INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi
https://journal.literasisains.id/index.php/INSOLOGI
ISSN 2828-4984 (Media Online) | ISSN 2828-4992 (Media Cetak)
Vol. 5 No. 5 (Oktober 2026) 1850-1860
DOI: 10.55123/insologi.v5i5.9188
Submitted: 07-08-2026 | Accepted: 14-09-2026 | Published: 13-10-2026

Isolasi, Karakterisasi, dan Uji Patogenesitas Fungi Penyebab Penyakit pada Batang Tanaman Cendana (*Santalum Album* L.) di Kabupaten Timor Tengah Utara

Stefania E Kolo[1], Gergonius Fallo[2*], Adelya I Manalu[3], Yeremias Binsasi[4]
[12*3]Program Studi Biologi, Fakultas Pertanian Sains dan Kesehatan Universitas Timor, Kota Kefamenanu, Indonesia
[4]Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian Sains dan Kesehatan Universitas Timor, Kota Kefamenanu Indonesia
Email: [2*]gergofallo@yahoo.com

Abstract

Sandalwood (Santalum album L.) is a high-value endemic plant species in East Nusa Tenggara whose population is increasingly threatened by destructive stem disease complexes. This study aimed to isolate, characteristically identify based on macroscopic and microscopic morphology, and determine the pathogenicity of fungi inducing sandalwood stem diseases in North Central Timor Regency, specifically from Haulasi Village (634 m a.s.l.) and Sasi Village (395 m a.s.l.). Sampling was conducted on stem tissues exahibiting necrosis and stem canker symptoms, followed by isolation using Potato Dextrose Agar (PDA) media. From this research, six pure isolates were successfully obtained and identified into four genera: KJH1 and KJK1 (Trichoderma sp.), BBJ1 and BBJ2 (Fusarium sp.), BBJ3 (Phytophthora sp.), and BBJ4 (Botryodiplodia sp.). Pathogenicity testing at 30 days after inoculation (DAI) demonstrated that isolates BBJ1, BBJ2, BBJ3, and BBJ4 were pathogenic, successfully inducing necrosis symptoms characterized by blackish-brown stem tissue discolouration. Conversely, isolates KJH1 and KJK1 were non-pathogenic, presumably playing roles as secondary microflora or endophytic fungi. Successful re-isolation yielded pure cultures with phenotypic characteristics identical to the initial inocula. This confirms that Fusarium sp., Phytophthora sp., and Botryodiplodia sp. fully satisfy all criteria of Koch's Postulates as the primary causal agents of stem rot and stem canker diseases in sandalwood.

Keywords: *Botryodiplodia Sp., Fusarium Sp., Koch's Postulates, Phytophthora Sp., Santalum Album L.*

Abstrak

Cendana (*Santalum album* L.) merupakan tanaman endemik bernilai ekonomi tinggi di Nusa Tenggara Timur yang populasinya kian terancam oleh kompleks penyakit batang destruktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi, mengarakterisasi morfologi makroskopis dan mikroskopis, serta menentukan patogenisitas fungi pemicu penyakit batang cendana dari Kabupaten Timor Tengah Utara, khususnya Desa Haulasi (634 mdpl) dan Kelurahan Sasi (395 mdpl). Pengambilan sampel dilakukan pada jaringan batang yang menunjukkan gejala nekrosis dan kanker batang, dilanjutkan isolasi menggunakan media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Dari penelitian ini, berhasil diperoleh enam isolat murni yang teridentifikasi ke dalam empat genus: KJH1 dan KJK1 (*Trichoderma* sp.), BBJ1 dan BBJ2 (*Fusarium* sp.), BBJ3 (*Phytophthora* sp.), serta BBJ4 (*Botryodiplodia* sp.). Hasil uji patogenisitas pada 30 hari setelah inokulasi (HSI) membuktikan bahwa isolat BBJ1, BBJ2, BBJ3, dan BBJ4 bersifat patogenik dengan berhasil menginduksi gejala nekrosis berupa perubahan warna jaringan batang menjadi hitam kecokelatan. Sebaliknya, isolat KJH1 dan KJK1 bersifat non-patogen yang diduga berperan sebagai mikroflora sekunder atau fungi endofit. Keberhasilan tahap reisolasi menghasilkan kultur murni dengan karakteristik fenotipik yang identik dengan inokulum awal. Hal ini mengonfirmasi bahwa *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp., dan *Botryodiplodia* sp. secara utuh memenuhi seluruh kriteria Postulat Koch sebagai agen patogen pemicu utama penyakit busuk dan kanker batang cendana.

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Kata Kunci: *Botryodiplodia* Sp., *Fusarium* Sp., *Phytophthora* Sp., Postulat Koch, *Santalum Album* L.

1. PENDAHULUAN

Cendana (Santalum album L.) merupakan salah satu jenis tanaman aromatik asli Indonesia yang tumbuh secara endemik di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT), seperti di Pulau Sumba, Alor, Flores, Rote, dan Timor. Di antara pulau-pulau tersebut, Pulau Timor dikenal sebagai habitat utama cendana yang didukung oleh kondisi lingkungan optimal, yaitu ketinggian 600-1.000 meter di atas permukaan laut (mdpl), curah hujan 600-1.000 mm/tahun, periode 9-10 bulan kering, serta suhu udara 20-35°C (Ariyanti & Asbur, 2018). Bagian batang kayu cendana memiliki nilai ekonomi tinggi karena menghasilkan minyak atsiri beraroma khas yang dimanfaatkan secara luas dalam industri parfum, kosmetik, dan pengobatan tradisional, sehingga menjadi salah satu penopang perekonomian masyarakat lokal.

Meskipun memiliki nilai strategis yang tinggi, populasi alami cendana terus mengalami penurunan yang signifikan. Data Dinas Kehutanan Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) tahun 2006 mencatat populasi cendana alami hanya tersisa 33.678 pohon, mengalami penurunan drastis sebesar 98,82% dibandingkan populasi tahun 1997. Penurunan populasi ini disebabkan oleh eksploitasi berlebihan, penebangan liar, serta tekanan gangguan biologis berupa serangan hama dan penyakit yang dipicu oleh mikroba patogen. Salah satu penyakit utama yang berpotensi mematikan pohon serta mengancam kelestarian cendana adalah penyakit busuk batang (Seran *et al*., 2020).

Serangan penyakit tanaman ditandai dengan melunaknya jaringan kayu, perubahan warna jaringan menjadi gelap (nekrosis), hingga keluarnya getah atau eksudat dari bagian yang terinfeksi (Wolagole *et al*., 2023). Kerusakan ini secara langsung menurunkan kualitas kayu, mengganggu fisiologi tanaman, dan memicu kematian pohon secara prematur. Berdasarkan laporan Wolagole *et al*., (2023), fungi dari genus *Botryodiplodia* sp. terbukti menjadi salah satu penyebab utama busuk batang pada cendana. Selain itu, genus *Phytophthora* sp. dan *Botryodiplodia* sp. dikenal luas sebagai penyebab busuk batang pada berbagai tanaman berkayu (Retnosari *et al*., 2014). Spesies lain seperti *Lasiodiplodia theobromae* dan *Fusarium* sp. juga dilaporkan sebagai patogen penting penyebab nekrosis dan busuk batang pada tanaman perkebunan dan kehutanan tropis (Nurcahyani *et al*., 2012; Dwiastuti & Aji, 2021; Firmansyah *et al*., 2024).

Meskipun beberapa penelitian terdahulu seperti Wolagole *et al.* (2023) telah mengidentifikasi *Botryodiplodia* sp. sebagai agen penyebab busuk batang pada cendana, studi tersebut masih terbatas pada isolasi parsial di satu lokasi tanpa mempertimbangkan determinan mikroklimat lingkungan. Hingga saat ini, informasi mengenai kompleks fungi patogen yang menyerang batang cendana berdasarkan variasi ketinggian tempat di Kabupaten TTU belum pernah dieksplorasi. Padahal, variasi ketinggian tempat di TTU menghasilkan perbedaan kelembapan, suhu, dan tekanan lingkungan yang sangat krusial dalam memengaruhi struktur keanekaragaman, tingkat virulensi, serta dominansi patogen penginfeksi. Ketiadaan data komprehensif mengenai profil patogen lintas elevasi ini menjadi celah pengetahuan utama yang menyebabkan belum tersedianya peta etiologi penyakit yang presisi di tingkat lokal. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan bertujuan untuk mengisolasi, mengarakterisasi secara morfologi makroskopis dan mikroskopis, serta membuktikan patogenisitas fungi penyebab penyakit pada batang cendana di Kabupaten TTU sebagai dasar dalam penyusunan strategi pengendalian penyakit yang spesifik lokasi dan berkelanjutan.

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel batang tanaman cendana yang menunjukkan gejala penyakit busuk batang dilakukan pada tiga lokasi yang mewakili variasi ketinggian tempat, yaitu dataran tinggi, dataran menengah, dan dataran rendah. Pemilihan lokasi tersebut bertujuan untuk merepresentasikan perbedaan kondisi lingkungan yang berpotensi memengaruhi perkembangan penyakit dan keberadaan patogen. Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *purposive sampling*, yaitu penentuan sampel secara sengaja berdasarkan gejala seperti nekrosis jaringan, perubahan warna kayu menjadi gelap, atau keluarnya eksudat (Wolagole *et al*., 2023; Firmansyah *et al*., 2022).

2.2 Isolasi dan Pemurnian Fungi

Sampel kulit dan jaringan batang cendana bergejala terlebih dahulu dibersihkan di bawah air mengalir untuk menghilangkan kotoran yang menempel. Jaringan dipotong berukuran 5-10 mm menggunakan pisau steril pada bagian perbatasan antara jaringan sehat dan jaringan sakit. Potongan

sampel disterilisasi permukaan dengan cara direndam dalam alkohol 70% selama 1 menit, dibilas dalam akuades steril sebanyak dua kali masing-masing selama 1 menit, kemudian dikeringanginkan di atas kertas tisu steril di dalam *Laminar Air Flow* (LAF). Jaringan yang telah steril ditanam secara aseptis pada cawan petri yang berisi media *Potato Dextrose Agar* (PDA) yang telah ditambahkan antibiotik *chloramphenicol* dengan konsentrasi 100 mg/L. Cawan petri diinkubasi pada suhu ruang (25-28^{o}C). Pengamatan terhadap pertumbuhan koloni jamur dilakukan setiap hari selama 7 hari. Koloni fungi yang tumbuh dimurnikan ke media PDA hingga diperoleh kultur murni (Rahayu *et al*., 2024)

2.3 Karakterisasi Morfologi Fungi

Pengamatan makroskopis jamur meliputi warna, bentuk, tekstur, dan pola pertumbuhan koloni pada media PDA. Karakteristik mikroskopis diamati menggunakan mikroskop cahaya mencakup struktur hifa, bentuk spora/konidia, serta organ reproduksi (Chiu *et al*., 2022).

2.4 Uji Patogenisitas

Uji patogenisitas dilakukan menggunakan metode inokulasi batang terpotong (*detached stem assay*) merujuk pada Wolagole *et al*., (2023). Batang tanaman cendana sehat dipotong sepanjang 13 cm, disterilisasi permukaannya menggunakan alkohol 70%, lalu dilukai secara mekanis dengan membuat sayatan sepanjang 3 cm menggunakan pisau steril. Potongan inokulum isolat fungi diinokulasikan tepat pada bagian sayatan batang. Batang yang telah diinokulasi selanjutnya dibungkus dengan *cling wrap* steril dan diinkubasi dalam wadah plastik steril yang dialasi tisu basah untuk menjaga kelembapan relatif. Sebagai kontrol negatif, batang cendana diperlakukan dengan prosedur yang sama tetapi hanya ditetesi akuades steril pada bagian sayatan untuk memastikan bahwa gejala yang timbul disebabkan oleh aktivitas fungi patogen. Pengamatan perkembangan gejala penyakit batang dilakukan secara berkala setiap dua minggu selama satu bulan.

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Fisik Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel tanaman cendana (*Santalum album* L.) yang menunjukkan gejala sakit pada batang dilakukan di tiga lokasi yang mewakili perbedaan ketinggian tempat di Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU), yaitu Desa Haulasi, Kelurahan Sasi, dan Desa Humusu Wini. Pengukuran parameter mikroklimat dilakukan secara *in situ* pada setiap lokasi pengambilan sampel tanaman cendana (*Santalum album* L.) tepat pada pukul 10.00 WITA. Suhu udara diukur menggunakan *digital thermo-hygrometer* yang diletakkan pada ketinggian sekitar 1,5 meter di atas permukaan tanah dan terhindar dari paparan sinar matahari langsung. Pengukuran pH tanah dilakukan pada kedalaman tanah 0–20 cm di sekitar rizosfer tanaman sampel menggunakan *soil tester* digital yang telah dikalibrasi. Ketinggian tempat (mdpl) ditentukan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) (Tabel 1).

Tabel 1. Parameter kondisi fisik dan mikroklimat lingkungan di lokasi pengambilan sampel batang tanaman cendana Kabupaten TTU

No	Lokasi Pengambilan Sampel	Krtinggian Tempat (mdpl)	Suhu Udara (°C)*	Ph tanah*
1	Kecamatan Miomaffo Tengah (Desa Haulasi)	634	19	6,5
2	Kecamatan Kota Kefamenanu (Kelurahan Sasi)	395	27	7,0
3	Kecamatan Insana Utara (Desa Humusu Wini)	12	30	6,0

Keterangan: Pengukuran suhu udara dan pH tanah dilakukan secara in situ pada pukul 10.00 WITA.

Kondisi fisik dan mikroklimat di lokasi penelitian menunjukkan variasi parameter yang cukup kontras antar ketinggian tempat. Desa Haulasi yang berada di dataran tinggi (634 mdpl) memiliki suhu udara harian yang cenderung sejuk (19°C), sedangkan Desa Humusu Wini di wilayah pesisir dataran rendah (12 mdpl) memiliki suhu udara mencapai 30°C. Kelurahan Sasi yang terletak pada dataran menengah (395 mdpl) menunjukkan kondisi lingkungan peralihan dengan suhu rata-rata 27°C dan pH netral (7,0). Perbedaan faktor fisik lingkungan ini secara langsung memengaruhi perkembangan populasi fungi serta tingkat kerentanan jaringan tanaman. Kisaran pH tanah sebesar 6,0–7,0 di ketiga lokasi merupakan kondisi yang sangat optimal untuk pertumbuhan miselium fungi. Menurut Strategies *et al*., (2025), kelembapan dan pH tanah cenderung mendukung patogen fungi tular tanah.

3.2 Gejala dan Distribusi Penyakit Batang Cendana

Pengamatan gejala penyakit di lapangan menunjukkan adanya variasi tipe penyakit pada batang tanaman cendana (*Santalum album* L.) yang terdistribusi secara spesifik berdasarkan ketinggian tempat dan kondisi mikroklimat di Kabupaten TTU. Terdapat tiga tipe gejala utama yang teridentifikasi yaitu bercak putih, kanker batang, dan busuk batang (Tabel 2 dan Gambar 1).

Tabel 2. Distribusi dan kode sampel gejala penyakit batang tanaman cendana pada berbagai ketinggian tempat di Kabupaten TTU

Jenis Gejala	Dataran Tinggi	Dataran Menengah	Dataran Rendah	Kode Sampling

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

	Desa Haulasi (634 mdpl)	Kelurahan Sasi (395 mdpl)	Desa Humusu Wini (20 mdpl)	
Bercak Putih	√	√	–	Bph, Bps
Kanker Batang	√	√	–	Kh, Ks
Busuk Batang	–	√	–	Bbs

Keterangan : (✓): Ditemukan gejala penyakit di lokasi sampling; (-): Tidak ditemukan gejala penyakit di lokasi sampling Bph = Bercak Putih Haulasi; Bps = Bercak Putih Sasi; Kh = Kanker Haulasi; Ks = Kanker Sasi; Bbs = Busuk Batang Sasi



Gambar 1. Gejala Penyakit pada Batang Cendana

Distribusi gejala penyakit batang tanaman cendana (*Santalum album* L.) di Kabupaten TTU sangat dipengaruhi oleh mikroklimat lokasi sampling. Variasi suhu, kelembapan, dan pH tanah menjadi faktor utama yang menentukan keberhasilan infeksi patogen di lapangan. Di dataran tinggi Desa Haulasi (634 mdpl), suhu yang sejuk (19ºC), kelembapan tinggi, dan kanopi yang rapat mendukung pembentukan bercak putih serta kanker batang. Kelembapan tinggi memicu perkecambahan spora di permukaan kulit, sedangkan penetrasi patogen luka memicu retakan dan nekrosis kulit batang. Temuan ini sejalan dengan Yuliah & Haryjanto, (2017) yang melaporkan kanker batang sebagai salah satu tipe kerusakan utama pada tanaman cendana dengan intensitas 1,9%. Di dataran menengah Kelurahan Sasi (395 mdpl), ditemukan variasi gejala paling kompleks (bercak putih, kanker, dan busuk batang). Suhu hangat (27ºC) dan pH netral (7,0) menciptakan kondisi optimal bagi perkembangan patogen. Gejala busuk batang yang ditandai oleh jaringan korteks yang melunak, basah, dan berwarna gelap mirip dengan penyakit blendok pada tanaman berkayu. Menurut Retnosari *et al*., (2014) penyakit ini umumnya disebabkan oleh patogen seperti *Botryodiplodia theobromae* dan *Phytophthora citrophthora* yang merusak dinding sel jaringan vaskuler, menyumbat transportasi hara, hingga dapat menyebabkan kematian tanaman.

3.3 Isolasi dan Karakterisasi Morfologi Fungi

Isolasi fungi dari potongan jaringan batang tanaman cendana (*Santalum album* L.) bergejala pada media PDA berhasil memperoleh 6 isolat murni. Pengamatan morfologi makroskopis terhadap keenam isolat fungi menunjukkan variasi karakteristik fenotipik yang mencerminkan keragaman jenis fungi yang terisolasi dari sampel batang. Karakteristik makroskopis yang diamati meliputi warna permukaan koloni, bentuk koloni, serta laju pertumbuhan koloni pada media PDA. Hasil pengamatan morfologi isolat disajikan pada Tabel 3 (Gambar 2).

Tabel 3. Karakteristik Morfologi Makroskopis Ioslat Fungi Yang Diisolasi Dari Batang Tanaman Bergejala

Kode Isolat	Morfologi Makroskopis Fungi

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

	Bentuk Koloni	Tipe Pertumbuhan Koloni	Pola pertumbuhan koloni	Kecepatan pertumbuhan (hari)	Warna Koloni tampak atas
KJH	Bulat	Tumbuh mendatar, tepian rata	Teratur	3	Putih Kehijauan
KJS	Bulat	Tumbuh mendatar, tepian rata	Teratur	3	Putih Kehijauan
BBJ1	Bulat	Tumbuh mendatar, tepian rata	Teratur	5	Putih Kecoklatan
BBJ2	Bulat	Tumbuh mendatar, tepian rata	Teratur	6	Putih Kecoklatan
BBJ3	Tidak berpola	Tumbuh mendatar, tepian tidak rata	Tidak teratur	7	Putih
BBJ4	Bulat	Tumbuh mendatar, tepian rata	Teratur	7	Putih Keabuan



Gambar 2. Morfologi Makroskopis Keenam Fungsi

Pengamatan morfologi mikroskopis dari enam isolat fungi dilakukan berdasarkan struktur hifa (keberadaan sekat, warna, dan tipe percabangan) serta morfologi spora/konidia (bentuk, sekat spora, dan tipe pembentukan) di bawah mikroskop cahaya. Hasil pengamatan mikroskopis isolat fungi terduga patogen disajikan pada Tabel 4 (Gambar 4).

Tabel 4. Karakteristik mikroskopis isolat fungi asal batang tanaman cendana bergejala

Kode isolat	**Morfologi mikroskopis jamur**		
	Hifa	Spora	Terduga genus
KJH	Bersekat dan bercabang	Bulat atau Oval.	*Trichoderma* sp
KJS	Bersekat dan bercabang	Bulat atau oval.	*Trichoderma* sp
BBJ1	Bersekat dan bercabang	Bulan sabit dengan 3-5 sekat	*Fusarium* sp
BBJ2	Bersekat,dan bercabang	Bulan sabit dengan 3- 4 sekat	*Fusarium* sp
BBJ3	Tidak bersekat	Ovoid (telur)	*Phytophora* sp
BBJ4	Bersekat dan bercabang	Lonjong /periform	*Botrydiplodia* sp

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



Gambar 3. Spora Jamur yang Berhasil di Isolasi dari Batang Tanaman Cendana

Isolat KJH dan KJS menunjukkan pertumbuhan koloni yang cepat (3 hari) dengan perubahan warna dari putih menjadi hijau tua. Pengamatan mikroskopis memperlihatkan hifa bersekat dan hialin, konidiofor bercabang pendek dengan fialid di ujungnya, serta spora berbentuk bulat/oval berwarna hijau. Karakteristik ini konsisten dengan temuan Day *et al*., (2022) dan Syahputra *et al.* (2017) mengenai pola warna khas *Trichoderma* sp. Penampakan hifa hialin, konidia lonjong, dan percabangan fialid yang spesifik ini diperkuat oleh Berlian *et al.* (2016) serta Syarifah *et al*., (2024), sehingga mengonfirmasi bahwa isolat KJH dan KJS tergolong dalam genus *Trichoderma* sp.

Isolat BBJ1 dan BBJ2 membutuhkan waktu tumbuh 5–6 hari dengan perubahan warna koloni dari putih menjadi kecokelatan. Secara mikroskopis, kedua isolat memiliki hifa bersekat dan menghasilkan makrokonidia khas berbentuk bulan sabit dengan ujung meruncing; isolat BBJ1 memiliki 2–5 sekat, sedangkan BBJ2 memiliki 2–4 sekat. Ciri ini selaras dengan Leslie & Summerell, (2007), Asrul *et al.* (2021), dan Syarifah *et al*., (2024) yang menyatakan bahwa pigmentasi putih kekuningan hingga cokelat serta perubahan struktur permukaan koloni merupakan sifat khas *Fusarium* sp. Keberadaan makrokonidia melengkung bersekat 2–5 tersebut didukung oleh temuan Sari *et al.* (2018) dan Syarifah *et al.* (2024), memperkuat identifikasi isolat BBJ1 dan BBJ2 sebagai genus *Fusarium* sp**.**

Isolat BBJ3 memiliki koloni bulat berpola tidak teratur dengan permukaan mendatar, tekstur seperti kapas tebal, dan warna putih (kecepatan tumbuh 7 hari). Pengamatan mikroskopis menunjukkan hifa tidak bersekat (senositik) dan sporangium/spora berbentuk *ovoid*. Karakteristik makroskopis dan mikroskopis ini sangat konsisten dengan laporan Wartono *et al.* (2021) mengenai ciri khas genus *Phytophthora* sp. yang ditandai oleh miselium aerial melimpah serta sporangium berbentuk *ovoid* hingga *obpyriform*. Dengan demikian, isolat BBJ3 diidentifikasi sebagai genus *Phytophthora* sp. Sedangkan isolat BBJ4 menunjukkan koloni berpola teratur dengan pertumbuhan 7 hari, di mana warna awal putih berubah menjadi abu-abu kehitaman. Pengamatan mikroskopis memperlihatkan hifa bersekat dan konidia berbentuk lonjong (*ellipsoid/ovoid*) hingga *piriform*. Ciri fenotipik ini sesuai dengan temuan Aisah *et al*., (2015), di mana perubahan warna koloni dari putih menjadi abu-abu kehitaman seiring pematangan kultur serta keberadaan konidia lonjong kecokelatan merupakan identitas khas genus *Botryodiplodia* sp.

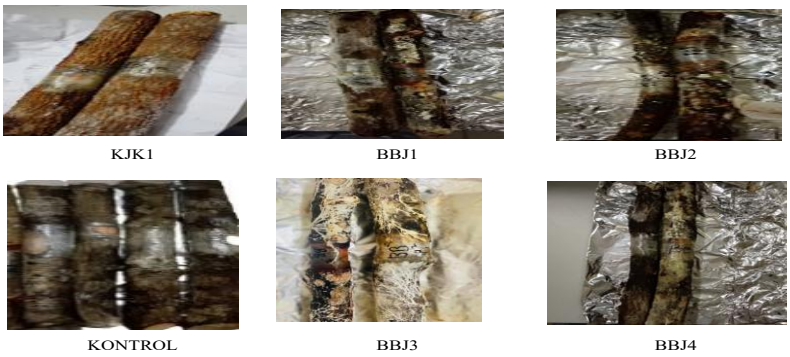
3.4 Uji Patogenesitas

Uji patogenisitas dilakukan untuk membuktikan kemampuan infeksi isolat jamur pada batang tanaman cendana (*Santalum album* L.) sehat sesuai dengan prinsip Postulat Koch. Inokulasi dilakukan dengan metode perlukaan dan diamati selama masa inkubasi 30 hari. Hasil pengamatan gejala dan tingkat patogenisitas disajikan pada Tabel 5 (Gambar 4)

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Tabel 5. Hasil uji patogenisitas isolat jamur asal batang tanaman cendana setelah 30 hari inkubasi

Kode Isolat	Genus Teridentifikasi	Masa Inkubasi (Hari)	Karakter Gejala yang Muncul	Kesimpulan
KJH1	*Trichoderma* sp.	30	Tidak muncul gejala (jaringan tetap sehat)	Non patogen
KJK1	*Trichoderma* sp.	30	Tidak muncul gejala (jaringan tetap sehat)	Non patogen
BBJ1	*Fusarium* sp.	30	Batang mulai berubah warna menjadi hitam kecokelatan	Patogen
BBJ2	*Fusarium* sp.	30	Batang mulai berubah warna menjadi hitam kecokelatan	Patogen
BBJ3	*Phytophthora* sp.	30	Batang mulai berubah warna menjadi hitam kecokelatan	Patogen
BBJ4	*Botryodiplodia* sp.	30	Batang mulai berubah warna menjadi hitam kecokelatan	Patogen



Gambar 4**.** Hasil Uji Patogen Jamur yang Menunjukan Gejala dan Tanda Penyakit pada Batang Tanaman Cendana pada Uji Patogenisitas 30 Hari Setelah Inokulasi.

Hasil uji patogenisitas mengonfirmasi bahwa isolat BBJ1, BBJ2 (*Fusarium* sp.), BBJ3 (*Phytophthora* sp.), dan BBJ4 (*Botryodiplodia* sp.) bersifat patogenik pada batang cendana, sedangkan isolat KJH1 dan KJK1 (*Trichoderma* sp.) terbukti non-patogen. Munculnya perubahan warna jaringan menjadi hitam kecokelatan serta kolonisasi miselium murni pada tanaman serta kontrol tetap sehat memenuhi prinsip Postulat Koch dan membuktikan kemampuan infeksi keempat isolat tersebut. Keberhasilan infeksi ini sejalan dengan temuan Firmansyah *et al*., (2024) yang mengidentifikasi *Fusarium* sp. dan *Botryodiplodia* sp. sebagai patogen utama yang memicu nekrosis dan perubahan warna jaringan menjadi cokelat kehitaman. Secara khusus, *Botryodiplodia* sp. dikenal sebagai patogen agresif pada berbagai tanaman ekonomis di Indonesia (Sandra *et al*., 2021). Wolagole *et al.*, (2023), turut menegaskan bahwa inokulasi *B. theobromae* pada batang cendana menimbulkan gejala infeksi aktif mulai 30 hari setelah inokulasi (HSI) berupa pembentukan spora putih kehitaman hingga nekrosis parah pada 60 HSI. Sementara itu, kemampuan isolat BBJ3 (*Phytophthora* sp.) dalam merusak jaringan vaskuler didukung oleh Wartono *et al*., (2021) yang melaporkan bahwa genus *Phytophthora* terbukti mampu menyebabkan penyakit busuk pada jaringan tanaman berkayu.

3.5 Reisolasi Patogen dan Pemenuhan Postulat Koch

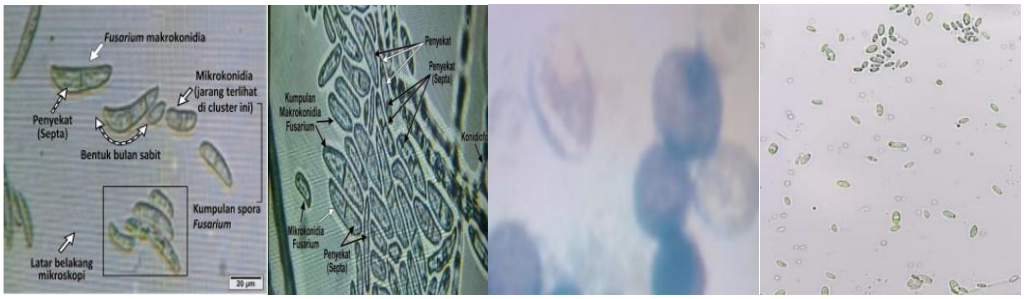
Hasil reisolasi menunjukkan bahwa karakteristik morfologi makroskopis dan mikroskopis fungi yang diisolasi kembali identik dengan karakter isolat murni asal lapangan. Terbuktinya kemiripan karakter morfologi tersebut secara utuh memenuhi

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

seluruh tahapan Postulat Koch. Rekapitulasi hasil karakterisasi reisolasi disajikan pada Tabel 6 (Gambar 5).

Tabel 6. Rekapitulasi reisolasi dan pemenuhan Postulat Koch isolat fungi patogen dari batang cendana

Isolat	Bentuk Awal Koloni	Bentuk Koloni (Reisolasi)	Bentuk Awal Spora	Bentuk Spora (Reisolasi)	Kesesuaian
BBJ1	Putih kuning kecoklatan	Putih kuning kecoklatan	Bulan Sabit Dengan Sekat 2-5	Bulan Sabit Dengan Sekat 1-2	Identik
BBJ2	Putih kuning kecoklatan	Putih kuning kecoklatan	Bulan Sabit Dengan Sekat 2-4	Bulan Sabit Dengan Sekat 1-2	Identik
BBJ3	Putih	Putih	Ovoid	Ovoid	Identik
BBJ4	Putih keabuan	Putih keabuan	Lonjong /Poriform	Lonjong /Poriform	Identik



BBJ1 BBJ2 BBJ3 BBJ4

Gambar 5. Karakter morfologi mikroskopis hasil reisolasi

Hasil reisolasi menunjukkan bahwa seluruh isolat jamur patogen (BBJ1, BBJ2, BBJ3, dan BBJ4) memiliki karakteristik morfologi makroskopis maupun mikroskopis yang identik dengan kultur inokulum awal. Kesamaan fenotipik tersebut teramati secara konsisten pada warna dan bentuk koloni, tekstur miselium, serta struktur hifa dan spora sebelum inokulasi maupun setelah direisolasi dari jaringan yang terinfeksi. Pada isolat BBJ1 dan BBJ2 (*Fusarium* sp.) secara konsisten mempertahankan warna koloni putih yang berubah menjadi kuning kecokelatan seiring pematangan kultur, baik pada isolat awal maupun hasil reisolasi. Keberhasilan mempertahankan kemurnian serta identitas fenotipik isolat ini secara utuh memenuhi seluruh tahapan Postulat Koch, sekaligus membuktikan bahwa gejala nekrosis pada batang cendana murni disebabkan oleh aktivitas patogen yang diinokulasikan. Temuan ini sejalan dengan Suada & Suniti, (2014) yang menyatakan bahwa kesesuaian karakter morfologi antara isolat reisolasi dan isolat awal merupakan syarat mutlak pemenuhan Postulat Koch untuk mengonfirmasi agen pemicu penyakit. Hal serupa juga ditegaskan oleh Uge & Inayati (2022),, di mana konsistensi karakter makroskopis dan mikroskopis hasil reisolasi membuktikan bahwa patogen yang diisolasi kembali merupakan spesies yang sama dengan inokulum awal.

4. KESIMPULAN

Hasil isolasi jamur dari jaringan batang bergejala, didapatkan 6 isolat yang teridentifikasi ke dalam empat genus: KJH1 dan KJK1 (*Trichoderma* sp.), BBJ1 dan BBJ2 (*Fusarium* sp.), BBJ3 (*Phytophthora* sp.), serta BBJ4 (*Botryodiplodia* sp.). Isolat fungi BBJ1, BBJ2, BBJ3, dan BBJ4 terbukti bersifat patogenik pemicu gejala nekrosis (batang berubah hitam kecokelatan) pada 30 HSI, sedangkan isolat KJH1 dan KJK1

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

bersifat non patogen. Hasil reisolasi menunjukkan karakteristik morfologi yang identik dengan inokulum awal, sehingga secara penuh memenuhi prinsip Postulat Koch yang mengonfirmasi *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp., dan *Botryodiplodia* sp. sebagai agen pemicu utama penyakit busuk dan kanker batang cendana.

5. REFERENCES

Aisah AR, Soekarno BPW, Achmad A. 2015. Isolasi Dan Identifikasi Cendawan Yang Berasosiasi Dengan Penyakit Mati Pucuk Pada Bibit Jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq) Isolation and Identification of Fungi Associated with Dieback Disease of Jabon Seedling (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, *12*(3), 153–163.

Asrul, Rosmini, Rista A, Yulianto ID. 2021. (Characterization of Fungus Causing Basal Rot Disease on Wakegi Onions (*Allium x wakegi Araki*)). *Agro Bali*, *4*(3), 341–350. https://doi.org/10.37637/ab.v4i3.835

Ariyanti, M., Asbur, Y. 2018. Cendana (*Santalum album* L.) sebagai tanaman penghasil minyak atsiri Sandalwood (*Santalum album* L.) as essential oil producing plant. *Jurnal Kultivasi*, *17*(1), 558–567.

Chiu MC, Chen CL, Chen CW, Lin HJ. 2022. Weather fluctuation can override the effects of integrated nutrient management on fungal disease incidence in the rice fields in Taiwan. *Scientific Reports*, *12*(1), 1–9. https://doi.org/10.1038/s41598-022-08139-7

Day TMW, Beja HD, Jeksen J. 2022. Teknik Perbanyakan Massal Jamur *Trichoderma* Sp. Pada Beberapa Media Tumbuh Sebagai Agens Pengendali Hayati. *Jurnal LOKUS* 1(2): 81–89.

Dwiastuti ME, Aji TG. 2021. Citrus stem rot disease (*Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griff. & Maubl) problem and their control strategy in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *752*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/752/1/012030

Emerensiana Uge AI. 2022. Kacang Tanah dengan Asam Oleat Tinggi : Keunggulan dan Status Pemuliaannya Soybean Germplasms Performance to Soil Salinity Soybean Breeding for Drought Tolerance During The Reproductive Stage Identifika. 20 (1).1693-1882

Firmansyah MA, Taufiqurrozif H, Basrudin D. 2024. Uji Patogenisitas Dan Identifikasi Cendawan Penyebab Busuk Akar Pada Pohon Ketapang Kencana (*Terminalia mantaly)* Fungus Pathogenicity Test and Identification that cause Root Rot on Ketapang Kencana (*Terminalia mantaly*) Plants. *Jurnal Hutan Tropis*, *12*(3), 387–397.

Leslie JF, Summerell BA. 2007. The *Fusarium* Laboratory Manual. *The Fusarium Laboratory Manual*, 1–388. https://doi.org/10.1002/9780470278376

Nurcahyani E, Sumardi I, Hadisutrisno B, Suharyanto E. 2012. Penekanan Perkembangan Penyakit Busuk Batang Vanili (*Fusarium Oxysporum* F.Sp. *Vanillae*) Melalui Seleksi Asam Fusarat Secara in Vitro. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, *12*(1), 12–22. https://doi.org/10.23960/j.hptt.11212-22

Rahayu EN, Efriyeldi E, Batubara UM. 2024. Isolation and Antimicrobial Activity of Endophytic Fungi on Avicennia marina and *Sonneratia alba* Mangroves in Mengkapan Village, Sungai Apit District, Siak Regency. *Jurnal Natur Indonesia*, *22*(1), 12–20. https://doi.org/10.31258/jnat.22.01.12-20

Retnosari E, Henuk J, Sinaga M. (2014). Identifikasi Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang pada Jeruk. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, *10*(3), 93–97. https://doi.org/10.14692/jfi.10.3.93

Sari W, Wiyono S, Nurmansyah A, Munif A, Poerwanto R. 2018. Keanekaragaman dan Patogenisitas Fusarium spp. Asal Beberapa Kultivar Pisang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, *13*(6), 216. https://doi.org/10.14692/jfi.13.6.216

Seran YN, Sudarto S, Hakim L, Arisoesilaningsih E. 2020. Dinamika Populasi Cendana (*Santalum album*

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

L.) Di Hutan Dan Kebun Di Pulau Timor Barat, Nusa Tenggara Timur-Indonesia. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, *7*(1), 87. https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2020.v07.i01.p12

Strategies DM, Feni EI, Funome H, Pedro US, Fontein K, Raja KK, Pangan T, Kering T. 2025. Jamur Patogen Pada Tanaman Pangan Dan Hortikultura Di Wilayah Tropis Kering : Kajian Literatur Tentang Patogenesis Dan Strategi. *4*(2), 1–18.

Suada IK, Suniti NW. 2014. Isolasi dan Identifikasi Patogen Getah Kuning Manggis Melalui Pendekatan Postulat Koch Dan Analisis Secara Molekuler. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. *14*(2), 142–151.

Syarifah SM, Sari OP, Bimantara A. 2024. Pengendalian Hayati Patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici* dengan Isaolat *Trichoderma* sp. Asal Rizosfer Bambu dari Kecamatan Kedu, Kabupaten Temanggung. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, *29*(3), 454–460. https://doi.org/10.18343/jipi.29.3.454

Wartono, Efi T. 2021. Patogen Penyakit Busuk Buah Kakao *:* Karakter Dan *Patoagenisitas Phytophthora palmivora* Isolat Asal Pakuwon, Sukabumi. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*. 8(1):49–58.

Wolagole S, Simamora AV, Hahuly MV. 2023. Pathogenicity of *Botryodiplodia theobromae* on Sandalwood Stems and Its in Vitro Inhibition by *Trichoderma* spp. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, *19*(6), 238–245. https://doi.org/10.14692/jfi.19.6.238-245

Yuliah Y, Haryjanto L. 2017. Status kesehatan tegakan konservasi ex situ cendana (*Santalum album*) umur 11 tahun di KHDTK Watu Sipat, Gunung Kidul. *Seminar Pendidikan Biologi Saintek II*, 215–227.

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)