



Uji Kemampuan Cendawan Agens Hayati Potensial terhadap Perkembangan Patogen *Fusarium oxysporum* secara *In Vitro*

Testing the Ability of Potential Biological Agent Fungi on the Development of the Pathogen Fusarium oxysporum in Vitro

Nurfitra, Niken Nur Kasim*, Sri Sukmawati, Nurul Wirid Annisa, Nurmaranti Alim
Jurusan Agroekoteknologi, Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian dan Kehutanan,
Universitas Sulawesi Barat

*Penulis korespondensi : niken.nurkasim@unsulbar.ac.id

ABSTRAK. *Fusarium oxysporum* adalah salah satu patogen penyebab layu fusarium yang berpotensi menurunkan hasil panen. Pengendalian yang efektif dan ramah lingkungan sangat diperlukan untuk menekan kehilangan hasil akibat penyakit ini, salah satunya dengan pemanfaatan agens hayati. Agens hayati mampu menghambat perkembangan patogen dan berperan dalam meningkatkan ketahanan tanaman melalui mekanisme *induce systemic resistance* (ISR). Agens hayati yang telah banyak dimanfaatkan dalam menekan perkembangan patogen *F. oxysporum*, diantaranya *Trichoderma* spp. dan *Aspergillus* sp. Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan dan efektifitas dari cendawan agens hayati potensial dalam menekan perkembangan patogen *F. oxysporum*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, UPT Laboratorium Terpadu, Universitas Sulawesi Barat, mulai bulan Januari hingga April 2025. Penelitian ini disusun dalam rancangan acak lengkap, terdiri atas 3 perlakuan dan 3 ulangan. Data yang diperoleh dianalisa menggunakan analisis ragam (ANOVA) dan uji lanjut *Duncan multiple range test* (DMRT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga jenis cendawan agens hayati berpengaruh nyata terhadap perkembangan patogen, mampu menekan pertumbuhan *Fusarium oxysporum* secara signifikan. Daya hambat tertinggi yaitu *Aspergillus flavus* dengan rata-rata persentase penghambatan sebesar 68%, diikuti *Trichoderma asperellum* (61,8%) dan *Trichoderma harzianum* (52,5%). Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk pengembangan teknologi pengendalian penyakit tanaman yang lebih efektif dan efisien.

Kata kunci: *Aspergillus flavus*, fungisida, ramah lingkungan, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma harzianum*

ABSTRACT. *Fusarium oxysporum*, the causal agent of Fusarium wilt, can severely reduce crop yields, highlighting the need for effective and environmentally friendly control measures such as biological control agents. Biological control agents have the ability to inhibit pathogen development and can also enhance plant resistance through the mechanism of induced systemic resistance (ISR). Several biological control agents have been widely used to suppress the development of *F. oxysporum*, including *Trichoderma* spp. and *Aspergillus* sp. This study aims to determine the ability and effectiveness of potential biological agent fungi in suppressing the development of the pathogen *F. oxysporum*. The experiment was arranged in a completely randomized design (CRD), consisting of three treatments and three replications. The data obtained were analyzed using analysis of variance (ANOVA) followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). The results showed that the three types of fungal biological control agents had a significant effect on pathogen development and were able to suppress the growth of *Fusarium oxysporum* significantly. The highest inhibitory effect was observed in *Aspergillus flavus* with an average inhibition percentage of 68%, followed by *Trichoderma asperellum* at 61.8%, and *Trichoderma harzianum* at 52.5%. These findings can serve as a reference for the development of more effective and efficient plant disease management technologies.

Keywords: *Aspergillus flavus*, eco-friendly, fungicide, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma harzianum*

Pendahuluan

Fusarium oxysporum adalah cendawan patogen yang termasuk dalam ordo Moniliales, famili Tuberculariaceae, dan termasuk sebagai patogen penting yang dapat menginfeksi berbagai jenis tanaman dan bersifat tular tanah (*soil borne*) serta dapat menyebar melalui air dan kontak dengan tanaman yang terinfeksi (Hartati *et al.*, 2016; Allia, 2021). *F. oxysporum* menginfeksi bagian perakaran tanaman dengan menginvasi melalui jaringan *xylem* (vascular) dan menyebabkan gejala layu, dan busuk (Djajakirana & Sijabat, 2022). Meskipun dikenal sebagai patogen tular tanah, cendawan ini tidak hanya menginfeksi pada perakaran tetapi bisa juga sampai pada organ lain, seperti batang, daun, bunga dan buah (Ihkwanisa *et al.*, 2023).

Gejala umum penyakit layu fusarium meliputi daun yang menguning, layu, dan kering, pertumbuhan terhambat, akar yang membusuk dan berwarna cokelat kehitaman, serta adanya lingkaran berwarna cokelat atau hitam pada pangkal batang saat dipotong (Maryani *et al.*, 2019; Nurkarimah *et al.*, 2023). Tanaman yang telah dilaporkan terinfeksi oleh *F. oxysporum* terdiri dari berbagai jenis tanaman hortikultura maupun perkebunan, diantaranya tanaman tomat, terong, pisang, cabai, dan bawang merah, jagung, kedelai dan padi (Rosmini *et al.*, 2021; Nurkarimah *et al.*, 2023). Banyaknya kisaran inang dari *F. oxysporum* dapat menjadi salah satu penyebab kerugian petani, karena serangannya karena menyebabkan tanaman mengalami layu secara patologis, yang akhirnya berujung pada kematian tanaman (Ihkwanisa *et al.*, 2023). Di Indonesia, infeksi *F. oxysporum* menyebabkan kerugian seperti berkurangnya pertumbuhan, hasil panen, dan kualitas buah, diantaranya kerugian produksi cabai merah mencapai 50% hingga gagal panen (Putra *et al.*, 2020; Sari *et al.*, 2023).

Upaya pengendalian penyakit layu *Fusarium* dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu secara teknis, mekanis, hayati dan kimiawi (Edi & Bobihoe, 2018). Pengendalian hayati dengan memanfaatkan mikroba bermanfaat telah banyak dilaporkan seperti penggunaan genus *Bacillus* sp., *Pseudomonas fluorescens*, *Gliocladium*, *Trichoderma* dan *Aspergillus* (Agustina *et al.*, 2021; Wahyuni *et al.*, 2023; Maftukhah *et al.*, 2023). Spesies *Trichoderma* spp. merupakan cendawan agens hayati yang banyak dimanfaatkan, diantaranya *T. harzianum* dan *T. asperellum* yang memiliki kemampuan untuk memproduksi metabolit sekunder, yang berfungsi sebagai agen antibiosis (Berlian *et al.*, 2013), selain itu *Aspergillus* sp. dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan *Rhizoctonia solani* (Sudewi *et al.*, 2023).

Berdasarkan uraian diatas, dilakukan evaluasi potensi cendawan agens hayati diantaranya *T. asperellum*, *T. harzianum* dan *A. flavus* terhadap *F. oxysporum*, untuk mengetahui jenis cendawan yang lebih efektif dalam menekan perkembangan *F. oxysporum*. Sehingga dapat menghambat perkembangan patogen penyebab penyakit pada tanaman serta dapat dimanfaatkan sebagai agens pengendali yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan untuk mengetahui jenis cendawan agens hayati di antara *T. asperellum*, *T. harzianum* dan *A. flavus* yang lebih efektif menekan perkembangan patogen *F. oxysporum* dengan cara mengetahui mekanisme penghambatannya.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan November 2024 sampai April 2025. Lokasi Penelitian di Laboratorium mikrobiologi Unit Pelaksana Teknis (UPT) Universitas Sulawesi Barat.

Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 ulangan dan 3 perlakuan di antaranya :

Perlakuan :

P1 : *F. oxysporum* + *A. flavus*

P2 : *F. oxysporum* + *T. asperellum*

P3 : *F. oxysporum* + *T. Harzianum*

Masing-masing perlakuan terdiri atas 10 cawan petri dan ditambahkan 1 cawan untuk kontrol patogen dan 1 cawan kontrol agens hayati, total setiap perlakuan adalah 36 cawan diperoleh dari 12 cawan diulang sebanyak 3 kali ulangan. Sehingga total sampel pengamatan semua perlakuan adalah 108 sampel cawan petri.

Pembuatan Media Potato Dextrose Agar (PDA)

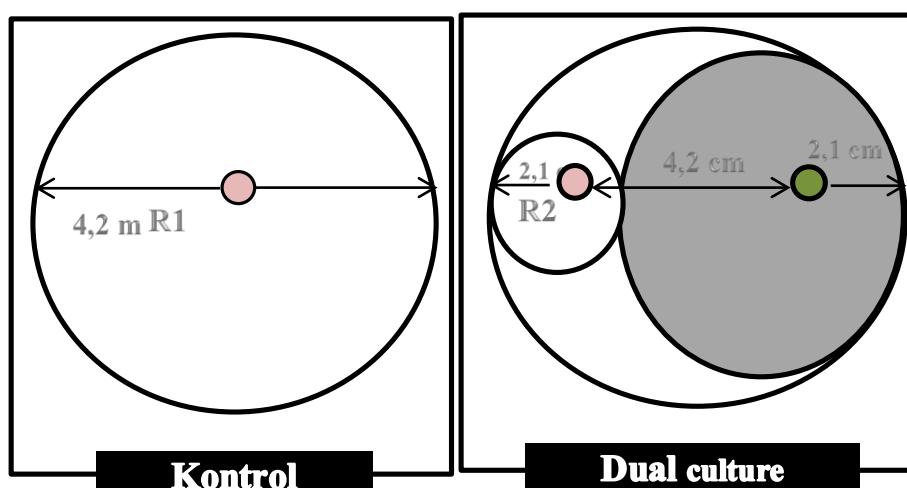
Pembuatan media sebanyak 39 g dimasukkan ke dalam *erlenmeyer* dan ditambahkan 1000 ml aquades kemudian dipanaskan hingga mendidih dan homogen, setelah suhu larutan media turun 36-37°C *erlenmeyer* ditutup dengan kapas dan *aluminium foil*, media disterilkan di dalam autoklaf pada suhu 121°C dan ditunggu selama 15 menit. Dituangkan ke dalam cawan petri dengan takaran ± 15 ml lalu media dibiarkan hingga padat.

Perbanyakan Cendawan

F. oxysporum dan agens hayati (*T. asperellum*, *T. harzianum* dan *A. flavus*) yang ditumbuhkan pada PDA secara in vitro menanam pada cawan petri yang berisi media PDA.

Perlakuan Agens Hayati

Perlakuan agens hayati dilakukan dengan metode *dual culture* dengan menempatkan agens hayati dan *F. oxysporum* masing-masing pada salah satu sisi dalam satu cawan petri yang berisi media PDA. Isolat *Trichoderma* sp. diambil dengan *cork borer* ukuran 0,6 cm, isolat agens hayati diletakkan dengan jarak 2,1 cm dari batas tepi cawan petri, dan isolat patogen juga diletakkan pada jarak 2,1 cm dari batas tepi cawan petri pada garis diameter yang sama (Ihkwanisa *et al.*, 2023).



Gambar 1. Skema penempatan inokulasi isolat di media cawan petri pengujian daya hambat jamur antagonis terhadap patogen. Warna pink = Patogen, warna hijau = agens hayati (Susanti, 2021).

Persentase Daya Hambat Agens hayati

Persentase hambatan agens hayati terhadap cendawan patogen *F. oxysporum* yaitu dengan menggunakan rumus (Skidmore dan Dickinson, 1976) sebagai berikut:

$$PIRG \% = \frac{(R1 - R2)}{R1} \times 100$$

Keterangan : PIRG = Persentase hambatan (%) R1 = Jari-jari *Fusarium oxysporum* tanpa agens hayati (kontrol) R2 = Jari-jari *Fusarium oxysporum* dengan agens hayati (perlakuan).

Penentuan tingkat hambatan berdasarkan persentase penghambatan pertumbuhan radial (*Percentage Inhibition of Radial Growth*, PIRG) dan Bell Rating. (Picardal *et al*, 2019), menafsirkan PIRG sebagai berikut ; PIRG< 50% : Rendah, 50%< PIRG< 60% : Sedang, 60%<PIRG< 75% : Tinggi, dan PIRG > 75% : Sangat Tinggi. Skala penelitian Bell Rating pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Skala Penelitian Bell Rating (Picardal *et al.*, 2019)

Rating	Deskripsi
1	Agens hayati benar-benar melampaui batas patogen dan menutupi seluruh permukaan media.
2	Agens hayati menguasai 2/3 dari permukaan media
3	Masing-masing agens hayati dan patogen menempati 1/2 permukaan media dan tidak ada organisme lain yang mendominasi
4	Patogen berhasil melampaui agens hayati dan menguasai 2/3 dari permukaan media dan nampak menahan serangan dari agens hayati.
5	Patogen sepenuhnya menguasai permukaan media.

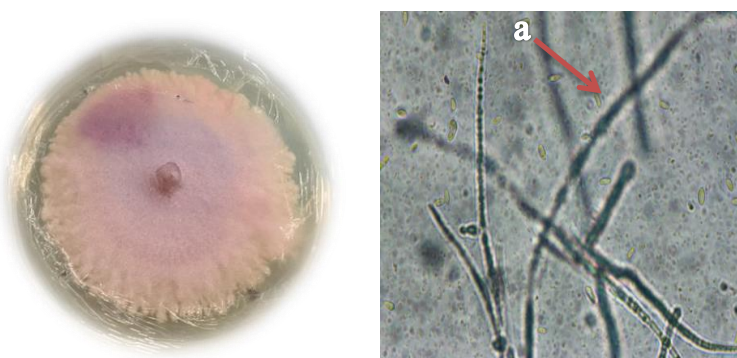
Analisis Data

Data dianalisis secara statistik dengan ANOVA. Jika diperoleh hasil yang berbeda nyata atau sangat nyata dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 99% atau $\alpha = 5\%$.

Hasil dan Pembahasan

Pengamatan Visual Makroskopis dan Mikroskopis

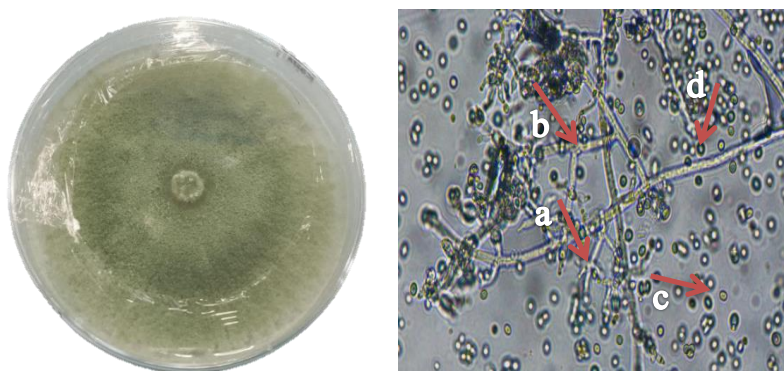
Hasil pengamatan secara makroskopis *F. oxysporum* sudah hampir memenuhi seluruh permukaan media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dipenuhi oleh hifa setelah tujuh hari masa inkubasi, memiliki koloni mula-mula berwarna putih kemudian berubah menjadi ungu (Hartati *et al.*, 2016).



Gambar 2. Penampang morfologi makroskopis *F. oxysporum* pada media PDA, penampang mikroskopis 7 HSI pembesaran 100 $\times$ (a) hifa bersepta.

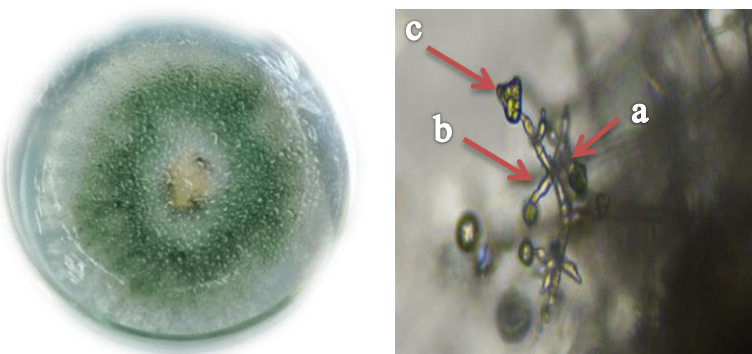
Pengamatan mikroskopis *F. oxysporum*, terdapat beberapa komponen, yaitu mikrokonidia dan makrokonidia. Sejalan dengan apa yang diungkapkan oleh Putra *et al.* (2020) bahwa *F. oxysporum* memiliki karakteristik khusus yaitu makrokonidia yang memiliki bentuk yang khas, melengkung menyerupai bulan sabit dengan 3-5 septa berukuran 22,13-26,29 $\mu\text{m} \times 3,78$ -4,74 μm . Mikrokonidia yang memiliki bentuk bulat panjang ini hanya terdiri dari 1-2 sekat yang berukuran antara 5,65 hingga 8,29 μm dan 2,48 hingga 3,14 μm .

Hasil pengamatan makroskopis isolat *T. asperellum* menunjukkan bahwa permukaan koloni memiliki bentuk datar dan bulat. Pada hari ketujuh, koloni telah sepenuhnya memenuhi permukaan cawan petri dan berwarna hijau tua, membentuk lingkaran sampai ke tepi cawan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Suanda (2019), yang menyatakan bahwa warna koloni mengalami perubahan menjadi hijau tua pada seluruh permukaan bagian atas setelah berumur 6 hari pasca isolasi. Secara mikroskopis isolat *T. asperellum* yaitu hifa bersepta, percabangan teratur seperti piramida yang terbentuk oleh struktur konidiofor dan fialid, serta konidia kehijauan berbentuk bulat atau *globose*. Karakteristik morfologi ini sesuai dengan ciri *T. asperellum* menurut Nurhayati *et al.* (2021) di mana koloni hijau tua mendekati usia tua, hifa bersepta, konidiofor piramidal dengan fialid bercabang, dan konidia bulat.



Gambar 3. Penampang makroskopis *T. asperellum* pada media PDA, morfologi mikroskopis *T. asperellum* pembesaran 100× (a) fialid, (b) hifa, (c) konidia, (d) konidiofor.

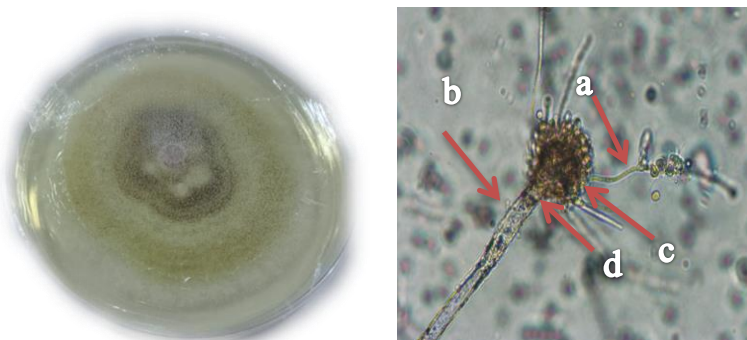
Pengamatan secara makroskopis pada *T. harzianum* memiliki ciri menonjol antara lain koloninya berwarna hijau muda sampai hijau tua yang memproduksi konidia aseksual berbentuk globus dan pertumbuhannya cepat (Haryuni, 2012). Menurut Shah *et al.* (2012) pada media PDA, *T. harzianum* membentuk 1-2 cincin konsentris dengan produksi konidia hijau. Produksi konidia adalah padat di tengah kemudian menuju margin konidia hijau dan berbentuk oval.



Gambar 4. Penampang makroskopis *T. harzianum* pada media PDA, morfologi mikroskopis *T. harzianum* pembesaran 100× (a) hifa, (b) konidiofor dan (c) konidia.

Pengamatan secara mikroskopis pada *T. harzianum* terlihat menunjukkan ciri khas hifa cendawan berbentuk septate, dengan konidiofor yang bercabang banyak dan konidia yang memanjang. Karakteristik tersebut sesuai dengan deskripsi yang diberikan oleh Sopialena (2020).

Hasil pengamatan makroskopis isolat *A. flavus* menunjukkan koloni yang berwarna hijau dan berkembang dengan membentuk pola melingkar. Ciri tersebut sama dengan karakteristik yang disebutkan oleh Noerfitryani & Hamzah (2018) menyatakan bahwa ciri makroskopis dari cendawan *A. flavus* pada media PDA yaitu koloni yang berwarna hijau terang hingga hijau gelap.



Gambar 5. Penampang makroskopis *A. flavus* pada media PDA, morfologi mikroskopis *A. flavus* pembesaran 100 $\times$, (a) hifa (b) konidiofor, (c) konidia dan (d) fialid.

Secara mikroskopis *A. flavus* menunjukkan konidiofor memiliki bentuk bulat pada bagian ujungnya menjadi vesikel, di dalam vesikel terdapat struktur kecil yang disebut batang pendek yang disebut sterigmata atau fialid dapat berwarna atau tidak berwarna dan tumbuh konidia yang menyusun jalur berwarna hijau, cokelat, atau warna yang gelap (Putri *et al.*, 2021).

Pertumbuhan Koloni Cendawan pada Isolat

Pada perlakuan pengamatan rata-rata pertumbuhan koloni pada isolat menunjukkan bahwa pada perlakuan P1 pertumbuhan koloni pada hari pertama lebih cepat dibandingkan pada perlakuan P2 dan lebih lambat dari P3 hal tersebut disebabkan karena adanya persaingan antara dua jenis koloni yang berbeda menjadi saingan dalam mendapatkan sumber nutrisi atau ruang pada isolat tersebut sehingga menyebabkan pertumbuhan patogen *F. oxysporum* menjadi lambat pada ketiga perlakuan tersebut.

Tabel 2. Pertumbuhan koloni patogen *F. oxysporum* pada perlakuan *dual culture*

Perlakuan	Diameter Koloni (cm) Hari Setelah Inkubasi (HSI)						
	1	2	3	4	5	6	7
P1	0,61 ^{bc}	0,91 ^{ab}	1,19 ^b	1,35 ^{bc}	1,55 ^{bc}	1,71 ^{bc}	1,73 ^a
P2	0,43 ^a	0,67 ^a	0,90 ^a	1,05 ^a	1,13 ^a	1,27 ^a	2,35 ^b
P3	0,63 ^c	1,34 ^b	1,41 ^c	1,58 ^c	1,70 ^c	1,78 ^c	1,83 ^a
UJI DMRT 5%	**	**	**	**	**	**	**

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom berarti berbeda sangat nyata pada taraf uji DMRT $\alpha = 0,05$. P1 = *F. oxysporum* + *A. flavus*, P2 = *F. oxysporum* + *T. asperellum*, P3 = *F. oxysporum* + *T. harzianum*.

Hari pertama pada perlakuan P1 lebih tinggi dibandingkan pertumbuhan koloni perlakuan P2 terjadinya pertambahan diameter cendawan agens hayati setiap harinya karena pada media pertumbuhan yang digunakan mempunyai pH yang sesuai, menggunakan media yang steril, dan media mengandung semua nutrisi yang mudah digunakan mikroorganisme (Nurdin & Gaby, 2020). Cendawan agens hayati *A. flavus* memiliki komponen penghambat (zat antibiotik) seperti asam sorbat, propionate, dan

asam asetat yang bersifat fungisida terhadap patogen, memiliki spektrum yang luas sehingga jika ditumbuhkan jenis kapang lain pada media yang sama, komponen penghambat ini dapat menghambat pertumbuhan kapang lain atau bahkan membunuh kapang tersebut.

Tabel 3. Penghambatan agens hayati terhadap *F. oxysporum*.

Perlakuan (P1)	Daya Hambat (%)	BR	Perlakuan (P2)	Daya Hambat (%)	BR	Perlakuan (P3)	Daya Hambat (%)	BR
FA1	70,5	1	FTa1	59,0	1	FTh1	51,7	2
FA2	67,4	1	FTa2	66,8	1	FTh2	53,2	2
FA3	66,2	1	FTa3	59,5	1	FTh3	52,6	2
Rata-rata PIRG	68,0 (Tinggi)		Rata-rata PIRG	61,8 (Tinggi)		Rata-rata PIRG	52,5 (sedang)	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom berarti berbeda sangat nyata pada taraf uji DMRT $\alpha = 0,05$. P1 = *F. oxysporum* + *A. flavus*, P2 = *F. oxysporum* + *T. asperellum*, P3 = *F. oxysporum* + *T. harzianum*.

Persentase penghambatan yang paling tinggi dari cendawan agens hayati potensial terhadap patogen pada perlakuan P1 yang memiliki rata-rata persentase hambatan tertinggi yakni sebesar 68%. Pertumbuhan koloni agens hayati sudah sampai menutupi lingkaran patogen sehingga Bell Retingnya adalah 1. Perlakuan P2 memperoleh rata-rata persentase hambatan 61,8%. Kemudian pada perlakuan P3 memiliki daya hambat sedang di mana rata-rata penghambatannya adalah 52,5% dan memiliki Bell Rating 2 karena agens hayati menguasai 2/3 dari permukaan media.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan P1 cendawan agens hayati *A. flavus* berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan patogen *F. Oxysporum* (Tabel 4). Hal ini diduga karena adanya kemampuan parasitasi terhadap patogen *F. oxysporum* penyebab penyakit layu pada tanaman. Sejalan dengan penelitian (Rena, 2024) cendawan *A. flavus* ini dapat menghasilkan senyawa berupa Aspergillin dan memproduksi zat yang dapat menghambat perkembangan patogen. Menghasilkan enzim kitinase yang mempunyai kemampuan untuk memecah komponen dinding sel cendawan patogen.

Tabel 4. Growth Rate Patogen *F. oxysporum*

P1	Growth rate (Pertumbuhan) cm/hari (ulangan)			Jumlah	Rata-rata
	2	3			
h1	16,70	13,90	15,00	45,60	15,20
h2	11,90	9,65	10,90	32,45	10,82
h3	12,70	9,43	9,60	31,73	10,58
h4	10,55	7,90	8,95	27,40	9,13
h5	9,34	7,66	8,46	25,46	8,49
Total	61,19	48,54	52,91	162,64	
P2	Growth rate (Pertumbuhan) cm/hari (ulangan)			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
h1	8,00	9,20	8,60	25,80	8,60
h2	16,30	12,65	19,45	48,40	16,13
h3	18,13	13,67	16,70	48,50	16,17
h4	15,90	14,03	15,98	45,90	15,30
h5	14,70	12,24	13,90	40,84	13,61
Total	73,03	61,78	74,63	209,44	
P3	Growth rate (Pertumbuhan) cm/hari (ulangan)			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
h1	18,80	17,00	16,40	52,20	17,40
h2	25,90	25,25	25,10	76,25	25,42
h3	20,40	20,23	20,27	60,90	20,30
h4	16,45	17,58	18,60	52,63	17,54
h5	15,22	15,48	16,24	46,94	15,65
Total	96,77	95,54	96,61	385,22	

Keterangan : Growth rate = Pertumbuhan koloni per hari, P1= *F. oxysporum* + *A. flavus*, P2 = *F.oxysporum* + *T. asperellum*, P3 = *F. oxysporum* + *T. harzianum*. h1= hari pertama, h2 = hari ke dua, h3 = hari ke tiga, h4 = hari ke empat, h5 = hari ke lima.

Perlakuan P2 dari pertumbuhan koloni patogen yang semakin lambat menunjukkan perlakuan *T. asperellum* berpengaruh signifikan terhadap perkembangan patogen *F. oxysporum* pada hari ketujuh HSI terlihat secara visual bahwa cendawan *T. asperellum* mampu menghambat pertumbuhan patogen dengan koloni yang memenuhi ruang cawan, hal ini diduga karena terjadinya mekanisme antibiosis, persaingan unsur hara dan ruang tumbuh. Adapun kemampuan kompetisi terhadap substrat, yang ditandai dengan pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan spesies lainnya. Sejalan dengan penelitian (Ihkwana *et al.*, 2023), *T. asperellum* tidak hanya memiliki sifat kompetisi, tetapi juga memiliki sifat hiperparasitisme dan mampu memproduksi senyawa antibiotik. *T. asperellum* mampu mendominasi persaingan dalam memperoleh nutrisi yang memiliki kemampuan lebih tinggi dari patogen (Susanti, 2021).

Cendawan *T. harzianum* mampu berperan sebagai antagonis terhadap patogen dengan cara kompetisi nutrisi, cendawan ini mempunyai kemampuan yang baik untuk

mengambil sumber daya yang ada. Cendawan ini mengurangi ketersediaan nutrisi bagi patogen sehingga pertumbuhannya menjadi terhambat. Menurut Hasanah (2023) *T. harzianum* mampu memproduksi senyawa antibiotik yang bersifat toksik terhadap patogen, mekanisme ini dapat melindungi tanaman dari serangan penyakit. *T. harzianum* dapat menghasilkan enzim selulase dan kitinase yang dapat membuat cendawan *T. harzianum* menjadi parasit terhadap patogen. Menurut Ummah & Suryaminarsih (2023) Cendawan *T. harzianum* mampu berperan sebagai antagonis terhadap patogen dengan cara kompetisi nutrisi, cendawan ini mempunyai kemampuan yang baik untuk mengambil sumber daya yang ada dengan persaingan yang baik, cendawan ini mengurangi ketersediaan nutrisi bagi patogen sehingga pertumbuhannya jadi terhambat.

Simpulan

Ketiga jenis cendawan agens hayati – *Aspergillus flavus*, *Trichoderma asperellum*, dan *Trichoderma harzianum* – secara signifikan mampu menghambat pertumbuhan patogen *Fusarium oxysporum*. Dari ketiganya, *Aspergillus flavus* menunjukkan efektivitas tertinggi. Kemampuan penghambatan ini diduga karena berbagai mekanisme, seperti produksi senyawa antibiotik, kompetisi nutrisi dan ruang, serta parasitisme. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan penting untuk pengembangan teknologi pengendalian penyakit tanaman yang lebih efektif dan ramah lingkungan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama pelaksanaan penelitian ini. Secara khusus, penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada pembimbing Dr. Niken Nur Kasim, S.P., M.P atas bimbingan, saran, serta bantuan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, R., Herawati, N., & Sari, A.P. 2021. Konsorsium *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas fluorescens* untuk pengendalian layu *Fusarium*. *Jurnal Agroteknologi*. 15(2):123-134 <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JA/article/view/5724>.
- Allia MR. 2021. Cendawan endofit dalam pengendalian patogen *Fusarium oxysporum* pada tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Djajakirana G, Sijabat PH. 2022. Pengaruh media tanam terhadap pertumbuhan bibit tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) dan intensitas serangan layu fusarium (*Fusarium oxysporum* schleth) pada pembibitannya. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 24(2):62-66. doi: <https://doi.org/10.29244/jitl.24.2.62-66>.
- Edi S, Bobihoe J. 2010. *Budidaya Tanaman Sayuran*. Jambi: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jambi.
- Hartati SS, Rustiani US, Puspasari LT, Kurniawan W. 2016. Kompatibilitas vegetatif *Fusarium oxysporum* dari beberapa tanaman inang. *Agrikultura*. 27(3):132-139. doi: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v27i3.10875>.

- Haryuni H. 2012. Pengaruh *Trichoderma* sp. dan lama pemanasan mata tunas (*bud chips*) tebu terhadap pertumbuhan awal benih tebu varietas 864. *Jurnal Ilmiah Agrineca*. 12(2).
- Hasanah NMH. 2023. Pengaruh perbedaan pemberian dosis *Trichoderma harzianum* terhadap infeksi *Cercospora* pada selada romaine (*Lactuca sativa* L.) Menggunakan metode semprot [disertasi]. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Ihkwanisa N, Nugraheni IA, Kurniawati T, Fardhani DM. 2023. Uji antagonis *Trichoderma* spp. terhadap layu fusarium tanaman cabai (*Capsicum annum*). In *prosiding seminar nasional penelitian dan pengabdian kepada masyarakat LPPM Universitas Aisyiyah Yogyakarta*. 1:244-252.
- Lelana NE, Mindawati N. 2015. Uji antagonis *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* spp. terhadap *Fusarium* sp., penyebab penyakit rebah kecambah pada sengon. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 12(1):23-28. doi: <https://doi.org/10.20886/jpht.2015.12.1.23-28>.
- Maftukhah NA, Faizah M, Prasetijono H. 2023. Response of giving antagonist fungi *Trichoderma* spp on vegetative growth of soybean plants (*Glycine max* (L.) Merr.) infected by *Fusarium* sp. *Agaricus: Advances Agriculture Science & Farming*. 2(3):125-129. doi: <https://doi.org/10.32764/agaricus.v2i3.5709>.
- Maryani N, Lombard L, Poerba YS, Subandiyah S, Crous PW, Kema GHJ. 2019. Phylogeny and genetic diversity of the banana Fusarium wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in the Indonesian centre of origin. *Studies in Mycology*. 92:155-194. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2018.06.003>
- Noerfitryani N, Hamzah H. 2018. Inventarisasi jenis-jenis cendawan pada rhizosfer pertanaman padi. *Journal Galung Tropika*. 7(1):11-21. doi: <https://doi.org/10.31850/jgt.v7i1.282>.
- Nurdin E, Gaby MN. 2020. Perbandingan variasi media alternatif dengan berbagai sumber karbohidrat terhadap pertumbuhan *Candida albicans*. *Bionature*. 21(1):1-5. doi: <https://doi.org/10.35580/bionature.v21i1.13920>.
- Nurhayati Y, Suryanti S, Wibowo A. 2021. In vitro evaluation of *Trichoderma asperellum* isolate ugmlhaf against *Rhizoctonia solani* causing sheath blight disease of rice. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 25(1):64-73. <https://doi.org/10.22146/jpti.65290>.
- Nurkarimah I, Nurapriliani R, Regita Y, Hilmi F. 2023. Identifikasi penyakit layu Fusarium pada tanaman cabai keriting merah (*Capsicum annum* L.) dan upaya pengendaliannya Di Kampung Hegarmanah Desa Cipinang. *Proceedings UIN Sunan Gunung Djati Bandung*. 4(9):303-314. <https://proceedings.uinsgd.ac.id/index.php/proceedings/article/download/1730/2073/7461>.
- Picardal J. 2019. Antagonistic activity of *metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) against phytopathogenic *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (schlecht.) as a biological control. *Cnu-Journal of Higher Education*. 13:25-33. doi: <https://doi.org/10.70997/2546-1796.1014>.
- Putra GWK, Ramona Y, Proborini MW. 2020. Eksplorasi dan identifikasi mikroba yang diisolasi dari rhizosfer tanaman stroberi (*Fragaria x ananassa dutch*.) di kawasan Pancasari Bedugul. *Journal of Biological Sciences*. 7(2):205-213. doi: <https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2020.v07.i02.p09>.
- Putri MC, Erina E, Abrar M. 2021. Isolasi dan identifikasi *Aspergillus* sp. pada kantung hawa puyuh (*Cortunix japonica*). *Acta Veterinaria Indonesian*. 9(2):134-142. doi: <https://doi.org/10.29244/avi.9.2.134-142>.

- Rena RM. 2024. Kombinasi *Trichoderma asperellum* dan *Aspergillus flavus* untuk mengendalikan penyakit busuk pangkal umbi pada bawang merah di Kabupaten Enrekang [disertasi]. Makassar: Universitas Hasanudin.
- Sari D, Nugroho A, Hartati S. 2023. Dampak Infeksi *Fusarium* sp. pada Produksi Tanaman Cabai; Studi Kasus dan Penanganan. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 18(2):90 -102.
- Shah MUD, Ahmad M, Sagar V, Padder BA, Ahanger FA, Sofi TA, Kausar S. 2012. In vitro evaluation of bioagents and fungitoxicants against *Fusarium oxysporum* and *Fusarium solani* causing corm rot of saffron (*Crocus sativus*) in Kashmir, India. In *iv international symposium on saffron biology and technology*. 1200:125-132. doi: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1200.21>.
- Skidmore AM, Dickinson CH. 1976. Colony interactions and hyphal interference between *Septoria nodorum* and phylloplane fungi. *Trans Brit Mycol Soc*. 66:57-64. doi: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(76\)80092-7](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(76)80092-7).
- Sopialena S, Suyadi S, Sofian S, Tantiani D., dan Fauzi AN. 2020. Efektifitas cendawan endofit sebagai pengendali penyakit blas pada tanaman padi (*Oryza sativa*). *AgriFor*. 19(2):355. Doi: <https://doi.org/10.31293/af.v19i2.4813>.
- Suanda IW. 2019. Karakterisasi morfologis *Trichoderma* sp. Isolat jb dan daya hambatnya terhadap jamur *Fusarium* sp. penyebab penyakit layu dan jamur akar putih pada beberapa tanaman. *Jurnal Widya Biologi*. 10(02):99-112. doi: <https://doi.org/10.32795/widyabiologi.v10i02.407>.
- Susanti A, Afifah N, Febrianti R. 2021. Penekanan jamur endofit terhadap patogen pada tanaman jambu bol gondang manis. *Journal Viabel Pertanian*. 15(1):1-15. doi: <https://doi.org/10.35457/viabel.v15i1.1282>.
- Ummah R, Suryaminarsih P. 2023. Studi literasi potensi *Trichoderma* spp. sebagai jamur entomopatogen. *Makalah Tepat dalam Kompilasi (EPiC)*. 5(1):11-16. doi: <https://doi.org/10.32764/epic.v5i1.888>.
- Wahyuni T, Santoso J, Prabowo M. 2023. Penggunaan Mikroba Antagonis dalam Biofungisida untuk Pengendalian Penyakit Tanaman. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*. 16(1):55-68.