



Uji Isolat Fungi Pelarut Fosfat dari Beberapa Jenis Tanah Terhadap Ketersediaan Hara Fosfat dan Pertumbuhan Tanaman Jagung pada Tanah Ultisol

Rizka Wahyumi^{1*}, Rita Hayati², Leony Agustine³

^{1,2,3}Rogram Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura, Indonesia

Email Penulis Korespondensi: lc1051191028@student.untan.ac.id

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan fungi pelarut fosfat dari beberapa jenis tanah terhadap ketersediaan hara fosfat dan pertumbuhan tanaman jagung pada tanah Ultisol. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap terdiri dari 7 perlakuan dan 4 ulangan, sehingga terdapat 28 polybag. Perlakuan yang digunakan yaitu P0: Tanpa isolat, P1: Isolat asal tanah Aluvial spesies 1 (A sp1), P2: Isolat asal tanah Aluvial spesies 2 (A sp2), P3: Isolat asal tanah Ultisol spesies 1 (U sp1), P4: Isolat asal tanah Ultisol spesies 2 (U sp2), P5: Isolat asal tanah Histosol spesies 1 (H sp1), dan P6: Isolat asal tanah Histosol spesies 2 (H sp2). Hasil penelitian ini adalah bahwa fungi pelarut fosfat dari jenis tanah Aluvial P2 (A sp2) meningkatkan P-tersedia tanah dan pertumbuhan tanaman jagung dibanding P0 (kontrol). Perlakuan P2 (A sp2) meningkatkan P-tersedia tanah sebesar 317%, tinggi tanaman sebesar 96%, dan meningkatkan diameter batang sebesar 112%.

Kata Kunci: Fungi Pelarut Fosfat, Ultisol, Jagung, Kesuburan Tanah, Pertumbuhan Tanaman

Abstract— This study aims to determine the ability of the phosphate solubilizing fungi of several types of soil on the availability of phosphate nutrients and the growth of maize plants on Ultisol soil. This study used a completely randomized design consisting of 7 treatments and 4 replications, so there were 28 polybags. The treatments used were P0: No isolate, P1: Isolate from Alluvial soil species 1 (A sp1), P2: Isolate from Alluvial soil species 2 (A sp2), P3: Isolate from soil Ultisol species 1 (U sp1), P4: Isolate from soil Ultisol species 2 (U sp2), P5: Isolate from soil Histosol species 1 (H sp1), and P6: Isolate from soil Histosol species 2 (H sp2). The results of this study were that the phosphate solubilizing fungi of alluvial soil type P2 (A sp2) increased soil available P and corn plant growth compared to P0 (control). Treatment P2 (A sp2) increased soil-available P by 317%, plant height by 96%, and increased stem diameter by 112%.

Keywords: Phosphate Solubilizing Fungi, Ultisol, Corn, Soil Fertility, Plant Growth

I. PENDAHULUAN

Sebaran Ultisol di Indonesia cukup luas mencapai 45,7 juta hektar atau sekitar 25% dari total luas Indonesia. Tingginya potensi pemanfaatan tanah Ultisol sebagai lahan pertanian tidak sesuai dengan produktivitasnya. Ultisol memiliki kendala tanah yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Tingginya potensi pemanfaatan tanah Ultisol sebagai lahan pertanian tidak diimbangi dengan produktivitasnya. Ultisol memiliki kendala karakteristik tanah yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Keadaan tanah Ultisol tergolong sangat masam memiliki nilai pH 4,33, sehingga dapat mempengaruhi ketersediaan unsur hara terutama fosfor (P) di dalam tanah. Fosfor yang diserap oleh tanaman adalah fosfat [1].

Unsur hara fosfat merupakan salah satu unsur hara makro penting yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman jagung. Fosfat berperan penting dalam pembelahan sel, produksi energi biokimia Adenosin diphosphate (ADP) dan Adenosin triphosphate (ATP) yang nantinya dibutuhkan dalam proses fotosintesis dan siklus glikogen, membentuk nucleoprotein, berperan dalam metabolisme karbohidrat, dapat memacu pertumbuhan akar dan membentuk sistem perakaran yang baik sehingga daya serap nutrisi lebih baik [2]. Tanaman jagung membutuhkan fosfat untuk pertumbuhannya, sehingga perlu dilakukan suatu usaha untuk mengurangi fosfat yang terikat di dalam tanah.

Petani dalam mencukupi unsur hara P untuk tanaman jagung biasanya menggunakan pupuk kimia. Penggunaan

pupuk kimia secara terus menerus dapat menurunkan kualitas tanah. Upaya yang dapat dilakukan untuk memenuhi fosfat di dalam tanah yaitu dengan fungi pelarut fosfat. Mikroorganisme seperti fungi pelarut fosfat digunakan untuk memecah senyawa kompleks yang tidak dapat diserap oleh tanaman menjadi tersedia dan dapat digunakan oleh tanaman.

Beberapa penelitian terdahulu telah melaporkan bahwa fungi pelarut fosfat dapat meningkatkan pH tanah, P-tersedia, tinggi tanaman, dan berat kering tajuk [3]. Untuk itu, perlu mengetahui lebih lanjut peningkatan ketersediaan unsur hara fosfat dan pertumbuhan tanaman jagung pada tanah Ultisol akibat perlakuan fungi pelarut fosfat dari beberapa jenis tanah.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan susunan Rancangan Acak Lengkap (RAL) karena percobaan yang digunakan bersifat homogen dan yang diperhitungkan hanya perlakuan yang diaplikasikan. Penelitian ini terdiri dari 7 perlakuan dan 4 ulangan sehingga terdapat 28 polybag. Perlakuan dalam penelitian sebagai berikut: P0 : Tanpa isolat, P1 : Isolat asal tanah Aluvial (A sp1), P2 : Isolat asal tanah Aluvial (A sp2), P3 : Isolat asal tanah Ultisol (U sp1), P4 : Isolat asal tanah Ultisol (U sp2), P5 : Isolat asal tanah Histosol (H sp1), dan P6 : Isolat asal tanah Histosol (H sp2).

Parameter penelitian yang diukur dalam penelitian ini sebagai berikut: Pengukuran pH tanah menggunakan alat



pH meter dengan pelarut aquades (H₂O), pengukuran karbon organik menggunakan metode oksidasi basah (Walkey & Black) yang diukur dengan alat Spektrofotometer dalam satuan persen (%), penetapan P-tersedia tanah dilakukan dengan menggunakan metode P Bray I dengan satuan ppm (part per million), penetapan P-total tanah dilakukan dengan menggunakan pereaksi HCL 25% dengan satuan mg/100 g, pengukuran tinggi tanaman dimulai saat tanaman berumur 2 minggu setelah penanaman menggunakan meteran dengan satuan cm, dan diameter batang diukur menggunakan jangka sorong dengan satuan mm. Analisis data dilakukan menggunakan SPSS *for windows* pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kemampuan Fungi Pelarut Fosfat dalam Melarutkan Fosfat

Indeks kelarutan fosfat dapat digunakan sebagai parameter untuk menentukan kemampuan fungi dalam melarutkan fosfat. Pengamatan hasil seleksi (Tabel 1) dengan mempertimbangkan indeks kelarutan fosfat, maka ditemukan masing - masing 2 isolat fungi pelarut fosfat terpilih dari beberapa jenis tanah. Isolat - isolat terpilih tersebut selanjutnya akan diuji lebih lanjut kemampuannya dalam melarutkan fosfat pada media tanah Ultisol. Hasil seleksi fungi pelarut fosfat berdasarkan indeks kelarutan fosfat dan karakteristik morfologi fungi pelarut fosfat dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Seleksi Fungi Pelarut Fosfat Berdasarkan Indeks Kelarutan Fosfat dan Karakteristik Morfologi Fungi Pelarut Fosfat

Asal Isolat	Kode Isolat	Diameter Koloni (DK) (mm)	Diameter Zona Bening (ZB) (mm)	IKF (DK+ZB/DK) (mm)	Warna Koloni
Aluvial	A sp1	11.51	9.76	1.85	Putih, kuning kecoklatan
	A sp2	16.01	28.74	2.80	Hijau tua
Ultisol	U sp1	11.76	19.35	2.65	Hitam
	U sp2	14.27	11.20	1.78	Kuning kecoklatan
Histosol	H sp1	11.04	10.58	1.96	Putih
	H sp2	13.76	16.30	2.19	Hijau muda

Keterangan : A sp1: Isolat asal tanah Aluvial spesies 1, A sp2: Isolat asal tanah Aluvial spesies 2, U sp1: Isolat asal tanah Ultisol spesies 1, U sp2: Isolat asal tanah Ultisol spesies 2, H sp1: Isolat asal tanah Histosol spesies 1, dan H sp2: Isolat asal tanah Histosol spesies 2

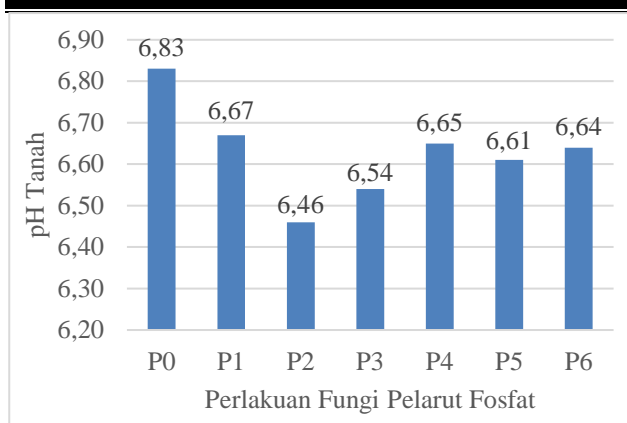
Seleksi fungi pelarut fosfat bertujuan untuk menyeleksi kemampuan fungi pelarut fosfat dalam melarutkan fosfat. [4] menyatakan kemampuan fungi pelarut fosfat dalam melarutkan fosfat dapat dilihat dari zona bening yang terbentuk pada media *pikovskaya*. Tabel 1 menunjukkan bahwa keenam jenis fungi pelarut fosfat dapat melarutkan fosfat pada media *pikovskaya*. Zona Bening terbentuk karena adanya asam organik yang diekskresikan oleh fungi dan kemudian berikatan dengan ion Ca dari Ca₃(PO₄)₂ pada media *pikovskaya* dan membebaskan H₂PO₄ sehingga membentuk area yang bening. Indeks kelarutan fosfat tertinggi pada penelitian ini dihasilkan oleh A sp2 (isolat asal tanah Aluvial spesies 2) yaitu sebesar 2.80 mm. Perbedaan ukuran zona bening yang terbentuk pada setiap isolat berkaitan dengan kemampuan masing - masing isolat dalam melarutkan fosfat yang terikat.

Hasil yang diperoleh diperkuat oleh pernyataan [5] adanya perbedaan isolat yang tumbuh pada media *pikovskaya* dalam hal kecepatan untuk terbentuknya zona bening dan luasnya zona bening karena terdapat perbedaan

kuantitas dan kualitas komponen asam-asam organik yang diekskresikan oleh masing-masing spesies. Setiap spesies fungi mempunyai kemampuan secara genetik yang berbeda dalam menghasilkan asam - asam organik baik dalam jumlah maupun jenisnya selama pertumbuhan. Hal tersebut yang menyebabkan bentuk zona bening yang dihasilkan memiliki ukuran yang berbeda. [6] juga menyatakan bahwa secara genetik isolat akan mensekresikan asam organik dalam jumlah dan jenis yang berbeda. Jumlah dan jenis asam organik inilah yang berperan dalam menentukan tingginya pelarutan fosfat.

B. Pengaruh Perlakuan Terhadap Sifat Kimia Tanah 1. Reaksi Tanah (pH)

Hasil rerata nilai pH tanah memperlihatkan adanya kecenderungan penurunan dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Rerata nilai pH tanah akibat pemberian fungi pelarut fosfat dari beberapa jenis tanah disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Perlakuan Fungi Pelarut Fosfat dari Beberapa Jenis Tanah Terhadap pH Tanah

Gambar 1 menunjukkan bahwa perlakuan pemberian fungi pelarut fosfat cenderung menurunkan pH tanah jika dibandingkan dengan kontrol. Meningkatnya kadar H⁺ di dalam tanah dikarenakan pengaplikasian fungi pelarut fosfat dapat menghasilkan asam-asam organik yang dapat meningkatkan kemasaman tanah. Hal ini sesuai dengan pernyataan [7] mikroba pelarut fosfat menghasilkan sejumlah asam organik yaitu asam klorida, asam sulfat, asam nitrat, dan asam karbonat.

Fungi akan tumbuh dengan optimal di dalam lingkungan yang menguntungkan. Satu diantara faktor yang berpengaruh terhadap kelangsungan hidup fungi adalah pH tanah. [8] menyatakan bahwa fungi memiliki kemampuan lebih dalam beradaptasi dengan pH sangat masam hingga netral sehingga masih dapat toleran dan mampu bertahan hidup di pH yang netral.

2. Carbon (C) Organik Tanah

Tabel 2. Perlakuan Fungi Pelarut Fosfat dari Beberapa Jenis Tanah Terhadap C-organik Tanah

Perlakuan	Rerata C-Organik (%)	Kriteria
P0 (kontrol)	0.84a	Sangat Rendah
P1 (A sp1)	1.25ab	Rendah
P2 (A sp2)	1.83b	Rendah
P3 (U sp1)	1.37ab	Rendah
P4 (U sp2)	1.20ab	Rendah
P5 (H sp1)	1.23ab	Rendah
P6 (H sp2)	1.63b	Rendah

Sumber : Hasil Analisis Data 2023

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama berbeda tidak nyata pada uji Anova dan BNJ pada taraf kepercayaan 95%

Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan P2 (A sp2) berbeda tidak nyata dengan perlakuan lainnya, namun berbeda nyata dengan P0 (kontrol). Nilai C-organik tanah meningkat pada perlakuan P2 sejalan dengan tingginya nilai P-tersedia. Hal ini menandakan bahwa tingginya aktivitas mikroorganisme di dalam tanah. Tingginya

aktivitas mikroorganisme menunjukkan bahwa terjadi penambahan kuantitas mikroorganisme yang dapat dinyatakan dengan ukuran pertumbuhan jumlah dan ukuran koloni. Tinggi rendahnya kandungan karbon di dalam tanah dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme dalam merombak bahan organik tanah. Hal ini di dukung oleh pernyataan [9] yang menyatakan bahwa jenis dan jumlah mikroorganisme yang berbeda dapat berpengaruh terhadap laju dekomposisi bahan organik.

3. Fosfor (P) Tersedia Tanah

Tabel 3. Perlakuan Fungi Pelarut Fosfat dari Beberapa Jenis Tanah Terhadap P-tersedia Tanah

Perlakuan	Rerata P-tersedia (ppm)	Kriteria
P0 (kontrol)	14.12a	Rendah
P1 (A sp1)	36.40b	Sangat Tinggi
P2 (A sp2)	58.98d	Sangat Tinggi
P3 (U sp1)	53.67cd	Sangat Tinggi
P4 (U sp2)	45.72c	Sangat Tinggi
P5 (H sp1)	45.84c	Sangat Tinggi
P6 (H sp2)	52.79cd	Sangat Tinggi

Sumber : Hasil Analisis Data 2023

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama berbeda tidak nyata pada uji Anova dan BNJ pada taraf kepercayaan 95%

Tabel 3 menunjukkan perlakuan P2 berbeda nyata dengan perlakuan lainnya namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan P3 dan P6. Perlakuan P2 (Isolat asal tanah Aluvial spesies 2) memiliki P-tersedia tertinggi sebesar 58.98 ppm, sedangkan perlakuan yang menunjukkan P-tersedia terendah terletak pada perlakuan P0 (kontrol) sebesar 14.12 ppm. Pemberian fungi pelarut fosfat menghasilkan P-tersedia tertinggi di dalam tanah dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian fungi pelarut fosfat. [10] menyatakan fungi pelarut fosfat dapat meningkatkan ketersediaan P-tersedia di dalam tanah sehingga P dapat diserap oleh tanaman.

Perlakuan P2 pada penelitian ini memberikan nilai indeks kelarutan fosfat tertinggi atau menghasilkan zona bening terluas dibandingkan isolat lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa zona bening yang dihasilkan menjadi parameter kemampuan fungi dalam melarutkan fosfat dan secara kuantitatif dapat dipengaruhi dari beberapa faktor seperti asam organik yang disekresikan serta kemampuan dalam beradaptasi dan sifat genetik fungi tersebut. Dijelaskan oleh [11] bahwa asam - asam organik dan enzim fosfatase yang dihasilkan ekskresi mikroba pelarut fosfat dapat memacu proses mineralisasi P organik dengan cara



mengkatalisis pelepasan P dari kompleks organik menjadi kompleks anorganik agar tersedia untuk tanaman.

4. Fosfor (P) Total Tanah

Tabel 4. Perlakuan Fungi Pelarut Fosfat dari Beberapa Jenis Tanah Terhadap P-total Tanah

Perlakuan	Rerata P-total (mg 100g ⁻¹)	Kriteria
P0 (kontrol)	13.67a	Rendah
P1 (A sp1)	30.31b	Sedang
P2 (A sp2)	37.32b	Sedang
P3 (U sp1)	38.89b	Sedang
P4 (U sp2)	33.46b	Sedang
P5 (H sp1)	33.82b	Sedang
P6 (H sp2)	37.36b	Sedang

Sumber : Hasil Analisis Data 2023

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama berbeda tidak nyata pada uji Anova dan BNJ pada taraf kepercayaan 95%

Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan P0 (kontrol) berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, pemberian fungi pelarut fosfat P3 (U sp1) mampu meningkatkan P-total tanah tertinggi meskipun tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Perlakuan pemberian fungi pelarut fosfat berasal dari tanah Ultisol memberikan nilai P-total tertinggi dibandingkan dengan perlakuan asal isolat tanah Aluvial dan Histosol. Hal ini disebabkan isolat pada perlakuan P3 berasal dari jenis tanah yang sama dengan media tanah yang digunakan yaitu Ultisol, sehingga tidak memerlukan adaptasi yang tinggi saat pengaplikasian pada jenis tanah yang sama. Hal ini didukung dengan pernyataan [12] bahwa aktivitas mikroorganisme dalam tanah dipengaruhi oleh lingkungan tempat tinggalnya seperti pH, kelembaban, temperatur, struktur tanah dan lainnya.

P-total tanah yang meningkat juga dipengaruhi adanya proses dekomposisi bahan organik yang dilakukan oleh fungi pelarut fosfat sehingga jumlah P-total yang ada di dalam tanah meningkat. Sesuai dengan pernyataan [13] bahwa mikroorganisme pelarut fosfat mempengaruhi meningkatnya P-total tanah melalui berbagai proses yaitu dekomposisi, mineralisasi dan pelepasan nutrisi.

C. Pengaruh Perlakuan Terhadap Pertumbuhan Tanaman

1. Tinggi Tanaman

Tabel 5. Perlakuan Fungi Pelarut Fosfat dari Beberapa Jenis Tanah Terhadap Tinggi Tanaman Minggu ke-7

Perlakuan	Nilai (cm)
P0 (kontrol)	81.50a
P1 (A sp1)	140.00b
P2 (A sp2)	160.50b
P3 (U sp1)	156.75b
P4 (U sp2)	151.25b
P5 (H sp1)	153.25b
P6 (H sp2)	158.25b

Sumber : Hasil Analisis Data 2023

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama berbeda tidak nyata pada uji Anova dan BNJ pada taraf kepercayaan 95%

Tabel 5 menunjukkan perlakuan P2 (A sp2) berbeda tidak nyata dengan perlakuan lainnya, namun berbeda nyata dengan perlakuan P0. Tanaman tertinggi dari beberapa perlakuan aplikasi fungi pelarut fosfat adalah tanaman dengan perlakuan P2 yaitu sebesar 160.50 cm dan pertumbuhan tinggi tanaman terendah adalah pada perlakuan P0 sebesar 81.50 cm.

Perlakuan P2 memiliki tinggi tanaman tertinggi karena ketersediaan unsur hara P pada perlakuan ini relatif lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Fosfat berfungsi untuk mengatur sintesis protein yang berperan penting dalam proses pembelahan sel serta perkembangan jaringan baru sehingga berdampak pada pertumbuhan tinggi tanaman. Hal tersebut sejalan dengan pendapat [14] menyatakan unsur P merupakan bagian dari protoplasma dan inti sel yang sangat penting dalam pembentukan sel pada jaringan yang sedang tumbuh serta memperkuat batang. [15] menyatakan bahwa unsur hara fosfor merupakan unsur hara makro yang diperlukan oleh pertumbuhan tanaman dalam jumlah yang cukup besar.

2. Diameter Batang

Tabel 6. Perlakuan Fungi Pelarut Fosfat dari Beberapa Jenis Tanah Terhadap Diameter Batang Minggu ke-7

Perlakuan	Nilai (mm)
P0 (kontrol)	10.43a
P1 (A sp1)	15.21b
P2 (A sp2)	22.15d
P3 (U sp1)	20.63d
P4 (U sp2)	16.58bc
P5 (H sp1)	19.59cd
P6 (H sp2)	20.46d

Sumber : Hasil Analisis Data 2023

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama berbeda tidak nyata pada uji Anova dan BNJ pada taraf kepercayaan 95%

Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan P2 (A sp2) berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan P3 dan P5. Perlakuan P2 memberikan nilai diameter batang minggu ke 7 tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya yaitu sebesar 22.14 mm. Sedangkan, diameter batang minggu ke 7 terendah terdapat pada perlakuan P0 (kontrol) sebesar 10.43 mm. Hal ini membuktikan bahwa pemberian fungi pelarut fosfat dapat mempengaruhi besarnya diameter batang jagung.

Besarnya diameter batang jagung pada perlakuan P2 memiliki ketersediaan unsur hara P yang meningkat. Terjadinya perbedaan respon tanaman terhadap diameter batang erat kaitannya dengan peranan P dalam



pembentukan sel baru pada jaringan yang sedang tumbuh. [10] menyatakan bahwa peranan P sangat penting untuk kelangsungan hidup tanaman karena sebagai komponen tiap sel hidup. Satu diantara fungsi unsur hara P adalah untuk merangsang pertumbuhan akar tanaman. Sistem perakaran yang baik dapat memacu pertumbuhan vegetatif terutama diameter batang.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa fungsi pelarut fosfat dari jenis tanah Aluvial P2 (A sp2) meningkatkan P-tersedia tanah dan pertumbuhan tanaman jagung dibanding P0 (kontrol). Perlakuan P2 (A sp2) meningkatkan P-tersedia tanah sebesar 317%, tinggi tanaman sebesar 96%, dan meningkatkan diameter batang sebesar 112%.

REFERENSI

- [1] M. La Habi, J. I. Nendissa, D. Marasabessy, and A. M. Kalay, "Ketersediaan Fosfat, Serapan Fosfat, Dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Akibat Pemberian Kompos Granul Ela Sagu Dengan Pupuk Fosfat Pada Inceptisols," *Agrologia*, vol. 7, no. 1, 2018, doi: 10.30598/a.v7i1.356.
- [2] L. Lukman, "Efek Pemberian Fosfor terhadap Pertumbuhan dan Status Hara pada Bibit Manggis," *J. Hortik.*, vol. 20, no. 1, pp. 18–26, 2010, [Online]. Available: <http://124.81.126.59/handle/123456789/7961>
- [3] Masdariah, M. Sembiring, Mukhlis, and Rosneli, "The increasing of phosphorus availability and corn growth (*Zea mays* L.) with the application of phosphate solubilizing microbes and some sources of organic materials on andisol," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 260, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/260/1/012166.
- [4] Y. S. Hii, C. Yen San, S. W. Lau, and M. K. Danquah, "Isolation and characterisation of phosphate solubilizing microorganisms from peat," *Biocatal. Agric. Biotechnol.*, vol. 26, no. March 2019, p. 101643, 2020, doi: 10.1016/j.bcab.2020.101643.
- [5] B. Anggreanita, Y. S. Pata'dungan, and M. A. Khaliq, "IDENTIFIKASI DAN UJI KEMAMPUAN MELARUTKAN FOSFAT FUNGI PELARUT FOSFAT DARI RHIZOSFER TANAMAN NILAM (*Pogostemon cablin* Benth.) DI DESA MAKMUR KECAMATAN PALOLO KABUPATEN SIGI Identification and Test of the Ability to Dissolve Phosphate Solubilizing Fungi fr," *J. Agrotekbis*, vol. 10, no. 4, pp. 565–573, 2022.
- [6] M. Asril *et al.*, "Mikroorganisme Pelarut Fosfat pada Pertanian Berkelanjutan," pp. 1–147, 2023.
- [7] P. Rawat, S. Das, D. Shankhdhar, and S. C. Shankhdhar, "Phosphate-Solubilizing Microorganisms: Mechanism and Their Role in Phosphate Solubilization and Uptake," *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, vol. 21, no. 1, pp. 49–68, 2021, doi: 10.1007/s42729-020-00342-7.
- [8] R. D. Priyanta, M. W. Proborini, and A. A. R. Dalem, "Phosphate Solvent Fungi Exploration and Identification in West Bali National Park Forest Area," *Metamorf. J. Biol. Sci.*, vol. 6, no. 1, p. 131, 2019, doi: 10.24843/metamorfosa.2019.v06.i01.p21.
- [9] N. Saibi and A. R. Tolangara, "Dekomposisi Serasah *Avecennia lanata* pada Berbagai Tingkat Kedalaman Tanah," *Techno J. Penelit.*, vol. 6, no. 01, p. 56, 2017, doi: 10.33387/tk.v6i01.556.
- [10] D. S. Anggraeni, J. Mutakin, and S. S. Maesyaroh, "Pengaruh Dosis Jamur Pelarut Fosfat *Aspergillus niger* dan Pupuk Kandang Ayam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kubis bunga (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)," *Jagros J. Agroteknologi dan Sains (Journal Agrotechnology Sci.*, vol. 4, no. 1, p. 207, 2019, doi: 10.52434/jagros.v4i1.874.
- [11] A. Timofeeva, M. Galyamova, and S. Sedykh, "Prospects for Using Phosphate-Solubilizing Microorganisms as Natural Fertilizers in Agriculture," *Plants*, vol. 11, no. 16, pp. 1–23, 2022, doi: 10.3390/plants11162119.
- [12] R. Dewi, U. P. Raya, B. Basuki, and U. P. Raya, "UJI POTENSI BAKTERI DAN JAMUR PELARUT FOSFAT DALAM MENINGKATKAN JUMLAH P-TERSEDIA PADA TANAH SULFAT MASAM (Potency Test of Phosphate Solubilizing Bacteria and Phosphate Solubilizin ...," no. March, 2017.
- [13] G. Lovitna, Y. Nuraini, and N. Istiqomah, "Pengaruh Aplikasi Bakteri Pelarut Fosfat Dan Pupuk Anorganik Fosfat Terhadap Populasi Bakteri Pelarut Fosfat, P-Tersedia, Dan Hasil Tanaman Jagung Pada Alfisol," *J. Tanah dan Sumberd. Lahan*, vol. 8, no. 2, pp. 437–449, 2021, doi: 10.21776/ub.jtsl.2021.008.2.15.
- [14] I. D. Rahmawati, K. I. Purwani, and A. Muhibuddin, "Pengaruh Konsentrasi Pupuk P Terhadap Tinggi dan Panjang Akar *Tagetes erecta* L. (Marigold) Terinfeksi Mikoriza Yang Ditanam Secara Hidroponik," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 7, no. 2, pp. 4–8, 2019, doi: 10.12962/j23373520.v7i2.37048.
- [15] G. Kalayu, "Phosphate solubilizing microorganisms: Promising approach as biofertilizers," *Int. J. Agron.*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/4917256.