



JURNAL BIOSHELL

e-ISSN: 2623-0321

DOI: <https://doi.org/10.56013/bio.v15i1>
<http://ejurnal.uji.ac.id/index.php/BIO>



Isolasi, Identifikasi, dan Bioaktivitas Jamur Endofit Akar Cabai Rawit sebagai Biokontrol dan Pemacu Pertumbuhan

Muhammad Zainul Wahid*, Bambang Irawan, Rochmah Agustrina, Kusuma Handayani

*E-mail of Corresponding Author: muzaiwa29@gmail.com

Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Lampung

ABSTRAK

Article History

Received: April 10, 2026

Revised: April 25, 2026

Accepted: April 26, 2026

Available online: May 6, 2026

Penurunan produktivitas cabai rawit akibat antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum capsici* serta dampak negatif penggunaan fungisida kimia mendorong perlunya alternatif pengendalian hayati yang efektif dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi jamur endofit dari akar cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) serta mengevaluasi bioaktivitasnya sebagai agen biokontrol dan pemacu pertumbuhan tanaman. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan data dianalisis dengan ANOVA pada taraf 95% yang dilanjutkan uji Tukey HSD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tiga isolat jamur endofit (E1, E2, dan E3) berhasil diisolasi. Uji *in vitro* menunjukkan bahwa isolat E2 memiliki daya hambat tertinggi terhadap *C. capsici* sebesar 29,37%, dibandingkan E1 (7,21%) dan E3 (14,72%). Uji produksi IAA menunjukkan bahwa isolat E1 menghasilkan IAA tertinggi (27,75 ppm), diikuti E2 (23,62 ppm) dan E3 (17,26 ppm). Isolat E2 dipilih untuk uji *in vivo* dan terbukti secara signifikan ($p < 0,05$) menurunkan keparahan penyakit menjadi 5,57%, meningkatkan jumlah daun (7,20 helai) dan berat segar (7,39 g), serta memacu pertumbuhan tanaman dengan pertambahan tinggi tanaman (10,6 cm) dibandingkan kontrol. Hasil ini menunjukkan isolat jamur endofit E2 berpotensi sebagai agen biokontrol sekaligus pemacu pertumbuhan tanaman cabai rawit yang ramah lingkungan.

Kata kunci: Jamur endofit, Biokontrol, *Colletotrichum capsici*, IAA, Cabai rawit

ABSTRACT

The decline in chili pepper productivity due to anthracnose caused by *Colletotrichum capsici*, along with the negative impacts of chemical fungicide use, highlights the need for effective and environmentally friendly biological control alternatives. This study aimed to isolate and identify endophytic fungi from chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) roots and to evaluate their bioactivity as biocontrol agents and plant growth promoters. The experiment was arranged in a Completely Randomized Design (CRD), and data were analyzed using ANOVA at a 95% confidence level followed by Tukey HSD test. The results showed that three endophytic fungal isolates (E1, E2, and E3) were successfully obtained. *In vitro* assay revealed that isolate E2 exhibited the highest inhibition against *C. capsici* (29.37%), compared to E1 (7.21%) and E3 (14.72%). IAA production assay indicated that isolate E1 produced the highest IAA concentration (27.75 ppm), followed by E2 (23.62 ppm) and E3 (17.26 ppm). Isolate E2 was selected for *in vivo* evaluation and significantly ($p < 0.05$) reduced disease severity to 5.57%, increased leaf number (7.20 leaves) and fresh weight (7.39 g), and promoted plant growth as indicated by plant height increment (10.6 cm) compared to the control. These findings demonstrate that endophytic fungal isolate E2 has strong potential as an environmentally friendly biocontrol agent and plant growth promoter in chili pepper cultivation.

Key word: Endophytic fungi, Biocontrol, *Colletotrichum capsici*, IAA, Chili pepper

I. PENDAHULUAN

Cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) termasuk komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi di Indonesia karena tingginya kebutuhan pasar serta kontribusinya terhadap sektor pertanian. Namun, produktivitas cabai rawit seringkali mengalami penurunan akibat serangan penyakit, terutama antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum capsici*. Patogen ini dikenal mampu menginfeksi berbagai bagian tanaman, termasuk buah, batang, dan daun, sehingga menyebabkan kerugian hasil yang signifikan baik secara kuantitatif maupun kualitatif (Agrios, 2005). Pengendalian penyakit ini umumnya masih menggunakan fungisida kimia, yang dalam waktu lama dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan serta memicu resistensi patogen.

Pendekatan alternatif yang lebih ramah lingkungan adalah pemanfaatan mikroorganisme endofit sebagai agen biokontrol. Jamur endofit adalah mikroorganisme yang berasosiasi dengan jaringan internal tanaman tanpa menimbulkan gejala patogenik pada inangnya, dan diketahui mampu memberikan manfaat, salah satunya meningkatkan ketahanan terhadap patogen (Arnold et al., 2003). Mekanisme biokontrol yang dilakukan jamur endofit dapat terjadi melalui kompetisi ruang dan nutrisi, produksi senyawa antifungi, serta induksi ketahanan sistemik pada tanaman (Pieterse et al., 2014).

Selain sebagai agen biokontrol, jamur endofit juga berkontribusi dalam memacu pertumbuhan inangnya. Mekanisme utama yang mendasari peran

tersebut adalah kemampuan dalam memproduksi hormon tumbuh seperti *Indole Acetic Acid* (IAA), yang berperan penting dalam mengatur pemanjangan sel, pembentukan sistem perakaran, serta diferensiasi jaringan tanaman. Produksi IAA oleh jamur endofit telah terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman, termasuk peningkatan tinggi tanaman, biomassa, dan perkembangan akar yang lebih ekstensif (Arora et al., 2024). Selain itu, interaksi antara endofit dan tanaman melibatkan komunikasi biokimia melalui senyawa seperti IAA, fenol, dan flavonoid, yang berperan dalam mengatur keseimbangan pertumbuhan dan respons fisiologis tanaman terhadap lingkungan.

Meskipun berbagai penelitian telah melaporkan potensi jamur endofit sebagai agen biokontrol maupun pemacu pertumbuhan tanaman, sebagian besar kajian tersebut masih dilakukan secara terpisah dan berfokus pada satu aspek fungsi saja, baik antagonisme terhadap patogen maupun produksi hormon pertumbuhan. Selain itu, penelitian yang mengintegrasikan evaluasi aktivitas biokontrol (*in vitro* dan *in vivo*) dengan kemampuan produksi IAA dalam satu rangkaian pengujian masih terbatas, khususnya pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). Di sisi lain, eksplorasi isolat lokal jamur endofit dari jaringan akar cabai rawit sebagai sumber agen hayati juga belum banyak dilakukan, padahal isolat lokal memiliki potensi adaptasi yang lebih baik terhadap kondisi lingkungan setempat. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang tidak hanya

mengisolasi dan mengidentifikasi jamur endofit, tetapi juga mengevaluasi secara komprehensif kemampuan biokontrol dan pemacu pertumbuhan tanaman secara simultan, sehingga dapat diperoleh kandidat agen hayati yang lebih efektif dan aplikatif di lapangan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengisolasi dan mengarakterisasi jamur endofit dari jaringan akar cabai rawit serta mengevaluasi bioaktivitasnya sebagai agen biokontrol terhadap *C. capsici* dan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam upaya pengembangan alternatif pengendalian hayati yang ramah lingkungan sekaligus meningkatkan produktivitas tanaman cabai rawit.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian terdiri dari tahapan isolasi dan identifikasi jamur endofit, uji aktivitas biokontrol secara *in vitro*, uji produksi IAA, serta pengujian *in vivo* terhadap tanaman cabai rawit. Sampel berupa akar tanaman cabai rawit sehat yang diperoleh dari Kabupaten Lampung Selatan.

Isolasi jamur endofit dilakukan melalui metode sterilisasi permukaan akar menggunakan etanol 70% dan natrium hipoklorit, kemudian ditanam pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) + kloramfenikol (Octaviani et al., 2022). Isolat yang tumbuh dimurnikan melalui subkultur dan

diidentifikasi secara morfologi berdasarkan karakter makroskopis dan mikroskopis.

Uji aktivitas biokontrol secara *in vitro* dilakukan menggunakan metode *dual culture* pada media PDA. Dua kertas cakram berdiameter 5 mm masing-masing dicelupkan pada suspensi jamur endofit dan patogen, kemudian diletakkan di cawan petri pada sisi berhadapan dengan jarak 1 cm dari pinggir cawan. Lalu diinkubasi selama 7 hari. Parameter yang diamati adalah luas koloni patogen dan persentase hamabatan yang diukur menggunakan metode gravimetri (Simamora et al., 2021).

Uji produksi IAA dilakukan menggunakan reagen Salkowski. Suspensi diambil dari isolat jamur endofit yang telah dikultur dalam media cair selama 7 hari dalam kondisi gelap. Sebanyak 1 ml suspensi ditambah 1 ml asam ortofosfat, lalu ditambah 2 ml reagen Salkowski. Absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm (Khalil et al., 2021). Berdasarkan kurva standar, hubungan antara absorbansi dan konsentrasi IAA mengikuti persamaan:

$$y = 0,0121x + 0,1562$$

Tabel 1. Model Perlakuan Uji *in Vivo*

Kode	Pola Pemberian Suspensi	Konsentrasi Endofit (%)	Konsentrasi Patogen (%)
M0	K	0	0
M1a	E	12,5	0
M1b	E	37,5	0
M2	P	0,00	25%
M3a	EP	12,5	25%
M3b	EP	37,5	25%
M4a	PE	12,5	25%
M4b	PE	37,5	25%

Keterangan: K (air-kontrol), E (endofit saja), P (patogen saja), EP (endofit lalu patogen), PE (patogen lalu endofit).

Pengujian *in vivo* menggunakan satu isolat jamur endofit terbaik (berdasarkan hasil uji *in vitro*). Bibit cabai rawit usia 28 hari ditanam dalam media tanah-sekam dalam *polybag* dan diamati selama 15 hari (Mmbaga et al., 2018). Perlakuan diberikan berdasarkan pola yang disajikan pada Tabel 1. Setiap model perlakuan terdiri atas 5 kali ulangan. Pemberian suspensi jamur endofit dilakukan melalui penyiraman media pada hari ke-3, 7, dan 12 setelah tanam sebanyak 20 ml per tanaman per pemberian. Sedangkan suspensi patogen diberikan sebanyak satu kali melalui penyemprotan daun pada hari ke-1 setelah tanam (M2, M4a, dan M4b) dan hari ke-5 (M3a dan M3b) sebanyak 20 ml per tanaman. Parameter yang digunakan terdiri atas kejadian penyakit, tingkat keparahan penyakit, jumlah daun, berat segar, dan pertambahan tinggi tanaman.

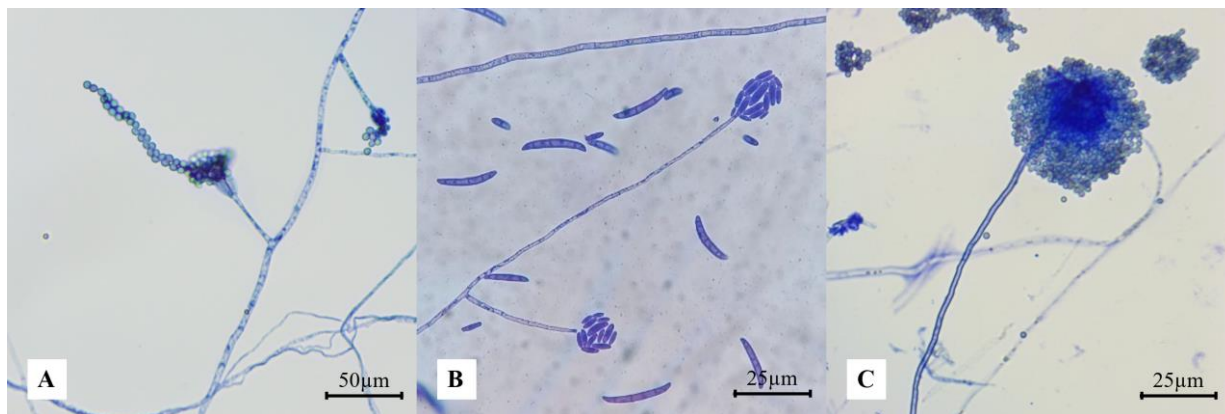
Data hasil penelitian dianalisis dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95%, dilanjutkan uji beda nyata menggunakan Tukey HSD pada taraf 5%. Data yang tidak berdistribusi normal, diuji nonparametrik Kruskal-Wallis dan dilanjutkan dengan uji lanjut Dunn-Bonferroni untuk beda nyata. Analisis data menggunakan *software* SPSS versi 27.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Morfologi Makroskopis Isolat Jamur Endofit

Kode Isolat	Warna Koloni Atas	Warna Koloni Bawah	Bentuk Koloni	Pinggir Koloni	Tekstur Koloni
E1	Hijau kehitaman	Jingga	Radial	Bergerigi	Granular kasar
E2	Putih, merah muda di pinggir	Jingga pucat	Radial	Rata	Berkapas halus
E3	Putih	Jingga pucat	Radial	Rata	Serbuk granular

Isolasi jamur endofit dari ujung akar cabai rawit menghasilkan tiga isolat (E1, E2, dan E3) yang menunjukkan perbedaan karakter morfologi makroskopis dan mikroskopis. Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 1, ketiga isolat memiliki variasi morfologi koloni yang cukup jelas. Isolat E1 memiliki warna koloni hijau kehitaman, konidia bulat-oval berantai, hifa bersekat dan bercabang, konidiofor tegak dengan terminal berbentuk sikat (*penicillus*) menunjukkan karakter genus *Penicillium* (Pitt & Hocking, 2009). Isolat E2 memiliki warna koloni putih dengan pinggir merah muda, tekstur berkapas halus, makrokonidia berbentuk sabit (*falcate*) multisepta yang merupakan karakteristik genus *Fusarium* (Barnett & Hunter, 1998). Isolat E3 memiliki warna koloni putih, tekstur berserbuk granular, hifa bersekat, konidiofor tegak dengan vesikel di ujungnya, konidia bulat dan tersusun rapat di atas lapisan fialid merupakan ciri khas genus *Aspergillus* (Klich, 2002). Temuan ini juga menunjukkan bahwa genus *Penicillium*, *Fusarium*, dan *Aspergillus* merupakan genus jamur endofit nonpatogenik yang dapat ditemukan pada jaringan tanaman baik muda maupun dewasa (Nurfitri et al., 2024).



Gambar 1. Morfologi Mikroskopis Isolat Jamur Endofit (A) E1, (B) E2, (C) E3 dengan perbesaran total 100 kali.

Pengujian aktivitas biokontrol secara *in vitro* melalui metode *dual culture* menunjukkan bahwa seluruh isolat memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan jamur patogen (*C. capsici*) dengan tingkat hambatan yang berbeda antar isolat. Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa isolat E2 memiliki daya hambat terhadap pertumbuhan *C. capsici* tertinggi (29,37%) dibandingkan E1 (7,21%) dan E3 (14,72%).

Variasi penghambatan antar isolat dipengaruhi oleh perbedaan laju pertumbuhan, kemampuan kompetisi ekologis, serta profil metabolit sekunder yang dihasilkan masing-masing isolat (White et al., 2019). Selain itu, penghambatan dapat disebabkan oleh adanya kemampuan hifa jamur endofit dalam merusak hifa patogen (Dolatabadi et al., 2012). Tingginya daya hambat isolat E2 (*Fusarium sp.*) diduga berkaitan dengan kemampuan genus ini dalam menghasilkan berbagai metabolit sekunder bioaktif yang berperan sebagai agen antifungi dan antimikroba (Toghueo, 2020). Beberapa penelitian melaporkan bahwa *Fusarium* mampu memproduksi beragam senyawa bioaktif dengan aktivitas

antagonistik terhadap mikroorganisme lain, sehingga berkontribusi pada efektivitasnya sebagai agen biokontrol (Nurfitri et al., 2024).

Tabel 3. Hasil Uji Biokontrol *Dual Culture*

Isolat	Luas Koloni Patogen (cm ²)	Daya Hambat (%)
Kontrol	34,09	0,00
E1	31,63	7,21
E2	24,08	29,37
E3	29,07	14,72

Pengujian produksi IAA menunjukkan bahwa seluruh isolat yang diuji mampu menghasilkan hormon tersebut dengan konsentrasi yang bervariasi (Tabel 4). Isolat E1 menunjukkan konsentrasi IAA tertinggi sebesar 27,75 ppm, diikuti oleh isolat E2 sebesar 23,62 ppm, dan isolat E3 sebesar 17,26 ppm. Perbedaan nilai absorbansi pada panjang gelombang 520 nm yang berbanding lurus dengan konsentrasi IAA mengindikasikan adanya keragaman metabolik antar isolat dalam menghasilkan hormon pertumbuhan.

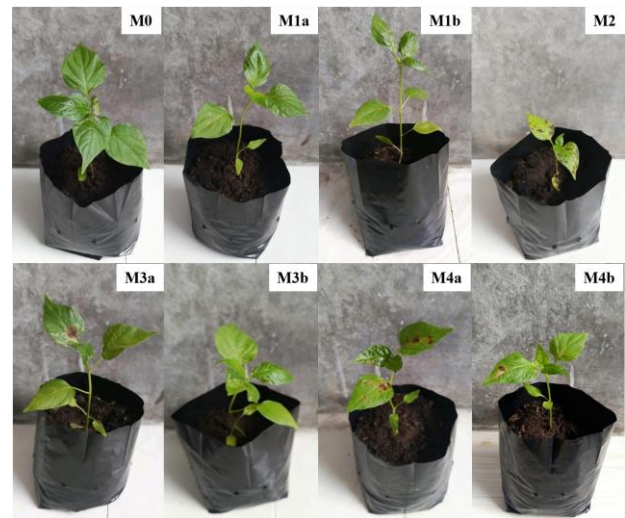
Tabel 4. Hasil Pengukuran Kadar IAA

Isolat	Rata-rata Absorbansi (520 nm)	Konsentrasi IAA (ppm)
E1	0,492	27,75
E2	0,442	23,62
E3	0,365	17,26

Tingginya produksi IAA pada isolat E1 dan E2 menunjukkan potensi dalam mendukung pertumbuhan tanaman. IAA berkontribusi dalam memacu pembelahan dan pemanjangan sel, serta pembentukan akar lateral yang meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara (Arora et al., 2024). Selain itu, penelitian terbaru menunjukkan bahwa mikroba endofit berperan sebagai pemacu pertumbuhan melalui berbagai mekanisme fisiologis, termasuk peningkatan efisiensi penggunaan nutrisi dan stimulasi hormon pertumbuhan tanaman (Ansabayeva et al., 2025). Dengan demikian, isolat E1 dan E2 memiliki potensi lebih besar sebagai pemacu pertumbuhan dibandingkan E3.

Pengujian *in vivo* difokuskan pada isolat dengan performa terbaik berdasarkan hasil uji *in vitro* dan produksi IAA, yaitu isolat E2. Morfologi tanaman hari ke-15 setelah tanam disajikan pada Gambar 2. Hasil pengamatan morfologi tanaman menunjukkan bahwa aplikasi isolat E2 tunggal (M1a dan M1b) menunjukkan kondisi daun dan batang tanaman yang sehat. Sedangkan model perlakuan kombinasi baik M3a, M3b, M4a, dan M4b menunjukkan adanya penurunan antraknosa daun yang disebabkan oleh jamur patogen *C. capsici* jika dibandingkan dengan tanaman M2 yang menunjukkan nekrosis parah. Hal ini menunjukkan bahwa isolat E2 memiliki kemampuan untuk mempertahankan kondisi fisiologis dan menurunkan kemungkinan munculnya antraknosa daun. Secara biologis, kemampuan tersebut dapat dikaitkan dengan mekanisme antagonisme langsung maupun induksi ketahanan

sistemik tanaman yang memungkinkan tanaman merespons infeksi secara lebih efektif (Pieterse et al., 2014).



Gambar 2. Morfologi Tanaman Cabai Rawit Hari Ke-15 setelah Tanam pada Berbagai Model Perlakuan

Hasil pengujian *in vivo* menunjukkan bahwa aplikasi jamur endofit isolat E2 memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan tingkat serangan penyakit serta peningkatan pertumbuhan tanaman cabai rawit dibandingkan kontrol (Tabel 5). Kejadian dan keparahan penyakit menunjukkan respons yang berbeda terhadap aplikasi isolat endofit E2. Meskipun kejadian penyakit pada perlakuan yang melibatkan patogen tetap tinggi, hal ini mengindikasikan bahwa endofit belum sepenuhnya mampu menghambat proses infeksi awal *C. capsici*. Fenomena ini dapat dikaitkan dengan karakter infeksi patogen yang berlangsung cepat pada fase awal sebelum interaksi antagonistik berkembang optimal (Dean et al., 2012). Perbedaan yang lebih nyata terlihat pada tingkat keparahan penyakit, di mana perlakuan dengan endofit, terutama pada konsentrasi lebih tinggi.

Tabel 5. Hasil Uji Biokontrol *Dual Culture*

Model Perlakuan	Kejadian (%)	Kaparahan	Rerata Jumlah Daun (helai)	Berat Segar (g)	Pertambahan Tinggi Batang (cm)
M0 (kontrol)	20	0,83±1,67 ^a	6,00±0,63 ^{ab}	6,64±0,23 ^{bc}	8,64±0,24 ^{de}
M1a	20	0,71±1,43 ^a	7,00±0,63 ^b	7,06±0,24 ^{cd}	10,18±0,30 ^f
M1b	20	0,63±1,25 ^a	7,20±0,75 ^b	7,39±0,28 ^d	10,6±0,17 ^f
M2	100	74,00±2,00 ^c	4,80±0,75 ^a	5,59±0,17 ^a	7,12±0,46 ^a
M3a	100	12,14±1,34 ^b	7,00±0,63 ^b	6,41±0,23 ^b	8,24±0,24 ^{cd}
M3b	100	5,57±3,24 ^{ab}	7,20±0,75 ^b	6,67±0,25 ^{bc}	8,92±0,26 ^e
M4a	100	19,12±3,34 ^{bc}	6,00±0,63 ^{ab}	6,10±0,36 ^{ab}	7,40±0,28 ^{ab}
M4b	100	11,79±2,78 ^b	6,80±0,75 ^b	6,30±0,33 ^b	7,86±0,21 ^{bc}

Keterangan: Nilai yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata

Pada konsentrasi lebih tinggi, jaringan secara signifikan dibandingkan perlakuan patogen tunggal. Isolat E2 lebih berperan dalam menekan perkembangan penyakit setelah infeksi terjadi melalui mekanisme seperti kompetisi, produksi senyawa antifungal, dan induksi ketahanan sistemik tanaman (Alfiky & Weisskopf, 2021). Kemampuan endofit dalam menekan penyakit antraknosa daun melibatkan beberapa mekanisme, meliputi antibiosis melalui produksi metabolit antifungi, kompetisi ruang dan nutrisi dengan patogen, serta mikoparasitisme terhadap patogen target. Selain itu, endofit juga mampu menginduksi ketahanan sistemik tanaman, yang meningkatkan respons pertahanan seperti penebalan dinding sel dan aktivasi jalur metabolik pertahanan. Kombinasi mekanisme langsung dan tidak langsung ini menyebabkan penurunan tingkat infeksi sekaligus menjaga kondisi fisiologis tanaman tetap stabil, sehingga pertumbuhan tidak terganggu secara signifikan (Thambugala et al., 2020).

Respons pertumbuhan tanaman yang ditunjukkan melalui jumlah daun dan berat segar memperlihatkan pola yang berlawanan dengan tingkat serangan penyakit. Perlakuan patogen tunggal

menghasilkan nilai terendah, yang mencerminkan adanya gangguan fisiologis akibat infeksi, termasuk penurunan aktivitas fotosintesis dan alokasi energi untuk pertahanan (Savary et al., 2019). Sebaliknya, aplikasi isolat jamur endofit, baik secara tunggal maupun bersama jamur patogen, mampu mempertahankan bahkan memacu pertumbuhan tanaman. Peningkatan jumlah helai daun menunjukkan kapasitas fotosintesis yang lebih baik, sedangkan berat segar mencerminkan akumulasi biomassa yang lebih optimal (Backer et al., 2018). Dengan demikian, isolat E2 tidak hanya berfungsi sebagai agen penekan penyakit, tetapi juga berperan dalam menjaga keseimbangan fisiologis tanaman sehingga pertumbuhan tetap berlangsung optimal meskipun berada dalam kondisi terinfeksi (Taiz et al., 2014).

Selain berperan dalam menekan perkembangan penyakit, isolat E2 juga menunjukkan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman. Aplikasi endofit menghasilkan jumlah daun, berat segar, dan pertambahan tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan patogen tunggal. Infeksi patogen diketahui dapat menghambat pertumbuhan tanaman

melalui gangguan proses fisiologis, termasuk penurunan aktivitas fotosintesis dan redistribusi energi untuk mekanisme pertahanan, sehingga pembentukan organ vegetatif menjadi terhambat (Savary et al., 2019). Sebaliknya, keberadaan endofit mampu menjaga pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan efisiensi fisiologis dan toleransi terhadap stres biotik (Rodriguez et al., 2009).

Peningkatan pertumbuhan tersebut juga berkaitan dengan kemampuan isolat E2 dalam menghasilkan IAA, yang berperan penting dalam memacu pembelahan dan pemanjangan sel. Hal ini tercermin dari meningkatnya biomassa dan penambahan tinggi tanaman pada perlakuan endofit. Studi terbaru menunjukkan bahwa keberadaan IAA yang dihasilkan oleh jamur endofit dapat memicu perubahan morfologi tanaman, seperti peningkatan panjang akar, pertumbuhan tanaman yang lebih tinggi, serta peningkatan berat segar tanaman secara signifikan (Arora et al., 2024). Jamur endofit juga dapat meningkatkan penyerapan unsur hara serta memperbaiki keseimbangan fisiologis tanaman, sehingga berperan pada peningkatan pertumbuhan secara keseluruhan (Backer et al., 2018). Hal ini mengindikasikan bahwa isolat E2 memiliki kontribusi terhadap peningkatan performa pertumbuhan tanaman melalui mekanisme hormonal yang terintegrasi dengan sistem fisiologi tanaman.

Secara keseluruhan, penelitian ini mengonfirmasi bahwa isolat jamur endofit E2 memiliki peran ganda sebagai agen biokontrol sekaligus pemacu pertumbuhan tanaman. Efektivitas tersebut dipengaruhi

oleh konsentrasi inokulum serta dinamika interaksi antara endofit, patogen, dan tanaman inang yang kompleks.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengisolasi dan mengidentifikasi jamur endofit dari akar cabai rawit yang diduga termasuk dalam genus *Penicillium*, *Fusarium*, dan *Aspergillus*. Seluruh isolat menunjukkan aktivitas biokontrol terhadap *C. capsici* secara *in vitro*, dengan isolat E2 (diduga *Fusarium* sp.) menunjukkan daya hambat tertinggi. Selain itu, isolat tersebut juga mampu menghasilkan IAA, yang berperan pada peningkatan pertumbuhan tanaman.

Isolat E2 secara signifikan mampu menekan keparahan penyakit menjadi 5,57%, meskipun belum sepenuhnya mencegah infeksi awal patogen. Di sisi lain, aplikasi isolat ini juga meningkatkan pertumbuhan tanaman, yang ditunjukkan oleh peningkatan jumlah daun (7,20 helai), berat segar (7,39 g), dan penambahan tinggi tanaman (10,6 cm) dibandingkan kontrol. Dengan demikian, isolat E2 berpotensi sebagai agen biokontrol sekaligus pemacu pertumbuhan tanaman cabai rawit yang ramah lingkungan. Sebagai tindak lanjut, diperlukan penelitian lanjutan untuk mengidentifikasi isolat secara molekuler, menganalisis kimia zat metabolik sekunder yang dihasilkan isolat, serta menguji efektivitas isolat ini pada skala lapangan dan mengevaluasi stabilitas kinerjanya pada berbagai kondisi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Agrios, G. (2005). *Plant Pathology* (5th ed.). Elsevier Academic Press.

- Alfiky, A., & Weisskopf, L. (2021). Deciphering trichoderma-plant-pathogen interactions for better development of biocontrol applications. In *Journal of Fungi* (Vol. 7, Number 1, pp. 1-18). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/jof7010061>
- Ansabayeva, A., Makhambetov, M., Rebouh, N. Y., Abdelkader, M., Saady, H. S., Hassan, K. M., Nasser, M. A., Ali, M. A. A., & Ebrahim, M. (2025). Plant Growth-Promoting Microbes for Resilient Farming Systems: Mitigating Environmental Stressors and Boosting Crops Productivity – A Review. In *Horticulturae* (Vol. 11, Number 3). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/horticulturae11030260>
- Arnold, A. E., Carlos Mejía, L., Kyllö, D., Rojas, E. I., Maynard, Z., Robbins, N., & Herre, E. A. (2003). *Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1073/pnas.2533483100>
- Arora, P., Tabssum, R., Gupta, A. P., Kumar, S., & Gupta, S. (2024). Optimization of indole acetic acid produced by plant growth promoting fungus, aided by response surface methodology. *Heliyon*, 10(14). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34356>
- Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., Subramanian, S., & Smith, D. L. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria: Context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 871). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi (4th ed.)*.
- Dean, R., Van Kan, J. A. L., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D., Rudd, J. J., Dickman, M., Kahmann, R., Ellis, J., & Foster, G. D. (2012). The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. In *Molecular Plant Pathology* (Vol. 13, Number 4, pp. 414-430). <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x>
- Dolatabadi, H. K., Mohammadi Goltapeh, E., Mohammadi, N., Rabiey, M., Rohani, N., & Varma, A. (2012). Biocontrol Potential of Root Endophytic Fungi and Trichoderma Species Against Fusarium Wilt of Lentil Under In vitro and Greenhouse Conditions. In *J. Agr. Sci. Tech* (Vol. 14).
- Khalil, A. M. A., Hassan, S. E. D., Alsharif, S. M., Eid, A. M., Ewais, E. E. D., Azab, E., Gobouri, A. A., Elkelish, A., & Fouda, A. (2021). Isolation and characterization of fungal endophytes isolated from medicinal plant ephedra

- pachyclada as plant growth-promoting. *Biomolecules*, 11(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/biom11020140>
- Klich, M. A. . (2002). *Identification of common Aspergillus species*. Centraalbureau voor Schimmelcultures.
- Mmbaga, M., Gurung, S., & Maheshwari, A. (2018). Screening of Plant Endophytes as Biological Control Agents against Root Rot Pathogens of Pepper (*Capsicum annum* L.). *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 09(03). <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000435>
- Nurfitri, R., Hardini, J., Ketut Muksin Program Studi Biologi, I., Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., & Udayana, U. (2024). Identifikasi Jamur Endofit Yang Berasosiasi Dengan Daun Jeruk Limau Citrus X *Amblycarpa* (Hassk.) Ochse Di Kebun Kalpataru, Denpasar, Bali. *Simbiosis*, 12(1), 100–107. <https://doi.org/10.24843/JSIMBIOSIS>
- Octaviani, M., Ameliah, W. Y., Frimayanti, N., Djohari, M., & Fadhli, H. (2022). Isolation of Endophytic Fungus from Leaves of *Uncaria cordata* (Lour.) Merr and Antibacterial Activity Against *Propionibacterium acnes* and *Escherichia coli*. *Borneo Journal of Pharmacy*, 5(3), 279–287. <https://doi.org/10.33084/bjop.v5i3.3692>
- Pieterse, C. M. J., Zamioudis, C., Berendsen, R. L., Weller, D. M., Van Wees, S. C. M., & Bakker, P. A. H. M. (2014). Induced systemic resistance by beneficial microbes. *Annual Review of Phytopathology*, 52, 347–375. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102340>
- Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). Fungi and food spoilage. In *Fungi and Food Spoilage*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-92207-2>
- Rodriguez, R. J., White, J. F., Arnold, A. E., & Redman, R. S. (2009). Fungal endophytes: Diversity and functional roles: Tansley review. In *New Phytologist* (Vol. 182, Number 2, pp. 314–330). <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02773.x>
- Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S. J., Esker, P., McRoberts, N., & Nelson, A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology and Evolution*, 3(3), 430–439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>
- Simamora, A. V., Hahuly, M. V., & Henuk, J. B. (2021). Endophytic fungi as potential biocontrol agents of *Phytophthora palmivora* in the cocoa plant. *Biodiversitas*, 22(5), 2601–2609. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220519>
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2014). *Plant Physiology and Development Sixth Edition* (6th ed.). Sinauer Associates, Inc.

Thambugala, K. M., Daranagama, D. A., Phillips, A. J. L., Kannangara, S. D., & Promputtha, I. (2020). Fungi vs. Fungi in Biocontrol: An Overview of Fungal Antagonists Applied Against Fungal Plant Pathogens. In *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology* (Vol. 10). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.604923>

Toghueo, R. M. K. (2020). Bioprospecting endophytic fungi from *Fusarium* genus as sources of bioactive metabolites. In *Mycology* (Vol. 11, Number 1, pp. 1–21). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/21501203.2019.1645053>

White, J. F., Kingsley, K. L., Zhang, Q., Verma, R., Obi, N., Dvinskikh, S., Elmore, M. T., Verma, S. K., Gond, S. K., & Kowalski, K. P. (2019). Review: Endophytic microbes and their potential applications in crop management. In *Pest Management Science* (Vol. 75, Number 10, pp. 2558–2565). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/ps.5527>