

Test of the Ability of Fluorescent *Pseudomonas* to Dissolve Phosphate

Mayanda Norman¹, Linda Advinda^{1,2*}, Moralita Chatr¹, Dezi Handayani¹

¹Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;

Article History

Received : December 05th, 2025

Revised : December 20th, 2025

Accepted : December 30th, 2025

*Corresponding Author: **Linda Advinda**, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia;
Email:

linda_advinda@fmipa.unp.ac.id

Abstract: Phosphate is a vital nutrient required for plants, yet its presence in the soil is frequently limited due to being held by specific ions. Microorganisms that solubilize phosphate, particularly fluorescent *Pseudomonas*, are considered among the most efficient agents for phosphate solubilization. This research intends to assess the capacity of six fluorescent *Pseudomonas* isolates derived from the rhizosphere of different plants to solubilize phosphate, and to analyze their IKF values. The research was carried out descriptively from June to August 2025 at the Plant Physiology Laboratory, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Padang State University. Observations were conducted by noticing the development of clear zones and determining the IKF values. The findings indicated that every isolate, specifically PfPj1, PfS36, PfLAHP2, PfCas, PfS31, and PfKd7, was capable of solubilizing phosphate. The highest IKF value was found in isolate PfKd7 (4.91), whereas the lowest was recorded for PfS36 (4.08). Variations in IKF values indicate differences in the capacity of each isolate to release organic acids, which are involved in the phosphate solubilization process. This discovery reinforces the capability of fluorescent *Pseudomonas* as an eco-friendly biological agent to enhance phosphorus availability.

Keywords: Clear zone, fluorescent pseudomonas, IKF, phosphate solubilization.

Pendahuluan

Fosfor merupakan salah satu unsur hara makro yang berperan penting dalam menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Raharjo *et al.*, 2007). Unsur ini terlibat dalam berbagai proses fisiologis tanaman, termasuk metabolisme energi dan pembelahan sel (Susanti & Advinda, 2021). Seperti halnya unsur karbon (C) dan nitrogen (N), fosfor tergolong unsur esensial yang harus tersedia dalam jumlah memadai agar proses biologis tanaman dapat berlangsung secara optimal. Dalam sistem pertanian berkelanjutan, pengelolaan ketersediaan fosfor menjadi aspek penting karena berhubungan langsung dengan produktivitas tanaman dan keseimbangan ekosistem tanah (Raharjo *et al.*, 2007).

Fosfor yang dimanfaatkan oleh tanaman

umumnya berasal dari tanah melalui proses pelapukan mineral serta dekomposisi dan mineralisasi bahan organik (Raharjo *et al.*, 2007). Namun demikian, sebagian besar fosfor di dalam tanah berada dalam bentuk yang tidak mudah diserap oleh tanaman. Hal ini disebabkan oleh kecenderungan fosfat untuk berikatan dengan ion logam seperti besi Fe^{3+} , aluminium Al^{3+} , dan kalsium Ca^{2+} , sehingga membentuk senyawa yang sukar larut (Larasati *et al.*, 2018). Dalam kondisi tersebut, mikroorganisme tanah berperan penting dalam meningkatkan ketersediaan fosfor, khususnya mikroorganisme pelarut fosfat yang mampu mengubah fosfat terikat menjadi bentuk tersedia melalui produksi asam organik dan senyawa pengkelat. Beberapa mikroorganisme diketahui memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat, antara lain *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus*,

Micrococcus, dan *Pseudomonas aeruginosa* (Mindari *et al.*, 2018).

Salah satu kelompok mikroorganisme tanah seperti *Pseudomonas berfluoresen* dikenal memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat, sehingga dapat meningkatkan ketersediaan fosfor bagi tanaman (Advinda *et al.*, 2020, & Purwaningsih, 2003). *Pseudomonas berfluoresen* ini sering dikategorikan sebagai salah satu agen pelarut fosfat yang paling efektif (Asril & Lisafitri, 2020). Meskipun demikian, kemampuan pelarutan fosfat yang dimiliki oleh *Pseudomonas berfluoresen* tidak selalu seragam pada setiap isolat. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh karakter fisiologis, genetik isolat, jenis senyawa fosfat, serta kondisi lingkungan, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut untuk mengetahui variasi potensi kelarutan fosfat antar isolat secara lebih terukur.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa isolat *Pseudomonas berfluoresen* UB-PF5, terbukti tidak hanya mendukung pertumbuhan tanaman tomat, tetapi juga memiliki kemampuan pelarutan fosfat paling tinggi, yang berpengaruh pada peningkatan panjang dan bobot akar ((Istiqomah *et al.*, 2017). Studi lain melaporkan terbentuknya zona bening (*hallo zone*) di sekitar koloni sejak hari kedua setelah proses inokulasi. Nilai Indeks Pelarutan (IP) untuk *Pseudomonas berfluoresen* tercatat sebesar 2,59 pada substrat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ dan 2,48 pada AlPO_4 , yang termasuk dalam kategori pelarutan sedang.

Pengujian kuantitatif, pelarutan fosfat tertinggi ditunjukkan pada medium cair dengan pH 5 sebesar 22,40 ppm, sedangkan pada pH 4 diperoleh nilai 19,58 ppm (Sonia & Setiawati, 2022). Meskipun demikian, informasi mengenai perbandingan kemampuan pelarutan fosfat antar isolat *Pseudomonas berfluoresen*, khususnya berdasarkan nilai Indeks Kelarutan Fosfat (IKF), masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan isolat *Pseudomonas berfluoresen* dalam melarutkan fosfat serta menganalisis perbedaan potensi kelarutan fosfat antar isolat berdasarkan nilai IKF. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam pengembangan pupuk hayati berbasis mikroorganisme yang ramah

lingkungan, efisien, dan mendukung pengelolaan hara tanah serta pertanian berkelanjutan.

Bahan dan Metode

Metode Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Penelitian berlangsung pada bulan Juni hingga Agustus 2025 di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Alat dan bahan

Alat penelitian ini yaitu cawan petri, erlenmeyer, gelas ukur, gelas piala (250 mL dan 500 mL), batang pengaduk, jarum ose, pinset, vortex, waterbath, magnetic stirrer with hot plate, oven, autoklaf, engkas, bunsen, timbangan digital, jangka sorong dan kamera. Bahan penelitian ini adalah isolat *Pseudomonas berfluoresen* koleksi Advinda yaitu PFPj1 (dari rizosfer pisang jantan 1), PFS36 (dari rizosfer jahe merah), PFLAHP2 (dari rizosfer daun bawang), PFCas (dari rizosfer cabai sakit), PFS31 (dari rizosfer tanaman lengkung), PFKd7 (dari rizosfer kedelai), King'S Medium B Base, gliserol, Pikovskaya's Agar, akuades, alkohol 70%, plastik wrap, aluminium foil, spiritus, tusuk gigi, kertas label, kertas buram, dan plastik kaca.

Pembuatan Medium Agar King's B

Proses pembuatan Medium Agar King's B diawali dengan menimbang King'S Medium B Base sebanyak 21,1 g dan dimasukkan ke dalam gelas piala, selanjutnya dilarutkan menggunakan akuades sampai volumenya menjadi 250 mL. Setelah itu, ditambahkan gliserol 7,5 mL dan dilarutkan kembali menggunakan akuades sampai volume akhirnya menjadi 500 mL. Selanjutnya dipanaskan hingga mendidih menggunakan magnetic stirrer with hot plate dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Setelah itu, erlenmeyer ditutup rapat menggunakan aluminium foil serta diwrapping. Sterilisasi medium dilakukan dengan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit.

Pembuatan Medium Agar Pikovskaya's

Proses pembuatan Medium Agar Pikovskaya's diawali dengan menimbang

Pikovskaya's Agar sebanyak 3,13 g. Kemudian dimasukkan ke dalam gelas piala. Medium tersebut dilarutkan menggunakan akuades sampai volumenya menjadi 100 mL, selanjutnya dipanaskan hingga mendidih menggunakan magnetic stirrer with hot plate dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Kemudian, ditutup rapat dengan aluminium foil dan diwrapping. Sterilisasi medium dilakukan dengan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit.

Peremajaan Isolat *Pseudomonas* Berfluoresen pada Medium Agar King's B

Setelah disterilisasi menggunakan autoklaf, Medium Agar King's B dituang ke dalam cawan petri dan didiamkan sampai medium mengeras. Isolat *Pseudomonas* berfluoresen koleksi Advinda diambil menggunakan jarum ose steril dari tabung eppendorf yang telah dihomogenkan menggunakan vortex. Selanjutnya, digoreskan pada permukaan Medium Agar King's B padat dengan menggunakan metode goresan T-streak. Penggoresan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan untuk memperoleh koloni tunggal. Selanjutnya, diinkubasi selama 2x24 jam pada temperatur ruangan.

Uji Kemampuan Isolat *Pseudomonas* Berfluoresen dalam Melarutkan Fosfat

Sebanyak 3 koloni tunggal *Pseudomonas* berfluoresen diambil dari cawan petri menggunakan tusuk gigi steril, kemudian masing-masing diinokulasikan satu cawan petri yang berisi Medium Agar Pikovskaya's dalam keadaan padat. Selanjutnya, kultur diinkubasi selama 2×24 jam pada temperatur ruang. Aktivitas pelarutan fosfat ditunjukkan dari adanya munculnya zona bening (*hallo zone*) di sekitar koloni bakteri yang tumbuh.

Pengamatan Penelitian

Pengamatan dilakukan pada hari kedua dengan mengamati terbentuknya zona bening (*hallo zone*) di sekitar koloni bakteri dan melakukan pengukuran Indeks Kelarutan Fosfat (IKF) dengan menggunakan persamaan 1.

$$IKF = \frac{DK + ZB}{DK} \quad (1)$$

Keterangan :

IKF = Indeks Kelarutan Fosfat

DK = Diameter Koloni

ZB = Zona Bening

Analisis Data

Data hasil kemampuan *Pseudomonas* berfluoresen dalam melarutkan fosfat dianalisis secara deskriptif dengan analisis kuantitatif disajikan dalam format gambar dan tabel.

Hasil dan Pembahasan

Zona Bening (*hallo zone*)

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa keenam isolat *Pseudomonas* berfluoresen yaitu PfPj1, PfS36, PfLAHP2, PfCas, PfS31, dan PfKd7, mampu melarutkan fosfat. Kemampuan melarutkan fosfat dari setiap isolat *Pseudomonas* berfluoresen yang diamati ditandai dengan beragamnya besar zona bening (*hallo zone*) di sekitar koloni bakteri yang terlihat.

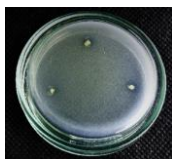
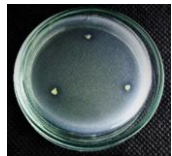
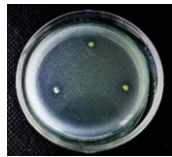
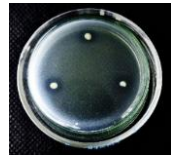
Kemampuan *Pseudomonas* berfluoresen dalam melarutkan fosfat dapat dievaluasi melalui penanaman isolat pada medium agar Pikovskaya's (Advinda *et al.*, 2022). Medium ini bersifat selektif terhadap bakteri pelarut fosfat, karena hanya mikroorganisme yang mampu memanfaatkan fosfat sebagai sumber hara yang dapat tumbuh dan menghasilkan zona bening di sekitar koloni (Santosa, 2007). Pembentukan zona tersebut terjadi karena isolat bakteri menghasilkan asam-asam organik yang berikatan dengan ion Ca dalam senyawa $Ca_3(PO_4)_2$ pada medium, sehingga melepaskan ion $H_2PO_4^-$ dan menghasilkan area yang tampak lebih jernih (Sagervanshi *et al.*, 2012).

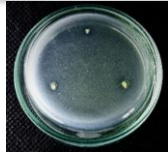
Hasil penelitian memperlihatkan bahwa seluruh isolat *Pseudomonas* berfluoresen mampu melarutkan fosfat. Pernyataan sejalan dengan Oksana *et al.*, (2020) bahwa kemampuan bakteri untuk melarutkan fosfat ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri yang tumbuh. Proses pelarutan fosfat dapat berlangsung melalui aktivitas bakteri yang memproduksi enzim fosfatase (Sharma *et al.*, 2013). Enzim fosfatase berperan penting dalam menentukan efektivitas pelarutan fosfat, karena peningkatan aktivitas enzim ini sebanding dengan luas zona bening yang terbentuk (Situmorang *et al.*, 2015).

Fenomena ini sejalan dengan pernyataan Fitriatin *et al.* (2020), yang menyatakan bahwa

pelarutan fosfat sangat dipengaruhi oleh produksi enzim fosfatase, yang berperan penting dalam menguraikan fosfat organik menjadi fosfat anorganik sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal oleh tanaman. Selain melalui aktivitas enzim fosfatase, proses pelarutan fosfat oleh *Pseudomonas* berfluoresen juga didukung oleh produksi berbagai asam organik. Asam organik yang biasanya dibuat oleh bakteri ini mencakup asam sitrat, asam glutamat, dan asam suksinat, yang dapat berikatan dengan ion logam seperti Al^{2+} atau Fe^{2+} untuk membentuk senyawa kompleks yang stabil (Asrul *et al.*, 2020). Peningkatan produksi asam organik tersebut juga menurunkan pH lingkungan, sehingga fosfat yang berikatan dengan kalsium menjadi lebih mudah terlarut (Hutagaol *et al.*, 2022).

Tabel 1. Hasil Uji Kemampuan *Pseudomonas* Berfluoresen dalam Melarutkan Fosfat

Asal Isolat (Rizosfer)	Kode Isolat	Isolat dengan Zona Bening	IKF
Pisang Jantan 1	PfPj1		4.27
Jahe Merah	PfS36		4.08
Daun Bawang	PfLAHP2		4.36
Cabe Sakit	PfCas		4.38
Lengkeng	PfS31		4.36

Kedelai	PfKd7		4.91
---------	-------	---	------

Di antara berbagai jenis bakteri tanah yang diketahui berpotensi sebagai pelarut fosfat, *Pseudomonas* berfluoresen dipandang sebagai kelompok yang penting karena kemampuannya melarutkan fosfat yang tidak tersedia langsung di tanah sekaligus menghasilkan senyawa yang berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (Rani, 2015). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa keberadaan bakteri ini secara nyata mampu meningkatkan ketersediaan fosfor yang dapat diserap oleh tanaman (Anhar *et al.*, 2012). Kondisi ini menjadi sangat relevan mengingat mayoritas besar fosfor di dalam tanah umumnya terdapat sebagai fosfat yang sukar larut karena terikat dengan unsur besi, aluminium, dan kalsium, sehingga ketersediaannya bagi tanaman menjadi terbatas (Sugianto, 2019).

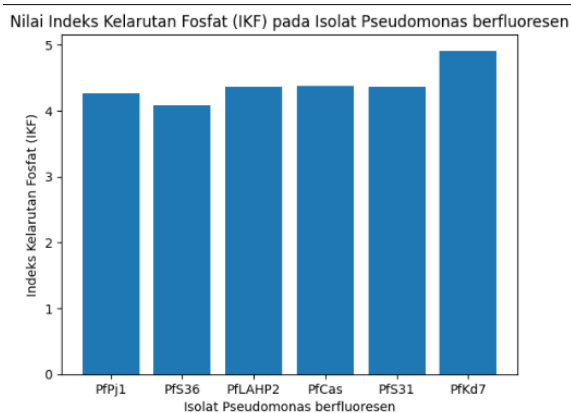
Oleh karena itu, *Pseudomonas* berfluoresen sering dikategorikan sebagai salah satu agen pelarut fosfat yang paling efektif. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian Susanti dan Advinda (2021) yang melaporkan bahwa beberapa isolat *Pseudomonas* berfluoresen, seperti PfPb1 dan PfPb3 yang diisolasi dari rizosfer pisang batu, PfPj1 dari pisang jantan, PfMs dari *Mimosa sepiaria*, dan PfCas dari tanaman cabai sakit, terbukti memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat.

Indeks Kelarutan Fosfat (IKF)

Isolat bakteri yang didapatkan kemudian dihitung IKF dari masing-masing isolat. Hasil perhitungan IKF menunjukkan setiap isolat mempunyai nilai IKF yang berbeda. Menurut Mardyansah dan Trimulyono (2021) nilai IKF diperoleh dengan cara menjumlahkan nilai diameter koloni dengan diameter zona bening, kemudian dibagi dengan diameter koloni bakteri yang tumbuh pada medium Pikovskaya.

Gambar 1. Nilai IKF yang diperoleh menunjukkan adanya variasi kemampuan pelarutan fosfat di antara keenam isolat, meskipun perbedaannya tidak terlalu jauh mencolok. Isolat PfKd7 dari rizosfer kedelai memiliki nilai IKF tertinggi yaitu 4.91. Kemampuan ini mungkin terkait dengan kondisi rizosfer kedelai yang kaya

eksudat akar seperti asam amino dan gula sederhana, yang mendukung pertumbuhan serta aktivitas metabolik bakteri. Sebaliknya, isolat PfS36 dari jahe merah memiliki nilai IKF terendah yaitu 4.08. Secara umum, semakin tinggi nilai IKF dari suatu isolat, semakin besar pula kemampuannya dalam melarutkan fosfat.



Gambar 1. Nilai IKF pada isolat *Pseudomonas* Berfluoresen

Hasil penelitian ini menunjukkan nilai IKF yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Alfiansyah *et al.* (2023), melaporkan bahwa dari sepuluh isolat bakteri pelarut fosfat yang berasal dari rizosfer tanaman kaktus, nilai IKF tertinggi hanya mencapai 1,32 pada isolat RK1, sedangkan nilai terendah sebesar 1,13 pada isolat RK9. Perbedaan nilai IKF tersebut mengindikasikan bahwa kemampuan pelarutan fosfat sangat dipengaruhi oleh asal isolat serta kondisi rizosfer tanaman inang. Pernyataan ini sejalan dengan pandangan Husen *et al.* (2022), yang mengungkapkan bahwa variasi nilai IKF antar isolat bakteri dapat terjadi akibat perbedaan kemampuan masing-masing isolat dalam menghasilkan asam organik. Jenis dan jumlah asam organik yang disekresikan berperan penting dalam proses pelarutan fosfat, sehingga memengaruhi efektivitas bakteri dalam meningkatkan ketersediaan fosfor bagi tanaman.

Meskipun secara deskriptif terlihat perbedaan, data menunjukkan bahwa kemampuan pelarutan antar isolat relatif homogen. Ketidak homogenan yang rendah ini dapat menunjukkan bahwa *Pseudomonas* berfluoresen memiliki mekanisme pelarutan fosfat yang stabil dan seragam antar isolat. Pernyataan ini sejalan dengan pendapat Purwaningsih (2003) yang mengungkapkan

bahwa bakteri dari genus ini adalah kelompok pelarut fosfat yang efisien karena kemungkinan memiliki kemiripan jalur metaboliknya. Temuan ini memperkuat potensi *Pseudomonas* berfluoresen sebagai agen hayati ramah lingkungan yang mampu meminimalkan ketergantungan pada pupuk fosfat sintetis, sambil mendukung sistem pertanian yang berkelanjutan (Kumar *et al.*, 2022).

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa seluruh isolat *Pseudomonas* berfluoresen yang diuji kemampuan untuk melarutkan fosfat yang dibuktikan oleh munculnya zona bening disekitar koloni bakteri yang tumbuh. Nilai IKF tertinggi dimiliki oleh isolat PFKd7 yaitu 4.91 dan terendah pada PFS36 yaitu 4.08. Perbedaan ini menggambarkan variasi kemampuan produksi asam organik. Secara keseluruhan, isolat *Pseudomonas* berfluoresen relatif homogen dan menunjukkan efektivitas yang baik sebagai agen pelarut fosfat alami.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan apresiasi kepada Laboratorium Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Padang atas segala dukungan serta fasilitas yang telah diberikan selama penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Ibu Prof. Dr. Linda advinda, M.Kes. atas arahan, bimbingan, masukan, dan dukungannya yang sangat membantu dalam terlaksananya penelitian dan penyusunan artikel ini.

Referensi

- Advinda, L., Fifendy, M., Irdawati, & Anhar, A. (2020). The Utilization of Coconut Water and Molasses as Fluorescent *Pseudomonas* Propagation Medium. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 19 (2): 25-28. <http://dx.doi.org/10.52155/ijpsat.v19.2.1644>
- Advinda, L., Putri, D.H., Anhar, A., & Irdawati. (2022). Identification and Characterization of Fluorescent *Pseudomonas* Producing Active

- Compounds Controlling Plant Pathogens. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*. 32 (4): 795-804. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.1144323>
- Alfiansyah, M. F., Zulkifli, L., & Rasmi, D. A. C. (2023). The Effect of Phosphate Solubilizing Bacteria and IAA Producers from Cactus Rhizosphere on the Germination of *Vigna sinensis* L. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(3), 607-618. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i3.5089>
- Anhar, A., Advinda, L., & Handayani, L. (2012). Pengaruh Frekuensi Pemberian Biofertilizer *Pseudomonas* Fluoresen Terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi Gogo. *Jurnal Sainstek*, 4(1), 6-15. <https://doi.org/10.31958/js.v4i1.52>
- Asril, M. & Lisafitri, Y. (2020). Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat Genus *Pseudomonas* dari Tanah Masam Bekas Areal Perkebunan Karet di Kawasan Institut Teknologi Sumatera. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(1), 40-48. <https://doi.org/10.29122/jtl.v21i1.3743>
- Asrul., & Aryantha, I.N.P. (2020). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Tanah Rhizosfer Kelapa Sawit (*Eleis guineensis*). *Lumbung*. 19(1): 30-39. <https://doi.org/10.32530/lumbung.v19i1.204>
- Fitriatin, B. N., Manurung, D. F., Sofyan, E. T., & Setiawati, M. R. (2020). Compatibility Phosphate Solubility and Phosphatase Activity by Phosphate Solubilizing Bacteria. *Haya: The Saudi Journal of Life Sciences*, 5(12), 281–284. <https://doi.org/10.36348/sjls.2020.v05i12.003>
- Hutagaol, D., Nuraida., & Hariani F. (2022). *Mikroorganisme Pelarut Fosfat (Kajian Ketersediaan P, Pertumbuhan, dan Produksi Padi Sawah)*. Bogor: Guepedia. ISBN: 978-623-407-211-2
- Husen, E., Surono., Pratiwi, E., & Widowati L.R. (2022). *Metode Analisis Biologi Tanah, Edisi 2*. Bogor: Balai Penelitian Tanah. ISBN: 978-602-8039-50-5, pp 207-216.
- Istiqomah, I., Aini, L. Q., & Abadi, A. L. (2017). Kemampuan *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* dalam Melarutkan Fosfat dan Memproduksi Hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tomat. *Buana Sains*, 17(1), 75-84. <https://doi.org/10.33366/bs.v17i1.580>
- Kumar, S., Diksha, Sindhu S.S., & Kumar R. (2022). Biofertilizers: An Ecofriendly Technology for Nutrient Recycling and Environmental Sustainability. *Current Research in Microbial Sciences*. 3:1-26. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2021.100094>
- Larasati, E. D., Rukmi, M. I., Kusdiyantini, E., & Ginting, R.C.B. (2018). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Tanah Gambut. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 20(1), 1-8. <https://doi.org/10.14710/bioma.20.1.1-8>
- Mardiansah, D., & Trimulyono, G. (2021). Isolasi, Karakterisasi, dan Uji Potensi Bakteri Pelarut Fosfat dari Rhizosfer di Pegunungan Kapur Selatan, Tulungagung. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 10(2), 188-198. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v10n2.p188-198>
- Mindari, W., Widjajani, B. W., & Priyadarsini, R. (2018). *Kesuburan tanah dan pupuk*. Yogyakarta: Gosyen Publishing.
- Oksana, M. I., Fianiray, A. R., & Zam, S. I. (2020). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah Ultisol di Kecamatan Rumbai, Pekanbaru. *Agrotechnology Research Journal*, 4(1), 22-25. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v4i1.36063>
- Purwaningsih, S. (2003). Isolasi, Populasi dan Karakterisasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah dari Taman Nasional Bogani Nani Wartabone, Sulawesi Utara. *Jurnal Biologi*, 3(1): 22-31. <https://repository.ugm.ac.id/18170/>
- Raharjo, B., Supriyadi, A., & Agustina, D. K. (2007). Pelarutan Fosfat Anorganik oleh Kultur Campur Jamur Pelarut Secara in Vitro. *Jurnal Sains & Matematika (JSM)*, 15(2), 45–54. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/sm/article/view/3262/2928>
- Rani, H. V. (2015). *Fluorescent Pseudomonads in Rhizosphere Soils of Different Crop*

- Plants*. Doctoral dissertation, University of Agricultural Sciences GKVK, Bengaluru.
- Sagervanshi, A., Kumari, P., Nagee, A., & Kumar, A. (2012). Media Optimization for Inorganic Phosphate Solubilizing Bacteria Isolated from Anand Agriculture Soil. *International Journal of Life Science & Pharma Research*, 2(3), 245-255. http://ijlpr.com/admin/php/uploads/123_pdf.pdf
- Santosa, E. (2007). *Mikroba pelarut fosfat. Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, pp. 39-52.
- Sharma, S. B., Sayyed R. Z., Trivedi M. H., & Gobi T. A. (2013). Phosphate Solubilizing Microbes: Sustainable Approach for Managing Phosphorus Deficiency in Agricultural Soils. *Springer Plus*. 2 (258): 1-14. <http://www.springerplus.com/content/2/1/587>.
- Situmorang, E. C., Prameswara, A.S.H.C., Mathius, N.T. & Liwan, T. (2015). Indigenous Phosphate Solubilizing Bacteria from Peat Soil for an Ecofriendly Biofertilizer in Oil Palm Plantation. *Renewable Energy and Energy Conversion Conference and Exhibition*. 1:65-72. <https://doi.org/10.18502/ken.v1i1.324>
- Sonia, A. V., & Setiawati, T. C. (2022). Aktivitas Bakteri Pelarut Fosfat terhadap Peningkatan Ketersediaan Fosfat pada Tanah Masam. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 15(1), 44–53. <https://doi.org/10.21107/agrovigor.v15i1.13449>
- Sugianto, S.K., M. Shovitri., & A. Hidayat. (2019). Potensi Rhizobakteri Sebagai Pelarut Fosfat. *Sains dan Seni ITS*. 7(2): 71-74. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.37241>
- Susanti, D., & Advinda, L. (2021). Seleksi Beberapa Isolat Pseudomonad Fluoresen dalam Kemampuannya Melarutkan Fosfat. *In Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 1, No. 2, pp. 1590-1593). <https://doi.org/10.24036/prosemnasbio/vol1/203>.