



POTENSI KULTUR FILTRAT PLANT GROWTH-PROMOTING BACTERIA (PGPB) UNTUK PENGENDALIAN NEMATODA *Meloidogyne* spp. PADA TANAMAN TOMAT

Potential Of Plant Growth-Promoting Bacteria (PGPB) Filtrate Culture For The Control Of The Nematoda Meloidogyne Spp. In Tomato Plants

Fahrul Arifal¹, Yulmira Yanti^{2*}, Eri Sulyanti³, Rita Harni⁴

^{1,2,3}Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Limau Manis, Kec.Pauh, KotaPadang, Sumatera Barat, Indonesia.

⁴Pusat Riset Holtikultura dan Perkebunan, Biro Organisasi dan Sumber Daya Manusia (BRIN), Cibinong Science Center, Jl. Raya Jakarta-Bogor, Cibinong Kabupaten Bogor, Indonesia.

Article Info

Article history:

Submitted : Oktober 2024

Received : November 2024

Accepted : November 2024

Kata Kunci

Bengkak akar; Kultur filtrat *Meloidogyne* spp; PGPB; Tomat

ABSTRAK

Nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.) merupakan patogen penting yang menyebabkan kerugian signifikan pada tanaman tomat. Penggunaan kultur filtrat Plant Growth-Promoting Bacteria (PGPB) menjadi alternatif yang ramah lingkungan untuk pengendalian hayati nematoda. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi potensi kultur filtrat PGPB untuk mengendalikan nematoda *Meloidogyne* spp. Penelitian secara eksperimen dengan menggunakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 2 tahapan yaitu secara in vitro dan in planta. Kultur filtrat yang diuji meliputi *Bacillus thuringiensis* strain MRSNRZ.3.1, *B. subtilis* strain MRTDUMBE.3.2.1, *B. mycoides* strain MRSNUMBE.2.2, *B. waihenstephanensis* strain RBTLL.3.2, *B. cereus* strain MRPLUMBE.1.3, *Bacillus* sp strain MRSPRZ.1.1, *Pseudomonas hibiscicola* strain MRTLDRZ .2. dan *Achromobakter insolitus* strain MRBPUMBE.1.3. Parameter yang diamati adalah mortalitas nematoda, jumlah bengkak akar, jumlah kelompok telur, jumlah telur dalam kelompok telur, jumlah nematoda dalam sampel tanah dan penetrasi nematoda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kultur filtrat *Bacillus mycoides* strain MRSNUMBE.2.2 memberikan hasil terbaik dalam pengendalian nematoda *Meloidogyne* spp., dengan mortalitas nematoda tertinggi di semua interval waktu, mendekati efektivitas pestisida. *Bacillus mycoides* strain MRSNUMBE.2.2 juga secara signifikan mengurangi jumlah bengkak akar, kelompok telur, dan telur dalam kelompok telur, serta menghasilkan penetrasi nematoda terendah.

ABSTRACT

Root swollen nematodes (*Meloidogyne* spp.) are important pathogens that cause significant losses in tomato crops. The use of Plant Growth-Promoting Bacteria (PGPB) filtrate culture is an environmentally friendly alternative for nematode biological control. This study aims to evaluate the potential of PGPB filtrate culture to

Keywords:

Filtrate culture *Meloidogyne* spp; PGPB; Root knot; Secondary Metabolites; Tomato

control *Meloidogyne* spp. The research was experimental using a completely randomized design (CRD) consisting of 2 stages, namely in vitro and in planta. Filtrate cultures tested included *Bacillus thuringiensis* strain MRSNRZ.3.1, *B. subtilis* strain MRTDUMBE.3.2.1, *B. mycoides* strain MRSNUMBE.2.2, *B. waihenstephanensis* strain RBTLL.3.2, *B. cereus* strain MRPLUMBE.1.3, *Bacillus* sp strain MRSPRZ.1.1, *Pseudomonas hibiscicola* strain MRTLDZ.2. and *Achromobakter insolitus* strain MRBPUMBE.1.3. The parameters observed were nematode mortality, number of root swellings, number of egg clusters, number of eggs in egg clusters, number of nematodes in soil samples and nematode penetration. The results showed that *Bacillus mycoides* strain MRSNUMBE.2.2 filtrate culture gave the best results in *Meloidogyne* spp. nematode control, with the highest nematode mortality at all time intervals, close to the effectiveness of pesticides. *Bacillus mycoides* strain MRSNUMBE.2.2 also significantly reduced the number of swollen roots, egg clusters, and eggs in egg clusters, and resulted in the lowest nematode penetration

***Corresponding Author:**

Yulmira Yanti

Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Limau Manis, Kec.Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia.

Email: yy.anthie79@gmail.com., mira23@agr.unand.ac.id.

1. PENDAHULUAN

Tomat (*Lycopersicum esculentum* Miller) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang memiliki nilai ekonomi penting di Indonesia (Waluyo, 2020). Namun, Kendala utama dalam budidaya tomat adalah serangan nematoda *Meloidogyne* spp., yang menyebabkan puru atau bengkak pada akar tanaman dan gejala klorosis pada daun serta tanaman menjadi kerdil (Pratiwi *et al.*, 2020). Kerusakan tanaman akibat serangan *Meloidogyne* spp. dapat mencapai 68,3% dan kehilangan mencapai 29% (Khotimah *et al.*, 2020; Wulandari *et al.*, 2019).

Pengendalian nematoda *Meloidogyne* spp. yang umum dilakukan oleh petani adalah menggunakan nematisida sintetik berbahan aktif karbofuran yang sifatnya cepat membunuh nematoda (Setiawati *et al.*, 2015). Namun, penggunaan pestisida sintetik dapat meningkatkan biaya produksi yang lebih besar, pestisida ini jugamerugikan bagi banyak organisme non-target (Kepenekci *et al.*, 2017). Penggunaan bahan kimia secara terus menerus juga akan berdampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan manusia, maka diperlukan upaya pengendalian yang lain yang ramah lingkungan (Habazar *et al.*, 2021). Salah satu alternatif pengendalian nematoda yaitu dengan memanfaatkan organisme bermanfaat seperti *Plant Growth-Promoting Bacteria* (PGPB).

Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) adalah bakteri berasosiasi dengan tanaman yang berasal dari sekitar perakaran (rizosfer), permukaan daun (filosfir), dari jaringan tanaman (endofit) dan melekat pada area perakaran (rizoplane) (Orozco-Mosqueda *et al.*, 2018). PGPB mampu menghasilkan metabolit sekunder seperti antibiotik, enzim hidrolitik dan senyawa organik volatil (VOCs) yang dapat menekan perkembangan patogen (Efthimiadou *et al.*, 2020; Yanti *et al.*, 2022). Mugiastuti *et al.* (2019) melaporkan PGPB dari genus *Bacillus* dilaporkan mampu menghasilkan antibiotik diantaranya zwittermicin, kanosamin, bacillaene, difficidin, macrolactin, dan rhizocticin yang dapat menekan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat. Selanjutnya Abidin *et al.* (2015) melaporkan bakteri *Bacillus* dan *Pseudomonas* mampu menghasilkan enzim kitinase yang dapat menghambat pertumbuhan *Sclerotium rolfsii* Sacc. penyebab penyakit rebah semai pada tanaman kedelai. Penelitian lebih lanjut Das *et al.* (2021) melaporkan kultur filtrat bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* efektif untuk mengendalikan nematoda *Meloidogyne javanica*.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat potensi kultur filtrat PGPB untuk mengendalikan nematoda *Meloidogyne* spp. pada tanaman tomat.

2. METODOLOGI

Penelitian secara eksperimen dengan menggunakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 2 tahapan yaitu: 1) uji kemampuan filtrat PGPB terhadap mortalitas nematoda *Meloidogyne* spp. secara *in vitro*; 2) uji kemampuan isolat PGPB secara *in planta* dalam menekan perkembangan nematoda *Meloidogyne* spp.

Isolat bakteri PGPB yang digunakan adalah koleksi Dr. Yulmira Yanti, S.Si, MP. terdiri atas *Bacillus thuringiensis* strain MRSNRZ.3.1, *B. subtilis* strain MRTDUMBE.3.2.1, *B. mycoides* strain MRSNUMBE.2.2, *B. waihenstephanensis* strain RBTLL.3.2, *B. cereus* strain MRPLUMBE.1.3, *Bacillus* sp strain MRSPRZ.1.1, *Pseudomonas hibiscicola* strain MRTLDRZ .2.2, *Achromobakter insolitus* strain MRBPUMBE.1.3. Isolat PGPB dibuat kultur filtratnya dengan cara menumbuhkan bakteri PGPB pada media TSA dan NA selama 48 jam pada suhu ruang. Koloni tunggal dari bakteri dipindahkan ke dalam 100 ml media TSB dan NB lalu diinkubasikan pada suhu 25°C selama 48 jam di rotary shaker dengan kecepatan 150 rpm. Kemudian kultur bakteri disentrifugasi dengan kecepatan 7000 rpm selama 15 menit, disaring dengan kertas saring Whatmann dan milipor berdiameter 0,22µm. Filtrat bakteri yang digunakan tiap perlakuan memiliki konsentrasi 25%.

Uji kemampuan filtrat PGPB terhadap mortalitas nematoda *Meloidogyne* spp. secara *in vitro*

Penelitian tahap ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) 11 perlakuan dengan 3 ulangan. adapun perlakuan tersebut diantaranya diantaranya:

- *Bacillus thuringiensis* strain MRSNRZ.3.1
- *B. subtilis* strain MRTDUMBE.3.2.1
- *B. mycoides* strain MRSNUMBE.2.2
- *B. waihenstephanensis* strain RBTLL.3.2
- *B. cereus* strain MRPLUMBE.1.3,
- *Bacillus* sp strain MRSPRZ.1.1
- *Pseudomonas hibiscicola* strain MRTLDRZ .2.2
- *Achromobakter insolitus* strain MRBPUMBE.1.3
- Kontrol Air
- Kontrol NB
- Kontrol Pestisida

Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan 50 ekor nematoda *Meloidogyne* spp. Kedalam 5 ml kultur filtrat. Selanjutnya kultur disimpan pada suhu ruang. Pengamatan dilakukan terhadap mortalitas nematoda setelah 6, 12, dan 24 jam.

Uji kemampuan isolat PGPB secara *in planta* dalam menekan perkembangan nematoda *Meloidogyne* spp.

Penelitian tahap ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), yang terdiri atas 10 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan tersebut adalah:

- *Bacillus thuringiensis* strain MRSNRZ.3.1,
- *B. subtilis* strain MRTDUMBE.3.2.1,
- *B. mycoides* strain MRSNUMBE.2.2,
- *B. waihenstephanensis* strain RBTLL.3.2,
- *B. cereus* strain MRPLUMBE.1.3,
- *Bacillus* sp strain MRSPRZ.1.1
- *Pseudomonas hibiscicola* strain MRTLDRZ .2.2
- *Achromobakter insolitus* strain MRBPUMBE.1.3
- Kontrol Pestisida
- Kontrol (Diinokulasi *Meloidogyne* spp. dan tanpa introduksi PGPB)

Aplikasi kultur filtrat PGPB dilakukan dalam dua tahap, yaitu pada benih dan bibit tomat. Benih tomat disterilisasi permukaan dengan cara direndam menggunakan *aquadest* steril selama 1 menit, NaOCl 1% 1 menit, dan dibilas dengan *aquadest* steril 1 menit, lalu benih dikering anginkan ±5 menit. Selanjutnya, Benih direndam dengan masing-masing kultur filtrat PGPB dan untuk kontrol direndam dengan *aquadest*

masing- masing selama 15 menit. Benih disemai sebanyak 2 benih perlobang *pottray* berisi campuran tanah dan pupuk kandang steril. Bibit dipelihara di persemaian selama 21 hari.

Bibit tomat berumur 21 hari setelah tanam (hst) dikeluarkan dari *pottray*, kemudian, bibit tomat dipindahkan ke media tanam polybag dan ditanam 1 bibit tiap polybagnya. Selanjutnya polybag disusun sesuai dengan denah peletakan perlakuan. Satu minggu setelah dipindah, tanaman tomat diperlakukan dengan filtrat PGPB. 10 ml filtrat bakteri disiramkan ke dalam tanah di sekitar tanaman tomat.

Inokulasi telur nematoda *Meloidogyne* spp. Bersamaan aplikasi filtrat pada bibit tomat. Suspensi telur *Meloidogyne* spp. yang berisi ± 1000 telur diinokulasikan dengan cara tanah sekitar perakaran tomat dibukasedikit hingga terlihat akar tanaman dan dimasukkan suspensi ke dalam tanah, setelah itu tanah ditutup kembali. Pengamatan perkembangan *Meloidogyne* spp. pada tanaman tomat meliputi pengamatan jumlah bengkak akar, jumlah kelompok telur, jumlah telur dalam kelompok telur dan jumlah nematoda dalam sampel tanah yang diamati 45 hari setelah inokulasi. Pengamatan selanjutnya yaitu pengamatan penetrasi nematoda yang dilakukan 6 hari setelah inokulasi tanaman dibongkar, akar tanaman diwarnai dengan larutan *acid fuchsin*.

Analisis Data

Data dianalisis dengan sidik ragam, jika berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji Duncan's Multiple Range Test (DNMRT) pada taraf 5% menggunakan aplikasi SPSS

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji kemampuan filtrat PGPB terhadap mortalitas nematoda *Meloidogyne* spp. secara *in vitro*

Aplikasi kultur filtrat PGPB menunjukkan adanya variasi yang signifikan antar perlakuan pada berbagai interval waktu (6, 12, dan 24 jam). Berdasarkan data yang diperoleh, dapat dilihat bagaimana efektivitas setiap strain bakteri PGPB, pestisida, dan kontrol dalam mempengaruhi kematian nematoda (Tabel 1).

Hasil pengamatan mortalitas nematoda *Meloidogyne* spp. menunjukkan bahwa *Bacillus mycoides* strain MRSNUMBE.2.2 dan *Bacillus subtilis* strain MRTDUMBE.3.2.1 memiliki efektivitas yang hampir setara dengan pestisida kimia, dengan mortalitas mencapai sekitar 49-50% pada 24 jam pengamatan. Pada 6 jam pertama, *Bacillus mycoides* strain MRSNUMBE.2.2 sudah menunjukkan pengaruh signifikan, sedangkan pada 12 jam, mortalitas meningkat secara signifikan pada semua perlakuan, terutama *Bacillus subtilis* strain MRTDUMBE.3.2.1 dan *Bacillus cereus* strain MRPLUMBE.1.3. Perlakuan kontrol (air dan NB) menunjukkan mortalitas sangat rendah, hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan kultur filtrat PGPB efektif dalam mengendalikan nematoda.

Tabel 1. Pengaruh metabolit sekunder PGPB terhadap mortalitas nematoda *Meloidogyne* spp secara *In vitro*

Perlakuan	6 Jam	12 Jam	24 Jam
<i>Bacillus thuringiensis</i> Strain MRSNRZ.3.1	0,66 e	16,66 b	35,33 cd
<i>B. subtilis</i> strain MRTDUMBE.3.2.1	13,66 cd	40,33 a	48,00 ab
<i>B. mycoides</i> strain MRSNUMBE.2.2	30,33 a	43,00 a	49,33 ab
<i>B. waihenstephanensis</i> strain RBTLL.3.2	11,33 d	33,00 a	38,00 cd
<i>B. cereus</i> strain MRPLUMBE.1.3	23,66 ab	38,33 a	42,33 bc
<i>Bacillus</i> sp MRSRZ.1.1	5,66 de	11,33 b	17,33 cd

<i>Pseudomonas hibiscicola</i> strain MRTLDRZ.2.2	1,66	e	16,33	b	23,33	e
<i>Achromobacter insolitus</i> strain MRBPUMBE.1.3	2,33	e	17,00	b	32,33	d
Pestisida	20,66	bc	32,33	a	50,00	a
Kontrol NB	0,33	e	4,00	cd	7,66	f
Kontrol Air	0,00	e	0,00	cd	0,00	g

Kemampuan isolat PGPB secara in planta dalam menekan perkembangan nematoda *Meloidogyne* spp.

Aplikasi filtrat pada semua pengamatan perkembangan nematoda *Meloidogyne* spp. menunjukkan berbeda nyata antar perlakuan dan kontrol negatif. Pada pengamatan perlakuan kultur filtrat *Bacillus mycoides* galur MRSNUMBE 2.2 merupakan perlakuan terbaik dalam menekan perkembangan nematoda *Meloidogyne* spp. pada semua parameter pengamatan yang dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1.

Penekanan perkembangan nematoda disebabkan karena kultur filtrat PGPB bersifat nematisida. Metabolit sekunder dari bakteri PGPB yang dapat menekan populasi nematoda, di antaranya seperti enzim kitinase, protease dan lipase (Halimah *et al.*, 2016). Enzim kitinase dan protease bekerja dengan mendegradasi dinding sel telur dan juvenil nematoda (Hersanti *et al.*, 2023; Oktafiyanto *et al.*, 2018). Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Hu *et al.* (2020) yang melaporkan bakteri endofit dari genus *Bacillus* menghasilkan metabolit sekunder berupa kitosanase, protease yang menyebabkan 100% kematian nematoda *Meloidogyne incognita* juvenil 2 yang diuji.

Selain enzim hidrolitik, kultur filtrat PGPB juga mengandung senyawa volatil yang dapat mematikan nematoda. Bui *et al.* (2020) melaporkan bakteri *Bacillus* sp., *Paenibacillus* sp. and *Xanthomonas* sp. Mampu menghasilkan senyawa volatil yang mematikan bagi nematoda bengkak akar padi (*Meloidogyne graminicola*). Lebih lanjut Luo *et al.* (2018) melaporkan *Bacillus mycoides* R2 yang diisolasi dari tanah rizosfer tanaman tomat menunjukkan aktivitas nematisida yang tinggi terhadap nematoda yang hidup bebas *Caenorhabditis elegans* dan nematoda bengkak akar *Meloidogyne incognita*. Dalam percobaan pot, efisiensi pengendalian *B. mycoides* R2 pada *M. incognita* mencapai 90,94%. senyawa volatil yang diisolasi dan diidentifikasi sebagai stirena. Hasil ini menunjukkan bahwa metabolit sekunder PGPB sangat berpotensi sebagai biopertisida untuk menekan nematoda *Meloidogyne* spp.

Tabel 2. Pengaruh metabolit sekunder PGPB terhadap perkembangan nematoda *Meloidogyne* spp secara *Inplanta*.

Perlakuan	Jumlah bengkak akar	Jumlah kelompok telur	Jumlah telur dalam kelompok telur	Jumlah nematoda dalam sampel tanah	Penetrasi nematoda
<i>Bacillus thuringiensis</i> Strain MRSNRZ.3.1	26,00 b	6,33 b	625,33 b	45,00 c	8,00 bc
<i>B. subtilis</i> strain MRTDUMBE.3.2.1	21,33 b	7,00 b	701,66 b	34,00 c	6,66 bc
<i>B. mycoides</i> strain MRSNUMBE.2.2	19,66 b	6,00 b	485,66 b	33,33 c	2,66 c
<i>B. waihenstephanensis</i> strain RBTLL.3.2	22,33 b	6,33 b	681,33 b	38,00 c	5,00 bc
<i>B. cereus</i> strain MRPLUMBE.1.3	22,00 b	6,33 b	584,66 b	63,33 bc	6,33 bc
<i>Bacillus</i> sp MRSPRZ.1.1	25,66 b	9,33 b	679,33 b	94,66 bc	4,33 bc

<i>Pseudomonas hibiscicola</i> strain MRTLDRZ .2.2	28,66 b	8,33 b	663,66 b	88,66 bc	8,33 b
<i>Achromobakter insolitus</i> strain MRBPUMBE.1.3	25,66 b	9,33 b	665,66 b	47,00 bc	8,00 bc
Pestisida	22,00 b	8,00 b	581,00 b	119,66 b	7,66 bc
Kontrol Negatif	70,00 a	32,66 a	944,33 a	215,33 a	13,66 a



Gambar 1. Gejala bengkak akar pada masing-masing perlakuan. A) *Bacillus thuringiensis* strain MRSNRZ.3.1, B) *B. subtilis* strain MRTDUMBE.3.2.1, C) *B. mycoides* strain MRSNUMBE.2.2, D) *B. waihenstephanensis* strain RBTLL.3.2, E) *B. cereus* strain MRPLUMBE.1.3, F) *Bacillus* sp strain MRSPRZ.1.1, G) *Pseudomonas hibiscicola* strain MRTLDRZ .2.2 H) *Achromobakter insolitus* strainMRBPUMBE.1.3, I) Kontrol Pestisida J) Kontrol Negatif (Diinokulasi *Meloidogyne* spp. dan tanpa introduksi PGPB),

3. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian menunjukkan bahwa kultur filtrat PGPB memiliki potensi besar sebagai agen pengendali hayati untuk nematoda patogen. Pada aplikasi filtrat kultur *Bacillus mycoides* strain MRSNUMBE 2.2 merupakan perlakuan terbaik dalam menekan perkembangan nematoda *Meloidogyne* spp. dengan mortalitas nematoda tertinggi di semua interval waktu, mendekati efektivitas pestisida. Strain ini juga

secara signifikan mengurangi jumlah bengkok akar, kelompok telur, dan telur dalam kelompok telur, serta menghasilkan penetrasi nematoda terendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih dibuat sebagai ungkapan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi, Sesuai dengan nomor surat keputusan 224/ UN16.19/PT.01.03/PL/2024 yang telah membantu dalam pendanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Aini, L. Q., & Abadi, A. L. (2015). Pengaruh Bakteri *Bacillus* sp. Dan *Pseudomonas* sp. Terhadap Pertumbuhan Jamur Patogen *Sclerotium rolfsii* sacc. Penyebab Penyakit Rebah Semai Pada Tanaman Kedelai. *Jurnal HPT*, 3(1), 1–10.
- Bui, H. X., Hadi, B. A. R., Oliva, R., & Schroeder, N. E. (2020). Beneficial bacterial volatile compounds for the control of root-knot nematode and bacterial leaf blight on rice. *Crop Protection*, 135(December 2018). <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.04.016>
- Das, S., Abdul Wadud, M., & Atiqur Rahman Khokon, M. (2021). Functional evaluation of culture filtrates of *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* on the mortality and hatching of *Meloidogyne javanica*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(2), 1318–1323. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.11.055>
- Efthimiadou, A., Katsenios, N., Chanioti, S., Giannoglou, M., Djordjevic, N., & Katsaros, G. (2020). Effect of foliar and soil application of plant growth promoting bacteria on growth, physiology, yield and seed quality of maize under Mediterranean conditions. *Scientific Reports* 2020 10:1, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78034-6>
- Habazar, T., Winarto, Obel, Yanti, Y., Dani, M. R., & Monica, D. (2021). Biocontrol Of *Meloidogyne* sp. On Tomato Plants By Selected *Bacillus* spp. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 757(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/757/1/012019>
- Halimah, D., Munif, A., & Giyanto, G. (2016). Potensi Bakteri Endofit *Ochrobactrum intermedium*-C939A31, *Klebsiella oxytoca*-C939A32, *Bacillus subtilis*-I308A32 Asal Tanaman Kopi untuk Mengendalikan Nematoda Luka Akar *Pratylenchus coffeae*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 12(2), 62–68. <https://doi.org/10.14692/jfi.12.2.62>
- Hersanti, Rasiska, S., & Sekar Sari, R. (2023). Uji Kemampuan *Bacillus subtilis* dan *Lysinibacillus* sp. dalam Campuran Carbon Fiber dan Silica Nano untuk Mengendalikan Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.) pada Tanaman Tomat. *Agrosains Dan Teknologi*, 8(1).
- Hu, H., Gao, Y., Li, X., Chen, S., Yan, S., & Tian, X. (2020). Identification And Nematicidal Characterization Of Proteases Secreted By Endophytic Bacteria *Bacillus cereus* BCM2. *Phytopathology*, 110(2), 336–344. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-19-0164-R>
- Kepenekci, I., Dura, O., & Dura, S. (2017). Determination of Nematicidal Effects of Some Biopesticides against Root-Knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) on Kiwifruit. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 7(8). <https://doi.org/10.17265/2161-6256/2017.08.004>
- Khotimah, N., Wijaya, N., & Sritamin, M. (2020). Perkembangan Populasi Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.) dan Tingkat Kerusakan Pada Beberapa Tanaman Familia Solanaceae. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 9(1). <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT>
- Luo, T., Hou, S., Yang, L., Qi, G., & Zhao, X. (2018). Nematodes avoid and are killed by *Bacillus mycoides*-produced styrene. *Journal of Invertebrate Pathology*, 159, 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2018.09.006>
- Mugiastuti, E., Manan, A., Rahayuniati, R. F., & Soesanto, L. (2019). Aplikasi *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat. *Jurnal Agro*, 6(2), 144–152. <https://doi.org/10.15575/5397>
- Oktafiyanto, M. F., Munif, A., & Mutaqin, K. H. (2018). Aktivitas Antagonis Bakteri Endofit Asal Mangrove terhadap *Ralstonia solanacearum* dan *Meloidogyne* spp. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 14(1), 23. <https://doi.org/10.14692/jfi.14.1.23>
- Orozco-Mosqueda, M. del C., Rocha-Granados, M. del C., Glick, B. R., & Santoyo, G. (2018). Microbiome engineering to improve biocontrol and plant growth-promoting mechanisms. In *Microbiological Research* (Vol. 208, pp. 25–31). Elsevier GmbH. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.01.005>
- Pratiwi, N. W. K., Amrulloh, R., Auly, F. El, & Kurniawati, F. (2020). Deteksi dan Identifikasi Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.) pada Tanaman Bit Menggunakan Metode DNA Barcoding. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.14692/jfi.16.1.1-8>
- Setiawati, W., Jayanti, H., Hudayya, A., & Hasyim, A. (2015). Pengaruh Insektisida Karbofuran Terhadap Kerusakan dan Kehilangan Hasil Kentang Akibat Serangan *Gryllotalpa hirsuta* Burmeister

- (Orthoptera : Gryllotalpidae) Serta Dampaknya Terhadap Keanekaragaman Artropoda Tanah. *J. Hort*, 25(1), 54–62.
- Waluyo, T. (2020). Analisis Finansial Aplikasi Dosis dan Jenis Pupuk Organik Cair Terhadap Produksi Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Jurnal Ilmu Dan Budaya*, 8357–8372.
- Wulandari, D. R., Sudana, I. M., & Singarsa, I. D. P. (2019). Tingkat Fekunditas Nematoda (*Meloidogyne* spp.) pada Beberapa Tanaman yang Tergolong Familia Solanaceae. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 8(4), 468–477. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT468>
- Yanti, Y., Hamid, H., Yaherwandi, Y., & Nurbailis, N. (2022). Konsorsium *Bacillus* spp. Untuk pengendalian penyakit rebah kecambah dan busuk batang (*Sclerotium rolfsii*) pada tanaman Cabai. *Jurnal Agro*, 9(2), 208–218. <https://doi.org/10.15575/17954>