

Pengendalian Hayati Patogen *Fusarium oxysporum f. sp. capsici* dengan Isolat *Trichoderma* sp. Asal Rizosfer Bambu dari Kecamatan Kedu, Kabupaten Temanggung

(Pathogen Biological Control of *Fusarium oxysporum f. sp. capsica* using Isolated *Trichoderma* sp. of Bamboo Rhizosphere from Kedu District, Temanggung Regency)

Sharfina Mutia Syarifah*, Ofivah Permata Sari, Arif Bimantara

(Diterima November 2023/Disetujui Mei 2024)

ABSTRAK

Penyakit layu yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum f. sp. capsici* dapat menimbulkan masalah serius dan menurunkan hasil panen cabai merah, sehingga diperlukan pengendalian yang dapat mengurangi perkembangan patogen tersebut. Tujuan penelitian ini adalah menentukan potensi *Trichoderma* sp. asal rizosfer bambu di Kecamatan Kedu, Kabupaten Temanggung, dalam menghambat pertumbuhan patogen *F. oxysporum f. sp. capsici* secara *in vitro* dan *in vivo*. *Trichoderma* sp. diisolasi dari rizosfer tanaman bambu dan *F. oxysporum f. sp. capsici* diisolasi dari tanaman cabai merah yang bergejala layu fusarium. Isolat jamur dimurnikan dan diidentifikasi berdasarkan buku kunci identifikasi. Uji *in vitro* menggunakan metode kultur ganda dan uji *in vivo* dilakukan di rumah kaca dengan mengaplikasikan *Trichoderma* sp. pada batang tanaman cabai merah. Dari tanah rizosfer bambu di daerah Kecamatan Kedu diperoleh satu isolat *Trichoderma* sp. dan isolat *Fusarium* sp. diperoleh dari batang tanaman cabai merah. Berdasarkan uji antagonis secara *in vitro*, jamur *Trichoderma* sp. mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum f. sp. capsici* sampai 82,50% pada 7 HSI. Jamur *Trichoderma* sp. mampu menghambat patogen dengan mekanisme penghambatan antibiosis dan persaingan nutrisi dan ruang tumbuh. Inokulasi *Trichoderma* sp. diikuti inokulasi patogen secara *in vivo* pada batang tanaman cabai merah mampu menunjukkan intensitas gejala serangan mencapai 4,16% dengan kinerja antagonistik 75,03% pada 12 hari setelah inokulasi. *Trichoderma* sp. efektif sebagai alternatif agen pengendali hayati bagi penyakit tanaman cabai merah yang disebabkan oleh *F. oxysporum f. sp. capsici*.

Kata kunci: *Fusarium oxysporum f. sp. capsici*, penyakit tanaman, rizosfer bambu, *Trichoderma* sp.

ABSTRACT

Wilt disease caused by *Fusarium oxysporum f. sp. Capsici* can cause serious problems and reduce red chili yields, so controls are needed that can reduce the development of the pathogen. The purpose of this study was to determine the potential of *Trichoderma* sp. from the bamboo rhizosphere in Kedu District, Temanggung Regency, in inhibiting the growth of *F. oxysporum f. sp. capsici* *in vitro* and *in vivo*. *Trichoderma* sp. Was isolated from the rhizosphere of bamboo plants, and *F. oxysporum f. sp. capsici* was isolated from red chili plants with symptoms of fusarium wilt. Mushroom isolates were purified and identified based on the identification key book. An *in vitro* test using the double culture method and an *in vivo* test were conducted in a screen house by applying *Trichoderma* sp. to the stem of red chili plants. One isolate of *Trichoderma* sp. was obtained from the soil of the bamboo rhizosphere in the Kedu District, and *Fusarium* sp. isolates were obtained from the stems of red pepper plants. Based on *in vitro* antagonist tests, *Trichoderma* sp. Fungi were able to inhibit the growth of *F. Oxysporum f. sp. capsici* up to 82.50% at 7 HSI. *Trichoderma* sp. could inhibit pathogens through antibiotic inhibition mechanisms and competition of nutrients and space to grow. *Trichoderma* sp. inoculation followed by *in vivo* inoculation of pathogens on red chili plant stems showed an attack symptom intensity of 4.16% with an antagonistic performance of 75.03% 12 days after inoculation. *Trichoderma* sp. is effective as an alternative biological control agent for red chili plant disease caused by *F. Oxysporum f. sp. capsici*.

Keywords: Bamboo Rhizosphere, *Fusarium oxysporum f. sp. capsici*, Plant Diseases, *Trichoderma* sp.

PENDAHULUAN

Keberhasilan budi daya cabai merah memberikan banyak keuntungan, tetapi tidak jarang para petaninya mengalami kegagalan atau kerugian. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat produksi cabai merah di

Program Studi Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, Jl. Ring Road Barat 63
Mlangi Nogotirto Gamping Sleman 55292

* Penulis Korespondensi:

sharfinamutiasyarifah@unisayogya.ac.id

Indonesia mencapai 1.360,57 juta ton pada tahun 2021. Jumlah ini naik 7,62% dari tahun 2020 (1.264,19 juta ton). Meskipun meningkat, produksi ini masih belum mencukupi kebutuhan nasional sehingga pemerintah harus mengimpor cabai merah sampai 27.851,98 ton.

Organisme pengganggu tanaman (OPT) menjadi salah satu faktor terpenting dalam produksi cabai merah. Organisme tersebut berupa serangan hama penyakit yang dapat menurunkan produktivitas tanaman. Menurut Wulandari *et al.* (2020), serangan OPT yang tinggi pada tanaman dapat menyebabkan kehilangan hasil panen 25–100%. *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici* merupakan salah satu patogen yang menyerang tanaman cabai merah dan penyebab kerugian seperti penurunan pertumbuhan, hasil produksi, dan kualitas buah cabai merah, khususnya di Indonesia (Putra *et al.* 2019).

Pengendalian *F. oxysporum* f. sp. *capsici* menggunakan pestisida sintetik berupa fungisida masih digunakan dalam produksi cabai merah karena petani menganggap cara ini yang paling sederhana dan efektif. Salah satu alternatif untuk mengurangi penggunaan fungisida yang berlebihan adalah dengan mengaplikasikan *Trichoderma* sp. dari tanah rizosfer tanaman bambu. Rizosfer bambu memiliki mikrob yang bersifat antagonis terhadap patogen tular tanah (*soil borne disease*) melalui beberapa mekanisme pengendalian seperti resistensi vital, parasit, antibiotik, dan induksi sistemik telah banyak dilaporkan (Hardiansyah *et al.* 2020). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi potensi *Trichoderma* sp. asal rizosfer bambu dari Kecamatan Kedu, Kabupaten Temanggung, dalam menghambat pertumbuhan patogen *F. oxysporum* f. sp. *capsici* secara *in vitro* dan *in vivo*.

METODE PENELITIAN

Isolasi *Trichoderma* sp. dan *F. oxysporum* f. sp. *capsici*

Jamur *Trichoderma* sp. diisolasi dari rizosfer bambu di Kecamatan Kedu, Kabupaten Temanggung, dengan memilih tiga lokasi yang berbeda, yaitu Desa Ngadimulyo, Desa Mojotengah, dan Desa Candimulyo. *Trichoderma* sp. diisolasi dari kedalaman tanah 0–20 cm yang diambil pada bagian perakaran tanaman bambu pada dua titik secara acak. Dari sampel tanah dibuat seri pengenceran hingga 10^{-2} . Suspensi diambil sebanyak 0,1 mL, diinokulasikan pada media PDA dan ditumbuhkan pada suhu ruang 26°C selama 7 hari. Biakan dimurnikan dengan memindahkan satu koloni jamur *Trichoderma* sp. ke media (PDA) steril yang baru dan diinkubasi kembali selama 7 hari.

Jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici* diisolasi pada batang tanaman cabai merah terindikasi terinfeksi penyakit layu fusarium. Setelah diisolasi, patogen kemudian diidentifikasi secara makroskopis dan

mikroskopis. Batang tanaman bergejala dipotong sepanjang 5 mm. Potongan tanaman disterilkan dengan perendaman pada beberapa larutan, yaitu larutan alkohol 70% selama 1 menit, larutan natrium hipoklorit 5,25% selama 2 menit, kemudian dibilas dengan air steril sebanyak 3 kali. Potongan batang kemudian ditumbuhkan pada media PDA dan diinkubasi pada suhu 26°C selama 7 hari. Isolat ini kemudian ditumbuhkan kembali pada media yang sama hingga diperoleh isolat murni.

Identifikasi *Trichoderma* sp. dan *F. oxysporum* f. sp. *capsici*

Identifikasi dilakukan secara makroskopis dengan cara mengamati kecepatan pertumbuhan dan warna koloni. Pengamatan secara mikroskopis meliputi ada tidaknya spora atau konidia dan bentuk spora dengan menggunakan mikroskop. Hasil pengamatan identifikasi dicocokkan dengan menggunakan buku kunci identifikasi jamur *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (Jufri *et al.* 2015).

Uji Antagonis *Trichoderma* sp. terhadap *F. oxysporum* f. sp. *capsici* secara *In Vitro*

Uji *in vitro* dikerjakan dengan metode kultur ganda. Biakan *Trichoderma* sp. dan *F. oxysporum* f. sp. *capsici* yang sudah murni umur 7 hari diambil dengan *cork borer* diameter 4 mm pada bagian tengah koloni. Kedua koloni ditumbuhkan berdampingan di atas media PDA dalam cawan petri dengan jarak 3 cm dari tepi cawan. Biakan diinkubasi pada suhu 26°C dan jari-jari koloni diukur selama 7 hari.

Data persentase penghambatan diperoleh melalui pengukuran jari-jari koloni jamur patogen yang mendekati dan menjauhi koloni jamur antagonis dengan menggunakan penggaris. Persentase penghambatan dapat dihitung dengan rumus berikut (Ningsih *et al.* 2016):

$$\text{Presentase penghambatan} = \frac{r_1 - r_2}{r_1} \times 100\%$$

Keterangan:

- r1 = Jari-jari cakram miselium jamur patogen yang menjauhi koloni jamur antagonis
- r2 = Jari-jari cakram miselium jamur patogen yang mendekati koloni jamur antagonis

Tingkat hambatan *Trichoderma* sp. terhadap *F. oxysporum* f. sp. *capsici* ditentukan berdasarkan persentase *inhibition of radial growth* (PIRG) dan Bell Rating. Picardal *et al.* (2019) menggolongkan PIRG sebagai berikut: PIRG <50%: rendah, 50% < PIRG < 60%: sedang, 60% < PIRG < 75%: tinggi, dan PIRG > 75%: sangat tinggi. Skala pemeringkatan Bell disajikan pada Tabel 1.

Pengaplikasian pada Batang Tanaman Cabai Merah secara *In Vivo*

Pengujian *in vivo* ini menggunakan metode Sutarman (2017) yang dimodifikasi. Isolat *Trichoderma* sp. dan *Fusarium* sp. yang sudah dibiakkan selama 10 hari di media PDA dikultivasi dan diencerkan. Batang tanaman cabai merah usia 60 hari setelah tanam (HST) dibasuh selama 30 detik dengan menggunakan lembaran tisu yang sudah direndam dalam alkohol 50% kemudian dibilas tiga kali dengan cara pembasuhan dengan lembaran tisu yang sudah direndam dalam air akuades steril. Batang tanaman kemudian dilukai sepanjang ± 2 cm pada bagian pangkal batang dengan menggunakan *cutter*.

Inokulasi dilakukan dengan cara mengoleskan suspensi spora masing-masing 1 mL ke bagian batang tanaman yang telah diberi goresan kecil untuk membantu masuknya jamur ke dalam bagian tanaman yang diuji (Sutarman 2017). Pengaplikasian dilakukan dengan enam kombinasi perlakuan: (1) tanpa inokulasi (T0F0), (2) inokulasi *Fusarium* (T0F1), (3) inokulasi *Trichoderma* (T1F0), (4) inokulasi dengan *Trichoderma* dan *Fusarium* bersamaan (TF), (5) inokulasi *Trichoderma* terlebih dahulu, 4 jam kemudian diinokulasi dengan *Fusarium* (T1F2), dan (6) inokulasi *Fusarium* terlebih dahulu, 4 jam kemudian diinokulasi dengan *Trichoderma* (F1T2).

Semua perlakuan diulang 3 kali. Parameter yang diamati ini adalah panjang nekrotik yang disebabkan oleh aktivitas patogen diamati pada 6 dan 12 HSI, intensitas gejala serangan yang diukur pada 12 HSI dengan menggunakan rumus You *et al* (2016) yang dimodifikasi menjadi sebagai berikut:

$$IGS = \sum_{i=1}^{k=4} (\bar{m}_i) / N \cdot k \times 100\%$$

Keterangan:

IGS = Intensitas gejala serangan

Tabel 1 Skala pemeringkatan Bell

Peringkat	Daya hambat patogen
1	Antagonis benar-benar melampaui batas patogen dan menutupi seluruh permukaan media
2	Antagonis menguasai 2/3 dari permukaan media
3	Masing-masing antagonis dan patogen menempati 1/2 permukaan media dan tidak ada organisme lain yang mendominasi
4	Patogen berhasil melampaui antagonis dan menguasai 2/3 dari permukaan media dan nampak menahan serangan dari antagonis
5	Patogen sepenuhnya menguasai permukaan media

Tabel 2 Skor dan kriteria gejala serangan

Skor	Kriteria gejala nekrosis
0	Tidak ada gejala nekrosis
1	Timbul nekrosis < 0,5 cm, tidak melingkari batang
2	Nekrosis $0,5 \leq x \leq 1$ cm, tidak melingkari batang
3	Nekrosis > 1 cm, tidak melingkari batang
4	Nekrosis hampir melingkari $\frac{3}{4}$ batang, tanaman mulai layu dan/atau mati

- i* = Nilai numerik (skor) bibit dengan kriteria gejala serangan teramati
k = Nilai numerik (skor) tertinggi dengan kriteria gejala serangan terberat
n = Jumlah bibit dengan skor gejala *i*
N = Keseluruhan jumlah tanaman tiap satuan percobaan

Kriteria gejala pada batang tanaman cabai merah ditentukan berdasarkan kriteria gejala seperti pada Tabel 2. Kinerja antagonistik oleh *Trichoderma* sp. terhadap patogen dihitung menggunakan metode Sutarman (2017) sebagai berikut:

$$KA = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

A = Intensitas gejala serangan batang yang diinokulasikan hanya oleh patogen

B = Intensitas gejala serangan batang yang diinokulasikan oleh *Trichoderma* sp. dan patogen secara bersamaan atau salah satu mendahului yang lain

Analisis Data

Hasil yang didapatkan dilanjutkan dengan uji *Analysis of Variance* (ANOVA) ($p < 0,05$). Jika hasil yang didapat berbeda nyata, dilakukan uji lanjut dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) ($p > 0,05$) untuk mengevaluasi perbedaan pada setiap perlakuan (Susanti *et al.* 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter *Trichoderma* sp.

Pengamatan secara makroskopis (Gambar 1) memperlihatkan koloni jamur antagonis memiliki

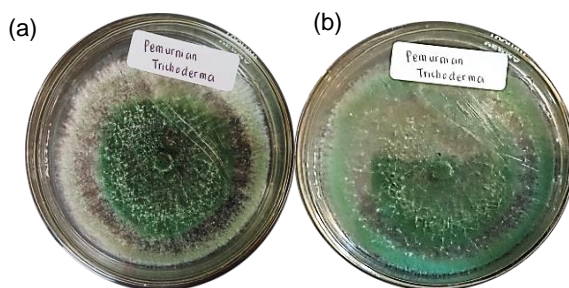
permukaan yang rata dan bulat tetapi berserat kasar dengan tepi yang halus. Koloni pertama berwarna putih, kemudian hijau cerah di tengah, selanjutnya berubah menjadi hijau tua berbentuk lingkaran dengan batas yang jelas. Tepinya putih seperti kapas, dan warna koloni berubah menjadi hijau tua di permukaan atas. Menurut Syahputra *et al.* (2017), genus *Trichoderma* sp. diindikasikan dengan warna hijau muda sampai tua, menyebar dengan cepat dan merata, dan koloni berbentuk bulat. Dari pengamatan secara mikroskopis (Gambar 2), jamur antagonis *Trichoderma* sp. memiliki fialid, hifa bersekat, hialin, dan konidiospora bercabang pendek di dekat bagian ujung dan memiliki konidia bulat berwarna hijau tua. Berlian *et al* (2016) melaporkan identifikasi *Trichoderma* sp. secara mikroskopis menunjukkan bahwa kondisi hifa hialin, konidia berbentuk elips berwarna kuning kehijauan, lonjong, dan konidiofor bercabang banyak, tidak beraturan, dan

piknidal di ujung konidiofor, bertipe fialid, dengan jumlah 2–3 di setiap ujungnya.

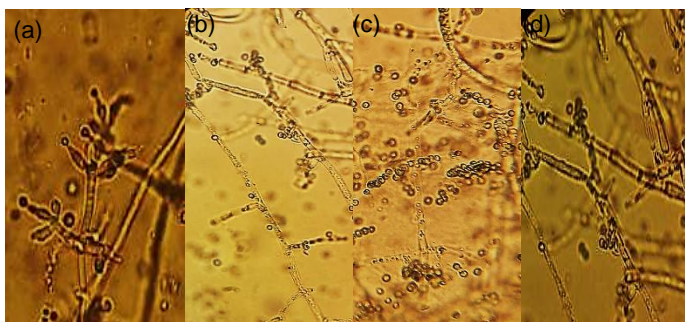
Karakter *F. oxysporum* f. sp. *capsici*

Pengamatan secara makroskopis, koloni jamur patogen berbentuk tidak beraturan dan berwarna putih kemerahan. Asrul *et al* (2021) mengidentifikasi kultur muda memiliki koloni berwarna putih. Warna khas setiap *Fusarium* sp. akan berkembang seiring dengan kematangan kultur dan berubah warna menjadi ungu, putih, abu-abu, atau terkadang cokelat. Permukaan koloni jamur patogen awalnya tampak datar, tetapi seiring bertambahnya usia permukaan koloni menjadi keras, tidak beraturan, atau seperti kapas (Gambar 3b).

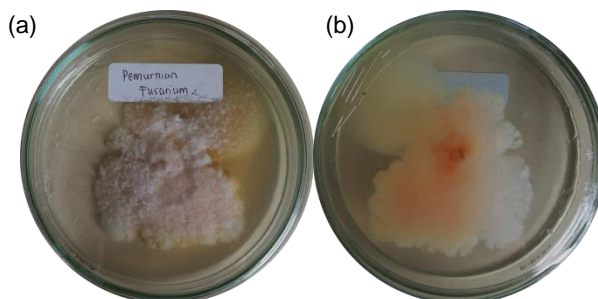
Jamur patogen yang diisolasi secara mikroskopis memiliki konidia berupa makrokonidia dan mikrokonidia. Makrokonidia jamur patogen sangat melimpah, berbentuk sabit runcing (melengkung), mempunyai 3–5



Gambar 1 Karakteristik makroskopis *Trichoderma* sp. pada HIS hari ke-5 (A) dan hari ke-7 (B).



Gambar 2 Karakteristik mikroskopis *Trichoderma* sp. pada 7 HSI. (a) fialid, (b) cabang konidiofor, (c) konidiospora, (d) konidia, dan (e) hifa bersekat.



Gambar 3 Karakteristik makroskopis jamur patogen *F. oxysporum* f. sp. *capsici* umur 7 HSI. (A) Isolot tampak atas, (B) Isolot tampak bawah.

sekat, berukuran 21,0–30,0 × 3,0–4,2 µm, berding sel tebal, dan tidak berwarna. Mikrokonidia yang dihasilkan oleh jamur patogen sangat banyak. Mikrokonidia berbentuk bulat telur (elips), tumpul di kedua ujungnya, memiliki 0–1 sekat, tersusun secara tunggal, berukuran 5,0–10,0 × 2,2–2,7 µm dan tidak berwarna. Jamur patogen yang ditemukan tampak tumbuh dari spora dengan struktur berserabut, Hifa bersekat (septa), hialin, bercabang, konidiofor tegak dan sederhana. Konidiospora terbentuk dalam konidiofor tunggal atau konidiofor bercabang (unileaf). Ujung hifa disusun secara individual dengan klamidospora hialin berding sel tebal dan bulat (Gambar 4).

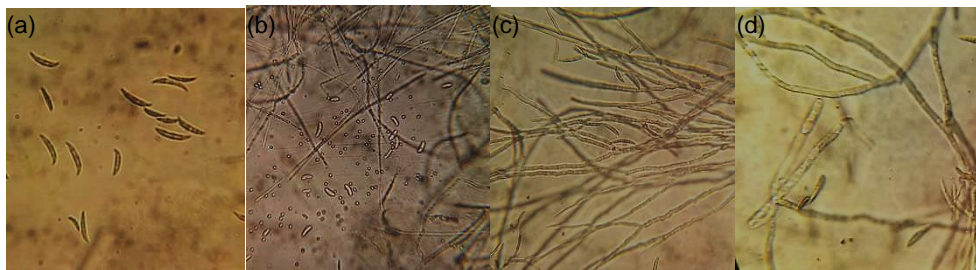
Antagonistik *Trichoderma* sp. terhadap *F. oxysporum* f. sp. *capsici* secara *In Vitro*

Pengamatan uji antagonis antara *Trichoderma* sp. dengan *F. oxysporum* f. sp. *capsici* menunjukkan pertumbuhan miselium jamur *Trichoderma* sp. lebih cepat bila dibandingkan dengan jamur *F. oxysporum* f. sp. *capsici*. Laju pertumbuhan koloni jamur disajikan pada Tabel 3. Pada hari ke-7, jamur *Trichoderma* sp. tumbuh dengan rata-rata 50 mm pada kontrol, sedangkan pertumbuhan koloni jamur *F. oxysporum* f. sp. *capsici* pada pengamatan hari ke-7 hanya dapat tumbuh dengan rata-rata 28 mm pada kontrol. Hasil perlakuan uji antagonis berupa rerata jari-jari pertumbuhan miselium diukur pada kedua jamur. Rerata jari-jari miselium jamur *Trichoderma* sp. pada hari ke-3 (25 mm) hingga hari ke-5 (31 mm) mengalami peluasan miselium yang cukup meningkat. Hal ini karena pertumbuhan jamur *Trichoderma* sp. pada hari ke-3 dapat memproduksi berjuta-juta spora dan pada awal pertumbuhan masih terdapat ruang untuk jamur tersebut

tumbuh (Sundari *et al.* 2014). Sebaliknya, pertumbuhan miselium jamur *F. oxysporum* f. sp. *capsici* lebih lambat, hanya mencapai rerata jari-jari miselium pada hari ke-3 (10 mm) hingga hari ke-5 (10,88 mm). Berdasarkan pengamatan, hal ini terjadi karena adanya kompetisi ruang dan nutrisi tumbuh dengan jamur *Trichoderma* sp. sehingga jamur *F. oxysporum* f. sp. *capsici* sulit berkembang.

Isolat jamur *Trichoderma* sp. asal Kecamatan Kedu Kabupaten Temanggung mempunyai persentase daya hambat 82,50% dengan peringkat Bell kategori 2 (Tabel 4). Ini mengindikasikan bahwa jamur *Trichoderma* sp. asal Kecamatan Kedu mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* f. sp. *capsici*. Penghambatan pada media PDA tersebut mungkin karena terjadi mekanisme antibiosis dan kompetisi ruang. Mekanisme antibiosis ditunjukkan dengan zona bening di antara kedua jamur tersebut (Gambar 5). *Trichoderma* sp. dapat menghasilkan enzim hidrolitik β-1,3- glukonase, kitinase, dan selulase yang dapat mendegradasi sel-sel jamur lain yang sebagian besar tersusun dari β-1,3-glukon dan kitin, sehingga jamur *Trichoderma* sp. mampu berpenetrasi ke dalam hifa jamur lain (Khairul *et al.* 2018).

Ketersediaan nutrisi dalam cawan petri sebagai media pertumbuhan yang sangat terbatas membuat persaingan antara *Trichoderma* sp. dan *F. oxysporum* f. sp. *capsici*. Pertumbuhan *Trichoderma* sp. yang lebih tinggi mampu mendominasi persaingan dalam memperoleh nutrisi dan ruang dibandingkan *F. oxysporum* f. sp. *capsici*. Menurut Pasalo *et al.* (2022), mekanisme kompetisi terjadi karena terdapat dua mikroorganisme yang secara langsung memerlukan sumber nutrisi yang sama.



Gambar 4 Karakteristik mikroskopis jamur patogen *F. oxysporum* f. sp. *capsici* umur 7 HSI (perbesaran 100×). (a) makrokonidia, (b) mikrokonidia, (c) hifa bersekat, dan (d) klamidospora.

Tabel 3 Rerata pertumbuhan koloni *Trichoderma* sp. dan *F. oxysporum* f. sp. *capsici*

Perlakuan	Rerata jari-jari koloni (mm) hari ke-		
	3	5	7
<i>Trichoderma</i> sp. (kontrol)	26	40	50
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>capsici</i> (kontrol)	13	22	28
<i>Trichoderma</i> sp. (uji <i>in vitro</i>)	25	31	33
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>capsici</i> (uji <i>in vitro</i>)	10	10,66	10,88

Pengaplikasian pada Batang Tanaman Cabai Merah secara *in Vivo*

Panjang nekrotik pada 6 HSI dengan perlakuan T0F1 menunjukkan angka tertinggi, yaitu 1,13 cm dan panjang nekrotik bertambah menjadi 1,36 cm pada 12 HSI (Tabel 5). Perlakuan TF dan T1F2 juga menunjukkan angka 0,43 cm dan 0,66 cm pada 6 HSI. Kondisi ini mengalami penurunan panjang nekrotik pada 12 HSI, yaitu 0,33 cm (TF), dan 0,26 cm (T1F2). Panjang nekrotik perlakuan F1T2 memperlihatkan angka 0,83 cm lebih kecil dibandingkan panjang nekrotik perlakuan T0F1, yaitu 1,13 cm pada 6 HSI. Terjadi penurunan panjang nekrotik pada 12 HSI, yaitu 0,56 (F1T2). Hasil analisis statistik mengenai pengaruh cara inokulasi antara *Trichoderma* sp. dan *F. oxysporum* f. sp. *capsici* pada 6 HSI menunjukkan bahwa panjang nekrotiknya perlakuan T0F1 tertinggi dan berbeda sangat nyata dengan perlakuan T0F0 dan T1F0; selain itu, juga berbeda nyata dengan tiga perlakuan lainnya, yakni TF, T1F2, dan F1T2. Namun, pada pengamatan 12 HSI, pengaruh inokulasi pada panjang nekrotik menjadi tidak berbeda nyata antara perlakuan TF dan T1F2.

Hasil analisis statistik mengenai kemampuan antagonis menunjukkan pengaruh sangat nyata pada intensitas gejala serangan; tertinggi terjadi pada perlakuan inokulasi patogen saja (T0F1), yaitu 16,66% dan intensitas gejala serangan terendah terdapat pada

perlakuan inokulasi *Trichoderma* sp. diikuti inokulasi patogen (jeda 4 jam) (T1F2), yaitu 4,16% (Tabel 5).

Pengamatan pada perlakuan TF menggambarkan intensitas gejala serangan pada 12 HSI 8,33%. Ini menunjukkan bahwa secara bersamaan pada uji *in vivo*, *Trichoderma* sp. tidak dapat mengendalikan patogen *F. oxysporum* f. sp. *capsici*. Kemampuan *Trichoderma* sp. secara *in vivo* menurun dibandingkan dengan antagonistik pada uji *in vitro*. Hal ini diduga karena beberapa faktor yang dapat memengaruhi kemampuan viabilitas *Trichoderma* sp. dan virulensi *F. oxysporum* f. sp. *capsici*, antara lain faktor suhu, kelembapan, dan faktor lingkungan. Perlakuan F1T2 memperlihatkan intensitas gejala serangan mencapai 12,50% dan kinerja antagonistik tertinggi mencapai 75,03% (Tabel 6).

KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan ini dapat disimpulkan bahwa *Trichoderma* sp. asal rizosfer bambu di Kecamatan Kedu, Kabupaten Temanggung, mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *F. oxysporum* f. sp. *capsici* sampai 82,50% pada 7 HSI secara *in vitro*. Inokulasi *Trichoderma* sp. diikuti inokulasi patogen (jeda 4 jam) secara *in vivo* pada tanaman cabai merah mampu

Tabel 4 Persentase daya hambat Jamur *Trichoderma* sp. terhadap jamur *F. oxysporum* f. sp. *capsici* 7 HSI

Perlakuan ulangan (TF)	Persentase hambatan (%) hari ke-			BR
	3	5	7	
TF1	50,00	66,66	75,00	2
TF2	50,00	66,66	83,30	2
TF3	33,33	50,00	75,00	2
TF4	33,33	60,00	87,50	2
TF5	33,33	50,00	87,50	2
TF6	50,00	66,66	85,70	2
TF7	50,00	66,66	88,80	2
TF8	50,00	55,55	80,00	2
TF9	50,00	55,55	80,00	2
Rata-rata PIRG	44,44	59,74	82,50	
	(Rendah)	(Sedang)	(Sangat Tinggi)	

Keterangan: TF = *Trichoderma* sp. – *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici*, PIRG = *Persentase inhibition of radial growth*, dan BR = *Bell rating*.

Tabel 5 Pengaruh inokulasi *Trichoderma* sp. dan patogen *F. oxysporum* f. sp. *capsici* pada batang terhadap panjang nekrotik

Perlakuan	Rata-rata panjang nekrotik 6 HSI (cm)		Rata-rata panjang nekrotik 12 HSI (cm)	
Tanpa inokulasi patogen dan <i>Trichoderma</i> sp. (T0F0)	0	e	0	d
Inokulasi patogen (T0F1)	1,13	a	1,36	a
Inokulasi <i>Trichoderma</i> sp. (T1F0)	0,03	e	0,03	d
Inokulasi <i>Trichoderma</i> sp. dan patogen bersamaan (TF)	0,43	d	0,33	c
Inokulasi <i>Trichoderma</i> sp. diikuti inokulasi patogen (jeda 4 jam) (T1F2)	0,66	c	0,26	cd
Inokulasi patogen diikuti inokulasi <i>Trichoderma</i> sp. (jeda 4 jam) (F1T2)	0,83	b	0,56	b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada garis atau kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

Tabel 6 Kinerja antagonistik *Trichoderma* sp. terhadap patogen *F. oxysporum* f. sp. *capsici* pada 12 HSI

Perlakuan	Intensitas gejala serangan (%)		Kinerja antagonistik (%)	
Inokulasi patogen (T0F1)	16,66	d	-	—
Inokulasi <i>Trichoderma</i> sp. dan patogen bersamaan (TF)	8,33	b	50,00	—
Inokulasi <i>Trichoderma</i> sp. diikuti inokulasi patogen (jeda 4 jam) (T1F2)	4,16	a	75,03	—
Inokulasi patogen diikuti inokulasi <i>Trichoderma</i> sp. (jeda 4 jam) (F1T2)	12,50	c	24,96	—

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada garis atau kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

menekan intensitas serangan 4,16% dengan kinerja antagonistik mencapai 75,03% pada 12 hari setelah inokulasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta atas hibah yang diberikan melalui skema Riset Pemula pada akhir tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Asrul, Rosmini R, Rista A, Astuti ID, Yulianto A. 2021. Karakterisasi Jamur penyebab penyakit busuk pangkal batang (basal rot) pada bawang wakegi (*Allium x wakegi* Araki). *Agro Bali: Agricultural Journal*. 4(3): 341–350. <https://doi.org/10.37637/ab.v4i3.835>
- Berlian I, Anarqi S, Pudjihartati E. 2016. Isolasi, identifikasi dan antagonisme in vitro isolat *Trichoderma* spp. asal kebun karet Blimbing, Pekalongan, Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Karet*. 34(2): 201–212. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v34i2.231>
- Jufri AF, Rahayu MS, Setiawan A. 2015. Penanganan penyimpanan kentang bibit (*Solanum tuberosum* L.) di Bandung. *Buletin Agrohorti*. 3(1): 65–70. <https://doi.org/10.29244/agrob.v3i1.14828>
- Ningsih H, Hastuti US, Listyorini D. 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.
- Pasalo NM, Kandou FEF, Singkoh MFO. 2022. Uji antagonisme jamur *Trichoderma* sp. terhadap patogen *Fusarium* sp. pada tanaman bawang merah *Allium cepa* isolat lokal Tonsewer secara in vitro. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 13(2): 1-7.
- Picardal JP, Tundag EDL, Goc-ong MTPGB. 2019. Antagonistic activity of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Against phytopathogenic *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Schlecht) as a biological control antagonistic activity of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) against phytopathogenic fus. *CNU Journal of Higher Education*. 13: 25–33.
- Putra IMTM, Phabiola TA, Suniti NW. 2019. Pengendalian penyakit layu *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici* pada tanaman cabai rawit *Capsicum frutescens* di rumah kaca dengan *Trichoderma* sp. yang ditambahkan pada kompos. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 8(1): 103–117.
- Sundari A, Khotimah S, Linda R. 2014. Daya antagonis jamur *Trichoderma* sp. terhadap jamur *Diplodia* sp. penyebab busuk batang jeruk siam (*Citrus nobilis*). *Jurnal Protobiont*. 3(2): 106–110.
- Susanti A, Afifah N, Febrianti R. 2021. Penekanan jamur endofit terhadap patogen pada tanaman jambu bol Gondang Manis. *Journal Viabel Pertanian*. 15(1): 12–26.
- Sutarman. 2017. Pengujian *Trichoderma* sp. sebagai pengendali hawar daun bibit kakao yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora*. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 17(1): 45–52. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.11745-52>
- Syahputra MH, Anhar A, Irdawati. 2017. Isolasi *Trichoderma* spp. dari Beberapa Rizosfer Tanaman Padi Asal Solok (Isolation *Trichoderma* spp. from Seme Rhizosphere Rice Plants Solok). *Berkala Ilmiah Bidang Biologi*. 1(2): 97–105.
- Wulandari TN, Saridewi TR, Dayat. 2020. Peningkatan kapasitas petani dalam pengendalian organisme pengganggu tanaman pada budi daya cabai merah di Kecamatan Tugumulyo Kabupaten Musi Rawas. *Jurnal Inovasi Penelitian*. 1(3): 647–658.
- You J, Zhang J, Wu M, Yang L, Chen W, Li G. 2016. Multiple criteria-based screening of *Trichoderma* isolates for biological control of *Botrytis cinerea* on tomato. *Biological Control*. 101: 31–38.