
Efektivitas Biofungisida Jamur *Trichoderma harzianum* dan *Trichoderma koningii* dengan Berbagai Dosis terhadap Intensitas Serangan Penyakit Layu Jamur *Fusarium* pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.)

Yuliana Ivantri Sadin¹, Ketut Srie Marhaeni Julyasih^{1*}, Jean Nihana Manalu¹

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Universitas Pendidikan Ganesha, Jl. Udayana No. 11, Singaraja

*Corresponding author, email: srie.marhaeni@undiksha.ac.id

ABSTRACT

Red chili is a horticultural crop that is already widely cultivated in Indonesia. The main constraint faced by farmers is the attack of plant pests, namely Fusarium wilt disease. One alternative control method is the use of biofungicides containing the fungi T. harzianum and T. koningii. This research was conducted in two different locations: isolation of the pathogenic fungus Fusarium, identification of Trichoderma fungi, and mass production of T. harzianum and T. koningii using rice medium at the Biological Agents / Botanical Pesticides Laboratory, Biaung. The planting of red chili seedlings and the application of biofungicides were carried out in the field of the Biological Agents / Botanical Pesticides Laboratory on Jalan Tegal Harum, Gang Sakura, Biaung, East Denpasar District, Denpasar City, Bali, from May to August 2025. The experimental design used was a Completely Randomized Design (CRD) with 7 treatments and 5 replications. The treatments were: 0 grams of biofungicide of T. harzianum and T. koningii fungi, a dose of 10 grams, a dose of 20 grams, a dose of 30 grams of T. harzianum biofungicide, and doses of 10 grams, 20 grams, and 30 grams of T. koningii biofungicide. Statistically, the application of different doses of T. harzianum and T. koningii biofungicides produced a significant difference in suppressing the intensity of Fusarium wilt disease, as shown by the one-way ANOVA test ($p<0.05$). The use of T. harzianum and T. koningii biofungicides at a dose of 30 grams proved effective against Fusarium wilt, with the level of suppression reaching 100% after four weeks of application.

Keywords: *Fusarium* Wilt, red chili pepper, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*.

ABSTRAK

Cabai merah merupakan tanaman hortikultura yang sudah banyak tersebar di Indonesia. Kendala yang dihadapi petani ialah adanya serangan organisme penganggu tanaman yaitu penyakit layu Fusarium. Salah satu alternatif pengendalian dengan menggunakan biofungisida jamur T. Harziaum dan jamur T. Koningii. Penelitian ini dilakukan pada 2 tempat berbeda, isolasi jamur patogen Fusarium, identifikasi jamur Trichoderma, perbanyak jamur T. Harziaum dan jamur T. Koningii dengan medium beras di Laboratorium Agensia

*Hayati / Pestisida Nabati, Biaung. Kedua Penanaman bibit tanaman cabai merah dan aplikasi biofungisida dilakukan di lahan Laboratorium Agenzia Hayati / Pestisida Jalan Tegal Harum, Gang Sakura, Biaung, Kecamatan Denpasar Timur, Kota Denpasar Bali, dari bulan Mei sampai Agustus 2025. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan tersebut adalah 0 gram biofungisida jamur *T. Harzianum* dan jamur *T. Koningii*, dosis 10 gram, dosis 20 gram, dosis 30 gram biofungisida jamur *T. Harzianum* dan dosis 10 gram, dosis 20 gram, dosis 30 gram biofungisida jamur *T. Koningii*. Secara statistik aplikasi variasi dosis biofungisida jamur *T. Harzianum* dan jamur *T. Koningii* memberikan perbedaan yang nyata dalam menekan intensitas serangan penyakit layu *Fusarium*, sebagaimana ditunjukan oleh uji ANOVA satu arah ($p<0,05$). Penggunaan biofungisida jamur *T. Harzianum* dan *T. Koningii* pada dosis 30 gram terbukti efektif terhadap penyakit layu *Fusarium* dengan tingkat serangan mencapai 100% setelah empat minggu pengaplikasian.*

Kata kunci: *Fusarium*, cabai merah, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*

PENDAHULUAN

Cabai merah (*Capsicum annum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang sangat penting di Indonesia, khususnya di Bali, karena nilai jualnya yang tinggi serta kandungan vitamin A yang bermanfaat bagi kesehatan (Widowati *et al.*, 2022). Permintaan cabai merah terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, yang menjadikan budidaya cabai sebagai peluang bisnis yang menjanjikan (Ariska., 2022). Namun, produksi cabai merah menghadapi berbagai tantangan serius, salah satunya adalah serangan penyakit layu *Fusarium* yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum*. Penyakit ini dikenal sulit dikendalikan karena kemampuannya bertahan lama di dalam tanah serta menyerang sistem perakaran tanaman yang mengakibatkan penurunan produksi secara signifikan (Saptayanti, 2023). Pada tahun 2021 terjadinya penurunan produksi cabai merah sebesar 50% yang disebabkan oleh infeksi *Fusarium* yang mengakibatkan terjadinya gagal panen (Ulya *et al*, 2021)

Kondisi iklim tropis yang lembab dapat mendukung penyebaran patogen, selain itu praktik pertanian yang kurang memperhatikan sanitasi lahan dan rotasi tanaman juga mendukung siklus hidup patogen ini (Sihombing, 2024). Gejala layu *Fusarium* dapat terlihat pada daun tanaman yang mulai menguning dan layu, serta dapat menyerang tanaman pada berbagai fase pertumbuhan, baik musim kering maupun musim hujan. Saat ini, pengendalian penyakit layu *Fusarium* masih dominan menggunakan pestisida kimia yang walaupun efektif menekan patogen, memiliki dampak negatif jangka panjang seperti resistensi patogen, pencemaran lingkungan, dan gangguan terhadap organisme non-target (Jackson *et al.*, 2024)

Pengendalian patogen ini dapat dilakukan dengan pengendalian biologis dengan penggunaan agens hayati sebagai alternatif pengendalian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu agen hayati yang dapat dimanfaatkan dan telah terbukti efektif menekan penyakit layu *Fusarium* adalah kelompok jamur *Trichoderma*. Kemampuan jamur *Trichoderma* dalam menghambat beberapa jamur patogen tanaman sudah banyak dilaporkan antara lain terhadap jamur *Culvularia lunata*, *Collectotrichum capsisi*, *Fusarium* sp. dan *Sclerotium rolfsii* secara *in vitro* (Hidayati *et al.*, 2019).

Pemberian *Trichoderma* mampu menekan pertumbuhan jamur patogen *F.*

oxysporum dengan sebesar 70 % secara *in vivo* (Syarifah et al., 2024)

Salah satu agen hayati yang efektif menekan penyakit layu *Fusarium* adalah *Trichoderma harzianum* dan *Trichoderma koningii*. *Trichoderma harzianum* mampu menghambat pertumbuhan radial *Fusarium oxysporum* sebesar 75,7% (Singh et al., 2018), sedangkan *Trichoderma koningii* menunjukkan aktivitas antagonis terhadap penyakit layu pada cabai rawit sebesar 43,33% (Ningsih et al., 2016).

Salah satu spesies *Trichoderma* yang efektif untuk menekan pertumbuhan layu *Fusarium* ialah spesies *Trichoderma harzianum* dan *Trichoderma koningii*. Menurut (Singh et al., 2018) *Trichoderma harzianum* mampu menghambat pertumbuhan radial maksimum 75,7% dari patogen *Fusarium oxysporum* f. Sp. *lycopersici*. Spesies *Trichoderma koningii* memiliki kemampuan antagonis terhadap penyakit layu pada daun tanaman cabai rawit sebesar 43,33% (Ningsih et al., 2016).

Jenis jamur *Trichoderma harzianum* selain dikenal sebagai agen biokontrol yang efektif untuk mengendalikan pathogen, spesies ini juga berperan dalam merangsang pertumbuhan tanaman. Jamur *Trichoderma koningii* memiliki kemampuan dalam merangsang pertumbuhan hormon tanaman, khususnya pertumbuhan tinggi tanaman sehingga dapat mengembangkan pertumbuhan tanaman serta mampu menekan pertumbuhan patogen pada *rhizosfer* perakaran, sehingga penyerapan unsur hara dapat berjalan optimal (Julyasih et al., 2025).

Penelitian ini bertujuan mengetahui efektivitas dosis inokulum jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma koningii* dalam menekan intensitas serangan penyakit layu cabai merah. Perhitungan dosis biofungisida yang optimal diharapkan menghasilkan solusi pengendalian hayati yang efektif, efisien secara ekonomi, dan berkelanjutan untuk meningkatkan produktivitas cabai merah di Bali.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Agensi Hayati/Pestisida Nabati dan lahan percobaan UPTD BPTPHBUN Provinsi Bali pada bulan Mei sampai Agustus 2025.

Rancangan Percobaan

Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari tujuh perlakuan. Setiap perlakuan diulang sebanyak lima kali, sehingga terdapat 35 sampel percobaan. Perlakuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- | | | | |
|----|--------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------|
| P0 | = Tanpa dosis <i>T. harzianum</i> dan <i>T. koningii</i> (kontrol) | A1 | = <i>T. harzianum</i> dengan dosis 10 gram |
| A2 | = <i>T. harzianum</i> dengan dosis 20 gram | A3 | = <i>T. harzianum</i> dengan dosis 30 gram |
| | = <i>T. koningii</i> dengan dosis 10 gram | B2 | = <i>T. koningii</i> dengan dosis 20 gram |
| | = <i>T. koningii</i> dengan dosis 30 gram | B3 | |

Isolasi Jamur *Fusarium*

Penyiapan inokulum *Fusarium oxysporum* diisolasi dari tanaman cabai yang menunjukkan gejala penyakit layu *Fusarium* di lapangan. Bagian tanaman yang diambil adalah

akar tanaman cabai yang busuk/terserang penyakit layu. Bagian akar yang terserang diisolasi dengan metode penanaman jaringan pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*).

Metode sterilisasi permukaan dilakukan menurut Hakim (2025). Akar tanaman yang sakit dicuci di air yang mengalir, selanjutnya dipotong dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Potongan akan disterilisasi menggunakan alkohol sebanyak dua kali selama 3 menit dan dibilas dengan aquadest steril sebanyak dua kali selama 1 menit dan dikeringangkan. Akar yang telah disterilisasi ditanam pada media PDA sebanyak 4 segmen akar dan diinkubasi selama 7 hari dan dilakukan pemurniaan sampai mendapatkan isolat murni.

Identifikasi Isolat Jamur Fusarium

Isolat yang telah murni selanjutnya dilakukan identifikasi dengan merujuk pada Barnett dan Hunter (1998). Identifikasi dilakukan dengan melihat bentuk hifa dan spora yang mencirikan jamur *Fusarium oxysporum*.

Perbanyakan Agensia Hayati

Inokulum jamur *Trichoderma harzianum* dan inokulum jamur *Trichoderma koningii* yang digunakan sebagai F1 diperoleh dari koleksi Laboratorium Agensia Hayati/Pestisida Nabati UPTD BPTPHBUN Provinsi Bali. Isolat koleksi dimurnikan kembali pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA).

Pembuatan Biofungisida

Pembuatan biofungisida dilakukan menurut metode Nurjannah (2020). Inokulum jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma koningii* yang telah murni selanjutnya diambil seperempat bagian dari isolat yang telah tumbuh di media PDA, selanjutnya dicairkan dengan air steril sebanyak 100 ml dan dikulturkan kembali pada medium perbanyakan padat (jagung) sebagai salah cara yang cukup efektif untuk mendapatkan pertumbuhan jamur yang lebih cepat. Jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma koningii* yang telah tumbuh di medium jagung ditimbang sebanyak 10 gram, 20 gram dan 30 gram.

Aplikasi Agensia Hayati

Bibit tanaman cabai yang digunakan adalah bibit tanaman cabai merah yang berumur 1 bulan 2 minggu masa setelah tanam (MST) yang memiliki jumlah daun sebanyak 3-5 helai, tinggi batang 14-20 cm. Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah humus yang telah disterilisasi dan diberi penambahan kompos dengan perbandingan 1:1.

Aplikasi biofungisida dilakukan dengan cara menginokulasi jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma koningii* dalam bentuk padat (medium jagung) kedalam media tanam. Selanjutnya bibit cabai ditanam pada media tanah yang telah terinokulasi *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma koningii* masing – masing perlakuan (Nurjannah, 2020).

Indikator Pengamatan

Variabel pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah intensitas penyakit tanaman cabai merah (tinggi dan jumlah daun).

Intensitas penyakit (%)

Intensitas penyakit pada tanaman cabai diamati satu minggu setelah aplikasi biofungisida selama 4 minggu. Perhitungan intensitas penyakit tanaman layu dihitung dengan menggunakan rumus intensitas penyakit sebagai berikut:

$$IP = \frac{\sum(n \times v)}{N \times Z} \times 100\%$$

Keterangan:

- IP = Intensitas Penyakit (%)
n = Jumlah Tanaman dari Tiap Kategori v = Nilai Skoring Kategori Serangan
N = Nilai Skoring Kategori Serangan
Z = Jumlah Daun Tanaman yang Diamati

Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Uji deskriptif untuk melihat rerata hasil pengamatan uji, uji normalitas (*Kolmogorov-Smirnov*) dan homogenitas (*Levene*). Karena sebagian data tidak berdistribusi normal, analisis dilanjutkan dengan menggunakan uji non-parametrik *Kruskal-Wallis* dan *Mann-Whitney* pada taraf signifikansi 5% dengan menggunakan SPSS versi 22.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Intensitas Penyakit Layu pada Tanaman Cabai Merah

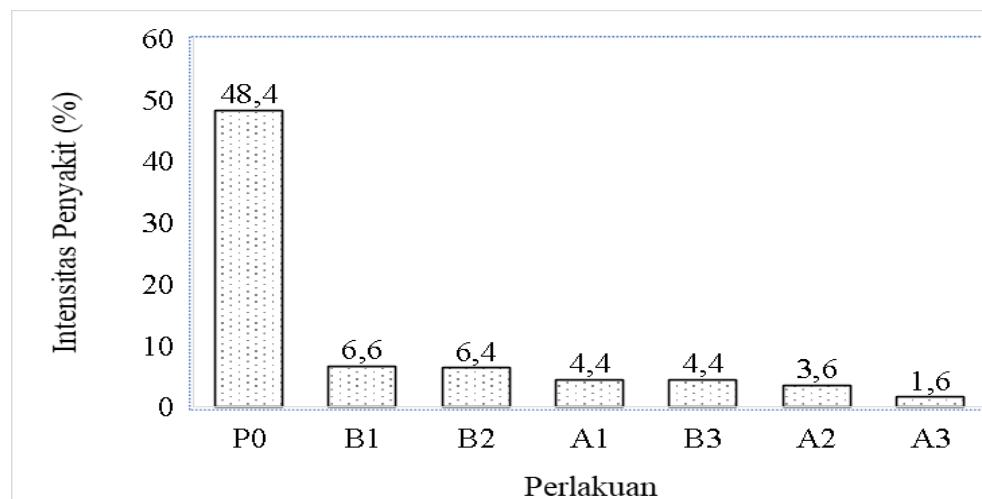
Analisis data statistik mengindikasikan bahwa tingkat pengendalian penyakit layu *Fusarium* pada tanaman cabai merah sangat dipengaruhi oleh dosis biofungisida jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma koningii* yang diaplikasikan dan waktu antara pengaplikasian yang dimana, berdasarkan uji *Mann-Whitney* menunjukkan intensitas serangan dari minggu pertama hingga minggu ke empat menunjukkan bahwa pada awal pengamatan (minggu pertama) gejala penyakit masih relatif rendah sehingga sebagian besar perlakuan tidak berbeda nyata (notasi sama).

Memasuki minggu kedua, kontrol (P0) mengalami peningkatan intensitas serangan hingga mencapai 36,6% dan mulai berbeda nyata dengan perlakuan biofungisida yang tetap rendah (3,6–9,8%). Pada 21 hingga minggu keempat, perbedaan semakin jelas, dimana kontrol menunjukkan intensitas serangan tertinggi (48,4–51,4%) dan berbeda nyata dengan seluruh perlakuan biofungisida yang berada pada kisaran 0,8–6,6%. Hal ini menunjukkan bahwa

aplikasi biofungisida *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma koningii* mampu menekan perkembangan penyakit secara konsisten hingga akhir pengamatan.

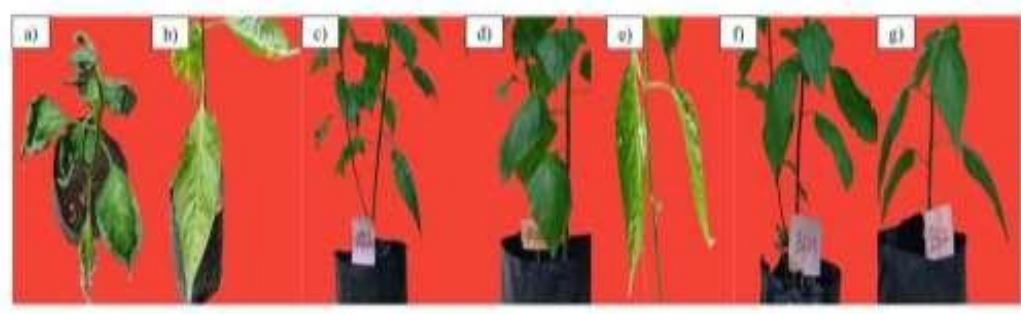
Aplikasi biofungisida jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma koningii* dengan dosis tinggi menunjukkan efektivitas yang lebih besar dalam menekan perkembangan patogen *Fusarium* penyebab penyakit layu pada tanaman cabai merah. Hal ini sejalan dengan pendapat (Zhang et al., 2021) semakin tinggi dosis biofungisida jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma koningii* yang digunakan, semakin tinggi juga kandungan bahan bioaktif yang ada pada jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma koningii* semakin banyak atau tinggi pada setiap perlakuan berbeda-beda.

Berdasarkan penelitian ini, perlakuan tanpa pemberian biofungisida jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma koningii* menunjukkan intensitas serangan penyakit paling tinggi. Hal ini membuktikan bahwa keberadaan jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma koningii* terbukti nyata dalam menekan perkembangan penyakit layu *Fusarium*, yang ditandai dengan minimnya gejala penyakit pada tanaman cabai merah. Pengamatan pada 28 hari setelah inokulasi menunjukkan bahwa aplikasi biofungisida jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma koningii* dengan dosis 30 gram tidak menunjukkan munculnya gejala penyakit layu yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oysporum* dalam konteks pengendalian hayati.



Gambar 1. Pengaruh aplikasi biofungisida jamur *T. harzianum* dan *T. koningii* terhadap intensitas penyakit layu

Kondisi tanaman cabai merah menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengaplikasian biofungisida semakin menurun intensitas serangan penyakit. Variasi dosis yang digunakan memberikan efek yang berbeda dalam menekan intensitas serangan penyakit.



Gambar 2. Perbedaan Intensitas Serangan Penyakit

Penurunan rerata intensitas serangan penyakit layu *Fusarium oxysporum* pada tanaman cabai merah berbanding terbalik dengan peningkatan dosis biofungisida jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma konigii* yang diberikan pada setiap perlakuan. Hal tersebut dikarenakan kandungan pada masing-masing dosis yang diaplikasikan berbeda, sehingga pada setiap perlakuan terjadi perbedaan yang singnifikan terhadap intensitas serangan penyakit layu *Fusarium* yang disebakan oleh jamur patogen *Fusarium oxysporum*. Semakin tinggi dosis biofungisida jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma konigii* yang digunakan, semakin tinggi juga kandungan bahan bioaktif yang ada pada jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma konigii* semakin banyak atau tinggi pada setiap perlakuan berbeda-beda (Zhang et al., 2021).

Gejala kerusakan dan kematian yang disebabkan oleh patogen tular tanah pada tanaman cabai merah disebabkan oleh paotegen *Fusarium oxysporum*. Patogen tular tanah menyebabkan penyakit layu pada tanaman cabai merah dan berbagai tanaman lainnya *Fusarium oxysporum* mampu membentuk struktur klamidospora yang tahan terhadap lingkungan menguntungkan.



Gambar 3. a) Gejala Tanaman Layu; b) Gejala Serangan layu pada Batang Tanaman Cabai Merah

Pada gambar 3 (a) terlihat tanaman cabai merah yang terserang penyakit layu akibat patogen *Fusarium oxysporum*, sehingga tanaman menjadi layu dan daunnya mengering. Tanaman cabai merah yang terserang penyakit layu *Fusarium oxysporum* menimbulkan gejala pangkal batang yang warna coklat gelap. Batang tampak mengerut, rapuh dan ditumbuhi miselium putih pada kondisi yang lembap (Ilmi et al 2021).

Beberapa mekanisme antagonis yang dilakukan oleh jamur *T. harzianum* dan jamur *T.*

koningii untuk menghambat perkembangan patogen meliputi antibiosis, lisis, kompetisi dan mikroparasit. Jamur *T. harzianum* dan *T. koningii* untuk pengendalian secara hayati adalah dapat ditemukan diberbagai tempat, cepat dan dapat tumbuh di berbagai substrat, kisaran parasitisme terhadap patogen tumbuhan sangat luas, jarang bersifat patogen pada tumbuhan tingkat tinggi, kemampuan tinggi dalam kompetensi makanan, ruang, dapat menghasilkan antibiotik atau metabolit, sistem kerja enzim yang memungkinkan merusak pada berbagai jamur patogen (Afrina, 2023).

Salah satu mekanisme utamanya adalah mikoparasitisme,yaitu kemampuan untuk menyerang hifa dari patogen seperti *Fusarium* sp., kemudian menghasilkan enzim seperti kitinase, β -1,3-glukanase, dan protease yang bisa menghancurkan dinding sel patogen, sehingga menyebabkan lisis dan kematian sel *Fusarium*. Selain itu, *Trichoderma* juga berkompetisi dengan *Fusarium* dalam memperoleh nutrisi dan ruang di rizosfer. Pertumbuhan yang cepat membuat *Trichoderma* mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium* secara efektif (Luo et al., 2023).

Jamur *T. harzianum* dan jamur *T. koningii* menghasilkan senyawa metabolit sekunder seperti harzianolide, gliotoksin, viridin, dan koninginne yang bersifat fungitoksik dan dapat menghambat pertumbuhan miselium serta sporulasi *Fusarium*. Selain menekan pertumbuhan patogen secara langsung, *Trichoderma* juga mampu menginduksi ketahanan sistemik tanaman (ISR) dengan menstimulasi pembentukan enzim pertahanan seperti peroksidase, fenilalanin ammonia lyase (PAL), dan kitinase yang membantu tanaman membangun pertahanan terhadap infeksi. Di samping itu, *Trichoderma* juga menghasilkan zat pengatur tumbuh seperti auksin (IAA), giberelin, dan sitokin yang membantu memperkuat sistem akar serta mempercepat pemulihan tanaman dari stres akibat infeksi patogen. (Awal et al., 2024)

KESIMPULAN

Variasi dosis biofungisida jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma koningii* menunjukkan potensi sebagai agen biokontrol untuk mengurangi tingkat infeksi patogen *Fusarium* pada tanaman cabai merah. Hasil pengamatan selama 4 minggu menunjukkan bahwa dosis biofungisida jamur *Trichoderma harzianum* dan jamur *Trichoderma koningii* 20 gram dan 30 gram mampu sepenuhnya menekan perkembangan *Fusarium*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Dinas UPTD BPTPHBUN Laboratorium Agensi Hayati/Pestisida Nabati Provinsi Bali atas dukungan fasilitas penelitian, serta kepada rekan-rekan yang telah memberikan arahan dan bantuan dalam penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrina, V. 2023. *Uji Antagonis Trichoderma harzianum terhadap Phytophthora palmivora pada Buah Kakao sebagai Penunjang Mata Kuliah Mikologi*. Skripsi, Prodi Pendidikan Biologi, UIN Ar-Raniry : Banda Aceh.
- Ajmal, M., Hussain, A., Ali, A., Chen, H., & Lin, H. 2023. *Strategies For Controlling The Sporulation in Fusarium spp*. Journal Sains 9; 1-3

- Ayamilah, Y., Hariyono, K., Kuntadi, E. B., Utami, R. A., Halwiyah, L., Maulidina, N. S., Sobah, N. N., Resmi, A. D., Ramadhan, A., Mizan, M., Akbar, I., Faradisi, N. J., Zaujiah, R., Adha, I. A., & Hakim, N. K. 2024. Empowerment Of Young Farmers Centre Through Training in *Trichoderma* Production in 11(11); 868–876.
- Ariska, N. (2022). *Pengendalian Penyakit Layu Fusarium oxysporum pada Cabai Merah (Capsicum annum L.) dengan Menggunakan Kompos Trichodermasp*. Skripsi. Univeristas Sriwijaya
- Awal, M. A., Abdullah, N. S., Prismantoro, D., Dwisandi, R. F., Safitri, R., Mohd-Yusuf, Y., Mohd Suhaimi, N. S., & Doni, F. (2024). Mechanisms of action and biocontrol potential of *Trichoderma* against *Fusarium* in horticultural crops. *Cogent Food and Agriculture*, 10(1).
- Chatri, M., & Nadira. (2024). Penggunaan *Trichoderma* sp. Sebagai Pupuk Hayati Dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman: Literature Review. *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha*, 4(1), 564–576.
- Ilmi., N, Rinda., N, Yilia R, F. H. (2021). *Identifikasi Penyakit Layu Fusarium Pada Tanaman Cabai Keriting Merah (Capsicum annum L.) Dan Upaya*. 4–9, 304–314.
- Jackson, E., Li, J., Weerasinghe, T., & Li, X. (2024). The Ubiquitous Wilt-Inducing Pathogen *Fusarium oxysporum*—A Review of Genes Studied with Mutant Analysis. *Pathogens*, 13(10).
- Luo, M., Chen, Y., Huang, Q., Huang, Z., Song, H., & Dong, Z. 2023. *Trichoderma koningiopsis Tk905: an Efficient Biocontrol, Induced Resistance Agent Against Banana Fusarium Wilt Disease and a Potential Plant-Growth- Promoting Fungus*. *Frontiers in Microbiology* 14 (11); 1–11.
- Ningsih, H., Utami, S. H., & Dwi, L. (2016). Kajian Antagonis *Trichoderma* Spp . terhadap *Fusarium solani* Penyebab Penyakit Layu pada Daun Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) Secara In Vitro. *Proceeding Biology Education Conference*, 13(1), 814–817.
- Saptayanti, N. (2023). Penyakit Layu Fusarium Pada Pertanaman Pisang di Indonesia. *Buletin Teknologi Dan Inovasi Pertanian*, 2(3), 13–18.
- Sihombing, R. P. (2024). Pengaruh Rotasi Tanaman Terhadap Kesehatan Tanah Produktivitas Pertanian. *Circle Archive*, 1–12.
- Singh, J., kumar, V., Srivastava, S., Kumar, A., & Singh, V. P. (2018). *In vitro Evaluation of Trichoderma Species Against Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici Causing Tomato Wilt*. *Plant Pathology Journal*, 17(2), 59–64. <https://doi.org/10.3923/ppj.2018.59.64>
- Syarifah, S. M., Sari, O. P., & Bimantara, A. (2024). Pengendalian Hayati Patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici* dengan Isolat *Trichoderma* sp. Asal Rizosfer Bambu dari Kecamatan Kedu, Kabupaten Temanggung. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 29(3), 454–460.
- Ulya, Sri .D. R. S. F. (2021). Pertumbuhan Daun Tanaman Cabai Yang Diinfeksi *Fusarium oxysporum* pada Umur Tanaman Yang Berbeda. *Berkala Bioteknologi*, 4(1).
- Wati, V. R., Yafizham, & Fuskah, E. (2020). Pengaruh solarisasi tanah dan pemberian dosis *Trichoderma harzianum* dalam pengendalian penyakit layu *Fusarium* pada cabai (*Capsicum annum L.*). *J. Agro Complex*, 4(1), 40–49.
- Widowati, T., Nuriyanah, N., Nurjanah, L., Lekatompessy, S. J. R., & Simarmata, R. (2022). Pengaruh Bahan Baku Kompos terhadap Pertumbuhan dan Produksi Cabai Merah

Keriting (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 665–671.
<https://doi.org/10.14710/jil.20.3.665-671>

Zhang, J. L., Tang, W. L., Huang, Q. R., Li, Y. Z., Wei, M. L., Jiang, L. L., Liu, C., Yu, X.,
Zhu, H. W., Chen, G. Z., & Zhang, X. X. (2021). *Trichoderma: A Treasure House of Structurally Diverse Secondary Metabolites With Medicinal Importance*. *Frontiers in Microbiology*, 12(July), 1–21.