



Efektivitas Cendawan Antagonis *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, dan *Trichoderma harzianum* Terhadap *Fusarium* pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

*The Effectiveness of Antagonist Fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Trichoderma harzianum* Against *Fusarium* in Chili Pepper Plants (*Capsicum frutescens*)*

Hilda Karim¹, A. Irma Suryani^{2*}, Ainun Naqiah³

^{1,2,3}Biologi, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar, Makassar 9011, Indonseia

*e-mail: a.irma.suryani@unm.ac.id

Diterima: 22 Juni 2025, Diperbaiki: 26 Agustus 2025, Disetujui: 31 Agustus 2025

Abstract. *Fusarium* wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* is one of the main pathogens that attacks chili pepper plants (*Capsicum frutescens*). This study aimed to evaluate the effectiveness of three antagonistic fungi: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Trichoderma harzianum*, in suppressing the development of *Fusarium* wilt in cayenne pepper plants. The experiment was conducted in a greenhouse using a randomized block design with 11 treatments, including negative and positive controls. Observed parameters included plant height, number of leaves, number of wilted and yellow leaves, number of fruits, root weight, and root length. ANOVA test statistics show that there are real differences in the parameters of plant height, wilted leaves, number of fruits, root weight and root length with a p value <0.05, so a Duncan test was carried out. The results showed that the application of *Trichoderma harzianum* reduced disease intensity, followed by *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*, compared to the positive control without treatment. All three antagonistic fungi also showed a positive effect on plant growth. In conclusion, *Trichoderma harzianum* is the most effective biocontrol agent for controlling *Fusarium* wilt in cayenne pepper plants and can be developed as an environmentally friendly solution for plant disease management.

Keywords: *Beauveria*, *Pepper*, *Fusarium*, *Metarhizum*, *Trichoderma*

Abstrak. Penyakit layu *fusarium* yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* merupakan salah satu patogen utama yang menyerang tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas tiga jenis cendawan antagonis, yaitu *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, dan *Trichoderma harzianum* dalam menekan perkembangan penyakit *Fusarium* pada tanaman cabai rawit. Percobaan dilakukan di green house menggunakan rancangan acak kelompok dengan 11 perlakuan, termasuk kontrol negatif dan positif. Parameter yang diamati meliputi , tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah daun layu dan kuning, jumlah buah, berat akar dan panjang akar. Statistik uji anova menunjukkan terdapat perbedaan nyata pada parameter tinggi tanaman, daun layu, jumlah buah, berat akar dan Panjang akar dengan nilai p value < 0.05 maka dilakukan uji *Duncan*. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa aplikasi *Trichoderma harzianum* mampu menurunkan intensitas penyakit lalu diikuti oleh *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae*, dibandingkan kontrol positif tanpa perlakuan. Ketiga cendawan antagonis juga menunjukkan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman. Kesimpulannya, *Trichoderma harzianum* merupakan agen biokontrol paling efektif dalam mengendalikan *Fusarium* pada tanaman cabai rawit dan dapat dikembangkan sebagai solusi ramah lingkungan dalam pengelolaan penyakit tanaman.

Kata kunci: *Beauveria*, *Cabai*, *Fusarium*, *Metarhizum*, *Trichoderma*

PENDAHULUAN

Cabai rawit (*Capsicum frutescens*) merupakan salah satu komoditas tanaman hortikultura yang banyak dibudidayakan di Indonesia karena memiliki nilai ekonomi dan permintaan yang tinggi. Cabai rawit memiliki kandungan protein, lemak, kalsium, karbohidrat serta beberapa vitamin seperti vitamin C, vitamin B serta vitamin A yang mana hal tersebut di butuhkan oleh tubuh untuk membentuk energi (Marliah et al., 2022).

Berdasarkan data BPS (2022) menunjukkan bahwa produksi cabai rawit di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 1,51 juta ton dengan luas panen 181.043 ha. Jumlah ini meningkat 9,76% dibandingkan pada tahun sebelumnya yang sebesar 1,37 juta ton. Banyak faktor yang perlu diperhatikan dalam mengusahakan tanaman agar mendapat hasil yang optimum dan mutu yang baik, diantaranya adalah faktor pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT). Serangan OPT dapat disebabkan oleh serangga maupun patogen, berbagai penyakit seperti busuk buah, bercak daun dan kutu putih (Kumalasari et al., 2021).

Penyakit layu *F. oxysporum* adalah penyakit yang dapat menyebabkan matinya tanaman dan gagal panen/puso. Selain itu penularan penyakit berlangsung cepat terutama pada lahan yang bertopografi lereng karena penyebab penyakit ditularkan melalui aliran air. Penyakit layu *Fusarium* biasanya disebabkan oleh cendawan dalam genus *F. oxysporum* (Ihkwanisa et al., 2023).

Pengendalian terhadap *F. oxysporum*., masih banyak yang mengandalkan penggunaan fungisida sintetik karena dianggap efektif dan efisien. Akan tetapi, fungisida sintetik memiliki kandungan bahan kimia yang berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Menurut Fatma et al., (2021) penggunaan fungisida sintetik terbukti tidak efisien karena senyawa-senyawa yang dihasilkan fungisida sintetik dapat

mengakibatkan terjadinya resurgensi hama, resistensi hama, serta keracunan pada manusia dan mencemari lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan alternatif yang ramah lingkungan, efisien, dan berkelanjutan untuk mengatasi masalah ini.

Menurut Culebro-Ricaldi et al., (2017) bahwa cendawan entomopatogen *B. bassiana* dilaporkan sebagai antagonis terhadap berbagai fitopatogen secara *in vitro* seperti menghambat pertumbuhan *F. solani* patogen melalui mekanisme antibiosis dan memiliki aktivitas anticendawan yang efektif terhadap *F. oxysporum* penyebab penyakit layu pada tanaman tomat. *M. anisopliae* merupakan jamur entomopatogen yang digunakan untuk mengendalikan hama serangga, tetapi juga memiliki kemampuan sebagai agen antagonis terhadap patogen tanaman seperti *F. solani* (Picardal et al., 2019). *M. anisopliae* dapat tumbuh optimal pada suhu 22-27° C, dengan pH berkisar antara 3,3 –8,5 (Ilmiyah & Rahma, 2020). Menurut hasil penelitian Alfizar et al. (2013), *Trichoderma sp.*, dapat menghambat pertumbuhan cendawan patogen *C. capsici* dengan persentase penghambatan 68,2%, *Fusarium sp.* dengan persentase penghambatan 53,9% dan *S. rolfii* dengan persentase penghambatan 35,5% secara *in vitro*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas ketiga cendawan tersebut dalam mengendalikan *F. oxysporum* pada tanaman cabai rawit. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan alternatif pengendalian patogen yang lebih ramah lingkungan, berkelanjutan, dan efisien untuk mendukung pertanian cabai rawit yang lebih produktif dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimen dengan pengujian *B. bassiana*., *M. anisopliae*., dan *T. harzianum* sebagai agen

hayati dalam mengendalikan *Fusarium oxysporum*. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari - Mei 2025, di Laboratorium Penelitian Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri atas 11 perlakuan.

Alat dan Bahan

Bahan yang diperlukan pada penelitian ini adalah benih cabai rawit varietas Dewata F1, Fungisida Sintetik benomil, Isolat *Beauveria bassiana*, *Trichoderma harzianum*, *Metarhizium anisopliae* dan *Fusarium oxysporum* yang didapat dari ini koleksi isolat lokal dari Universitas Hasanuddin.

Perbanyakan Isolat Murni

Isolat *B. bassiana*., *M. anisopliae*., *T. harzianum*., dan *F. oxysporum* diperoleh dari Universitas Hasanuddin, kemudian disubkultur pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) didalam cawan petri. Kemudian diinkubasi dalam inkubator dengan suhu ruang 23-26 °C selama 7 hari.

Pembuatan Pengenceran Cendawan Antagonis dan *F. oxysporum*

Cendawan antagonis yang telah diperbanyak dilakukan pembuatan konsentrasi suspensi konidia disiapkan dengan menambahkan NaCl 0,85% ke dalam cendawan petri yang berisi biakan cendawan *B. bassiana* dan *M. anisopliae*. Cawan di goyang-goyangkan kemudian dengan bantuan swab steril konidia dapat terlepas. Kemudian suspensi tersebut di masukkan kedalam erlenmayer dengan Menggunakan spoit steril. Selanjutnya disiapkan tabung reaksi diisi dengan NaCl 0,85% masing-masing 9 ml lalu dilakukan pengenceran 10^6 , 10^7 , 10^8 , prosedur yang sama dilakukan untuk pengenceran cendawan *T. harzianum* akan tetapi dengan konsentrasi yang berbeda 10^3 , 10^4 , dan 10^5 kemudian hasil pengenceran tersebut diambil dengan menggunakan pipet

tetes kemudian diteteskan diatas *heemocytometer* dan ditutup dengan gelas penutup (deck glass). Kemudian kerapatan spora dihitung dengan menggunakan alat *heemocytometer* di bawah mikroskop dan melakukan perhitungan spora pada konsentrasi yang telah di tentukan.

Konidia *F. oxysporum* yang telah tumbuh optimal di permukaan media Menggunakan spoit steril. Kemudian dengan bantuan swab steril konidia *Fusarium* terlepas. Suspensi tersebut PDA (*Potato Dextrose Agar*) ditambahkan aquades sebanyak 10 ml dimasukkan kedalam erlenmeyer dan dihomogenkan. Selanjutnya disiapkan tabung reaksi diisi dengan aquades steril lalu di lanjutkan pengenceran 10^6 . Kemudian kerapatan spora di hitung dengan menggunakan alat *haemocytometer* di bawah mikroskop dan melakukan perhitungan spora pada konsentrasi yang telah di tentukan.

Jumlah sel/ mL = Rata rata jumlah sel per kotak besar $\times$ Faktor pengenceran $\times 10^4$
Keterangan :

Rata rata sel : Jumlah rata rata sel yang diamati dari 5 kotak besar pada hemocytometer

Faktor pengenceran : tingkat pengenceran saat pengamatan

10^4 : Volume 1 kotak besar = 0,0001 mL (Gabriel & Riyanto,1989)

Penanaman ke media polybag

Proses penanaman dilakukan dengan cara mengambil bibit tanaman cabai rawit yang sudah tumbuh di bak semai. Benih ditanam di polybag kecil terlebih dahulu. Dan jika sudah berumur 2 minggu akan di pindahkan ke polybag besar.

Pemberian perlakuan *F. oxysporum* dan cendawan antagonis

F. oxysporum diberikan pada 50 HST, pengenceran *F. oxysporum* yang telah dibuat sebelumnya diinjeksikan ke area sekitar perakaran sebanyak 20 ml ke semua perlakuan kecuali kontrol negative (pemberian fungisida sintetik). Kemudian

pada 70 HST pengenceran cendawan *B. bassiana*, *M. Anisopliae*, dan *T. harzianum* diinjeksikan pada area perakaran tanaman sebanyak 25 ml.

Pengamatan

Pengamatan pertama dilakukan setelah cabai rawit berumur 55 hari setelah perlakuan *F. oxysporum*. Parameter yang di amati meliputi tinggi tanaman (cm), daun layu (cm), Dilakukan pengamatan kedua pada umur 75 hari setelah perlakuan *B. bassiana*, *M. Anisopliae*, dan *T. harzianum*. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman (cm), daun layu (cm),

Analisis Data

Data yang dihasilkan akan dianalisis menggunakan sidik ragam (ANOVA), sidik ragam digunakan untuk menentukan apakah ada perbedaan yang signifikan antar perlakuan dalam penelitian. Kemudian, uji Duncan digunakan sebagai uji lanjutan setelah ANOVA menunjukkan adanya perbedaan signifikan antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rata-rata Tinggi Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

Berdasarkan analisis statistik pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$, diperoleh rata-rata pada setiap perlakuan mulai dari 20 HST sampai 110 HST dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel. 1 Hasil Pengamatan Jumlah Daun Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)			
	20	55	75	110
Kontrol (-)	53.2 ^a	54.6 ^a	76.2 ^a	94.4 ^{abc}
Kontrol (+)	57.8 ^a	55.4 ^a	68.0 ^a	103.6 ^{cde}
P1	58.0 ^a	55.0 ^a	64.2 ^a	86.6 ^a
P2	49.4 ^a	46.4 ^a	64.2 ^a	95.0 ^{abc}
P3	60.4 ^a	57.8 ^a	73.8 ^a	108.8 ^{def}
P4	59.0 ^a	56.6 ^a	68.8 ^a	85.0 ^a
P5	58.6 ^a	56.2 ^a	66.0 ^a	99.8 ^{bcd}
P6	58.8 ^a	60.4 ^a	73.6 ^a	111.6 ^{ef}
P7	48.8 ^a	46.2 ^a	65.8 ^a	90.6 ^{ab}
P8	57.2 ^a	60.0 ^a	75.0 ^a	102.4 ^{cde}
P9	51.6 ^a	48.6 ^a	66.4 ^a	119.8 ^f

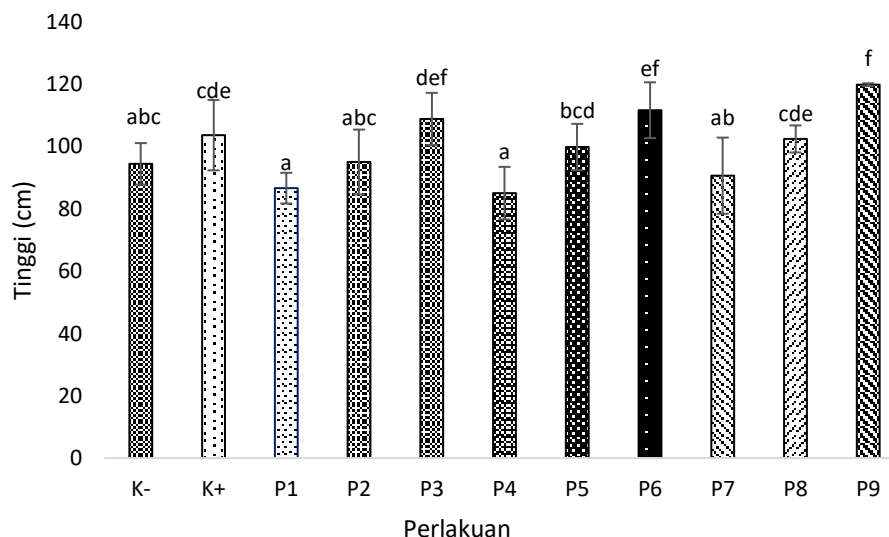
Keterangan: Angka yang didampingi oleh huruf yang sama menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata, sedangkan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan hasil uji Duncan taraf kepercayaan $\alpha = 0,05$ HST= Hari Setelah Tanam.

Berdasarkan uji anova pada hari ke-20 hingga hari ke-75 tidak ada perbedaan signifikan antar perlakuan dalam tinggi tanaman (Semua a). Pada 110 hari setelah tanam diperoleh nilai signifikan sebesar 0,000 ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan terdapat pengaruh yang signifikan secara statistik antar perlakuan terhadap tinggi tanaman pada fase akhir vegetatif. Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan *Trichoderma* (10^5) menunjukkan hasil tertinggi secara sig. karena mendapat notasi f namun berbeda tidak nyata dengan *Metarhizium* (10^8) dan *Beauveria* (10^8). Sedangkan pada Perlakuan *Metarhizium* (10^6) dan

Beauveria (10^6) menunjukkan hasil terendah secara signifikan.

Berdasarkan Gambar 1 Pemberian perlakuan *T.harzianum* terbaik terhadap tinggi tanaman terdapat pada perlakuan *T. Harzianum* (10^5) hal tersebut terlihat dari grafik pertumbuhan tinggi tanaman cabai yang diberikan perlakuan *Trichoderma* lebih baik dibandingkan dengan *Metarhizium* (10^6) dan *Beauveria* (10^6) yang memiliki tinggi tanaman yang paling rendah secara signifikan. Kontrol (+) + Fungisida lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (-). Hal ini dikarenakan pada fungisida sintetik mengandung senyawa kimia yang memiliki target untuk membantu meningkatkan

pertumbuhan tanaman, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan optimal (Khodijah et al., 2024).



Gambar 1. Presentase Tinggi Tanaman Pada Tanaman Cabai Rawit Dengan Perlakuan; K- : Tanah Steril, K+: Fungisida + *Fusarium* 10^6 , P1: *M. anisopliae* 10^6 + *Fusarium* 10^6 , P2: *M. anisopliae* 10^7 + *Fusarium* 10^6 , P3: *M. anisopliae* 10^8 + *Fusarium* 10^6 , P4: *B. bassiana* 10^6 + *Fusarium* 10^6 , P5: *B. bassiana* 10^7 + *Fusarium* 10^6 , P6 : *B. bassiana* 10^8 + *Fusarium* 10^6 , P7: *T. harzianum* 10^3 + *Fusarium* 10^6 , P8: *T. harzianum* 10^4 + *Fusarium* 10^6 , P9: *T. harzianum* 10^5 + *Fusarium* 10^6 .

Meningkatnya pertumbuhan tinggi tanaman cabai rawit pada perlakuan *T. harzianum*, karena *Trichoderma* merupakan mikroorganisme yang dikenal luas pada berbagai tanaman pertanian, dan bertindak sebagai biodekomposer. *Trichoderma* memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman dan hasil reproduksi tanaman. Sifat ini menandakan bahwa *Trichoderma* berperan dalam meningkatkan tanaman (Okapia, 2021) Hal ini sejalan dengan teori pendukung dari (Kumalasari et al., 2021) yang menyatakan *Trichoderma* dapat memacu pertumbuhan melalui produksi hormon auksin dan peningkatan penyerapan unsur hara.

B. bassiana banyak digunakan dalam pengendalian hayati karena mempunyai konidia yang cukup tahan di lingkungan, dikenal juga sebagai cendawan entomopatogen dapat berperan sebagai endofit. Cendawan endofit dapat menghasilkan senyawa fenolik yang berperan dalam melindungi tanaman dari

serangan hama dan penyakit (Gunawan et al., 2024). *B. bassiana* dapat memicu pertumbuhan tanaman sehingga pertumbuhan tinggi tanaman menjadi lebih optimal (Halwiyah et al., 2019). Perlakuan *Metarhizium* tidak meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai secara signifikan dapat karena fungsi utamanya adalah pengendalian hama, bukan sebagai pemacu pertumbuhan. maka respon tanaman akan minimal.

Rata rata Daun Layu Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

Berdasarkan analisis statistik pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$, diperoleh rata-rata pada setiap perlakuan mulai dari 50 HST sampai 110 HST dapat dilihat pada Tabel 2 dengan hasil uji anova Pada hari ke 55, di peroleh nilai signifikan sebesar 0,000 ($p < 0,05$) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antar perlakuan terhadap jumlah daun layu. Sedangkan Pada hari ke- 70, diperoleh nilai

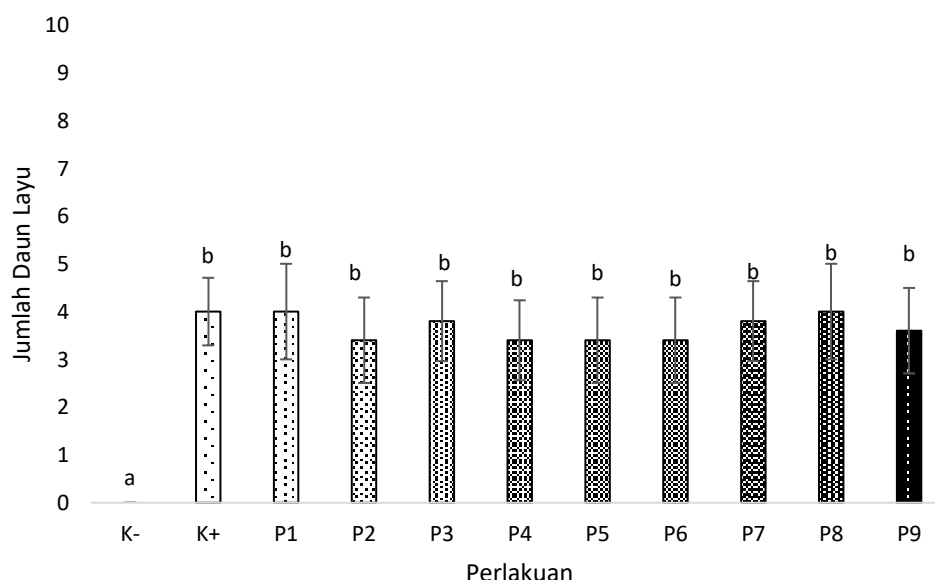
signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$) adanya pengaruh nyata dari perlakuan yang diberikan. Hari ke 55 perlakuan kontrol (-) adalah satu-satunya yang tidak menunjukkan daun layu, dan berbeda signifikan dari perlakuan lain. Sedangkan pada hari ke 75 perlakuan Kontrol (-),

Trichoderma (10^3), *Trichoderma* (10^4), *Trichoderma* (10^5) tidak menunjukkan daun layu memberikan hasil terbaik secara fisiologis. Sedangkan Perlakuan *Metarhizium* (10^6), *Metarhizium* (10^8), *Beauveria* (10^7) menunjukkan angka layu tertinggi di hari ke-70, berbeda nyata dari yang tidak layu.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Daun Layu Cabai (*Capsicum frutescens*)

Perlakuan	Daun Layu (helai)	
	55	75
Kontrol (-)	0.0 ^a	0.0 ^a
Kontrol (+)	4.0 ^b	1.2 ^{bc}
P1	4.0 ^b	2.0 ^c
P2	3.4 ^b	1.2 ^b
P3	3.8 ^b	2.0 ^c
P4	3.8 ^b	1.8 ^{bc}
P5	3.4 ^b	2.0 ^c
P6	3.4 ^b	1.6 ^{bc}
P7	3.8 ^b	0.0 ^a
P8	4.0 ^b	0.0 ^a
P9	3.6 ^b	0.0 ^a

Keterangan: Angka yang didampingi oleh huruf yang sama menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata, sedangkan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan hasil uji Duncan taraf kepercayaan $\alpha = 0,05$ HST= Hari Setelah Tanam.



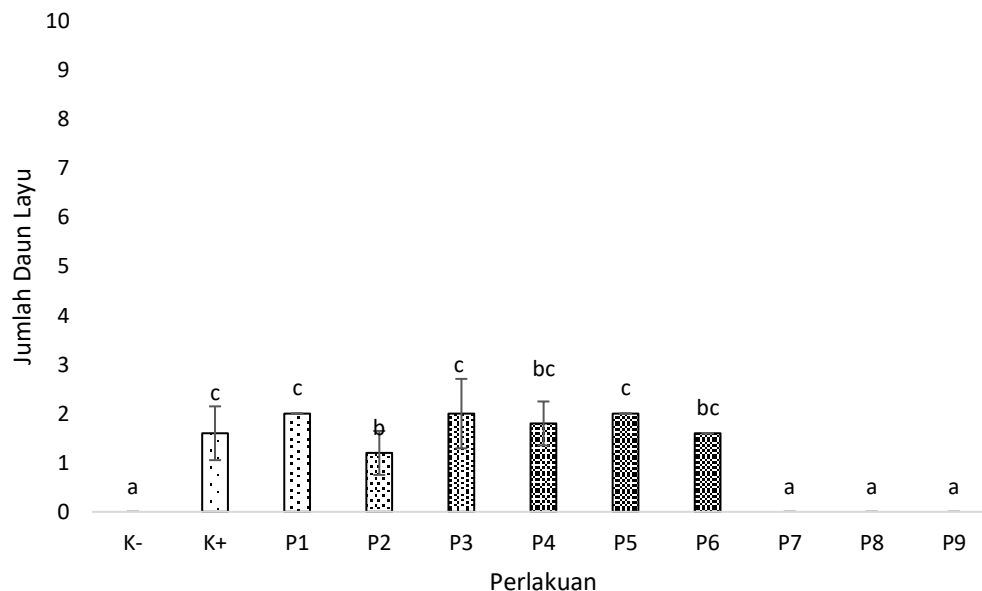
Gambar 2. Presentase Daun Layu Pada Tanaman Cabai Rawit Setelah Pemberian *F. oxysporum*., 50 HST: Hari Setelah Tanam.

Hasil pengamatan pada 55, tanaman mengalami gejala layu yang disebabkan oleh infeksi *Fusarium oxysporum*, yaitu patogen tular tanah yang menyerang pembuluh

xilem dan menghambat aliran air ke bagian atas tanaman. Akibat gangguan ini, tanaman tidak mampu mempertahankan tekanan turgor meskipun kondisi tanah

masih lembap, sehingga terjadi pelayuan daun. Namun, setelah dilakukan aplikasi cendawan antagonis seperti *Trichoderma*, *Beauveria*, atau *Metarhizium*, tanaman menunjukkan perbaikan pada hari ke-75. Hal ini terjadi karena cendawan tersebut

mampu menekan patogen melalui kompetisi dan penghasilan senyawa antimikroba, sekaligus merangsang ketahanan sistemik tanaman (ISR) dan memperbaiki sistem akar (Putra et al., 2019).



Gambar 3. Presentase Daun Layu Pada Tanaman Cabai Rawit Dengan Perlakuan; K- : Tanah Steril, K+: Fungisida + *Fusarium* 10^6 , P1: *M. anisopliae* 10^6 + *Fusarium* 10^6 , P2: *M. anisopliae* 10^7 + *Fusarium* 10^6 , P3: *M. anisopliae* 10^8 + *Fusarium* 10^6 , P4: *B. bassiana* 10^6 + *Fusarium* 10^6 , P5: *B. bassiana* 10^7 + *Fusarium* 10^6 , P6 : *B. bassiana* 10^8 + *Fusarium* 10^6 , P7: *T. harzianum* 10^3 + *Fusarium* 10^6 , P8: *T. harzianum* 10^4 + *Fusarium* 10^6 , P9: *T. harzianum* 10^5 + *Fusarium* 10^6 . 70 HST= Hari Setelah Tanam.

Berdasarkan hasil pengamatan, kontrol negatif (tanpa inokulasi patogen maupun agen hayati) menunjukkan tingkat pelayuan terendah, yaitu 0,0%. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi infeksi penyakit pada tanaman kontrol negatif. Sementara itu, kontrol positif yang diberi perlakuan fungisida menunjukkan nilai pelayuan 4,0% pada hari ke-50 dan menurun menjadi 1,2% pada hari ke-70. Perlakuan ini berbeda nyata terhadap kontrol negatif, namun menunjukkan efektivitas dalam menekan perkembangan penyakit dibandingkan tanpa pengendalian. Penelitian Khodijah et al., (2024) perlakuan yang diberi fungisida sintetik memperoleh persentase kelayuan 0%. Rendahnya kelayuan pada perlakuan kontrol sintetik disebabkan oleh senyawa kimia benomyl 50% yang terkandung dalam produk

sehingga mampu menekan pertumbuhan populasi patogen cendawan *Fusarium* didalam tanah hingga persentase tanaman yang terkena penyakit layu *Fusarium* kecil.

Hasil persentase kelayuan rendah atau terjadi penurunan disebabkan oleh keberhasilan cendawan *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* dalam melindungi tanaman dari patogen penyebab layu, khususnya patogen tular tanah seperti *Fusarium*, dikarenakan *B. bassiana* dan *Metarhizium* bersifat endofit yang dapat menghambat patogen tular tanah dan memproduksi enzim serta toksin yang digunakan sebagai senjata utama dalam membunuh serangga maupun patogen sasaran hingga 99%. *B. bassiana* dan *Metarhizium* dapat dengan cepat memproduksi senyawa- senyawa obligat seperti beauvericin, bassianin, dan tenellin

yang berfungsi menghambat penyerangan penyakit patogen (Zimmermann 2007).

Perlakuan *Trichoderma* menekan kelayuan secara signifikan hingga 0,0% pada hari ke-75, setara dengan kontrol negatif menunjukkan bahwa *Trichoderma* efektif dalam menghambat perkembangan *F. oxysporum*. *Trichoderma* mengandung karbohidrat, protein dan kandungan nutrisi sehingga *Trichoderma* dikenal juga sebagai biodekomposer dan biofungisida (Oktapia, 2021). Kondisi ini menunjukkan adanya perbedaan signifikan karena beberapa perlakuan sangat efektif menekan gejala

daun layu (nilai 0.0 a), sementara yang lain masih menunjukkan gejala. Variasi antar perlakuan lebih besar dari variasi dalam kelompok, sehingga hasilnya dianggap berbeda nyata secara statistik (Gomes, 2010).

Rata rata Jumlah Buah Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

Berdasarkan analisis statistik pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$, diperoleh rata-rata pada setiap perlakuan pada 110 HST dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Pengamatan Jumlah Buah Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

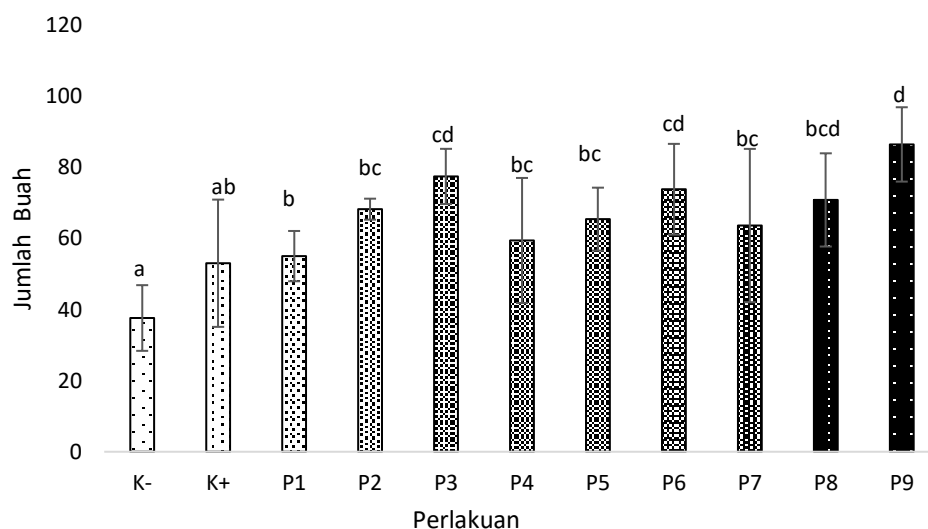
Perlakuan	Jumlah Buah 110
Kontrol (-)	37.6 ^a
Kontrol (+)	53.0 ^{ab}
P1	55.0 ^b
P2	68.2 ^{bc}
P3	77.4 ^{cd}
P4	59.4 ^{bc}
P5	65.4 ^{bc}
P6	73.8 ^{cd}
P7	63.6 ^{bc}
P8	70.8 ^{bcd}
P9	86.4 ^d

Keterangan: Angka yang didampingi oleh huruf yang sama menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata, sedangkan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan hasil uji Duncan taraf kepercayaan $\alpha = 0,05$ HST= Hari Setelah Tanam.

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan pada pengamatan jumlah buah tanaman cabai pada 110 HST, diperoleh bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan. Perlakuan P9 menghasilkan jumlah buah tertinggi, yaitu 86,4 buah, dan secara statistik berbeda nyata dari seluruh perlakuan lainnya. Perlakuan P3, P6, P8, dan P2 juga menunjukkan jumlah buah yang relatif tinggi (68,2–77,4 buah), yang berarti berbeda nyata dari kontrol negatif serta lebih efektif dalam meningkatkan hasil buah. Sementara itu, perlakuan P1, P4, P5, dan P7 bersama kontrol positif (K+), dengan hasil berkisar antara 53,0 hingga 65,4 buah, menunjukkan peningkatan dari kontrol

negatif namun belum berbeda nyata secara statistik dari kontrol positif. Kontrol negatif (K-) memiliki hasil terendah, yakni 37,6 buah, dan secara signifikan lebih rendah dari semua perlakuan lainnya, menunjukkan bahwa tanpa perlakuan, hasil tanaman sangat terbatas. Secara keseluruhan, perlakuan yang diberikan mampu meningkatkan jumlah buah, dengan P9 menjadi perlakuan paling efektif secara signifikan dalam meningkatkan produktivitas tanaman cabai.

Setelah dilakukan analisis data menggunakan SPSS versi 25 dengan uji lanjut Duncan maka di peroleh grafik yang di sajikan pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Presentase Jumlah Buah Pada Tanaman Cabai Rawit Dengan Perlakuan; K- : Tanah Steril, K+: Fungisida + *Fusarium* 10^6 , P1: *M. anisopliae* 10^6 + *Fusarium* 10^6 , P2: *M. anisopliae* 10^7 + *Fusarium* 10^6 , P3: *M. anisopliae* 10^8 + *Fusarium* 10^6 , P4: *B. bassiana* 10^6 + *Fusarium* 10^6 , P5: *B. bassiana* 10^7 + *Fusarium* 10^6 , P6 : *B. bassiana* 10^8 + *Fusarium* 10^6 , P7: *T. harzianum* 10^3 + *Fusarium* 10^6 , P8: *T. harzianum* 10^4 + *Fusarium* 10^6 , P9: *T. harzianum* 10^5 + *Fusarium* 10^6 . 110 HST= Hari Setelah Tanam.

Jumlah buah merupakan indikator utama produktivitas tanaman dan secara langsung mencerminkan keberhasilan perlakuan dalam mendukung pembungaan dan pembentukan buah. Pada 110 hari setelah tanam, perbedaan jumlah buah antar perlakuan mulai terlihat jelas dan signifikan. Jumlah buah yang signifikan pada HST 110 disebabkan oleh tanaman yang telah memasuki fase generatif penuh dan mulai menunjukkan respons nyata terhadap perlakuan. Efek fisiologis dan perlindungan dari perlakuan (agen hayati) telah terakumulasi, sehingga meningkatkan pembungaan, pembuahan, dan kualitas buah secara signifikan dibanding kontrol.

Perlakuan *Trichoderma* (10^5) + *Fusarium* (10^6) menghasilkan jumlah buah tertinggi, yaitu 86,4 buah, dan memiliki notasi d. Ini menunjukkan bahwa perlakuan tersebut berbeda nyata dibandingkan kontrol dan sebagian besar perlakuan lainnya. Keberhasilan perlakuan ini berkaitan dengan aktivitas *Trichoderma*., yang tidak hanya berperan sebagai agen biokontrol, tetapi juga sebagai pemacu pertumbuhan melalui produksi hormon seperti auksin, sitokinin, dan gibberelin yang memacu pembungaan dan pembuahan

Harman et al., (2004). Selain itu, perlakuan *Metarhizium* (10^8) + *Fusarium* (10^6) dan *Beauveria* (10^8) + *Fusarium* (10^6) juga menunjukkan jumlah buah yang tinggi, memiliki notasi cd. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi mikroba hayati memberikan pengaruh positif terhadap jumlah buah. Efek ini disebabkan oleh peran mikroba tersebut dalam memperbaiki kesehatan tanaman, meningkatkan efisiensi penyerapan hara, serta menurunkan tekanan patogen yang mengganggu fase generatif tanaman.

Perlakuan antagonis *Trichoderma* (10^4), *Metarhizium* (10^7), dan *Beauveria* (10^7) juga menunjukkan jumlah buah yang cukup tinggi dan memiliki notasi bcd atau bc, yang berarti memberikan efek nyata namun tidak setinggi perlakuan terbaik. Perlakuan kontrol positif (dengan fungisida sintetik) yang memiliki notasi ab. Sementara itu, kontrol negatif pada 110 hari setelah tanam memiliki notasi a, yang secara statistik merupakan hasil terendah dan tidak berbeda nyata dari beberapa perlakuan konsentrasi rendah lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa perlakuan hayati atau fungisida, tanaman tidak mampu membentuk buah

secara optimal, kemungkinan akibat kurangnya stimulasi pertumbuhan.

Rata rata Berat Akar Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

Berdasarkan analisis statistik pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$, diperoleh rata-rata pada setiap perlakuan pada 110 HST dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4 Hasil Berat Akar Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

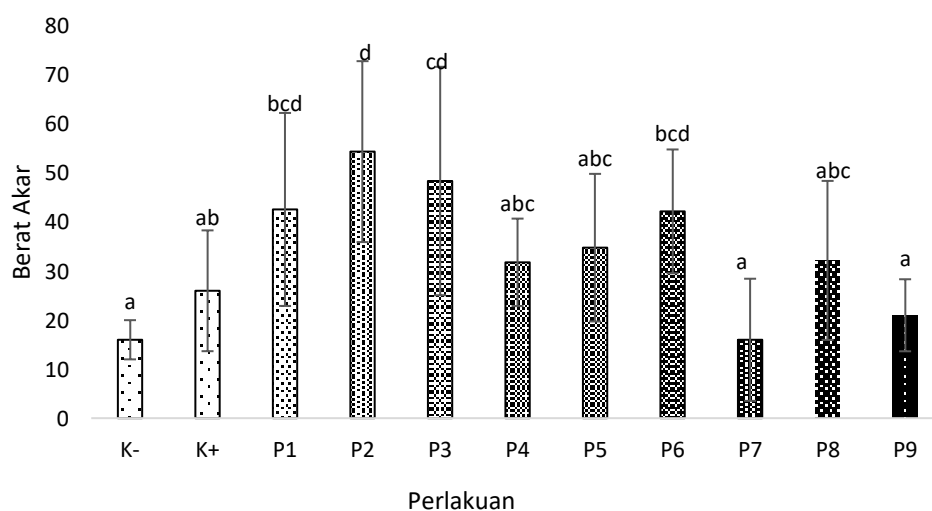
Perlakuan	Berat Akar (gram)
	110
Kontrol (-)	16.0 ^a
Kontrol (+)	26.0 ^{ab}
P1	42.6 ^{bcd}
P2	54.4 ^d
P3	48.4 ^{cd}
P4	31.8 ^{abc}
P5	34.8 ^{abc}
P6	42.2 ^{bcd}
P7	16.0 ^a
P8	32.2 ^{abc}
P9	21.0 ^a

Keterangan: Angka yang didiampingi oleh huruf yang sama menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata, sedangkan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan hasil uji Duncan taraf kepercayaan $\alpha = 0,05$ HST= Hari Setelah Tanam.

Berdasarkan hasil uji Anova menunjukkan bahwa nilai signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$) terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antar perlakuan terhadap berat akar pada 110 hari setelah tanam. Perlakuan *Metarhizium* (10^7) memiliki berat akar paling tinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan kontrol (-), *Trichoderma*(10^3),

Trichoderma (10^5) tidak menunjukkan peningkatan berat akar. Perlakuan *Beauveria* (10^7) menunjukkan hasil yang lebih baik dari kontrol, dan berbeda nyata dengan perlakuan *Metarhizium*(10^7).

Setelah dilakukan analisis data menggunakan SPSS versi 25 dengan uji lanjut Duncan maka di peroleh grafik yang di sajikan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Presentase Berat Akar Pada Tanaman Cabai Rawit Dengan Perlakuan; K- : Tanah Steril, K+: Fungisida + *Fusarium* 10^6 , P1: *M. anisopliae* 10^6 + *Fusarium* 10^6 , P2: *M. anisopliae* 10^7 + *Fusarium* 10^6 , P3: *M. anisopliae* 10^8 + *Fusarium* 10^6 , P4: *B. bassiana* 10^6 + *Fusarium* 10^6 , P5: *B. bassiana* 10^7 +

Fusarium 10⁶, P6 : *B. bassiana* 10⁸ + *Fusarium* 10⁶, P7: *T. harzianum* 10³ + *Fusarium* 10⁶, P8: *T. harzianum* 10⁴ + *Fusarium* 10⁶, P9: *T. harzianum* 10⁵ + *Fusarium* 10⁶. 110 HST= Hari Setelah Tanam.

Berdasarkan hasil uji Duncan pada Gambar 4 perlakuan *Metarhizium* (10⁷) + *Fusarium* (10⁶) memberikan hasil berat akar tertinggi, berbeda nyata dengan hampir seluruh perlakuan lainnya. Perlakuan ini tergolong dalam kelompok notasi d, yang menunjukkan bahwa perlakuan tersebut signifikan dalam meningkatkan berat akar tanaman dibandingkan kontrol. Efektivitas perlakuan ini berasal dari kemampuan *Metarhizium anisopliae* dalam membentuk hubungan simbiotik dengan akar tanaman serta memproduksi senyawa metabolit sekunder yang mendukung pertumbuhan akar. Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Wuryatmo (2011), yang menyatakan bahwa mikroba rizosfer *Metarhizium* dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui mekanisme biostimulasi dan bioproteksi.

Sementara itu, kombinasi *Beauveria* (10⁶–10⁷) + *Fusarium* dan *Trichoderma*

(10⁴) + *Fusarium* menunjukkan hasil berat akar sedang, yang memiliki notasi abc. Ini menandakan

bahwa meskipun terdapat peningkatan dibandingkan kontrol negatif, efektivitas perlakuan ini belum optimal, atau daya kompetitif mikroba yang lebih lemah. Perlakuan kontrol negatif, *Trichoderma* (10³) dan *Trichoderma* (10⁵) menunjukkan berat akar terendah, yang memiliki notasi a. Pertumbuhan akar tidak dapat berkembang secara optimal, karena kurangnya agen pelindung dari patogen atau tidak adanya stimulan pertumbuhan dari mikroba.

Rata rata Panjang Akar Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

Berdasarkan analisis statistik pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$, diperoleh rata-rata pada setiap perlakuan pada 110 HST dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Hasil Panjang Akar Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

Perlakuan	Panjang Akar (cm)
	110
Kontrol (-)	43.6 ^{bc}
Kontrol (+)	44.4 ^c
P1	33.2 ^a
P2	38.6 ^{abc}
P3	33.6 ^{ab}
P4	43.8 ^c
P5	44.6 ^c
P6	45.2 ^c
P7	40.8 ^{abc}
P8	46.6 ^c
P9	41.6 ^{abc}

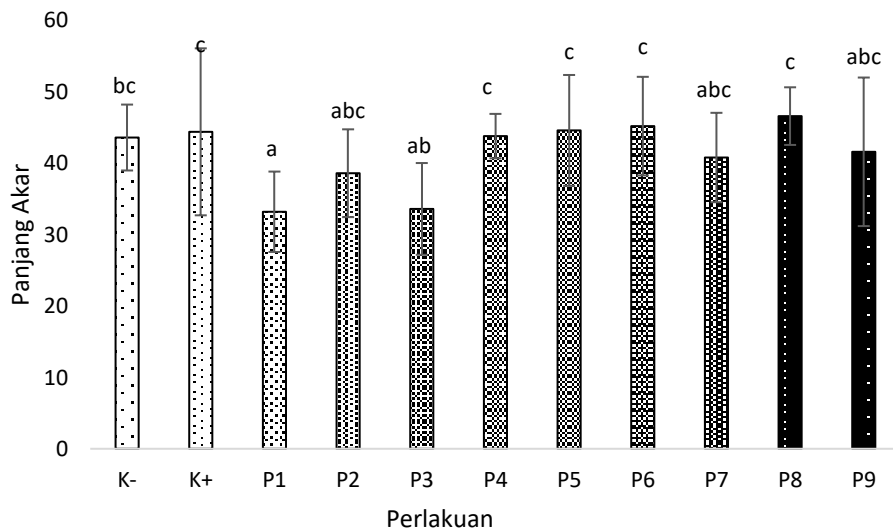
Keterangan: angka yang didampingi oleh huruf yang sama menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata, berdasarkan hasil uji Duncan taraf kepercayaan $\alpha = 0,05$ HST= Hari Setelah Tanam.

Berdasarkan hasil uji Anova menunjukkan bahwa nilai signifikansi sebesar 0,000 ($p < 0,05$), terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antar perlakuan terhadap panjang akar pada 110 hari setelah tanam. Perlakuan *Trichoderma* (10⁴), *Beauveria* (10⁶), *Beauveria* (10⁷), *Beauveria* (10⁸), tidak

berbeda nyata satu sama lain, namun termasuk kelompok dengan hasil tertinggi secara signifikan dibanding beberapa perlakuan lainnya. Perlakuan Kontrol (+) dengan kontrol (-) dengan notasi c dan bc hasilnya tidak terlalu rendah.

Setelah dilakukan analisis data menggunakan SPSS versi 25 dengan uji

lanjut Duncan maka di peroleh grafik yang di sajikan pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5 Presentase Panjang Akar Pada Tanaman Cabai Rawit; K- : Tanah Steril, K+: Fungisida + *Fusarium* 10^6 , P1: *M. Anisopliae* 10^6 + *Fusarium* 10^6 , P2: *M. Anisopliae* 10^7 + *Fusarium* 10^6 , P3: *M.anisopliae* 10^8 + *Fusarium* 10^6 , P4: *B. Bassiana* 10^6 + *Fusarium* 10^6 , P5: *B. Bassiana* 10^7 + *Fusarium* 10^6 , P6 : *B. Bassiana* 10^8 + *Fusarium* 10^6 , P7: *T. Harzianum* 10^3 + *Fusarium* 10^6 , P8: *T. Harzianum* 10^4 + *Fusarium* 10^6 , P9: *T. Harzianum* 10^5 + *Fusarium* 10^6 .

Berasarkan pada Gambar 5, aplikasi agen hayati *Trichoderma* dan *Beauveria* menunjukkan potensi yang lebih tinggi dalam meningkatkan panjang akar tanaman yang terinfeksi *Fusarium oxysporum*. Dibandingkan dengan *Metarhizium*. Meskipun *Beauveria* dan *Metarhizium* sama-sama entomopatogen, kemampuan *Beauveria* sebagai endofit yang lebih aktif & metabolit pendukung pertumbuhan akar membuat panjang akar perlakuannya cenderung lebih tinggi. Hal ini mendukung teori Ownley et al., (2008) yang menyebut *Beauveria* mampu memproduksi metabolit auksin sehingga mendorong perpanjangan sel akar.

Penelitian yang dilakukan oleh Khodijah et al., (2024) pada perlakuan vegetatif yang diberikan fungisida memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol (-). Hal ini disebabkan karena fungisida sintetik merangsang dan mendorong pertumbuhan akar tanaman. Tumbuhnya vegetatif akar juga dapat terjadi sebab tumbuhan mencari unsur hara

dan air yang cukup sehingga akar akan terus memanjang hingga dasar tanah.

Perakaran yang lebih lebat dan vegetatif tersebut menyebabkan penyerapan unsur hara lebih optimum, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik dan optimal. Menurut Putra et al ., (2019) bahwa *Trichoderma sp* mempunyai kemampuan untuk meningkatkan kecepatan pertumbuhan dan perkembangan tanaman, terutama kemampuannya untuk menyebabkan produksi perakaran sehat dan meningkatkan kedalaman akar.

SIMPULAN

Trichoderma harzianum merupakan agen hayati yang paling efektif dalam menekan perkembangan penyakit *Fusarium oxysporum* pada tanaman cabai rawit. Hal ini ditunjukkan oleh rendahnya jumlah daun kuning, rendahnya intensitas serangan penyakit, serta tingginya hasil produksi tanaman (jumlah dan berat buah) dibandingkan perlakuan lainnya. Terdapat perbedaan yang signifikan dalam efektivitas ketiga jenis cendawan antagonis terhadap

pengendalian *Fusarium* pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*). Diantara ketiga cendawan yang diuji, yaitu *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, dan *Trichoderma harzianum*, cendawan *Trichoderma harzianum* menunjukkan efektivitas paling tinggi dalam menekan pertumbuhan dan penyebaran *Fusarium*. Hal ini ditunjukkan oleh tingkat kejadian penyakit yang paling rendah serta pertumbuhan tanaman yang lebih baik secara umum pada perlakuan *Trichoderma*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfizar, M., & Fitri, S. (2013). Kemampuan Antagonis *Trichoderma* Sp. Terhadap Beberapa Jamur Patogen In Vitro. J. Floratek. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh
- Culebro-Ricaldi, J., Ruis Valdiviezo, V., Rodriguez-Mendiola, M., AvilaMiranda, M., Gutierrez-Miceli, F., Cruz-Rodriguez, R., Dendooven, L., & Montes-Molina, J. (2017). Antifungal properties of *Beauveria bassiana* strains against *Fusarium oxysporum* f.Sp. *Lycopersici* race 3 in tomato crop. *Journal of Environmental Biology*, 38(October), 821–827.
- Fatma, M., Chatri, M., Fifendy, M., & Handayani, D. (2021). Effect of Papaya Leaf Extract (*Carica papaya* L.) on Colony Diameter and Percentage of Growth Inhibition of *Fusarium oxysporum* Pengaruh Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* L.) terhadap *Fusarium oxysporum*. *Serambi Biologi*, 6(2), 9–14.
- Gabriel, B.P. & Riyanto. 1989. *Metarhizium anisopliae* Taksonomi, Patologi, Produksi dan Aplikainya. Proyek Pengembangan Perlindungan Tanaman Perkebunan. Depertemen Pertanian. Jakarata. 25 hlm.
- Gunawan, J. F., Rahayuwati, S., Afrianti, S., & Pratomo, B. (2024). *Agroprimatech Pengaruh Metharizium anisopliae (Metchnikoff) Sorokin dan Beauveria bassiana (Bals. Criv.) Vuill terhadap Pertumbuhan dan Daya Tahan Hama Penyakit pada Bibit Kelapa Sawit (Pre nursery) Agroprimatech*. 8(2).
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (2010). *Statistical Procedures for Agricultural Research*. 2nd Ed. John Wiley & Sons.
- Halwiyah, N., Ferniah, R. S. F., Raharjo, B., & Purwantisari, S. (2019). Uji Antagonisme Jamur Patogen *Fusarium solani* Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Cabai dengan Menggunakan *Beauveria bassiana* Secara In Vitro. *Jurnal Akademika Biologi*, 8(2), 8–17.
- Ihkwanisa, N., Nugraheni, I. A., Kurniawati, T., & Fardhani, D. M. (2023). Uji antagonis *Trichoderma* spp terhadap layu *Fusarium* tanaman cabai (*Capsicum annum*). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta*, 1, 244–252.
- Ilmiyah, N., & Rahma, A. R. (2020). Eksplorasi Dan Identifikasi Cendawan Entomopatogen *Metarhizium* sp. Dengan Metodebaiting Insect. *Jurnal Matematika & Sains*, 1(2), 87–92.
- Kumalasari, ade sugiarti, Jahuddin, R., & Anggun. (2021). Uji Antagonis *Trichoderma* sp. Terhadap Penyebab Penyakit Lasyu *Fusarium* sp. Pada Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculantum* Mill). *Tarjih Agriculture System Journal*, 01(01), 16–22.
- Khodijah. S., Firdausi., F. N. Faizah., H. (2024). Efektivitas *Beauveria Bassiana* Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L) Yang Terinfeksi Cendawan *Fusarium oxysporum*. *Jurnal AGROPEAT*. Vol 25. No.2 September 24-33.
- Marlia, A., Hayati, R., Agroteknologi, J., Pertanian, F., Syiah Kuala Jln Tgk Hasan Krueng Kalee, U., Darussalam, K., & Banda Aceh, K. (2022). Pertumbuhan Dan Hasil Cabai Rawit

- (*Capsicum Frutescens* L.) Akibat Pemberian Dosis Pupuk NPK DGW Compaction Dan Konsentrasi Pupuk Organik Cair Limbah Kulit Pisang Growth And Yield Of Cayenne Pepper (*Capsicum Frutescens* L.) Due To Dosage Of Npk Fertilizer W. *Jurnal Agrum*, 19(4), 343–353.
- Oktapia, E. (2021). Respons pertumbuhan tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) Terhadap pemberian jamur *Trichoderma* sp. *Indobiosains*, 3(1), 17.
- Ownley, B.H., et al. (2008). *Beauveria bassiana*: Endophytic colonization and plant growth promotion. *Journal of Invertebrate Pathology*.
- Picardal, J. P., Danielle, E., Tundag, L., Picardal, M. T., & Goc-Ong, G. B. (2019). Antagonistic activity of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) against phytopathogenic *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Schlecht.) as a biological control. *CNU Journal of Higher Education*, 13(June), 25–33.
- Putra, I. M. T. M., Phabiola, T. A., & Suniti, N. W. (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.
- Wuryatmo, E. (2011). Peran Mikroorganisme dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Ketahanan Tanaman. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 17(1), 1–9.
- Zimmermann, G. (2007). *Review on entomopathogenic fungi Beauveria bassiana*. *Biocontrol Science and Technology*