

ISOLASI DAN KARAKTERISASI RIZOBAKTERI ASAL TANAH SALIN DAN POTENSINYA SEBAGAI PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN

Isolation and Characterization of Rhizobacteria from Saline Soil and The Potential as Plant Growth Promoting

Jason Mrois¹, Andi Bahrun^{1*}, Nurhalima¹, La Mudi²

¹⁾ Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo, Kendari

²⁾ Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Pangan, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda

***corresponding andibahrun7@gmail.com**

ABSTRACT

Research related to the isolation and characterization of rhizobacteria and their potential as plant growth promoters was carried out to support the development of environmentally friendly and sustainable agriculture. This research aims to isolates and characterize rhizobacteria from saline soil which have the potential to promote plant growth. This research was carried out for 2 months at the Agrotechnology Laboratory (Agronomy Unit), Faculty of Agriculture, University of Halu Oleo, Kendari. The research was conducted using an experimental design. Research on testing rhizobacteria isolates as plant growth promoters was carried out using a completely randomized design with 3 replications. The research was carried out by isolating and characterization of rhizobacteria both morphologically (elevation, appearance, margins, color, shape, and size of microbes) and biochemically (nitrogen fixation test, phosphate solubilization, and IAA hormone synthesis) and continued with germination tests of local tomato seeds. Data from research on morphological, physiological, and biochemical tests of endophytic microbes were analyzed using descriptive analysis, while rhizobacteria tests on germination (maximum growth potential) were analyzed using ANOVA. The results of the analysis showing a significant effect were followed by the Duncan test at a confidence level of 95%. Based on the research results, 20 isolates were obtained. The isolates with the highest ability to fix nitrogen (isolates Ab01, Ab03, Ab05, and Bb07), phosphate solubilizers (Ab10 and Ab03), and the highest ability of bacteria to produce IAA were obtained from isolate Ab04 at 124.91 ppm and isolate Bb05 at 115.27 ppm. Meanwhile, the highest ability of rhizobacteria isolates to germinate seeds (maximum growth potential) was obtained in isolate Bb05 at 88.89% and isolate Ab04 at 82.22% when compared with other isolates and controls.

Keywords: IAA, nitrogen fixation, phosphate soluble, saline soil

PENDAHULUAN

Tanah salin adalah masalah umum dalam pertanian yang disebabkan oleh penumpukan garam di tanah. Kadar garam yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Ilangumaran & Smith, 2017; Lastochkina et al., 2021). Namun terdapat beberapa tanaman yang mampu hidup dan toleran pada kadar kadar tinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh kemampuan tanaman dalam mentoleransi kadar garam atau terdapat organisme hidup berupa mikroba yang mampu

mentoleransi kadar garam tinggi (Ayuso-Calles et al., 2021; Backer et al., 2018). Salah satu jenis mikroba yang mampu toleran pada garam tinggi yaitu rizobakteri.

Mikroorganisme tanah, termasuk rizobakteri, memiliki peran penting dalam meningkatkan kesehatan dan produktivitas tanaman. Rizobakteri merupakan kelompok mikroorganisme yang hidup di rizosfer tanaman dan memiliki hubungan mutualisme dengan tanaman (Adedayo et al., 2022; dos

Santos et al., 2020; Jha & Saraf, 2014; Sutariati et al., 2021). Beberapa rizobakteri memiliki sifat yang memungkinkan mereka untuk bertahan dan berfungsi secara efektif di lingkungan salin.

Rizobakteri dilaporkan mempunyai mampu dalam menghasilkan hormon tumbuh berupa IAA (Delemeulenaere & Beeckman, 2014; Haerani et al., 2021; Larekeng et al., 2020; Purwanto et al., 2019; Sutariati et al., 2020), melarutkan fosfat (Haran & Thaher, 2019; Karpagam & Nagalakshmi, 2014; K. S. Li et al., 2021; Y. Li et al., 2019; Sonia & Setiawati, 2022), memfiksasi nitrogen (Adesemoye et al., 2010; Haerani et al., 2021; Chandran et al., 2021; Sutariati et al., 2020) dan mampu menghasilkan enzim ACC deaminase (Carlos et al., 2016; Oleńska et al., 2020; Rawat et al., 2021; Wang et al., 2021).

Rizobakteri yang diaplikasikan pada benih dapat meningkatkan perkecambahan benih (Made Guyasa et al., 2018; Purwanto et al., 2019; Singh & Singh, 2020; Tsukanova et al., 2017). Lebih lanjut dilaporkan bahwa rizobakteri juga dapat memacu pertumbuhan dan meningkatkan hasil tanaman (Gulnaz et al., 2020; Lestari et al., 2020; Pereira et al., 2020; Tang et al., 2018) serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan biotik maupun abiotik (Massah & Azadegan, 2016; Shaikh, 2018).

Berdasarkan keunggulan tersebut, sehingga diperlukan penelitian isolasi dan karakterisasi rizobakteri dan uji potensinya sebagai pemacu pertumbuhan tanaman guna mendukung pengembangan pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi rizobakteri asal tanah salin yang berpotensi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman.

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan selama 2 bulan di Laboratorium Agroteknologi (Unit Agronomi) Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo. Penelitian dilakukan dengan menggunakan desain eksperimental. Penelitian uji isolat rizobakteri sebagai PGPR (*Plant Growth Promotion Rhizobacteria*) disusun dengan rancangan acak lengkap (RAL) dan 3 ulangan.

Penelitian diawali dengan pengambilan tumbuhan pada daerah pesisir. Pengambilan sampel dilakukan di dua lokasi yaitu sampel bakau dan rumput di daerah Bungkutoko, Abeli dan Anduonohu, Kendari. Anakan bakau dan rumput diambil sampelnya (tanah + tumbuhan) menggunakan parang. Sampel selanjutnya dimasukkan dalam plastik sampel dan dibawah di Laboratorium.

Sampel tanaman bakau dan rumput dari rizosfer tanah salin dan akar seberat 10 g di masukkan ke dalam botol scott yang berisi aquadest 100 mL, kemudian dilakukan pengenceran berseri. ari tanaman bakau (sampai pengenceran 10^{-6}). Pada pengenceran 10^{-4} sampai 10^{-6} diambil lalu ditumbuhkan pada media *Tryptic Soy Agar* (TSA) padat dengan metode tanam sebar pada petridish di dalam *laminar air flow cabinet* dan lalu diinkubasi selama selama 1 x 24 jam, dan dilanjutkan dengan identifikasi koloni bakteri tumbuh.

Karakterisasi morfologi dilakukan terhadap elevasi, bentuk, ukuran, bentuk penampakan, margin dan warna koloni yang masing-masing dibiakkan di media TSA dan telah diinkubasi selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan uji gram menggunakan KOH 3%, dengan mengambil biakan murni (1 ose) lalu olesan pada kaca objek, kemudian ditetesi dengan KOH 3% lalu dilihat lisis pada biakan bakteri (bakteri membentuk lendir disebut gram negatif, dan tidak terbentuk lendir disebut sebagai gram positif).

Langkah selanjutnya yaitu

dilakukan karakterisasi biokimia rizobakteri. Isolat yang diperoleh dengan koloni tunggal dilakukan karakterisasi biokimia yaitu kemampuan melarutkan fosfat, penambat nitrogen dan penghasil hormon IAA.

Uji kemampuan rizobakteri sebagai pemfiksasi nitrogen dilakukan secara kualitatif pada media *Burk Salt* yang telah disterilkan. 10 mL media *Burk Salt* dimasukkan pada tabung reaksi steril. Selanjutnya sebanyak 1 ose isolat rizobakteri dimasukkan ke dalam larutan tersebut, lalu diletakkan pada shaker inkubator selama 48 jam dengan kecepatan 150 rpm. Isolat pemfiksasi nitrogen ditandai dengan Tingkat kekeruhan pada media *Burk Salt*. Isolat tumbuh diberi tanda + (positif) dan yang tidak tumbuh diberi kode - (negatif) (Suatariati et al., 2020).

Uji kemampuan rizobakteri pelarut fosfat ditentukan berdasarkan pembentukan zona bening pada media Pikovkaya's setelah dinkubasi selama 3 hari pada suhu ruang.

Uji kemampuan rizobakteri dalam mensintesis hormon tumbuh IAA dilakukan menggunakan alat spektrofotometer. Isolat rizobakteri 1 ose dibiakkan pada 10 mL medium TSA cair (bakteri golongan *Bacillus* spp.) dan medium Kings'B cair (bakteri golongan *Pseudomonas* spp.), ditambahkan 0,2 mM L-triptofan, kemudian dishaker selama 48 jam (kecepatan 150 rpm). Selanjutnya sebanyak 4 mL biakan rizobakteri dimasukkan dalam tabung reaksi dan disentrifugasi (kecepatan 6.000 rpm selama 25 menit). Sebanyak 2 mL supernatan dimasukkan ke dalam tabung reaksi steril dan 1 mL reagen salkowski. Suspensi diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang dan diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 530 nm (Sutariati et al., 2020).

Pengujian rizobakteri sebagai pemacu pertumbuhan dilakukan dengan merendam benih tomat lokal sebanyak 45 butir ke dalam suspensi rizobakteri dan

dishaker selama 24 jam. Setelah benih direndam benih dikecambahkan pada baki perkecambahan masing-masing sebanyak 15 butir yang bersisi arang sekam lembab. Pengamatan dilakukan selama 14 hari dengan menghitung jumlah kecambah yang tumbuh setiap ulangan.

Data hasil penelitian uji morfologi, fisiologi dan biokimia rizobakteri dianalisis menggunakan analisis deskriptif, sedangkan uji rizobakteri terhadap perkecambahan (potensi tumbuh maksimum) dianalisis menggunakan Anova. Hasil analisis yang signifikan dilanjutkan menggunakan uji Duncan pada taraf kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini terhadap karakterisasi, dan uji gram rizobakteri dari tanah salin ditampilkan pada Tabel 1, dan uji karakter biokimiawi rizobakteri ditampilkan pada Tabel 2. Sementara hasil uji terhadap potensi tumbuh maksimum benih tomat ditampilkan pada Gambar 1.

Hasil penelitian (Tabel 1) menunjukkan bahwa setiap jenis rizobakteri mempunyai karakter morfologi yang berbeda-beda. Hal ini sejalan dengan laporan penelitian sebelumnya bahwa mikroba mempunyai karakter morfologi yang berbeda-beda (Agustiyani et al., 2021; Jha & Saraf, 2014; Karpagam & Nagalakshmi, 2014). Selain itu, juga diperoleh perbedaan jumlah rizobakteri pada setiap. Hal ini diduga disebabkan oleh kemampuan mikroba dalam mengkolonisasi daerah perakaran mempunyai kemampuan yang berbeda pula, bisa disebabkan oleh ketersediaan nutrisi maupun adanya cekaman abiotik serta kompetisi antar mikroba (Hanna et al., 2013; Y. Li et al., 2019; Sukmawati et al., 2020). Hal ini tentunya akan berdampak terhadap jumlah mikroba hasil isolasi. Hal ini juga didukung oleh hasil penelitian terhadap uji gram bahwa hasil penelitian berdasarkan hasil uji gram

banyak didominasi oleh gram positif yang lebih toleran terhadap cekaman abiotik. mempunyai dinding sel tebal sehingga

Tabel 1. Karakter morfologi dan uji gram rizobakteri asal tanah salin

Isolat	Morfologi Isolat						Uji Gram
	Evelasi	Penampakan	Margin	Warna	Bentuk	Ukuran	
Ab01	Convex	Buram	Smooth Entire	Putih	Round	Kecil	+
Ab02	Flat	Buram	Lobate	Putih	Round	Besar	+
Ab03	Convex	Buram	Smooth Entire	Putih Susu	Round	Sedang	+
Ab04	Flat	Buram	Lobate	Putih Susu	Irregular	Kecil	+
Ab05	Flat	Buram	Lobate	Putih	Irregular	Sedang	+
Ab06	Convex	Buram	Lobate	Putih	Irregular	Sedang	+
Ab07	Flat	Buram	Lobate	Putih Susu	Irregular	Besar	+
Ab08	Flat	Buram	Smooth Entire	Putih	Round	Sedang	-
Ab09	Convex	Mengkilap	Irregular	Putih	Irregular	Sedang	+
Ab10	Flat	Buram	Smooth Entire	Putih	Round	Sedang	+
Bb01	Flat	Buram	Smooth Entire	Putih	Round	Kecil	-
Bb02	Convex	Buram	Lobate	Putih Susu	Irregular	Sedang	+
Bb03	Convex	Buram	Smooth Entire	Putih Susu	Round	Sedang	+
Bb04	Convex	Buram	Lobate	Putih	Irregular	Besar	+
Bb05	Flat	Buram	Smooth Entire	Putih susu	Round	Kecil	+
Bb06	Flat	Buram	Irregular	Putih susu	Irregular	Sedang	+
Bb07	Convex	Mengkilap	Smooth Entire	Putih susu	Round	Sedang	+
Bb08	Raised	Buram	Lobate	Putih	Irregular	Sedang	+
Br01	Flat	Buram	Smooth Entire	Putih	Round	Besar	-
Br02	Convex	Mengkilap	Lobate	Putih	Irregular	Besar	-

Hasil penelitian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa rizobakteri setiap jenis mikroba mempunyai karakter morfologi yang berbeda-beda. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa mikroba mempunyai karakter morfologi yang berbeda-beda (Agustiyan et al., 2021; Jha & Saraf, 2014; Karpagam & Nagalakshmi, 2014). Selain itu, juga diperoleh perbedaan jumlah rizobakteri pada setiap. Hal ini diduga disebabkan oleh kemampuan mikroba dalam mengkolonisasi daerah perakaran mempunyai kemampuan yang berbeda pula, bisa debabkan oleh ketersediaan nutrisi maupun adanya cekaman abiotik serta kompetisi antar mikroba (Hanna et al., 2013; Y. Li et al., 2019; Sukmawati et al., 2020). Hal ini tentunya akan berdampak terhadap jumlah mikroba hasil isolasi. Hal ini juga didukung oleh hasil penelitian terhadap uji gram bahwa hasil penelitian berdasarkan hasil uji gram banyak didominasi oleh gram positif yang

mempunyai dinding sel tebal sehingga lebih toleran terhadap cekaman abiotik.

Tabel 2. Karakteristik biokimia rizobakteri asal tanah salin

Isolat	Fiksasi N	Pelarutan Fosfat (cm)	IAA (ppm)
Ab01	+++	-	14.25
Ab02	+	-	26.82
Ab03	+++	1.23	93.09
Ab04	++	-	124.91
Ab05	+++	1.10	94.55
Ab06	+	-	6.45
Ab07	++	-	0.00
Ab08	++	-	81.55
Ab09	++	-	85.09
Ab10	++	1.28	41.82
Bb01	+	-	93.36
Bb02	+	-	27.45
Bb03	+	-	0.00
Bb04	++	-	41.18
Bb05	+	0.93	115.27
Bb06	-	1.05	49.73
Bb07	+++	-	36.18
Bb08	+	-	2.00

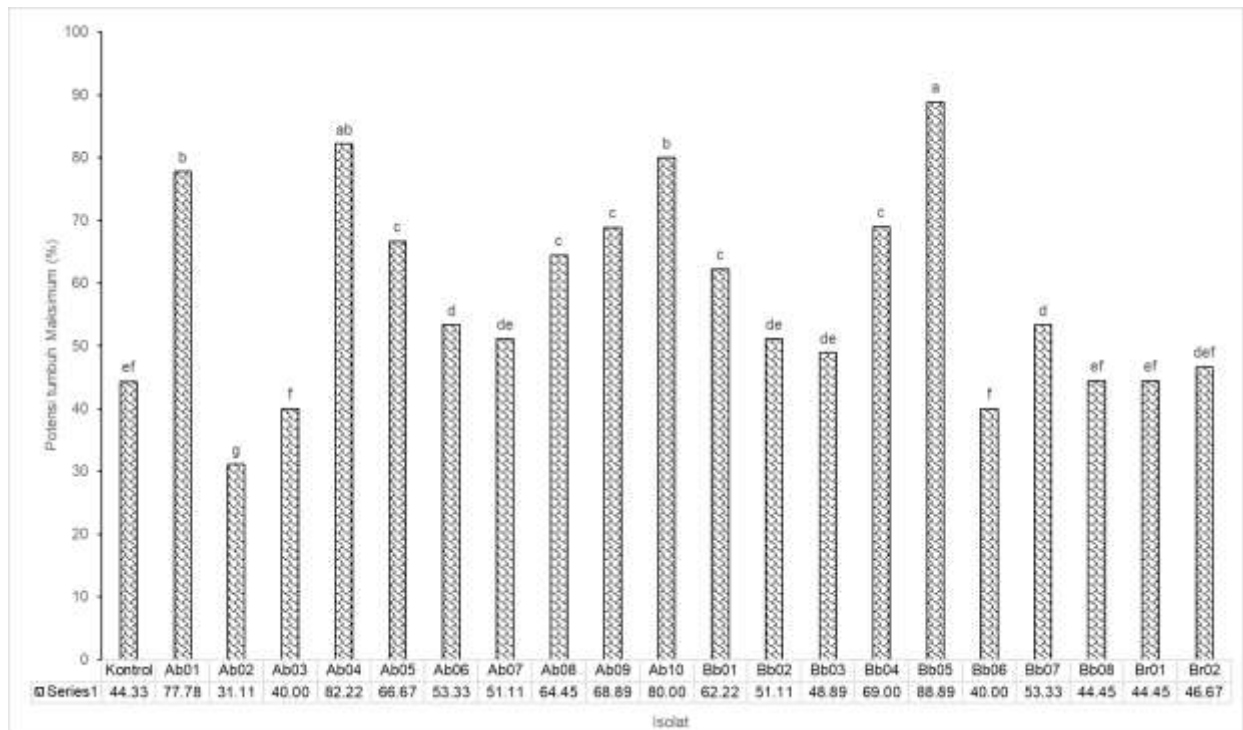
Mrois, J. et al. (2023) "Isolasi dan Karakterisasi Rizobakteri Asal Tanah Salin dan Potensinya sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman", Jurnal Agriment, 8(2).

Isolat	Fiksasi N	Pelarutan Fosfat (cm)	IAA (ppm)
Br01	++	-	17.73
Br02	+	-	0.00

Keterangan: Ab (Akar bakau Anduonohu), Bb (Akar bakau Bungkutongko), Br (Akar rumput Bungkutoko)

Hasil penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 2, mempunyai kemampuan dalam memfiksasi nitrogen di udara bebas. Kemampuan rizobakteri dalam memfiksasi nitrogen ditandai dengan tingkat kekeruhan rizobakteri pada media burk-salt. Semakin keruh media maka semakin tinggi kemampuan dalam memfiksasi nitrogen (Sutariati et al., 2020; Haerani et al., 2021). Selain itu, rizobakteri juga mampu melarutkan fosfat. Hal ini sejalan dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa rizobakteri dilaporkan mampu

melarutkan fosfat (Haran & Thaher, 2019; Y. Li et al., 2019; Rawat et al., 2021; Traoré et al., 2013). Kemampuan rizobakteri sebagai pelarut fosfat ditandai dengan adanya zona bening disekitar media. Hal ini disebabkan oleh kemampuan rizobakteri dalam menghasilkan enzim fosfatase yang melepaskan fosfat terikat menjadi fosfat terlarut sehingga fosfat menjadi tersedia (Karpagam & Nagalakshmi, 2014; Sonia & Setiawati, 2022). Selain mampu memfiksasi nitrogen dan melarutkan fosfat, rizobakteri juga mampu mensintesis hormon IAA (Backer et al., 2018; Sutariati et al., 2020). Rizobakteri mampu mensintesis IAA dikarenakan adanya prekursor yang mengubah triptofan menjadi IAA.



Gambar 1. Potensi tumbuh maksimum benih tomat pada berbagai perlakuan isolat rizobakteri asal tanah salin

Gambar 1 menunjukkan bahwa isolat rizobakteri asal tanah salin memberikan hasil tertinggi terhadap potensi tumbuh maksimum pada isolat Bb05 (88.89%) yang tidak berbeda nyata

dengan isolat Ab04 (82.22%) tetapi berbeda nyata dengan isolat yang lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa isolat rizobakteri mempunyai kemampuan dalam menghasilkan hormon IAA yang

mempunyai kemampuan dalam memacu perkecambahan benih (Dwi Kurnia et al., 2016; Haerani et al., 2021). Penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa rizobakteri penghasil hormon IAA dilaporkan mampu meningkatkan perkecambahan benih (Chandra et al., 2018; Chinachanta et al., 2022; El-Mergawi & Abd El-Wahed, 2020; Uzma et al., 2022).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pada penelitian maka diperoleh 20 isolat rizobakteri asal tanah salin. Isolat dengan kemampuan tertinggi terhadap fiksasi nitrogen (isolat Ab01, Ab03, Ab05 dan Bb07), pelarut fosfat (Ab10 dan Ab03), dan kemampuan bakteri penghasil IAA tertinggi diperoleh pada isolat Ab04 sebesar 124.91 ppm dan isolat Bb05 sebesar 115.27 ppm. Sementara kemampuan isolate rizobakteri terhadap perkecambahan benih (potensi tumbuh maksimum) tertinggi diperoleh pada isolat Bb05 sebesar 88.89% dan isolat Ab04 sebesar 82.22% bila dibandingkan dengan isolat lainnya dan kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Adedayo, A. A., Babalola, O. O., Prigent-Combaret, C., Cruz, C., Stefan, M., Kutu, F., & Glick, B. R. (2022). The application of plant growth-promoting rhizobacteria in *Solanum lycopersicum* production in the agricultural system: a review. *PeerJ*, *10*.
<https://doi.org/10.7717/peerj.13405>
- Adesemoye, A. O., Torbert, H. A., & Kloepper, J. W. (2010). Increased plant uptake of nitrogen from ¹⁵N-depleted fertilizer using plant growth-promoting rhizobacteria. *Applied Soil Ecology*, *46*(1), 54–58.
<https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2010.06.010>
- Agustiyani, D., Dewi, T. K., Laili, N., Nditasari, A., & Antonius, S. (2021). Exploring biofertilizer potential of plant growth-promoting rhizobacteria candidates from different plant ecosystems. *Biodiversitas*, *22*(5), 2691–2698.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d220529>
- Ayuso-Calles, M., Flores-Félix, J. D., & Rivas, R. (2021). Overview of the role of rhizobacteria in plant salt stress tolerance. In *Agronomy* (Vol. 11, Issue 9). MDPI.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11091759>
- Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., Subramanian, S., & Smith, D. L. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria: Context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, *8*(October), 1–17.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>
- Bahrin, A., & Ayu, S. G. (n.d.). Characterization of Endophytic-rhizobacteria from Areca Nut Rhizosphere to Dissolve Phosphates, Nitrogen Fixation of IAA Hormone Synthesis View project.
<https://doi.org/10.33772/bpa.v6i1.7508>
- Carlos, M. H. J., Stefani, P. V. Y., Janette, A. M., Melani, M. S. S., & Gabriela, P. O. (2016). Assessing the effects of heavy metals in ACC deaminase and IAA production on plant growth-promoting bacteria. *Microbiological Research*, *188–189*, 53–61.
<https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.05.001>
- Chandra, S., Askari, K., & Kumari, M. (2018). Optimization of indole acetic acid production by isolated bacteria from *Stevia rebaudiana* rhizosphere and its effects on plant growth. *Journal of Genetic Engineering and*

- Biotechnology*, 16(2), 581–586.
<https://doi.org/10.1016/J.JGEB.2018.09.001>
- Chandran, H., Meena, M., & Swapnil, P. (2021). Plant growth-promoting rhizobacteria as a green alternative for sustainable agriculture. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19), 1–30.
<https://doi.org/10.3390/su131910986>
- Chinachanta, K., Shutsrirung, A., Herrmann, L., & Lesueur, D. (2022). Isolation and characterization of KDML105 aromatic rice rhizobacteria producing indole-3-acetic acid: impact of organic and conventional paddy rice practices. *Letters in Applied Microbiology*, 74(3), 354–366.
<https://doi.org/10.1111/LAM.13602>
- Delemeulenaere, M. J. F., & Beeckman, T. (2014). The Interplay Between Auxin and the Cell Cycle During Plant Development. In *Auxin and Its Role in Plant Development (Chapter 7)* (pp. 119–141). Springer-Verlag Wien. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1526-8_7
- dos Santos, R. M., Diaz, P. A. E., Lobo, L. B., & Rigobelo, E. C. (2020). Use of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in Maize and Sugarcane: Characteristics and Applications. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4(September), 1–15.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00136>
- Dwi Kurnia, T., Pudjihartati, E., & Hasan, L. T. (2016). Bio-Priming Benih Kedelai (*Glycine Max* (L.) Merrill) untuk Meningkatkan Mutu Perkecambahan Soybean (*Glycine Max* (L.) Merrill) Seed Bio-priming to Enhance Germination Quality. 1(2), 62–67.
- El-Mergawi, R. A., & Abd El-Wahed, M. S. A. (2020). Effect of exogenous salicylic acid or indole acetic acid on their endogenous levels, germination, and growth in maize. *Bulletin of the National Research Centre*, 44(1).
<https://doi.org/10.1186/s42269-020-00416-7>
- Gulnaz, Y., Ps, F., Gr, D., & Kulmitra, A. K. (2020). Effect of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) and PSB on growth and yield of irrigated maize under varying levels of phosphorus Effect of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) and PSB on growth and yield of irrigated maize under varying. 5(August 2017), 6–9.
- Haerani, N., Syam'un, E., Rasyid, B., & Haring, F. (2021). Isolation and characterization of n-fixing and iaa producing rhizobacteria from two rice field agro-ecosystems in south sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*, 22(5), 2497–2503.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d220506>
- Hanna, A. L., Youssef, H. H., Amer, W. M., Monib, M., Fayez, M., & Hegazi, N. A. (2013). Diversity of bacteria nesting the plant cover of north Sinai deserts, Egypt. *Journal of Advanced Research*, 4(1), 13–26.
<https://doi.org/10.1016/j.jare.2011.11.003>
- Haran, M. S., & Thaher, A. T. (2019). Efficiency of Phosphate solubilizing bacteria isolated from different regions in dissolving of the insoluble phosphate and the activity of phosphatase enzyme. *cm*, 122–127.
- Ilangumaran, G., & Smith, D. L. (2017). Plant growth promoting rhizobacteria in amelioration of salinity stress: A systems biology perspective. In *Frontiers in Plant Science (Vol. 8)*. Frontiers Media S.A.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01768>

- Jha, C. K., & Saraf, M. (2014). Plant Growth Promoting Rhizobacteria. *Journal of Plant Nutrition*, 37(14), 2227–2235. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.920384>
- Karpagam, T., & Nagalakshmi, P. K. (2014). Isolation and characterization of Phosphate Solubilizing Microbes from Agricultural soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(3), 601–614.
- Larekeng, S. H., Gusmiaty, & Achmad, F. (2020). Production of IAA hormone in rhizosphere bacterial isolates of community forest stands. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 575(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/575/1/012022>
- Lastochkina, O., Aliniaiefard, S., Garshina, D., Garipova, S., Pusenkova, L., Allagulova, C., Fedorova, K., Baymiev, A., Koryakov, I., & Sobhani, M. (2021). Seed priming with endophytic *Bacillus subtilis* strain-specifically improves growth of *Phaseolus vulgaris* plants under normal and salinity conditions and exerts anti-stress effect through induced lignin deposition in roots and decreased oxidative and osmotic damages. *Journal of Plant Physiology*, 263, 153462. <https://doi.org/10.1016/J.JPLPH.2021.153462>
- Lestari, S. D., Kusumaningrum, N. A., & Moeljani, I. R. (2020). Respon pertumbuhan bibit Kawista (*Limonia acidissima* L.) terhadap pemberian PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria). *Plumula: Berkala Ilmiah Agroteknologi*, 8(2), 93–100. <https://doi.org/10.33005/plumula.v8i2.41>
- Li, K. S., Zeghbroeck J, V., Liu, Q., & Zhang, S. (2021). Isolating and Characterizing Phosphorus Solubilizing Bacteria From Rhizospheres of Native Plants Grown in Calcareous Soils. *Frontiers in Environmental Science*, 9(December), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.802563>
- Li, Y., Zhang, J., Zhang, J., Xu, W., & Mou, Z. (2019). Characteristics of inorganic phosphate-solubilizing bacteria from the sediments of a eutrophic lake. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph16122141>
- Made Guyasa, I., Sadimantara, G. R., Khaeruni, A., & Ayu Kade Sutariati, G. (2018). Isolation of bacillus spp and pseudomonas fluorescens from upland rice rhizosphere and its potential as plant growth promoting rhizobacteria for local upland rice (*Oryza sativa* L.). *Bioscience Research*, 15(4), 3231–3239.
- Massah, J., & Azadegan, B. (2016). Effect of chemical fertilizers on soil compaction and degradation. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 47(1), 44–50.
- Oleńska, E., Małek, W., Wójcik, M., Swiecicka, I., Thijs, S., & Vangronsveld, J. (2020). Beneficial features of plant growth-promoting rhizobacteria for improving plant growth and health in challenging conditions: A methodical review. In *Science of the Total Environment* (Vol. 743). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140682>
- Pereira, N. C. M., Galindo, F. S., Gazola, R. P. D., Dupas, E., Rosa, P. A. L., Mortinho, E. S., & Filho, M. C. M. T. (2020). Corn Yield and Phosphorus Use Efficiency Response to Phosphorus Rates Associated With Plant Growth Promoting Bacteria.

Mrois, J. et al. (2023) "Isolasi dan Karakterisasi Rizobakteri Asal Tanah Salin dan Potensinya sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman", Jurnal Agriment, 8(2).

- Frontiers in Environmental Science*, 8(April), 1–12.
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00040>
- Purwanto, P., Agustono, T., Widjonarko, B. R., & Widiatmoko, T. (2019). Indol Acetic Acid Production of Indigenous Plant Growth Promotion Rhizobacteria from Paddy Soil. *Planta Tropika: Journal of Agro Science*, 7(1), 1–7.
<https://doi.org/10.18196/pt.2019.087.1-7>
- Rawat, P., Das, S., Shankhdhar, D., & Shankhdhar, S. C. (2021). Phosphate-Solubilizing Microorganisms: Mechanism and Their Role in Phosphate Solubilization and Uptake. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(1), 49–68.
<https://doi.org/10.1007/s42729-020-00342-7>
- Shaikh, S. S. (2018). Impact of Interactions between Rhizosphere and Rhizobacteria: A Review Plant Microbes interaction View project Soil Bioremediation: An approach towards sustainable cleaner technology View project. *J Bacteriol Mycol. J Bacteriol Mycol*, 5(5), 1058–1. www.austinpublishinggroup.com
- Singh, N., & Singh, D. (2020). Effect of Plant Growth Promoting Bacteria on Seed Germination, Seedling Vigor and Growth Lagenaria siceraria (Molina) Standl. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(8), 1161–1168.
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.908.128>
- 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>
- Sukmawati, Ala, A., Patandjengi, B., & Gusli, S. (2020). Exploring of promising bacteria from the rhizosphere of maize, cocoa and lamtoro. *Biodiversitas*, 21(12), 5665–5673.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d211224>
- Sutariati, G. A. K., Muhidin, Rahni, N. M., Mudi, L., Maharani, R. R., & Wibawa, G. N. A. (2021). The effectiveness of endo-rhizo bacterial isolated from areca nut rizosphere (Areca cathecu L.) in breaking dormancy and improvement of seed vigor. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 807(4).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/4/042039>
- Sutariati, G. A. K., Rahni, N. M., Madiki, A., Mudi, L., Guyasa, I. M., & Zahrma. (2020). Characterization of endophytic-rhizobacteria from areca nut rhizosphere to dissolve phosphates, nitrogen fixation of iaa hormone synthesis. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 23(3), 240–247.
<https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.240.247>
- Tang, A., Haruna, A. O., & Majid, N. M. A. (2018). Potential PGPR properties of cellulolytic, nitrogen-fixing, and phosphate-solubilizing bacteria of a rehabilitated tropical forest soil. *BioRxiv*, 1–22.
- Traoré, L., Nakatsu, C. H., Deleon, A., & Stott, D. E. (2013). *Characterization of six phosphate-dissolving bacteria isolated from rhizospheric soils in Mali*. 7(28), 3641–3650.
<https://doi.org/10.5897/AJMR12.1766>
- Tsukanova, K. A., Chebotar, V., Meyer, J. J. M., & Bibikova, T. N. (2017). Effect of plant growth-promoting Rhizobacteria on plant hormone

- homeostasis. *South African Journal of Botany*, 113, 91–102.
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.07.007>
- Uzma, M., Iqbal, A., & Hasnain, S. (2022). Drought tolerance induction and growth promotion by indole acetic acid producing *Pseudomonas aeruginosa* in *Vigna radiata*. *PLoS ONE*, 17(2 February).
<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0262932>
- Wang, C., Wang, H., Li, Y., Li, Q., Yan, W., Zhang, Y., Wu, Z., & Zhou, Q. (2021). Plant growth-promoting rhizobacteria isolation from rhizosphere of submerged macrophytes and their growth-promoting effect on *Vallisneria spiralis* under high sediment organic matter load. *Microbial Biotechnology*, 14(2), 726–736.
<https://doi.org/10.1111/1751-7915.13756>