

Potential of Pseudomonads Fluorescents as Plant Disease Biocontrol Agents

Potensi Pseudomonas berfluoresen sebagai Agen Biokontrol Penyakit Tanaman

Nabilla Makra Rusendra¹, Linda Advinda^{1*}, Moralita Chatri¹, Dezi Handayani¹

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

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

Abstract

Fluorescent pseudomonas are a group of rhizobacteria that colonize plant root areas and have potential as biocontrol agents for plant diseases that can be developed. This group of bacteria can increase plant growth by producing growth hormones, one of which is producing the hormone Indole Acetic Acid (IAA), dissolving phosphate, and siderophores. Apart from that, fluorescent pseudomonas are also able to induce plant resistance by producing secondary metabolite compounds which have antimicrobial properties. Many studies have shown that one of the most abundant microorganisms in the rhizosphere (around the roots) is the bacteria *Pseudomonas* spp. This research aims to provide information that fluorescent pseudomonads have potential as biocontrol agents for plant diseases. The method used in writing this article is a literature review by collecting international and national sources using Google Scholar, ScienceDirect, and other internet databases. The results obtained are based on articles that have been collected that fluorescent pseudomonads act as biocontrol agents against various types of plants.

Key words *Fluorescents Pseudomonads, Biocontrol, Plant Disease*

Abstrak

Pseudomonas berfluoresen merupakan kelompok rhizobakteri yang mengkolonisasi wilayah perakaran tanaman dan memiliki potensi sebagai agen biokontrol penyakit tanaman yang dapat dikembangkan. Kelompok bakteri ini dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan menghasilkan hormon pertumbuhan salah satunya memproduksi hormon *Indole Acetic Acid* (IAA), melarutkan fosfat, dan siderofor. Selain itu, *pseudomonas* berfluoresen juga mampu menginduksi ketahanan tanaman dengan menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang bersifat sebagai antimikroba. Sudah banyak penelitian yang menunjukkan bahwa salah satu mikroorganisme yang paling melimpah di rizosfer (di sekitaran akar) adalah bakteri *Pseudomonas* spp. Penelitian ini bertujuan memberikan informasi bahwa pseudomonad fluoresen memiliki potensi sebagai agen biokontrol penyakit tanaman. Metode yang digunakan dalam penulisan artikel ini adalah *literatur review* dengan mengumpulkan sumber internasional maupun nasional dengan menggunakan Google Scholar, ScienceDirect, dan database internet lainnya. Hasil yang didapatkan berdasarkan artikel yang telah dikumpulkan bahwa pseudomonad fluoresen berperan sebagai agen biokontrol terhadap berbagai jenis tanaman.

Kata kunci *Pseudomonad fluoresen, Biokontrol, Penyakit Tanaman*

Pendahuluan

Penggunaan antibiotik, fungisida, dan pestisida yang disintesis secara kimia telah digunakan selama beberapa tahun untuk melindungi jamur tanaman dan bakteri patogen. Namun banyak peraturan tentang penggunaan bahan kimia telah diberlakukan dalam beberapa hari terakhir yang dikarenakan

timbulnya resiko besar terhadap lingkungan, masyarakat serta bahaya kesehatan (Suresh *et al.*, 2021). Salah satu cara yang dapat mengurangi penggunaan pestisida kimia ini adalah penggunaan agen biokontrol seperti rizobakteri (Ernita *et al.*, 2016). *Pseudomonas fluorescens* merupakan salah satu rizobakteri yang berpotensi tumbuh sebagai agen pengendali hayati terhadap jamur dan patogen tanaman (Marwan *et al.*, 2020).

Pseudomonas fluorescens bersifat antagonis terhadap berbagai patogen baik dari golongan cendawan maupun bakteri, sehingga dapat digunakan sebagai agen biokontrol. Advinda (2004) mengemukakan *Pseudomonas fluorescens* dapat menekan penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum* pada tanaman pisang. Agen biokontrol ini dapat memproduksi senyawa metabolit sekunder yang bersifat antimikroba (fitoaleksin). Menurut Nasrun *et al.*, (2005) *Pseudomonas fluorescens* dapat menekan penyakit tanaman karena kemampuannya mengkolonisasi perakaran tanaman, sehingga siderofor dan antibiosis yang dihasilkan menghambat pertumbuhan patogen.

Salah satu spesies dari kelompok *Pseudomonas fluorescens* adalah *Pseudomonas* spp, yang mampu menghasilkan antibiotik 2,4-diacetylphloroglucinol (2,4-DAPG), sehingga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen (Weller *et al.*, 2012). Hersanti *et al.*, (2009) mengemukakan *Pseudomonas fluorescens* dapat mengkolonisasi daerah perakaran dan beradaptasi dengan baik karena eksudat yang dikeluarkan akar tanaman dapat digunakannya untuk mensintesis metabolit yang mampu menghambat pertumbuhan dan aktivitas patogen atau menginduksi ketahanan sistemik tanaman terhadap patogen.

Akar tanaman mengeluarkan beberapa zat yang menjadi nutrisi bagi mikroorganisme di daerah perakaran (Nurchayanti *et al.*, 2013). Menurut Pinton *et al.*, (2007), senyawa organik yang dideteksi pada eksudat akar berupa gula, asam amino, asam organik, asam lemak, dan sterol, faktor-faktor pertumbuhan, *flavonoids*, dan enzim serta *miscellaneous*. Mukerji *et al.*, (2006) dan Nurchayanti *et al.*, (2013) menyatakan kualitas dan kuantitas komposisi eksudat akar tanaman dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti pH, jenis tanah, status oksigen, intensitas cahaya, suhu tanah, ketersediaan nutrisi, dan mikroorganisme.

Bahan dan Metode

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian menggunakan pendekatan literatur review, dimana dilakukan analisis terhadap data yang ada serta penyajian dan penjelasan mengenai temuan tertentu. Pencarian literatur baik internasional maupun nasional dilakukan dengan menggunakan database Google Scholar, ScienceDirect dan database internet lainnya. Tujuannya adalah memberikan contoh dan kerangka bagi penelitian selanjutnya, memungkinkan penyusunan diskusi yang mendalam tentang pokok permasalahan yang akan diinvestigasi. Penulis mencari data dan literatur dari jurnal, artikel, serta referensi buku guna membangun dasar yang kokoh untuk isi dan diskusi penelitian (Andriani, 2021).

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian literatur review melibatkan beberapa tahapan proses diantaranya yaitu mencari literatur relevan, mengevaluasi sumber, mengidentifikasi tema, dan mengisi kesenjangan antara teori dan situasi di lapangan. Langkah awal mencakup pencarian literatur yang relevan, menggunakan artikel ilmiah dan buku referensi, serta semakin banyak referensi yang digunakan meningkatkan kualitas literatur review. Tahap kedua melibatkan evaluasi sumber literatur yang berfungsi sebagai filter dan literatur review difokuskan pada satu topik atau masalah, memastikan kesesuaian dengan tujuan penyusunan. Tahap ketiga mencakup identifikasi tema dan kesenjangan, yang dapat memperkuat topik dan memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu (Cahyono *et al.*, 2019).

Hasil dan Pembahasan

Efektivitas *Pseudomonas fluorescens* sebagai agen biokontrol pada beberapa tanaman

Kelompok *Pseudomonas fluorescens* dapat diisolasi dari rizosfer tanaman. Kelompok *Pseudomonas fluorescens* ini dapat terdiri dari beberapa spesies, diantaranya: *Pseudomonas fluorescens*,

P. diminuta, dan *P. putida*. *Pseudomonas* berfluoresen mempunyai aktivitas pemacu pertumbuhan tanaman karena kemampuannya menghasilkan *Indole Acetic Acid* (IAA), memproduksi senyawa antimikroba seperti hidrogen sianida (HCN), siderofor, kemampuan melarutkan fosfat, menghasilkan enzim protease, dan banyak lagi senyawa antimikroba yang berspektrum luas. Hal ini memberi potensi besar untuk memanfaatkan kelompok bakteri ini sebagai pupuk hayati dan agen biokontrol terhadap patogen tanaman. Pemanfaatan *pseudomonas* berfluoresen sebagai agen biokontrol terlihat pada beberapa tanaman berikut.

Tomat

P. fluorescens PfT8 (isolat asal rizosfer tanaman tomat), PfN19 (isolat asal rizosfer tanaman tanaman nilam), dan PfK55 (isolat asal rizosfer tanaman karet) dapat menekan pengembangan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat varietas Intan. Ketiga isolat ini mampu menekan penyakit layu fusarium cukup tinggi dengan menunda munculnya gejala penyakit layu fusarium dari 4,13 Hari Setelah Inokulasi (HSI) menjadi 6,75-7,30 HSI dan menekan intensitas penyakit dari 40,24% menjadi 14,30%-16,88% (Chrisnawati *et al.*, 2017). Istiqomah & Kusumawati (2018) menyatakan *P. fluorescens* UB-PF5 dan *P. fluorescens* UB-PF6 secara signifikan menekan penyakit layu bakteri pada tanaman tomat sebesar 60%, dengan tipe antibiosis bakteriostatik.

Soesanto *et al.*, (2010) menyatakan *P. fluorescens* P60 mampu hidup di dalam tanah dan mengkoloni permukaan akar, sehingga dapat melindungi akar dari serangan *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* pada tanaman tomat. Hal ini sesuai dengan penelitian Soesanto (2000) dan didukung oleh Widodo (1993), bahwa patogen sulit melakukan penetrasi apabila sistem perakaran didominasi oleh antagonis. *Pseudomonas* berfluoresen secara ekstensif telah dikaji sebagai agen biokontrol, dan secara bersamaan melepaskan senyawa antibiotik yang larut dalam air antara lain fenazin, pyoluteorin, pyrrolnitrin, oomycin A, viscosinamide, dan 2,4-diacetylphloroglucinol (Michel *et al.*, 2005; Hasanuddin, 2011).

Kubis

P. fluorescens yang dikombinasikan dengan *Trichoderma* spp dapat menekan penyakit akar gada sekaligus meningkatkan pertumbuhan tanaman kubis. Kombinasi *P. fluorescens* dan *Trichoderma* spp P1T3, P1T4, P3T2, dan P3T3 menunjukkan persentase serangan patogen dan jumlah puru akar terendah yang mampu menekan persentase serangan hingga 0%, serta tidak terdapat puru akar pada tanaman (Pradnyana *et al.*, 2018). Hal ini juga di dukung oleh penelitian Adiathy *et al.*, (2017) bahwa sebanyak tiga isolat *Pseudomonas* spp. indigenus (Pf5, Pf8, dan Pf12) selain mampu menekan serangan penyakit akar gada, isolat ini juga mampu memacu pertumbuhan pada tanaman kubis.

Kedelai

Tanaman kedelai yang diaplikasikan *P. fluorescens* dengan jumlah bakteri 10^2 cfu/ml, 10^5 cfu/ml, dan 10^9 cfu/ml dapat mempengaruhi pertumbuhan tinggi, biomassa, dan jumlah daun tanaman kedelai (Rohmah *et al.*, 2013). Menurut Sofiani *et al.*, (2016) *P. fluorescens* dengan jumlah bakteri 10^9 cfu/mL dapat menghambat penyakit rebah kecambah karena *Sclerotium rolfsii* pada tanaman kedelai dengan rerata persentase penghambatan 67,11% pada 1 HSI, 79,11% pada 2 HSI, dan 82,50% pada 3 HSI. Namun, bakteri ini akan lebih efektif jika dikombinasikan dengan bakteri *Bacillus subtilis*.

Pisang

Djatnika *et al.*, (2023) melakukan percobaan terhadap dua jenis tanah (andosol yang kadar Fe rendah dan podsolik merah kuning yang Fe nya tinggi) yang diinfeksi dengan *Fusarium oxysporum* yang kemudian diberi suspensi *P. fluorescens* dengan berbagai konsentrasi terhadap tanaman pisang varietas ambon hijau hasil kultur jaringan. Hasilnya menunjukkan bahwa efektivitas *P. fluorescens* tidak menunjukkan adanya interaksi dengan jenis tanah, tetapi jenis tanah berpengaruh terhadap jumlah tanaman pisang yang terjangkit layu fusarium dan tinggi tanaman. Advinda (2020) menyatakan kelompok *pseudomonas* berfluoresen dapat menghasilkan senyawa siderofor, HCN, IAA, dan melarutkan pospat. Uji kompatibilitas dari 21 kombinasi isolat, memperlihatkan 7 isolat yang kompatibel. Hasil uji dari 7 isolat yang kompatibel

memperlihatkan efektif mengendalikan *Blood Disease Bacteria* (BDB) penyakit tanaman pisang. Kombinasi antar isolat tersebut membentuk sinergisme untuk memaksimalkan potensinya sebagai agen biokontrol.

Cokelat

Pseudomonas berfluoresen dapat diformulasi dengan kaldu keong. Formula ini dapat disemprotkan pada tanaman coklat yang terkena penyakit mosaik. Setelah diberi perlakuan selama 8 minggu didapatkan hasil formula ini dapat menurunkan intensitas gejala mosaik yang ditandai dengan berkurangnya berkas mosaik pada daun, memperlambat pengguguran daun, dan mempercepat tumbuhnya tunas baru (Probowati *et al.*, 2021). Akrofi *et al.*, (2017) membuktikan bahwa *Pseudomonas* spp berpotensi sebagai biokontrol pada tanaman coklat terhadap patogen busuk buah *Phytophthora palmivora*. Isolat *P. putida* 96 dan 97 yang diuji dapat menghambat pertumbuhan lesi busuk buah pada tanaman coklat yang disebabkan oleh produksi biosurfaktan yang menyebabkan lisis pada zoospora.

Nilam

Nilam yang diperlakukan dengan *pseudomonas* berfluoresen mempunyai masa inkubasi lebih panjang dibandingkan dengan nilam yang tidak diperlakukan dengan *pseudomonas* berfluoresen. Hal ini menandakan bahwa *pseudomonas* berfluoresen mampu mengendalikan penyakit layu bakteri dengan menunda masa inkubasi 6–52 hari. Efektivitas isolat tersebut disebabkan karena *pseudomonas* berfluoresen mampu mengkolonisasi permukaan akar tanaman, mekanisme siderofor, serta antibiosis yang dihasilkan mampu menghambat pertumbuhan patogen (Nasrun *et al.*, 2005 ; Okwisan *et al.*, 2023). Dengan pemberian dosis 100 gL⁻¹ dan waktu aplikasi formula *P. fluorescens* Pf19 setiap 30 dan 60 hari sekali memiliki kemampuan paling tinggi dan efektif dalam mengendalikan penyakit layu bakteri tanaman nilam dengan masa inkubasi 88,0–93,5 hari setelah tanam (HST) dengan intensitas penyakit 16.50%–24.12% (Nasrun & Nurmansyah, 2016).

Jagung

Prasetyo *et al.*, (2017) menyatakan benih jagung manis yang direndam dengan *pseudomonas* berfluoresen mampu menginduksi ketahanan tanaman. Hal ini terjadi karena bagian tanaman yang telah diinokulasi sebelumnya dapat beradaptasi dengan baik pada akar tanaman sehingga memicu ketahanan sistemik dari tanaman terhadap patogen. Ulhaq & Masnilah (2019) menyatakan aplikasi *P. fluorescens* dapat menekan penyakit bulai pada tanaman jagung dengan kombinasi Pioneer 27 dengan tingkat keparahan rata-rata 27,77%. Hal ini disebabkan oleh mekanisme antagonistik yang dimiliki oleh *P. fluorescens*.

Sereal

Bazzi *et al.*, (2012) mengumpulkan 122 strain bakteri yang diisolasi dari sereal yang ditanam di berbagai wilayah Italia. Hampir semuanya adalah *pseudomonas* berfluoresen yang termasuk ke dalam dua kelompok besar. Kelompok 1 sebagian besar isolat ditemukan sebagai patovar *P. syringe* termasuk pv. *Atrofaciens*. Kelompok 2 diidentifikasi sebagai anggota kompleks *P. fluorescens* dan beberapa bersifat patogen terhadap bibit gandum durum. Penelitian Kremer & Souissi (2001) memperlihatkan beberapa isolat dari *Pseudomonas* juga dapat menghasilkan HCN yang dapat mempengaruhi metabolisme dasar akar dan pertumbuhan akar dari gulma. Yang *et al.*, (2011) melakukan penelitian terhadap *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* penyebab penyakit akar gandum. Berdasarkan uji *in vitro* dari 553 isolat yang diuji, sebanyak 105 isolat (19% dari isolat total) yang diuji dapat menghambat patogen tersebut yang semuanya diidentifikasi sebagai *Pseudomonas* spp. dengan menghasilkan senyawa *phenazine-1-carboxylic acid* (PCA).

Tembakau

Arwiyanto *et al.*, (2007) mengumpulkan dari 87 isolat *pseudomonas* fluoresen yang diuji tidak semua dapat menekan penyakit *R. solanacearum* tanaman tembakau secara *in vitro*. Sebanyak 39 isolat mampu menekan pertumbuhan *R. solanacearum* dengan zona hambat antara 5–15 mm. Hasil penelitian Addy (2008)

menunjukkan bahwa aplikasi bakteri pseudomonad fluoresen strain Pf-24-4D mampu menekan keparahan penyakit patik (*Cercospora nicotiane*) hingga 50% pada tembakau dibandingkan kontrolnya.

Cabai

Pemberian mikroorganisme antagonis sebagai upaya pengendalian penyakit tanaman menjadi pilihan yang paling efektif untuk mengurangi dampak negatif penggunaan pestisida kimia, khususnya dalam budidaya tanaman cabai. Beberapa jenis mikroorganisme antagonis yang efektif dalam mengendalikan penyakit pada tanaman mencakup *Bacillus subtilis*, pseudomonad fluoresen, *Fusarium* sp. non patogenik, dan *Trichoderma harzianum* (Okwisan *et al.*, 2023). Uji efektivitas pseudomonad fluoresen dalam mengendalikan penyakit pada tanaman cabai adalah mengaplikasikan formula yang mengandung bakteri pseudomonad fluoresen. Hasil penelitian menunjukkan sebanyak 11 isolat yang diuji mampu menekan masa inkubasi penyakit layu fusarium pada tanaman cabai. Isolat Pb3 memiliki kemampuan paling tinggi dengan zona hambat 5,11 mm dan masa inkubasi paling lama yaitu 11 hari setelah inkubasi (hsi) (Fifendy, 2014).

Mursiana *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa benih tanaman cabai yang diberi isolat rhizobakteria *P. fluorescens* (SKM1, MM2, dan MP1) sebelum dilakukan persemaian dengan cara merendam benih cabai ke dalam masing-masing suspensi isolat rhizobakteria mampu menurunkan persentase intensitas serangan virus keriting kuning cabai, meningkatkan tinggi tanaman, menambah jumlah cabang dan mempercepat berbunga tanaman cabai. Tanaman yang tidak diberikan perlakuan menunjukkan persentase serangan sebesar 89,5% dan terserang virus keriting kuning 1 mst dibandingkan tanaman cabai yang diberikan perlakuan rhizobakteria terserang pada umur 4 mst. Hal ini diduga bahwa tanaman cabai yang diberi perlakuan *P. fluorescens* menghasilkan asam salisilat dan enzim peroksidase yang mampu menghambat perkembangan virus keriting kuning yang menginfeksi.

Kesimpulan

Menurunnya kualitas lingkungan dapat menyebabkan wabah penyakit yang merugikan pertanian secara ekonomi dan berpotensi mengancam keberlangsungan jangka panjang. Wabah penyakit ini disebabkan oleh mikroorganisme patogen, memerlukan biokontrol alternatif dengan menggunakan isolat lokal. Salah satu isolat lokal yang efektif sebagai agen pengendalian hayati adalah pseudomonad fluoresen, yang telah terbukti signifikan dalam mengatasi penyakit pada berbagai jenis tanaman. Pseudomonad fluoresen dapat dioptimalkan dengan berbagai formula, seperti penambahan talc atau tepung tapioka. Selain berperan sebagai agen biokontrol, pseudomonad fluoresen juga berfungsi sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), meningkatkan pertumbuhan tanaman, berperan sebagai bakteri antagonis dan menginduksi ketahanan tanaman melalui produksi metabolit sekunder seperti *Indole Acetic Acid* (IAA), hidrogen sianida (HCN), siderofor, dan pelaruta fosfat.

Daftar Pustaka

- Addy, H. S. 2008. Aktivitas Pseudomonas Pendarfluor dalam Mengendalikan Penyebab Penyakit Patik (*Cercospora nicotiane*) pada Tembakau. *Jurnal Pengendalian Hayati*. 1(2): 98-103.
- Adiathy, I. A. G. D., Suniti, Nn. W., & Suada, I. K. 2017. Pengaruh Inokulasi *Pseudomonas* spp. terhadap Penyakit Akar Gada dan Pertumbuhan Tnaman Kubis (*Brassica oleracea* L.). *E-Jurnal Agroteknologi Tropika*. 6(3).
- Advinda, L. 2004. Tanggap Pertumbuhan Tanaman Pisang yang Telah Diimunisasi dengan Pseudomonas berfluorensi terhadap *Ralstonia solanacearum*. *Laporan Penelitian*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Padang.
- Advinda, L. 2020. *Monograf: Pseudomonad Fluoresen Agens Biokontrol Blood Disease Bacteria (BDB) Tanaman Pisang*. Yogyakarta: Deepublish.

- Akrofi, A. Y., Terlabie, J. I., Amoako-Attah, I., Asare, E. K. 2017. Isolation and Characterization of Bacteria from Different Cacao Progenies and Their Antagonistic Activity Against the Black Pod Disease Pathogen, *Phytophthora palmivora*. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 124(2): 143-152.
- Andriani, W. 2021. Penggunaan Metode Sistematis Literatur Review dalam Penelitian Ilmu Sosiologi. *Jurnal PTK dan Pendidikan*. 7(2): 124-133.
- Arwiyanto, T., Yuniarsih, F., Martoredjo, T., Dalmadiyo, G. 2007. Seleksi Pseudomonad Fluoresen Secara Langsung Di Lapangan untuk Pengendalian Penyakit Lincat pada Tembakau. *J. HPT. Tropika*. 7(1): 62-68.
- Bazzi, C., Stead, D. E., Alexandrova, M., Stefani, E. 2012. *Pseudomonas Syringe Pathovars and Related Pathogens : Identification and Classification of Fluorescent Pseudomonas Species From Cereals In Italy*. *Development in Plant Pathology*. New York : Springer Dordrecht.
- Blanco, J. M., Alois, E., Rey, M. D., Prieto, P. 2016. *Pseudomonas Fluorescens* PICF7 Displays an Endophytic Lifestyle in Cultivated Cereals and Enhances Yield in Barley. *FEMS Microbiology Ecology*. 92(8): 1-13.
- Cahyono, E. A., Sutomo., Hartono, A. 2019. Literatur Review: Panduan Penulisan dan Penyusunan. *Jurnal Keperawatan*.
- Chrisnawati., Sudijo., Marlen, L., Nasrun. 2017. Evaluasi Antagonis *Pseudomonas fluorescens* dalam Mengendalikan Penyakit Layu Fusarium pada Tomat. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*. 3(2): 273-277.
- Djatnika, I., Hermanto, C., & Eliza. 2023. Pengendalian Hayati Layu Fusarium pada Tanaman Pisang dengan *Pseudomonas fluorescens* dan *Gliocladium* sp. *Jurnal Hortikultura*. 13(3): 205-211.
- Ernita, M., Zahanis., & Jamilah. 2016. Aplikasi Rhizobakteri dalam Meningkatkan Pertumbuhan , Hasil dan Ketahanan pada Tanaman Bawang Merah. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 22(3): 131-134.
- Fifendy, M. 2014. Peranan Pseudomonad Fluoresen sebagai Agens Hayati dalam Menekan Masa Inkubasi Penyakit Layu Fusarium Tanaman Cabai. *Prosiding Semirata 2014*.
- Hasanuddin. 2011. Uji Aktivitas Antibiosis Pseudomonas Pendarfluor terhadap *Rigidoporus lignosus* (Klotzsch) Imazeki Penyebab Penyakit Akar Putih. *J. HPT. Tropika*. 11(1): 87-94.
- Hersanti, H., Rupendi, R. T., Purnama, A., Hanudin, H., Marwoto, B., Gunawan, O. S. 2009. Penapisan Beberapa Isolat *P. Fluorescens*, *Bacillus subtilis*, dan *Trichoderma harzianum* yang Bersifat Antagonistik terhadap *Ralsonia solanacearum* pada Tanaman Kentang. *Jurnal Agrikultura*. 20(3): 198-203.
- Istiqomah, I., & Kusumawati, D. E. 2018. Pemanfaatan *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* dalam Pengendalian Hayati *Ralstonia solanacearum* Penyebab Penyakit Layu Bakteri pada Tomat. *Jurnal Agro*. 5(1): 1-12.
- Kremer, R. J & Souissi, T. 2001. Cyanide Production by Rhizobacteria and Potential for Suppression of Weed Seedling Growth. *Current Microbiology*. 43: 182-186.
- Marwan, Husda., Mulyati, S., Sarman, S., Hayati, I. 2021. Fluorescent Pseudomonads from Plant Rhizosphere as Biological Agent to Control White Root Disease and Growth-Promoting on Rubber Plants. *Biodiversitas*. 21(11): 5338-5343.
- Michel, L., Gonzalez, N., Jagdeep, S., Nguyen-Ngoc, T., Reimmann, C. 2005. PchR-box Recognition by the AraC-type Regulator PchR of *Pseudomonas aeruginosa* Requires the Siderophore Pyochelin as an Effector. *Molecular Microbiology*. 58(2): 495-509.
- Mukerji, K.G., Manoharachary, C., & Singh, J. 2006. *Microbial Activity in the Rhizosphere*. Germany: Springer.
- Mursiana, M., Aidawati, N., & Adrian, D. E. 2021. Kemampuan *Pseudomonas* Kelompok *Fluorescens* dalam Meningkatkan Ketahanan terhadap Infeksi Virus Keriting Kuning Serta Memacu Pertumbuhan Tanaman Cabai Besar. *EnviroScientiae*. 17(3): 47-60.
- Nasrun & Nurmansyah. 2016. Keefektifan Formula *Pseudomonas fluorescens* untuk Mengendalikan Penyakit Layu Bakteri dan Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Nilam. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 12(2): 46-52.
- Nasrun., Christanti., Arwiyanto, T., Mariska, I. 2005. Pengendalian Penyakit Layu Bakteri Nilam Menggunakan Pseudomonad Fluoresen. *Jurnal Littri*. 11(1): 19-2.

- Nurchayanti, S. D., Arwiyanto, T., Indradewa, D., Widada, J. 2013. Isolasi dan Seleksi *Pseudomonas fluorescens* pada Rizosfer Penyambungan Tomat. *Berkala Ilmiah Pertanian*. 1(1): 15-18.
- Okwisan, S., Advinda, L., Handayani, D., Putri, D. H., Putri, I. L. E. 2023. Potential of *Pseudomonas fluorescens* as Control of Plant Disease. *Serambi Biologi*. 109-116.
- Pinton, R., Varanini, Z., & Nannipieri, P. 2007. *The Rhizosphere: Biochemistry and Organic Substances at the Soil-Plant Interface*. Second Edition. New York: CRC Press.
- Pradnyana, I. K. N., Suniti, N. W., & Suada, I. K. 2018. Pengaruh Aplikasi *Pseudomonas fluorescens* dan *Trichoderma* spp terhadap Penyakit Akar Gada serta Pertumbuhan Tanaman Kubis (*Brassica oleracea* L.) di Desa Candikuning, Tabunan, Bali. *Ojs. Unud. Ac. Id*. 7(4): 520-531.
- Prasetyo, G., Ratih, S., Ivayani., Akin, H. M. 2017. Efektivitas *Pseudomonas fluorescens* dan *Paenibacillus polymyxa* terhadap Keparahan Penyakit Karat dan Hawar Daun serta Pertumbuhan Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays var saccharata*). *Jurnal Agrotek Triopika*. 5(2): 102-108.
- Probowati, W., Nugraheni, I. A., & Aryani, T. 2021. Efektivitas Pupuk Cair *Pseudomonas fluorescens* Agensia Pengendali Hayati terhadap Penyakit Mosaik Tanaman Kakao. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*. 7(1): 42-29.
- Rohmah, F., Rahayu, Y. S., & Yuliani, Y. 2013. Pemanfaatan Bakteri *Pseudomonas fluorescens* , Jamur *Trichoderma harzianum* dan Serasah Daun Jati (*Tectona grandis*) untuk Pertumbuhan Tanaman Kedelai pada Media Tanam Tanah Kapur. *LenteraBio*. 2(2): 149-153.
- Soesanto, L., Mugiasuti, E., & Rahayuniati, R. F. 2010. Mekanisme Antagonis *Pseudomonas fluorescens* P60 terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp *Lycopersici* pada Tanaman Tomat In Vivo. *J. HPT. Tropika*. 10(2): 108-115.
- Sofiani, M., Djauhari, S., & Aini, L. Q. 2016. Pengaruh Aplikasi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dalam Menghambat Penyakit Rebah Kecambah yang Disebabkan oleh Jmaur *Sclerotium rolfsii* pada Kedelai. *Jurnal HPT*. 4(1): 32-38.
- Suresh, P., Vellasamy, S., Almaary, K. S., Dawoud, T. M., Elbadawi, Y. B. 2021. Fluorescent *Pseudomonads* (FPs) as a Potential Biocontrol and Plant Growth Promoting Agent Associated with Tomato Rhizosphere. *Journal of King Saud University-Science*. 33: 1-13.
- Ulhaq, M. A & Masnilah, R. 2019. Pengaruh Penggunaan Beberapa Varietas dan Aplikasi *Pseudomonas fluorescens* untuk Mengendalikan Penyakit Bulai (*Peronosclerospora maydis*) pada Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Pengendalian Hayati*. 2(1): 1-9.
- Wardhika, C. M., Suryanti., & Joko, T. 2014. Eksplorasi Bakteri yang Berpotensi Sebagai Agen Pengendalian Hayati *Fusarium solani* dan *Meloidogyne incognita* pada Lada. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 18(2): 89-94.
- Weller, D. M., Mavrodi, D. V., van-Pelt, J. A., Pieterse, C. M. J., van-Loon, L. C., Bakker, P. A. H. M. 2012. Induced Systemic Resistance in *Arabidopsis thaliana* Against *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* by 2,4-Diacetylphloroglucinol-Producing *Pseudomonas fluorescens*. *Phytopathology*. 102(4): 403-412.