Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati, Vol. 11(3): 343-354, Oktober 2026
p-ISSN 2527-3221, e-ISSN 2527-323X, https://ojs.uajy.ac.id/index.php/biota/issue/view/585
DOI: 10.24002/biota.v11i3.12882

Uji Antagonisme Cendawan Endofit dari Daun Pegagan terhadap *Colletotrichum capsici* Penyebab Busuk Buah Cabai

Antagonistic Test Fungi Endophyte Pegagan Leaves Against *Colletotrichum capsici* Agent Fruit Root Diseases on Chilli

Shalma Friska[1], Untung Santoso[1], Noorkomala Sari[1*]

[1]Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. Ahmad Yani KM. 36, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714, Indonesia
Email: Noorkomala sari@ulm.ac.id. **Penulis Korespondensi*

Abstract

In Indonesia, the yield of cayenne pepper has declined due to persistent pest attacks and frequent disease outbreaks. One major disease faced by farmers is anthracnose, caused by *Colletotrichum spp.* Traditionally, management of this disease depends on the intensive use of synthetic pesticides, which negatively impacts the environment. As a more sustainable alternative, the use of biological control agents such as endophytic fungi are gaining attention. Medicinal plants are recognized as good hosts for endophytic fungi. This study aimed to investigate the potential of endophytic fungi isolated from the medicinal plant *Hydrocotyle vulgaris* as biological antagonists against *Colletotrichum capsici* under controlled in vitro conditions, and to evaluate their effectiveness in suppressing the pathogen's growth. Results showed that endophytic fungi from *Hydrocotyle vulgaris* leaves exhibited antagonistic activity against *Colletotrichum capsici*. Isolate EnDa8H showed the highest inhibition at 60.50%, followed by EnDa12P at 53.50% with overgrowth by antagonist, while EnDa1P mutual slight inhibition with a rate of 47%.

Keywords: Biological control, Chilli pepper, *Colletotrichum capsici,* Endophyte, *Hydrocotyle vulgaris*

Abstrak

Hasil panen cabai rawit di Indonesia mengalami penurunan akibat serangan hama serta infeksi penyakit. Salah satu hambatan utama dalam budi daya cabai adalah munculnya penyakit antraknosa yang ditimbulkan oleh *Colletotrichum spp.* Upaya penanggulangan penyakit ini umumnya dilakukan dengan pemakaian pestisida secara berulang, yang pada akhirnya menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem. Alternatif pengendalian yang lebih aman bagi alam adalah dengan penerapan agensia hayati. Salah satu bentuk penerapan agensia hayati dapat dilakukan melalui pemanfaatan cendawan endofit. Jenis tanaman inang yang sesuai untuk mendukung keberadaan cendawan endofit salah satunya adalah tanaman obat. Dengan demikian, riset ini ditujukan untuk mengeksplorasi kemampuan endofit dari salah satu tumbuhan berkhasiat obat yakni daun pegagan air, yang berfungsi sebagai agen antagonis terhadap patogen *Colletotrichum capsici* pada tingkat laboratorium serta menelaah sejauh mana cendawan endofit mampu menghambat pertumbuhan patogen *Colletotrichum capsici*. Berdasarkan Hasil penelitian, cendawan endofit daun pegagan air memiliki daya hambat terhadap patogen *Colletotrichum capsici* dengan mekanisme *overgrowth by antagonis* pada cendawan endofit EnDa8H dengan persentase hambat 60,50% dan EnDa12P dengan persentase 53,50% tetapi pada EnDa1P terjadi mekanisme *mutual slight inhibition* dengan persentase hambat 47%.

Kata kunci: Agensia hayati, Cabai rawit, *Colletotrichum capsici*, Cendawan endofit, Pegagan air

Disubmit: 22 September 2025; Direvisi: 22 Juli 2026; Diterima: 23 Juli 2026

Copyright© 2026. Shalma Friska, Untung Santoso, Noorkomala Sari

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

How to Cite: Friska, S., Santoso, U., & Sari, N. (2026). Uji Antagonisme Cendawan Endofit dari Daun Pegagan terhadap Colletotrichum capsici Penyebab Busuk Buah Cabai. Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati, 11(3),343-354.

Pendahuluan

Tanaman cabai rawit dimanfaatkan baik dalam kondisi mentah maupun setelah diproses menjadi berbagai varian produk olahan yang pada akhirnya membuat kebutuhan konsumen serta permintaan pasar terhadap cabai ini semakin bertambah dari waktu ke waktu. Cabai juga menjadi komoditas krusial dalam sistem pangan di Indonesia karena masyarakat Indonesia merupakan salah satu kelompok penikmat cabai terbesar di dunia (Palar *et al., 2016*). Komoditas cabai merupakan salah satu faktor penting dalam meningkatkan pendapatan petani Indonesia. Petani di daerah tropis memilih menanam cabai dibandingkan komoditas pertanian lainnya karena dianggap lebih menguntungkan (Mariyono & Sumarno, 2015). Tingkat hasil produksi cabai di Indonesia mencapai sekitar 33 juta ton dengan area panen seluas 2.167 hektar. Di sisi lain, Provinsi Kalimantan Selatan hanya menghasilkan 12.655 ton pada tahun 2020. Produksi ini turun menjadi 8.877 ton pada tahun 2021 dan 8.417 ton di tahun 2022. Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia (2023), produksi cabai masih terbilang rendah.

Proses penanaman cabai dapat terganggu oleh sejumlah tantangan seperti cuaca, teknik budidaya, serta hama dan penyakit. Masalah hama dan penyakit merupakan salah satu penyebab utama rendahnya hasil cabai Indonesia. Penyakit busuk buah yang ditimbulkan oleh *Colletotrichum* spp. adalah salah satu tantangan yang paling sering terjadi pada pertanian cabai. Buah diserang oleh antraknosa baik sebelum maupun sesudah panen dengan laporan kehilangan produksi berkisar 50% hingga 80% (de Silva *et al.,* 2019). Gejala busuk buah ditunjukkan dengan bercak-bercak kecil, kehitaman, dan berlekuk pada buah matang atau hijau merupakan tanda pertama serangan penyakit antraknosa. Bercak-bercak ini menyebabkan buah membusuk sehingga mengurangi hasil panen (Ainy *et al.,* 2015).

Tindakan yang dilakukan petani untuk menanggulangi ancaman penyakit busuk buah ini adalah dengan menggunakan pestisida kimia. Bagi para petani, pengendalian kimia tersebut dipandang lebih mudah diaplikasikan di lapangan sekaligus lebih efektif dalam mencegah terjadinya ledakan penyakit. Namun demikian, pemakaian zat kimia tertentu dalam periode panjang berpotensi memberikan dampak berbahaya bagi manusia serta ekosistem. Oleh sebab itu, diperlukan strategi pengendalian hayati untuk menekan penggunaan pestisida kimia, yang lebih aman dan ramah lingkungan (Agustina *et al.,* 2019). Cendawan endofit merupakan salah satu pemanfaatan agen hayati. Kemampuan cendawan endofit sebagai agensia hayati mulai banyak dikembangkan dan diteliti sejak diketahui bahwa cendawan endofit mampu menginduksi tanaman inang sehingga tanaman menjadi lebih resisten terhadap serangan patogen. Rodriguez *et al*., (2008), dikutip oleh Sari *et al.,* (2022) melaporkan bahwa endofit memberikan ketahanan tanaman inang dalam menghadapi stres biotik maupun abiotik karena kemampuannya dalam menghasilkan antimikroba dan enzim-enzim pendegradsi dinding sel patogen Senyawa metabolit sekunder yang diproduksi oleh cendawan endofit umumnya memiliki kesamaan dengan metabolit dari tanaman inangnya. Dalam dunia farmakologi, cendawan endofit merupakan sumber bahan kimia bioaktif alami yang signifikan dan inovatif termasuk antimikroba. Menurut Harahap *et al.* (2017), tanaman obat sering diteliti dan digunakan sebagai sumber isolasi cendawan endofit karena potensi metabolit sekunder yang dihasilkannya bersifat antibakteri.

Tanaman pegagan air (*Hydrocotyle vulgaris* L.) dikenal sebagai salah satu jenis tumbuhan yang memiliki prospek tinggi sebagai tanaman berkhasiat obat. Pegagan sebagai tanaman obat diketahui bersimbiosis dengan cendawan endofit yang memiliki aktivitas antimikroba (Hidayat, 2018; Pakadang *et al*., 2025). Beberapa manfaat dari cendawan endofit diantaranya yaitu sebagai penghasil antibiotik, enzim, antimikroba, serta hormon pertumbuhan tanaman. Komponen bioaktif yang terdapat pada tanaman pegagan dengan kemampuan anticendawan meliputi flavonoid, tanin, dan saponin (Agfadila *et al.,* 2017). Keberadaan cendawan endofit memberikan manfaat khusus karena mampu memproduksi berbagai metabolit sekunder seperti alkaloid, asam fenolat, saponin, kuinon, steroid, terpenoid, dan tanin, yang berkontribusi besar dalam menjaga ketahanan tanaman inang dengan cara menghambat

pertumbuhan mikroba lain sekaligus membantu tumbuhan menghadapi pengaruh dari kondisi lingkungan yang merugikan (Lacava *et al.,* 2022). Cendawan endofit di dalam jaringan tanaman berperan dalam perbaikan pertumbuhan tanaman *(Plant Growth Promotion),* karena kemampuannya memproduksi zat pemacu tumbuh, juga berperan dalam kesehatan tanaman (*plant health promotion)*. Cendawan endofit mampu meningkatkan sistem ketahanan tanaman terhadap serangan patogen tanaman karena endofit dilaporkan dapat memproduksi senyawa antimikroba, enzim pendegradasi, asam salisilat, etilen dan senyawa sekunder lainnya yang mampu menginduksi sistem ketahanan tanaman (Triwidodo *et al.,* 2021).

Tanaman pegagan yang berfungsi sebagai inang menjalin hubungan mutualistik dengan cendawan endofit sedangkan cendawan endofit memperoleh tempat hidup dari tanaman inang. Interaksi endofit dan tanaman inang selain memperoleh perlindungan terhadap penyakit, tanaman inang juga memperoleh peningkatan pertumbuhan, serta ketahanan lingkungan (Russo *et al.,* 2021). Cendawan endofit berpotensi memproduksi *mycotoxin* serta senyawa metabolit lainnya yang menimbulkan perubahan pada aspek fisiologi dan biokimia sel inang, sehingga secara langsung menekan pertumbuhan organisme patogen penyebab penyakit tanaman (Sari, 2020). Menurut Akmalasari *et al.,* (2013), tanaman yang bersimbiosis dengan cendawan endofit memiliki pertahanan diri yang lebih tinggi dibandingkan dengan tumbuhan yang tidak bersimbiosis. Daya tahan tanaman inang terhadap gangguan patogen tumbuhan menjadi semakin kuat, hal ini dikarenakan cendawan endofit mampu memicu aktivasi sistem metabolisme kompleks yang dimiliki oleh tanaman tersebut (Mantzoukas & Eliopoulos, 2020).

Aplikasi cendawan endofit pada tanaman cabai dilaporkan mampu menekan kejadian penyakit antraknosa atau busuk buah pada tanaman cabai (Afifah, 2017; Faijah, 2019; Tasrif *et al*., 2024) dimana hasil penelitian di rumah kaca, dengan pemanfaatan cendawan endofit hanya menunjukkan tingkat keparahan penyakit 13-14% dengan kerapatan $7X10^6$ konidia/mL mampu menekan kejadian penyakit 59-87% (Tasrif et al., 2024). Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi cendawan endofit yang bersimbiosis dengan pegagan air serta menguji adanya kemampuan antagonisnya terhadap *C. capsici* penyebab busuk buah cabai secara in vitro. Sehingga dari penelitian ini didapatkan isolat cendawan endofit yang memiliki kemampuan antagonis terhadap patogen cabai *C. capsici* yang selanjutnya akan digunakan dalam penelitian lebih lanjut untuk menguji kemampuan antagonis isolat tersebut secara *in vivo*.

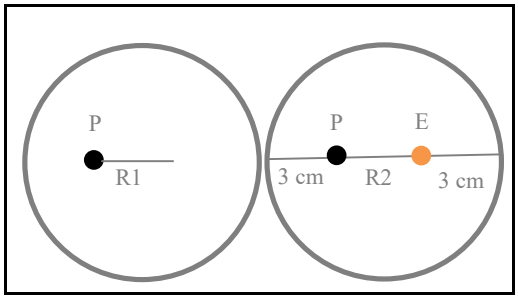
Metode Penelitian

Buah cabai yang menunjukkan gejala antraknosa dikumpulkan dari lahan milik petani yang berada di wilayah Kecamatan Cempaka, kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Sebelum isolasi patogen dilakukan, buah cabai tersebut dibersihkan terlebih dahulu dengan air yang mengalir. Bagian buah yang terinfeksi direndam dalam larutan NaOCl 3% selama 30 detik, kemudian dimasukkan ke dalam alkohol 70% selama 30 detik, setelah itu dicuci kembali menggunakan aquades sebanyak tiga kali dan dikeringkan di atas kertas saring steril. Selanjutnya, buah dipotong menjadi tiga bagian berukuran 1×1 cm, kemudian diletakkan pada media PDA secara aseptik dan diinkubasi pada suhu 34°C selama 7 HSI (Hari Setelah Inokulasi) untuk mengamati perkembangan cendawan. Cendawan yang koloninya tidak tersentuh oleh gangguan kontaminan kemudian menjalani proses pemurnian lebih lanjut, dengan ditanamkan kembali pada media PDA, serta diinkubasi selama 7 hari (Nahdah *et al.,* 2020).

Daun pegagan air diambil di Lingkungan Kampus Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat. Tahapan isolasi meliputi sterilisasi permukaan daun dengan menggunakan air mengalir. Sterilisasi permukaan mengikuti pedoman Mostert *et al.,* (2001), dimana permukaan daun yang telah dipotong aseptis direndam dengan alkohol 70% selama 1 menit, lalu NaOCl 3% selama 2 menit, kemudian rendam dengan alkohol 70% selama 20 detik selanjutnya dibilas dengan aquades sebanyak 3 kali dan dikering-anginkan di atas kertas saring steril. Proses identifikasi cendawan endofit dilakukan ketika isolat mencapai umur 3, 5, dan 7 HSI (Hari Setelah Inokulasi) dengan memanfaatkan buku *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (Barnett

& Hunter, 1998). Pengamatan terhadap konidia serta morfologi hifa cendawan endofit dilakukan dengan mikroskop menggunakan perbesaran 100, 400, dan 1000. Endofit yang berhasil diisolasi akan diambil 3 isolat dengan 6 ulangan untuk dilanjutkan ke uji antagonis secara *in vitro*. Isolat yang didapatkan akan diberikan penamaan berupa kode isolat sementara untuk memasuki tahapan identifikasi.

Pengujian aktivitas antagonis dilakukan dengan menumbuhkan cendawan endofit daun pegagan bersama dengan cendawan patogen *Colletotrichum capsici* secara berdampingan melalui *dual culture method* dengan jarak antar inokulum sejauh 3 cm.



Gambar 1. Rancangan Uji antagonis dengan metode *Dual culture*

Keterangan :

I	= Persentase Hambatan
R1	= Jari-jari cendawan patogen pada cawan petri di cawan kontrol
R2	= Jari-jari koloni cendawan patogen yang arah pertumbuhannya mendekati koloni cendawan antagonis (endofit daun pegagan) di cawan perlakuan
P	= Patogen
E	= Endofit

Proses uji antagonisme dilakukan melalui inkubasi selama kurun waktu 7 hari, dengan pengamatan yang dilaksanakan pada hari ke-3, ke-5, dan ke-7 HSI (Hari Setelah Inokulasi) melalui perhitungan persentase penghambatan menggunakan formula yang dijelaskan oleh (Skidmore & Dickinson, 1973) dalam (Suciatmih *et al.,* 2014).

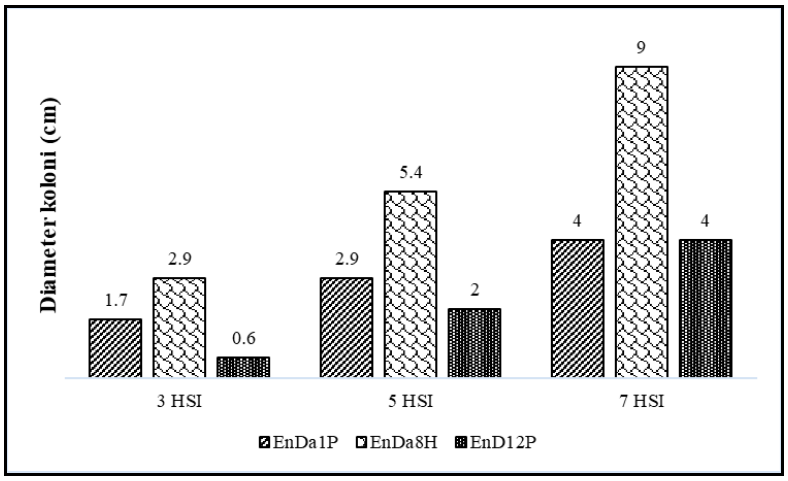
$$I = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100\%$$

Persentase hambatan yang diperoleh dari hasil pengamatan mula-mula diperiksa keseragaman variansinya menggunakan *Levene's test.* Setelah data terbukti homogen, tahap analisis dilanjutkan dengan uji ANOVA pada taraf kesalahan 5%. Apabila analisis keragaman menampilkan bahwa perlakuan berupa pemberian cendawan endofit daun pegagan memberikan dampak yang signifikan ($P \leq 0,05$) terhadap parameter yang diamati, maka prosedur lanjutan yang dilakukan adalah uji pembeda DMRT dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ untuk menilai perbedaan pengaruh antar perlakuan.

Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan cendawan endofit Daun Pegagan Air (*Hydrocotyle vulgaris* L.)

Cendawan endofit dan inangnya memiliki interaksi yang saling menguntungkan. Cendawan endofit berguna dalam mengelola sejumlah spesies patogen dan mampu menghasilkan senyawa berupa antibiotik. Menurut (Irawati *et al.,* 2016), cendawan endofit ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan bahan kimia berupa antimikroba yang melindungi tanaman inang terhadap penyakit yang disebabkan oleh cendawan patogen. Berdasarkan diameter pertumbuhan koloni cendawan endofit yang diperolah sangat beragam. Perbedaan pertumbuhann diameter dari masing-masing koloni cendawan endofit menunjukkan bahwa cendawan endofit memiliki kemampuan yang berbeda setiap isolat dari cendawan endofit. Pada hasil isolasi didapatkan 3 isolat utama dengan nilai diameter koloni terbesar diperoleh pada isolat cendawan endofit dari daun pegagan pada hari ke-3, ke-5, dan ke-7 (Gambar 2) yaitu EnDa8H, EnDa1P dan EnDa12H. EnDa8H dengan ukuran diameter mencapai 9 cm, sedangkan diameter EnDa1P dan EnDa12H memiliki diameter koloni terendah yaitu antara 0,6-4 cm. Ketiga cendawan endofit dipilih berdasarkan dari perbedaan warna, permukaan dan pinggiran koloni, yang menunjukkan bahwa ada perbedaan genus serta perbedaan diameter koloni dari isolat cendawan endofit ini. Faktor utama untuk menentukan potensi cendawan endofit sebagai agen hayati dalam menekan pertumbuhan cendawan patogen adalah kecepatan pertumbuhan koloni cendawan endofit itu sendiri (Sari, 2020).

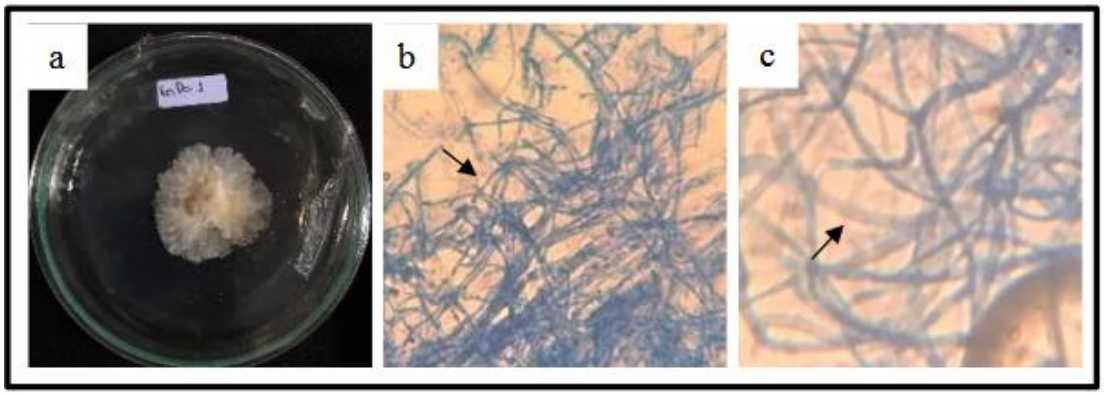


Gambar 2. Diameter pertumbuhan koloni cendawan endofit daun pegagan pada 3, 5 dan 7. HSI (Hari Setelah Inokulasi). Keterangan: Kode isolat ditampilkan sebagai penamaan sementara sebelum dilakukan tahapan identifikasi

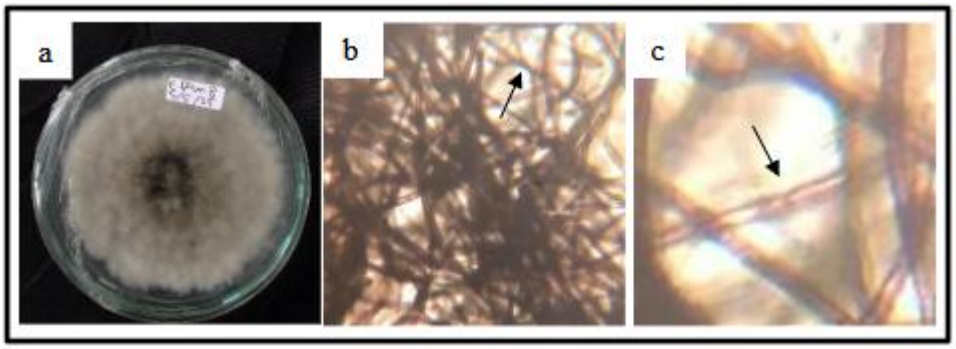
Karakter Makroskopis dan Mikroskopis Cendawan Endofit dari Daun Pegagan Air *(Hydrocotyle vulgaris* L.)

Tabel 1. Karakter makroskopis dan mikroskopis isolat cendawan endofit Daun Pegagan (*Hydrocotyle vulgaris)*

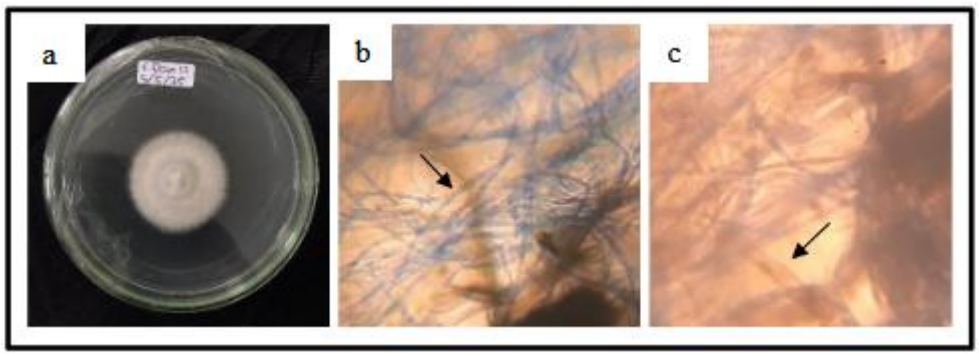
Kode isolat	Karakter Makroskopis	Karakter Mikroskopis	*Growth rate* (cm/7 hari)
EnDa1P	Warna koloni putih, bentuk koloni tidak beraturan *(irregular)* (Gambar 3a) Koloni berbetuk seperti bulu yang ditengahnya terdapat gumpalan padat menyerupai kapas. pinggiran koloni tidak beraturan	Bentuk hifa memanjang, tidak bersekat, hialin, bercabang dan tidak beraturan (gambar 3c) Tidak menghasilkan spora	4 cm
EnDa8H	Koloni berwarna putih kehijauan, seiring bertambah usia warna koloni akan semakin gelap, yaitu dari warna putih kehijaun menjadi hijau kehitaman (Gambar 3a) warna permukaan putih keabu-abuan (Gambar 3a) pinggiran koloni rata/beraturan berbentuk seperti bludru atau berbulu	Hifa bersekat dan berwarna kehitaman (Gambar 3c) Tidak menghasilkan spora.	9 cm
EnDa12P	Warna koloni putih kekuningan permukaan koloni seperti kapas tipis pinggiran koloni rata/beraturan.	Hifa tidak bersekat, hialin, bentuk hifa memanjang. Tidak menghasilkan spora	4 cm



Gambar 3. Isolat EnDa1P pada media PDA: (a) Makroskopis (koloni), (b) percabangan hifa (perbesaran 40×), (c) Hifa tidak bersekat (perbesaran 100×)



Gambar 4. Isolat EnDa8H pada media PDA : (a) Makroskopis (koloni), (b) Hifa (perbesaran 40×), (c) Hifa bersekat (perbesaran 100×)



Gambar 5. Isolat EnDa12P pada media PDA: (a) Makroskopis (koloni), (b) Hifa (perbesaran 40×), (c) Hifa transparan dan tidak bersekat (perbesaran100×)

Berdasarkan hasil pengamatan isolat EnDa1P (Gambar 3) memliki morfologi makroskopis meliputi bentuk koloni berwarna putih dengan bentuk tepi yang tidak beraturan dan menyebar ke samping dan permukaan koloni berbentuk seperti bulu dengan terdapat gumplan seperti kapas. Sementara itu, untuk bentuk mikroskopisnya yaitu cendawan endofit ini memiliki hifa yan tidak bersekat dengan bentuk memanjang serta tidak beraturan. Cendawan endofit ini juga memiliki percabangan hifa sebagai penghubung antar hifa.

Morfologi makroskopis pada cendawan endofit isolat EnDa8H (Gambar 4) yaitu warna koloni putih kehijauan tetapi semakin lama dan bertambah umur maka akan semakin gelap menjadi hijau kehitaman yang permukaannya bewarna putih keabu-abuan dengan bentuk seperti bludru/kapas dengan pinggiran koloni beraturan. Adapun untuk karakter mikroskopis isolat EnDa8H yang didapatkan di bawah mikroskop binokuler

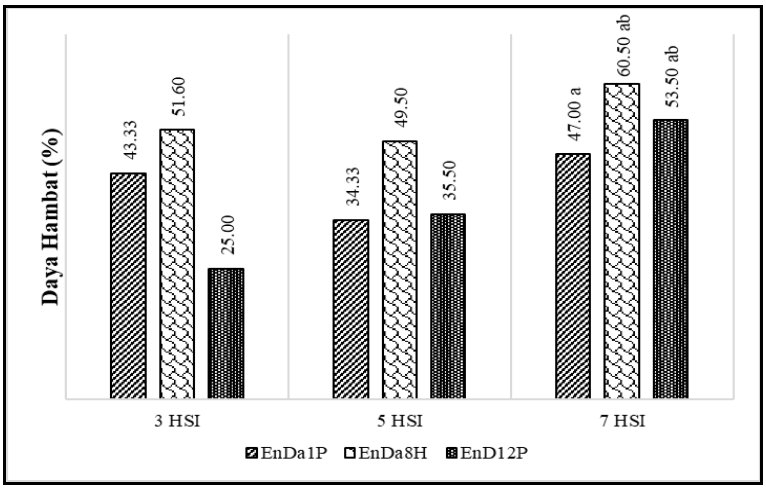
dengan perbesaran 40× dan 100× adalah hifa bersekat dengan warna kehitaman dan tidak menghasilkan spora. Sehingga isolat EnDa8H hanya terdapat miselia steril.

Hasil identifikasi isolat cendawan EnDa12P secara makroskopis yaitu memiliki warna koloni putih kekuningan dengan koloni berbentuk kapas tipis dan pingiran yang beraturan. Sementara itu, pada hasil identifikasi secara mikroskopis didapatkan hifa yang tidak memiliki sekat dengan hifa transparan atau tidak berwarna. Namun isolat EnDa12P tidak terdapat adanya spora atau tidak menghasilkan spora sehingga hanya terdapat miselia steril.

Uji Antagonis Cendawan Endofit Daun Pegagan Air terhadap patogen *Colletotrichum capsici* secara *in vitro*

Berdasarkan hasil pengamatan uji antagonisme pada 3, 5, dan 7 HSI (Hari Setelah Inokulasi) telah ditunjukkan kemampuan cendawan endofit daun pegagan dalam menghambat cendawan patogen *Colletotrichum capsici* yang disajikan pada Gambar 5. Hasil pengukuran pada hari ketujuh, persentase penghambatan tertinggi adalah perlakuan EnDa8H dan terendah adalah EnDa1P. Kemampuan setiap cendawan endofit beragam dalam menekan perkembangan daya hambatnya, yang juga dipengaruhi oleh kemampuan cendawan endofit dalam menghasilkan senyawa metabolit yang dapat menekan perkembangan patogen (Hidayat *et al*., 2021). Persentase daya hambat menurut (Izzatinnisa' *et al.,* 2020), dibagi menjadi 3 kriteria, yaitu hambat tinggi terjadi ketika persentase daya hambat cendawan endofit ke patogen antara 70-100 %, daya hambat sedang terjadi antara 40-69 %, dan penghambatan rendah cendawan endofit terhadap patogen antara 0-39 %.

Berdasarkan hasil pengamatan pada 3, 5 dan 7 HSI menunjukkan persentase daya hambat tertinggi diperoleh EnDa8H dengan persentase 60,50% pada 7 HSI dan terendah pada EnDa1P dengan persentase 47% (Gambar 5). Pada setiap pengamatan, persentase penghambatan tertinggi terdapat pada EnDa8H sedangkan yang terendah yaitu pada EnDa12P pada 3 HSI, lalu EnDa1P pada 5 dan 7 HSI. Peningkatan Persentase daya hambat pada 7 HSI juga terjadi pada EnDa8H sebesar 11% (Gambar 5). Perbedaan persentase hambat ini disebabkan karena cendawan memiliki kemampuan senyawa metabolit sekunder yang beragam (Toghueo, 2020). Selain itu, keseimbangan pembentukan berbagai senyawa kimia dalam sel-sel hidup (biosintesis), serta konsentrasi senyawa antibiotik yang dihasilkan juga mempengaruhi kemampuan daya hambat (Nahdah *et al.,* 2020). Variasi potensi penghambatan mungkin disebabkan oleh cendawan endofit yang memproduksi metabolit sekunder (Vinale *et al.,* 2009) dalam (Aziza *et al.,* 2022). Kemampuan cendawan endofit untuk bersaing memperebutkan nutrisi, oksigen, dan ruang merupakan beberapa cara cendawan endofit menghalangi ruang tumbuh bagi patogen (Aziza *et al.,* 2022).

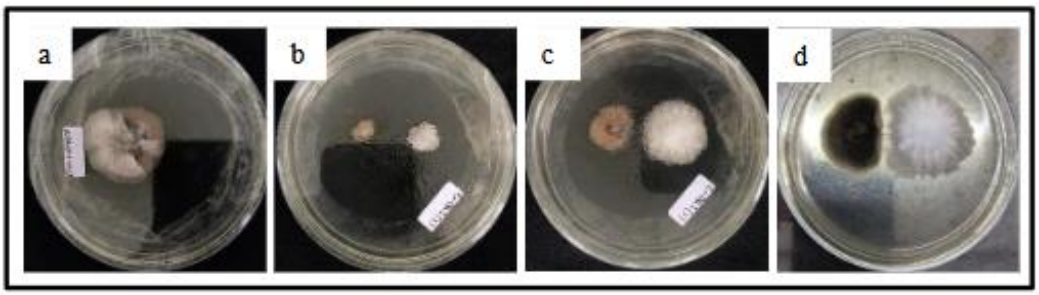


Gambar 5. Persentase daya hambat cendawan endofit daun pegagan terhadap cendawan patogen *Colletotrichum capsici* pada 3,5 dan 7 HIS (Hari Setelah Inokulasi). Keterangan: Isolate sebagai perlakuan Dimana r=6, p-value 0,192 antar perlakuan pada 3,5 HSI; p-value 0,012 pada 7 HIS

Berbagai mekanisme antagonis yang dimiliki oleh masing masing isolat juga dipengaruhi dengan kemampuan tumbuh dari miselianya dari hari ke hari (7 hari pengamatan) dimana faktor utama untuk menentukan potensi cendawan endofit sebagai agen hayati dalam menekan pertumbuhan cendawan patogen adalah kecepatan pertumbuhan koloni cendawan endofit itu sendiri (Sari, 2020) hal inilah yang menunjukkan mekanisme hambat secara ekologi atau ruang tumbuh. Secara morfologi koloni endofit dengan aerial hypha yang tinggi memiliki kemampuan bertumbuh yang lebih cepat yang ini ditemukan pada isolat EnDa8H yang memiliki nilai radial growth 9cm/7hari dan mendukung kemampuan hambat yang lebih tinggi dibandingkan lainnya yaitu 60,50 %.

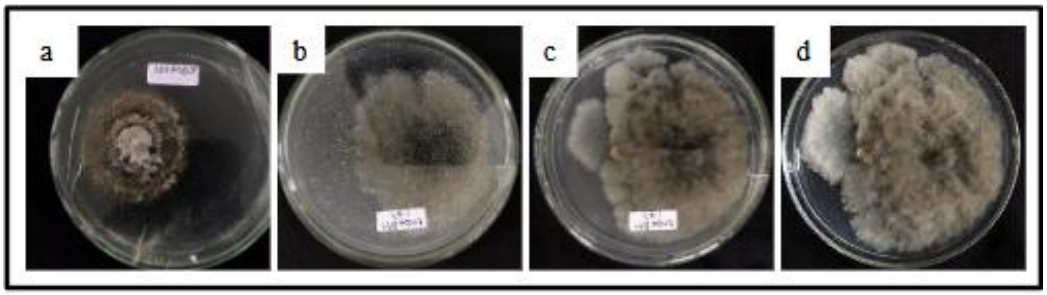
Cendawan endofit EnDa1P (Gambar 6) dalam uji antagonis ini mampu menghambat pertumbuhan cendawan patogen *Colletotrichum capsici* ditandai dengan adanya zona bening *(clear zone)* antara miselia cendawan endofit EnDa1P dan miselia cendawan patogen *Colletotrichum capsici* sehingga terjadi mekanisme *mutual slight inhibition* (Skidmore & Dickinson, 1976). Aktivitas antibiosis terjadi karena adanya adanya zona bening *(clear zone).* Isolat endofit membentuk zona terang, yang merupakan tanda bahwa cendawan tersebut menghasilkan zat kimia yang mencegah kolonisasi mikroba lain. senyawa kimia tersebut mempunyai aktivitas antimikroba yang dapat berupa antibiotik, pigmen, toksin dan zat penghambat. Mekanisme antibiosis yaitu Ketika terjadi penghambatan pertumbuhan patogen oleh cendawan endofit sehingga senyawa metabolit sekunder yang didalamnya terdapat komponen antibiotik dapat merusak patogen (Shobha *et al.,* 2020). Pembentukan metabolit sekunder oleh cendawan endofit dan keberadaan senyawa antibiotik dalam konsentrasi tinggi merupakan penyebab terbentuknya zona bening ini (Zuhria *et al.,* 2016). Antibiosis adalah suatu kondisi dimana organisme mengeluarkan satu atau lebih metabolit yang memiliki efek negatif pada organisme lain. Mekanisme ini melepaskan senyawa antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan cendawan patogen (Muhibuddin *et al.,* 2022). Begitu juga Gao *et al*. (Gao et al., 2010), dirujuk oleh Sari *et al.* (Sari et al., 2022), bahwa zona terang *(clear zone)* menunjukkan bahwa cendawan endofit tersebut mengeluarkan metabolit sekunder yang bekerja untuk mencegah kolonisasi mikroba lainnya. Metabolit sekunder yang diproduksi dapat berupa mikotoksin, antibiotik, ataupun enzim pengurai yang berperan sebagai agen antimikroba.

Interaksi penghambatan pada EnDa8H (Gambar 7) adalah *Overgrowth by antagonis* dimana cendawan EnDa8H menumbuhi jari-jari miselia cendawan patogen *Colletotrichum capsici* sehingga terjadi keterbatasan ruang tumbuh bagi *Colletotrichum capsici.* Fenomena parasitisme muncul pada saat miselia cendawan patogen terselimuti rapat oleh miselia milik cendawan endofit. Situasi ini mengakibatkan proses pertumbuhan cendawan patogen terhambat, sebab cendawan endofit menunjukkan kemampuan pertumbuhan yang lebih agresif serta mendominasi ruang, sehingga akhirnya cendawan patogen tidak memiliki cukup area untuk memperluas diri dan terpaksa terdesak dari lingkungan pertumbuhannya (Nahdah *et al.,* 2020). Penghambatan terhadap pertumbuhan jari-jari miselia cendawan patogen terjadi akibat proses lisis pada miselia patogen, di mana hifa cendawan endofit mengelilingi sekaligus menutupi cendawan patogen, sehingga cendawan patogen terdesak oleh keterbatasan ruang untuk pertumbuhannya (Kusumawardani *et al.,* 2015). Cendawan endofit mampu menghambat perkembangan patogen melalui kompetisi dalam memperoleh ruang dan sumber nutrisi dengan menghasilkan senyawa antagonis yang merugikan pertumbuhan patogen. Terbentuknya zona penghambatan pada uji antagonisme disebabkan oleh aktivitas senyawa antifungal dari cendawan endofit yang menghambat perkembangan patogen, di mana senyawa antifungal tersebut hanya akan berfungsi optimal apabila terjadi kontak langsung dengan patogen (Puspita *et al.,* 2020).

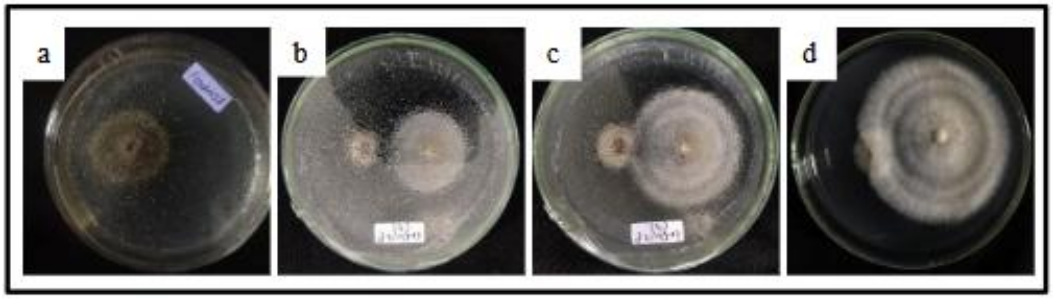


Gambar 6. Uji Antagonisme EnDa1P dan *Colletotrichum capsici* : (a) Kontrol, (b) 3 HSI, (c) 5 HSI, (d) 7 HSI.

Mekanisme yang terjadi antara cendawan endofit EnDa12P (Gambar 8) dan *Colletotrichum capsici* adalah *overgrowth by atagonis* atau mekanisme parasitisme (Skidmore & Dickinson, 1976). Parasitisme adalah interaksi kompetitif langsung antara dua organisme di mana satu organisme mendapatkan nutrisi dari yang lain (Köhl *et al.,* 2019) dikutip oleh mekanisme *overgrowth by atagonis* atau parasitisme dicirikan dengan pertumbuhan miselia cendawan endofit EnDa12P menumbuhi cendawan patogen *Colletotrichum capsici* baik di atas maupun dibawah sehingga cendawan patogen tidak mampu tumbuh dengan maksimal dan terjadi persaingan ruang makan dan nutrisi. Mekanisme parasitisme atau pertumbuhan berlebih oleh cendawan endofit menyebabkan perebutan makanan dan ruang terhadap *Colletotrichum capsici.* Jika patogen dan agen pengendali hayati bersaing, patogen tidak akan memiliki ruang tumbuh dan perkembangannya akan terhambat. Menurut (Amaria *et al.,* 2015) antara cendawan patogen dan cendawan antagonis didasarkan pada kriteria parasitisme apabila hifa cendawan antagonis tumbuh di atas patogen kemudian patogen mengalami lisis. (Fatimah *et al.,* 2020) menyatakan bahwa cendawan endofit mampu tumbuh sangat cepat berkompetisi dalam merebutkan nutrisi dan ruang dengan cendawan patogen.



Gambar 7. Uji Antagonisme EnDa8H dan *Colletotrichum capsici* : (a) kontrol, (b) 3 HSI, (c) 5 HSI, (c) 7 HIS



Gambar 8. Uji Antagonisme EnDa12P dan *Colletotrichum capsici*: (a) kontrol, (b) 3 HSI, (c) 5 HSI, (d) 7 HSI

Simpulan dan Saran

Cendawan endofit dari daun pegagan memiliki sifat antagonistik terhadap cendawan patogen *Colletotrichum capsici* dengan mekanisme penghambatan *mutual slight inhibition* (antibiosis) pada cendawan endofit EnDa1P dan mekanisme *overgrowth by antagonist* (parasitisme) pada cendawan endofit EnDa8H dan EnDa12P dengan daya hambat tertinggi diperoleh oleh EnDa8H sebesar 60,50% pada 7 HSI.

Penggunaan agensia hayati pada tanaman cabai yang terserang antraknosa berdasarkan skrining awal direkomendasikan menggunakan cendawan endofit EnDa8H tetapi diperlukan adanya uji identifikasi lanjutan secara molekuler untuk mengetahui jenis genus atau spesiesnya dan diperlukan penelitian uji daya hambat lebih lanjut dari cendawan endofit daun pegagan terhadap cendawan patogen *Colletotrichum capsici* untuk mengetahui kemampuannya dalam skala uji secara *in vivo.*

Daftar Pustaka

Afifah, Z. (2017). Uji antagonis mikroba endofit *Trichoderma* sp dan *Bacillus cereus* terhadap patogen *Colletotrichum capsici* penyebab penyakit antraknosa pada Cabai Rawit (*Capsicum frustescens*). Skripsi sarjana, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Agfadila, T., Ari Sandhi, P. W., & Nyoman Puspawati, N. (2017). Kemampuan daya hambat ekstrak daun pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urban) terhadap pertumbuhan *Escherichia coli* ATCC 8739. *Jurnal ITEPA*, 6(2), 21–29.

Agustina, D., Triasih, U., Dwiastuti, M. E., & Wicaksono, R. C. (2019). Potensi jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan jamur *Botryodiplodia theobromae* penyebab penyakit busuk buah batang pada tanaman jeruk. *Jurnal Agronida*, 5(1), 1–6.

Ainy, E. Q., Ratnayani, R., & Susilawati, L. (2015). Uji aktivitas antagonis *Trichoderma harzianum* 11035 terhadap *Colletotrichum capsici* TCKR2 dan *Colletotrichum acutatum* TCK1 penyebab antraknosa pada tanaman cabai. Prosiding Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS, 892–897.

Akmalasari, I., Purwati, S., & Ratna, D. (2013). Isolasi dan identifikasi jamur endofit tanaman manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Biosfera*, 1(1), 82–89.

Amaria, W., Harni, R., & Samsudin. (2015). Evaluasi jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan *Rigidoporus microporus* penyebab penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 2(1), 51–60.

Aziza, N. L., Sari, N., & Irsalina, S. (2022). Aktivitas antagonistik cendawan endofit asal bunga bawang dayak (*Eleutherine bulbosa* (Mill.) Urb.) terhadap Fusarium sp. yang menginfeksi tanaman cabai. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 17(5), 210–215. https://doi.org/10.14692/jfi.17.5.210-215

Badan Pusat Statistik. (2023). Produksi tanaman sayuran menurut provinsi dan jenis tanaman, 2023. BPS-Statistics Indonesia.

Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). Illustrated genera of imperfect fungi (4th ed.). APS Press.

de Silva, D. D., Groenewald, J. Z., Crous, P. W., Ades, P. K., Nasruddin, A., Mongkolporn, O., & Taylor, P. W. J. (2019). Identification, prevalence and pathogenicity of Colletotrichum species causing anthracnose of *Capsicum annuum* in Asia. *IMA Fungus*, 10(1), Article 32. https://doi.org/10.1186/s43008-019-0001-y

Faijah, I. (2019). Potensi jamur endofit dalam menekan pertumbuhan jamur *Colletotrichum capsici* dan perkembangan penyakit antraknosa pada tanaman cabai. Skripsi sarjana, UPN "Veteran" Jawa Timur.

Fatimah, I. N., Pamekas, T., & Hartal, H. (2020). Karakterisasi lima isolat cendawan endofit tanaman padi sebagai agen antagonis Pyricularia oryzae. *PENDIPA Journal of Science Education*, 4(3), 1–6. https://doi.org/10.33369/pendipa.4.3.1-6

Gao, F. K., Dai, C. C., & Liu, X. Z. (2010). Mechanisms of fungal endophytes in plant protection against pathogens. African *Journal of Microbiology Research*, 4(13), 1346–1351.

Harahap, I., Elsie, & Nurjanah, I. (2017). Isolasi dan seleksi cendawan endofit dari tanaman betadin (*Jatropha multifida* L.) dan potensinya sebagai antimikroba. Photon: *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 7(2), 109–114. https://doi.org/10.37859/jp.v7i02.514

Hidayat, M. (2018). Isolasi dan karakterisasi molekuler mikroba endofit tanaman pegagan (*Centella asiatica* L) sebagai penghasil antimikroba. Tesis magister, Universitas Hasanuddin.

Hidayat, N., Rajab, A., & Mudi, L. (2021). Uji in vitro daya hambat cendawan endofit asal tumbuhan rambusa (*Passiflora foetida*) sebagai agens pengendali hayati penyakit layu Fusarium. *Jurnal Agrotech*, 11(2), 64–70.

Irawati, A. F. C., Sastro, Y., Sulastri, S., Suhartono, M. T., Mutaqin, K. H., & Widodo, W. (2016). Cendawan endofit yang potensial meningkatkan ketahanan cabai merah terhadap penyakit layu bakteri. *Jurnal Fitopatologi Indonesia,* 12(4), 133–141. https://doi.org/10.14692/jfi.12.4.133

Izzatinnisa', I., Utami, U., & Mujahidin, A. (2020). Uji antagonisme beberapa fungi endofit pada tanaman kentang terhadap *Fusarium oxysporum* secara in vitro. *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya*, 2(1), 18–25. https://doi.org/10.26740/jrba.v2n1.p18-25

Köhl, J., Kolnaar, R., & Ravensberg, W. J. (2019). Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: Relevance beyond efficacy. *Frontiers in Plant Science*, 10, Article 845. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00845

Kusumawardani, Y., Sulistyowati, L., & Cholil, A. (2015). Potensi antagonis jamur endofit pada tanaman lada (*Piper nigrum* L.) terhadap jamur *Phytophthora capsici* Leonian penyebab penyakit busuk pangkal batang. *Jurnal HPT*, 3(1), 21–29.

Lacava, P. T., Bogas, A. C., & Cruz, F. de P. N. (2022). Plant growth promotion and biocontrol by endophytic and rhizospheric microorganisms from the tropics: A review and perspectives. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, Article 796113. https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.796113

Mantzoukas, S., & Eliopoulos, P. A. (2020). Endophytic entomopathogenic fungi: A valuable biological control tool against plant pests. *Applied Sciences*, 10(1), Article 360. https://doi.org/10.3390/app10010360

Mariyono, J., & Sumarno, S. (2015). Chilli production and adoption of chilli-based agribusiness in Indonesia. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 5(1), 57–75. https://doi.org/10.1108/jadee-01-2014-0002

Mostert, L., Crous, P. W., Kang, J. C., & Phillips, A. J. L. (2001). Species of Phomopsis and a Libertella sp. occurring on grapevines with specific reference to South Africa: Morphological, cultural, molecular and pathological characterization. *Mycologia*, 93(1), 146–167. https://doi.org/10.2307/3761612

Muhibuddin, A., Setiyowati, E. M., & Sektiono, A. W. (2022). Mechanism antagonism of Trichoderma viride against several types of pathogens and production of secondary metabolites. *Agrosaintifika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 4(1), 243–253. https://doi.org/10.32764/agrosaintifika.v4i1.2375

Nahdah, F., Sari, N., Rizali, A., & Wahdah, R. (2020). Antagonisme fungi endofit daun jarak pagar (*Jatropha curcas*) terhadap Fusarium oxysporum C2 penyebab busuk umbi pada bawang merah in vitro. *Agrotechnology Research Journal*, 4(1), 32–38. https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v4i1.41351

Pakadang, S. R., Ayuasrini, A., Ratnah, S., & Salasa, A. M. (2025). Isolasi, identifikasi, dan aktivitas antibakteri fungi endofit daun pegagan (*Centella asiatica* L.) terhadap Staphylococcus epidermidis dan *Propionibacterium acnes*. *Media Farmasi*, 21(1), 50–62. https://doi.org/10.32382/mf.v20i2.602

Palar, N., Pangemanan, P. A., & Tangkere, E. G. (2016). Faktor-faktor yang mempengaruhi harga cabai rawit di Kota Manado. *Agrisosioekonomi*, 12(2), 105–120.

Puspita, F., Ali, M., & Supriyadi, S. (2020). Kompatibilitas dan daya hambat konsorsium *Trichoderma* spp. endofit terhadap penyakit busuk buah kakao *Phytophthora palmivora*. *Jurnal Agrikultura*, 31(2), 126–133. https://doi.org/10.24198/agrikultura.v31i2.26063

Rodriguez, R. J., Henson, J., Van Volkenburgh, E., Hoy, M., Wright, L., Beckwith, F., Kim, Y. O., & Redman, R. S. (2008). Stress tolerance in plants via habitat-adapted symbiosis. *ISME Journal*, 2(4), 404–416. https://doi.org/10.1038/ismej.2007.106

Russo, M. L., Jaber, L. R., Scorsetti, A. C., Vianna, F., Cabello, M. N., & Pelizza, S. A. (2021). Effect of entomopathogenic fungi introduced as corn endophytes on the development, reproduction, and food preference of the invasive fall armyworm Spodoptera frugiperda. *Journal of Pest Science*, 94(3), 859–870. https://doi.org/10.1007/s10340-020-01302-x

Sari, N. (2020). Review of endophytic fungi as biocontrol agents against plant pathogen. *Gontor Agrotech Science Journal*, 6(1), 55–73. https://doi.org/10.21111/agrotech.v6i1.3734

Sari, N., Rizali, A., & Aziza, N. L. (2022). Aktivitas antagonistik endofit *Fusarium solani* EnI dari bunga bawang dayak terhadap Aspergillus flavus, kontaminan dari kacang kedelai. *Median: Jurnal Ilmu-Ilmu Eksakta*, 14(3), 95–103. https://doi.org/10.33506/md.v14i3.1986

Shobha, B., Lakshmeesha, T. R., Ansari, M. A., Almatroudi, A., Alzohairy, M. A., Basavaraju, S., Alurappa, R., Niranjana, S. R., & Chowdappa, S. (2020). Mycosynthesis of ZnO nanoparticles using *Trichoderma* spp. isolated from rhizosphere soils and its synergistic antibacterial effect against *Xanthomonas oryzae* pv. oryzae. *Journal of Fungi*, 6(3), Article 181. https://doi.org/10.3390/jof6030181

Skidmore, A. M., & Dickinson, C. H. (1973). Effect of phylloplane fungi on the senescence of excised barley leaves. *Transactions of the British Mycological* Society, 60(1), 107–116.

Skidmore, A. M., & Dickinson, C. H. (1976). Colony interactions and hyphal interference between Septoria nodorum and phylloplane fungi. *Transactions of the British Mycological Society*, 66(1), 57–64. https://doi.org/10.1016/s0007-1536(76)80092-7

Suciatmih, Antonius, S., Hidayat, I., & Sulistiyani, T. (2014). Isolasi, identifikasi dan evaluasi antagonisme terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense (Foc) secara in vitro dari jamur endofit tanaman pisang. *Berita Biologi*, 13(1), 71–83.

Tasrif, A., Sulistyowati, D., Adirianto, B., Krisnawati, E., & Sugihati, D. (2024). Potensi cendawan antagonis *Trichoderma viride* isolat Bogor sebagai agensi pengendalian hayati penyakit antraknosa tanaman cabai merah. *Jurnal Agroekoteknologi dan Agribisnis*, 8(1), 69–80.

Toghueo, R. M. K. (2020). Bioprospecting endophytic fungi from Fusarium genus as sources of bioactive metabolites. *Mycology*, 11(1), 1–21. https://doi.org/10.1080/21501203.2019.1645053

Triwidodo, H., Listihani, L., & Selangga, D. G. W. (2021). Isolasi cendawan endofit pada tanaman padi serta potensinya sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 14(2), 109–115. https://doi.org/10.21107/agrovigor.v14i2.10166

Vinale, F., Ghisalberti, E. L., Sivasithamparam, K., Marra, R., Ritieni, A., Ferracane, R., Woo, S., & Lorito, M. (2009). Factors affecting the production of *Trichoderma harzianum* secondary metabolites during the interaction with different plant pathogens. *Letters in Applied Microbiology*, 48(6), 705–711. https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2009.02599.x

Zuhria, S. A., Djauhari, S., & Muhibuddin, A. (2016). Exploration and antagonistic test of endophytic fungi from soybean (*Glycine max* L. Merr) with different resistance to Sclerotium rolfsii. *Journal of Experimental Life Sciences*, 6(2), 101–105. https://doi.org/10.21776/ub.jels.2016.006.02.08