

***Pseudomonas fluorescens* as Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)**

***Pseudomonas fluorescens* sebagai Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)**

Atiqah Muthiah, Linda Advinda*, Azwir Anhar, Irma Leilani Eka Putri, Siska Alicia Farma

¹Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Padang, West Sumatera, Indonesia

² Department of Environmental Sciences, Faculty of Human and Environment, Sumatra University, West Sumatera, Indonesia

*Correspondence author: linda_advinda@fmipa.unp.ac.id

Abstract

The continuous use of chemical fertilizers will cause negative impacts such as pollution of the agricultural environment. This needs to be addressed by using Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) which can trigger plant growth. *Pseudomonas fluorescens* is a bacterium that lives in the rhizosphere and is included in PGPR bacteria. *P. fluorescens* has the ability to produce siderophores, IAA, dissolve phosphate and fix nitrogen. Therefore, these bacteria can increase growth, provide plant nutrients and inhibit pathogens that cause plant diseases. This study aims to collect and analyze articles related to *Pseudomonas fluorescens* as PGPR. This type of research is research that uses the literature review method and literature collection using internet sources from the Google Scholar database. This stage consists of identification, screening, eligibility and acceptance. Based on the articles collected, it was found that *P. fluorescens* as PGPR can increase plant growth by having the ability to produce IAA, dissolve phosphate, produce siderophores and fix nitrogen.

Keywords: *Pseudomonas fluorescens*, PGPR, IAA, Phosphates, Siderophores, Nitrogen

Abstrak

Penggunaan pupuk kimia secara terus menerus akan menyebabkan dampak negatif seperti pencemaran lingkungan pertanian. Hal itu perlu diatasi dengan menggunakan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) yang dapat memicu pertumbuhan tanaman. *Pseudomonas fluorescens* merupakan bakteri yang hidup di rizosfir dan termasuk dalam bakteri PGPR. *P. fluorescens* memiliki kemampuan menghasilkan siderofor, IAA, melarutkan fosfat dan mengikat nitrogen. Oleh karena itu bakteri ini dapat meningkatkan pertumbuhan, memberikan unsur hara tanaman dan menghambat patogen penyebab penyakit tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan dan menganalisa artikel yang berhubungan dengan *Pseudomonas fluorescens* sebagai PGPR. Jenis penelitian ini adalah penelitian yang menggunakan metode literatur review dan pengumpulan literatur menggunakan sumber internet dari database Google Scholar. Tahapan ini terdiri dari identifikasi, skrining, kelayakan dan penerimaan. Berdasarkan artikel yang dikumpulkan didapatkan hasil bahwa *P. fluorescens* sebagai PGPR dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memiliki kemampuan menghasilkan IAA, melarutkan fosfat, menghasilkan siderofor dan mengikat nitrogen.

Kata kunci: *Pseudomonas fluorescens*, PGPR, IAA, Fosfat, Siderofor, Nitrogen

Pendahuluan

Seiring perkembangan zaman, pestisida kimia banyak digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menjaga tanaman dari hama. Akan tetapi penggunaan pestisida kimia yang dilakukan secara terus menerus akan menyebabkan residu pestisida terakumulasi pada produk-produk pertanian, pencemaran lingkungan pertanian, penurunan produktivitas dan keracunan pada manusia. Untuk itu dibutuhkan pestisida alami dengan fungsi yang sama dan lebih ramah lingkungan. Rizosfir merupakan lingkungan perakaran yang ditinggali berbagai macam kelompok mikroorganisme yang berubah-ubah. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) merupakan bakteri rizosfir yang meningkatkan pertumbuhan tanaman berbeda dengan mekanisme menghasilkan siderofor, fiksasi nitrogen biologi dan melarutkan fosfat. Selain itu PGPR juga memproduksi fitohormon, menunjukkan aktivitas anti jamur, menginduksi ketahanan sistemik serta produksi senyawa organik.

Beberapa bakteri dapat berperan merangsang pertumbuhan tanaman baik secara langsung ataupun tidak langsung. *Pseudomonas fluorescens* merupakan bakteri yang termasuk dalam PGPR karena mampu memicu pertumbuhan tanaman. PGPR memiliki ciri khusus dalam menjalankan fungsinya yaitu sebagai fitostimulator pada tanaman (Bloemberg dan Lugtenberg, 2001).

Bahan dan Metode

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian menggunakan metode literatur review. Literatur review merupakan salah satu metode dalam penelitian yang bertujuan mengidentifikasi, mengevaluasi serta menginterpretasikan hasil-hasil penelitian yang relevan dengan suatu topik penelitian tertentu, dan dilakukan dengan cara menelaah artikel ilmiah secara terstruktur (Kitchenham, 2004).

Prosedur Penelitian

Tahapan ini terdiri dari identifikasi, skrining, kelayakan dan keterimaan. Pada tahapan identifikasi, dilakukan penelusuran sumber-sumber artikel dari internet atau sumber dari literatur lain. Pada tahapan skrining, dilakukan penyaringan artikel seperti yang terduplikasi, kemudian dilakukan proses penilaian kelayakannya dengan mengambil informasi dari judul dan abstrak pada setiap artikel. Artikel yang diambil adalah artikel yang relevan dengan judul pada penelitian literatur review ini. Tahapan terakhir yaitu tahap keterimaan, dilakukan penentuan artikel yang memenuhi kriteria yang sudah ditetapkan, dan layak digunakan dengan cara membaca keseluruhan isi pada artikel tersebut. (Liberati dkk., 2009).

Hasil dan Pembahasan

***PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA* (PGPR)**

Rizobakteri pemicu pertumbuhan tanaman atau PGPR merupakan sekelompok bakteri menguntungkan yang secara aktif mengolonisasi rizosfir atau perakaran tanaman sehingga meningkatkan kesuburan tanaman (Rahni, 2012). Menurut Gupta *et al.*, (2015) pemberian PGPR ke dalam tanah dapat meningkatkan kesuburan tanah dan menekan fitopatogen. Menurut Aryantha *et al.*, (2004) PGPR dapat menghasilkan hormon pertumbuhan dan meningkatkan ketersediaan hara melalui fiksasi nitrogen serta melarutkan unsur hara tanah. Jenis bakteri yang diidentifikasi sebagai PGPR yaitu *Pseudomonas fluorescens*. *P. fluorescens* mampu menghasilkan *Indole Acetic Acid* (IAA) dan dapat merangsang pertumbuhan akar jagung yang ditumbuhkan pada kondisi hidroponik.

P. fluorescens adalah bakteri gram negatif, aerobik, yang terdapat di tanah pertanian dan beradaptasi baik untuk tumbuh di rizosfir. Rizobakteri ini memiliki banyak kegunaan sebagai agen biokontrol dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Mekanismenya dengan menggunakan eksudat akar, berkoloni dan berkembang biak di lingkungan rizosfir (Sarkar *et al.*, 2022). Aplikasi pseudomonad fluoresen (kelompok *Pseudomonas*) pada tanaman padi memberikan pengaruh yang menguntungkan terhadap tinggi tanaman setelah 49 hari. Pemberian pseudomonad fluoresen sudah berpengaruh pada satu kali perlakuan (Anhar *et al.*, 2012). Pemberian pseudomonad fluoresen isolat Mi.1 memberikan pengaruh terbaik terhadap tinggi tanaman padi setelah 5 minggu penanaman dan beberapa isolat menunjukkan pengaruh nyata dalam meningkatkan jumlah anakan padi (Anhar *et al.*, 2011)

Hasil penelitian Ichwan *et al.*, (2021) memperlihatkan pemberian PGPR yang mengandung kombinasi *P. fluorescens*, *Trichoderma* sp., *Aspergillus niger*, *Azobacter* sp., *Azospirillum* sp., dan *Rhizobium* sp. mampu memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan, hasil, kualitas cabai merah serta dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah cabang total, jumlah buah dan bobot buah. Widyaningrum (2017) menyatakan mengaplikasikan PGPR pada bibit kopi

robusta dapat meningkatkan panjang akar, jumlah akar, tinggi tanaman, jumlah daun, berat kering total, kekokohan bibit, dan indeks mutu benih pada tanaman. Perendaman benih kedelai pada PGPR yang terkandung *P. fluorescens* dapat meningkatkan perkecambahan jika dibandingkan dengan kontrol tanpa PGPR (Sofiani *et al.*, 2016) dan memicu pertumbuhan tanaman kedelai lebih cepat. Selain itu, Khalimi (2009) menyatakan PGPR juga mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah cabang, bobot basah, dan bobot kering.

PRODUKSI SIDEROFOR

Besi merupakan unsur keempat yang paling melimpah di perakaran tanaman karena memiliki fungsi penting dalam respirasi, sintesis DNA, fotosintesis dan fiksasi nitrogen (Datnoff *et al.*, 2007). Akan tetapi, besi dalam tanah tidak bisa langsung digunakan oleh tanaman dan mikroorganismenya. Siderofor adalah senyawa pengikat besi yang dapat disintesis oleh *Pseudomonas*. Besi tidak larut merupakan makronutrien penting yang dibutuhkan oleh mikroba (Sarkar *et al.*, 2022). Siderofor yang diproduksi PGPR akan mengikat Fe^{3+} dari mineral Fe sehingga meningkatkan ketersediaan Fe bagi tanaman dan memicu pembentukan sel pada jaringan akar dan tunas yang sedang tumbuh (Patel *et al.*, 2012). Kemampuan siderofor untuk mengikat besi merupakan musuh bagi mikroorganismenya sehingga dalam sistem pertanian dapat digunakan sebagai pengendalian penyakit dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Patel *et al.*, 2010).

Siderofor dihasilkan di luar sel mengikat Fe^{3+} dan mengalirkannya melalui membran sel dalam ruang periplasmatik. Mekanisme kerja siderofor terjadi melalui perkembangan pesat bakteri yang mengkolonisasi akar tanaman dan menciptakan kondisi yang sesuai untuk pertumbuhan akar. *P. fluorescens* termasuk salah satu bakteri penghasil siderofor dalam bidang pertanian (Budzikiewicz, 2001). Siderofor yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai pengendali penyakit tanaman (Parida, 2012). Advinda *et al.*, (2021) menyatakan kelompok pseudomonad fluoresen isolat PfLAHp2 mampu menghasilkan siderofor paling tinggi yaitu 1,027 dan isolat tersebut memiliki kemampuan antagonis tertinggi terhadap *Blood Disease Bacteria* (BDB). Budzikiewicz (2001) melaporkan siderofor aktif menekan *Fusarium oxysporum* karena ion Fe yang dibutuhkan oleh jamur tersebut diikat oleh siderofor.

Menurut Advinda *et al.*, (2022) kemampuan menghasilkan siderofor merupakan peran penting pada bakteri PGPR karena siderofor mampu mengikat besi (Fe^{3+}) menjadi besi yang tersedia bagi tanaman dan menghambat pertumbuhan patogen. Semua isolat pseudomonad fluoresen yang diuji dapat menghasilkan siderofor. Isolat PfPj2 menghasilkan siderofor tertinggi dengan kadar 3.240 dan yang terendah yaitu isolat PfPj1 dengan kadar 2.185.

Kandungan nutrisi pada media tanam pseudomonad fluoresen dapat mempengaruhi produksi siderofor (Yeole *et al.*, 2001). Bakteri pseudomonad fluoresen isolat PfCas3 dapat menghasilkan siderofor lebih banyak dengan penambahan senyawa glukosa dibandingkan dengan kontrol. Isolat PfLAHp2 dengan penambahan glukosa menghasilkan siderofor lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (Advinda *et al.*, 2019). Ramyasmruthi *et al.*, (2012) melaporkan bahwa pseudomonad fluoresen isolat R merupakan agen biokontrol yang menghasilkan siderofor, sehingga mampu menghambat berbagai patogen tanaman seperti *Collectotrichum gleosporioides*, *Alternaria brassicola*, *A. brassicae*, *A. alternate*, *F. oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, dan *Phytophthora* dengan berbagai tingkat serangan.

PRODUKSI INDOLE ACETIC ACID (IAA)

Indole Acetic Acid (IAA) adalah hormon kelompok auksin alami yang berperan penting dalam memicu pertumbuhan tanaman dan meregulasi banyak proses fisiologi seperti pembelahan dan diferensiasi sel (Idris *et al.*, 2007), mempercepat pertumbuhan tanaman, elongasi sel dan perpanjangan batang (Tarabily *et al.*, 2003). Hormon IAA yang dihasilkan oleh PGPR menstimulus produksi auksin di kuncup terminal dan diangkut ke akar tanaman yang berperan dalam meningkatkan perkembangan sel untuk merangsang pembentukan akar baru. Hal tersebut menyebabkan peningkatan luas permukaan akar-akar halus sehingga jumlah akar mengalami peningkatan (Lestari *et al.*, 2020). Sutariati (2006) melaporkan IAA dapat dihasilkan oleh isolat bakteri *P. fluorescens* dan *Bacillus* spp. Sutariati *et al.*, (2012) menyatakan *P. fluorescens* isolat C179 memproduksi IAA sebanyak 0,78 μ g/ml filtrat sehingga meningkatkan viabilitas, vigor dan pertumbuhan bibit cabai. Selain itu, isolat tersebut juga potensial untuk meningkatkan tinggi tanaman, jumlah cabang primer dan diameter batang cabai.

Penelitian yang dilakukan oleh Suwarni dan Advinda (2021) menunjukkan pseudomonad fluoresen isolat LAHCS2 dapat menghasilkan IAA dengan konsentrasi tertinggi yaitu 20,31 ppm, dan konsentrasi terendah dihasilkan oleh isolat LAHT1 yaitu 5,37 ppm. Beberapa spesies dari pseudomonad fluoresen menghasilkan IAA dan meningkatkan penyerapan air dan nutrisi di permukaan akar (Nihorimbere *et al.*, 2011). Putra dan Advinda., (2022) melaporkan cabai merah yang direndam oleh beberapa isolat pseudomonad fluoresen seperti Pf9 dan Pf10 menunjukkan perkecambahan yang lebih baik dibandingkan kontrol. Pada hasil panjang akar, pemberian pseudomonad fluoresen beberapa isolat menghasilkan panjang akar yang berbeda nyata dibandingkan kontrol. Isolat Pf10 menghasilkan panjang akar paling tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh hormon IAA yang dihasilkan oleh pseudomonad fluoresen. Dalam konsentrasi yang

rendah IAA akan meningkatkan laju pertumbuhan akar namun dalam konsentrasi yang tinggi dapat menginduksi pembentukan hormon etilen yang dapat menghambat pemanjangan sel akar (Wahidah dan Hasrul, 2017).

Peremberian formula berbahan aktif *P. fluorescens* Pf19 dan Pf101 dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi daun tanaman nilam dibandingkan tanaman nilam yang tidak diberi formula (Nasrun dan Burhanuddin, 2016). Hal ini didukung oleh penelitian Imamudin *et al.*, (2014) bahwa isolat *P. fluorescens* B16ST1-8 memproduksi IAA dengan konsentrasi paling tinggi yaitu sebesar 18,99 ppm dibandingkan 10 isolat lainnya. Thakuria *et al.*, (2004) menyatakan perbedaan produksi IAA dari berbagai rizobakteri tergantung pada kemampuan masing-masing isolat dalam mengkolonisasi perakaran tanaman. Ahmad *et al.*, (2005) melaporkan IAA hanya akan dihasilkan oleh rizobakteri jika konsentrasi asam amino triptofan di daerah rizosfir cukup tinggi.

KEMAMPUAN MELARUTKAN FOSFAT

Fosfat merupakan nutrisi pertumbuhan terbatas tanaman yang penting setelah nitrogen, tersedia melimpah di tanah baik dalam bentuk organik maupun anorganik. Meskipun fosfat yang tersedia itu besar tetapi jumlah fosfat yang dapat digunakan oleh tanaman umumnya rendah. Rendahnya ketersediaan fosfor bagi tanaman ini karena sebagian besar fosfat tanah ditemukan dalam bentuk tidak larut, sedangkan tanaman hanya menyerapnya dalam dua bentuk terlarut, ion monobasa (H_2PO_4) dan ion diabasa (HPO_4^{2-}). Untuk melarutkan fosfat dalam tanah sering digunakan pupuk fosfat pada lahan pertanian. Selain mahal, pupuk fosfat tidak ramah lingkungan karena tanaman menyerap pupuk fosfat dalam jumlah sedikit dan meninggalkan sisa. Untuk meningkatkan produksi tanaman di tanah dengan fosfat rendah, diperlukan bakteri pelarut fosfat (Ahmad dan Kibret, 2013).

Bakteri *P. fluorescens* dapat melarutkan fosfat sehingga meningkatkan fosfat dalam tanah (Istiqomah *et al.*, 2017). Park dan Son (2006) melaporkan *P. fluorescens* isolat RAF15 mampu melarutkan fosfat tak larut dan menghambat pertumbuhan miselium jamur. Pada hasil penelitian Avivi *et al.*, (2010) perlakuan *P. fluorescens* pada media tumbuh kacang tanah dapat meningkatkan berat kering akar sebesar 99% jika dibandingkan dengan kontrol. Hal tersebut menunjukkan bahwa bakteri pelarut fosfat dapat memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan akar. Susanti dan Advinda (2022) menyatakan isolat pseudomonad fluoresen dapat melarutkan fosfat dengan membentuk zona bening di sekitar koloni pseudomonad fluoresen pada medium *Pikovskaya's*. Purwaningsih (2012) menyatakan terbentuknya zona bening disebabkan oleh bakteri pseudomonad fluoresen melarutkan fosfat yang terdapat pada medium *Pikovskaya's*.

Pada perlakuan *P. fluorescens* yang berbentuk supernatan dan ditambahkan dengan larutan Hougland menghasilkan fosfat total saat tanam pada perkecambahan kacang tanah sebesar 112,7 ppm (Avivi *et al.*, 2010). Imamuddin *et al.*, (2014) mengamati *P. fluorescens* isolat B6 ST2-1, B6ST3-1 dan B6 STO-2 melarutkan fosfat dengan baik. Dari hasil penelitian ini diasumsikan aktivitas *P. fluorescens* dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara tidak langsung dengan cara mencegah patogen tanaman penyebab penyakit Sorgum dan secara langsung dengan memicu pertumbuhan tanaman. Senyawa yang dihasilkan *P. fluorescens* sebagai PGPR berperan sebagai stimulan penyerapan nutrisi tertentu seperti fosfat dari lingkungan.

KEMAMPUAN MENGIKAT NITROGEN

Nitrogen merupakan unsur yang sangat penting dalam pembentukan protein dan berbagai senyawa organik lainnya dalam pertumbuhan tanaman. Keberadaannya di atmosfer tinggi, tetapi tidak dapat digunakan oleh tanaman secara langsung. Nitrogen yang ada di udara harus diikat oleh bakteri di dalam tanah (Ryandini *et al.*, 2004). Bakteri *P. fluorescens* sebagai PGPR mampu mengikat nitrogen (Jumandi *et al.*, 2014). Imamuddin *et al.*, (2014) menyatakan beberapa bakteri PGPR termasuk *P. fluorescens* memiliki kemampuan dalam memproduksi fitohormon dan fiksasi nitrogen. Baharuddin *et al.*, (2005) menyatakan bahwa *P. fluorescens* yang hidup di daerah perakaran berperan sebagai jasad renik pelarut pospat, mengikat nitrogen dan menghasilkan zat pengatur tumbuh.

Isolat bakteri yang diisolasi dari rizosfir tanaman sawi termasuk bakteri PGPR yang mampu menghasilkan IAA pada fase stasioner juga memiliki kemampuan sebagai mengikat nitrogen. Nitrogen yang diikat oleh bakteri akan terakumulasi pada tanaman yang diaplikasikan dengan bakteri tersebut. Akumulasi nitrogen pada tanaman terindikasi dalam hijau daun yang juga akan memberikan dampak terhadap kesuburan tanaman (Pudjiwati *et al.*, 2022). *P. fluorescens* mampu menggunakan nitrogen seperti amonia atau nitrat untuk menghasilkan biosurfaktan (Abouseoud *et al.*, 2008).

Daftar Pustaka

- Abouseoud, M., Maachi, R., Amrane, A., Boudergua, S., dan Nabi, A. 2008. Evaluation of Different Carbon And Nitrogen Sources In Production of Biosurfactant by *Pseudomonas fluorescens*. *Desalination*, 223(1-3), 143-151.
- Advinda, L., Anhar, A. dan Irdawati. 2021. Antagonism of Siderophore Producing Bacteria Against Blood Disease Bacteria. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1940, No. 1, p. 012070). IOP Publishing.
- Advinda, L., Pratama, I., Fifendy, M., dan Anhar, A. 2019. The Addition Of Various Carbon Sources On Growing Media To Increase The Siderophore Level Of Fluorescent Pseudomonad Bacteria. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1317, No. 1, p. 012078). IOP Publishing.
- Advinda, L., Putri, D. H., Anhar, A., dan Irdawati. 2022. Identification and Characterization of Fluorescent Pseudomonas Producing Active Compounds Kontrolling Plant Pathogens. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 32(4), 795-804.
- Ahemad, M., dan Kibret, M. 2014. Mechanisms And Applications Of Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Current Perspective. *Journal of King saud University-science*, 26(1), 1-20.
- Ahmad, F.I., Ahmad dan Khan, MS. 2005. Indoleacetic Acid Production By The Indigenous Isolats Of Azotobacter And Fluorescent *Pseudomonas* In The Presence And Absence Of Tryptophan, *Turk. J. Biol.*, no. 29, pp. 29-34.
- Anhar, A., Doni, F., dan Advinda, L. 2011. Respons Pertumbuhan Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L.) Terhadap Introduksi Pseudomonad Fluoresen. *Eksakta*, 1(1).
- Anhar, A., Advinda, L., dan Handayani, L. 2012. Pengaruh Frekuensi Pemberian Biofertilizer Pseudomonad fluoresen terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi Gogo. *Sainstek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 4(1), 6-15.
- Aryantha, I.N.P., Lestari, D.P. dan Pangesti, N.P.D. 2004. Potensi Isolat Bakteri Penghasil IAA dalam Peningkatan Pertumbuhan Kecambah Kacang Hijau pada Kondisi Hidroponik. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*. Vol. 9(2). P : 43-46.
- Avivi, S., Suyani, I. S., dan Winarso, S. 2010. Efek Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan *Aspergillus flavus* pada Perkecambahan Kacang Tanah. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 10(1), 64-72.
- Baharuddin, Badawi dan Zaenab Masjkur. 2005. Uji Efektifitas Formulasi Seed Coating Berbahan Aktif Bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus subtilis* Untuk Pengendalian Penyakit Layu Fusarium (*Fusarium oxysporum*) pada Tanaman Tomat. *Prosiding seminar ilmiah dan pertemuan tahunan PEI dan PFI XVI Komda Sul-Sel, 2005*.
- Bloemberg, G. V. and Lugtenberg, B. J. 2001. Molecular Basis of Plant Growth Promotion and Biocontrol by Rhizobacteria. *Current Opinion in Plant Biology*, 4(4): 343-350.
- Budzikiewicz H. 2001. Siderophore-Antibiotic Conjugates Used As Trojan Horses Against *Pseudomonas aeruginosa*. *Current Topics in Medicinal Chemistry*. 1: 73-92.
- Chitraselvi, P.E. Kalidass, S, dan R. Kant. 2015. Efficiency of Rhizosphere Bacteria in Production of *Indole Acetic Acid*, Siderophore and Phosphate Solubilization. *International Journal of Chem Tech Research*. 7 (6).
- Datnoff LE, Elmer WH, dan Huber DM. 2009. Mineral Nutrition and Plant Disease. St. Paul Minnesota: *APS Press*.
- Gupta, G., Parihar, S. S., Ahirwar, N. K., Snehi, S. K., dan Singh, V. 2015. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and Future Prospects For Development Of Sustainable Agriculture. *J Microb Biochem Technol*, 7(2), 096-102.
- Idris, E.E., D.J, Iglesias, M. Talon dan R. Borriss. 2007. Tryptophan- Dependent Production of *Indole-3-Acetic Acid* (IAA) Affects Level of Plant Growth Promotion by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. *Molecular Plant- Microbe Interaction*. 20 :619-626.
- Ichwan, B., Novita, T., Eliyanti, E., dan Masita, E. 2021. Aplikasi Berbagai Jenis *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Cabai Merah. *Jurnal Media Pertanian*, 6(1), 1-7.
- Imamuddin, H., Dewi, T. K., Agustiyani, D., dan Antonius, S. 2014. Kelimpahan Bakteri *Pseudomonas fluorescens* yang Diisolasi Dari Tanah Perakaran Sorgum Di CSC. In *Seminar Nasional Hasil Penelitian Unggulan Bidang Pangan Nabati* (p. 141).

- Istiqomah, I., Aini, L. Q., dan Abadi, A. L. 2017. Kemampuan *Bacillus Subtilis* Dan *Pseudomonas fluorescens* Dalam Melarutkan Fosfat dan Memproduksi Hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tomat. *Buana Sains*, 17(1), 75-84.
- Khalimi K dan Gusti NASW. 2009. Pemanfaatan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* untuk Biostimulants dan Bioprotectants. Universitas udaya. Denpasar. *ECOTROPHIC*. 4 (2) : 131-135.
- Kitchenham, B. 2004. Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK, Keele University, 33(2004), 1-26.
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. 2009. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLoS Medicine*, 6(7).
- Lestari, S. D., Kusumaningrum, N. A., dan 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.
- Nasrun, N. F. N., Laing, K. P., Burhanuddin, N. F. N., dan Laing, K. P. 2016. Evaluasi Efikasi Formula *Pseudomonas fluorescens* Untuk Pengendalian Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) Nilam. *Buletin Littro*. 27 (1): 67-76
- Jumadi O, Liawati, dan Hartono. 2015. Produksi Zat Pengatur Tumbuh IAA dan Kemampuan Pelarutan Fosfat pada Isolat Bakteri Penambat Nitrogen Asal Kabupaten Takalar. *Jurnal Bionature*. 16(1), 43- 48.
- Pudjiwati, E. H., dan Rindiani, R. 2022. Prospek Rizobakteri Penghasil IAA Dan Penyedia Nitrat Sebagai PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*). *J-PEN Borneo: Jurnal Ilmu Pertanian*, 5(1).
- Ramyasmruthi, S., O. Pallavi., S. Pallavi., K. Tilak and S. Srividya. 2012. Chitinolytic And Secondary Metabolite Producing *Pseudomonas fluorescens* Isolatd From Solanacearhizosphere Effective Against Broad Spectrum Fungal Phytopathogens. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 2 (1):16-24.
- Rahni, N. M. 2012. Efek Fitohormon PGPR terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*). *CEFARS: Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah*, 3(2), 27-35.
- Ryandini, D., Oedjijono, O., dan Lydia, L. 2004. Seleksi Bakteri Pemfiksasi Nitrogen Dari Rhizosfir Berbagai Tanaman Sebagai Kandidat Kultur Biofertilizer. *Pertemuan Ilmiah Tahunan Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia*, Universitas Jendral Soedirman.
- Parida, I. 2012. Seleksi dan Karakterisasi Bakteri Penghasil Siderofor sebagai Agens Antagonis *Ralstonia solanacearum* pada Tomat. *Tesis*. Insitut Pertanian Bogor
- Patel, A.K., Ahire, J.A., Pawar, S.P., and Chaudhari, B.L. 2010. Evaluation of Probiotic Characteristics Of Siderophorogenic Bacillus Spp. Isolatd From Dairy Waste. *Appl. Biochem. Biotechnol*, 160, 2010, 140–155.
- Patel, D., Jha, C. K., Tank, N., dan Saraf, M. 2012. Growth enhancement of chickpea in saline soils using plant growth-promoting rhizobacteria. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31, 53-62.
- Purwaningsih, S. 2012. Isolasi, Populasi dan Karakteristik Bakteri Pelarut Fosfat pada Daerah Perakaran dan Tanah dari Bengkulu Sumatera. *J.Tek.Ling*. Vol 13 No 1. Hal: 101-108
- Putra, A. W., dan Advinda, L. 2022. Effect of Fluorescent Pseudomonad Fluorescent Producing *Indole Acetic Acid* (IAA) Against Germination Red Chili (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Serambi Biologi*, 7(1), 1-6.
- Sarkar, B., Kumar, C., Pasari, S., dan Goswami, B. 2022. Review On *Pseudomonas fluorescens*: A Plant Growth Promoting Rhizobacteria. *Journal of Positive School Psychology*, 2701-2709.
- Sofiani, M., Djauhari, S., dan Aini, L. Q. 2016. Pengaruh aplikasi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dalam menghambat penyakit rebah kecambah yang disebabkan oleh jamur *Sclerotium rolfsii* pada Kedelai. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 4(1), 32-38.
- Susanti, D., dan Advinda, L. 2022. Seleksi Beberapa Isolat Pseudomonad Fluoresen Dalam Kemampuannya Melarutkan Fosfat. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 1, No. 2, pp. 1590-1593), <https://doi.org/10.24036/prosemmasbio/vol1/203>
- Sutariati, G.A.K. 2006. Perlakuan Benih Dengan Agens Biokontrol Untuk Pengendalian Penyakit Antraknosa, Peningkatan Hasil dan Mutu Benih Cabai. *Disertasi*, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor

- Sutariati, G. A. K. 2012. Karakter Fisiologis Dan Kemangkusan Rizobakteri Indigenus Sulawesi Tenggara Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman Cabai. *Jurnal Holtikultura*. 22(1) : 57-64.
- Tarabily K, AH Nassar dan K Sivasithamparam. 2003. Promotion Of Plant Growth By An Auxin-Producing Isolat Of The Yeast *Williopsis Saturnus* Endophytic In Maize Roots. The Sixth U. A. E *University Research Conference*.60-69.
- Thakuria, D., Talukdar, N. C., Goswami, C., Hazarika, S., Boro, R. C., dan Khan, M. R. 2004. Characterization And Screening Of Bacteria From Rhizosphere Of Rice Grown In Acidic Soils Of Assam. *Current Science*, 978-985.
- Wahidah, B. F., dan Hasrul, H. 2017. Pengaruh Pemberian Zat Pengatur Tumbuh *Indole Acetic Acid* (IAA) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Pisang Sayang (*Musa paradisiaca* L. var. sayang) secara in vitro. *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*, 11(1).
- Widyaningrum, A. 2017. Pengaruh Aplikasi PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) dan Kompos Azola Terhadap Mutu Bibit Stek Kopi Robusta. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Jember, Jember. 59 hal.
- Yeole, R. D., Dave, B. P., dan Dube, H. C. 2001. Siderophore Production By Fluorescent *Pseudomonads* Colonizing Roots of Certain Crop Plants. *Indian Journal of Experimental Biology*. 39 : 464-468.