

# Pseudomonas Fluorescent As A Biocontrol Agent Against Plant Pathogens

## Pseudomonas Berfluoresen Sebagai Agen Biokontrol Terhadap Patogen Tanaman

Aprina Dilla<sup>1</sup>, Linda Advinda<sup>1\*</sup>, Dezi Handayani<sup>1</sup>, Moralita Chatri<sup>1</sup>

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

\*Correspondence author: [linda\\_advinda@fmipa.unp.ac.id](mailto:linda_advinda@fmipa.unp.ac.id)

### Abstract

The use of biological control agents as alternatives to synthetic fungicides is increasingly being developed as farmers become more aware of the negative effects of synthetic fungicides. Various biocontrol agents have been developed from several bacteria that are very effective against plant diseases, including pseudomonas fluorescent. This type of research is a literature review that aims to identify, evaluate and interpret research results that are relevant to a particular research topic, and is carried out by reviewing scientific articles in a structured manner. This research was conducted in several stages, namely identification, screening, feasibility and acceptability. The results of this study indicate that the mechanism of bacterial inhibition of pathogens can take place through several ways, namely colonization, competition and antibiosis. Pseudomonas fluorescent is able to produce secondary metabolite compounds such as siderophores, HCN, antibiotics, enzymes that can inhibit the growth and development of pathogens and can induce systemic resistance.

**Key words:** *Pseudomonas fluorescent, HCN, Enzyme, Systemic Resistance Induction, Siderophores, Biocontrol Agents*

### Abstrak

Penggunaan agen pengendali hayati untuk alternatif fungisida sintetik semakin banyak dikembangkan seiring dengan bertambahnya kesadaran para petani terhadap dampak negatif dari fungisida sintetik. Berbagai agen biokontrol telah dikembangkan dari beberapa bakteri yang sangat efektif melawan penyakit tanaman, antara lain pseudomonas berfluoresen. Jenis penelitian ini adalah literatur review yang bertujuan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi serta menginterpretasikan hasil-hasil penelitian yang relevan dengan suatu topik penelitian tertentu, dan dilakukan dengan cara menelaah artikel ilmiah secara terstruktur. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu identifikasi, skrining, kelayakan dan keterimaan. Hasil penelitian ini menunjukkan mekanisme penghambatan bakteri terhadap patogen dapat berlangsung melalui beberapa cara yaitu kolonisasi, kompetisi dan antibiosis. Pseudomonas berfluoresen mampu memproduksi senyawa metabolit sekunder seperti siderofor, HCN, antibiotik, enzim yang mampu menghambat pertumbuhan dan perkembangan patogen serta dapat melakukan induksi resistensi sistemik.

**Kata kunci:** *Pseudomonas fluorescens, HCN, Enzim, Induksi Resistensi Sistemik, Siderofor, Agen Biokontrol*

### Pendahuluan

Penggunaan agen biokontrol sebagai alternatif pengganti pestisida semakin banyak dikembangkan, seiring dengan bertambahnya kesadaran para petani terhadap dampak negatif pestisida sintetik. Agen biokontrol atau disebut juga dengan agen pengendali hayati mempunyai banyak keunggulan, diantaranya dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit tanaman, tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, efektif selama masa hidup tanaman dan mampu menghasilkan senyawa yang bermanfaat ganda bagi tanaman (Silva *et al.*, 2004; Yan *et al.*, 2004).

Penggunaan agens hayati sebagai agen biokontrol telah diteliti dan diaplikasikan di berbagai daerah (Chatri *et al.*, 2018). *Pseudomonas* berfluoresen merupakan kelompok rhizobakteri yang dapat dimanfaatkan sebagai agen biokontrol (Advinda *et al.*, 2015). Pengendalian hayati dilakukan dengan menggunakan mikroorganisme antagonis yang memiliki efek berbanding terbalik dan berinteraksi secara negatif dengan patogen (Sastrahidayat dan Djauhari, 2012). Pengendalian hayati pada masa ini sudah memiliki perhatian lebih di seluruh dunia. Hal ini terjadi karena pengendalian hayati terbukti berhasil dan efektif dalam menghambat pertumbuhan patogen, mengendalikan patogen dan tidak menimbulkan dampak negatif, serta sifatnya yang ramah lingkungan (Nurmayulis *et al.*, 2013). Agen hayati yang dapat dimanfaatkan sebagai agen biokontrol patogen adalah mikroba yang berasal dari rizosfir tanaman.

Sampai saat ini penggunaan agen biokontrol sebagai salah satu bentuk pengendalian hayati telah menarik perhatian dunia karena terbukti efektif dalam mengendalikan berbagai jenis patogen. Berbagai agen biokontrol telah dikembangkan dari beberapa bakteri yang sangat efektif melawan penyakit tanaman, antara lain kelompok *pseudomonas* berfluoresen (Arwiyanto *et al.*, 2009).

## 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 penerimaan. 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 penerimaan, dilakukan penentuan artikel yang memenuhi kriteria yang sudah ditetapkan, dan layak digunakan dengan cara membaca keseluruhan isi pada artikel tersebut. (Liberati *et al.*, 2009).

## Hasil dan Pembahasan

### MEKANISME BOKONTROL PSEUDOMONAS BERFLUORESEN

Mekanisme penghambatan bakteri terhadap patogen dapat berlangsung melalui beberapa cara yaitu kolonisasi, kompetisi dan antibiosis (Sastrahidayat, 2010). Van Loon (2007) menyatakan kelompok bakteri *pseudomonas* berfluoresen melakukan pengendalian patogen tanaman dapat melalui mekanisme produksi senyawa antibiotik, kompetisi terhadap nutrisi dan persaingan ruang, persaingan penggunaan unsur Fe karena adanya produksi siderofor, induksi mekanisme resistensi, produksi asam sianida (HCN), inaktivasi, degradasi faktor perkecambahan patogen, menguraikan faktor virulensi seperti toksin, parasitisme yang melibatkan produksi enzim pendegradasi ekstraseluler dinding sel, misalnya kitinase dan  $\beta$ -1,3-glukanase.

### PERSAINGAN NUTRISI DAN RELUNG AKAR

Soesanto (2008) mengungkapkan bahwa persaingan akan nutrisi memegang peranan utama pada hampir semua agen pengendali hayati. Disamping persaingan akan nutrisi juga persaingan ruang hidup. Shehata *et al.* (2008) menyatakan salah satu sifat mikroba antagonis adalah masa pertumbuhannya lebih pesat daripada patogen dan juga mampu menghasilkan senyawa antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan patogen. Salah satu spesies dari *pseudomonas* berfluoresen adalah *Pseudomonas fluorescens*. *P. fluorescens* ini memiliki kemampuan bersaing dengan mikroba patogen seperti jamur *Fusarium* maupun bakteri patogen *Ralstonia solanacearum*.

Hasil uji secara *in vitro* terlihat *P. fluorescens* mampu bersaing dengan *R. solanacearum* penyebab penyakit layu tanaman kacang tanah dengan menunjukkan diameter zona hambat mulai dari 0,4 hingga 6,9 cm (Suryadi, 2009). Selanjutnya hasil penelitian Advinda *et al.*, (2014) menunjukkan pseudomonas berfluoresen isolat Cas3 mempunyai kemampuan dalam mengendalikan penyakit tanaman *Blood Disease Bacteria* (BDB) pada tanaman pisang secara *in vitro* dengan diameter zona hambat terbesar dari pada isolat lainnya.

Suryadi (2009) telah berhasil melakukan uji antagonis 9 isolat bakteri *P. fluorescens* dari rizosfir tanaman kacang tanah terhadap *R. solanacearum*. Hasil uji antagonis tersebut didapatkan bahwa 9 isolat *P. fluorescens* mampu menghambat pertumbuhan *R. solanacearum* secara *in vitro* yang ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar kertas cakram yang telah direndam *P. fluorescens*. Zona hambat terbesar dihasilkan oleh isolat PF3 yaitu 6,9 cm dan zona hambat terkecil dihasilkan oleh isolat PF6 yaitu 0,4 cm.

## ANTIBIOSIS

Senyawa anti mikroba merupakan senyawa organik dari metabolit sekunder yang di produksi oleh mikroba. Senyawa anti mikroba ini memiliki berat molekul rendah dan bersifat racun bagi mikroba lain. *P. fluorescens* menghasilkan antibiotik seperti anti jamur 2,4-Diacetylfluoroglucinol, yang memiliki efek mekanis merusak membran jamur, sehingga dapat menghalangi kemampuan patogen dalam menimbulkan penyakit pada tanaman (Methy, 2010). Senyawa antibiotik yang dihasilkan *P. fluorescens* diantaranya pyoluteorin, pyrrolnitrin, pyocyanine, phenazines, hidrogenyanaida, viscosamide, oomycin, agrocin, herbicolin yang bersifat racun dan dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen. Ada juga senyawa antibiotik lain yaitu phenazine-1-carboxylic acid yang telah dikarakterisasi dan digunakan sebagai agen biokontrol (Latupapua dan Nurhidayat, 2003 dan Nurcahyati *et al.*, 2013 dan Induek *et al.*, 2020).

Menurut Javandira *et al.*, (2013) *P. fluorescens* mampu memerangi patogen *Erwinia carotovora* penyebab busuk lunak pada umbi kentang. Bakteri tersebut menghasilkan senyawa antibiotik yang dapat merusak fungsi pelindung membran sel *E. carotovora*. Hal ini mengganggu aktivitas metabolisme patogen dan akhirnya patogen mati. Gusnadi *et al.*, (2023) menyatakan *P. fluorescens* mampu menghasilkan antibiotik yang memungkinkannya untuk dapat bersaing dengan mikroorganisme patogen lain. *Phenazine-1-carboxylic acid* merupakan salah satu antibiotik yang dihasilkan oleh isolat bakteri *P. fluorescens* 2-79 yang mampu menekan patogen penyakit *Gaeumanomyces graminis var. tritici*. Selanjutnya hasil penelitian Soesanto (2000) menunjukkan isolat *P. fluorescens* P60 mampu menghasilkan antibiotik 2,4 diasetilflorogrusinol (PhI) yang mampu menghambat patogen layu *Verticillium dahlia* pada tanaman kentang dan terung.

## SIDEROFOR

Siderofor merupakan senyawa pengkelat besi (Fe) yang mempunyai berat molekul rendah, disekresikan secara ekstraseluler dalam situasi dan kondisi tertentu. Peranan utama siderofor adalah untuk memberikan pasokan zat besi ke sel yang kekurangan zat besi (Miller, 2009). Siderofor yang dihasilkan oleh *P. fluorescens* dapat melarutkan fosfat, sehingga unsur P yang dihasilkan dapat dimanfaatkan tanaman, sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman (Habazar dan Yaherwandi, 2006).

Pembentukan siderofor biasanya terjadi pada tanah reaktif netral atau basa yang kelarutan  $Fe^{3+}$  rendah, menyebabkan kondisi defisiensi besi untuk tanaman dan mikroba. Namun, untuk beberapa kasus pengkelatan  $Fe^{3+}$  dari mineral Fe-fosfat juga dapat terjadi, sehingga mampu meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman. Kemampuan mengkelat Fe pada tanah yang tinggi Fe-fosfat mempengaruhi ketersediaan hara P bagi tanaman (Husen *et al.*, 2008).

Siderofor yang diproduksi di luar sel akan mengikat  $Fe^{3+}$  dan mengangkutnya melintasi membran sel ke ruang periplasmatik. Mekanisme kerja dari siderofor didasarkan pada perkembangan pesat bakteri yang mengkolonisasi akar tanaman dan menciptakan kondisi yang sesuai untuk pertumbuhan akar. *P. fluorescens* merupakan salah satu spesies dari kelompok pseudomonas berfluoresen yang akhir-akhir ini banyak dimanfaatkan dalam bidang pertanian (Budzikiewicz, 2001). Advinda *et al.*, (2021) menyatakan pseudomonas berfluoresen isolat PflAhp2 dapat menghasilkan siderofor menunjukkan kapasitas antagonis tertinggi terhadap bakteri *Blood Disease Bacteria* (BDB). Budzikiewicz (2001) melaporkan bahwa siderofor yang

dihasilkan oleh *P. aeruginosa* secara aktif menekan bakteri *Fusarium oxysporum* karena ion Fe yang dibutuhkan jamur berikatan dengan siderofor.

### PRODUKSI ASAM SIANIDA (HCN)

Asam sianida (HCN) dapat dihasilkan oleh *P. fluorescens*, dan berperan sebagai penghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen. HCN mengakibatkan hancurnya dinding sel patogen. HCN adalah penghambat potensi sitokrom c oksidase dan beberapa metaloenzim lain yang mengakibatkan patogen mengalami kematian karena efek berbahaya dari HCN (Sanjaya *et al.*, 2016).

Asam sianida telah lama dikenal sebagai senyawa yang mampu menekan berbagai penyakit tanaman. Produksi HCN telah terbukti mempunyai dampak positif terhadap tanaman. Karena komposisi asam amino eksudat yang berbeda, kandungan HCN yang dihasilkan mikroorganisme berbeda-beda tergantung spesies tumbuhan. *P. fluorescens* merupakan agen biokontrol yang dapat menghasilkan HCN sehingga berperan dalam menginduksi ketahanan terhadap penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur patogen. HCN terlibat dalam menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit yang disebabkan oleh patogen seperti *Thielaviopsis basicola* pada tembakau, *Pythium ultimum* pada mentimun, dan terutama *F. oxysporum* pada tomat (Jain dan Das, 2016).

Berdasarkan hasil penelitian Advinda *et al.*, (2018) terlihat pseudomonas berfluoresen isolat Cas dan Cas3 yang ditumbuhkan pada media tumbuh yang ditambahkan  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  dapat memproduksi HCN. Manik *et al.*, (2022) menyatakan pseudomonas berfluoresen isolat PfPb1, PfCas3, LAHP2, PfKd7, PfPj1 dan PfCas dapat menghasilkan HCN. Sutariati *et al.*, (2006) mengemukakan HCN dan antibiotik yang dihasilkan oleh *P. fluorescens* mampu menghalangi pertumbuhan jamur *Colletotrichum*. Selanjutnya hasil penelitian Dewi dan Advinda (2022) menunjukkan pseudomonas berfluoresen isolat Pf31, Pf32, Pf33, Pf35, Pf36, dan Pf37 mampu memproduksi HCN yang ditandai dengan dihasilkannya perubahan warna pada potongan kertas saring yang telah ditetesi 0,1 mL larutan pendeteksi asam sianida.

### PRODUKSI ENZIM

Bakteri *Pseudomonas* spp. adalah termasuk agen pengendali hayati yang mampu menghasilkan senyawa enzim, siderofor, antibiotik dan metabolit sekunder lainnya yang dapat meracuni dan menghambat pertumbuhan mikroba lainnya. Bakteri ini mempunyai sifat antimikroba dan mampu bersaing agresif dengan mikroorganisme patogen lainnya. Selanjutnya *Pseudomonas* spp. juga mempunyai kemampuan memproduksi enzim protease, lipase, amilase dan beberapa enzim lainnya yang dapat memberikan keuntungan bagi kehidupan bakteri tersebut (Sanjaya *et al.*, 2016).

Hasil penelitian Rahayuniati dan Mugiastuti (2012) menunjukkan bakteri pseudomonas berfluoresen mampu menghasilkan enzim kitinase yang mampu menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum*. Enzim kitinase akan mendegradasi kitin yang terdapat pada dinding sel jamur, sehingga dinding sel akan mengalami lisis. Selanjutnya Mugiastuti *et al.*, (2012) menyatakan *P. fluorescens* mampu menghasilkan enzim kitinase dan protease yang mampu menekan dan menghambat pertumbuhan bakteri *R. solanacearum* serta penundaan penetasan telur nematoda *Meloidogyne* sp.. Enzim ini berperan dalam merusak sel bakteri dan telur serta larva nematoda, yang akhirnya akan menghambat patogen untuk masuk dan menginfeksi tanaman.

### INDUKSI RESISTENSI SISTEMIK

Induksi resistensi sistem (*induced resistance*) dapat digunakan sebagai pilihan, terutama untuk mencapai keragaman genetik yang bertujuan ketahanan terhadap penyakit. Induksi resistensi sistemik adalah proses induksi ketahanan tanaman inang tanpa introduksi gen baru. Induksi resistensi sistemik menyebabkan keadaan fisiologis yang mengatur sistem kekebalan tubuh untuk mengaktifkan dan/atau merangsang mekanisme ketahanan alami inang dengan penggunaan bahan penginduksi eksternal. Bahan penginduksi eksternal (elisitor) tersebut bisa berupa agens biologi, fisika, dan kimia (Agrios, 2005).

Ketahanan terhadap penyakit merupakan salah satu ciri penting dalam pemuliaan tanaman karena mempengaruhi mutu dan taraf produksi tanaman. Upaya untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit terjadi melalui adanya induksi resistensi sistemik yang dapat dipicu dengan pemakaian elisitor yang

melibatkan koordinasi dan ekspresi gen (gen SAR) dan ditandai dengan senyawa tertentu, seperti asam salisilat atau asam jasmonat (Hoerussalam dan Khaeruni, 2013)

Produksi asam salisilat oleh pseudomonas berfluoresen di rizosfir dapat menyebabkan induksi resistensi sistemik. Asam salisilat adalah sinyal transduksi yang mengarah ke *systemic acquired resistance* (SAR). Asam salisilat merupakan senyawa penting bagi tanaman berperan dalam proses pertahanan terhadap patogen (Hasanudin *et al.*, 2009).

## Kesimpulan

Berbagai agen biokontrol telah dikembangkan dari beberapa bakteri yang sangat efektif melawan penyakit tanaman, antara lain pseudomonas berfluoresen. Mekanisme penghambatan bakteri terhadap patogen dapat berlangsung melalui beberapa cara yaitu kolonisasi, kompetisi dan antibiosis. Kelompok bakteri pseudomonas berfluoresen mampu menghasilkan senyawa antibiotik serta enzim yang dapat menghalangi pertumbuhan patogen. Kelompok bakteri pseudomonas berfluoresen dapat memproduksi siderofor, HCN yang bersifat antagonis yang mampu meracuni dan menekan pertumbuhan patogen tanaman serta mampu melakukan induksi resistensi sistemik.

## Daftar Pustaka

- 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., Fifendi, M., Anhar, A. 2018. The Addition of Several Mineral Sources on Growing Media of *Fluorescent Pseudomonad* for the Biosynthesis of Hydrogen Cyanide. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 335 012016.
- Advinda, L., Fifendy, M., & In'am, K. 2015. Penambahan Gliserol pada Bahan Pembawa Alginat Sebagai Penstabil Pertumbuhan Bakteri Pseudomonas Berfluoresen.
- Advinda, L., Fifendy, M., & Rahmadeni, Y. 2016. Potensi Pseudomonad Fluoresen Isolat Cas3 Pada Beberapa Formula Dengan Penambahan Stabilizer Gliserol Dalam Mengendalikan Blood Disease Bacteria (Bdb) Secara Invitro. *Sainstek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 6(2), 102-109.
- Agrios, G.N. 2005. *Plant Pathology*. Fiveth edition. Academic Press, San Diego.
- Arwiyanto, T., Chrisnawati., dan Nasrun. 2009. Pengendalian Penyakit Layu Bakteri Nilam menggunakan Bacillus sp. dan *Pseudomonas flourescens*. *Jurnal Litri*.Vol.15 No.3: 116-123.
- Ayesha, C., Advinda, L., Violita, V., & Handayani, D. 2023. Potential Of *P. fluorescens* As Plant Growth Promoting Bacteria. *Jurnal Serambi Biologi*, 8(1), 98-103.
- Budzikiewicz H. 2001. Siderophore-Antibiotic Conjugates Used As Trojan Horses Against *Pseudomonas aeruginosa*. *Current Topics in Medicinal Chemistry*. 1: 73-92.
- Chatri, M., Handayani, D., & Septiani, J. 2018. Influence of media (mixture of rice and sugar cane) on Trichoderma harzianum growth and its resistance to Fusarium Oxysporum by in vitro. *Bioscience*, 2(1), 50-60.
- Dewi, P. A., & Advinda, L. 2022. The Ability of Fluoresnct Pseudomonad to Produce Cyanide Acid. *Jurnal Serambi Biologi*, 7(1), 7-12.
- Gusnadi, B., Advinda, L., Anhar, A., Putri, I. L. E., & Chatri, M. 2023. *Pseudomonas fluorescens* as a Biocontrol Agent for Controlling Various Plant Diseases. *Jurnal Serambi Biologi*, 8(2), 123-128.
- Habazar T & Yaherwandi. 2006. *Pengendalian Hayati Hama dan Penyakit Tumbuhan*. Padang: Andalas University Press.
- Hoerussalam, A. P., & Khaeruni, A. 2013. Induksi ketahanan tanaman jagung (*Zea mays* L.) terhadap penyakit bulai melalui seed treatment serta pewarisannya pada generasi S1. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 16(2), 42-59.
- Husen, E., Saraswati, R., & Hastuti, R. D. 2008. *Rizobakteri pemacu tumbuh tanaman. Pupuk organik dan pupuk hayati*, 191.
- Jain, A. dan Das, S. 2016. Insight into the Interaction between Plants and Associated Fluorescent *Pseudomonas* spp. *International Journal of Agronomy*, pages 1-8.
- Javandira, C., Aini, L. Q., & Abadi, A. L. 2013. Pengendalian Penyakit Busuk Lunak Umbi Kentang (*Erwinia carotovora*) Dengan Memanfaatkan Agens Hayati *Bacillus subtilis* dan *P. fluorescens*. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*,1(1), 90-97.

- Kitchenham, B. 2004. *Procedures for performing systematic reviews*. Keele, UK, Keele University, 33(2004), 1-26.
- Latupapua, H.J.D dan N. Nurhidayat. 2003. Isolasi dan identifikasi *Pseudomonas* dari tanah kebun biologi wamena dan uji awal sebagai agen biocontrol Fusarium. *Berita Biologi*. 6(5): 649-653.
- 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).
- Manik, T. S.T., Advinda, L., & Handayani, D. 2022. Potensi Isolat *Pseudomonas* Fluoresen Dalam Menghasilkan Asam Sianida (HCN). In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 1, No. 2, pp. 1781-1784).
- Miller, Marvin J 2009. *Siderophores (iron chelators) and siderophore drug conjugates (new methods for microbially selective drug delivery)*. University of Notre Dame. Dame, 4/21/2008.
- Mugiastuti, E., Rahayuniati, R. F., & Sulistyanto, P. 2012. Pemanfaatan *Bacillus* Sp. dan *Pseudomonas fluorescens* Untuk Mengendalikan Penyakit Layu Tomat Akibat Sinergi *R. Solanacearum* Dan *Meloidogyne* Sp. In *Seminar Nasional "Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan II"*. Jenderal Soedirman University.
- Nur'Aini, F., Sukamto, S., Wahyuni, D., Suhesti, R. G., & Ayunin, Q. 2013. Penghambatan Pertumbuhan *Colletotrichum gloeosporioides* oleh *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* (Growth Inhibition of *Colletotrichum gloeosporioides* by *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens*).
- Nurmayulis, M.A. Syabana dan Y. Syafendra. 2013. Pengendalian penyakit antraknosa (*Colletotrichum capsici*) pada cabai merah dengan beberapa bakteri sebagai agen biokontrol. *Jurnal Agroteknologi*. 5(1): 33-44.
- Sanjaya, B. R. L., Wahyuni, D., & Asyiah, I. N. 2016. Perbedaan Daya Hambat *Pseudomonas diminuta*, *P. fluorescens* dan *Pseudomonas putida* terhadap Pertumbuhan Bakteri *Ralstonia solanacearum*. *Berkala Sainstek*, 1(1), 1-5.
- Sastrahidayat, I.R. 2010. *Fitopatologi (Ilmu Penyakit Tumbuhan)*. UB Press, Malang.
- Sastrahidayat, I.R. dan S. Djauhari. 2012. *Teknik Penelitian Fitopatologi*. UB Press, Malang.
- Silva, H.A.S., Romeiro, R.S.R., Macagnan, D., Vieira, B.A.H., Pereira, M.C.B., Munteer, A. 2004. Rhizobacterial Induction of Systemic Resistance in Tomato plants Non Specific Protection and Increase in Enzyme Activities. *Biol Control* 29:288-295.
- Soesanto L. 2000. Ecological and Biological Control of *Verticillium dahliae*. Ph.D. Thesis. Wageningen University, Wageningen.
- Suryadi, Yadi. 2009. Efektivitas *P. fluorescens* Terhadap Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia Solanacearum*) Pada Tanaman Kacang Tanah. *J. HPT Tropika*. Vol. 9, No. 2: 174 -180.
- Sutariati GK, widodo., Ilyas S. 2006. Karakter Fisiologis dan Keefektifan Isolat Rhizobakteri Sebagai Agen Antagonis *Colletotrichum capsii* dan Rhizobakteria Pemacu Pertumbuhan Tanaman Cabai. *Jurnal Ilmiah Pertanian Kultura*. 41(1).
- Syabana, M. A., & Syafendra, Y. 2013. Pengendalian Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum capsici*) Pada Cabai Merah Dengan Beberapa Bakteri Sebagai Agen Biokontrol. *Jurnal Agroekoteknologi*, 5(1).
- Venturi, V. 2006. Regulation of quorum sensing in *Pseudomonas*. *FEMS microbiology reviews*, 30(2), 274-291.
- Wahdah, A. N. 2023. *Uji Daya Hambat Bacillus subtilis dan P. Fluorescens terhadap Patogen Colletotrichum gloeosporioides pada Buah Cabai Merah (Capsicum annum L.)* (Doctoral dissertation, Universitas Siliwangi).