



---

*Research Articles*

**Uji Kombinasi Pupuk Anorganik Dan Pupuk Bio-Organik P Terhadap Ketersediaan P Dalam Tanah, Serapan P Tanaman, Dan Populasi Bakteri Pelarut Fosfat Pada Tanaman Kedelai (*Glycine Max L. Merrill*)**

*Combination Test of Inorganic Fertilizer and Bio-Organic Fertilizer on P Availability in Soil, Plant P Absorption, and Population of Phosphate Solvent Bacteria in Soybean Plants (*Glycine Max L. Merrill*).*

**Baiq Fitri Pebrianti R.P, Lolita Endang Susilowati, Zaenal Arifin, Mansur Mashum, Rika Andriati Sukma Dewi\***

Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram

*\*corresponding author, email: rikaandriatisukmadewi1@gmail.com*

Manuscript received: 07-08-2023. Accepted: 20-12-2023

**ABSTRACT**

Pemberian pupuk bio-organik P bersama dengan pupuk anorganik berperan dalam peningkatan P tersedia bagi tanaman serta diharapkan dapat mengurangi dan mengefisienkan penggunaan dosis pupuk anorganik, meningkatkan hasil tanaman, mengimbangi ketersediaan unsur hara dan memperbaiki struktur tanah. Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh kombinasi pupuk anorganik dengan pupuk bio-organik P terhadap ketersediaan P dalam tanah, serapan P tanaman dan Populasi Bakteri Pelarut Fosfat pada fase vegetatif tanaman kedelai. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimental dengan empat perlakuan. Masing-masing perlakuan diambil 5 sampel secara acak sehingga terdiri dari 20 unit sampel percobaan. Penelitian dilakukan pada bulan Maret-Juli 2019 di lahan sawah Desa Semoyang Kecamatan Praya Timur, Kabupaten Lombok Tengah. Perlakuan yang digunakan adalah P1 (50% rekomendasi pupuk anorganik +pupuk bio-organik P 10 g/tanaman), P2 (75% rekomendasi pupuk anorganik+ pupuk bio-organik P 10 g/tanaman), P3 (100% rekomendasi pupuk anorganik), dan kontrol (tanpa perlakuan). Parameter yang diuji dalam penelitian ini yaitu kandungan P-tersedia dalam tanah, pH tanah, berat kering brangkas, Serapan P Tanaman, dan jumlah populasi Bakteri Pelarut Fosfat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dengan hanya ditambahkan pupuk anorganik, dan dengan mengkombinasikan pupuk bio-organik P dengan pupuk anorganik dapat meningkatkan semua parameter yang diuji. Nilai pH tanah berkisar antara 6.56-6.64, P-tersedia tanah berkisar 13.2-17.33 ppm, berat kering brangkas berkisar 8.2-11.01 gram, serapan P tanaman berkisar 10.69-16.76 mg/tan, dan jumlah Populasi BPF sebanyak  $1.14 \times 10^6$  cfu/g -  $4.56 \times 10^7$  cfu/g.

**Kata kunci:** Kedelai; Fosfor; Serapan P; Pupuk Anorganik; bio-organik P

## ABSTRAK

The application of bio-organic P fertilizer alongside inorganic fertilizers plays a crucial role in increasing available phosphorus (P) for plants while also aiming to reduce and optimize the use of inorganic fertilizers. This combination is expected to enhance crop yields, balance nutrient availability, and improve soil structure. The objective of this research was to investigate the impact of the combination of inorganic and bio-organic P fertilizers on soil P availability, P uptake in soybean plants, and the population of Phosphate-Solubilizing Bacteria (PSB) during the vegetative phase. The research utilized an experimental approach with four treatments. Each treatment involved five randomly selected samples, resulting in a total of 20 experimental units. The study was conducted from March to July 2019 in paddy fields in Semoyang Village, Praya Timur Subdistrict, Central Lombok Regency. The treatments used were as follows: P1 (50% of the recommended inorganic fertilizer + 10 g of bio-organic P fertilizer per plant), P2 (75% of the recommended inorganic fertilizer + 10 g of bio-organic P fertilizer per plant), P3 (100% of the recommended inorganic fertilizer), and the control group (without any treatment). The parameters analyzed in this study were the available P content in the soil, soil pH, dry weight of biomass, P uptake in plants, and the population of Phosphate-Solubilizing Bacteria. The results demonstrated that the treatments involving the combination of inorganic and bio-organic P fertilizers showed improvements in all tested parameters compared to using only inorganic fertilizers. The soil pH ranged from 6.56 to 6.64, available soil P ranged from 13.2 to 17.33 ppm, dry weight of biomass ranged from 8.2 to 11.01 grams, P uptake in plants ranged from 10.69 to 16.76 mg per plant, and the population of PSB ranged from  $1.14 \times 10^6$  cfu/g to  $4.56 \times 10^7$  cfu/g.

**Key words:** Soybean; Phosfor; P uptake; Inorganic fertilizer; Bio-organic P

## PENDAHULUAN

Kedelai merupakan jenis tanaman yang memiliki kebutuhan yang tinggi akan unsur hara terutama unsur hara Fosfor (P). Produksi tanaman kedelai dipengaruhi oleh factor pembatas yaitu ketersediaan unsur fosfor bagi tanaman yang kurang (Lestari, 2011). Selain nitrogen, unsur hara esensial lainnya yaitu fosfor yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman (Lestari et al., 2011). Menurut Sinuraya (2009) beberapa peranan unsur fosfor pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman antara lain pembentukan bunga, buah dan biji, perkembangan akar, memperkuat batang, meningkatkan kualitas tanaman serta meningkatkan ketahanan terhadap serangan hama dan penyakit. Namun keberadaan P pada tanah vertisol sangat dipengaruhi oleh keberadaan unsur Ca dimana P akan diikat oleh Ca dalam bentuk dalam bentuk Ca-P sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman (Hardjowigeno et al., 2001). Kekurangan unsur fosfor pada tanaman akan menyebabkan volume jaringan tanaman menjadi kecil dan warna daun lebih gelap. Pada saat tanaman dalam masa pertumbuhan vegetative, tanaman tersebut membutuhkan kadar optimal P sebesar 0,3% - 0,5% dari berat kering tanaman.

Pemenuhan kebutuhan P untuk tanaman dilakukan dengan penambahan pupuk anorganik dan pupuk organik. Dampak negative yang dialami oleh petani dalam penggunaan pupuk anorganik selain mahal juga dapat merusak kondisi fisik, kimia dan biologi tanah (Suliasih dan Widawati, 2015). Lingga (2000) menambahkan bahwa pemanfaatan pupuk anorganik secara terus menerus berdampak pada penurunan kualitas tanah dan produktivitas tanaman. Menurut Simanungkalit (2006), salah satu cara yang dapat digunakan untuk menambat hara tertentu didalam tanah untuk tanaman yaitu dengan menggunakan pupuk bio-

organik yang berasal dari inokulan berbahan aktif organisme hidup. Fungsi dari pupuk bio-organik berfungsi dalam meningkatkan pengambilan hara oleh tanaman dari tanah maupun udara (Hamastuti, 2012). Pupuk bio-organik fosfat merupakan salah satu jenis pupuk bioorganik yang mengandung mikroba pelarut fosfat di dalamnya. Menurut Keneni et al (2010) alternatif dalam meningkatkan efisiensi pemupukan dapat dilakukan dengan pengaplikasian bakteri pelarut fosfat. Bakteri pelarut fosfat (BPF) merupakan kelompok mikroorganisme tanah yang mampu melarutkan unsur P terfiksasi dan mengubahnya menjadi tersedia bagi tanaman.

Peningkatan P tersedia bagi tanaman dapat dilakukan melalui pemberian pupuk bio-organik P bersama dengan pupuk anorganik. Interaksi pupuk bio-organik P dan pupuk anorganik sangat mendukung dalam pelepasan P pada ikatan Ca-P di tanah vertisol dengan lebih optimal (Hanum, 2013). Hal ini disebabkan oleh pengikatan kation logam Ca oleh asam-asam organik yang dihasilkan oleh bahan organik dalam pupuk bio-organik P sehingga sejumlah hara seperti P dapat tersedia bagi tanaman (Barker dan Pilbeam, 2007). Dampak positif dari aplikasi pupuk bio-organik P antara lain dapat mengurangi dan mengefisienkan penggunaan dosis pupuk anorganik, meningkatkan hasil tanaman, mengimbangi ketersediaan unsur hara dan memperbaiki struktur tanah. Namun peranan pupuk bio-organik P tidak sepenuhnya dapat menggantikan pupuk anorganik, sehingga alternatif terbaik adalah dengan mengombinasikannya (Simanungkalit, 2001).

Oleh karena itu dilakukan penelitian ini untuk dapat mengetahui pengaruh kombinasi pupuk anorganik dengan pupuk bio-organik P terhadap ketersediaan P dalam tanah, serapan P tanaman dan Populasi Bakteri Pelarut Fosfat pada fase vegetatif tanaman kedelai. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan rekomendasi pemberian pupuk Bio-Organik P dalam meningkatkan produktivitas tanaman khususnya tanaman kedelai.

## BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di Lahan Sawah Desa Semoyang Kecamatan Praya Timur, Kabupaten Lombok Tengah pada bulan Maret-Juli 2019.

### *Bahan dan Alat Percobaan*

Bahan-bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah benih kedelai varietas Anjasmoro, pupuk bio-organik P dengan kandungan bakteri pelarut fosfat (*Pseudomonas azotoformans*, *Acinetobacter baumannii* dan *Bacillus paramycoides*), media Picovskaya, alkohol 70%, aluminium foil, pupuk Phonska, pupuk SP-36, karbon aktif, pengekstrak olsen, pewarna fosfat, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, dan aquades.

Alat-alat yang digunakan dalam percobaan ini adalah Laminar air flow, shaker, vortex, erlenmeyer, cawan petri, gelas beaker, spatula, timbangan analitik, tabung reaksi, rak tabung reaksi, kompor listrik, magnetic stirrer, spiritus, pipet mikro, jarum ose, mortar, ayakan tanah 2 mm, plastik, gelas ukur, kertas saring, pH stik, labu destilasi, labu destruksi, labu ukur dan spektrofotometri.

### **Rancangan Percobaan**

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri atas 4 perlakuan. Masing-masing perlakuan diambil 5 sampel secara acak sehingga didapatkan 20 unit sampel percobaan dengan jarak tanam 30 x 20 cm

Perlakuan pemberian pupuk anorganik dan pupuk bio-organik P terdiri dari 4 aras :

P1 : Dosis pupuk anorganik 50% rekomendasi Phonska 0.5 g/tanaman, SP-36 0.062 g/tanaman, dan pupuk bio-organik P 10 g/tanaman.

P2 : Dosis pupuk anorganik 75% rekomendasi Phonska 0,75 g/tanaman, SP-36 0.0937 g/tanaman, dan pupuk bio-organik P 10 g/tanaman.

P3 : Dosis pupuk anorganik 100% rekomendasi Phonska 1 g/tanaman, SP-36 0.125 g/tanaman, tanpa pupuk bio-organik P.

Kontrol : Tanpa pemberian pupuk.

### **Pelaksanaan Percobaan**

Pelaksanaan percobaan dilakukan pertama dengan persiapan lahan yaitu dengan pembersihan lahan dari gulma dan pembuatan bedengan dengan ukuran 3 m × 5 m. Selanjutnya melakukan penanaman yang dilakukan dengan cara menugal tanah sedalam 2-3 cm lalu ditanami biji kedelai. Jarak tanam yang digunakan adalah 30×20 cm kemudian dimasukkan biji ke dalam lubang tanah. Setelah itu perlu dilakukan pemupukan dengan cara membuat lubang dengan jarak ±5cm dari lubang tanam sedalam 4-5 cm lalu diletakkan pupuknya dan ditutupi kembali dengan tanah. Pemupukan dilakukan di waktu yang sama dengan penanaman biji.

### **Variabel Pengamatan**

Analisis Tanah yang dilakukan meliputi pH tanah yang diukur menggunakan pH meter, P tersedia yang diukur menggunakan metode Olsen serta Kerapatan populasi bakteri pelarut fosfat diukur menggunakan metode pengenceran berseri dengan formulasi sebagai berikut:

$$\text{Kepadatan Bakteri} = \text{jumlah koloni} \times \frac{1}{\text{Faktor Pengenceran}} \quad (\text{Waluyo, 2008})$$

Analisis tanaman kedelai yang dilakukan meliputi Serapan P dalam Jaringan Tanaman (akar dan tanaman) yang dilakukan dengan menggunakan metode Olsen dan dihitung dengan mengalikan kadar P jaringan tanaman (%) dengan bobot brangkas kering tanaman (g), sedangkan Bobot Basah dan Kering Brangkas Tanaman dilakukan dengan menggunakan timbangan analitik kemudian dioven pada suhu 70°C selama kurang lebih 3 hari.

### **Analisis Data**

Data hasil pengamatan dari perlakuan dianalisis dengan menggunakan analisis keragaman pada taraf nyata 5%. Jika terdapat beda nyata antar perlakuan maka diuji menggunakan uji lanjut dengan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) pada taraf nyata 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Karakteristik Tanah Percobaan

Dalam budidaya pertanian, mengetahui karakteristik tanah dianggap perlu untuk menjadi sebuah tolak ukur dalam menentukan tingkat kesuburan dan kualitas tanah.

Tabel 1. Hasil Analisis Parameter Tanah Awal Percobaan

Jenis Analisis	Nilai	Satuan	Pengharkatan
pH H <sub>2</sub> O	6.46	-	Netral
P tersedia (Olsen)	12.66	Ppm	Rendah
Kerapatan populasi total	2.2 x 10 <sup>3</sup>	Cfu/g	Rendah

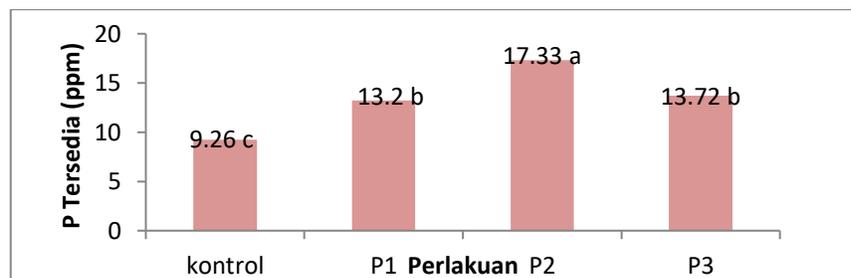
Keterangan: pengharkatan menurut \*Balittan (2005)

Berdasarkan peta jenis tanah Pulau Lombok, tanah di lokasi percobaan tergolong tanah Vertisol (Priyono dkk, 2019). Percobaan dilakukan di lahan yang memiliki kadar pH tanah sebesar 6.46. Berdasarkan pengharkatan yang dilakukan oleh Balittan (2005) pH 6.46 masuk dalam kategori netral. Ketersediaan unsur hara terutama unsur hara makro relative tersedia bagi tanaman pada pH netral.

Lahan sawah percobaan menunjukkan kadar P tersedia dalam tanah sebesar 12.66 ppm. Berdasarkan pengharkatan yang dilakukan oleh Balittan (2005) kadar P tersedia tanah sebesar 12.66 ppm tergolong rendah. Hal ini menunjukkan bahwa rendahnya jumlah serapa P yang diserap oleh tanaman.

Analisis tanah percobaan terhadap kerapatan populasi bakteri menunjukkan angka  $2.2 \times 10^3$ . Angka tersebut menunjukkan jumlah mikroorganisme yang tergolong rendah (Balittan, 2005). Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya keterhambatan dalam proses penyediaan hara oleh mikroorganisme sehingga jumlah fosfor yang diserap rendah.

### 2. Pengaruh Perlakuan Terhadap Ketersediaan P Dalam Tanah



Gambar 1. Nilai P-Tersedia Tanah

**Keterangan:** angka-angka pada gambar yang diikuti dengan huruf yang sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut dengan uji DMRT pada taraf nyata 5%. Kontrol (tanpa perlakuan), P1 (50% Rekomendasi Pupuk Anorganik + 10 gram pupuk bio-organik P), P2 (75% Rekomendasi Pupuk Anorganik + 10 gram pupuk bio-organik P), P3 (100% Rekomendasi Pupuk Anorganik + Tanpa pupuk bio-organik P).

Hasil pengukuran terhadap nilai P tersedia dalam tanah saat tanaman berumur 45 hari akibat perlakuan menunjukkan hasil tingkat ketersediaan P yang berbeda secara nyata. Berdasarkan uji lanjut DMRT, perbedaan antar perlakuan yang diuji pada taraf nyata 5% disajikan dalam gambar 1:

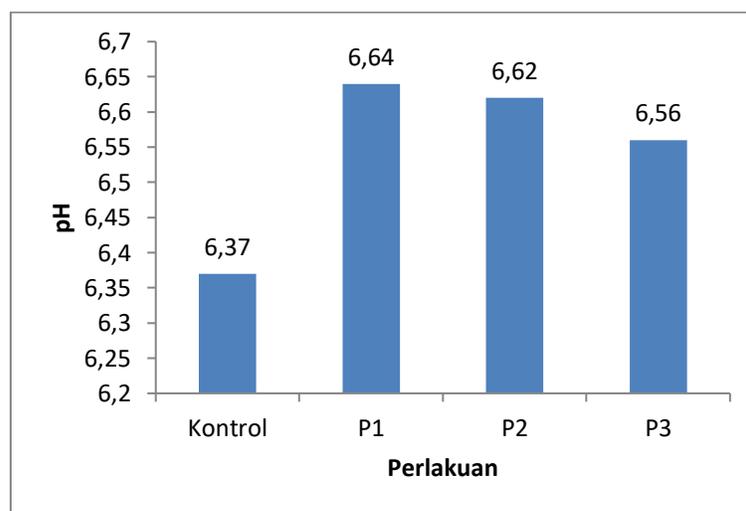
Berdasarkan gambar 1, perlakuan kontrol berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan P1 tidak berbeda nyata dengan perlakuan P3. Perlakuan P2 berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Perlakuan P1, P2, dan P3 menunjukkan bahwa masukan pupuk bio-organik P mampu meningkatkan ketersediaan P. Perlakuan P1 dengan rekomendasi 50% pupuk anorganik + pupuk bio-organik P menunjukkan peningkatan ketersediaan P sebesar 13.2 ppm pada tanah. Fakta menunjukkan pada perlakuan P3 jumlah P tersedia sebanyak 13.72 ppm. Penambahan dosis rekomendasi P3 sebesar 100% takaran rekomendasi tanpa diberikan pupuk bio-organik P ternyata tidak berbeda nyata dengan perlakuan P1 dalam menyediakan P dalam tanah. Sehingga hal tersebut membuktikan bahwa pemberian pupuk bio-organik P 10 g/lubang tanam mampu mengurangi 50% dosis takaran pupuk anorganik. Dugaan tersebut diperkuat dengan perlakuan P2 dengan hasil ketersediaan P paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya sebesar 17.33 ppm. Hal ini diyakini disebabkan karena pengaruh keberadaan bakteri pelarut fosfat yang mampu meningkatkan ketersediaan P dalam tanah. Fosfat tersedia dalam tanah pada perlakuan P2 dengan dosis pupuk anorganik 75% + pupuk bio-organik P menunjukkan hasil tertinggi. Perlakuan P2 merupakan kombinasi perlakuan yang direkomendasi untuk meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah.

Ketersediaan fosfat untuk tanaman dapat dilakukan oleh bakteri pelarut fosfat dengan cara memecah ikatan Ca-P melalui produksi asam-asam organik (Simanungkalit, 2001). Mekanisme pelarutan fosfat secara kimiawi merupakan mekanisme pelarutan fosfat utama oleh mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut mengekskresikan sejumlah asam organik bermolekul rendah seperti asam oksalat, suksinat, tartrat, sitrat, laktat,  $\alpha$ -ketoglutarat, asetat, formiat, propionat, glikolat, glutamate, glioksilat, malat dan fumarat. Unsur-unsur yang berperan dalam mengikat P pada tanah vertisol sehingga tidak tersedia bagi tanaman seperti Ca dan Mg akan diikat membentuk khelat organik oleh asam-asam organik (Susilowati dkk, 2018). Bentuk senyawa fosfor yang dapat diserap tanaman antara lain  $H_2PO_4^-$  dan  $HPO_4^{2-}$  (Ginting *et al.*, 2009).

Tanah vertisol cenderung memiliki pH netral hingga basa sehingga menimbulkan keberadaan unsur Ca di dalam tanah. Unsur Ca dalam tanah dapat mengikat P dalam bentuk ikatan Ca-P sehingga berdampak terhadap kurang tersedianya P yang dapat diserap tanaman. Disamping itu juga, ketersediaan P di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh kandungan bakteri pelarut fosfat dalam pupuk bio-organik. Bakteri pelarut fosfat yang dikandung pupuk hayati mampu memecah ikatan unsur P yang terikat oleh unsur-unsur lain seperti Ca dan Mg di dalam tanah dengan cara mengsekresi asam-asam organik (Subba, 2013). Hal ini sesuai dengan penelitian Nailul *et al.* (2011) yang menunjukkan bahwa inokulan bakteri pelarut fosfat yang terkandung pada pupuk hayati P mampu meningkatkan kandungan P-tersedia di tanah.

### 3. Perubahan pH Tanah Akibat Perlakuan

Pola perubahan pH tanah akibat perlakuan yang diberikan dapat dilihat pada gambar 2. Berdasarkan hasil percobaan pada Gambar 2 diketahui bahwa semua perlakuan yang diberikan masukan pupuk bio-organik P mengalami peningkatan nilai pH tanah dibanding kontrol. Hal ini bermakna bahwa masukan pupuk bio-organik mampu meningkatkan pH tanah. Reaksi pH tanah pada perlakuan P1 dan P2 tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Perlakuan P1 dan P2 ditambahkan pupuk bio-organik fosfat 10 gram mampu meningkatkan nilai pH lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.



Gambar 2. pH Tanah Akibat Perlakuan

**Keterangan :** angka-angka pada gambar yang diikuti dengan huruf yang sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut dengan uji DMRT pada taraf nyata 5%. Kontrol (tanpa perlakuan), P1 (50% Rekomendasi Pupuk Anorganik + 10 gram pupuk bio-organik P), P2 (75% Rekomendasi Pupuk Anorganik + 10 gram pupuk bio-organik P), P3 (100% Rekomendasi Pupuk Anorganik + Tanpa pupuk bio-organik P).

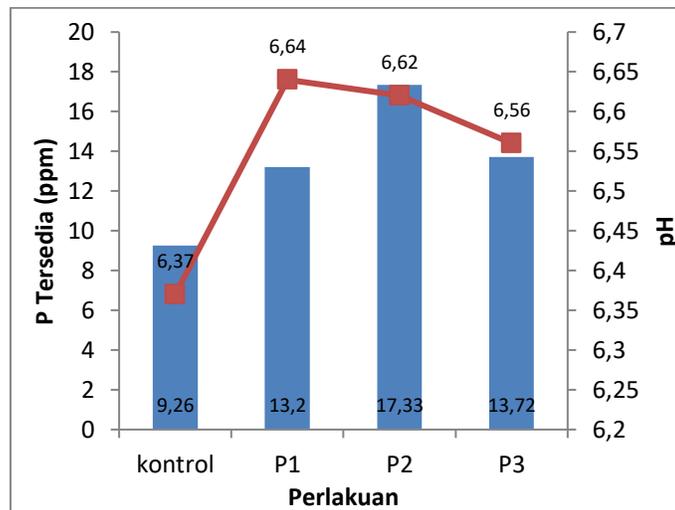
Peningkatan pH tanah dikarenakan meningkatnya  $\text{OH}^-$  melalui proses dekomposisi pupuk kandang dimana selama proses tersebut mineral-mineral berupa kation-kation basa (Ca, K) dilepaskan (Atmojo, 2013). Berdasarkan hasil penelitian Kesumaningwati (2014), Bahan organik yang berbahan baku dedak dapat meningkatkan pH tanah sawah. Pupuk organik berbahan baku dedak meningkatkan pH tanah awal 4.69 menjadi 4.89. Atekan dan Surahman (1997) menyatakan bahwa peningkatan pH akibat penambahan bahan organik karena proses mineralisasi dari anion organik menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  atau karena sifat alkalin dari bahan organik tersebut, jadi dapat dikatakan bahwa pemberian bahan organik dapat meningkatkan pH tanah namun besarnya peningkatan pH tanah tergantung dari kualitas dan kuantitas dari bahan organik yang dipergunakan. Chairuman (2008) Ketersediaan P dalam tanah sangat dipengaruhi oleh perubahan pH tanah, artinya semakin naik pH ke arah kondisi optimal (netral) maka semakin tinggi pula jumlah P tersedia dalam tanah ultisol.

Perlakuan P3 dengan masukan 100% pupuk anorganik memiliki nilai pH rendah dibanding perlakuan dengan masukan pupuk bio-organik P. Hal ini bermakna bahwa

penggunaan pupuk anorganik secara terus menerus tanpa diimbangi dengan pupuk organik akan menjadikan tanah semakin masam. Hasil percobaan tersebut sejalan dengan penelitian Starast *et al.*, (2003) dalam Kaya (2014) yang menyatakan bahwa masukan dari pupuk anorganik N, P dan K dapat menurunkan pH tanah karena dalam pupuk anorganik mengandung sulfur dan ammonium yang jika bereaksi dengan molekul air, oksigen dan karbondoksida dapat menghasilkan ion  $H^+$  yang dapat menurunkan nilai pH tanah menjadi lebih masam.

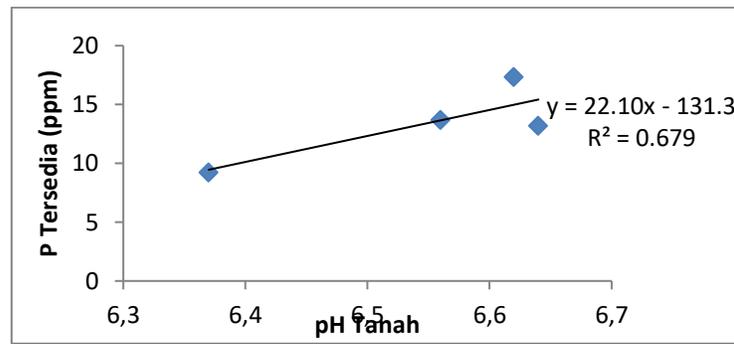
#### 4. Hubungan pH Tanah dengan Ketersediaan P Tanah

Kelarutan fosfor tanah untuk tanaman yaitu pada pH netral. Apabila tanah dengan pH cenderung basa, maka fosfor akan diikat oleh Mg dan Ca (Mallarino, 2000). Kemudahan unsur-unsur hara dapat diserap oleh tanaman ditentukan oleh reaksi tanah yang terjadi. Unsur hara mudah di serap oleh tanaman umumnya pada pH netral. Hal ini dikarenakan unsur hara yang berada pada kisaran pH netral kebanyakan larut dalam air dan mempengaruhi perkembangan mikroorganismenya. Selain itu, perkembangan bakteri dan jamur yang bermanfaat bagi tanah dan tanaman akan optimal pada  $pH > 5,5$ . Peningkatan pH selaras dengan peningkatan ketersediaan P dalam tanah seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3. Chairuman (2008) menerangkan bahwa ketersediaan P dalam tanah sangat dipengaruhi oleh perubahan pH tanah, artinya semakin naik pH ke arah kondisi optimal (netral) maka semakin tinggi pula jumlah P tersedia dalam tanah Ultisol.



Gambar 3. Hubungan pH Tanah dan P-Tersedia Tanah

Variabel-variabel yang diamati adalah pH tanah dan ketersediaan P dalam tanah. Untuk menentukan bentuk hubungan antara pH tanah dan ketersediaan P dalam tanah dilakukan analisis regresi linear sederhana. Berdasarkan hasil analisis regresi terlihat pH tanah berhubungan nyata terhadap ketersediaan P dalam tanah. Semakin netral nilai pH pada tanah maka semakin banyak pula jumlah P yang tersedia dalam tanah.



Gambar 4. Kurva Nilai pH Tanah dan Ketersediaan P Dalam Tanah

### 5. Pengaruh Perlakuan terhadap Nilai Serapan P Jaringan Tanaman

Nilai serapan fosfor saat tanaman berumur 45 hari pada jaringan atas tanaman kedelai dipengaruhi oleh nilai kadar P jaringan tanaman dan berat kering tanaman. Hasil pengukuran nilai serapan P jaringan atas tanaman menunjukkan hasil yang berbeda nyata secara signifikan. Nilai Serapan P jaringan atas tanaman kedelai dapat dilihat pada tabel 2:

Tabel 2. Nilai Serapan P Jaringan Atas Tanaman

Sampel	Kadar P (%) (rerata)	Berat kering brangkasan (g) (rerata)	Serapan P (mg/tan) (rerata)	Notasi
Kontrol	0.13	3.76	4.87	c
P1	0.16	8.55	10.69	b
P2	0.19	11.01	16.76	a
P3	0.18	8.2	11.56	b

**Keterangan :** angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut dengan uji DMRT pada taraf nyata 5%. Kontrol (tanpa perlakuan), P1 (50% Rekomendasi Pupuk Anorganik + 10 gr pupuk bio-organik P), P2 (75% Rekomendasi Pupuk Anorganik + 10 gram pupuk bio-organik P), P3 (100% Rekomendasi Pupuk Anorganik + Tanpa pupuk bio-organik P).

Berdasarkan tabel 2, perlakuan kontrol berbeda nyata dengan semua perlakuan. Perlakuan P1 tidak berbeda nyata dengan perlakuan P3, Perlakuan P2 berbeda nyata dengan semua perlakuan. Serapan P tanaman tertinggi pada perlakuan P2 dengan perlakuan kombinasi 75% rekomendasi pupuk anorganik + 10 gr pupuk bio-organik P. Hal tersebut menunjukkan hubungan antara kadar P terserap tanaman dengan berat brangkasan kering tanaman. Semakin tinggi kadar P terserap oleh tanaman maka dapat meningkatkan berat biomassa dan tajuk tanaman. Menurut Lakitan (2010) unsur hara tersedia yang diserap oleh tanaman dapat dicerminkan dari berat kering brangkasan tanaman. Peningkatan berat brangkasan kering

menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat serapan unsur hara oleh tanaman dan nilai serapan P pada akar tanaman. Pada penelitian Rhomdani (2019) hasil penelitian menunjukkan perlakuan P3B2 dengan dosis 100% pupuk anorganik dan 10 gr pupuk hayati P memberikan nilai berat kering akar tanaman yang sangat tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Mikroba pelarut fosfat yang terkandung pada pupuk hayati P menjadi solusi terbaik untuk peningkatan pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman karena mikroba pelarut fosfat mampu menyediakan P dalam tanah yang mudah terserap oleh tanaman.

Penelitian Puspitasari (2018) mengatakan bahwa penambahan pupuk fosfat dapat meningkatkan berat brangkasan kering tongkol jagung dengan rata-rata 213.58 g. Sedangkan perlakuan kontrol memiliki rata-rata berat brangkasan sebesar 114.58 g. Peningkatan nilai serapan P oleh tanaman dihitung dari nilai kadar P dikalikan dengan nilai berat kering brangkasan tanaman. Penambahan dosis pupuk anorganik dan bio-organik P pada perlakuan P2 memaksimalkan jumlah serapan P oleh tanaman. Dermawan *et al.* (2017) peningkatan ketersediaan unsur hara P di dalam tanah dapat dilakukan dengan mengkombinasikan pupuk anorganik dengan pupuk hayati sehingga hara-hara tersebut mampu terserap dengan baik oleh tanaman. Hal ini juga ditunjukkan oleh hasil penelitian Yuniarti *et al.* (2018) yang menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati P dengan pupuk anorganik dapat meningkatkan serapan P oleh tanaman kedelai.

Perlakuan P1 dengan rekomendasi 50% pupuk anorganik+pupuk bio-organik P menunjukkan peningkatan serapan P tanaman sebesar 10.69 mg/tanaman dibandingkan dengan kontrol sebesar 4.87 mg/tanaman. Di sisi lain pada perlakuan P3 jumlah P serapan jaringan tanaman sebesar 11.56 mg/tanaman. Penambahan dosis rekomendasi P3 sebesar 100% takaran rekomendasi tanpa diberikan pupuk bio-organik P ternyata tidak berbeda nyata dengan perlakuan P1 dalam meningkatkan jumlah P serapan oleh tanaman. Sehingga hal tersebut membuktikan bahwa pemberian pupuk bio-organik P 10 g/lubang tanam mampu mengurangi 50% dosis takaran pupuk anorganik. Penggunaan kombinasi pupuk anorganik dan pupuk hayati dikarenakan adanya proses simbiosis yang terjadi antara pupuk anorganik dengan aktivitas mikroorganisme pada pupuk hayati dengan memecah ikatan ion P di dalam tanah oleh asam-asam organik yang dihasilkan sehingga fosfat mudah terseap oleh tanaman (Dermawan *et al.*, 2017).

## 6. Pengaruh Perlakuan terhadap Populasi Bakteri Pelarut Fosfat

Hasil pengukuran jumlah populasi bakteri pelarut fosfat pada setiap perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda nyata secara signifikan pada saat tanaman berumur 45 hari. Hasil analisis uji lanjut dapat dilihat pada tabel 3. Berdasarkan tabel 3, perlakuan kontrol berbeda nyata dengan semua perlakuan. Perlakuan P1 berbeda nyata dengan semua perlakuan, perlakuan P2 berbeda nyata dengan semua perlakuan, perlakuan P3 berbeda nyata dengan semua perlakuan.

Tabel 3. Jumlah Populasi Bakteri Pelarut Fosfat Dikonversikan Dalam Log

Perlakuan	Populasi Bakteri (cfu/g) (rerata)	Populasi Bakteri (log cfu/g) (rerata)	Notasi
Kontrol	$9 \times 10^4$	4.96	d
P1	$4.56 \times 10^7$	7.54	a
P2	$1.16 \times 10^7$	6.97	b
P3	$1.14 \times 10^6$	5.96	c

**Keterangan** : angka-angka pada gambar yang diikuti dengan huruf yang sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut dengan uji DMRT pada taraf nyata 5%. Kontrol (tanpa perlakuan), P1 (50% Rekomendasi Pupuk Anorganik + 10 gram pupuk bio-organik P), P2 (75% Rekomendasi Pupuk Anorganik + 10 gram pupuk bio-organik P), P3 (100% Rekomendasi Pupuk Anorganik + Tanpa pupuk bio-organik P).

Perlakuan P1 memiliki populasi BPF tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Jumlah rata-rata populasi BPF pada P1 sebesar  $9 \times 10^4$  cfu/g atau dalam konversi log menjadi 7.54 log cfu/g. Hasil ini dapat terjadi akibat pemberian pupuk bio-organik P ke dalam tanah. Pupuk bio-organik P berbahan baku pupuk kandang, dedak, dan pupuk hayati P. Pupuk hayati P mengandung mikroorganisme yang akan mengekskresikan asam-asam organik untuk memecah ikatan Ca-P sehingga P tersedia untuk tanaman (Nailul et. al., 2011). Bhattacharjee dan Dey (2014) mengatakan selain berfungsi sebagai bahan organik, dedak dapat difungsikan sebagai bahan pembawa (carriers) yang dapat digunakan untuk formulasi produk pupuk hayati P. Sedangkan pupuk kandang menjadi sumber energi bagi mikroorganisme tanah untuk aktivitas metabolismenya (Suryantini, 2002). Kedua bahan organik tersebut yang ditambahkan pupuk hayati P merupakan perpaduan yang pas untuk meningkatkan jumlah bakteri pelarut fosfat di dalam tanah.

Perlakuan P2 memiliki jumlah rata-rata populasi BPF sebanyak  $1.16 \times 10^7$  cfu/g atau dalam konversi log menjadi 6.97 log cfu/g. Hasil ini menunjukkan perlakuan P2 lebih rendah dibandingkan P1. Padahal, kedua perlakuan sama-sama diberikan 10/g pupuk bio-organik P ke dalam tanah. Hal ini dapat terjadi akibat perbedaan jumlah dosis pupuk anorganik yang dimasukkan. Pemberian pupuk anorganik yang berlebihan dapat menyebabkan turunnya jumlah bahan organik dalam tanah sehingga populasi mikroba dalam tanah menjadi terganggu (Herdiyanto, 2015).

Perlakuan P3 dengan perlakuan 100% pupuk anorganik tanpa pupuk bio-organik P menghasilkan jumlah rata-rata populasi BPF sebesar  $1,14 \times 10^6$  cfu/g atau dalam konversi log sebesar 5.96 log cfu/g. Salah satu faktor yang mempengaruhi perkembangan populasi bakteri pelarut fosfat dalam tanah yaitu pH tanah. Rendahnya pH dapat mengganggu populasi bakteri pelarut fosfat untuk berkembang. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan Starast et al., (2003) dalam Kaya (2014) yang menjelaskan bahwa pengaplikasian pupuk anorganik N, P dan K dapat menurunkan pH tanah menjadi masam dikarenakan reaksi yang terjadi pada pupuk anorganik

mengandung sulfur dan ammonium terhadap molekul air, oksigen dan karbondoksida dapat menghasilkan ion H<sup>+</sup>.

Rendahnya jumlah populasi bakteri pelarut fosfat juga dapat disebabkan karena minimnya ketersediaan sumber karbon di dalam tanah. Karbon menjadi salah satu sumber energi bagi mikroorganisme tanah. Eksudat akar yang dihasilkan akar tanaman menjadi salah satu sumber karbon bagi mikroorganisme di dalam tanah. Pada tanah yang diberikan masukan pupuk organik, jumlah sumber karbon menjadi lebih banyak tersedia. Sehingga hal tersebut membuat mikroorganisme mendapatkan asupan energi lebih banyak. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Wicaksono et. al. (2015) yang mengatakan mikroorganisme tanah membutuhkan sumber makanan untuk tumbuh dari karbon yang terkandung pada bahan organik di dalam tanah, sehingga total mikroorganisme maupun aktifitasnya di dalam tanah juga tinggi. Penggunaan pupuk bio-organik P pada tanaman yang mengandung banyak bahan organik tanpa pemberian pupuk anorganik tidak dapat sepenuhnya meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai. Pemanfaatan bakteri pelarut fosfat juga tetap membutuhkan pupuk anorganik sebab keberadaannya tidak cukup untuk menunjang pertumbuhan tanaman kedelai. Hal itu sejalan dengan pernyataan Simanungkalit (2001) peranan pupuk bio-organik P tidak sepenuhnya dapat menggantikan pupuk anorganik, sehingga alternatif terbaik adalah dengan mengkombinasikannya.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ketersediaan P di dalam tanah terbaik yaitu pada perlakuan P2 sebesar 17.33 ppm. Selain itu serapan P tanaman terbaik adalah pada perlakuan P2 yaitu sebesar 11.01 gram. Perlakuan P2 memberikan pengaruh yang paling baik terhadap jumlah ketersediaan P dalam tanah maupun serapan P tanaman yang dipengaruhi oleh jumlah bakteri pelarut fosfat yang tersedia yaitu berkisar dari  $1.14 \times 10^6$  cfu/g -  $4.56 \times 10^7$  cfu/g. Masukan pupuk bio-organik P mampu meningkatkan pH lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan rekomendasi 100% pupuk anorganik maupun kontrol.

### DAFTAR PUSTAKA

- Atekan dan A. Surahman. 1997. Peranan Bahan Organik Asal daun Gamal (*Gricidia sepium*) Sebagai Amelioran Alumunium Pada Tanah Ultisol. BPTP. Malang.
- Atmojo, S.W. 2003. Peranan Bahan Organik Terhadap kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Balai Penelitian Tanah. 2014. Rekomendasi Pemupukan Tanaman Kedelai Pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di Bogor.  
[http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/eng/dokumentasi/lainnya/rekomen\\_dasi-kedelai-terbaru/](http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/eng/dokumentasi/lainnya/rekomen_dasi-kedelai-terbaru/). [Maret 2022].

- Balai Penelitian Tanah. 2005. petunjuk teknis analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Bhattacharjee R, Dey U (2014) Biofertilizer, a way towards organic agriculture: A review. *Afr J Microbiol Res* 8:2332-2342. DOI: 10.5897/AJMR2013.6374
- Chairuman N. 2008. Efektifitas Cendawan Mikoriza Arbuskula Pada Beberapa Tingkat Pemberian Kompos Jerami Terhadap Ketersediaan Fosfat Serta Pertumbuhan dan Produksi Padi Gogo di tanah Ultisol. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Dermawan H., Iwan, H., A. Sofian. 2017. Aplikasi Cendawan Pelarut Fosfat Indigenus Tanah Sawah Meningkatkan Ketersediaan dan Serapan P Padi Sawah. *Jurnal Agron Indonesia*. Vol. 45 (1): 9-13.
- Hamastuti H. 2012. Peran Mikroorganisme *Azotobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Aspergillus niger* pada Pembuatan Kompos Limbah Sludge Industri Pengolahan Susu. *Jurnal Teknik Pomits*. 1(1):1-5.
- Hanum C. 2013. Pertumbuhan, hasil, dan mutu biji kedelai dengan pemberian pupuk organik dan fosfor. *J. Agron. Indonesia*. 41: 209 – 214.
- Hardjowigeno, S., Widiatmaka. 2001. Evaluasi Lahan Dan Perencanaan Tataguna Lahan. IPB Press. Bogor.
- Hardjowigeno. 2007. Ilmu Tanah. Pusaka Utama. Jakarta. FAO. 2013. FAOSTAT Database. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. [Februari 2022].
- Herdianto D., Setiawan A. 2015. Upaya Peningkatan Kualitas Tanah Melalui Sosialisasi Pupuk Hayati, Pupuk Organik, Dan Olah Tanah Konservasi Di Desa Sukamanah Dan Desa Nanggerang Kecamatan Cigalontang Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Iptek*. 4 (1): 47 - 53
- Kaya, Elizabeth. 2014. Pengaruh Pupuk Organik dan Pupuk NPK Terhadap pH dan K-tersedia Tanah Serta Serapan K Pertumbuhan dan Hasil Padi Sawah (*Oryza ativa* L.). *Buana Sains*. 14.
- Lakitan. 2010. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Lingga P., Marsono. 2000. Petunjuk Penggunaan Pupuk. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Nailul F., Wirdhatul, M., Tutik, N. 2011. Pengaruh Kombinasi Media Pembawa Pupuk Hayati Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap pH dan Unsur Hara Fosfor dalam Tanah. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 5 (2): 2337-3550.
- Rhomdani A.R. 2019. Uji Penggunaan Pupuk Hayati P dan Anorganik Terhadap Ketersediaan P Dalam Tanah dan Serapan P Dalam Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merri). Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Mataram.
- Simanungkalit R. D. M. 2001. Aplikasi Pupuk Hayati dan Pupuk Kimia : Suatu Pendekatan Terpadu. Buletin Agrobio Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman. Bogor.
- Simanungkalit R.D.M., Suriadikarta D. A., Saraswati R., Setryorini D., Hartatik W. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Bogor.

- Simanungkalit. 2006. Aplikasi Pupuk Hayati dan Pupuk Kimia : Suatu Pendekatan Terpadu. J. Agronomi Bioteknologi. 4 (2): 56-61.
- Subba Rao N. S. 2013. *Biofertilizer in Agriculture and Forestry*. Four Edition. Oxford and IBM Publishing.
- Suliasih., S Widawati. 2015. Peningkatan hasil jagung dengan menggunakan pupuk organik hayati (POH). Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversity Indonesia, Maret 2015. 1 (1):145-149.
- Suryantini. 2002. Pemanfaatan bahan organik dan VAM untuk pertumbuhan dan hasil tanaman kacang. Dalam: Soejitno J, Hermanto, Sunihardi (ed). Sistem produksi pertanian ramah lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Susilowati L E., Nurjannah W A. 2018. Characterization Indigenous Phosphate Solubilizing of Bacteria (PSB) by in-Vitro from Dry Land of Northern Lombok. Jurnal Biologi.
- Wicaksono T., Sagiman S., Umran I. 2015. Kajian Aktivitas Mikroorganisme Tanah Pada beberapa Cara Penggunaan Lahan Di Desa Pal Ix Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya. Fakultas Pertanian Universitas Tanjung Pura. Pontianak
- Yuniarti A., Yuliati M., Eso S., Yogi S., Apong S. 2018. Aplikasi Pupuk N, P, K dan Konsorsium Pupuk Hayati terhadap Retensi Hara, Serapan dan Hasil Kedelai (*Glycine max L. Merri*) Pada Inceptisol. *Soilrens*. 16 (1).