochar for Environmental Management*.
- Lele, O. K., Serangmo, D.Y.L., Airtur, M.M., Panjaitan, F.J. (2023). Peran Endomikoriza dan Tingkat Ketersediaan Air pada Tanah Vertisol terhadap Peningkatan Serapan Fosfor dan Hasil Paprika. *Savana Cendana*, 8(01), 1-5. [10.32938/sc.v8i01.1935](https://doi.org/10.32938/sc.v8i01.1935)
- Ma, W., Tang, S., Dengzeng, Z., Zhang, D., Zhang, T., & Ma, X. (2022). Root Exudates Contribute to Belowground Ecosystem Hotspots: A Review. *Frontiers in Microbiology*, 13, 937940. [10.3389/fmicb.2022.937940](https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.937940)
- Malone, Z., Berhe, A. A., & Ryals, R. (2023). Impacts of Organic Matter Amendments on Urban Soil Carbon and Soil Quality: A Meta-Analysis. *Journal of Cleaner Production*, 419, 138148. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138148>
- Mbaku, W. W., Zulfita, D., & Hariyanti, A. (2024). Aplikasi Pengurangan Pupuk Anorganik dengan Pemberian Pupuk Hayati Terhadap Ketersediaan Hara dan Pertumbuhan Jagung Manis di Lahan Gambut. *Jurnal Pertanian Agros*, 26(1), 4835-4847. <http://dx.doi.org/10.37159/jpa.v26i1.3875>
- Meyer, G., Bell, M. J., Doolette, C. L., Brunetti, G., Zhang, Y., Lombi, E., & Kopittke, P. M. (2020). Plant-Available Phosphorus in Highly Concentrated Fertilizer Bands: Effects of Soil Type, Phosphorus Form, and Coapplied Potassium. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(29), 7571-7580. [10.1021/acs.jafc.0c01287](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c01287)
- Mulyati, M., Baharuddin, A. B., Wulan, T., & Sri, R. (2021). Serapan Hara N, P, K dan Pertumbuhan Tanaman Jagung pada Berbagai Dosis Pupuk Anorganik dan Organik di Tanah Inceptisol. *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan*, 55-66. [10.1021/acs.jafc.0c01287](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c01287)
- Naveed, M., Brown, L. K., Raffan, A. C.,



- George, T. S., Bengough, A. G., Roose, T., (2017). Plant Exudates May Stabilize or Weaken Soil Depending on Species, Origin and Time. *European Journal Soil Science* 68, 806–816. doi: 10.1111/ejss.12487
- Nikiyuluw, V., Soplanit, R., & Siregar, A. (2018). Efisiensi Pemberian Air dan Kompos Terhadap Mineralisasi NPK pada Tanah Regosol. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 14(2), 105-122. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2018.14.2.105>
- Pathma, J., & Sakthivel, N. (2012). Microbial Diversity of vermicompost bacteria that Exhibit Useful Agricultural Traits and Waste Management Potential. *Springer Plus*, vol. 1, no. 1. 10, 2193-1801.
- Pratiwi, E., Satwika, T. D., & Agus, F. (2018). Keanekaragaman Mikrob Tanah Gambut di Bawah Hutan dan di Bawah Perkebunan Sawit di Provinsi Jambi. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 42(1), 69-78. 10.21082/jti.v42n1.2018.69-78
- Priyono, J. (2005). *Kimia Tanah*. Mataram : Unram Press
- Purwanto, P., Nuraini, Y., & Istiqomah, N. (2022). Pengaruh Aplikasi Kompos dengan Pupuk Anorganik (NPK dan Urea) Terhadap Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dan Hasil Tanaman Jagung di Lahan Kering. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(1), 21-27. <https://doi.org/10.21776/ub.jtstl.2022.009.1.3>
- Putriani, S. S., Yusnaini, S., Septiana, L. M., & Dermiyati, D. (2022). Aplikasi Biochar dan Pupuk P Terhadap Ketersediaan dan Serapan P pada Tanaman Jagung Manis (*Zea mays Saccharata* Sturt.) di Tanah Ultisol. *Jurnal Agrotek Tropika*, 10(4), 615-626. <http://dx.doi.org/10.23960/jat.v10i4.6447>
- Romadloni, M. Y., Wibowo, F. A. C., Wahidiah, T., & Pradipta, A. (2024). Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) pada Hutan Produksi di Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Pujon Hill UMM, Kabupaten Malang. *Berita Biologi*, 23(1), 91-102. <https://doi.org/10.55981/beritabiologi.2024.4148>
- Saputra, E., Putu, S., Susilowati, L. E., & Dewi, R. A. S. (2023). Populasi Bakteri dan Respirasi Mikroba Tanah Pada Rhizosfer Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) yang Diberi Pupuk Terpadu dan Biochar Sekam Padi pada Masa Vegetatif Maksimum. *Agroteksos*, 33(2), 680-689. <https://doi.org/10.29303/agroteksos.v33i2.859>
- Setiawati, M. R., Fitriatin, B. N., Suryatmana, P., & Simarmata, T. (2020). Aplikasi Pupuk Hayati dan Azolla Untuk Mengurangi Dosis Pupuk Anorganik dan Meningkatkan N, P, C Organik Tanah, dan N, P Tanaman, serta Hasil Padi Sawah. *Jurnal Agroekoteknologi*, 12(1), 63-76. <http://dx.doi.org/10.33512/jur.agroekotetek.v12i1.8778>
- Siebielec, S., Siebielec, G., Klimkowicz-Pawlas, A., Gałazka, A., Grządziel, J., & Stuczyński, T. (2020). Impact of Water Stress on Microbial Community and Activity in Sandy and Loamy Soils. *Agronomy*, 10(9), 1429. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091429>
- Susanti, I., Utomo, M., & Buchari, H. (2014). Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pemupukan N Jangka Panjang terhadap Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-mik) di Rizosfer dan Non-rizosfer pada Pertanaman Jagung (*Zea mays*). *Jurnal Agrotek Tropika*, 2(2). <http://dx.doi.org/10.23960/jat.v2i2.2105>
- Susilowati, L. E., Mahrup, M., Arifin, Z., & Sukartono, S. (2022). Pemanfaatan Pupuk Hayati-fosfat untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) di Entisol. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 8(1), 25-37. <https://doi.org/10.29303/jstl.v8i1.313>
- Timofeeva, A., Galyamova, M., & Sedykh, S. (2022). Prospects for Using Phosphate-Solubilizing Microorganisms as Natural Fertilizers in Agriculture. *Plants*, 11(16), 2119. <https://doi.org/10.3390/plants11162119>
- Wahyuni, S., Rianto, S., Muanisah, U., & Setyanto, P. (2016). Pemanfaatan Pupuk Organik untuk Meningkatkan Populasi Bakteri dan Produksi Tanaman Padi Gogorancah. *In Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science,*

- Enviromental, and Learning* (Vol. 13, No. 1, pp. 752-756).  
<https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/view/5902>
- Yuniarti, A., Solihin, E., & Putri, A. T. A. (2020). Aplikasi pupuk organik dan N, P, K terhadap pH Tanah, P-tersedia, Serapan P, dan Hasil Padi Hitam (*Oryza sativa* L.) Pada Inceptisol. *Kultivasi*, 19(1), 1040-1046.  
<https://doi.org/10.24198/kultivasi.v19i1.24563>