



UJI KEMAMPUAN KULTUR FILTRAT PGPB SECARA IN VITRO TERHADAP MORTALITAS DAN PENETASAN TELUR NEMATODA *Meloidogyne* spp.

TEST OF IN VITRO CULTURE ABILITY OF PGPB FILTRATE ON MORTALITY AND EGG HATCHING OF NEMATODE *Meloidogyne* spp.

Fahkrul Arifal¹, Yulmira Yanti², Eri Sulyanti³, Rita Harni⁴

¹Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat
Email : fahkrularifal@gmail.com

²Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat
Email : erisulyanti61@gmail.com

³Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat
Email : mira23@agr.unand.ac.id , yy.anthie79@gmail.com

⁴Pusat Riset Holtikultura dan Perkebunan, Biro Organisasi dan Sumber Daya Manusia (BRIN), Cibinong Science Center, Jl. Raya Jakarta-Bogor, Cibinong Kabupaten Bogor, 16915
Email : ritaharni66@gmail.com

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

ABSTRAK

Nematoda *Meloidogyne* spp merupakan patogen penyebab penyakit bengkok akar pada tanaman tomat. Alternatif pengendalian penyakit puru akar adalah dengan memanfaatkan kultur filtrat PGPB. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh kultur filtra PGPB terhadap mortalitas telur dan penetasan *Meloidogyne* spp. secara in vitro. Penelitian secara ekperimentas yang terdiri dari 11 perlakuan yaitu *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 dan Kontrol Pestisida. Parameter yang diamati adalah mortalitas dan penetasan telur nematoda *Meloidogyne* spp. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan kultur filtrat *Bacillus mycoides* strain MRSNUMBE.2.2 merupakan perlakuan terbaik dengan tingkat kematian sebesar 98,67% dalam 24 jam dan dengan persentase penetasan telur hanya 10,00%. Kultur filtrat *Bacillus subtilis* strain MRTDUMBE.3.2.1 juga mencatat hasil yang baik dengan tingkat kematian sebesar 96% dan persentase penetasan telur sebesar 11,33%.

Kata kunci: Kultur filtrat, *Meloidogyne* spp., Metabolit sekunder, PGPB

ABSTRACT

Meloidogyne spp nematodes are pathogens that cause root puncture disease in tomato plants. An alternative to control root puncture disease is by utilizing PGPB filtrate culture. This study aims to examine the effect of PGPB filtrate culture on egg mortality and hatching of *Meloidogyne* spp. in vitro. Experimental research consisting of 11 treatments, namely *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, water control, NB control and Pesticide Control. The parameters observed were mortality and egg hatching of *Meloidogyne* spp. The results showed that the *Bacillus mycoides* strain MRSNUMBE.2.2 filtrate culture treatment was the best treatment with a mortality rate of 98.67% in 24 hours and with an egg hatching percentage of only 10.00%. *Bacillus subtilis* strain

Fahrul Arifal, Yulmira Yanti, Eri Sulyanti, Rita Harni; UJI KEMAMPUAN KULTUR FILTRAT PGPB SECARA IN VITRO TERHADAP MORTALITAS DAN PENETASAN TELUR NEMATODA *Meloidogyne* spp. Hal (295 -300)

MRTDUMBE.3.2.1 filtrate culture also recorded good results with a mortality rate of 96% and an egg hatching percentage of 11.33%.

Keywords: Culture filtrate, *Meloidogyne* spp. metabolite seconds, PGPB

PENDAHULUAN

Nematoda *Meloidogyne* merupakan salah satu patogen penting pada tanaman tomat yang menyebabkan kerugian secara ekonomi. Patogen ini sebagai salah satu spesies fitopatogen yang paling signifikan, menyebabkan pembengkakan akar, kekurangan nutrisi, dan menghambat pertumbuhan tanaman saat menginfeksi dan menurunkan hasil produksi (Antil *et al.*, 2023). Serangan *Meloidogyne* spp. dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman tomat dengan tingkat kerusakan sebesar 68,3% (Khotimah *et al.*, 2020). Secara global serangan *Meloidogyne* spp pada berbagai jenis tanaman menyebabkan 12,6% kehilangan hasil panen, setara dengan 215,77 miliar dollar (Askary, 2015).

Upaya pengendalian yang paling umum dilakukan petani dan dilakukan secara intensif adalah dengan penggunaan pestisida sintetik karena sifatnya yang cepat membunuh nematoda (Setiawati *et al.*, 2015). Meskipun nematisida sintesis menjadi metode utama dalam pengelolaan nematoda puru akar, efektivitasnya cenderung menurun dengan penggunaan jangka Panjang dan meningkatkan risiko resistensi nematoda terhadap senyawa kimia tersebut. Selain itu juga menimbulkan dampak negatif pada kesehatan manusia dan lingkungan (Rajasekharan *et al.*, 2020). Sehingga dibutuhkan pengendalian alternatif yang ramah lingkungan. Salah satu alternatif pengendalian nematoda yaitu dengan memanfaatkan kultur filtrat *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) sebagai biopestisida.

Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) diketahui mampu menghasilkan metabolit sekunder yang dapat menghambat reproduksi nematoda, penetasan telur dan kelangsungan hidup juvenil nematoda seperti antibiotic, siderofor, enzim litik, dan HCN (Yanti *et al.*, 2022). Untuk memperoleh metabolit sekunder dari bakteri PGPB, salah satu cara yang efisien adalah melalui penggunaan kultur filtrat (Das *et al.*, 2021). Meskipun demikian, penelitian terkait efektivitas PGPB, khususnya dalam bentuk filtrat kultur, terhadap siklus hidup *Meloidogyne* spp. secara *in vitro* masih jarang dilakukan. Evaluasi yang lebih mendalam terhadap mekanisme kerja dan konsentrasi optimal dari filtrat kultur PGPB diperlukan untuk memastikan efektivitasnya sebagai agen pengendalian hayati yang ramah lingkungan

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh kultur filtra PGPB terhadap mortalitas telur dan penetasan *Meloidogyne* spp. secara *in vitro*. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengendalian hayati yang efektif dan mendukung keberlanjutan pertanian.

METODE

Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Pertanian, Universitas Andalas. dari bulan April sampai Agustus 2024.

Penelitian 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

Persiapan kultur filtrat PGPB

Kultur filtrat dibuat dengan cara koloni tunggal dari bakteri yang ditumbuhkan pada media TSA untuk bakteri *Bacillus*, media King's B untuk *Pseudomonas*, dan media NA untuk *Achromobakter* yang kemudian dipindahkan ke dalam 100 ml media TSB dan NB diinkubasikan pada suhu 25°C di rotary shaker selama 48 jam dengan kecepatan 150 rpm. Kemudian kultur bakteri disentrifugasi dengan kecepatan 7000 rpm selama 15 menit, disaring dengan kertas saring Whatmann dan membran Syringe Filters 0,22µm. konsentrasi kultur filtrat yang digunakan adalah 25%.

Kultur Filtrat Terhadap Mortalitas *Meloidogyne* spp.

Masing-masing perlakuan sebanyak 5 ml dimasukkan ke dalam gelas hitung, kemudian ditambahkan 50 ekor *Meloidogyne* spp. selanjutnya kultur disimpan pada suhu ruang. Pengamatan dilakukan terhadap mortalitas nematoda setelah 6, 12, dan 24 jam. Mortalitas nematoda dihitung menggunakan rumus (Hersanti *et al.*, 2023) :

$$\text{Mortalitas} = \frac{\sum \text{Nematoda yang Mati}}{\sum \text{Nematoda Uji}} \times 100\%$$

Pengaruh Kultur Filtrat terhadap Penetasan Telur *Meloidogyne* spp.

Sebanyak 50 telur nematoda dimasukkan ke dalam 5 ml filtrat PGPB dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu kamar. Setelah itu telur dicuci dengan air steril dan diinkubasi selama 15 hari pada suhu kamar. Pengamatan dilakukan terhadap persentase jumlah nematoda yang menetas. Penetasan telur nematoda dihitung menggunakan rumus (Choudhary *et al.*, 2023) :

$$\text{Persentase penetasan} = \frac{\sum \text{Nematoda menetas}}{\sum \text{Telur Uji}} \times 100\%$$

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.

HASIL PEMBAHASAN

Pengaruh Kultur Filtrat Terhadap Mortalitas *Meloidogyne* spp.

Aplikasi metabolit sekunder PGPB yang diaplikasikan dalam bentuk kultur filtrat pada interval waktu (6, 12, dan 24 jam) pengamatan mortalitas nematoda *Meloidogyne* spp. menunjukkan berbeda nyata antar perlakuan dan kontrol air dan nb (Tabel 1).

Tabel 1. Pengaruh kultur filtrat PGPB terhadap mortalitas nematoda *Meloidogyne* spp secara *In vitro*

Perlakuan	Mortalitas (%)					
	6 Jam		12 Jam		24 Jam	
<i>Bacillus thuringiensis</i> Strain MRSNRZ.3.1	1,33	e	33,33	b	70,67	cd
<i>B. subtilis</i> strain MRTDUMBE.3.2.1	27,33	cd	80,67	a	96,00	ab
<i>B. mycoides</i> strain MRSNUMBE.2.2	60,66	a	86,00	a	98,67	ab
<i>B.waihenstephanensis</i> strain RBTLL.3.2	22,66	d	66,00	a	76,00	cd
<i>B. cereus</i> strain MRPLUMBE.1.3	47,33	ab	76.67	a	84,67	bc
<i>Bacillus</i> sp MRSPRZ.1.1	11,33	de	22,67	bc	34,00	e
<i>Pseudomonas hibiscicola</i> strain MRTLDRZ .2.2	3,33	e	32,67	b	46,67	e
<i>Achromobakter insolitus</i> strain MRBPUMBE.1.3	4,33	e	34,00	b	64,67	d
Pestisida	41,33	bc	64,67	a	100,00	a
Kontrol NB	0,66	e	8,00	cd	15,33	f
Kontrol Air	0,00	e	0,00	d	0,00	g

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah berbeda tidak nyata menurut DNMRT pada taraf 5%

Fahkrul Arifal, Yulmira Yanti, Eri Sulyanti, Rita Harni; UJI KEMAMPUAN KULTUR FILTRAT PGPB SECARA IN VITRO TERHADAP MORTALITAS DAN PENETASAN TELUR NEMATODA *Meloidogyne* spp. Hal (295 -300)

Pada pengujian mortalitas, semua perlakuan dengan kultur filtrat PGPB mampu mematikan nematoda juvenil tahap dua (J2). Pada 6 jam pertama *Bacillus mycoides* strain MRSNUMBE.2.2 telah mematikan 60,66% nematoda uji dan merupakan perlakuan dengan persentase kematian nematoda paling tinggi. Pada 12 jam setelah aplikasi menunjukkan mortalitas nematoda meningkat secara signifikan pada semua perlakuan, Dimana *Bacillus mycoides* strain MRSNUMBE.2.2 dan *Bacillus subtilis* strain MRTDUMBE.3.2.1 merupakan perlakuan dengan persentase kematian paling tinggi yaitu masing-masing sebesar 86,00% dan 80,67%. *Bacillus mycoides* strain MRSNUMBE.2.2 juga menjadi yang paling efektif mematikan nematoda setelah setelah 24 jam Strain ini mencapai tingkat kematian 98,67%. Strain *Bacillus subtilis* MRTDUMBE.3.2.1 juga memberikan hasil yang signifikan dengan tingkat kematian 96% dalam waktu yang sama. Secara keseluruhan perlakuan kultur filtrat ini telah mampu mendekati kemampuan pestisida sintetis yang digunakan.

Pengaruh Kultur Filtrat terhadap Penetasan Telur *Meloidogyne* spp.

Aplikasi metabolit sekunder PGPB yang diaplikasikan dalam bentuk kultur filtrat pada pengamatan penetasan telur nematoda *Meloidogyne* spp. menunjukkan berbeda nyata antar perlakuan dan kontrol air dan nb (Tabel 2).

Pada uji penetasan telur, filtrat kultur PGPB terbukti efektif dalam menghambat proses ini. Perlakuan dengan strain *B. subtilis* MRTDUMBE.3.2.1 dan *B. mycoides* MRSNUMBE.2.2 menunjukkan tingkat penetasan telur terendah, yaitu masing-masing 10,00% dan 11,33%, jauh lebih rendah dibandingkan kontrol dengan air yang mencatatkan 60,67% penetasan pada hari ke-15. Temuan ini menegaskan bahwa filtrat kultur PGPB mengandung metabolit sekunder dengan aktivitas nematisida yang mendekati efektivitas pestisida sintetis.

Tabel 2. Pengaruh kultur filtrat PGPB terhadap penetasan telur nematoda *Meloidogyne* spp secara *In vitro*

Perlakuan	Penetasan Telur (%)									
	3 Hari		6 Hari		9 Hari		12 Hari		15 Hari	
<i>Bacillus thuringiensis</i> Strain MRSNRZ.3.1	1,33	abc	4,67	c	10,00	cde	12,67	cd	15,33	bcde
<i>B. subtilis</i> strain MRTDUMBE.3.2.1	0,67	bc	4,00	c	8,00	def	9,33	d	10,00	de
<i>B. mycoides</i> strain MRSNUMBE.2.2	1,33	abc	3,33	c	6,00	ef	9,33	d	11,33	de
<i>B. waihenstephanensis</i> strain RBTLL.3.2	2,00	abc	4,67	c	11,33	cd	13,33	cd	16,00	bcd
<i>B. cereus</i> strain MRPLUMBE.1.3	1,33	abc	6,67	abc	10,00	cde	12,00	cd	12,67	cde
Bacillus sp MRSPRZ.1.1	2,00	abc	5,33	bc	13,33	bc	19,33	b	20,67	b
<i>Pseudomonas hibiscicola</i> strain MRTLDRZ .2.2	1,33	abc	6,67	abc	10,67	cd	15,33	bc	18,00	bc
<i>Achromobakter insolitus</i> strain MRBPUMBE.1.3	2,67	abc	6,00	bc	12,00	cd	16,33	bc	18,67	bc
Pestisida	0,00	c	3,33	c	5,33	f	8,67	d	9,33	e
Kontrol NB	3,33	ab	8,67	ab	17,33	ab	28,67	a	48,67	a
Kontrol Air	4,00	a	10,00	a	20,00	a	30,00	a	60,67	a

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah berbeda tidak nyata menurut DNMRT pada taraf 5%

Secara umum kemampuan filtrat PGPB mematikan dan menghambat penetasan nematoda karena metabolit sekunder yang dihasilkan memiliki aktivitas nematisida (Das *et al.*, 2021). Metabolit sekunder PGPB juga diketahui mengandung enzim litik, antibiotic, HCN yang mampu mematikan nematoda (Ajjah *et al.*, 2023; Yang *et al.*, 2015; Yanti *et al.*, 2022). Keberadaan enzim kitinase dan protease pada metabolit sekunder PGPB akan merusak kulit telur nematoda, sehingga akan menyebabkan nematoda menetas secara prematur, dan dapat menyebabkan kematian pada nematoda (Mugiastuti *et al.*, 2012). Hasil ini sejalan dengan Castaneda-Alvarez & Aballay, (2016) yang melaporkan enzim litik seperti protease dan kitinase yang diekstrak dari filtrat kultur *Bacillus* spp. dilaporkan dapat menghidrolisis ikatan peptida dan

rantai polisakarida N-asetil-D-glukosamin, dalam kompleks kitin/protein telur nematoda *Meloidogyne* spp. Soliman *et al.* (2019) juga melaporkan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, *Paenibacillus polymyxa*, *Lysinibacillus sphaericus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, dan *Achromobacter xylosoxidans* menghasilkan metabolit sekunder berupa kitinase, kitosanase, dan protease yang efektif mematikan juvenil *M. incognita* dan menghambat penetasan telur.

Senyawa HCN yang terkandung dalam metabolit sekunder PGPB juga diketahui mampu mematikan nematoda. Kang *et al.* (2018) melaporkan HCN yang dihasilkan oleh *Pseudomonas chlororaphis* O6 bekerja dengan mengganggu respirasi nematoda. HCN merupakan racun metabolik yang berfungsi dengan cara menghambat enzim sitokrom c oksidase dalam rantai transport elektron mitokondria. Hal ini mengganggu produksi energi dalam bentuk ATP, yang sangat penting bagi aktivitas seluler nematoda. Akibatnya, nematoda mengalami kekurangan energi dan akhirnya mati.

Penelitian telah menunjukkan bahwa penerapan bakteri PGPB dalam bentuk kultur filtrat adalah metode yang efektif untuk mengendalikan nematoda *Meloidogyne* spp. secara in vitro. Pendekatan ini juga berfungsi sebagai alternatif yang dapat mengurangi ketergantungan pada bahan kimia pertanian dalam pengendalian nematoda.

KESIMPULAN

Aplikasi kultur filtrat *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) secara in vitro efektif dalam mengendalikan nematoda *Meloidogyne* spp. Pada pengujian mortalitas *Bacillus mycoides* Strain MRSNUMBE.2.2 merupakan perlakuan terbaik dengan tingkat kematian 98,67% dalam 24 jam, diikuti perlakuan *Bacillus subtilis* strain MRTDUMBE.3.2.1 dengan tingkat kematian 96%. Dalam uji penetasan telur, kedua strain ini juga menunjukkan penghambatan signifikan, masing-masing hanya 10,00% dan 11,33% setelah 15 hari, dibandingkan dengan 60,67% pada kontrol.

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

- Ajjah, N., Fiodor, A., Pandey, A. K., Rana, A., & Pranaw, K. (2023). *Plant Growth-Promoting Bacteria* (PGPB) with Biofilm-Forming Ability: A Multifaceted Agent for Sustainable Agriculture. In *Diversity* (Vol. 15, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/d15010112>
- Askary, T. H. (2015). Biocontrol agents of phytonematodes. *Biocontrol Agents of Phytonematodes*, January. <https://doi.org/10.1079/9781780643755.0000>
- Castaneda-Alvarez, C., & Aballay, E. (2016). Rhizobacteria with nematicide aptitude: enzymes and compounds associated. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(12). <https://doi.org/10.1007/s11274-016-2165-6>
- Choudhary, K., Bishnoi, S. P., Dhayal, R., Chandrawat, B. S., Kumari, M., Gurjar, V., & Gurjar, H. (2023). Effect on Hatching and Mortality of Root-knot Nematode (*Meloidogyne javanica*) by Bio- agents. *International Journal of Plant & Soil Science*, 35(19), 1728–1735. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i193721>
- 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>
- 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).

Fahrul Arifal, Yulmira Yanti, Eri Sulyanti, Rita Harni; Uji Kemampuan Kultur Filtrat PGPB Secara In Vitro Terhadap Mortalitas Dan Penetasan Telur Nematoda *Meloidogyne* spp. Hal (295 -300)

Kang, B. R., Anderson, A. J., & Kim, Y. C. (2018). Hydrogen Cyanide Produced By *Pseudomonas chlororaphis* O6 Exhibits Nematicidal Activity Against *Meloidogyne hapla*. *Plant Pathology Journal*, 34(1), 35–43. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.06.2017.0115>

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>

Mugiastuti, E., Rahayuniati, R. F., & Sulistyanto, P. (2012). Pemanfaatan *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* Untuk Mengendalikan Penyakit Layu Tomat Akibat Sinergi *R. solanacearum* dan. *Prosiding Seminar Nasional*, 978(2010), 602–50942.

Rajasekharan, S. K., Kim, S., Kim, J. C., & Lee, J. (2020). Nematicidal activity of 5-iodoindole against root-knot nematodes. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 163(July), 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.10.012>

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.

Soliman, G. M., Ameen, H. H., Abdel-Aziz, S. M., & El-Sayed, G. M. (2019). In vitro evaluation of some isolated bacteria against the plant parasite nematode *Meloidogyne incognita*. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(1). <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0200-0>

Yang, H., Li, X., Li, X., Yu, H., & Shen, Z. (2015). Identification of lipopeptide isoforms by MALDI-TOF- MS/MS based on the simultaneous purification of iturin, fengycin, and surfactin by RP-HPLC. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 407(9), 2529–2542. <https://doi.org/10.1007/s00216-015- 8486-8>

Yanti, Y., Hamid, H., Nurbailis, & Suriani, N. L. (2022). Biological Activity of Indigenous Selected *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* Isolates and their Ability to Improve the Growth Traits of Shallot (*Allium ascalonicum* L.). *Philippine Journal of Science*, 151(6), 2327–2340. <https://doi.org/10.56899/151.6B.03>

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>