



Karakterisasi dan Uji Kemampuan Fungi Pelarut Posfat dan Kalium

Siti Mudrikah^{1*}, Intan Putri Puspitaning Ayu¹, Rifki Rahmatullah¹

¹Prodi Bioteknologi Tanah dan Lingkungan, Fakultas Pertanian,
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680 Indonesia

*smudrikah8@gmail.com

Info Artikel	Abstrak
<p>Kata Kunci: Fungi Pelarut P, Fungi Pelarut K, Fosfor, Kalium</p>	<p>Fosfor dan kalium adalah unsur hara makro penting bagi tanaman, namun sering kali tidak tersedia dalam bentuk yang dapat diserap oleh tanaman di tanah. Penggunaan pupuk kimia secara berkelanjutan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Fungi pelarut fosfor (P) dan kalium (K) merupakan mikroorganisme yang berperan dalam meningkatkan ketersediaan kedua unsur hara ini dengan mengubah bentuknya menjadi lebih mudah diserap tanaman. Pendekatan biologis ini lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan penggunaan pupuk kimia, terutama pada lahan masam. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik morfologi makroskopis dan mikroskopis fungi pelarut P dan K serta mengetahui indeks kelarutan fosfat dan kalium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakter morfologi fungi pelarut P dan K mencakup warna koloni depan hitam di tengah dan putih di tepi, warna belakang kuning tua, diameter koloni ± 5 cm, bentuk koloni tak beraturan, dan tekstur halus seperti kapas. Indeks pelarutan fosfat dan kalium masing-masing adalah 2,35 dan 2,23, yang tergolong dalam kategori intermediate. Fase adaptasi dimulai pada 0 jam hingga 24 jam, fase pertumbuhan awal antara 24 hingga 48 jam, fase logaritmik antara 48 hingga 144 jam, dan fase pertumbuhan lambat antara 168 hingga 216 jam, dengan fase stasioner belum terbentuk</p>
<p>Diterima: 01 Oktober 2024</p>	
<p>Disetujui: 03 Desember 2024</p>	

1. PENDAHULUAN

Fosfor (P) dan kalium (K) merupakan unsur hara makro yang sangat dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan dan produksi, namun keberadaan keduanya di tanah sering kali dalam bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, umumnya digunakan pupuk kimia yang mengandung fosfat dan kalium. Namun, penggunaan pupuk fosfat secara berlebihan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan ketidakseimbangan hara (Jayadi *et al.*, 2022), serta menurunkan efektivitasnya akibat reaksi dengan unsur Ca, Fe, dan Al di tanah, terutama di tanah mineral masam. Menurut Jayadi *et al.* (2022) Fosfor (P) bereaksi dengan Ca, Fe dan Al tanah membentuk Ca-P, Fe-P dan Al-P dan sangat kuat dijerap mineral liat hara.

Di sisi lain, mikroorganisme tanah memiliki peran penting dalam ekosistem tanah, terutama dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara. Fungi pelarut fosfor (P) dan kalium (K) adalah kelompok mikroorganisme yang berperan penting dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara ini di tanah. Mereka bekerja dengan cara mengubah bentuk fosfor dan kalium yang tidak larut menjadi bentuk yang tersedia dan dapat diserap oleh tanaman. Fungi pelarut fosfat, melarutkan fosfat dengan mensekresikan asam organik seperti oksalat, suksinat, fumarat, dan malat (Istina *et al.*, 2020). Berdasarkan hasil penelitian mengenai eksplorasi dan identifikasi FPF pada ekosistem pantai didapat 2 genus FPF yaitu *Aspergillus* (12 isolat) dan *Trichoderma* (2 isolat) yang mana *Aspergillus niger* memiliki potensi paling

baik dalam proses pelarutan P (yang dilakukan (Saragih *et al.*, 2015). Mikroba pelarut kalium memiliki kemampuan melepaskan kalium terlarut dari mineral yang mengandung unsur tersebut, sehingga mengubah kalium yang tidak tersedia menjadi bentuk yang dapat dimanfaatkan tanaman (Das & Pradhan, 2016).

Mikroba pelarut kalium meningkatkan ketersediaan unsur ini dengan berbagai mekanisme, termasuk produksi asam organik, pembentukan biofilm pada permukaan mineral, asidolisis, dan pembentukan kompleks yang mempermudah pelepasan kalium (Maurya *et al.*, 2016). Berdasarkan hasil penelitian Fungi seperti *Aspergillus niger*, *A. fumigatus*, dan *A. terreus*, serta *Yeast Torulaspora globosa*, berperan dalam meningkatkan ketersediaan kalium di tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman (Bashir *et al.*, 2017; Prajapati *et al.*, 2013; Ahmad *et al.*, 2016; Lodi *et al.*, 2021). Pendekatan biologis ini menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan penggunaan pupuk kimia, terutama untuk memperbaiki kesuburan tanah. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk identifikasi karakteristik morfologi makroskopis dan mikroskopis Fungi pelarut P dan K serta mengetahui Indeks Kelarutan Fosfat dan Kalium.

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Percobaan di Laboratorium Bioteknologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Institut Pertanian Bogor, Jawa Barat pada bulan Februari – Mei 2020.

Bahan dan Metode

Alat-alat yang digunakan dalam percobaan ini antara lain: *Laminar Air Flow*, autoclaf, pH meter, shaker, oven, vortex, magnetic stirrer, micropipet, aluminium foil, plastik anti panas, sprayer alkohol, erlenmeyer, mikroskop stereo, kapas, rak tabung, gelas ukur, jarum ose, tips, cawan petri, bunsen, plastik wrap, dan *flamephotometer* Corning 40S, UV-VIS, dan *spectrophotometer* UV-1280 Shimadzu.

Bahan yang digunakan dalam percobaan adalah fungi multifungsi pelarut fosfat dan kalium koleksi dari Laboratorium Bioteknologi Tanah dan Lingkungan. Komposisi media *Alexsandrov*; 10 g glukosa, 5 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,5 g $FeCl_3$, 0,1 g $CaCO_3$, 2 g Ca_3PO_4 , 5 g feldspar, 20 g Agar dalam 1 L akuades. Komposisi media *Pykovskaya* 10 g glukosa, 0,5 g yeast ekstrak, 0,1 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 5 g Ca_3PO_4 , 0,5 g $(NH_4)_2SO_4$, 0,2 g KCl, 0,0001 g $MnSO_4$, 0,0001 g $FeSO_4$, 20 g Agar bacto dalam 1 L akuades. Komposisi media *Potato Dextrose Agar* (PDA), 10 g dektrase, 200 g kentang dan 20 gr agar dalam 1L akuades.

Prosedur

Pemurnian Isolat Fungi

Teknik purifikasi atau pemurnian fungi merupakan suatu kegiatan untuk memisahkan atau memindahkan fungi dari lingkungannya yang sudah membentuk koloni atau bergerombol sehingga diperoleh kultur murni. Pemurnian fungi dilakukan dengan cara memotong sedikit bagian fungi menggunakan tusuk kayu yang steril dan ditumbuhkan dalam media PDA baru.

Identifikasi Isolat Fungi (Makroskopis dan Mikroskopis)

Dari hasil skrining, diperoleh isolat fungi yang mempunyai aktivitas yang tinggi. Isolat fungi tersebut digunakan untuk kegiatan selanjutnya dan dikarakterisasi lebih lanjut berdasarkan morfologi secara makroskopis, meliputi: tingkat pertumbuhan (sangat lambat, lambat, cepat, atau sangat cepat); warna koloni; diameter koloni; bentuk koloni; eksudat; pigmentasi; tekstur; permukaan koloni; dan tepi koloni (Barnett dan Hunter, 1998). Karakterisasi mikroskopis isolat fungi meliputi hifa (warna dan ada tidaknya sekat); warna dan bentuk spora.

Uji Kelarutan Fosfat dan Kalium

Isolat fungi yang diperoleh dari hasil pemurnian isolat kemudian dilakukan uji kemampuan fungsionalnya secara kualitatif sebagai pelarut fosfat menggunakan media seleksi *Pikovskaya* padat

dengan sumber fosfat, yaitu: $(Ca_3(PO_4)_2)$. Uji aktivitas fungsional pelarut kalium menggunakan media seleksi Alexandrov padat. Uji kualitatif dilakukan dengan melihat ada tidaknya zona bening di sekitar koloni fungi pada masing-masing media seleksi. Zona bening merupakan indikasi bahwa isolat fungi tersebut dapat melarutkan fosfat dan kalium. Evaluasi kemampuan fungi pelarut dilakukan dengan mengukur diameter zona dan koloni untuk memperoleh indeks pelarutan (IP). Diduga semakin besar nilai indeks pelarutannya maka semakin besar kemampuannya dalam melepaskan fosfat dan kalium. Secara matematis indeks pelarutan menurut Paul dan Sinha (2016) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Indeks Pelarutan (IP)} = \frac{\text{Rata-rata Diameter Zona Bening (DZ)}}{\text{Rata-rata Diameter Koloni (DK)}}$$

Kurva Pertumbuhan

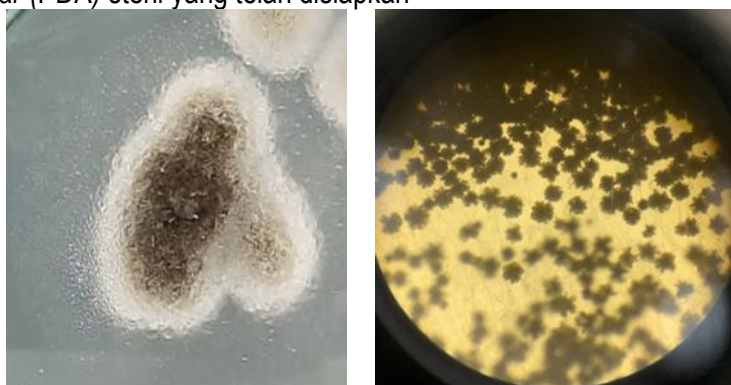
Dinamika pertumbuhan mikroba dapat dipahami dari kurva pertumbuhannya, yang dibuat dengan cara mengukur tingkat pertumbuhan tiap selang waktu tertentu kemudian mengalurkan hasil pengukurannya dalam sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antara biomasa pada suhu y versus periode waktu pengukuran pada sumbu x. Kurva pertumbuhan dalam sejumlah medium terbatas akan mengalami fase-fase sebagai berikut: fase lag (adaptasi), fase eksponensial, fase stasioner dan fase kematian. selain mengetahui fase pertumbuhan juga dapat dihitung waktu generasi, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk penggandaan jumlah sel dari jumlah awal yang diinokulasikan.

Pada pengukuran kurva pertumbuhan fungi dilakukan dengan cara membiakkan potongan fungi pada media PDA baru dengan diameter cawan petri yaitu 9 cm, dan diamati pertumbuhan lebar diameternya selama 216 jam dan dicatat serta dibuat kurva atau grafik pertumbuhannya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pewarnaan Gram dan Bentuk Sel

Isolat fungi pelarut fosfat dan kalium koleksi Bioteknologi Tanah, Fakultas Pertanian IPB, terlebih dahulu diremajakan pada media PDA. Proses ini dilakukan secara aseptik di dalam *laminar air flow*. Isolat fungi diambil secara aseptik menggunakan sedotan dan tusuk kayu kemudian ditumbuhkan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) steril yang telah disiapkan

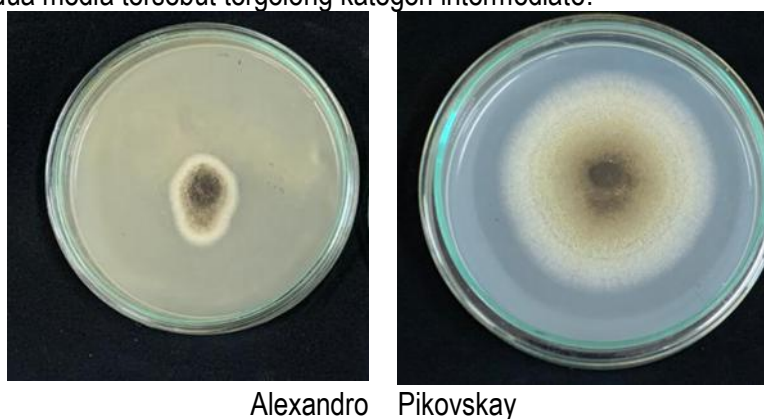


Gambar 1. Hasil identifikasi fungi multifungsi P dan K secara makro dan mikroskopis perbesaran 10x pada media PDA

Berdasarkan karakter morfologi pada $\pm 5-7$ HSI (hari setelah inokulasi) dilihat dari warna koloni bagian depan berwarna hitam pada bagian tengah dan putih pada bagian tepi, warna koloni bagian belakang berwarna kuning tua, diameter ± 5 cm, bentuk koloni tak beraturan, tidak mengeluarkan eksudat dan pigmentasi, tekstur koloni halus seperti kapas (*cottony*), permukaan koloni datar, dan bentuk tepi koloni rata. Hasil penelitian Delinno *et al.* (2024) Fungi Pelarut Fosfat (FPF) yang berhasil diisolasi memiliki ciri-ciri bentuk koloni bulat, warna koloni hitam dengan pinggiran putih, permukaan koloni berpasir, konidia berbentuk bulat, konidiafor tidak bercabang, vesikula berbentuk bulat dan hifa bersekat. Barnett dan Hunter (1998) dan Gilman (1971) mengemukakan secara mikroskopis jamur *Aspergillus* sp.

memiliki warna hitam, coklat, hijau, hijau tua dan hijau kekuningan-kuningan. Konidiofor tegak dengan diameter ukuran 3-6,3 μm , spora 160-244 μm .

Uji pelarut fosfat dan kalium digunakan media selektif masing-masing yaitu pikovskaya dan alexandrov untuk mengetahui isolat fungi yang termasuk pelarut fosfat dan kalium. Isolat fungi yang diuji memiliki kenampakan *halozone* atau zona bening yang terbentuk pada sekeliling fungi diansumsikan bahwa fungi tersebut merupakan fungi pelarut fosfat dan kalium karena kemampuannya secara aktif dalam memecah tri-kalsium di-fosfat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ dari media pikovskaya, serta feldspar dari media alexandrov (Gambar 2). Pengklasifikasian nilai indeks pelarutan tersebut terbagi menjadi 3 menurut Novensah *et al.* (2014), yaitu rendah ($\text{IP} < 2,00$), intermediate ($2,00 \leq \text{IP} \leq 4,00$) atau tinggi ($\text{IP} \geq 4,00$). Berdasarkan Tabel 1. pengujian fungi didapatkan hasil pengukuran indeks pelarutan (IP) pada media pikovskaya yaitu 2,35 dan media alexandrov yaitu 2,23, sehingga jika diklasifikasikan maka indeks pelarutan pada kedua media tersebut tergolong kategori intermediate.



Gambar 2. Fungi multifungsi P dan K membentuk zona bening (*halozone*) pada media Pikovskaya dan Alexandrov

Tabel 1. Uji Isolat Fungi Multifungsi Pelarut P dan K secara Kualitatif

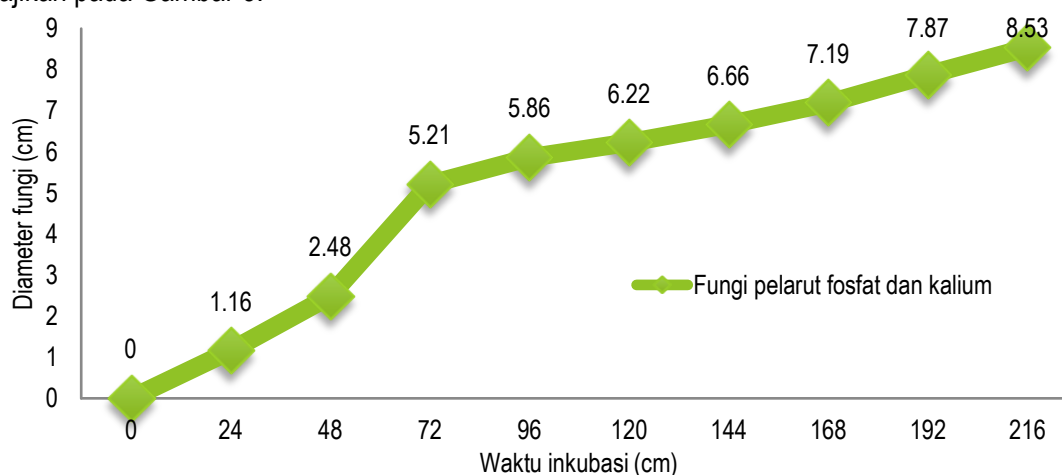
Kode Isolat	Uji Kualitatif	
	P	K
FPF dan K	2.35	2.23

Kemampuan fisiologis dan energi yang dikeluarkan Fungi pelarut fosfat dalam melarutkan P menyebabkan indeks pelarutan fosfat berbeda yang ditandai dengan besar kecilnya zona bening yang terbentuk (Delinno *et al.*, 2024). Kemampuan FPF dalam melarutkan fosfat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan seperti pH tanah, suhu, kelembapan dan komposisi mineral tanah. Asril *et al.* (2023) menyatakan bahwa pelarutan fosfat sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti pH tanah. Padmavathi (2015) menambahkan bahwa pertumbuhan fungi, spora dan akumulasi produk metabolit dipengaruhi oleh komponen medium seperti sumber karbon, nitrogen, garam anorganik serta *trace elements*. Media yang ditingkatkan komponennya menghasilkan 1.9 kali lebih tinggi dalam melarutkan fosfat dibandingkan dengan medium aslinya (Padmavathi, 2015). Menurut Delinno *et al.* (2024) FPF memiliki spektrum yang luas dalam melarutkan beberapa bentuk ikatan P dalam tanah dibandingkan dengan bakteri pelarut P, FPF dapat melarutkan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, AlPO_4 , FePO_4 , dan Batuan Fosfat.

Berdasarkan hasil penelitian Shanware *et al.* (2014) fungi dapat meningkatkan kandungan P dan K. Fungi dapat meningkatkan ketersediaan K di tanah dengan melarutkan K yang terikat pada batuan mineral (Prajapati *et al.*, 2013). Azizah *et al.* (2020) berhasil mendapatkan isolat fungi pelarut Kalium dengan indeks pelarutan kalium yaitu sebesar 2,37, sedangkan nilai indeks terkecil didapat oleh FPK yaitu sebesar 1,52. Jumlah asam organik jenis asam organik dan jenis batuan mineral pembawa kalium menjadi faktor penyebab perbedaan pelarutan kalium oleh setiap mikrob (Abdel-Salam & Shams, 2012). Fungi pelarut kalium dapat berperan penting dalam pertanian dengan menyediakan sumber kalium lokal

untuk penyerapan tanaman, mengendalikan patogen, dan meningkatkan kualitas tanaman dengan menghasilkan pemacu pertumbuhan tanaman (*plant growth promoters*) (Kurjogi *et al.*, 2021).

Hasil pengukuran diameter koloni fungi yang memiliki kemampuan melarutkan fosfat dan kalium disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diameter fungi pelarut fosfat dan kalium

Pengujian diameter fungi dilakukan selama 210 jam setelah inkubasi. Dari gambar 3 dapat dijelaskan kurva pertumbuhan fungi pelarut fosfat dan kalium. Fase adaptasi dimulai dari 0 jam hingga 24 jam. Fase pertumbuhan awal dimulai 24 jam sampai 48 jam. Fase logaritmik/eksponensial dimulai 48 jam sampai 144 jam. Pada waktu inkubasi 168 jam mulai memasuki fase pertumbuhan lambat sampai 216 jam, sedangkan fase stasioner/statis belum terbentuk. Hasil penelitian Heirina *et al.* (2020) pada fase stasioner pada *Aspergillus* sp. tidak terlihat selama tujuh hari pengamatan, hal ini dapat terjadi dikarenakan tipe pertumbuhan yang cenderung menyebar dengan ditandai seperti bercak kecil. Menurut Gandjar *et al.* (2006), pertumbuhan fungi ditandai dengan sesuatu yang semula tidak terlihat, yaitu spora atau konidia fungi yang tumbuh menjadi miselium atau koloni yang dapat dilihat secara langsung. Kurva pertumbuhan fungi mempunyai beberapa fase antara lain fase lag, fase akselerasi, fase eksponensial, fase deselerasi, fase stasioner dan fase kematian dipercepat (Gandjar *et al.*, 2006). Suhu dan pH merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan fungi (Heirina *et al.*, 2020)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan karakter morfologi Fungi Pelarut P dan K dilihat dari warna koloni bagian depan berwarna hitam pada bagian tengah dan putih pada bagian tepi, warna koloni bagian belakang berwarna kuning tua, diameter ± 5 cm, bentuk koloni tak beraturan, tidak mengeluarkan eksudat dan pigmentasi, tekstur koloni (halus seperti kapas (*cottony*)), permukaan koloni datar, dan bentuk tepi koloni rata. Isolat tersebut memiliki indeks pelarutan (IP) Fosfat yaitu 2,35 dan Kalium yaitu 2,23, sehingga jika diklasifikasikan maka indeks pelarutan pada kedua media tersebut tergolong kategori intermediate. Fase adaptasi Isolat Fungi Pelarut Fosfat dan Kalium dimulai dari 0 jam hingga 24 jam. Fase pertumbuhan awal dimulai 24 jam sampai 48 jam. Fase logaritmik/eksponensial dimulai 48 jam sampai 144 jam. Pada waktu inkubasi 168 jam mulai memasuki fase pertumbuhan lambat sampai 216 jam, sedangkan fase stasioner/statis belum terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Salam, M.A., Shams, A.S. (2012). Feldspar-K Fertilization of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Augmented by Biofertilizer. & Environ. J. Sci, 12 (6): 694–699.
- Ahmad, M., Nadeem, S.M., Naveed, M., Zahir, Z.A., (2016). Potassium-Solubilizing Bacteria and Their Application in Agriculture. in: Meena VS, Maurya BR, Verma JP, Meena RS (eds) Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture. *Springer India*: 293–313.

- Asril, M., Lestari, W., Basuki, B., Sanjaya, M. F., Firgiyanto, R., Manguntungi, B., Kunusa, W.R. (2023). *Mikroorganisme Pelarut Fosfat pada Pertanian Berkelanjutan*. Yayasan Kita Menulis.
- Azizah, N., Sari, E., Hidayati, N.A., Suyatno, S. (2020). Mikoremediasi Lahan Bekas Tambang Timah Tercemar Logam PB dengan Fungi Pelarut Kalium sebagai Biofertilizer Potensial. *Jurnal Bioma*, 9(2): 229-242.
- Barnett, H.L., Hunter, B.B. (1998). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Fourth Edition*. The American Phytopathological Society. Minnesota. pp. 218
- Bashir, Z., Zargar, M.Y., Husain, M., Mohiddin, F.A., Kousar, S., Zahra S.B., Ahmad, A., Rathore, J.P. (2017). Potassium Solubilizing Microorganisms: Mechanism and Diversity. *Inter J Pure Appl Biosci*, 5(5): 653–660.
- Das, I., Pradhan, M. (2016). Potassium-Solubilizing Microorganisms and Their Role in Enhancing Soil Fertility and Health. in: Meena V, Maurya B, Verma J, Meena R (Eds) Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture. *Springer, New Delhi*: 281–291.
- Delinno, P.Y., Tae, A.S.A., Benggu, Y.I. (2024). Isolasi dan Identifikasi Fungi Pelarut Fosfat (FPF) Indigen dari Ekosistem Kebun dan Ekosistem Pantai di Kabupaten Kupang. *Prosiding Seminar Nasional Pertanian*, 2(1): 134-149.
- Gandjar, I., Sjamsuridjal, W., Oetari, A. (2006). *Mikologi Dasar dan Terapan*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Gilman, J.C. (1971). *A Manual of Soil Fungi*. The Iowa State Adisoemarto. Airlangga. Jakarta.
- Heirina, A., Rozirwan, R., Hendri, M. (2020). Isolasi dan Aktivitas Antibakteri Jamur Endofit pada Mangrove *Sonneratia Alba* dari Tanjung Carat Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*, 22(1): 16-24.
- Istina, I.N., Nurhayati, N., Jakoni, J. (2020). Sumbangan Mikroba Pelarut Fosfat Indegenus terhadap Peningkatan Produktivitas Lahan Pertanian di Provinsi Riau. *Dinamika Pertanian*, 35(3): 27–34.
- Jayadi, M., Juita, N., Wulansari, H. (2022). Analisis Fosfor Tanah pada Lahan Sawah Irigasi dan Sawah Tadah Hujan di Kecamatan Duampanua Kabupaten Pinrang. *Jurnal Ecosolum*, 11(2): 191-207.
- Kurjogi, M., Basavesha, K.N., Savalgi, V.P. (2021). Impact of Potassium Solubilizing Fungi as Biopesticides and its Role in Crop Improvement. *Biocontrol Agents and Secondary Metabolites*: 23-39,
- Lodi, L. A., Klaic, R., Ribeiro, C., Farinas, C.S. (2021). A Green K-Fertilizer Using Mechanical Activation to Improve the Solubilization of Low-Reactivity Potassium Mineral by *Aspergillus niger*. *Bioresour Technol Rep*, 15:100711.
- Maurya, B.R., Verma, J.P., Meena, R.S., Meena, V.S. (2016). Potassium-Solubilizing Microorganism in Evergreen Agriculture. in: Meena VS, Maurya BR, Verma JP, Meena RS (eds) Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture. *Springer India*: 1–19.
- Novensah, A. (2014). *Uji Kemampuan Pelarutan P dari Beberapa Isolat Rhizobium Sp serta Uji Kesesuaian Media*. Fakultas Pertanian Universitas Jember
- Padmavathi, T. (2015). Optimization of Phosphate Solubilization by *Aspergillus niger* Using Plackett-Burman and Response Surface Methodology. *J. Soil Sci. Plant Nutr*. 15 (3).

- Paul, D., Sinha, S.N. (2016). Isolation and Characterization of Phosphate Solubilizing Bacterium *Pseudomonas aeruginosa* with Antibacterial Potential from River Ganga, India. *Annals of Agrarian Science*: 1-7.
- Prajapati, K., Sharma, M.C., Modi, H.A. (2013). Growth Promoting Effect of Potassium Solubilizing Microorganisms on Okra (*Abelmoscus esculantus*). *Inter J Agric Sci Resear.*, 3(1): 181–188.
- Saragih, S., Elfiati, D., Delvian, D. (2015). Keberadaan Fungi Pelarut Fosfat pada Tanah Bekas Erupsi Gunung Sinabung di Kabupaten Karo. *Peronema Forestry Science Journal*, 4(3): 236–241.
- Shanware, A.S., Kalkar, S.A., Trivedi, M.M. (2014). Potassium Solubilizers: Occurrence, Mechanism and Their Role as Competent Biofertilizers. *International Journal of Current Microbiol and Applied Sciences*, 3(9): 622–629