

**MEKANISME ANTAGONISME BEBERAPA ISOLAT JAMUR
ANTAGONIS TERHADAP PERTUMBUHAN JAMUR
*Colletotrichum gloeosporioides***

Risya Rosyida

Universitas Mulawarman

Korespondensi : risyar16@gmail.com

Abstract

Article history:

Received 18 July 2025

Accepted 10 August 2025

Published 30 August 2025

The pathogen *Colletotrichum gloeosporioides* causes anthracnose disease in cayenne pepper, which is difficult to control. It is expected to control the pathogen by using antagonistic fungi because it has the ability to stop its growth by means of antibiosis, parasitism, or competition. This study aims to test five isolates of antagonistic fungi for their ability to inhibit *C. gloeosporioides*, which causes anthracnose disease in cayenne pepper plants, and to identify the mechanism of inhibition in vitro. Inhibition and antagonistic mechanisms were used in the study. Each test used a full-randomized design. The antagonistic fungi used were *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Gliocladium* sp., *Nigrospora* sp., and *Trichoderma* sp., each repeated five times. The results showed that, compared to the other fungi, the antagonistic fungal isolate *Trichoderma* sp. had a high inhibitory ability (74%). The three isolates of antagonistic fungi have antagonistic mechanisms against *C. gloeosporioides*, namely *Aspergillus* sp., *Gliocladium* sp., and *Trichoderma* sp. In addition, isolates of *Gliocladium* sp., *Nigrospora* sp., and *Trichoderma* sp. also have parasitism ability, while *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., and *Trichoderma* sp. have antibiosis mechanisms against *C. gloeosporioides*. Antagonistic fungal isolates that have the most potential to be developed as biological agents for anthracnose control in cayenne pepper plants, namely *Trichoderma* sp.

Keywords: *antagonistic fungi; Cayenne pepper; Colletotrichum gloeosporioides; control; pathogen.*

.

.

Pendahuluan

Cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) adalah salah satu tanaman hortikultura yang sangat menguntungkan yang dapat ditanam di Indonesia dan peranan penting dalam konsumsi masyarakat. Namun, budidaya cabai rawit seringkali menghadapi berbagai tantangan, Salah

satunya adalah serangan hama dan penyakit yang dapat mengurangi hasil panen. Salah satu penyakit utama yang menjadi kendala serius dalam budidaya cabai rawit adalah busuk buah antraknosa, yang disebabkan oleh infeksi jamur patogen *Colletotrichum gloeosporioides*. Penyakit ini dapat menyerang setiap fase pertumbuhan

tanaman, mulai dari fase pembibitan hingga fase generatif, dengan gejala khas berupa lesi cekung berwarna hitam pada buah yang kemudian meluas dan menyebabkan buah membusuk. Pada stadium lanjut, serangan *C. gloeosporioides* bahkan dapat menyebabkan kematian tanaman, berakibat pada kerugian ekonomi yang besar bagi petani.

Untuk mengatasi busuk buah antraknosa, fungisida sintetik masih digunakan secara konvensional. Penggunaan berlebihan fungisida kimia, meskipun efektif dalam jangka pendek, memiliki banyak konsekuensi negatif. Ini termasuk residu kimia pada produk pertanian, pencemaran lingkungan, resistensi patogen terhadap fungisida, dan gangguan pada kesehatan manusia dan organisme non-target. Akibatnya, diperlukan alternatif pengendalian yang lebih efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.

Alternatif yang dapat digunakan untuk masalah ini yaitu melalui pengendalian hayati atau biologis. Penggunaan agens hayati, terutama mikroorganisme yang memiliki sifat antipati terhadap patogen, adalah salah satu metode pengendalian hayati. Mikroorganisme antagonis memiliki kemampuan untuk menghentikan perkembangan atau aktivitas patogen melalui berbagai mekanisme, seperti kompetisi nutrisi dan ruang, parasitisme (yang menyebabkan hiperparasitisme), dan antibiosis (yang menghasilkan senyawa antimikroba).

Penelitian mengenai agens hayati sebagai pengendali *C. gloeosporioides* pada cabai rawit telah banyak dilakukan. Beberapa spesies jamur antagonis yang telah terbukti efektif antara lain *Trichoderma* spp., *Aspergillus* spp., dan *Gliocladium* spp. Mekanisme antagonisme yang umum terjadi pada jamur ini meliputi: (1) Kompetisi, di mana agens hayati tumbuh lebih cepat dan mendominasi ruang serta nutrisi yang dibutuhkan patogen; (2) Antibiosis yaitu produksi senyawa metabolit sekunder seperti antibiotik atau enzim litik (kitinase, glukonase) yang dapat menghambat pertumbuhan atau merusak dinding sel patogen, sehingga menciptakan zona hambat di sekitar koloni patogen; dan (3) Parasitisme atau mikoparasitisme, di mana hifa agens hayati melilit

dan menyerang hifa patogen, menyebabkan lisis dan kematian sel patogen (Nurzannah et al., 2014; Putri, 2018).

Selain itu Hartal et al. (2010) dalam penelitiannya menemukan bahwa isolat *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. mampu memberikan penghambatan tertinggi terhadap patogen, mencapai 70,1% dalam uji *in vitro*. Lebih lanjut, Pratiwi et al. (2013) juga menyatakan bahwa *Trichoderma* sp. secara efektif menekan pertumbuhan *Fusarium moniliforme* dalam uji *in vitro*. Temuan ini mengindikasikan potensi besar jamur antagonis sebagai biokontrol yang efektif. *Trichoderma* dikenal luas sebagai agen biokontrol berbagai penyakit tanaman melalui mekanisme kompetisi, antibiosis, dan parasitisme (Harman et al., 2021; Druzhinina et al., 2018). Namun, penelitian mengenai efektivitas isolat lokal *Trichoderma* pada cabai rawit masih terbatas, sehingga diperlukan kajian mendalam. Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi dan menguji potensi jamur antagonis indigenous dari lingkungan pertanaman cabai rawit sebagai agen pengendali hayati *Colletotrichum gloeosporioides*. Melalui pemahaman mendalam tentang daya hambat dan mekanisme antagonisme jamur lokal, diharapkan dapat diperoleh formulasi agens hayati yang efektif untuk mengurangi ketergantungan pada fungisida kimia, mendukung praktik pertanian berkelanjutan, dan meningkatkan produktivitas cabai rawit di Indonesia.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan 3 Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Pengamatan mekanisme antagonis juga didukung oleh SEM di Laboratorium Biosains Universitas Brawijaya. Isolat jamur antagonis berasal dari bahan yang dikumpulkan di Laboratorium Universitas Brawijaya. Rancangan acak lengkap dengan lima jamur antagonis digunakan untuk setiap pengujian, yang diulang lima kali (Tabel 1).

Tabel 1. Perlakuan uji antagonis secara in vitro

Perlakuan	Kode isolat	Deskripsi
1.	RN1	isolat <i>C. gloeosporioides</i> dan isolat jamur yang diperoleh dari filosfer daun tanaman tebu (RN1) ditumbuhkan pada media kultur PDA
2.	RN2	isolat <i>C. gloeosporioides</i> dan isolat jamur yang diperoleh dari filosfer daun tanaman tebu (RN2) ditumbuhkan pada media kultur PDA
3.	AJ	isolat <i>C. gloeosporioides</i> dan isolat jamur yang diperoleh dari tanah rhizosfer tanaman jeruk (AJ) ditumbuhkan pada media kultur PDA
4.	S5	isolat <i>C. gloeosporioides</i> dan isolat jamur yang diperoleh dari endofit daun tanaman tebu (S5) ditumbuhkan pada media kultur PDA
5.	EAB	isolat <i>C. gloeosporioides</i> dan isolat jamur yang diperoleh dari endofit daun tanaman tebu (EAB) ditumbuhkan pada media kultur PDA

Isolasi dilakukan dengan memotong bagian daun yang sakit dan setengah sehat sepanjang 1-2 cm. Potongan-potongan daun dibersihkan dengan merendam dua kali dalam NaOCl 2%, alkohol 70%, dan aquades, dengan waktu perendaman masing-masing selama 1 menit. Setelah kering, potongan-potongan daun dianginkan di atas tisu steril hingga kering. Potongan daun kemudian ditanam di atas media PDA dalam cawan petri dan diinkubasi selama 7 hari.

Purifikasi dilakukan dengan mengambil koloni jamur yang berbeda-beda dan paling dominan. Jamur patogen yang telah dibersihkan ditanam pada media PDA baru menggunakan jarum ose.

Uji patogenitas dilakukan dengan melalui pembuatan suspensi *C. gloeosporioides* dengan cara 10 ml aquades dimasukkan ke tabung reaksi kemudian ditambahkan jamur sebanyak 2 ose dan ditutup lalu dihomogenkan selama 10 menit. Penginokulasian dilakukan dengan 2 cara pengaplikasian yakni suspensi jamur disuntikkan pada tanaman cabai rawit dibagian buah dan suspensi jamur disiramkan pada daerah perakaran (Firmansyah dan Alfarisi, 2016).

Setelah isolat diperoleh, koloni jamur diambil dan ditanam pada media PDA baru dengan jarum ose. Makroskopis, identifikasi dilakukan dengan melihat koloni untuk warna, bentuk, elevasi, dan tekstur. Mikroskopis, identifikasi dilakukan

dengan melihat bentuk koloni jamur, seperti hifa dan spora.

Uji antagonis beberapa jamur terhadap *C. gloeosporioides* in vitro Setiap tes dilakukan lima kali ulangan. Isolation *C. gloeosporioides* dan jamur antagonis diletakkan berhadapan satu sama lain dengan jarak 3 cm dalam cawan petri diameter 9 cm menurut Ainy et al. (2015). Perhitungan persentase penghambatan mengacu pada Dharmaputra et al. (1999).

$$\% \text{Penghambatan} = \frac{D_c}{D_t} - D_t \times 100$$

Di mana:

D_c = diameter koloni patogen pada kontrol (mm) yaitu petri tanpa antagonis.

D_t = diameter koloni patogen di arah yang mengarah ke antagonis (mm) pada perlakuan dual-culture.

Mekanisme yang terjadi antara jamur antagonis dengan patogen diamati lebih detail dengan menggunakan SEM. Pengamatan dilakukan untuk melihat perbandingan antara kenampakan fisik kontrol dengan perlakuan antagonis. Kemudian dibandingkan perubahan yang terlihat dari hasil SEM dan dilakukan analisa secara fisik mengacu pada Adedeji, A.A., et al. (2014). Data diuji dengan sidik ragam sebelum melakukan uji beda rata-rata perlakuan dengan uji BNT pada taraf 5%.

Hasil Dan Pembahasan

Persentase Penghambatan Jamur Antagonis terhadap Patogen

Hasil pengujian daya hambat

menunjukkan bahwa ketiga isolat jamur antagonis memiliki daya hambat lebih dari 50% terhadap patogen *C. gloeosporioides*, sedangkan dua isolat jamur antagonis lainnya memiliki daya hambat kurang dari 50% (Tabel 2).

Tabel 2. Persentase penghambatan pertumbuhan *C. gloeosporioides*

Isolat jamur antagonis	% Rerata daya hambat pada pengamatan ke-			
	4 hari	5 hari	6 hari	7 hari
<i>Aspergillus</i> sp.	36 b	44 b	48 b	55 b
<i>Penicillium</i> sp.	18 a	18 a	20 a	25 a
<i>Gliocladium</i> sp.	36 b	42 b	46 b	58 b
<i>Nigrospora</i> sp.	14 a	20 a	24 a	33 a
<i>Trichoderma</i> sp.	50 c	59 c	71 c	74 c

Keterangan: Bilangan yang disertai huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT taraf kesalahan 5%.

Tabel 3. Pendugaan jenis mekanisme antagonisme isolat jamur antagonis

Isolat jamur antagonis	Jenis mekanisme antagonisme		
	Kompetisi	Parasitisme	Antibiosis
<i>Aspergillus</i> sp.	+	-	+
<i>Penicillium</i> sp.	-	-	+
<i>Gliocladium</i> sp.	+	+	-
<i>Nigrospora</i> sp.	-	+	-
<i>Trichoderma</i> sp.	+	+	+

Keterangan: (+) terdapat mekanisme, (-) tidak terdapat mekanisme.

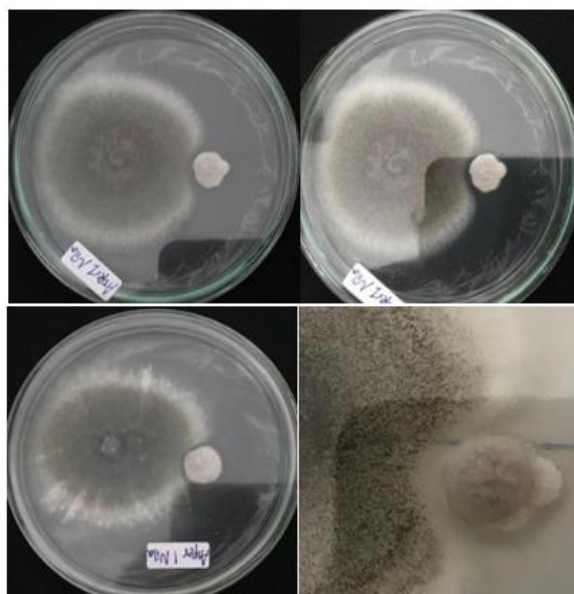
Mekanisme Penghambatan Jamur Antagonis terhadap Patogen

Tabel 3 menunjukkan hasil pengamatan makroskopis dan mikroskopis tentang mekanisme penghambatan jamur antagonis terhadap patogen *C. gloeosporioides*. Pengamatan mikroskopis menunjukkan bahwa isolat *Trichoderma* sp. memiliki kemampuan parasitisme, yang ditunjukkan dengan lilitan hifa jamur antagonis terhadap hifa patogen. Mekanisme hambatan *Trichoderma* sp. terdiri dari lilitan *Trichoderma* sp. dan hifa patogen lisis.

1. *Aspergillus* sp. vs *C. gloeosporioides*

Patogen tidak mampu bersaing untuk ruang dan nutrisi untuk berkembang karena mekanisme kompetisi menghentikan pertumbuhannya. Ketika koloni jamur antagonis

tumbuh lebih cepat, mereka mulai menutupi jamur patogen, menyebabkan hifa jamur patogen lisis. Proses pembelitan *Aspergillus* sp. menyebabkan lisis hifa *C. gloeosporioides*, seperti yang ditunjukkan oleh hasil pengamatan menggunakan SEM (Gambar 2b). *Aspergillus* sp. juga memiliki kemampuan untuk menghasilkan metabolit sekunder yang aktif. Senyawa antimikroba yang diproduksi oleh *Aspergillus* sp. memiliki gugus fenol dan bersifat netral, polar. Fenol ini memiliki kemampuan untuk mendenaturasikan protein pada dinding dan membran sel bakteri dan jamur. Selain itu, *Aspergillus* sp. dapat menghasilkan zat bioaktif yang membuat jamur *Aspergillus* sp. antagonis terhadap patogen yang menyebabkan penyakit tanaman (Zhang et al., 2008).



Gambar 1. Mekanisme hambatan isolat *Aspergillus* sp. pada 5,6,7 hsi terlihat adanya zona bening diantara kedua jamur (terjadi pertemuan pada pengamatan 7 hsi).



Gambar 2. Kenampakan mekanisme antibiosis dengan perbesaran 4000x.

- hifa *Aspergillus* sp. memiliki hifa patogen, membuat hifa patogen mengalami lisis,
- terjadi pembengkakan (lisis) dari hifa patogen akibat lilitan oleh hifa *Aspergillus* sp.,
- Aspergillus* sp. sebelum menyerang,
- C. gloeosporioides* sebelum terserang.

2. *Penicillium* sp. vs *C. gloeosporioides*

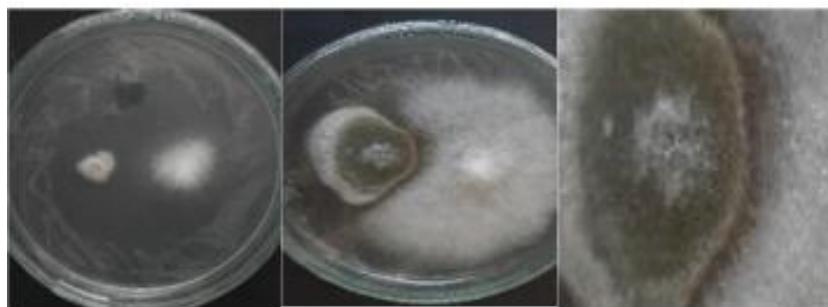
Berdasarkan uji antagonis antara *Penicillium* sp. dan *C. gloeosporioides* menghasilkan mekanisme yaitu antibiosis. Serta pada bagian antara kedua jamur terdapat zona bening atau zona inhibisi. Ada hubungan antara pembentukan zona inhibisi dan senyawa antibiosis yang disekresi oleh jamur

antagonis. Hifa patogen dapat dilisis oleh zat yang dikeluarkan *Penicillium* sp. (Gambar 4a). Ini sejalan dengan temuan penelitian Des et al. (2013), yang menunjukkan bahwa dua isolat yang diuji, *Penicillium* sp. dan *F. oxysporum* f. sp. cubence, menunjukkan mekanisme antibiosis. Selain itu, senyawa yang dikeluarkan oleh *Penicillium* sp.

menyebabkan lisis hifa *F. oxysporum*.

Mekanisme antibiosis yang dilakukan oleh jamur antagonis yaitu dengan cara menghasilkan enzim-enzim tertentu yang menyebabkan patogen mengalami lisis. Sesuai dengan hasil SEM (Gambar 4a dan 4b) menunjukkan bahwa hifa patogen mengalami pertumbuhan abnormal yaitu mengalami kempis (lisis) pada dinding hifa patogen, hal tersebut disebabkan karena adanya senyawa yang dikeluarkan oleh *Penicillium* sp. yang mana senyawa tersebut menyebabkan nutrisi

dalam hifa patogen akan keluar dan mengakibatkan metabolisme pertumbuhan pada *C. gloeosporioides* terhambat. Beberapa genus *Penicillium* sp. mampu menghambat pertumbuhan patogen melalui mekanisme antibiosis. Makut dan Owolewa (2011) menyatakan *Penicillium* sp. menghasilkan antibiotik Penisilin, yang memiliki kemampuan untuk menghentikan sintesis dinding sel patogen. Antibiotik ini mencegah pembentukan peptidoglikan yang utuh, yang melemahkan dinding sel dan menyebabkan lisis.



Gambar 3. Mekanisme hambatan isolat *Penicillium* sp. pada 3,6,7 hsi terlihat terdapat zona bening diantara kedua isolat yang mengindikasikan adanya mekanisme antibiosis



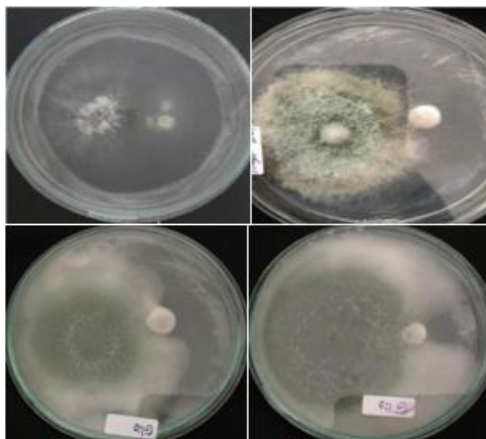
Gambar 4. Hasil pengamatan mekanisme antibiosis perbesaran 4000x.

- hifa *Penicillium* sp. masuk kedalam dinding sel hifa patogen dan menyebabkan lisis,
- hifa patogen mengalami lisis,
- Penicillium* sp. sebelum menyerang,
- C. gloeosporioides* sebelum terserang.

3. *Gliocladium* sp. vs *C. gloeosporioides*

Secara makroskopis isolat *Gliocladium* sp. memiliki mekanisme kompetisi, terlihat jamur patogen tidak tumbuh akibat terhalang oleh *Gliocladium* sp. yang sangat cepat (Gambar 5). Pada gambar dibawah, sedikit koloni jamur antagonis menutupi jamur patogen, menyebabkan hifa patogen lisis. Ini ditunjukkan oleh hasil pengamatan SEM (Gambar 6b), di mana *Gliocladium* sp. menghasilkan senyawa

yang merusak dinding sel, memungkinkan *Gliocladium* sp. untuk memasuki hifa patogen dan menghambat patogen. *Gliocladium* sp. memiliki kemampuan untuk menyebabkan parasit inangnya, yang merupakan patogen. Parasit melakukan pekerjaan mereka dengan membungkus atau menutupi patogen, dan mereka juga dapat menghasilkan enzim-enzim yang menghancurkan dinding sel patogen, yang mengakhiri kehidupan patogen.



Gambar 5. *Gliocladium* sp. pada 2,5,6,7 hsi terlihat memiliki mekanisme kompetisi terhadap *C. gloeosporioides*.

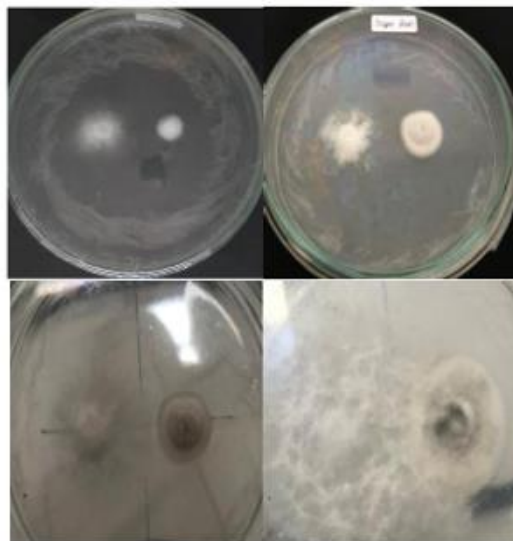


Gambar 6. Hasil pengamatan mekanisme parasitisme menggunakan SEM dengan perbesaran 5000x.
 a. hifa *Gliocladium* sp. melilit hifa patogen, mengindikasikan adanya mekanisme parasitisme,
 b. hifa patogen mengalami lisis,
 c. *Gliocladium* sp. sebelum menyerang,
 d. *C. gloeosporioides* sebelum terserang

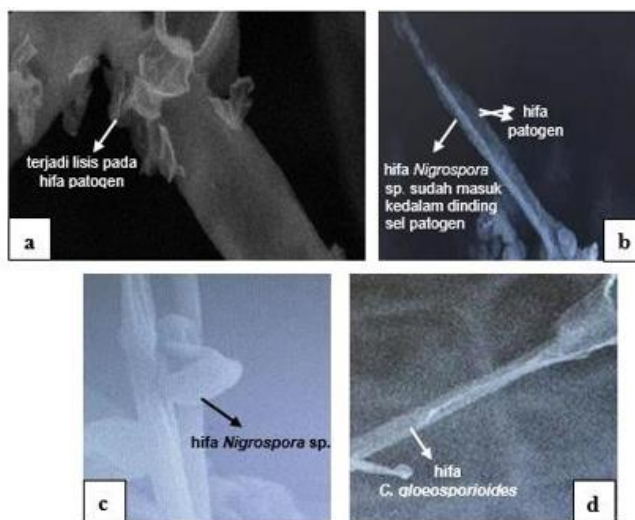
4. *Nigrospora* sp. vs *C. gloeosporioides*

Berdasarkan hasil pengamatan SEM menunjukkan bahwa hifa *Nigrospora* sp. merusak hifa dari *C. gloeosporioides* (Gambar 8a) yang mengakibatkan hifa patogen mengalami lisis dan pertumbuhannya tidak dapat berkembang. Hal ini dikarenakan *Nigrospora* sp. menghasilkan senyawa antimikroba yang mana senyawa tersebut dapat

menghambat pertumbuhan dari patogen. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Herawati *et al.* (2015) menunjukkan *Nigrospora* sp. mampu menekan pertumbuhan *F. oxysporum* dengan persentase daya hambat tertinggi yaitu 47,78%, hal ini disebabkan karena jamur endofit dari genus *Nigrospora* berperan sebagai penghasil antimikroba. Sehingga dapat menghambat pertumbuhan *F. oxysporum*.



Gambar 7. Mekanisme hambatan isolat *Nigrospora* sp. pada 3,4,6,7 hsi terlihat adanya mekanisme parasitisme.



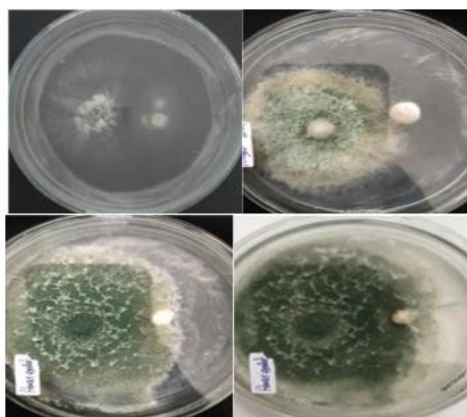
Gambar 8. Pengamatan mekanisme parasitisme menggunakan SEM perbesaran 3000x.

- hifa patogen lisis karena hifa jamur antagonis merusak dinding sel dari patogen,
- hifa patogen mengalami lisis,
- C. gloeosporioides* sebelum terserang,
- Nigrospora* sp. sebelum menyerang.

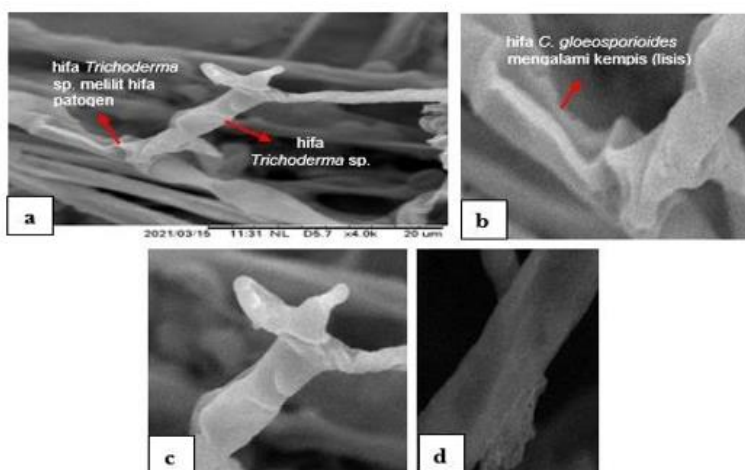
5. *Trichoderma* sp. vs *C. gloeosporioides*

Pada umur 7 hsi terlihat miselium *Trichoderma* sp. sedikit menutupi permukaan dari jamur patogen (Gambar 9). Salah satu jenis mikroba *Trichoderma* sp. memiliki kemampuan untuk menghentikan perkembangan patogen dengan menghasilkan senyawa aktif biologis secara in vitro. Zona hambat yang terbentuk menunjukkan mekanisme antibiosis. Ini sejalan dengan penelitian Shanmugam et al. (2022) bahwa metabolit sekunder *Trichoderma* sp. memainkan peran penting dalam menghentikan perkembangan patogen. Saravanakumar et al. (2020) menyatakan bahwa strain endofitik

Trichoderma sp. memiliki kemampuan untuk meningkatkan ketahanan tanaman melalui dua mekanisme. Amaria et al. (2015) menyatakan bahwa kelompok jamur *Trichoderma* sp. memiliki mekanisme antagonis kompetisi, antibiosis, dan parasitisme yang memiliki kemampuan untuk menghentikan pertumbuhan patogen. Hifa patogen tumbuh dan lisis karena mekanisme hambatan *Trichoderma* sp. menyebabkan hifa patogen membesar dan lisis. Hasil pengamatan SEM menunjukkan bahwa hifa *C. gloeosporioides* mengalami lisis akibat adanya lilitan yang dilakukan oleh *Trichoderma* sp.



Gambar 9. Mekanisme hambatan *Trichoderma* sp. pada 2,5,6,7 hsi terlihat jelas adanya mekanisme kompetisi



Gambar 10. Interaksi yang terjadi antara *Trichoderma* sp. dengan *C. gloeosporioides*.

- hifa *Trichoderma* sp. mulai melilit *C. gloeosporioides*,
- hifa patogen mengalami lisis,
- C. gloeosporioides* sebelum terserang,
- perbesaran dari hifa *Trichoderma* sp

Kesimpulan

Trichoderma sp. menunjukkan kemampuan daya hambat paling tinggi yaitu 74% dibanding isolat lain, dengan mekanisme utama berupa kompetisi serta indikasi parasitisme dan antibiosis. *Gliocladium* sp. dan *Aspergillus* sp. juga terbukti potensial, masing-masing melalui kombinasi mekanisme kompetisi–parasitisme dan kompetisi–antibiosis. *Penicillium* sp. dan *Nigrospora* sp. tetap berpeluang dikembangkan karena diduga menghasilkan mekanisme yang menyebabkan lisis hifa patogen. Secara praktis, tiga isolat unggul (*Trichoderma* sp., *Gliocladium* sp., dan *Aspergillus* sp.) berpotensi dikembangkan sebagai agens hayati pengendali antraknosa pada cabai rawit untuk mendukung budidaya yang ramah lingkungan

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung proses penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adedeji, A. A., Johnson, G. I., & Dodd, J. 2014. Scanning electron microscopy of fungal mycelia and spores. *Microscopy Research and Technique*, 77(5): 333–342.
- Ainy E. Q., R. Ratnayani, dan L. Susilawati. 2015. Uji Aktivitas Antagonis *Trichoderma harzianum* 11035 terhadap *Colletotrichum capsici* TCKR2 dan *Colletotrichum acutatum* TCK1 Penyebab Antraknosa pada Tanaman Cabai. Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS. 892-897.
- Amaria W., R. Harni, dan Samsudin. 2015. Evaluasi Jamur Antagonis dalam Menghambat Pertumbuhan *Rigidoporus microporus* Penyebab Penyakit Jamur Akar Putih pada Tanaman Karet. *Jurnal TIDP*. 2(1): 51-60.
- Des M., L. Advinda, dan F. Ihsanti. 2013. Isolasi Jamur Rhizosfer Tanaman Pisang sebagai Agens Hayati terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Penyebab Penyakit Layu Fusarium Tanaman Pisang. *Jurnal Eksakta*. 1: 95-103.
- Dharmaputra O. S., A. W. Gunawan, R. Wulandari, dan T. Basuki. 1999. Cendawan Kontaminan Dominan pada Bedengan Jamur Merang dan Interaksinya dengan Jamur Merang secara *In Vitro*. *Jurnal Mikro Indonesia*. 4(1): 14-18.
- Druzhinina, I. S., Seidl-Seiboth, V., Herrera-Estrella, A., Horwitz, B. A., Kenerley, C. M., Monte, E., & Kubicek, C. P. (2018). *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. *Nature Reviews Microbiology*, 16(12), 749–765.
- Firmansyah M. A. dan M. H. Alfarsi. 2016. Uji Patogenisitas Patogen Hawar Daun pada Tanaman Kayu Afrika (*Maesopsis eminii* Engl.) di Persemaian Permanen BPDAS Bogor. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 7(2): 115-124.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2021). *Trichoderma*—not just for biocontrol anymore. *Nature Reviews Microbiology*, 19(9), 509–523.
- Hartal, Misnawaty, dan I. Budi. 2010. Efektivitas *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. dalam Pengendalian Layu Fusarium pada Tanaman Krisan. *Jurnal JIPI*. 12(1): 7-12.
- Herawati D., S. Djauhari, dan A. Cholil. 2015. Eksplorasi Jamur Endofit pada Daun Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus* L.) dan Uji Antagonis terhadap Jamur *Fusarium oxysporum*. *Jurnal HPT*. 3(3): 96-103.
- Herlina L. 2013. Uji Potensi *Gliocladium* sp. terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat. *Jurnal Biosaintifika*. 5(2): 88-93.
- Makut M. D. and O. A. Owolewa. 2011. Antibiotic-Producing Fungi Present in the Soil Environment of Keffi Metropolis, Nasarawa State, Nigeria. *Trakia Journal of Sciences*. 9(2): 33-39.
- Mukherjee, P. K., Horwitz, B. A., Kenerley, C. M., & Schmoll, M. (2022). *Trichoderma* in agriculture: current status, challenges and prospects. *Journal of Applied Microbiology*, 132(2), 556–573.
- Nurzannah S. E., Lisnawati, dan D. Bakti. 2014. Potensi Jamur Endofit Asal Cabai sebagai Agens Hayati untuk Mengendalikan Layu Fusarium (*Fusarium oxysporum*) pada Cabai dan Interaksinya. *Jurnal Online*

- Agroekoteknologi. 2(3): 1230-1238.
- Pratiwi B. N., L. Sulistyowati, A. Muhibuddin, dan A. Kristini. 2013. Uji Pengendalian Penyakit Pokahbung (*Fusarium moniliforme*) pada Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum*) Menggunakan *Trichoderma* sp. Indigenous secara *In Vitro* Dan *In Vivo*. Jurnal HPT. 1(3): 119-129.
- Putri S. 2018. Potensi Jamur *Aspergillus* spp. sebagai Agensia Pengendali *Helopeltis* sp. (Hemiptera: Miridae) dan *Phytophthora palmivora* (Peronosporales: Pythiaceae). Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Shanmugam, V., Raguchander, T., & Saravanakumar, D. (2022). Mechanisms of action of fungal biocontrol agents against plant pathogens and their applications. *Frontiers in Microbiology*, 13, 867123.
- Saravanakumar, K., Li, Y., Yu, C., Wang, M., & Chen, J. (2020). Biocontrol potential of endophytic *Trichoderma* spp. against fungal plant diseases. *Agronomy*, 10(8), 1061.
- Zhang C. L., B. Q. Zheng, J. P. Lao, L. J. Mao, S. Y. Chen, C. P. Kubicek, F. C. Lin. 2008. Clavatul and Patulin Formation as the Antagonistic Principle of *Aspergillus clavatonanicus*, an Endophytic Fungus of *Taxus mairei*. *Journal of Appl Microbiol Biotechnol*. 78: 833–840.

