

Exploration of P-Solubilizing and IAA-producing Rhizobacteria from Saline Environments: Their Effects on *Vigna radiata* Growth-promotion

Ni Wayan Anggun Diah Utami¹, Lalu Zulkifli^{1*}, Dewa Ayu Citra Rasmi¹, Prapti Sedijani¹

¹Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History

Received : October 10th, 2024

Revised : October 30th, 2024

Accepted : November 05th, 2024

*Corresponding Author:

Lalu Zulkifli, Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia; Email:

lalu_zulkifli@unram.ac.id

Abstract: Rhizobacteria that are able to dissolve P and produce IAA can be used as component of biofertilizers to help increase plant growth, which can be a more environmentally friendly fertilizer alternative compared to chemical fertilizers. Rhizobacteria originating from sub-optimal environments have the potential to overcome environmental stress such as osmotic stress. To obtain potential isolates that can be used as biofertilizer, exploration of the rhizosphere of the sentigi (*Pemphis acidula*) has been carried out from the coast of Gili Sulat, Lombok. The method for isolating and selecting IAA producing bacteria was carried out using the colorimetric test method, while for the P solubilization ability, it was carried out by growing rhizobacteria on Pikovskaya media. Isolate PA6 with the highest IAA producing ability (21 ppm) and PL4 with the highest P solubilizing ability (20.9 ppm), were tested for their effect on the growth-promotion of *Vigna radiata* cultured on Murphy agar media by measuring the parameters of plant height, root length, fresh weight, and plant dry weight. Based on the One Way ANOVA statistical analysis with a p value ≤ 0.05 , it showed that the inoculation of IAA-producing and P solvent rhizobacteria was proven to be able to have a significant effect with significantly different results on increasing plant dry weight. In the future, the isolate obtained can be developed into a biofertilizer component that can be applied in saline and dryland agriculture.

Keywords: Rhizobacteria, bacteria, biofertilizer, IAA producing bacteria, phosphate solubilizing.

Pendahuluan

Pertumbuhan tanaman sangat ditentukan oleh ketersediaan nutrisi yang cukup untuk mendukung proses-proses fisiologis tanaman. Keberadaan nutrisi kunci seperti fosfat dan IAA banyak memainkan peran mulai dari tahap pertumbuhan awal tanaman. Sumber nutrisi yang dibutuhkan pada umumnya sudah tersedia di lingkungan, akan tetapi hanya mampu dimanfaatkan dalam jumlah yang terbatas oleh tanaman. Lebih dari 90% fosfat dalam bentuk mineral yang sukar diserap oleh tanaman sehingga tidak dapat dimanfaatkan secara optimal untuk mendukung proses fisiologis tanaman. Sehingga dibutuhkan bantuan dari mikroorganisme yang mampu memediasi

tanaman untuk dapat memperoleh nutrisi yang siap diserap. Sebagaimana diketahui tanaman hanya mampu menyerap fosfat dalam bentuk hidrogen fosfat $H_2PO_4^-$ dan $(HPO_4)^{2-}$ (Sharma *et al.*, 2013; Bhattacharyya dan Jha, 2012).

Agen-agen hayati dibutuhkan untuk mentransformasi fosfat imobile menjadi mobile sehingga dapat diserap oleh tanaman. Dalam hal ini, pemanfaatan bakteri pelarut fosfat menjadi kunci dalam melarutkan fosfat anorganik (Numan *et al.*, 2018). Unsur hara lain yang tidak kalah pentingnya bagi pertumbuhan tanaman terutama untuk mengatasi cekaman lingkungan adalah IAA. Terdapat pandangan umum bahwa bakteri mampu merangsang pertumbuhan tanaman dengan menyediakan IAA bagi tanaman. Namun, ada kemungkinan bahwa

bakteri juga dapat merangsang pertumbuhan tanaman dengan mendegradasi IAA yang berasal dari tanaman ketika IAA telah mencapai tingkat yang sangat merugikan. Keberadaan bakteri penghasil IAA juga berkaitan dengan kemampuannya dalam memitigasi stres lingkungan, sehingga dapat memberi keuntungan bagi tanaman yang berasosiasi dengannya. Sebaliknya, bakteri dapat mendegradasi IAA demi keuntungannya sendiri, apapun jenis tanamannya (Alemneh *et al.*, 2022).

Isolasi bakteri terutama yang memiliki potensi sebagai PGP banyak ditemukan dari rizosfer tumbuhan. *Plant growth promoting rhizobakter* (PGPR) terutama dari lingkungan suboptimal dinilai potensial mampu mengatasi cekaman lingkungan termasuk salinitas dan kekeringan yang menyebabkan stres osmotik (Sharman *et al.*, 2013; Sunita *et al.*, 2020). Rizobakteri dari lingkungan suboptimal juga dapat meningkatkan ketersediaan dan penyerapan nutrisi bagi tanaman (Yang, *et al.*, 2009). Sehingga dengan menyediakan alternatif penggunaan rizobakteri termasuk penggunaan bakteri pelarut P untuk membantu pertumbuhan tanaman akan mengurangi penggunaan pupuk kimia serta dapat diterapkan pada lahan suboptimal dan mendukung pertanian berkelanjutan (Zulkifli, *et al.*, 2020; Wu, *et al.*, 2019).

Rizobakteri sebagai pupuk hayati potensial dalam meningkatkan serapan nutrisi dan mempertahankan kualitas tanah. Dalam rangka memperoleh isolat potensial yang dapat dikembangkan sebagai komponen pupuk hayati kedepannya, diperlukan eksplorasi rizobakteri dari daerah salin sebagai langkah awal untuk memperoleh rizobakteri yang memiliki kemampuan penghasil IAA dan pelarut fosfat. Artikel ini melaporkan hasil isolasi dan karakterisasi rizobakteri pelarut P dan penghasil IAA dari daerah intertidal Gili Sulat, Lombok, serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan *V. radiata*.

Bahan dan Metode

Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Rizosfer *Pemphix acidula*

Sampel rizosfer di ambil dari tumbuhan sentigi di daerah pesisir Gili Sulat, Lombok. Tanah yang menempel di perakaran tanaman sebanyak 6g dilarutkan dalam 30 ml air destilasi

steril yang dihomogenkan selama 1 jam pada kecepatan 160 rpm. Sebanyak 1 ml larutan yang telah dihomogenkan ditransfer ke dalam 9 ml air destilasi steril, sehingga membentuk pengenceran 10^{-2} dan proses yang sama diulangi hingga pengenceran 10^{-6} . Hasil pengenceran 10^{-4} , 10^{-5} , dan 10^{-6} masing-masing sebanyak 0,1 ml dipindahkan ke media NA (*Nutrient Agar*) dan diinkubasi pada suhu 32°C selama 24 jam. Selanjutnya, dilakukan subkultur bakteri dengan metode *pour plate* untuk mendapatkan isolat tunggal yang diidentifikasi berdasarkan ciri morfologi koloninya. Karakterisasi morfologi sel dan sifat fisiologisnya dibedakan berdasarkan Manual Lab Cappuccino & Sherman (2014).

Pengukuran Pelarutan P oleh Bakteri

Isolat yang telah diperoleh dikultur pada media NB (*Nutrient Broth*) dan diinkubasi selama 24 jam, kemudian hasil kultur bakteri tersebut diinjeksikan pada media Pikovskaya padat (Pande, *et al.*, (2017), metode ini pertama kali dikembangkan oleh Pikovskaya (1948). Media yang telah berisi bakteri tersebut diinkubasi selama 8 hari pada suhu 30°C untuk kemudian diamati zona bening (*halo zone*) yang terbentuk di sekitar koloni bakteri yang telah tumbuh (Sharma *et al.*, 2011). Sharon *et al.*, (2016), menentukan kemampuan pelarutan P dengan mengukur ukuran zona bening yang terbentuk. Indeks kelarutan P dikategorikan berdasarkan kategori menurut Silva dan Vidor (2000).

Aktivitas pelarutan P secara kuantitatif diukur dengan menumbuhkan suspensi bakteri sesuai standar Mc. Farland sebanyak 0,5 ml pada 25 ml media Pikovskaya cair yang kemudian diinkubasi di atas *shaker* selama 8 hari pada kecepatan 140 rpm. Kultur bakteri pada hari ke 2, 4, 6, dan 8, masing-masing sebanyak 5 ml diambil sampelnya untuk disentrifugasi selama 15 menit pada kecepatan 6000 rpm. Supernatan hasil sentrifugasi sampel bakteri tersebut masing-masing diambil sebanyak 1,25 ml dan direaksikan dengan reagen fosfat sebanyak 0,2 ml dalam tabung durham selama 30 menit. Uji spektrofotometri untuk mengukur P terlarut yang terbentuk oleh bakteri diukur pada panjang gelombang 690 nm. Konsentrasi kelarutan P dari sampel bakteri dihitung berdasarkan kurva standar fosfat. Pengukuran pH media kultur bakteri juga diukur pada interval waktu yang sama menggunakan pH meter.

Pengukuran Produksi IAA

Uji kemampuan produksi IAA dilakukan dengan menggunakan pereaksi Salkowski atau umum dikenal dengan metode Salkowski (Ehmann, 1977). Metode colorimetri digunakan untuk melihat aktivitas produksi IAA oleh isolat bakteri dan secara kuantitatif diukur dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 530 nm (Mohite, 2013). Suspensi bakteri dikultur ke dalam 10 ml media NB yang telah diperkaya dengan triptofan (200ppm) dan dishaker selama 3 hari pada kecepatan 140 rpm. Kultur bakteri kemudian disentrifugasi selama 15 menit pada kecepatan 6000 rpm. Sebanyak 0,5 ml sampel direaksikan dengan 1 ml pereaksi salkowski dan didiamkan selama 30 menit pada lingkungan yang minim cahaya. Selanjutnya dilakukan spektrofotometri dan hasilnya dikonversi berdasarkan persamaan yang diperoleh dari perhitungan kurva standar IAA murni.

Uji In vitro

Biji kacang hijau dengan ukuran yang sama dipilih secara acak dan kemudian dibersihkan secara bertahap untuk menghilangkan kotoran dan mikroba yang menempel. Biji kacang hijau dibersihkan dengan air mengalir selama 5 menit lalu dikeringkan. Biji kacang hijau dibersihkan dengan larutan NaOCl 5,25% selama 5 menit, kemudian dibersihkan dengan menggunakan alkohol 70% selama 10 menit yang secara bertahap konsentrasinya diturunkan dengan mengurangi volume larutan dan menambahkan air destilasi steril. Selanjutnya, isolat bakteri terpilih PA6 dan PL4 yang telah dikultur pada media NB selama 24 jam disentrifugasi pada kecepatan 5000 rpm selama 10 menit. Pellet dari isolat bakteri tersebut masing-masing ditambahkan sebanyak 25 ml air destilasi steril hingga membentuk suspensi (Joko *et al.*, 2015). Suspensi yang telah terbentuk kemudian digunakan untuk merendam biji kacang hijau.

Ada 3 perlakuan yang dibandingkan, yaitu perendaman pada air destilasi steril (K), perendaman pada suspensi pellet bakteri penghasil IAA tertinggi kode isolat PA6, dan suspensi pellet bakteri pelarut P tertinggi kode isolat PL4. Perendaman masing-masing dilakukan selama 1 jam sebelum dikultur pada media Murphy yang dimodifikasi (mengganti

KH₂PO₄ dengan Ca₃(PO₄)₂) selama 5 hari. Pengamatan perkecambahan mengukur parameter tinggi tanaman, panjang akar, berat basah, dan berat kering tanaman.

Analisis Data

Hasil pengukuran parameter pada uji In-vitro pengaruh inokulasi bakteri penghasil IAA dan pelarut P terhadap perkecambahan kacang hijau masing-masing dianalisis dengan menggunakan *One Way ANOVA* ($p \leq 0.05$) untuk mengukur pengaruh perlakuan dari ketiga perlakuan. Uji lanjut Tukey dilakukan untuk melihat perbandingan perlakuan terbaik yang berbeda nyata pada uji *One Way ANOVA*.

Hasil dan Pembahasan

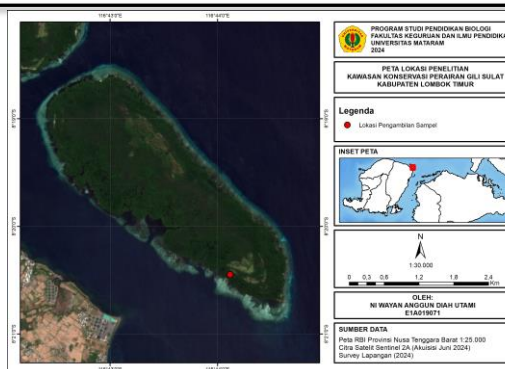
Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Rizosfer

Isolasi bakteri dari rizosfer tumbuhan sentigi berdasarkan hasil karakterisasi diperoleh sebanyak 11 isolat. Karakterisasi isolat bakteri tersebut didasarkan pada perbedaan ciri morfologi koloni, morfologi sel, dan sifat fisiologisnya (Cappuccino & Sherman, 2014). Sebagian besar isolat bakteri berbentuk basil, 10 diantaranya merupakan gram positif dan 1 gram negatif (tabel 1). Tujuh dari sebelas isolat dapat membentuk endospora, diantaranya PA2, PA4, PA6, PL4, dan PL5 membentuk spora subterminal, serta PA1 dan PA3 membentuk sporasentral. Empat isolat lainnya PL1, PL2, PL3, dan PA5 ketika diamati tidak ditemukan adanya spora yang terbentuk. Kemampuan pembentukan endospora oleh rizobakteri seperti *Bacillus* sp. telah banyak dipelajari dan menjadi yang paling nyata membantu bakteri bertahan lebih lama di bawah kondisi cekaman lingkungan, dan menjadi salah satu yang paling umum digunakan dalam membentuk formulasi pupuk hayati (Tsotetsi *et al.*, 2020; Gómez-Godínez *et al.*, 2023).

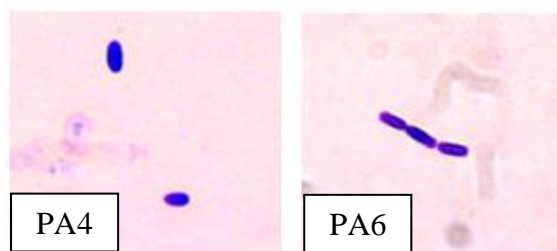
Sifat fisiologis masing-masing isolat diketahui dengan cara diuji dengan uji-biokimia, seperti uji karbohidrat glukosa, laktosa, maltosa, TSI (*Triple Sugar Iron*), uji simon sitrat, dan uji motilitas. Hasilnya pada uji glukosa hanya empat isolat yang menunjukkan hasil positif. Hasil uji laktosa menunjukkan hanya lima isolat yang positif. Untuk uji maltosa hanya isolat yang mampu memanfaatkan maltosa

sebagai satu-satunya sumber karbon sebagai sumber energinya.

Perubahan warna pada uji-uji tersebut dari merah menjadi kekuningan menandakan bakteri memiliki kemampuan dalam fermentasi karbohidrat dengan membentuk senyawa asam (Anggraini *et al.*, 2019; Kosasi *et al.*, 2019). Hasil uji TSI menunjukkan PA4, PA6, PL2, PL4 dan PL5 positif, ditandai dengan perubahan warna pada media kultur. Uji simon sitrat menunjukkan hanya 2 isolat dengan hasil positif, yaitu PA1 dan PA3 yang mampu memanfaatkan sitrat sebagai satu-satunya sumber energi. Sedangkan untuk kemampuan motilitas hanya bakteri kode isolat PA5, PL4, dan PL5 memiliki kemampuan motilitas. Hasil serupa juga dikemukakan oleh Pattuju *et al.*, (2014) yang memperoleh hasil negatif dan positif, pada hasil positif, pertumbuhan bakteri menyebar hingga pada permukaan media kultur.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Rhizosfer *P. Acidula*



Gambar 2. Contoh Bentuk Sel Bakteri Rizosfer *P. acidula*.

Tabel 1. Karakteristik Morfologi Koloni dan Sel Isolat Bakteri Rhizosfer *P. Acidula*

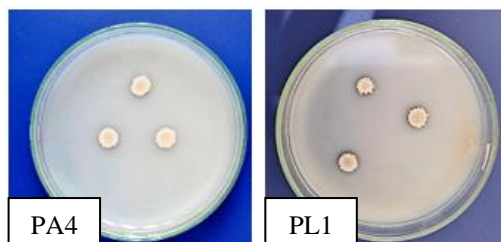
Kode Isolat	Bentuk	Tepian	Elevasi	Warna	Bentuk Sel	Gram
PA1	Rhizoid	Rhizoid	Flat	Cream	Basil	+
PA2	Iregular	Lobate	Umbonate	Putih	Basil	+
PA3	Rhizoid	Rhizoid	Flat	Keputihan	Kokobasil	+
PA4	Iregular	Undulate	Flat	Putih	Basil	+
PA5	Iregular	Lobate	Umbonate	Cream	Basil	+
PA6	Iregular	Lonate	Flat	Putih	Basil	+
PL1	Rhizoid	Rhizoid	Umbonate	Keputihan	Kokobasil	-
PL2	Filamentous	Filamentous	Flat	Cream	Basil	+
PL3	Circular	Entier	Convex	Cream	Kokobasil	+
PL4	Circular	Entier	Convex	Putih	Basil	+
PL5	Circular	Undulate	Flat	Cream	Basil	+

Tabel 2. Karakteristik Fisiologis Isolat Bakteri Rhizosfer *P. Acidula*

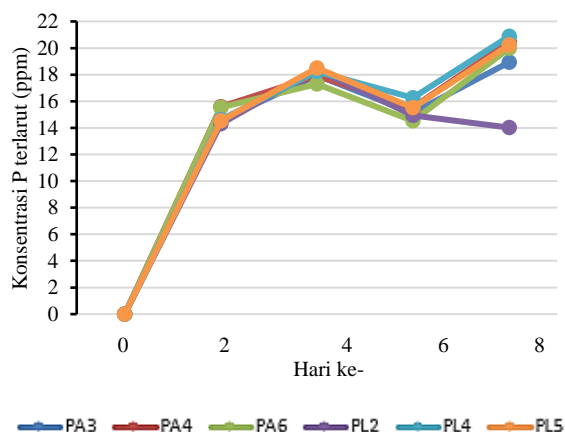
Sifat Isolat	Kode Isolat										
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5
Bentuk Sel	Basil	Basil	Cocobasil	Basil	Basil	Cocobasil	Cocobasil	Basil	Cocobasil	Basil	Basil
Gram	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Spora	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Motilitas	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+
Indole	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
SC	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
TSI	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+
Glukosa	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+
Laktosa	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+
Maltosa	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-

Pengukuran Kemampuan Pelarutan Fosfat

Bakteri pelarut P Kemampuan pelarutan P berdasarkan hasil uji kualitatif fosfat menunjukkan semua isolat termasuk dalam kategori rendah, dengan IKF rata-rata 1,4. Isolat dengan kemampuan tertinggi adalah isolat kode PA4 (tabel 2). Nilai tersebut diperoleh dari pengukuran zona bening yang terbentuk akibat adanya aktivitas bakteri dalam melepaskan asam organik. Asam organik yang disekresi oleh bakteri akan mengikat Ca pada $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ sehingga terjadi pertukaran anion asam dengan anion fosfat. Proses yang membentuk khelat organik yang stabil akan mampu melepaskan ikatan fosfat menjadi H_2PO_4^- . Proses tersebut pada media Pikovskaya padat menyebabkan terbentuknya zona bening (Oksana *et al.*, 2020). Kemampuan sintesis asam organik oleh bakteri berbeda bergantung pada jenis dan aktifitas fisiologis yang dimiliki, sehingga menghasilkan tingkat kelarutan P yang berbeda. Perbedaan kemampuan sintesis asam organik juga kemampuan sintesis enzim fosfatase mempengaruhi pelarutan fosfat yang dapat dihasilkan oleh bakteri (Sashidhar *et al.*, 2010; Sharma *et al.*, 2013).



Gambar 3. Hasil uji kemampuan pelarutan fosfat pada media kultur PVK padat.



Gambar 4. Grafik kelarutan P pada media Pikovskaya cair

Hasil pada pengukuran P kualitatif, dipilih 6 isolat untuk dilakukan pengukuran kelarutan P secara kuantitatif. Hasilnya pada rentang waktu 2, 4, 6 dan 8 hari, yaitu isolat kode PA3, PA4, PA6, PL2, PL4, dan PL5 terjadi fluktuasi kelarutan P (Gambar 4). Pada hari ke 2 dan ke 4 terjadi peningkatan kelarutan P dengan isolat kode PL5 memiliki konsentrasi kelarutan P tertinggi (25,4 ppm). Sedangkan pada hari ke 6 semua isolat mengalami penurunan konsentrasi P terlarut pada media yang diukur. Sementara pada hari ke-8 isolat kode PL2 terus mengalami penurunan kelarutan P hingga konsentrasi terendah 14 ppm, isolat kode PA3 PA4, PA6, PL4, dan PL5 kembali mengalami peningkatan. Konsentrasi tertinggi pada hari ke-8 mencapai 20,9 ppm oleh isolat kode PL4.

Tabel 3. Hasil Uji Pelartan Fosfat bakteri rizosfer P. acidula pada Media Kultur PVK Padat

Kode Isolat	Diameter Koloni (mm)	Zona Bening (mm)	IKF	Kategori
PA1	0.67	0.23	1.3	Rendah
PA2	0.67	0.23	1.3	Rendah
PA3	0.74	0.34	1.5	Rendah
PA4	0.63	0.43	1.7	Rendah
PA5	0.56	0.28	1.5	Rendah
PA6	0.68	0.41	1.6	Rendah
PL1	0.68	0.31	1.4	Rendah
PL2	0.78	0.09	1.1	Rendah
PL3	0.93	0.15	1.2	Rendah
PL4	0.73	0.29	1.4	Rendah
PL5	0.82	0.27	1.3	Rendah

Fluktuasi kelarutan P pada rentang waktu 2, 4, 6 dan 8 hari tersebut dapat dipengaruhi berbagai faktor, termasuk dari faktor peningkatan keasaman. Kelarutan P lebih tinggi pada tingkat pH lebih rendah. Tingkat suasana keasaman yang dapat terbentuk bergantung pada jenis dan jumlah metabolit yang mampu dihasilkan oleh bakteri. Proses kompleks seperti ketersediaan nutrisi, aktivitas fisiologis dan fase pertumbuhan bakteri memengaruhi ketersediaan P terlarut yang mampu dihasilkan dari aktivitas bakteri (Zhu, *et al.*, 2011; Reyes *et al.*, 1999). Berkaitan dengan fase pertumbuhan bakteri, pada titik puncak pertumbuhannya ketersediaan P terlarut mengalami penurunan disebabkan P yang tersedia mulai dimanfaatkan oleh bakteri itu sendiri untuk mempertahankan kehidupannya. Sementara ketika mulai memasuki fase

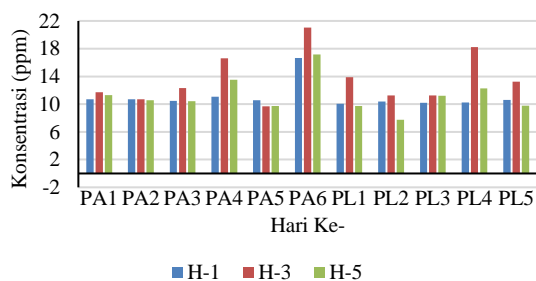
kematian, ketika jumlah sel bakteri telah menurun, ketersediaan P terlarut kembali mengalami peningkatan (Arsina & Asri, 2019).

Tabel 4. pH media pikovskaya cair kultur bakteri pelarut fosfat

Kode Isolat	pH hari ke-			
	2	4	6	8
PA3	6	6	5	5
PA4	5	5	5	5
PA6	5	5	5	5
PL2	6	5	5	5
PL4	6	5	5	5
PL5	6	5	5	5

Pengukuran Produksi IAA oleh Isolat Bakteri

Pengukuran kemampuan produksi IAA oleh bakteri pada media yang diperkaya dengan tryptofan (200ppm) menunjukkan hasil yang bervariasi (Gambar 5). Isolat PA6 terukur sebagai penghasil IAA dengan konsentrasi tertinggi jika dibandingkan dengan 10 isolat lainnya dengan konsentrasi produksi IAA mencapai 21 ppm, sedangkan isolat PA5 memproduksi IAA paling rendah dengan konsentrasi 9,7 ppm. Selain itu, sepuluh isolat bakteri menunjukkan peningkatan produksi IAA pada hari ke-3 dan mengalami penurunan produksi pada hari ke-5.



Gambar 5. Konsentrasi Hasil Uji Produksi IAA oleh isolat Bakteri Rizosfer *P. Acidula*. Produksi IAA tertinggi dihasilkan oleh isolat kode PA6 pada hari ke-3.

Konsentrasi produksi IAA bervariasi dan dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, mulai dari ketersediaan triptofan, waktu inkubasi, pH, hingga faktor genetik (Ghosh et al., 2013; Lebrazi et al., 2015; Tang et al., 2023). Potensi produksi IAA oleh rhizobakteri juga berkaitan dengan kemampuannya dalam memitigasi stres lingkungan seperti stres osmotik dan ion logam (Alemneh et al., 2022). Sehingga tiap bakteri dari

lingkungan yang berbeda sangat mungkin memiliki kemampuan penghasil IAA yang berbeda. Hormon IAA yang diproduksi oleh bakteri penghasil IAA dapat memediasi hubungan antara bakteri dengan tanaman. Hubungan tersebut berkaitan dengan fungsi IAA bagi tanaman yang secara umum telah diketahui memiliki peran yang sangat mendasar pada aspek pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Duca et al., (2014) mengemukakan bahwa rhizobakteri penghasil IAA memiliki beragam sifat yang bermanfaat dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Pengaruh Inkulasi Bakteri Pelarut Fosfat dan Penghasil IAA Terhadap Pertumbuhan *Vigna radiata*

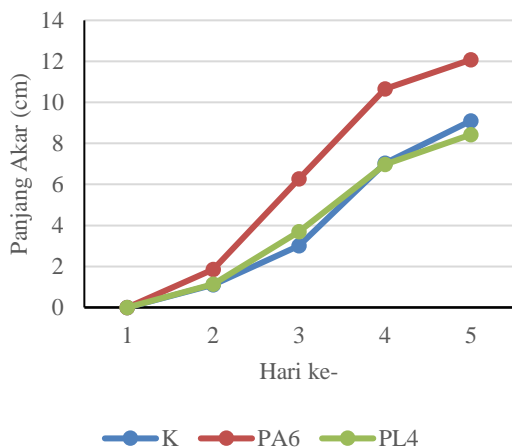
Uji in-vitro dilakukan dengan mengaplikasikan isolat terpilih pada biji kacang hijau untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pertumbuhan mulai dari perkecambahan hingga mengukur tinggi tanaman, panjang akar, berat basah dan berat kering tanaman. Dua isolat yang dipilih adalah isolat PA6 yang memiliki kemampuan produksi IAA paling tinggi dan PL4 yang memiliki kemampuan pelarutan fosfat paling tinggi diantara isolat lain yang diperoleh dari rizosfer *P. acidula* dari zona intertidal Gili Sulat, Lombok (Gambar 1).

Tabel 5. Hasil Pengaruh Inokulasi Bakteri Pelarut Fosfat dan Penghasil IAA Terhadap Petumbuhan *V. Radiata*

Pengukuran	K	PA6	PL4
Tinggi Tanaman (cm)	12.64 ±3.08 ^a	12.24 ±2.10 ^a	11.48 ±2.04 ^a
Panjang Akar (cm)	9.10 ±2.61 ^a	12.08 ±2.11 ^b	8.43 ±0.68 ^a
Berat Basah (g)	0.366 ±0.038 ^a	0.374 ±0.070 ^a	0.384 ±0.029 ^a
Berat Kering (g)	0.034 ±0.004 ^a	0.044 ±0.005 ^b	0.048 ±0.004 ^b

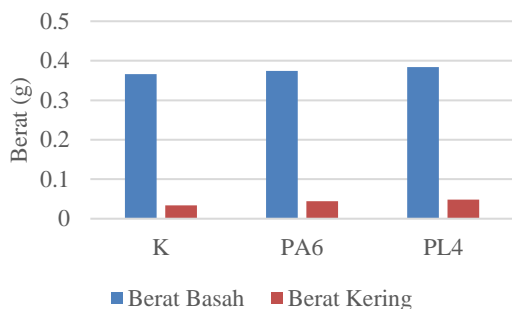
Hasil Uji *One Way ANOVA* menunjukkan inokulasi bakteri penghasil IAA dan pelarut P meskipun tidak menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada tinggi tanaman dan berat basah tanaman, dihasilkan pengaruh signifikan terhadap peningkatan panjang akar dan berat kering tanaman (tabel 4). Ketersediaan IAA dan P terlarut berdampak pada pertumbuhan tanaman kacang hijau. Pemberian inokulasi ini

berpengaruh terhadap struktur perakaran dan biomassa tanaman. Erturk *et al.*, (2010) mengemukakan, terdapat korelasi antara pengaplikasian PGPR khususnya dengan kemampuan penyediaan IAA terhadap pertumbuhan akar utama, panjang akar, diameter, berat kering, kualitas hingga presentase perakaran yang lebih tinggi.



Gambar 6. Grafik pertumbuhan akar *V. Radiata*

Pernyataan serupa juga dikemukakan Solano *et al.*, (2010) yang menyatakan pengaplikasian bakteri yang mampu mensintesis auxin juga berdampak pada pembentukan akar adventif tanaman, sehingga memperbesar peluang penyerapan nutrisi. Ketersediaan IAA terlarut bagi tanaman berdampak memengaruhi proliferasi sel, termasuk dapat mengubah arsitektur perakaran yang berdampak pada peningkatan penyerapan nutrisi dan air oleh tanaman. Dampaknya terjadi peningkatan biomassa tanaman (Ortíz-Castro *et al.*, 2009).



Gambar 7. Grafik rata-rata berat basah dan berat kering *V. Radiata*

Pemberian perlakuan isolat kode PL4 yang memiliki sifat pelarutan P membantu meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman dan

secara tidak langsung berdampak pada peningkatan biomassa tanaman. Ketersediaan nutrisi baik P maupun IAA yang diinisiasi oleh bakteri berpengaruh meningkatkan biomassa tanaman, melalui mekanisme penyediaan nutrisi mendasar, meningkatkan penyerapan oleh akar, hingga pembelahan sel (Alfiansyah *et al.*, 2023; Rodríguez & Fraga, 2009; Ortíz-Castro *et al.*, 2009).

Terangsangnya pertumbuhan akar akan meningkatkan jangkauan akar dalam menyerap nutrisi pada media tumbuh. Sifat bakteri pelarut P ini dapat membantu meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman dan secara tidak langsung berdampak pada peningkatan biomassa tanaman. Hasil pengukuran juga menunjukkan antara berat basah dan berat kering tanaman pada dasarnya berkaitan. Bhaskoro *et al.*, (2015) menyatakan berat kering tanaman akan berbanding lurus dengan berat basah tanaman. Semakin tinggi berat basah tanaman, maka semakin tinggi kemungkinan berat kering yang akan diperoleh setelah konten air dalam tanaman direduksi. Berdasarkan hal tersebut, terbukti bahwa pemberian perlakuan inokulasi bakteri penghasil IAA dan pelarut P mampu memberikan pengaruh pertumbuhan tanaman terutama pada peningkatan berat kering tanaman.

Kesimpulan

Isolasi dan karakterisasi bakteri rizosfer memperoleh 2 isolat yang dinilai potensial, yaitu isolat PA6 dengan kemampuan memproduksi IAA tertinggi (21 ppm) dan melarutkan P tertinggi (20,9 ppm). Kedua isolat tersebut terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman terutama dalam meningkatkan berat kering tanaman. Isolat kode PA6 dan PL4 yang diperoleh dapat dikembangkan menjadi komponen pupuk hayati yang dapat digunakan pada pertanian berkadar garam tinggi dan kering.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh dana hibah penelitian DIPA BLU-PNBP Universitas Mataram melalui anggaran 2024 kepada LZ dengan No. Kontrak:2034/UN18.L1/PP/2024. Penulis menyampaikan terima kasih atas kerjasama dan dukungan teknis kepada ketua dan asisten Lab. di laboratorium Biologi dan

Mikrobiologi FKIP, Universitas Mataram.

Referensi

- Alemneh, A.A., Zhou, Y., Ryder, M.H., & Denton, M.D. (2022). Soil environment influences plant growth-promoting traits of isolated rhizobacteria. *Pedobiologia*, 90, 150785.
<https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2021.150785>
- 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>
- Anggraini, I., Ferniah R. S., dan Kusdiyanti E. (2019). Isolasi khamir dari batang tanaman tebu dan identifikasinya berdasarkan sekuens internal transcribed spacer. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*, 6(1): 39-52.
- Arsina, T. S. W., & Asri, M. T. (2019). Potensi isolat bakteri endofit akar tanaman bawang merah (*Allium ascalonium*) sebagai bakteri pelarut fosfat. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 8(3): 260-267.
<http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio>
- Bhaskoro, A. W., Kusumarini N., & Syekhfani. (2015). Efisiensi pemupukan nitrogen tanaman sawi pada inceptisol melalui aplikasi zeolit alam. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2(2): 219-226.
<https://jtsl.ub.ac.id/index.php/jtsl/article/view/132>
- Bhattacharyya, P. N., & Jha, D. K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World journal of microbiology & biotechnology*, 28(4), 1327–1350.
<https://doi.org/10.1007/s11274-011-0979-9>
- Cappuchino, J. G., & Sherman, N. (2014). *Microbiology: a laboratory manual – 10th edition*. Pearson. ISBN 10: 0-321-840224.
- Duca, D. R., & Glick, B. R. (2020). Indole-3-acetic acid biosynthesis and its regulation in plant-associated bacteria. *Applied microbiology and biotechnology*, 104(20), 8607–8619.
<https://doi.org/10.1007/s00253-020-10869-5>
- Ehmann, A. (1977). The Van Urk-Salkowski Reagent—A Sensitive and Specific Chromogenic Reagent for Silica Gel Thin-Layer Chromatographic Detection and Identification of Indole Derivatives. *Journal of Chromatography A*, 132, 267-276.
[https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(00\)89300-0](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(00)89300-0)
- Erturk, Y., Ercisli, S., Haznedar, A., and Cakmakci, R. (2010). Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on rooting and root growth of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) stem cuttings. *Biol. Res*, 43, 91–98. doi: 10.4067/s0716-97602010000100011
- Ghosh, P. K., Saha, P., Mayilraj, S., & Maiti, T. K. (2013). Role of IAA metabolizing enzymes on production of IAA in root, nodule of *Cajanus cajan* and its PGP *Rhizobium* sp. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2(3): 234-239.
<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2013.04.002>
- Gómez-Godínez, L. J., Aguirre-Noyola, J. L., Martínez-Romero, E., Arteaga-Garibay, R. I., Ireta-Moreno, J., & Ruvalcaba-Gómez, J. M. (2023). A Look at Plant-Growth-Promoting Bacteria. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12(8), 1668.
<https://doi.org/10.3390/plants12081668>
- Joko, T., Istiqomah D., Windari U., & Hardini P. A. (2015). Pengaruh PGPR terhadap pertumbuhan planlet jagung dan antagonismenya terhadap jamur terbawa benih secara *In Vitro*. *Seminar Nasional Hasil Penelitian Pertanian 2015*, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada.
https://www.researchgate.net/publication/316189887_Pengaruh_PGPR_terhadap_Pertumbuhan_Planlet_Jagung_dan_Antagonismenya_terhadap_Jamur_Terbawa_Benih_secara_In_Vitro
- Kosasi, C., Lolo W. A., dan Sudewi S. (2019). Isolasi dan uji aktivitas antibakteri dari bakteri yang berasosiasi dengan alga turbinaria ornata (Turner). *Pharmaco*, 8(2): 351-359.

- Lebrazi, S., Niehaus, K., Bednarz, H., Fadil, M., Chraibi, M., & Fikri-Benbrahim, K. (2020). Screening and optimization of indole-3-acetic acid production and phosphate solubilization by rhizobacterial strains isolated from *Acacia cyanophylla* root nodules and their effects on its plant growth. *Journal, genetic engineering & biotechnology*, 18(1), 71. <https://doi.org/10.1186/s43141-020-00090-2>
- Mohite, B. (2013). Isolation and characterization of indole acetic acid (IAA) producing bacteria from rhizospheric soil and its effect on plant growth. *Journal of soil science and plant nutrition*, 13(3): 638-649.
- Numan, M., Bashir, S., Khan, Y., Mumtaz, R., Shinwari, Z. K., Khan, A. L., Khan, A., & AL-Harrasi, A. (2018). Plant growth promoting bacteria as an alternative strategy for salt tolerance in plants: A review. *Microbiological Research*, 209(2018): 21-32. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.02.003>
- Oksana., Irfan M., Fianiray A. R., dan Zam S. I. (2020). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah Ultisol di Kecamatan Rumbai, Pekanbaru. *Agritech. Res. J.* 4 (1): 22-25.
- Ortíz-Castro, R., Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., & LópezBucio, J. (2009). The role of microbial signals in plant growth and development. *Plant Signal. Behav.* 4, 701–712. doi: 10.4161/psb.4.8.9047
- Pande, A., Pandey, P., Mehra, S., Singh, M., & Kaushik, S. (2017). Phenotypic and genotypic characterization of phosphate solubilizing bacteria and their efficiency on the growth of maize. *Journal, genetic engineering & biotechnology*, 15(2), 379–391. <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2017.06.005>
- Patten, C. L., & Glick, B. R. (2002). Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. *Applied and environmental microbiology*, 68(8), 3795–3801. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.8.3795-3801.2002>
- Pattuju, S. M., Fatimawali., dan Manampiring A. (2014). Identifikasi bakteri resisten merkuri pada urine feses dan kalkulus gigi pada individu di kecamatan malalayang, manado, Sulawesi Utara. *Jurnal e-Biomedik*. 2 (2): 532-540.
- Pikovskaya, R. I. (1948). *Mobilization of phosphorus in soil in connection with the vital activity of some microbial species*. *Mikrobiologiya*, 17, 362-370.
- Reyes, I., Bernier, L., Simard, R. R., & Antoun, H. (1999). Effect of nitrogen source on the solubilization of different inorganic phosphates by an isolate of *Penicillium rugulosum* and two UV-induced mutants. *FEMS Microbiology Ecology*, 28 (3): 281–290.
- Rodríguez, H., & Fraga, R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology advances*, 17(4-5), 319–339. [https://doi.org/10.1016/s0734-9750\(99\)00014-2](https://doi.org/10.1016/s0734-9750(99)00014-2)
- Sashidhar, B., & Podile, A. R. (2010). Mineral phosphate solubilization by rhizosphere bacteria and scope for manipulation of the direct oxidation pathway involving glucose dehydrogenase. *Journal of applied microbiology*, 109(1), 1–12. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04654.x>
- Sharman, S. B., Sayyed, R. Z., Trivedi, M. H. & Gobi, T. A. (2013). Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soil. *Springer Plus* 2, 587. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-587>
- Sharma, S., Kumar, V., & Tripathi, R. B. (2011). Isolation of phosphate solubilizing microorganism (PSMs) from soil. *Journal of Microbiology and Biotechnology Research*. 1(2): 90-95.
- 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. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162016005000043>
- Silva, F. G. N., & Vidor, C. (2000). Solubilização de fosfato por microrganismos na presença

- de fontes de carbono. *Rev Bras Cienc Solo*, 24: 311-319.
DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000200008>
- Solano, C., Artola, A., Barrera, R., Ballardo, C., & Sanchez, A. (2023). Effect of the Exogenous application of indole-3-acetic acid as a growth regulator on onion (*Allium cepa* L.) cultivation. *Jurnal Agronomy*, 13(9): 2204.
<https://doi.org/10.3390/agronomy13092204>
- Sunita, K., Mishra, I., Mishra, J., Prakash, J., & Arora, N. K. (2020). Secondary metabolites from halotolerant plant growth promoting rhizobacteria for ameliorating salinity stress in plants. *Frontiers in microbiology*, 11, 567768.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.567768>
- Tang, J., Li, Y., Zhang, L., Mu, J., Jiang, Y., Fu, H., Zhang, Y., Cui, H., Yu, X., & Ye, Z. (2023). Biosynthetic pathways and functions of Indole-3-Acetic Acid in microorganisms. *Microorganisms*, 11(8), 2077.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms11082077>
- Tsotetsi, T.; Nephali, L.; Malebe, M.; & Tugizimana, F. (2022). Bacillus for plant growth promotion and stress resilience: what have we learned? *Plants*, 11, 2482.
<https://doi.org/10.3390/plants11192482>
- Wu, F., Li, J., Chen, Y., Zhang, L., Zhang, Y., Wang, S., Shi, X., Li, L., & Liang, J. (2019). Effects of phosphate solubilizing bacteria on the growth, photosynthesis, and nutrient uptake of *Camellia oleifera* Abel. *Forest*, 10, 348;
doi:10.3390/f10040348.
- Yang, J., Kloepper, J. W., & Ryu, C. M. (2009). Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends in plant science*, 14(1), 1–4.
<https://doi.org/10.1016/j.t>
- Zhu, F., Qu, L., Hong, X., & Sun, X. (2011). Isolation and Characterization of a Phosphate-Solubilizing Halophilic Bacterium *Kushneria* sp. YCWA18 from Daqiao Saltern on the Coast of Yellow Sea of China. *Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM*, 2011, 615032.
<https://doi.org/10.1155/2011/615032>
- Zulkifli, L., Sedijani, P., Rasmi., D. A. C., & Amrullah, L. W. Z. (2020). Screening and molecular identification of phosphate-solubilizing rhizobacteria from mangrove ecosystem of the Lombok island. *Jurnal Biologi Tropis*, 20(3): 475-484.
<http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v20i3.1730>