

EFEKTIVITAS *TRICHODERMA* SPP. SEBAGAI BIOFUNGISIDA TERHADAP PENYAKIT LAYU OLEH JAMUR *FUSARIUM OXYSPORUM* F.SP. *LYCOPERSICI* PADA TANAMAN TOMAT (*SOLANUM LYCOPERSICUM*)**Alysa Clara Novi Ayu Sipayung**

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana

Abstrak

Fusarium oxysporum f.sp. *lycopersici* is a pathogen that causes Fusarium wilt, significantly reducing tomato plant productivity. Biocontrol using *Trichoderma* spp. is an environmentally friendly alternative to suppress the development of this pathogen. This study aimed to evaluate the effectiveness of *Trichoderma* spp. in inhibiting *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* in tomato plants through in-vitro and in-vivo tests. The study used a Randomized Block Design (RBD) with seven treatments and four replications, each consisting of three plants per replication. *Trichoderma* spp. was applied as a biofungicide formulation in the planting medium, and observations were conducted on the disease incubation period and the percentage of Fusarium wilt infection in tomato plants for 21 days after treatment. The results showed that *Trichoderma* spp. application significantly suppressed the development of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. The best treatment extended the disease incubation period and reduced infection rates compared to the control. Therefore, *Trichoderma* spp. has the potential as an effective biofungicide for controlling Fusarium wilt in tomato plants.

Article History

Submitted: 10 April 2025

Accepted: 13 April 2025

Published: 14 April 2025

Keywords

Trichoderma spp., *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, biofungicide, in-vitro, in-vivo.

1. Pendahuluan

Tomat (*Solanum lycopersicum*) merupakan salah satu tanaman hortikultura bernilai ekonomi tinggi yang banyak dibudidayakan di berbagai belahan dunia. Selain dikonsumsi langsung, tomat juga menjadi bahan utama dalam industri pangan seperti pembuatan saus, pasta, dan berbagai produk olahan lainnya. Namun, produktivitas tanaman ini sering mengalami kendala akibat serangan patogen, salah satunya adalah jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, penyebab penyakit layu *Fusarium*. Infeksi jamur ini menyerang sistem vaskular tanaman, menghambat penyerapan air dan nutrisi, sehingga menyebabkan gejala layu, daun menguning, hingga kematian tanaman. Di daerah tropis dan subtropis, serangan *Fusarium* dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 50% dari total produksi (Bashan *et al.*, 2001).

Pengendalian penyakit layu *Fusarium* umumnya dilakukan menggunakan fungisida sintesis yang bekerja dengan cara menghambat pertumbuhan atau membunuh patogen secara langsung. Meskipun efektif dalam jangka pendek, penggunaan fungisida sintesis secara terus-menerus dapat menyebabkan perkembangan resistensi patogen, sehingga efektivitasnya menurun seiring waktu (Elad & Chet, 1997). Selain itu, residu kimia dari fungisida dapat berdampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Aplikasi yang berlebihan juga dapat mengganggu keseimbangan mikroorganisme tanah, menyebabkan penurunan kesuburan tanah serta produktivitas pertanian dalam jangka panjang (Palmieri *et al.*, 2023).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian telah mengarah pada alternatif pengendalian hayati yang lebih ramah lingkungan, salah satunya dengan pemanfaatan agen hayati sebagai biofungisida. *Trichoderma* spp. merupakan salah satu agen hayati yang efektif dalam menghambat patogen tular tanah, termasuk *Fusarium oxysporum* (Harman, 2006). Mekanisme antagonisme *Trichoderma* spp. meliputi persaingan ruang dan nutrisi di zona rizosfer, produksi senyawa metabolit sekunder bersifat antibiosis, serta kemampuan mikoparasitisme yang dapat menyerang dan menghancurkan hifa patogen (Benítez *et al.*, 2004). Selain sebagai biofungisida, *Trichoderma* spp. juga berperan dalam meningkatkan

ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen melalui induksi resistensi sistemik (Shoresh *et al.*, 2010).

Aplikasi *Trichoderma* spp. sebagai biofungisida dinilai lebih aman dibandingkan fungisida sintetis karena tidak meninggalkan residu berbahaya dan tidak merusak mikroorganisme menguntungkan di dalam tanah. Mouria *et al.* (2008) melaporkan bahwa penggunaan *Trichoderma* spp. dapat meningkatkan kesehatan tanah dengan memperbaiki aktivitas mikroba serta struktur tanah, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas *Trichoderma* spp. dalam mengendalikan penyakit layu *Fusarium* pada tanaman tomat. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan bukti ilmiah mengenai potensi *Trichoderma* spp. sebagai solusi pengendalian hayati yang berkelanjutan, mendukung pertanian ramah lingkungan, serta mengurangi ketergantungan pada fungisida sintetis untuk meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan.

2. Bahan dan Metode

2.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 hingga Februari 2025 di Laboratorium Penyakit Tumbuhan Program Studi Agroekoteknologi dan di lahan areal kos yang berlokasi di Jalan Tukad Melangit Gang XII, Kelurahan Panjer, Kota Denpasar.

2.2 Bahan dan Alat

Dalam penelitian ini, berbagai peralatan laboratorium digunakan, termasuk cawan petri, saringan, aluminium foil, tabung reaksi, kompor gas, sendok pengaduk, tisu, lampu Bunsen, jarum ose, autoklaf, penggaris, Erlenmeyer, laminar air flow kabinet, gelas ukur, kamera, kertas label, alat tulis, timbangan digital, plastik, hand sprayer, dan polybag. Adapun bahan-bahan yang diperlukan untuk penelitian ini meliputi aquades, kentang, metanol, media PDA (Potato Dextrose Agar), antibakteri, alkohol 70%, isolat jamur *Fusarium*, *Trichoderma harzianum*, *T. koningii*, *T. viride* yang diremajakan dari biakan stok di Laboratorium Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian, tanah subur, cocopit, tepung tapioka, ragi, gula, dan bibit tomat ceri.

2.3 Pembuatan Media PDA (Potato Dextrose Agar)

Pembuatan media PDA dimulai dengan merebus 100 gram kentang yang telah diiris tipis dalam 500 ml aquades selama 15 menit. Setelah disaring, hasil saringan dicampur dengan 10 gram agar dan 10 gram dextrose, lalu dipanaskan hingga merata. Media kemudian dituangkan ke dalam erlenmeyer, ditutup, dibungkus plastik, dan disterilisasi menggunakan autoclave pada 121°C selama 15 menit. Setelah sterilisasi, media PDA siap digunakan untuk menumbuhkan jamur *Trichoderma* dan *Fusarium*.

2.4 Peremajaan *Trichoderma* spp. pada media PDA

Peremajaan *Trichoderma* spp. pada media PDA dilakukan dengan mengambil isolat *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, dan *Trichoderma viride* dari laboratorium penyakit tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Udayana menggunakan metode tusukan miselium berdiameter 0,5–1 cm. Isolat kemudian ditempatkan pada medium PDA dan diinkubasi pada suhu ruangan, dengan peremajaan dilakukan setiap minggu.

2.5 Uji Daya Hambat *Trichoderma* spp. Terhadap Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* f.sp secara *in-vitro*

Pengujian daya hambat *Trichoderma* spp. terhadap *Fusarium oxysporum* menggunakan metode empat sisi. Media PDA sebanyak 10 ml dituangkan ke dalam cawan petri dan dibiarkan membeku. Isolat *Fusarium* ditempatkan di tengah cawan, lalu *Trichoderma harzianum*, *koningii*, dan *viride* diinokulasikan di empat titik mengelilinginya dengan jarak 20 mm. Sebagai kontrol, hanya *Fusarium* yang dibiakkan. Daya hambat diukur setelah biakan kontrol memenuhi cawan petri.

Daya hambat dihitung pada hari ke tiga, hari ke lima dan hari ke tujuh dan dihitung persentasenya dengan rumus:

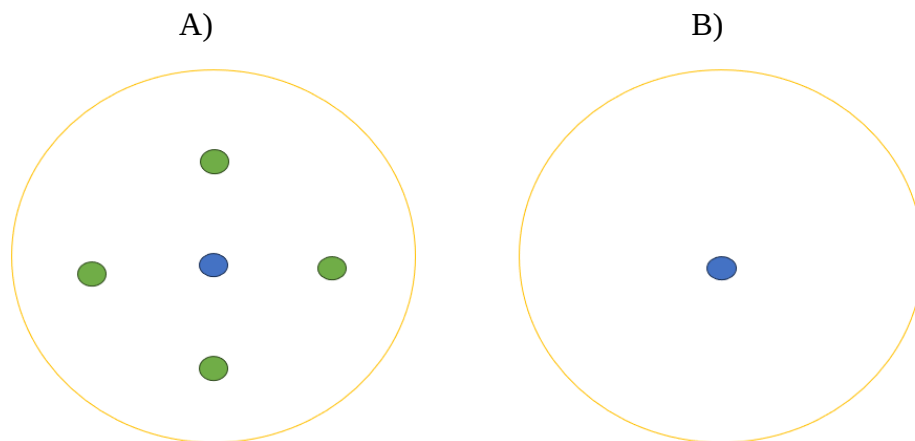
$$P = \frac{R1-R2}{R1} \times 100\%$$

Ket:

P : Persentase daya hambat

R1 : Jari-jari koloni *Fusarium oxysporum* pada perlakuan kontrol

R2: Jari-jari koloni *Fusarium oxysporum* pada perlakuan *Trichoderma* spp



Gambar 1. Ilustrasi pengujian secara *in-vitro*

Keterangan:

● = Jamur *Fusarium* sp

● = Jamur *Trichoderma* spp

○ = Media cawan petri berisi PDA

A = Perlakuan patogen dengan jamur antagonis 4 sisi

B= Koloni patogen tanpa antagonis (kontrol)

2.6 Pembuatan Formula Biofungisida

Formula penelitian dibuat dengan mencampurkan 400 gram cocopit, 50 gram ragi sebagai sumber karbohidrat, 10 gram gula, dan 10 gram tepung tapioka. Campuran dimasukkan ke dalam plastik bening dan disterilkan dalam autoclave pada 121°C selama 20 menit, lalu didinginkan. Isolat *Trichoderma* spp. yang telah dimurnikan dicampur dengan aquades, digerus, dan dibuat suspensi sebanyak 40 ml. Suspensi ini diinokulasikan ke media steril, dicampur merata, lalu diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang.

2.7 Uji Efektivitas Formula Biofungisida dalam Mengendalikan Penyakit

Layu *Fusarium* pada Tanaman Tomat secara *in-vivo*

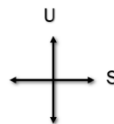
Formula berbahan aktif jamur *Trichoderma* spp. dengan bahan pembawa diaplikasikan pada media tanam dalam polybag yang berisi 250 gram tanah. Penambahan formula biofungisida ini dilakukan sebelum penanaman bibit tomat dalam polybag. Formula diinfestasikan sesuai dengan perlakuan yang telah ditentukan, yaitu kontrol tanpa formula, serta perlakuan dengan kode P1, P2, P3, P4, dan P5.

2.7.1 Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 7 perlakuan dan 4 ulangan. Setiap perlakuan terdiri dari 3 polybag, sehingga total keseluruhan adalah $28 \times 3 = 84$ polybag

◆ Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. K : Tanah +10 ml suspensi jamur *Fusarium* sp.
2. P1 : Tanah + 1 gr formula biofungisida *Trichoderma harizianum* + 10 ml suspensi jamur *Fusarium* sp.
3. P2 : Tanah + 2 gr formula biofungisida *Trichoderma koningii* + 10 ml suspensi jamur *Fusarium* sp.
4. P3: Tanah + 3 gr formula biofungisida *Trichoderma viride* + 10 ml suspensi jamur *Fusarium* sp.
5. P4: Tanah + 4 gr formula biofungisida *T. harizianum* dan *T viride* + 10 ml suspensi jamur fusarium sp.
6. P5: Tanah + 5 gr formula biofungisida *T. viride* dan *T. koningi* + 10 ml suspensi jamur *Fusarium* sp.
7. P6 Tanah + 6 gr formula biofungisida *T. harizianum*, *T. viride* dan *T koningii* + 10 ml suspensi jamur *Fusarium* sp.



I	II	III	IV
P2	P3	K	P4
K	P6	P5	P6
P5	P4	P3	P2
P3	P1	P6	P5
P1	K	P4	K
P4	P2	P1	P3
P6	P5	P2	P1

Gambar 2. Denah Percobaan

2.7.2 Masa Inkubasi

Masa inkubasi adalah periode sejak inokulasi hingga munculnya gejala pertama infeksi pada tanaman tomat. Pengamatan dilakukan setiap hari hingga gejala awal terlihat, kemudian perkembangan gejala diamati lebih lanjut. Tujuan pengamatan ini adalah menentukan waktu yang dibutuhkan *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* untuk menginfeksi dan menembus jaringan tanaman tomat.

2.7.3 Persentase penyakit layu *Fusarium* sp.

Pengamatan persentase penyakit dilakukan dengan menghitung jumlah tanaman tomat yang menunjukkan gejala layu *Fusarium* dibandingkan dengan total tanaman yang diamati. Pengamatan dilakukan setiap hari hingga gejala layu muncul. Setiap perlakuan terdiri dari 5 tanaman yang diamati. Persentase serangan dihitung sebagai persentase serangan mutlak menggunakan rumus yang telah ditentukan.

$$P = \frac{A}{N} \times 100\%$$

P = Persentase serangan penyakit (%)

A = Jumlah tanaman tomat yang sakit tiap perlakuan

N = Jumlah tanaman tomat yang diamati pada tiap perlakuan

2.8 Analisis Data

Data dianalisis secara statistik dengan ANOVA (*Analysis of Varians*). Apabila uji F menunjukkan pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji beda rata-rata Duncan's Multiple Range Test (DMRT) taraf 5%.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kemampuan *Trichoderma* spp. Dalam menghambat pertumbuhan jamur

Fusarium sp. secara *in-vitro*

Pengamatan dan perhitungan uji daya hambat jamur antagonis *Trichoderma* spp. terhadap pertumbuhan jamur penyebab penyakit tanaman *Fusarium* sp. dilakukan sejak 1 HSI hingga 7 HSI pada media PDA. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jamur *T. harzianum*, *T. koningii*, dan *T. viride* memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp., yang merupakan penyebab penyakit layu pada tanaman tomat.

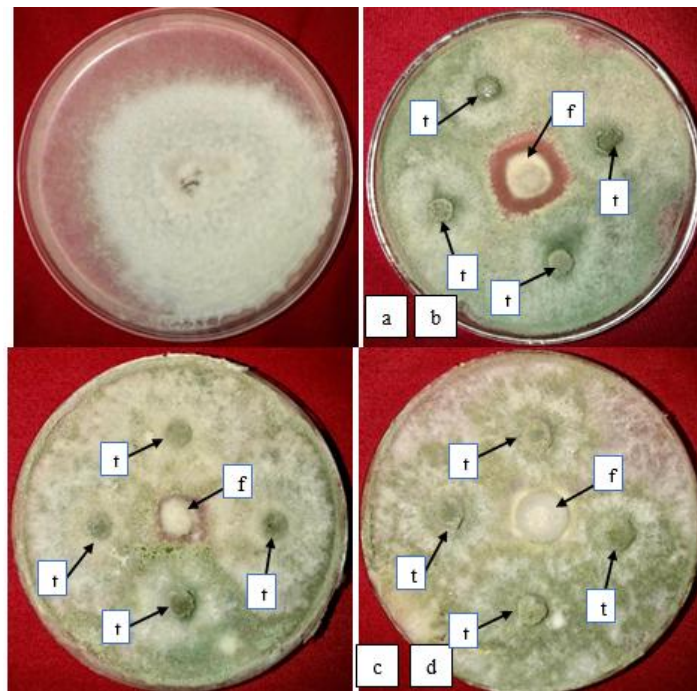
Tabel 1. Rata-rata koloni jamur *Fusarium* sp. pada media PDA selama 7 HSI dan persentasi daya hambat dari jamur antagonis terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium* sp.

Perlakuan	Luas koloni jamur (mm ²)	Persentasi daya hambat (%)
Kontrol	6016.17d	0
<i>Trichoderma harizianum</i>	441.67 a	88.80
<i>Trichoderma viride</i>	1036.67 c	77.13
<i>Trichoderma koningii</i>	860.00 b	82.13

Keterangan: Nilai yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semua perlakuan dengan *Trichoderma* bersifat antagonistik terhadap *Fusarium* sp., dengan *T. harzianum* memiliki daya hambat tertinggi, mencapai 88,80% pada hari ke-7. Sebaliknya, pada perlakuan kontrol, *Fusarium* sp. tumbuh optimal dengan luas koloni terbesar (6016,17 mm²). *T. koningii* dan *T. viride* menunjukkan daya hambat masing-masing 82,13% dan 77,13% pada hari ke-7.

Mekanisme penghambatan terjadi melalui kompetisi ruang dan nutrisi, mikoparasitisme, serta produksi senyawa antifungal. *Trichoderma* menghasilkan enzim hidrolitik seperti kitinase dan protease serta senyawa antifungal seperti gliotoksin dan trichodermin yang merusak dinding sel *Fusarium* sp. *T. harzianum* menunjukkan efektivitas tertinggi karena mampu menghasilkan senyawa antifungal dan enzim dalam jumlah lebih besar dibandingkan spesies lainnya.



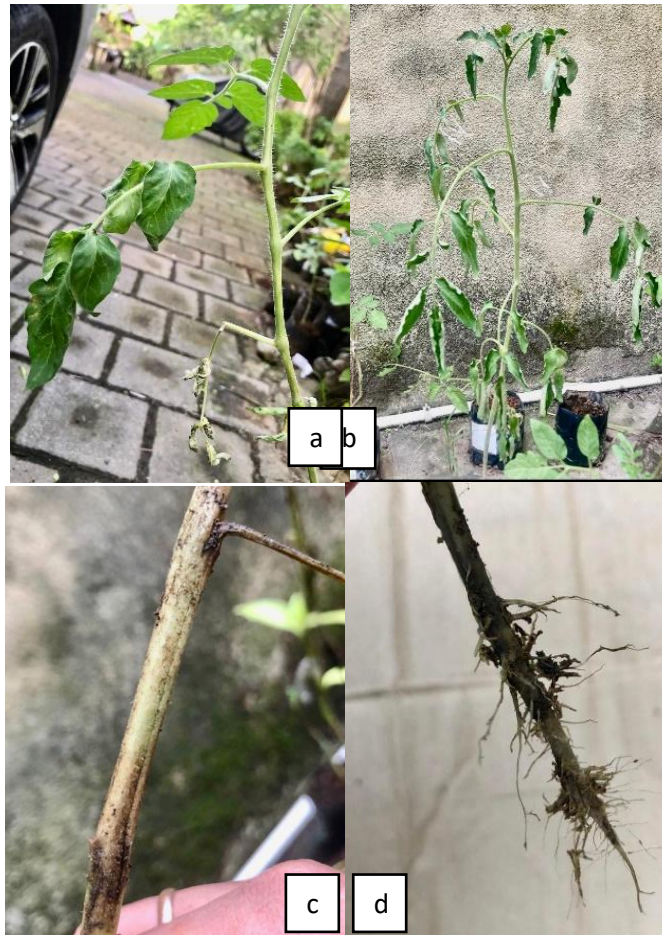
Gambar 3. Uji daya hambat jamur *Fusarium* sp. secara in vitro selama 7 HSI pada media PDA. a) Kontrol (*Fusarium* sp.) b) jamur *Fusarium* sp. dengan antagonis *Trichoderma koningii* c) jamur *Fusarium* sp. dengan jamur antagonis *Trichoderma harzianum* d) jamur *Fusarium* sp. dengan jamur antagonis *Trichoderma viride*.
Keterangan: t adalah *Trichoderma* dan f adalah *Fusarium*.

Hasil uji antagonisme menunjukkan bahwa *Trichoderma* spp. memiliki kemampuan berbeda dalam menghambat *Fusarium oxysporum*. Pada kontrol (Gambar a), *Fusarium* tumbuh tanpa hambatan, membentuk miselium putih dan mendominasi media. *Trichoderma koningii* (Gambar b) menghasilkan zona hambat yang luas melalui antibiosis dengan senyawa seperti gliotoksin dan trichodermin serta berkompetisi dalam ruang dan nutrisi. *Trichoderma harzianum* (Gambar c) meskipun memiliki zona hambat lebih kecil, menunjukkan efektivitas lebih tinggi (88,80%) melalui mikoparasitisme, menempel, dan menghancurkan hifa patogen dengan enzim litik. *Trichoderma viride* (Gambar d) juga menghambat *Fusarium*, tetapi efektivitasnya lebih rendah (72,13%), terutama melalui kompetisi dan sekresi senyawa antifungal dalam jumlah terbatas. Secara keseluruhan, *T. harzianum* menunjukkan daya hambat tertinggi (88,80%), diikuti oleh *T. koningii* (82,13%) dan *T. viride* (72,13%), dengan mekanisme utama berupa kompetisi, produksi senyawa antifungal, enzim hidrolitik, dan mikoparasitisme.

3.2 Kemampuan *Trichoderma* spp. Dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium* sp. secara in-vivo

3.2.1 Gejala setelah inokulasi *Fusarium* sp.

Gejala yang ditemukan pada tanaman tomat setelah inokulasi jamur *Fusarium* sp sangat beragam seperti yang terdapat pada gambar (a) layu tanaman dimulai dari daun tertua (4.2.B) layu *Fusarium* seluruh tanaman tomat (c) busuk batang (d) akar berwarna coklat. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Berlian (2013).



Gambar 4. Gejala yang terjadi dilapangan setelah inokulasi, keterangan: (a) Layu tanaman mulai dari daun tua (b) layu di seluruh tanaman (c) busuk batang (d) akar berwarna coklat.

Layu *Fusarium* pada tomat disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, yang menyerang jaringan xilem, menghambat transportasi air dan nutrisi, serta menyebabkan layu hingga kematian tanaman. Infeksi terjadi melalui akar yang terluka, dengan patogen menghasilkan enzim hidrolitik untuk penetrasi. Gejala awal meliputi perubahan warna akar, layu bertahap, hingga nekrosis batang.

Sebagai pengendalian hayati, *Trichoderma spp.* efektif menekan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* melalui kompetisi nutrisi, antibiosis, dan mikoparasitisme (Harman *et al.*, 2004). *Trichoderma* menghasilkan enzim seperti kitinase dan β -1,3-glukanase yang mendegradasi dinding sel patogen (Benítez *et al.*, 2004). Selain itu, *Trichoderma* menginduksi ketahanan sistemik tanaman dengan merangsang produksi senyawa pertahanan (Shoreh *et al.*, 2010). Aplikasinya sebagai biofungisida dapat meningkatkan kesehatan tanah dan mengurangi ketergantungan pada fungisida kimia.

Persentase kejadian penyakit pada tanaman tomat

Berdasarkan hasil pengamatan yang disajikan dalam Tabel 4.2 tingkat serangan penyakit layu *Fusarium* tertinggi ditemukan pada kelompok kontrol (tanpa perlakuan). Persentase infeksi pada kontrol ini secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan semua perlakuan lainnya.

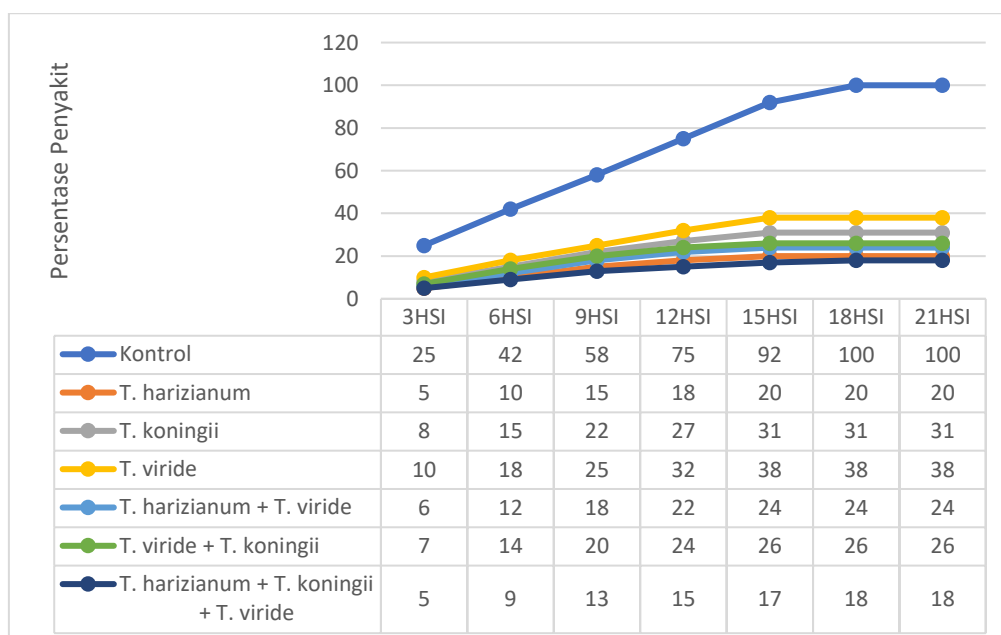
Tabel 2. Rata-rata persentase penyakit layu *Fusarium*

Perlakuan	Persentase Penyakit (%)
Kontrol	100 a
<i>T. harizianum</i>	21 f
<i>T. koningii</i>	41 b
<i>T. viride</i>	33 c
<i>T. harizianum</i> + <i>T. viride</i>	25 e
<i>T. viride</i> + <i>T. koningii</i>	27 d
<i>T. harizianum</i> + <i>T. koningii</i> + <i>T. viride</i>	18 g

Keterangan: Nilai yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Tingkat serangan layu *Fusarium* tertinggi terjadi pada kontrol (100%), menunjukkan bahwa *Fusarium oxysporum* berkembang optimal tanpa perlakuan. Aplikasi *Trichoderma* secara tunggal maupun kombinasi menekan penyakit secara signifikan. Perlakuan *T. harizianum* menurunkan infeksi hingga 21%, sedangkan kombinasi *T. harizianum* + *T. koningii* + *T. viride* paling efektif dengan 18% (Harman *et al.*, 2004). Efektivitas *T. harizianum* disebabkan oleh enzim litik seperti β -1,3-glukanase dan kitinase serta produksi gliotoksin dan viridin (Benítez *et al.*, 2004). Kombinasi *T. viride* + *T. koningii* juga efektif (27%), lebih baik dibandingkan perlakuan tunggal *T. koningii* (41%) dan *T. viride* (33%), karena efek sinergis kompetisi dan antibiosis (Howell, 2003). Kombinasi *T. harizianum* + *T. viride* menekan infeksi hingga 25%. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi *Trichoderma* lebih efektif dalam menekan *Fusarium oxysporum* melalui mikoparasitisme, antibiosis, dan kompetisi.

Histogram persentase penyakit layu *Fusarium* yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp *lycopersici* pada tanaman tomat disajikan pada Gambar 3.

Gambar 5. Histogram persentase penyakit layu *fusarium* pada tanaman tomat

Berdasarkan hasil pengamatan dari hari ke-3 hingga hari ke-21, perkembangan penyakit layu *Fusarium* pada tanaman tomat meningkat seiring waktu, terutama pada kontrol (K) tanpa *Trichoderma spp.*. Pada hari ke-3, infeksi awal mencapai 25% pada kontrol, sedangkan perlakuan dengan *Trichoderma spp.* lebih rendah (P1 dan P6 hanya 5%). Pada hari ke-6, infeksi kontrol meningkat drastis menjadi 42%, sementara P6 tetap rendah di 9%, menunjukkan efektivitas *Trichoderma spp.* dalam menghambat patogen.

Pada hari ke-9, infeksi kontrol mencapai 58%, sedangkan P6 hanya 13%. Memasuki hari ke-12, kontrol naik menjadi 75%, sementara perlakuan *Trichoderma* tetap lebih rendah (P6: 15%, perlakuan lain: 18–32%). Pada hari ke-15, kontrol hampir sepenuhnya terinfeksi (92%), sedangkan P6 tetap rendah di 17%. Pada hari ke-18, kontrol mencapai 100%, sedangkan perlakuan dengan *Trichoderma* masih efektif (P6: 18%).

Aplikasi *Trichoderma spp.* terbukti menekan perkembangan *Fusarium oxysporum* melalui kompetisi ruang dan nutrisi (Howell, 2003), produksi enzim lisis seperti β -1,3-glukanase dan kitinase (Harman *et al.*, 2004), serta induksi ketahanan sistemik (Benítez *et al.*, 2004). Kombinasi tiga spesies *Trichoderma* lebih efektif dibandingkan perlakuan tunggal, menunjukkan sinergisme dalam mekanisme biokontrol.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa beberapa spesies *Trichoderma spp.* mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* secara in vitro dengan tingkat daya hambat yang bervariasi, di mana *T. harzianum* menunjukkan daya hambat tertinggi sebesar 88,80%, diikuti oleh *T. koningii* sebesar 82,13%, dan *T. viride* sebesar 72,13%. Selain itu, aplikasi *Trichoderma spp.* secara in vivo terbukti efektif dalam menekan tingkat keparahan penyakit layu *Fusarium* pada tanaman tomat, di mana kombinasi *T. harzianum*, *T. koningii*, dan *T. viride* memberikan efektivitas tertinggi dengan penurunan tingkat infeksi hingga 18% pada minggu ketiga setelah inokulasi patogen.

Daftar Pustaka

- Astiningrum, M., Arhandi, P. P., & Ariditya, N. A. (2020). Identifikasi penyakit pada daun tomat berdasarkan fitur warna dan tekstur. *Jurnal Informatika Polinema*, 6(2), 47-50.
- Berlian, I., Setiawan, B., & Rahayu, S. (2013). Pengaruh *Trichoderma spp.* terhadap populasi mikroba tanah dan pertumbuhan tanaman. *Jurnal Biologi Tanah*, 10(2), 45-52.
- Cook, R. J., & Baker, K. F. (1983). *The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens*. American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minnesota.
- Fazil, M., Chamzurni, T., & Sriwati, R. (2018). Aplikasi beberapa bentuk formulasi *Trichoderma spp.* dalam mengendalikan penyakit layu *Fusarium* pada tanaman tomat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 3(2), 20-30.
- Ghufron, M., Nurcahyanti, S. D., & Wahyuni, W. S. (2017). Pengendalian penyakit layu *Fusarium* dengan *Trichoderma sp.* pada dua varietas tomat. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 6(1), 29-34.
- Hamidi, A. (2017). *Budidaya Tanaman Tomat*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Aceh, Aceh.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43-56.
- Indrawati, R., & Susilo, A. W. (2018). Efektivitas *Trichoderma spp.* dalam mengendalikan penyakit layu *Fusarium* pada tanaman hortikultura. *Jurnal Perlindungan Tanaman*, 15(3), 112-120.
- Jumadi, O., & Caronge, W. (2021). *Trichoderma* dan pemanfaatannya. Penerbit Jurusan Biologi FMIPA UNM, Kampus UNM Parangtambung, Jalan Malengkeri Raya, Makassar.

- Lahati, B. K., & Ladjinga, E. (2022). Efektivitas *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan penyakit layu *Fusarium* sp. di lahan pertanaman tomat. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 3(7), 7227-7234.
- Lawang, A., Martanto, E., & Erari, D. K. (2018). Pemanfaatan *Trichoderma viride* untuk pengendalian penyakit layu *Fusarium* pada tanaman tomat. *Prosiding Seminar Nasional Mewujudkan Kedaulatan Pangan melalui Penerapan Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi pada Kawasan Pertanian*, 209-215.
- McAllister, C. Á., Garcia-Romera, I., Godeas, A., & Ocampo, J. A. (1994). Interactions between *Trichoderma koningii*, *Fusarium solani*, and *Glomus mosseae*: Effects on plant growth, arbuscular mycorrhiza, and saprophytic inoculum. *Soil Biology and Biochemistry*, 26(10), 1363-1367.
- Novianti, D., & Septiani, M. (2019). Pengaruh jamur *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Indobiosains*, 1(2), 45-53.
- Nuraini, L., Hidayat, A., & Prasetyo, J. (2015). Mekanisme *Trichoderma* spp. dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* pada tomat. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 11(1), 55-63.
- Rahmadanti, T. P. (2019). Pengaruh kerapatan spora *Trichoderma* sp. dan konsentrasi ekstrak temu ireng (*Curcuma aeruginosa* Roxb.) terhadap intensitas penyakit bulai dan pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.). [Skripsi], Universitas Sebelas Maret.
- Hardianti, A. R., Rahayu, Y. S., & Asri, M. T. (2014). Efektivitas waktu pemberian *Trichoderma harzianum* dalam mengatasi serangan layu *Fusarium* pada tanaman tomat varietas Ratna. *LenteraBio*, 3(1), 21-25.
- Sharma, P. (2011). Kompleksitas interaksi *Trichoderma*-*Fusarium* dan manifestasi pengendalian hayati. *Jurnal Ilmu Tanaman Australia*, 5 (8), 1027-1038.
- Shores, M., Harman, G. E., & Mastouri, F. (2010). Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annual Review of Phytopathology*, 48, 21-43.
- Sivan, A., Chet, I., & Stasz, T. E. (1990). Biological control of *Fusarium* wilt in cotton by *Trichoderma harzianum*. *Plant Disease*, 74(6), 446-448.
- Taufik, M. (2008, November). Efektivitas agens antagonis *Trichoderma* sp. pada berbagai media tumbuh terhadap penyakit layu tanaman tomat. *Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI PFI XIX Komisariat Daerah Sulawesi Selatan* (Vol. 5, pp. 123-130). Makassar, Indonesia.
- Wahyurini, E., & Lagiman, L. (2020). *Teknik budidaya dan pemuliaan tanaman tomat*. LPPM UPN "Veteran" Yogyakarta. ISBN: 978-623-6797-55-6.
- Widodo, A., & Setyobudi, R. H. (2020). Aplikasi biofungisida berbasis *Trichoderma* untuk mengendalikan penyakit tanaman hortikultura. *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Berkelanjutan*, 234-240.