

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI PELARUT POSFAT DARI BINTIL  
AKAR DAN RIZOSFIR PUTRI MALU (*Mimosa pudica*) DARI LAHAN  
PERTANIAN PENEDAGANDOR LOMBOK TIMUR**

***ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF PHOSPAT SOLUBILIZER  
(Mimosa pudica) RHISOZPHERE AND ROOT NODULE BACTERIA FROM  
PENEDAGANDOR COASTAL AREA***

**Novita Hidayatun Nufus<sup>1\*</sup>, Anjar Pranggawan Azhari, Akhmad Zubaidi,  
Suprayanti Martia Dewi**

<sup>1</sup>Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Indonesia

\*Email penulis korespondensi: [novitahmufus@unram.ac.id](mailto:novitahmufus@unram.ac.id)

**Abstrak**

Upaya peningkatan kandungan fosfat tersedia bagi tanaman dapat dilakukan memanfaatkan mikroba pelarut fosfat dalam tanah yang biasanya ditemukan pada daerah rizosfir maupun yang bersimbiosis dengan tanaman. Salah satu jenis tanaman yang diketahui kaya akan mikroba simbiosis baik pada rizosfir maupun bintil akarnya adalah Putri malu (*Mimosa pudica*). Untuk itu dilaksanakan penelitian yang bersifat deskriptif dan bertujuan untuk memperoleh isolat bakteri pelarut fosfat dari bakteri rizosfir dan bintil akar Putri malu yang tumbuh di lahan pesisir desa Penedagandor, Lombok Timur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 14 isolat bakteri berhasil diisolasi dari rizosfir dan bintil akar Putri malu, dimana 4 diantaranya mampu melarutkan fosfat yaitu isolat BA1, BA2, BA4, dan T10. Isolat BA4 menghasilkan rata-rata diameter zona bening terbesar yaitu 24 mm, kemudian diikuti oleh BA2 (18mm), T10 (17mm) dan BA1 (15 mm). Berdasarkan analisis penampakan koloni dan pengamatan morfologi bakteri, diduga isolat-isolat tersebut termasuk ke dalam genus *Bacillus* (BA2), *Pseudomonas* (BA4), *micrococcus* (T10), dan belum dapat dipastikan (BA1).

Kata-Kata Kunci : Bakteri Pelarut Posfat (BPF), Putri malu (*Mimosa pudica*), Lahan Pesisir, Penedagandor.

**Abstract**

The use of phosphate-solubilizing microbes derived from symbiotic or rhizosphere bacteria provides a solution to enhance the phosphate content for plants. The *Mimosa pudica* plant has been recognized for its rich population of beneficial microorganisms on its rhizosphere and root nodules. A study was conducted to identify phosphate-solubilizing bacteria from the root nodules of *Mimosa pudica*, which were isolated from the Penedagandor East Lombok coastal region. The results showed that 4 out of 14 bacterial isolates from the root nodule and rhizosphere of *Mimosa pudica* (Isolate BA1, BA2, BA4, and T10) exhibited phosphate solubilizing activity. Isolate BA4 exhibited the highest solubilizing activity, as evidenced by a clear zone diameter of 24 mm, which was greater than the other isolates. This was followed by isolate BA2 with a clear zone diameter of 18 mm, isolate T10 with a clear zone diameter of 17 mm, and isolate BA1 with a clear zone diameter of 15 mm. The isolates were identified through colony visualization and morphological analysis as belonging to the genera *Bacillus* (BA2), *Pseudomonas* (Ba4), and *Micrococcus* (T10); however, the identity of the BA1 isolate could not be determined.

Keywords: Phosphate solubilizing bacteria (PSB), *Mimosa pudica*, Penedagandor coastal region

**PENDAHULUAN**

Kesuburan tanah merupakan salah satu faktor yang menentukan produktivitas lahan pertanian. Kesuburan tanah didefinisikan sebagai potensi tanah dalam menyediakan unsur hara dalam jumlah yang cukup dan seimbang untuk menjamin pertumbuhan dan produksi tanaman yang optimum. Kesuburan tanah ditentukan oleh ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman, satu diantaranya adalah Fosfor (P). Fosfor (P) adalah salah satu unsur hara makro yang memiliki peranan vital pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Di tingkat seluler, fosfor merupakan komponen dari makromolekul penting yaitu sebagai struktur utama pada asam nukleat, penyusun ATP, dan menjadi komponen rantai samping pada beberapa asam

amino. Di tingkat makro, fosfor mempengaruhi perkembangan akar dan batang, kekuatan batang, dan kematangan tanaman (Sharon et al., 2016). Kekurangan fosfor pada tanaman dapat mengakibatkan terjadinya penghambatan biosintesis asam nukleat, fosfolipid, dan nukleotida trifosfat, sehingga memengaruhi pembelahan sel, konversi energi, dan respirasi seluler, yang pada akhirnya menyebabkan penurunan laju fotosintesis.

Fosfor diserap oleh tanaman dalam bentuk ion fosfat seperti  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , dan  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Ion fosfat di tanah ditemukan dalam bentuk organik yang berasal dari hasil penguraian makhluk hidup, serta bentuk anorganik yang berasal dari mineral-mineral yang mengandung fosfat (Hao et al., 2020). Namun demikian, sebagian besar fosfat tersebut berada dalam bentuk anorganik dan terikat pada mineral-mineral seperti Aluminium (Al) dan besi (Fe) yang tidak dapat diserap oleh tanaman. Upaya peningkatan kandungan fosfat tersedia bagi tanaman dapat dilakukan memanfaatkan mikroba pelarut fosfat dalam tanah dalam bentuk pupuk hayati, salah satunya adalah bakteri pelarut fosfat (BPF). Menurut Penggunaan BPF berdampak positif bagi tanaman yaitu mampu meningkatkan kelarutan P yang terikat pada mineral, mengurangi toksisitas ion aluminium, besi, dan manga bagi lingkungan, hemat energi, dan tidak mencemari lingkungan (Ilham et al., 2014). Keberadaan BPF pada tanah banyak ditemukan pada daerah rizosfir tanaman maupun dengan mikroba yang bersimbiosis dengan tanaman.

Salah satu jenis tanaman yang diketahui kaya akan mikroba simbiosis baik pada rizosfir maupun bintil akarnya adalah Putri malu (*Mimosa pudica*). Putri malu dikenal sebagai gulma penutup tanah yang bersifat invasif karena berkembang relatif lebih cepat dibanding tanaman lain dan tahan terhadap berbagai cekaman abiotik (BBPOPT, 2020). Kemampuan yang dimiliki putri malu ditengarai disebabkan karena putri malu membentuk simbiosis dengan konsorsium mikrobia pada rizosfirnya. Beberapa jenis mikrobia yang diketahui bersimbiosis dengan putri malu antara lain berasal dari genus *Rhizobium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, dan beberapa jenis *Actinomycetes*. Diketahui, mikrobia yang bersimbiosis dengan putri malu tersebut ada yang merupakan mikrobia penambat Nitrogen (genus *Rhizobium*), mikrobia pelarut fosfat (genus *Bacillus* dan *Pseudomonas*), dan mikrobia yang bersifat antagonis terhadap beberapa jenis patogen tular tanah (contoh; *Pseudomonas pudica*) (Nivya, 2015; Sari et al., 2018).

Keberadaan BPF dan pemanfaatan BPF sebagai pupuk hayati pada lahan pertanian terkendala oleh beberapa faktor, satu diantaranya adalah habitat asli isolat mikroba yang digunakan. Sering kali pemanfaatan suatu isolat bakteri sebagai pupuk hayati tidak efisien ketika diterapkan pada suatu lahan. Dengan demikian, isolasi bakteri pelarut fosfat indigenus dari suatu lahan penting untuk dilakukan. Berdasarkan uraian tersebut, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk memperoleh isolat bakteri pelarut fosfat indigenus dari lahan pesisir Peneda Gandor, Kecamatan Labuhan Haji Kabupaten Lombok timur.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan metode deskriptif dan terdiri atas tiga tahap; pengambilan sampel bintil akar dan tanah di sekitar perakaran, isolasi mikroba, seleksi mikroba pelarut fosfat, dan karakterisasi isolat mikrobia. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain; bintil akar tanaman Putri malu yang diambil pada daerah lahan dekat pesisir Penedagandor, media *Nutrient Agar* (NA), aquades steril, larutan alkohol 96%, larutan crystal violet, larutan safranin, dan larutan lugol. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain; sekop kecil, gunting, plastik klip, *Laminar Air Flow*, mortar dan pistil, mikropipet, lampu Bunsen, kawat ose, mikroskop, alat gelas, dan alat tulis.

Pengambilan sampel dilakukan dengan mengadaptasi metode Nivya (Nivya, 2015). Tanaman Putri malu diambil dari lahan terbuka dekat pesisir desa Penedagandor Kabupaten

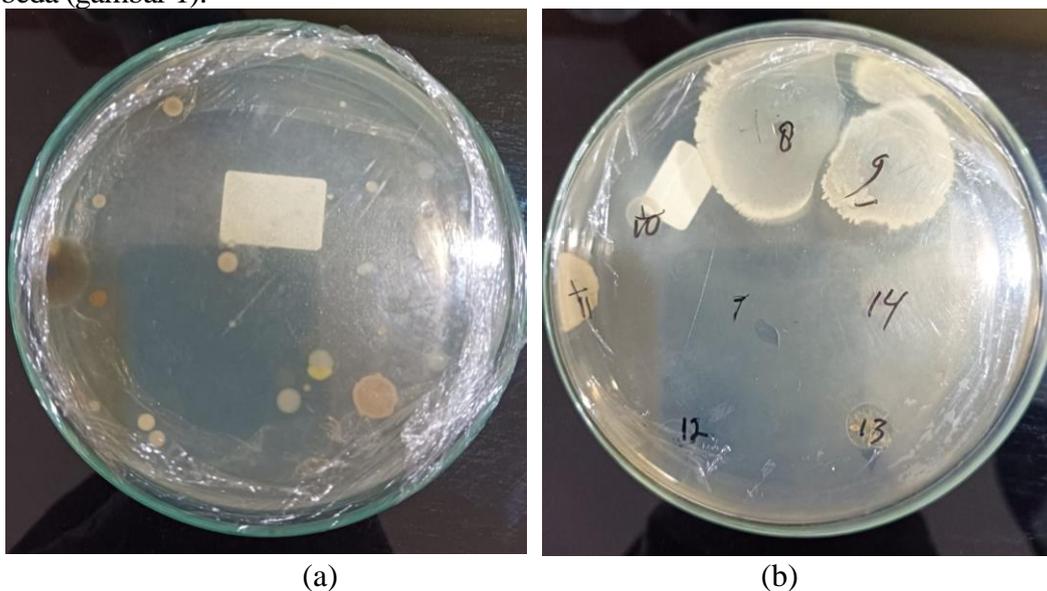
Lombok Timur Nusa Tenggara Barat. Pengambilan sampel dilakukan dengan mencabut tanaman Putri malu hingga akarnya kemudian memasukkannya ke dalam plastik zip lock dan dibawa ke laboratorium.

Isolasi bakteri bintil akar Putri malu dilakukan dengan adaptasi metode Nivya (Nivya, 2015). Sebelum isolasi dimulai, akar putri malu akan terlebih dahulu dibersihkan dari tanah dan dicuci di bawah air mengalir dengan hati-hati kemudian dilanjutkan dengan mengambil bintil akar dari akar yang telah bersih untuk disterilisasi. Sterilisasi diawali dengan menggojog bintil akar di dalam Aquades steril selama 2 menit kemudian meniriskannya pada tissue steril. Sterilisasi dilanjutkan dengan menyemprotkan larutan Alkohol 96% pada bintil akar dan membiarkannya selama 10 detik untuk kemudian dibilas dengan aquades steril selama 2 menit. Selanjutnya, bintil akar digiling kemudian disuspensikan ke dalam 5 mL. Isolasi diakhiri dengan menuang 1 mL suspensi isolate bakteri ke dalam media NA dan menginkubasi selama 48 jam pada suhu 28° C. Isolasi mikroba dari rizosfir Putri malu dilakukan dengan melarutkan 1 mg tanah dekat perakaran tanaman ke dalam 9mL larutan NaCl fisiologis. Campuran kemudian dikocok hingga rata. Selanjutnya, suspensi diencerkan dengan seri pengenceran sebanyak 7 kali hingga mencapai konsentrasi  $10^{-7}$ . Sebanyak 1 mL suspensi pada konsentrasi  $10^{-7}$  diambil kemudian ditumbuhkan pada media YMA dengan metode *spread plate*, dan dilakukan inkubasi selama 48 jam pada suhu 28° C.

Seleksi mikroba pelarut fosfat dilakukan dengan menumbuhkan tiap koloni pada media YMA ke dalam media pikovskaya kemudian diinkubasi pada suhu 28° C selama 10 hari. Setelahnya dilanjutkan pengamatan dan pengukuran keberadaan zona bening di sekitar koloni. Karakterisasi morfologi koloni dilakukan dengan pengamatan koloni dan dilanjutkan dengan pengecatan gram, serta pengamatan morfologi sel mikrobia dengan menggunakan mikroskop.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

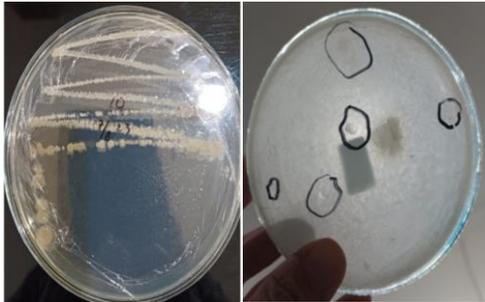
Isolasi mikroba dari bintil akar putri malu menghasilkan 6 isolat bakteri yang berbeda, sedangkan isolasi dari tanah di sekitar perakaran Putri malu menghasilkan 8 isolat yang berbeda (gambar 1).



**Gambar 1.** Koloni bakteri bintil akar (a) dan rizosfir (b) Putri Malu

Tiap isolat bakteri, baik dari bintil akar maupun rizosfir Putri malu, dimurnikan pada media NA yang baru kemudian dilakukan seleksi dan uji pelarutan posfat. Seleksi isolat bakteri pelarut posfat dilakukan dengan menumbuhkan seluruh isolat ke dalam media Pikovskaya. Kemampuan pelarutan posfat isolat terlihat dari terbentuknya zona bening di sekitar isolat. Berdasarkan hasil pengamatan keberadaan zona bening tersebut, diperoleh 4 isolat yang merupakan bakteri pelarut posfat, yaitu Isolat BA1 (bakteri bintil akar), Isolat BA1 (bakteri bintil akar), Isolat BA1, dan Isolat T10 (bakteri rizosfir). Berikut kenampakan isolat-isolat tersebut di media *Pikovskaya* beserta karakter koloninya masing-masing:

**Tabel 1.** Kenampakan koloni isolat dalam media *Pikovskaya*

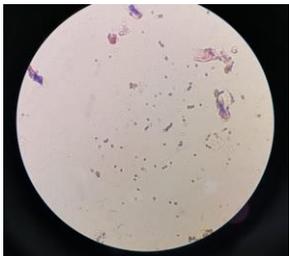
No.	Isolat	Kenampakan Koloni	Deskripsi koloni dan Diameter Zona Bening
1	Isolat BA1		Bentuk koloni sirkular, ukuran koloni sedang, elevasi raised, tepi koloni bergelombang, permukaan koloni mengkilap, konsistensi koloni basah, rata-rata diameter zona bening pada media pikovskaya 15 mm
2	Isolat BA2		Bentuk koloni iregular, ukuran koloni relatif kecil, warna koloni putih, permukaan koloni mengkilap, tepian rata, elevasi raised (cembung), konsistensi koloni kering, rata-rata diameter zona bening pada media pikovskaya 18 mm.
3	Isolat BA4		Koloni berbentuk sirkular, ukuran koloni relatif besar, permukaan koloni suram, koloni berwarna putih kekuningan, konsistensi koloni basah, rata-rata diameter zona bening pada media pikovskaya 24 mm.
4	Isolat T10		Koloni berbentuk sirkular, ukuran koloni relatif kecil, permukaan koloni halus, tepi koloni rata, konsistensi koloni basah, rata-rata ukuran diameter zona bening pada media pikovskaya 17 mm.

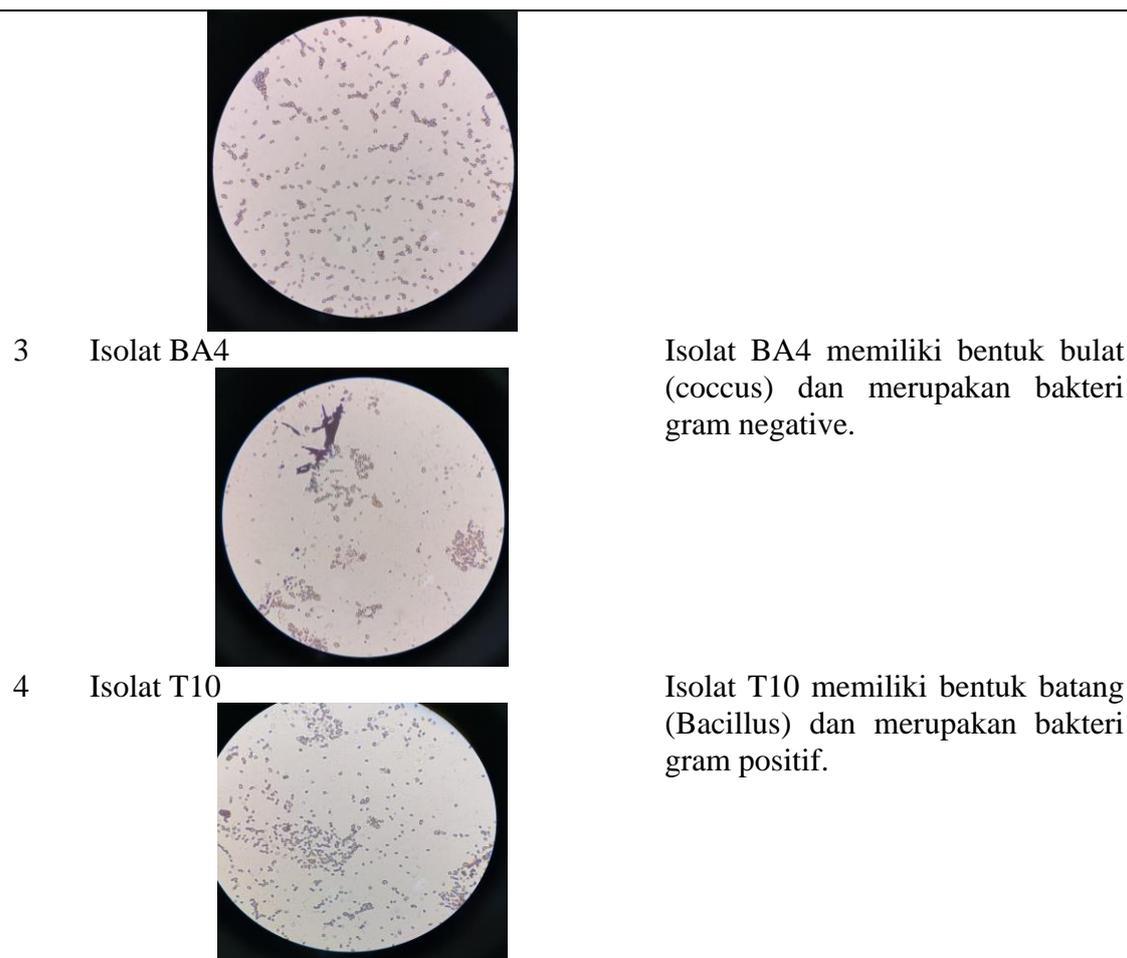
Berdasarkan data pada Tabel 1, diketahui bahwa dari 14 isolat bakteri dari bintil akar dan rizosfir Putri malu yang berhasil diperoleh, hanya 4 isolat yang memiliki kemampuan untuk melarutkan posfat yaitu isolat BA1, BA2, BA4, dan T10. Dari keempat isolat tersebut, diketahui bahwa isolat BA4 memiliki kemampuan pelarutan Posfat tertinggi dari, dengan rata-rata diameter zona bening 24 mm, sedangkan isolat lain (BA1, BA2, dan T10) menghasilkan rata-rata diameter zona bening yang relatif sama yaitu berkisar 15-17 mm. Besarnya zona bening yang terbentuk menunjukkan bahwa aktivitas enzim Posfatase yang dihasilkan oleh isolate BA4 tergolong tinggi. Semakin tinggi aktivitas enzim posfatase yang dimiliki oleh suatu BPF maka aktivitas pelarutan posfat juga akan semakin tinggi (Situmorang et al., 2015), ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening yang menandakan keberadaan posfat terlarut pada media *pikovskaya*. Enzim fosfatase merupakan sekelompok enzim yang mengkatalisis reaksi mineralisasi hidrolitik secara enzimatik dengan pelepasan fosfat tidak terlarut menjadi terlarut (Ranjan et al., 2013). Keberadaan posfat terlarut tersebut mempengaruhi pH media pada daerah sekitar pertumbuhan koloni BPF.

Peneliti lain Paul & Sinha (2017) menyebutkan bahwa zona bening pada permukaan media diakibatkan karena karena terjadinya penurunan pH pada medium sehingga terjadi perubahan kekeruhan medium yang ditandai dengan berubahnya warna medium yang sebelumnya putih menjadi bening. Hasil pengamatan penampakan koloni menunjukkan bahwa keempat isolate BPF memiliki perbedaan pada bentuk koloninya. Isolat BA1, BA4, dan T10 sama-sama memiliki bentuk koloni sirkular. Hanya saja, ukuran koloni BA1 tergolong sedang sementara isolat BA4 memiliki ukuran koloni besar dan T10 memiliki ukuran koloni yang relative lebih kecil. Isolat BA2 memiliki bentuk koloni yang irregular (tidak beraturan) dengan ukuran koloni yang relatif kecil.

Selain kenampakan koloni, karakterisasi isolat dilakukan dengan pewarnaan gram dan pengamatan morfologi di bawah mikroskop. Tabel 2 berikut menampilkan karakteristik morfologi tiap isolat BPF terpilih. Tabel 2 menunjukkan bahwa 4 isolat BPF yang berhasil diperoleh dari bintil akar dan rizosfir Putri malu tergolong dalam 3 kelompok yaitu kelompok bakteri berbentuk bulat dan bersifat gram positif (isolat BA1), bakteri berbentuk batang dan gram positif (BA2 dan T10), serta bakteri yang berbentuk bulat (coccus) dan bersifat gram negatif yaitu isolate BA4.

**Tabel 2.** Karakter Morfologi Isolat Secara Mikroskopis

No.	Isolat	Karakter Morfologi
1	Isolat BA1 	Mikroba isolate BA1 berbentuk bulat monococcus, dan merupakan bakteri gram positif.
2	Isolat BA2	Isolat BA2 memiliki bentuk batang (Bacillus) dan merupakan bakteri gram positif.



Kenampakan koloni dan karakter morfologi suatu isolate tidak dapat digunakan untuk mengetahui jenis bakteri isolate tertentu. Namun demikian, berdasarkan studi literatur mengenai jenis bakteri pelarut posfat dari Putri malu, dapat diduga bahwa BPF dari bintil akar dan rizosfir Putri malu yang tumbuh pada daerah pesisir Peneda Gandor kemungkinan besar termasuk ke dalam genus *Bacillus* (BA2 dan T10) dan *Pseudomonas* (BA4). Namun demikian, untuk isolate BA1 belum dapat dipastikan dan diperlukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui jenis bakteri tersebut.

Isolat BA2 dan T10 memiliki penampakan koloni dan karakteristik morfologi yang sama dengan bakteri-bakteri pada genus *Bacillus*. Bakteri yang termasuk ke dalam *Bacillus* memiliki koloni berbentuk bulat dengan permukaan cembung, tepian rata, dan berwarna putih, dengan morfologi sel berbentuk batang dan bersifat gram positif (Puspita et al., 2018). Keberadaan bakteri dari Genus *Bacillus* pada bintil akar Putri malu telah dilaporkan sebelumnya yaitu (Ravunni & Yusuf, 2022) yang telah mengisolasi dan mengidentifikasi *Bacillus cereus* MY5 dari bintil akar Putri malu di India serta (Tapia-García et al., 2020) yang berhasil mengisolasi *Bacillus sp* dan *Pseudomonas sp* dari bintil akar Putri malu yang tumbuh di Meksiko.

Isolat BA4 yang menunjukkan aktivitas pelarutan posfat tertinggi memiliki karakteristik penampakan koloni dan morfologi yang sesuai dengan deskripsi dari bakteri yang berada dalam genus *Pseudomonas*. Bahwa bakteri dari genus *Pseudomonas* memiliki karakter koloni berbentuk bulat dengan warna putih tulang, elevasi datar, tepian rata, sel berbentuk coccus dengan tipe gram negatif, positif katalase, dan motil akibat adanya flagel (Oktafitria et al., 2019). *Pseudomonas* juga dikenal memiliki aktivitas

pelarutan posfat yang tinggi. Sebagian besar bakteri non Rizobium yang ditemukan berada pada bintil akar tanaman leguminosa tergolong ke dalam genus *Bacillus* dan *Pseudomonas* (Hnini & Aurag, 2024).

Isolat BA1 yang memiliki bentuk koloni sirkular, ukuran koloni sedang, permukaan cembung dan mengkilap, tepi koloni bergelombang dengan konsistensi koloni basah, serta secara morfologi berbentuk bulat (coccus) dan termasuk bakteri gram positif belum dapat dikenali dan dipastikan ke dalam suatu genus bakteri endofit Putri malu. Karakteristik morfologi dan penampakan koloni dapat menjadi landasan awal dalam identifikasi jenis isolat suatu bakteri (Nufus et al., 2022). Namun demikian, untuk menegakkan hasil karakterisasi dan identifikasi isolat, perlu dilakukan analisis lanjutan berupa analisis aktivitas biokimia dan analisis molekuler untuk mengetahui dengan pasti jenis isolat yang ditemukan.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, 14 isolat bakteri berhasil diisolasi dari rizosfir dan bintil akar Putri malu, dimana 4 diantaranya mampu melarutkan posfat. Isolat tersebut adalah isolat BA1, BA2, BA4, dan T10. Isolat BA4 menghasilkan rata-rata diameter zona bening terbesar yaitu 24 mm, kemudian diikuti oleh BA2 (18mm), T10 (17mm) dan BA1 (15 mm). Berdasarkan analisis penampakan koloni dan pengamatan morfologi bakteri, diduga isolat-isolat tersebut termasuk ke dalam genus *Bacillus* (BA2 dan T10), *Pseudomonas* (BA4), dan belum dapat dipastikan (BA1).

Untuk menegakkan hasil karakterisasi dan identifikasi isolat, perlu dilakukan analisis lanjutan berupa analisis aktivitas biokimia dan analisis molekuler untuk mengetahui dengan pasti jenis isolat yang ditemukan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada LPPM Universitas Mataram yang telah mendanai penelitian ini melalui melalui skim Penelitian Dosen Pemula.

### DAFTAR PUSTAKA

- BBPOPT. (2020). *Manfaat Putri Malu Bagi Petani*. <https://bbpopt.tanamanpangan.pertanian.go.id/index.php/2020/06/09/banyakayang-tidak-tahu-inilah-manfaat-putrimalu-bagi-petani/>
- Hao, J., Knoll, A. H., Huang, F., Schieber, J., Hazen, R. M., & Daniel, I. (2020). Cycling phosphorus on the Archean Earth: Part II. Phosphorus limitation on primary production in Archean ecosystems. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 280, 360–377. <https://doi.org/10.1016/J.GCA.2020.04.005>
- Hnini, M., & Aurag, J. (2024). Prevalence, diversity and applications potential of nodules endophytic bacteria: a systematic review. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1386742. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2024.1386742/BIBTEX>
- Ilham, Darmayasa, I. B. G., & Kawuri, R. (2014). Isolasi dan identifikasi bakteri pelarut fosfat potensial pada tanah konvensional dan tanah organik. *Simbiosis*, 2(1), 173–183. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/simbiosis/article/view/9499>
- Nivya, R. M. (2015). A Study on Plant Growth Promoting Activity of the Endophytic Bacteria Isolated from the Root Nodules of Mimosa Pudica Plant. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 4(8), 6959–

6968. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2015.0408035>
- Nufus, N. H., Wangiyana, W., & Suliartiningsih, N. W. S. (2022). Isolasi dan Karakterisasi Mikrobial Bintil Akar Putri Malu (*Mimosa pudica*) Indigenus dari Lahan Kering Pringgabaya, Lombok Timur. *Gontor Agrotech Science Journal*, 8(1), 18–27. <https://doi.org/10.21111/AGROTECH.V8I1.8115>
- Oktafitria, D., Febriyantiningrum, K., Nurfitria, N., Jadid, N., Purwani, K. I., Sumarsih, N., Khotimah, H., Hidayati, D., & Purnomo, E. (2019). Eksplorasi Mikoriza Vesikula Arbuskula (MVA) pada Lahan Revegetasi Pasca Tambang Batu Kapur dan Status Infeksinya terhadap Akar Jagung (*Zea mays*). *Prosiding SNasPPM*, 4(1), 63–70. <http://prosiding.unirow.ac.id/index.php/SNasPPM/article/view/281>
- Paul, D., & Sinha, S. N. (2017). Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacterium *Pseudomonas aeruginosa* KUPSB12 with antibacterial potential from river Ganga, India. *Annals of Agrarian Science*, 15(1), 130–136. <https://doi.org/10.1016/J.AASCI.2016.10.001>
- Puspita, F., Sukemi, I. S., & Merini, J. (2018). Uji Beberapa Konsentrasi Bakteri *Bacillus* sp. Endofit untuk Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 46(3), 322–327. <https://doi.org/10.24831/JAI.V46I3.16342>
- Ranjan, A., Mahalakshmi, M., & Sridevi, M. (2013). Isolation and characterization of phosphate-solubilizing bacterial species from different crop fields of Salem, Tamil Nadu, India. *International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases*, 3(1), 29. <https://doi.org/10.4103/2231-0738.106982>
- Ravunni, M., & Yusuf, A. (2022). Isolation, Characterization and Phylogenetic Analysis of Nodule-Associated Bacteria from *Mimosa pudica* L. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 19(3), 645–655. <https://doi.org/10.13005/BBRA/3017>
- Sari, E., Flatian, A. N., Sari, Z. I., & Sulaeman, E. (2018). Isolasi dan Karakterisasi Thizobium dari *Glycine max* dan *Mimosa pudica* Linn. *EKOTONIA: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi Dan Mikrobiologi*, 3(2), 55–62. <https://doi.org/10.33019/EKOTONIA.V3I2.760>
- Sharon, J. A., Hathwaik, L. T., Glenn, G. M., Imam, S. H., & Lee, C. C. (2016). Isolation of efficient phosphate solubilizing bacteria capable of enhancing tomato plant growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(2), 525–536. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162016005000043>
- Situmorang, E. C., Prameswara, A., Sinthya, H. C., Toruan-Mathius, N., & Liwang, T. (2015). Indigenous Phosphate Solubilizing Bacteria from Peat Soil for an Eco-friendly Biofertilizer in Oil Palm Plantation. *Indonesia EBTKE-CONEX 2013*, 1(1), 65–72. <https://doi.org/10.18502/KEN.V1I1.324>
- Tapia-García, E. Y., Hernández-Trejo, V., Guevara-Luna, J., Rojas-Rojas, F. U., Arroyo-Herrera, I., Meza-Radilla, G., Vásquez-Murrieta, M. S., & Estrada-de los Santos, P. (2020). Plant growth-promoting bacteria isolated from wild legume nodules and nodules of *Phaseolus vulgaris* L. trap plants in central and southern Mexico. *Microbiological Research*, 239. <https://doi.org/10.1016/J.MICRES.2020.126522>