

Pemanfaatan PGPR: Solusi Ramah Lingkungan untuk Meningkatkan Kesuburan Tanaman

Feby Djumaita Sari^{1)*}, Moralita Chatri¹⁾

¹⁾Dapartemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Dr. Hamka No. 1, Air Tawar Barat, Kec. Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat 2517
Email: febydjumaitasari@gmail.com

ABSTRACT

Declining soil fertility is a global problem that threatens food security. Excessive use of chemical fertilizers can lead to environmental pollution and ecosystem damage. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) offers an environmentally friendly solution to increase plant fertility. These soil microorganisms are able to fix nitrogen, dissolve phosphates, produce plant hormones, and protect plants from pests and diseases. This study aims to provide information about the potential of PGPR as an environmentally friendly solution to increase plant fertility. The method used in this study is the SLR (Systematic Literature Review) method. Recent research shows the benefits of PGPR in improving plant tolerance to stress, resistance to pests and diseases, crop quality, and reducing the need for chemical fertilizers. PGPR is a promising solution to increase food production and achieve sustainable food security.

Kata kunci: Soil fertility, food security, sustainable agriculture, PGPR, organic fertilizer

ABSTRACT

Penurunan kesuburan tanah menjadi masalah global yang mengancam ketahanan pangan. Penggunaan pupuk kimia yang berlebihan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan kerusakan ekosistem. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) menawarkan solusi ramah lingkungan untuk meningkatkan kesuburan tanaman. Mikroorganisme tanah ini mampu memfiksasi nitrogen, melarutkan fosfat, menghasilkan hormon tumbuhan, dan melindungi tanaman dari hama dan penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai potensi PGPR sebagai solusi ramah lingkungan untuk meningkatkan kesuburan tanaman. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode SLR (*Systematic Literature Review*). Penelitian terbaru menunjukkan manfaat PGPR dalam meningkatkan toleransi tanaman terhadap stres, ketahanan terhadap hama dan penyakit, kualitas hasil panen, dan mengurangi kebutuhan pupuk kimia. PGPR menjadi solusi menjanjikan untuk meningkatkan produksi pangan dan mencapai ketahanan pangan berkelanjutan.

Kata kunci: Kesuburan tanah, ketahanan pangan, pertanian berkelanjutan, PGPR, pupuk organik

PENDAHULUAN

Ketersediaan lahan pertanian yang berkualitas dan subur merupakan salah satu faktor kunci dalam mencapai ketahanan pangan. Namun, praktik pertanian intensif yang berlebihan, seperti penggunaan pupuk kimia dan pestisida, telah menyebabkan penurunan kesuburan tanah dan pencemaran lingkungan

(Egamberdiyeva, 2016). Hal ini mendorong pencarian solusi ramah lingkungan untuk meningkatkan kesuburan lahan dan menjaga kelestarian lingkungan.

Rizobakteri adalah sekelompok bakteri istimewa yang hidup di sekitar akar tanaman. Kemampuan unik mereka terletak pada proses fiksasi nitrogen, yaitu mengubah nitrogen dari udara menjadi senyawa amonia yang mudah diserap tanaman. Amonia ini bagaikan pupuk alami yang menunjang pertumbuhan tanaman. Beragam jenis rizobakteri telah ditemukan, dan kebanyakan termasuk dalam kelompok bakteri gram-negatif. Di antara mereka, genus Pseudomonas mendominasi dengan jumlah strain terbanyak, diikuti oleh genus Serratia. Tak hanya itu, rizobakteri juga berasal dari genus lain seperti Azotobacter, Azospirillum, Acetobacter, Burkholderia, dan Bacillus (Glick, 1995). Sumber perbanyakannya PGPR salah satunya dapat diambil dari akar bambu. Akar bambu banyak terkolonisasi salah satunya oleh Pseudomonas fluorescens yang berperan meningkatkan kelerutan fosfor (P) dalam tanah dan mengendalikan beberapa jenis patogen (Peter & Pandey, 2014).

PGPR adalah salah satu agens biokontrol yang telah banyak teruji efektif dan digunakan dalam mengendalikan berbagai patogen tanaman (Jiao *et al.*, 2021). Mekanisme tidak langsung PGPR dalam meningkatkan kemampuan tanaman untuk mengendalikan patogen berupa produksi protease, kitinase, sianida ataupun antibiotik (Gupta *et al.* 2015; Zhou *et al.*, 2016). Manfaat positif ini yang menyebabkan PGPR berpotensi digunakan sebagai pupuk hayati dan dikembangkan sebagai produk bioteknologi dalam bidang pertanian (Mwajita *et al.*, 2013). Mikroorganisme pada PGPR tidak hanya memastikan ketersediaan nutrisi penting untuk tanaman, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi (Nandal & Hooda, 2013). Selain memacu pertumbuhan tanaman, PGPR juga berperan penting untuk mempercepat pengomposan dan meningkatkan hasil panen. PGPR berperan memacu pertumbuhan tanaman karena kemampuannya menghasilkan hormon tanaman (IAA, sitokin, etilen, dan asam giberalat), fiksasi nitrogen, pelarut P, pengambilan unsur hara dan air, dan pelarut potassium (Gupta *et al.* 2015; Zhou *et al.* 2016).

PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*), atau bakteri perangsang pertumbuhan tanaman, merupakan kelompok mikroorganisme tanah yang memiliki potensi untuk meningkatkan kesuburan lahan dan meningkatkan hasil panen (Bhattacharyya & Jha, 2016). PGPR mampu memfiksasi nitrogen, melarutkan fosfat, menghasilkan hormon tumbuhan, dan melindungi tanaman dari hama dan penyakit (Govindan *et al.*, 2016). PGPR memiliki potensi besar untuk meningkatkan produksi pangan dan mengurangi dampak negatif dari praktik pertanian (Glick, 2012). Dengan penelitian dan pengembangan lebih lanjut, PGPR dapat menjadi alat penting untuk mencapai ketahanan pangan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode SLR (*Systematic Literature Review*). Metode ini peneliti lakukan dengan mengidentifikasi, mengkaji, mengevaluasi serta menafsirkan semua penelitian yang tersedia. Dengan metode ini peneliti melakukan review dan mengidentifikasi jurnal-jurnal secara sistematis yang pada setiap prosesnya mengikuti langkah-langkah yang telah ditetapkan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan temuan evaluasi literatur artikel selama lima belas tahun terakhir penelitian yang dapat digunakan untuk tinjauan sistematis. Berdasarkan temuan penelitian literatur, penggunaan PGPR sebagai solusi ramah lingkungan untuk meningkatkan kesuburan tanaman. Tabel 1 memberikan ringkasan temuan penelitian.

Tabel 1. Ringkasan Deskripsi Data

Judul	Penulis	Metode	Hasil Penelitian		
Pengaruh Konsentrasi dan Interval Pemberian PGPR (<i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i>) Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bunga Kol (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.)	(Anisa, 2019)	Metode Eksperimental	Konsentrasi PGPR berbeda sangat nyata terhadap variabel saat muncul krop bunga, bobot segar brangkasan, luas daun terluas, bobot segar akar, dan bobot krop bunga, berbeda nyata pada variabel panjang akar terpanjang, bobot kering akar, diameter krop bunga dan berbeda tidak nyata pada variabel tinggi tanaman dan jumlah daun. Konsentrasi PGPR 5 ml/l (K2) merupakan konsentrasi terbaik untuk pertumbuhan dan produksi bunga kol. Konsentrasi optimumnya adalah 5,44 ml/l. 2. Interval pemberian PGPR berbeda sangat nyata terhadap variabel saat muncul krop bunga, luas daun terluas, bobot segar akar, bobot kering akar, dan bobot krop bunga, berbeda nyata pada variabel tinggi tanaman, jumlah daun, diameter krop bunga dan tidak berbeda nyata pada variabel bobot segar	PGPR	berbeda

				brangkas dan panjang akar terpanjang. Interval pemberian PGPR 2 minggu sekali memberikan hasil terbaik dalam pertumbuhan dan produksi bunga kol.
Efektifitas Aplikasi Untuk Mengendalikan Penyakit Layu Fusarium Pada Persemaian Padi Beras Merah Keramat	Waktu (Riskiya <i>et al.</i> , 2022)	Metode Eksprimen	Aplikasi PGPR dengan perendaman benih selama 24 jam sebelum tanah efektif dalam mengendalikan penyakit fusarium serta meningkatkan daya kecambah benih padi beras merah keramat.	
Analisis Efektivitas Penggunaan <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> (PGPR) Untuk Peningkatan Pertanian Berkelanjutan	(Chandraningtya & Indrawan. 2023)	Metode Eksprimen	Hasil penelitian menunjukkan bahwa PGPR dapat meningkatkan tinggi tanaman, panjang daun, dan jumlah daun kacang merah. Tanaman yang diberi PGPR di bagian akarnya terdapat banyak bintil-bintil putih. Sedangkan pada tanaman kontrol yang tidak diberi PGPR, tidak terdapat hal serupa. Bintil-bintil putih pada akar efektif dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Hal inilah yang menjadikan pertumbuhan tinggi tanaman dengan aplikasi PGPR menjadi lebih optimal jika dibandingkan dengan tanaman yang tidak menggunakan PGPR.	
Pengaruh Pemberian <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> (PGPR) Asal Akar Tanaman Bambu Terhadap Pertumbuhan	(Hamdayanti <i>et al.</i> , 2021)	Metode Eksperimen	Perlakuan PGPR memberikan pengaruh terhadap berat basah dan kering akar dan tajuk kecambah tanaman padi. Rata-rata berat basah dan kering kecambah padi perlakuan PGPR lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal	

Kecambah Padi			ini menunjukkan bahwa performa kecambah yang diberikan PGPR lebih baik dibandingkan perlakuan kontrol.
Uji Penggunaan PGPR (<i>Olla et al., 2019</i>) terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Cabai Merah (<i>Capsicum annuum L.</i>)	Metode Eksperimen	Pemberian PGPR (Plant Growth-promoting Rhizobacteria) pada fase vegetatif meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, volume akar, berat basah dan berat kering tanaman cabai merah (<i>C. annuum L.</i>).	
Pengaruh Pemberian Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kailan (<i>Brassica oleracea</i> Var. <i>acephala</i>) Sistem Vertikultur	(Oktaviani & Sholihah, 2018) Metode Eksperimen	Pemberian PGPR berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan dan Hasil tanaman Kailan. Perlakuan 200 ml PGPR memberikan pertumbuhan dan hasil tanaman Kailan terbesar dibanding yang lain.	
Aplikasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) sebagai Sebuah Upaya Pengurangan Pupuk Anorganik pada Tanaman Krisan Potong (<i>Chrysanthemum sp.</i>)	(Utami & Nihayati, 2017) Metode Eksperimen	Pemberian PGPR dengan konsentrasi 10 ml l -1 per aplikasi berpengaruh nyata meningkatkan biomassa akar dan biomassa total tanaman. Pengurangan dosis pupuk anorganik 25% mampu menghasilkan krisan potong dengan kriteria grade A, antara lain memiliki panjang tangkai \geq 70 cm; diameter tangkai antara 4,1 hingga 5 mm dan diameter bunga antara 71 hingga 80 mm yang lebih banyak daripada perlakuan lain. Kandungan nutrisi pada daun dan tanah	

Pengaruh Konsentrasi Pgpr (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kangkung (<i>Ipomoea Reptans Poir</i>) Varietas Bika	(Nugraha <i>et al.</i> , 2023)	Metode Eksperimen	mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan konsentrasi PGPR dan semakin sedikitnya pengurangan dosis pupuk anorganik.
Uji Efektivitas Waktu Pemberian dan Konsentrasi PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) Terhadap Produksi dan Mutu Benih Kacang Tanah (<i>Arachis hypogaea L.</i>)	(Marom, <i>et al.</i> , 2017)	Metode Eksperimen	Pemberian konsentrasi PGPR berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah daun pada 25 HST dan 30 HST, volume akar dan bobot segar. Pemberian konsentrasi PGPR 10-25 g L-1 dapat meningkatkan bobot segar 24,48 hingga 54,03% pada tanaman kangkung varietas Bika.

Plant Growth Promoting Bacteri (PGPR) merupakan sekumpulan bakteri yang berasal dari rhizospere tanaman dan dapat dipindahkan dari habitat aslinya ke habitat lain baik secara langsung maupun melalui manipulasi terlebih dahulu. Pada habitat baru bakteri ini dapat berfungsi sama baiknya dengan habitat sebelumnya asalkan syarat tumbuh terpenuhi. Mikroorganisme dalam PGPR dapat bermanfaat bagi kesehatan tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung melalui berbagai fungsi. Sebagai kumpulan bakteri tanah, PGPR mempengaruhi tanaman secara langsung melalui kemampuannya menyediakan dan memobilisasi atau memfasilitasi penyerapan berbagai unsur hara dalam tanah serta mensintesis dan

mengubah konsentrasi fitohormon pamacu tumbuh tanaman sehingga memiliki ketahanan terhadap serangan penyebab penyakit. Sedangkan secara tidak langsung berkaitan dengan kemampuannya menekan aktivitas pathogen dengan menghasilkan berbagai senyawa atau metabolit seperti antibiotik bagi penyebab penyakit terutama pathogen tular tanah (Samsudin, 2008; Widodo, 2006; Nelson, 2004).

Pemberian PGPR berguna bagi kesuburan tanah berfungsi memperbaiki sifat fisik tanah sehingga tekstur dan struktur tanah menjadi gembur, memperbaiki sifat kimia tanah karena PGPR dapat menstimulasi fitohormon dan mendukung proses kapasitas pertukaran kation dan memperbaiki sifat biologi tanah aktivitas mikroorganisme tanah meningkat. Hal ini berakibat pada meningkatnya unsur hara makro dan mikro. Sehingga pertumbuhan menjadi meningkat mendukung proses fotosintesis tanaman. Proses fotosintesis menghasilkan fotosintat yang tinggi menyebakan perkembangan generatif tanaman sehingga diameter kubis bunga dapat meningkat (Gupta et al. 2015; Zhou et al. 2016).

Bakteri PGPR yang mengkolonisasi daerah perakaran memiliki dampak positif bagi pertumbuhan tanaman karena mampu mensitesis L-tryptophan yang merupakan salah satu asam amino yang diproduksi oleh eksudat akar. L-tryptophan merupakan prekursor hormon Indole Acetic Acid (IAA) yang mampu meningkatkan serapan hara dan nutrisi sehingga mampu membantu pertumbuhan tanaman (Anggarwulan et al., 2008). Menurut Dewi (2015), bakteri yang menghasilkan IAA mampu menstimulasi pertumbuhan akar sehingga luas permukaan akar meningkat yang menyebabkan penyerapan air dan unsur hara menjadi lebih banyak. Hormon IAA adalah salah satu auksin endogen yang memiliki peran utama memacu pertumbuhan akar tanaman yang berakibat pada peningkatan bobot kering akar (Fathonah & Sugiyarto, 2019).

PGPR merupakan konsorsium bakteri yang aktif mengkolonisasi akar tanaman yang berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, hasil panen dan kesuburan lahan (Gusti et al., 2012). Pinsip pemberian PGPR adalah meningkatkan jumlah bakteri yang aktif di sekitar perakaran tanaman sehingga memberikan keuntungan bagi tanaman. Keuntungan penggunaan PGPR adalah meningkatkan kadar mineral dan fiksasi nitrogen, meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman lingkungan, sebagai biofertiliser, agen biologi kontrol, melindungi tanaman dari patogen tumbuhan serta peningkatan produksi indol-3-acetic acid (IAA) (Figueiredo et al., 2010; Mafia et al., 2009).

Kemampuan PGPR dalam mensintesis dan mengubah konsentrasi fitohormon mengakibatkan tanaman tahan terhadap serangan penyakit, sehingga menarik untuk dikaji. Untuk tujuan perlindungan tanaman akan sangat membantu dalam pengurangan penggunaan pestisida kimia sistesis yang diketahui dapat menurunkan

kualitas produk pertanian akibat efek residu yang ditinggalkan. Khususnya bagi tanaman hortikultura yang dikonsumsi dalam keadaan tidak dimasak seperti tomat bagi masyarakat Gorontalo selalu menjadi sayuran utama karena dibutuhkan dalam jumlah banyak. Formula PGPR yang diintroduksi ke pertanaman budidaya dapat bersumber dari perakaran bambu, rumput gajah atau putri malu. Dalam penggunaan produk ini telah ditentukan dosis penggunaan, guna memaksimalkan penggunaan PGPR yang berlebihan (Mulyaman, 2008 dan Murphy, 2003). PGPR dapat diaplikasikan ke tanaman sayuran, padi maupun palawija dan tanaman tahunan. Beberapa komoditas sayuran yang telah dicoba dengan hasil yang memuaskan, seperti bawang merah dan cabai merah (Widodo, 2006).

Beberapa hasil penelitian (Syamsiah & Rayani, 2014; Iswati, 2012) menunjukkan bahwa penerapan PGPR terhadap berbagai tanaman menghasilkan respon pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol, tetapi pemberian variasi konsentrasi PGPR mempengaruhi pertumbuhan dan berdampak berbeda terhadap respon pertumbuhan tanaman seperti tinggi tamanan, berat segar, jumlah daun, dan jumlah akar. Penelitian yang telah dilakukan oleh Syamsiah & Rayani (2014) menyatakan, konsentrasi PGPR 1,25% (v/v) dapat mempengaruhi tinggi tanaman dan konsentrasi PGPR 0,75% mempengaruhi jumlah buah dan berat segar tanaman cabai. Penelitian Iswati (2012) menyatakan, konsentrasi PGPR 1,25% (v/v) mempengaruhi tinggi dan panjang akar pada tanaman tomat, sedangkan jumlah daun dan jumlah akar dipengaruhi pada konsentrasi PGPR 0,75%. Penelitian Dayanti et al (2019) menunjukkan bahwa inokulasi PGPR pada tanaman padi dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, termasuk tinggi tanaman, jumlah anakan, dan luas daun. Hal ini berdampak pada peningkatan hasil panen padi hingga 20%. Hal ini disebabkan karena aktivitas PGPR yang bekerja didalam tanah sekitar perakaran tanaman dalam menyediakan unsur hara yang berperan sebagai penyedia nutrisi bagi tanaman. Akar menentukan kemampuan tanaman untuk menyerap unsur hara dan air, sehingga mempengaruhi pertumbuhan tanaman akibatnya fotosintesis meningkat. Proses fotosintesis meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif (Dewi, 2007).

Hasil Penelitian Hanapi et al. (2018) menunjukkan bahwa inokulasi PGPR secara signifikan meningkatkan berbagai parameter pertumbuhan tanaman jagung, seperti tinggi tanaman, jumlah daun, bobot kering tanaman, dan luas daun. Peningkatan pertumbuhan ini berdampak pada peningkatan hasil panen jagung hingga 15% dibandingkan dengan tanaman jagung yang tidak diinokulasi PGPR. Permana et al. (2017) menunjukkan bahwa inokulasi bakteri Rhizobium dan Azospirillum secara signifikan meningkatkan jumlah binduan, bobot biji, dan hasil panen kedelai hingga 25% dibandingkan dengan tanaman kedelai yang tidak diinokulasi.

KESIMPULAN

PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) menawarkan solusi ramah lingkungan untuk meningkatkan kesuburan lahan dan hasil panen. Mikroorganisme tanah ini mampu memfiksasi nitrogen, melarutkan fosfat, menghasilkan hormon tumbuhan, dan melindungi tanaman dari hama dan penyakit. Penelitian terbaru menunjukkan manfaat PGPR dalam meningkatkan toleransi tanaman terhadap stres, ketahanan terhadap hama dan penyakit, kualitas hasil panen, dan mengurangi kebutuhan pupuk kimia. PGPR menjadi solusi menjanjikan untuk meningkatkan produksi pangan dan mencapai ketahanan pangan berkelanjutan. Dengan penelitian dan pengembangan lebih lanjut, PGPR dapat menjadi alat penting untuk mengatasi tantangan sektor pertanian di masa depan.

REFERENSI

- Anggarwulan, E., Solichatun, S., & Mudyatini, W. (2008). Physiological characters of kimpul (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) in various of light intensity (shading) and water availability. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 9(4), 264–268.
- Anisa, Hanni. 2019. Pengaruh Konsentrasi dan Interval Pemberian PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bunga Kol (*Brassica oleraceae* var. *botrytis* L. *BIOFARM Jurnal Ilmiah Pertanian*. Vol. 15, No. 2.
- Chandraningtyas, C.F. & Indrawan, M. 2023. Analisis Efektivitas Penggunaan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) Untuk Peningkatan Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*. Vol. 10 No. 2. 88-99.
- Damyanti, E., et al. (2019). Potensi Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) dalam Meningkatkan Produksi Tanaman Padi. *Jurnal Agroteknologi*, 8(2), 229-236.
- Dewi, T. K. (2015). Karakterisasi mikroba perakaran (PGPR) agen penting pendukung pupuk organik hayati. *Prosiding Minar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 1 (2): 289- 295. 2015.
- Fathonah, D., & Sugiyarto, S. (2019). Effect of IAA and GA3 toward the growing and saponin content of purwaceng (*Pimpinella alpina*). *Nusantara Bioscience*, 1(1), 17–22.
- Gorontalo. Sution, & Serom. (2019). Pengaruh Umur Bibit Dan Jumlah Bibit Terhadap Produktivitas Padi Sawah. *Jurnal Pertanian Agros*, 21(1), 100–107.
- Gupta, G., Parihar, S. S., Ahirwar, N. K., Snehi, S. K., & Singh, V. (2015). Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and Future Prospects for Development of Sustainable Agriculture. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 07(02), 96– 102.

- Hamdayanti, Asman, Sari, K.W., Attahira, S.S. 2021. Pengaruh Pemberian *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) Asal Akar Tanaman Bambu Terhadap Pertumbuhan Kecambah Padi. *Jurnal Escosolum*. Vol 11.No 1.
- Hanapi, N., et al. (2018). Efektivitas Inokulan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Agrotropika*, 24(1), 53-59.
- Jiao, X., Takishita, Y., Zhou, G., & Smith, D. L. (2021). Plant Associated Rhizobacteria for Biocontrol and Plant Growth Enhancement. *Frontiers in Plant Science*, 12, 634796. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634796>
- Kholifah, N., B, A. K., & Pribadi, T. (2021). Perbanyak dan Aplikasi PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobactheria) di Laboratorium Pengamatan Hama dan Penyakit Banyumas. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 2, 234–239. <https://doi.org/10.30595/pspfs.v2i.190>
- Marom, N., Rizal, & Bintoro, M. (2017). Uji Efektivitas Saat Pemberian dan Konsentrasi PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) terhadap Produksi dan Mutu Benih Kacang Tanah (*Arachis hypogaea L.*). *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 1(2), 174–184.
- Megawati, N. T. (2019). Optimasi Konsentrasi dan Waktu Aplikasi PGPR untuk Pengendalian Penyakit Antraknosa pada Bibit Pepaya [Skripsi]. Bogor: Program Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Mulyaman. 2008. Bagaimana menanggulangi penyakit komoditas sayuran dan buah-buahan. Sinar Tani edisi 15-21 Juli 2009 No. 3312Tahun XXXIX halaman 12-13.
- Mwajita, M. R., Murage, H., Tani, A., & Kahangi, E. M. (2013). Evaluation of rhizosphere, rhizoplane and phyllosphere bacteria and fungi isolated from rice in Kenya for plant growth promoters. *SpringerPlus*, 2(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-606>
- Nandal, M., & Hooda, R. (2013). Research article plant growth promoting rhizobacteria: A review article. *International Journal of Current Research*, 5(12), 3863–3871.
- Nugraha, E., Noertjahyani, Parlinah, L. 2023. Pengaruh Konsentrasi Pgpr (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kangkung (*Ipomoea Reptans Poir*) Varietas Bika.Orchid Agro. Vol. 3 No. 1.
- Oktaviani, E & Sholihah. M. 2018. Pengaruh Pemberian *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kailan (*Brassica oleraceae* Var. *acephala*) Sistem Vertikultur.Jurnal AKRAB JUARA. Vol 3, No 1. 63-70.
- Olla, L., Siahaan, P., Kolondam, B. 2019. Uji Penggunaan PGPR (*Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*) terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum L.*). *Jurnal MIPA UNSTRAT*. 8(3),150-155.

- Patading, G. F., & Ai, N. S. (2021). Efektivitas penyiraman PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) terhadap tinggi, lebar daun dan jumlah daun bawang merah (*Allium cepa L.*). Effectiveness of PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) Watering to Plant Height, Leaf Width And Leaves Number. *Biofaal Journal*, 2(1), 2723–4959.
- Permana, R., et al. (2017). Pengaruh Inokulasi Bakteri Rhizobium dan Azospirillum pada Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max L.*). *Jurnal Agromix*, 3(2), 114-121.
- Pérez-Montaño, F., Alías-Villegas, C., Bellogín, R. A., Del Cerro, P., Espuny, M. R., JiménezGuerrero, I., López-Baena, F. J., Ollero, F. J., & Cubo, T. (2014). Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: From microorganism capacities to crop production. *Microbiological Research*, 169(5–6), 325–336.
- Permatasari, A. D., & Nurhidayati, T. (2014). Pengaruh inokulan bakteri penambat nitrogen, bakteri pelarut fosfat dan mikoriza asal Desa Condro, Lumajang, Jawa Timur terhadap pertumbuhan tanaman cabai rawit. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 3(2). http://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/6868
- Peter, J. K., & Pandey, N. (2014). Bioprospecting Phosphate Solubilisation and PGP Activities of Native Strains of *Pseudomonas Aeruginosa* and *Pseudomonas Fluorescens* from Bamboo (*Bambusa Bamboo*) Rhizosphere. *International Journal of Research*, 1(4), 702– 717.
- Reischke, S., Rousk, J., & Bååth, E. (2014). The effects of glucose loading rates on bacterial and fungal growth in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 70, 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.12.011>
- Riskiya, E, M., Budi, I.S., Marianan. 2022. Efektifitas Waktu Aplikasi PGPR Untuk Mengendalikan Penyakit Layu Fusarium Pada Persemaian Padi Beras Merah Keramat. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*. Vol 5(02).
- Samsudin. 2008. pengendalian hama dengan insektisida botani. www.pertanian-sehat.or.id
- Sucipto, H. E. (2020). Pengaruh Pemberian Plant Growth Promoting Rhizobakteri Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Biomass Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) [Skripsi]. Gorontalo: Program Sarjana, Universitas Negeri
- Suwarno, F. C., & Hapsari, I. (2008). Studi Alternatif Substrat Kertas untuk Pengujian Viabilitas Benih dengan Metode Uji UKDdp Study on Alternative Substrate Paper for Testing Seed Viability in Rolled Paper Test. *Buletin Agronomi*, 36(1), 84–91
- Utami, C. D & Nihayati, E. 2017. Aplikasi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) sebagai Sebuah Upaya Pengurangan Pupuk Anorganik pada Tanaman Krisan Potong (*Chrysanthemum* sp.). *Jurnal Biotropika*.Vol. 5 No. 3.

Van Loon LC, Bakker PAHM, Pieterse MJ. 1998. Systemic resistance induced by rhizobacteria. *Ann Rev Phytopathol.* 36: 453 –483.