

EFEKTIVITAS FORMULA BIOPESTISIDA UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT BERCAK DAUN PADA TANAMAN JAHE MERAH

EFFECTIVENESS OF BIOPESTICIDE FORMULA TO CONTROL LEAF SPOT DISEASE ON RED GINGER PLANTS

Husda Marwan*, Islah Hayati, Sri Mulyati, dan Laila Rahma Munawaroh

Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Indonesia

*Corresponding Author. E-mail address: husda_marwan@unja.ac.id

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 31 Agustus 2023
Direvisi: 22 Desember 2023
Disetujui: 14 Mei 2024

KEYWORDS:

Biological control, diseases
intensity leaf spot, organic
ginger

KATA KUNCI:

Bercak daun, intensitas
penyakit, jahe organik,
pengendalian biologi

ABSTRACT

The development of organic red ginger cultivation to meet the raw material needs of phytopharmaca herbal medicine companies is constrained by the limited availability of biopesticides that can be used to control plant diseases. Leaf spot disease is caused by the fungus *Phyllosticta* sp. found in almost every red ginger production center in Indonesia. This study aims to determine the effectiveness of a biopesticide formula containing the fungus *Trichoderma* sp. and *Bacillus* spp. to control leaf spot disease in red ginger plants. The study used a completely randomized design (CRD), consisting of 7 treatments and 9 replications. The treatment in this study consisted of 5 biopesticide formulas, fungicides, and control (without biopesticide formula treatment). The application of the biopesticide formula was carried out by soaking the red ginger rhizome for 3 hours before sowing and spraying the leaves of the ginger plant with the biopesticide formula 1 and 2 months after planting. Observations were made on the incubation period of the disease, the intensity of the disease, and the growth of red ginger plants. The results showed that the application of the biopesticide formula was able to reduce the intensity of leaf spot disease by 5,41 – 48,91%. Formula D containing *Trichoderma* sp. TBP1 and *Bacillus* spp. BG45 showed the highest intensity suppression of leaf spot disease, namely 48,91%. The application of the biopesticide formula affected plant height, but did not affect the number of leaves and shoots of red ginger plants.

ABSTRAK

Pengembangan budidaya jahe merah organik untuk memenuhi kebutuhan bahan baku perusahaan obat herbal fitofarmaka terkendala oleh terbatasnya ketersediaan biopestisida yang dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit tanaman. Penyakit bercak daun yang disebabkan oleh cendawan *Phyllosticta* sp. ditemukan hampir disetiap sentra produksi jahe merah di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan formula biopestisida yang mengandung cendawan *Trichoderma* sp. dan *Bacillus* spp. untuk mengendalikan penyakit bercak daun pada tanaman jahe merah. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), terdiri atas 7 perlakuan dan 9 ulangan. Perlakuan dalam penelitian ini terdiri dari 5 formula biopestisida, fungisida, dan kontrol (tanpa perlakuan formula biopestisida). Aplikasi formula biopestisida dilakukan dengan merendam rimpang jahe merah selama 3 jam sebelum penyemaian, penyemprotan daun tanaman jahe dengan formula biopestisida pada 1 dan 2 bulan setelah tanam. Pengamatan dilakukan terhadap periode inkubasi penyakit, intensitas penyakit, dan pertumbuhan tanaman jahe merah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi formula biopestisida mampu menekan intensitas penyakit bercak daun sebesar 5,41 - 48,91 %. Formula D yang mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. BG45 menunjukkan penekanan intensitas penyakit bercak daun tertinggi yaitu 48,91 %. Aplikasi formula biopestisida berpengaruh terhadap tinggi tanaman, tetapi tidak berpengaruh terhadap jumlah daun dan tunas tanaman jahe merah.

1. PENDAHULUAN

Rimpang jahe merah mengandung banyak senyawa antioksidan, vitamin, mineral dan senyawa lain yang bermanfaat bagi kesehatan (Mao *et al.*, 2019). Beberapa penyakit penting seperti penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*), busuk rimpang (*Fusarium oxysporum f.sp. zingiberi*), dan bercak daun (*Phyllosticta zingiberi*) menjadi kendala utama dalam budidaya jahe merah (Li *et al.*, 2014; Guji *et al.*, 2019; Guji, 2021). Penyakit bercak daun ditemukan selama fase pertumbuhan tanaman jahe merah. Serangan penyakit bercak daun menyebabkan kerusakan jaringan klorofil daun sehingga menyebabkan penurunan hasil yang signifikan (Singh *et al.*, 2000; Sood & Dohroo, 2005; Singh, 2015;).

Upaya pengendalian penyakit bercak daun pada jahe merah yang dilakukan saat ini adalah melalui penyemprotan daun dengan fungisida (Neha *et al.*, 2021; Guji & Getu, 2022; Sari *et al.*, 2022). Namun seiring dengan meningkatnya permintaan produk rimpang jahe merah organik menyebabkan pengendalian menggunakan fungisida ini tidak dapat diterapkan karena dapat menimbulkan residu pada rimpang jahe merah.

Penelitian untuk mendapatkan agensia pengendalian hayati penyakit pada tanaman jahe telah dilakukan untuk mendukung sistem budidaya jahe organik. Aplikasi *Trichoderma* sp. dilaporkan mampu menekan perkembangan penyakit busuk rimpang dan bercak daun pada tanaman jahe (Soesanto *et al.*, 2005; Neha *et al.*, 2021). Aplikasi formula biofungisida yang mengandung *Trichoderma* sp. dan *Bacillus* spp. mampu menekan penyakit busuk rimpang pada tanaman jahe merah sebesar 78,57 – 93,3% (Marwan *et al.*, 2023).

Pengembangan budidaya jahe merah organik saat ini mengalami hambatan karena belum tersedianya produk biopestisida yang dapat digunakan oleh petani untuk mengendalikan berbagai patogen yang menyerang tanaman jahe merah. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan penelitian untuk mendapatkan formula biopestisida yang dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit bercak daun pada tanaman jahe merah. Penelitian ini bertujuan menguji efektivitas formula biopestisida untuk mengendalikan penyakit bercak daun pada tanaman jahe merah.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penyakit Tanaman dan Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Jambi, mulai bulan Mei sampai November 2022. Tahapan penelitian ini terdiri dari: (1) Pembuatan formula biopestisida; (2) Uji *in vitro* formula biopestisida terhadap *Phyllosticta* sp.; (3) Uji aplikasi formula biopestisida pada tanaman jahe merah.

Formula biopestisida mengandung kombinasi *Trichoderma* sp. TBP1 dengan isolat *Bacillus* spp. yang berbeda-beda. *Trichoderma* sp. TBP1 diisolasi dari rizosfer tanaman kedelai, *Bacillus* spp. PBC 25 dan PBC32 diisolasi dari rizosfer pohon bulian (*Eusideroxylon zwageri*), *Bacillus* spp. BSM16 dan BG45 diisolasi dari rizosfer tanaman kedelai. Formula A mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dengan *Bacillus* spp. PBC25, formula B mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dengan *Bacillus* spp. PBC32, formula C mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dengan *Bacillus* spp. BSM16, formula D mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dengan *Bacillus* spp. BG45, formula E mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dengan *Bacillus* spp. (PBC25, PBC32, BSM16, BG45).

Inokulum *Trichoderma* sp. TBP1 diperbanyak dalam media *Potato Dextrose Broth* (PDB) menggunakan shaker selama 7 hari, sedangkan inokulum *Bacillus* spp. diperbanyak pada media *Nutrient Broth* (NB) menggunakan shaker selama 2 hari. Pembuatan formula biopestisida dilakukan dengan mencampurkan larutan inokulum *Trichoderma* sp. TBP1 dalam media PDB dengan larutan inokulum *Bacillus* spp. dalam media NB. Volume masing-masing larutan inokulum formula A, B, C, dan D untuk setiap liter adalah 0,5 liter *Trichoderma* sp. TBP1 dan 0,5 liter *Bacillus* spp.

(PBC25/PBC32/ BSM16/BG45), sedangkan formula E setiap liter mengandung 0,2 liter larutan inokulum *Trichoderma* sp. TBP1 dan 0,2 liter larutan inokulum masing-masing isolat *Bacillus* spp. (PBC25, PBC32, BSM16, BG45).

Uji *in vitro* formula biopestisida terhadap *Phyllosticta* sp. menggunakan metode *dual culture* (Anith et al., 2021) pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Kertas saring steril berdiameter 0,5 cm diletakkan pada media PDA dengan jarak 3 cm dari inokulum *Phyllosticta* sp. Sebanyak 0,5 ml suspensi formula ditetaskan pada kertas saring, kemudian diinkubasi pada suhu kamar selama 7 hari. Pengamatan dilakukan dengan mengukur jari-jari koloni *Phyllosticta* sp. yang tumbuh kearah formula dan menjauhi formula. Persentase penghambatan formula terhadap *Phyllosticta* sp. dihitung berdasarkan rumus yang digunakan oleh Syofiana dan Masnilah (2019). Pengujian diulang sebanyak 2 kali untuk masing-masing formula.

Uji aplikasi formula biopestisida pada tanaman jahe merah menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), terdiri atas 7 perlakuan dan 9 ulangan. Perlakuan terdiri dari 5 formula biopestisida (formula A, B, C, D, E), fungisida (Propineb 70%), dan kontrol (tanpa perlakuan formula biopestisida). Aplikasi formula biopestisida dilakukan dengan merendam rimpang jahe merah selama 3 jam sebelum penyemaian, aplikasi selanjutnya dilakukan dengan menyemprotkan suspensi formula pada daun tanaman jahe merah pada 1 dan 2 bulan setelah tanam. Konsentrasi aplikasi formula adalah 20 ml per liter air. Inokulasi *Phyllosticta* sp. dilakukan 1 bulan setelah tanam dengan menyemprotkan suspensi inokulum *Phyllosticta* sp. pada permukaan daun tanaman jahe merah. Pengamatan dilakukan terhadap intensitas penyakit bercak dan pertumbuhan tanaman jahe merah (tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah tunas). Data hasil pengamatan dilakukan analisis varian (ANOVA) dan uji *Duncan Multiple Range Test* pada taraf 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Daya Hambat Formula Biopestisida terhadap *Phyllosticta* sp.

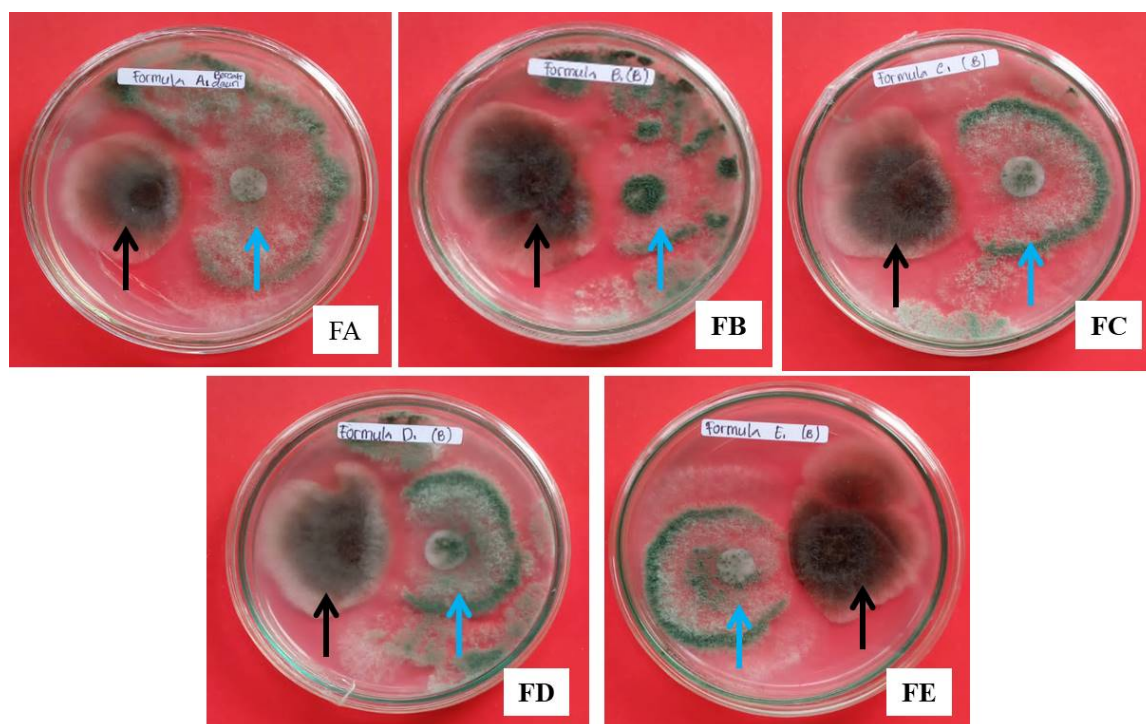
Hasil uji daya hambat formula biopestisida terhadap *Phyllosticta* sp. menunjukkan bahwa semua formula mampu menghambat pertumbuhan *Phyllosticta* sp. secara *in vitro* sebesar 36,36-61,65% (Tabel 1). Persentase penghambatan tertinggi terdapat pada formula A yang mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. PBC25 sebesar 61,65%.

Hasil pengamatan makroskopis pada uji *dual culture* menunjukkan *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. mampu tumbuh pada media uji. *Trichoderma* sp. TBP1 menunjukkan kompetisi ruang yang tinggi terhadap *Phyllosticta* sp. sehingga pertumbuhan hifa dari *Phyllosticta* sp. menjauh dari koloni *Trichoderma* sp. TBP1. Selain itu juga diamati adanya zone bening disekitar koloni *Phyllosticta* sp. yang terjadi karena adanya senyawa antibiotik yang dihasilkan oleh *Bacillus* spp. pada media uji (Gambar 1).

Tabel 1. Kemampuan formula biopestisida dalam menghambat pertumbuhan koloni *P. zingiberi*

Formula Biopestisida	Persentase penghambatan formula terhadap <i>P. zingiberi</i> (%)		
	Pengujian 1	Pengujian 2	Rata-rata
Formula A	63,3	60,0	61,65
Formula B	43,3	29,41	35,36
Formula C	50,0	50,0	50,00
Formula D	48,15	50,0	49,08
Formula E	46,43	50,0	48,22

Keterangan : Formula A mengandung *Trichoderma* sp. TPB1 dan *Bacillus* spp. PBC25; Formula B mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. PBC32; Formula C mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. BSM16; Formula D mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. BG45.



Gambar 1. Uji *dual culture* formula biopestisida terhadap *Phyllosticta* sp.: FA adalah formula biopestisida A; FB adalah formula biopestisida B; FC adalah formula biopestisida C; FD adalah formula biopestisida D; FE adalah formula biopestisida E; ↑ adalah koloni *P. zingiberi*; ↑ koloni *Trichoderma* sp. TBP1. dari formula biopestisida

Trichoderma sp. mempunyai beberapa mekanisme dalam menekan pertumbuhan patogen tanaman, yaitu kompetisi, antibiosis, dan parasitisme (Mendoza, 2015). Kemampuan *Trichoderma* sp. berkompetisi merebut ruang dan nutrisi membentuk biomassa miselium mengakibatkan penekanan terhadap pertumbuhan mikroba patogen (Kohl et al., 2019). *Trichoderma* juga menghasilkan metabolit sekunder seperti gliotoxin, gliovirin, viridin (Zeilinger et al., 2021) yang berfungsi sebagai anti mikroba dan mempunyai peran penting dalam mekanisme antibiosis (Tomah et al., 2020). *Bacillus* spp. juga dilaporkan menghasilkan senyawa antifungal berupa lipopeptida, antibiotik, dan enzim (Penha et al., 2020).

Hasil uji daya hambat *in vitro* juga menunjukkan bahwa kombinasi *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. berpengaruh terhadap daya hambat masing-masing formula terhadap pertumbuhan koloni *Phyllosticta* sp. Kombinasi *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. PBC25 pada formula A menunjukkan daya hambat tertinggi, sedangkan formula B yang mengandung kombinasi *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. PBC32 menunjukkan daya hambat paling rendah terhadap pertumbuhan koloni *Phyllosticta* sp.. Hal ini dapat terjadi karena ketidaksesuaian (inkompatibilitas) antar mikroba dan/atau terbatasnya ruang pertumbuhan pada uji *in vitro* sehingga menimbulkan kompetisi antar mikroba yang diuji. Kondisi ini tidak terjadi di rizosfer tanaman karena masing-masing mikroba akan menempati relung yang berbeda untuk pertumbuhannya.

3.2 Uji Aplikasi Formula Biopestisida pada Tanaman Jahe Merah

Berdasarkan hasil analisis ragam terhadap intensitas penyakit bercak daun pada tanaman jahe merah, diketahui bahwa aplikasi formula biopestisida menunjukkan intensitas penyakit yang berbeda nyata pada pengamatan minggu 1 sampai 4 setelah inokulasi *Phyllosticta* sp.. Aplikasi formula mampu menekan intensitas penyakit bercak daun sebesar 5,41 - 48,91% pada 4 minggu setelah inokulasi (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh Aplikasi Formula Biopestisida terhadap Intensitas Penyakit Bercak Daun pada Tanaman Jahe Merah

Perlakuan	Persentase penghambatan formula terhadap <i>P. zingiberi</i> (%)				Penekanan intensitas penyakit pada 4 MSI
	1 MSI	2 MSI	3 MSI	4 MSI	
Kontrol sakit	10,91 ^b	15,64 ^c	41,28 ^{abc}	54,20 ^a	
Fungisida (Propineb 70%)	12,12 ^b	14,74 ^c	16,77 ^d	27,60 ^b	49,08
Formula A	32,23 ^a	32,03 ^{ab}	41,50 ^{ab}	51,27 ^a	5,41
Formula B	13,26 ^b	15,28 ^c	27,42 ^{bcd}	37,26 ^{ab}	31,25
Formula C	10,10 ^b	19,36 ^{bc}	23,21 ^{bd}	34,58 ^{ab}	36,20
Formula D	7,39 ^b	9,32 ^c	19,72 ^d	27,69 ^b	48,91
Formula E	39,98 ^a	39,83 ^a	49,82 ^a	51,17 ^a	5,59

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji *Duncan Multiple Range Test* pada taraf 5%; MSI adalah minggu setelah inokulasi. Formula A mengandung *Trichoderma* sp. TPB1 dan *Bacillus* spp. PBC25; Formula B mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. PBC32; Formula C mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. BSM16; Formula D mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. BG45; Formula E mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. PBC25, PBC32, BSM16, BG45.

Tabel 3. Pengaruh Aplikasi Formula Biopestisida terhadap Pertumbuhan Tanaman Jahe Merah pada 8 Minggu Setelah Tanam

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (helai)*	Jumlah tunas (tunas)*
Kontrol sakit	28,11 ^b	10,78	2,78
Fungisida (Propineb 70%)	42,45 ^a	13,67	3,56
Formula A	34,55 ^{ab}	14,11	3,22
Formula B	37,56 ^a	14,45	3,22
Formula C	36,56 ^a	13,66	3,45
Formula D	36,55 ^a	14,22	4,45
Formula E	36,00 ^{ab}	14,89	3,22

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji *Duncan Multiple Range Test* pada taraf 5%; MSI adalah minggu setelah inokulasi. Formula A mengandung *Trichoderma* sp. TPB1 dan *Bacillus* spp. PBC25; Formula B mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. PBC32; Formula C mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. BSM16; Formula D mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. BG45; Formula E mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. PBC25, PBC32, BSM16, BG45.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan mikroba dalam formula biopestisida berpengaruh terhadap efektivitas formula dalam mengendalikan penyakit bercak daun pada tanaman jahe merah. Kombinasi *Trichoderma* sp. TBP1 dengan *Bacillus* spp. BG45 pada formula D menunjukkan penekanan intensitas penyakit tertinggi. Hal ini sesuai dengan beberapa hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kombinasi *Trichoderma* sp. dan *Bacillus* spp. mampu mengendalikan penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum* (Kariuki et al., 2020), busuk lunak pada jahe yang disebabkan oleh *Pythium myriotylum* (John et al., 2016), busuk umbi pada jahe merah yang disebabkan oleh *Fusarium* sp. (Marwan et al., 2023).

Hasil pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman jahe merah pada 8 minggu setelah tanam menunjukkan tinggi tanaman yang berbeda nyata, tetapi tidak berbeda nyata pada jumlah daun dan jumlah tunas (Tabel 3). Pengaruh aplikasi formula biopestisida terhadap pertumbuhan tanaman jahe merah dapat terjadi karena adanya pengaruh langsung dari *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. yang ada dalam formula biopestisida.

Bacillus spp. dapat berperan sebagai *biofertilizers* atau *biostimulators* yang memfasilitasi penyediaan nutrisi dari lingkungan (fiksasi nitrogen, pelarutan posfat) bagi tanaman (Borriss et al. 2011). Kuan et al. (2016) menyatakan bahwa *B. pumilus* dapat memfiksasi N₂ dan meningkatkan kandungan N total dan berat kering dari tanaman jagung.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi formula biopestisida mampu menekan intensitas penyakit bercak daun sebesar 5,41 - 48,91 %. Formula D yang mengandung *Trichoderma* sp. TBP1 dan *Bacillus* spp. BG45 menunjukkan penekanan intensitas penyakit bercak daun tertinggi yaitu 48,91 %. Aplikasi formula biopestisida berpengaruh terhadap tinggi tanaman tanaman jahe merah pada 8 minggu setelah tanam.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Publikasi ini merupakan luaran dari Skim Penelitian Pengembangan tahun 2022 yang didanai melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Jambi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anith, K. N., N. S. Nysanth, & C. Natarajan. 2021. Novel and rapid agar plate methods for in vitro assessment of bacterial biocontrol isolates' antagonism against multiple fungal phytopathogens. *Letters in Applied Microbiology*. 73 (2): 229–236.
- Borriess, R. 2011. *Use of Plant-Associated Bacillus Strains as Biofertilizers and Biocontrol Agents in Agriculture*. In: Maheshwari D.K. (eds.). *Bacteria in Agrobiolgy: Plant Growth Responses*. Springer. Berlin.
- Guji, M. J., & A. Getu. 2022. Evaluation of efficacy of fungicides against ginger leaf spot (*Phyllosticta zingiberi*) disease epidemics at Tepi Southwestern Ethiopia. *International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology*. 12 (2):134-137.
- Guji, M. J. 2021. Epidemiology and management strategies of ginger leaf spot disease (*Phyllosticta zingiberi*). *Plant Pathology & Quarantine*. 11(1):138–143.
- Guji, M. J., H. T. Yetayew, & E. D. Kidanu. 2019. Yield loss of ginger (*Zingiber officinale*) due to bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) in different wilt management systems in Ethiopia. *Agriculture and Food Security*. 8(1): 1-11.
- John, C. J., P. Jishma, G. B. Arathy, C. Anisha, & E. K. Radhakrishnan. 2016. Identification of plant growth promoting rhizosphere *Bacillus* sp. WG4 antagonistic to *Pythium myriotylum* and its enhanced antifungal effect in association with *Trichoderma*. *Journal Soil Science Plant Nutrition* 16: 578-590.
- Kariuki, C. K., W. M. Eunice, & M. M. William. 2020. Effect of bacillus and trichoderma species in the anagement of the bacterial wilt of tomato (*Lycopersicum esculentum*) in the field. *Egypt Journal of Biological Pest Control*. 30: 109.
- Khan, R. A. A., S. Najeeb, S. Hussain, B. Xie, & Y. Li. 2020. Bioactive secondary metabolites from *Trichoderma* spp. against phytopathogenic fungi. *Microorganism*. 8(6): 817.
- Kohl, J., R. Kolnaar, & W. J. Ravensberg. 2019. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. *Frontier in Plant Science*. 10:845.
- Kuan, K. B., R. Othman, K. A. Rahim, & Z. H. Shamsuddin. 2016. Plant growth-promoting rhizobacteria inoculation to enhance vegetative growth, nitrogen fixation and nitrogen remobilization of maize under greenhouse conditions. *PLoS ONE*. 11: e0152478.
- Li, Y., L. D. Chi, L. G. Mao, D. D. Yan, Z. F. Wu, T. T. Ma, M. X. Guo, Q. X. Wang, C. B. Ouyang, & A. C. Cao. 2014. First report of ginger rhizome rot caused by *Fusarium oxysporum* in China. *Plant Disease*. 98 (2): 282.
- Marwan, H., I. Hayati, & S. Mulyati. 2023. Effectiveness of biofungicide formula on rhizome rot disease of red ginger and its plant growth. *Biodiversitas*. 24: 2143-2148.

- Mendoza, J. L. H., M. I. S. Pérez, J. M. G. Prieto, J. D. Q. Velásquez, J. G. G. Olivares, & H. R. G. Langarica. 2015. Antibiosis of *Trichoderma* spp. strains native to northeastern Mexico against the pathogenic fungus *Macrophomina phaseolina*. *Brazil J Microbiol.* 46(4):1093–1101.
- Neha, N. P., A. P. Suryawanshi, P. D. Biradar, V. R. Wadhawe, & M. R. Kharade. 2021. Bioefficacy of bioagents and phytoextracts against *Phyllosticta zingiberi*, causing phyllosticta leaf spot of ginger in In vitro conditions. *The Pharma Innovation Journal.* 10(12):1804-1809.
- Penha, R. O., L. P. S. Vandenberghe, C. Faulds, V. T. Soccol, & C. R. Soccol. 2020. Bacillus lipopeptides as powerful pest control agents for a more sustainable and healthy agriculture: recent studies and innovations. *Planta.* 251(3):70.
- Sari, M. P., D. Wahyuno, S. Hardiyanti, & D. Manohara. 2022. Aplikasi fungisida dan pupuk silika untuk menekan penyakit bercak daun *Pyricularia zingiberi* pada jahe merah. *Jurnal Fitopatologi Indonesia.* 18(4):167-176.
- Singh, A. K. 2015. Efficacy of fungicides for the control of leaf spot disease of ginger under the field conditions of Chhattisgarh (India). *African Journal of Agricultural Research.* 10 (11):1301-1305.
- Singh, A. K., S. Edison, & R. K. S. Yadav. 2000. Reaction of ginger germplasm to *Phyllosticta zingiberi* under field conditions. *Indian Phytopathology.* 53:210–212.
- Soesanto, L., Sudharmono, N. Prihatiningsih, & J. Pramono. 2005. Potensi agensia hayati dan nabati dalam mengendalikan penyakit busuk rimpang jahe. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika.* 5(1) : 50-57.
- Sood, R., & N. P. Dohroo. 2005. Epidemiology and management of leaf spot of ginger in Himachal Pradesh. *Indian Phytopathology.* 58(3):282-288.
- Syofiana, R. V. T. & R. Masnilah. 2019. Eksplorasi *Bacillus spp*, pada beberapa rizosfer gulma dan potensinya sebagai agens pengendali hayati patogen tanaman secara *in vitro*. *Jurnal Bioindustri.* 2(1):349-363.
- Zeilinger, S., G. Sabine, B. Ravindra, & K. M. Prasun. 2016. Secondary metabolism in *Trichoderma* chemistry meets genomics. *Fungal Biology Reviews.* 30:74–90.