

Patogenisitas *Botryodiplodia theobromae* pada Batang Cendana dan Penghambatannya secara *in Vitro* oleh *Trichoderma* spp.

Pathogenicity of *Botryodiplodia theobromae* on Sandalwood Stems and Its *in Vitro* Inhibition by *Trichoderma* spp.

Sane Wolagole, Agnes Virginia Simamora*, Mayavira Veronica Hahuly
Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Nusa Cendana, Kupang.
Jalan Adisucipto Penfui, Kupang, 85001

(diterima Agustus 2023, disetujui November 2023)

ABSTRAK

Penelitian dilaksanakan untuk menentukan patogenisitas *Botryodiplodia theobromae* dalam menginfeksi batang cendana dan menguji kemampuan 10 isolat *Trichoderma* spp. dalam menghambat pertumbuhan dua isolat *B. theobromae* secara *in vitro*. Uji patogenisitas dilakukan dengan menginokulasi potongan isolat *B. theobromae* pada batang cendana. Uji antagonis dilakukan menggunakan metode kultur ganda dengan 10 isolat *Trichoderma* spp. dan dua isolat *B. Theobromae* sebagai kombinasi perlakuan. Hasil uji patogenisitas membuktikan bahwa *B. theobromae* menyebabkan gejala penyakit dimulai pada hari ke 30 setelah inokulasi. Hasil uji antagonis menunjukkan bahwa isolat-isolat *Trichoderma* spp. mampu menghambat pertumbuhan dua isolat *B. theobromae* melalui antibiosis dan kompetisi. Penghambatan terbaik terhadap *B. theobromae* Bt01 dicapai oleh *T. viride* TVJKS (53.20%), sedangkan penghambatan terbaik terhadap *B. theobromae* Bt02 dicapai oleh *T. hamatum* THAK (53.26%).

Kata kunci: antibiosis, kompetisi, metode kultur ganda, uji antagonis, uji patogenisitas

ABSTRACT

Research was carried out to determine the pathogenicity of *Botryodiplodia theobromae* in infecting sandalwood stems, and to test the ability of 10 isolates of *Trichoderma* spp. in inhibiting *in vitro* growth of two isolates of *B. theobromae*. The pathogenicity test was carried out by inoculating *B. theobromae* isolates on sandalwood stems. The antagonist test was conducted using the dual culture method with 10 isolates of *Trichoderma* spp. and two isolates of *B. theobromae* as combination treatment. The pathogenicity test proved that *B. theobromae* caused disease symptoms starting on the day 30th after inoculation. Antagonist test showed that isolates of *Trichoderma* spp. were able to inhibit the growth of two isolates of *B. theobromae* through antibiosis and competition activities. The best inhibition against *B. theobromae* Bt01 was achieved by *T. viride* TVJKS (53.20%), while the best inhibition against *B. theobromae* Bt02 was achieved by *T. hamatum* THAK (53.26%).

Keywords: antagonist test, antibiosis, competition, dual culture method, pathogenicity test

*Alamat penulis korespondensi: Fakultas Pertanian Universitas Nusa Cendana. Jalan Adisucipto Penfui, Kupang, NTT, Indonesia. 85001
Tel: (0380) 881580. Surel: asimamora@staf.undana.ac.id

PENDAHULUAN

Tanaman cendana (*Santalum album*) merupakan tumbuhan asli Indonesia yang berkembang endemik di wilayah Nusa Tenggara Timur (NTT) dan banyak ditemukan di sebagian Pulau Timor, Sumba, Alor, Solor, Pantar, Flores, dan Rote. Tanaman cendana dapat menghasilkan minyak atsiri serta hasil produksi kayu teras yang khas. Hal tersebut membuat tanaman cendana mempunyai nilai ekonomi yang sangat tinggi (Ariyanti dan Asbur 2018). Dilaporkan oleh Sakan *et al.* (2022) bahwa jumlah tanaman cendana di Provinsi NTT mengalami penurunan yang sangat nyata dalam kurun waktu 1987–1997. Salah satu penyebab menurunnya hasil produksi kayu cendana ialah keberadaan organisme pengganggu tumbuhan. Pada survei yang telah dilakukan, ditemukan penyakit busuk batang pada tanaman cendana yang diakibatkan oleh infeksi cendawan patogen *Botryodiplodia theobromae*. Penyakit busuk batang cendana umumnya menunjukkan gejala kanker pada batang dan keluarnya cairan bening kekuningan yang lengket pada cabang yang luka atau rusak. Gejala penyakit pada cendana ini sama seperti gejala penyakit busuk batang pada jeruk yang disebabkan oleh *B. theobromae* (Dwiastuti dan Aji 2021).

Cendawan *B. theobromae* atau dikenal sebagai *Lasiodiplodia theobromae*, bersifat kosmopolitan, memiliki kisaran inang yang luas dan merupakan patogen penting yang merusak berbagai jenis tanaman perkebunan, hortikultura, dan pangan di daerah tropis dan subtropic (Vitoria *et al.* 2012). Cendawan patogen tersebut cenderung memanfaatkan peluang yang ada dengan menginfeksi tanaman melalui luka atau jaringan yang sudah mati, terutama pada bagian tanaman yang bersifat berdaging atau berkayu, seperti busuk buah, hawar daun, busuk ujung batang, gumosis, kanker batang, dan mati ujung (Rossman *et al.* 2017; Karunanayake dan Adikaram 2020).

Pemanfaatan agens biokontrol seperti *Trichoderma* spp. telah dilaporkan sebagai antagonis untuk *B. theobromae* pada tanaman pala (Susanna *et al.* 2018),

makadamia (Li *et al.* 2022), dan pomelo (Khuong *et al.* 2023), tetapi belum pernah diuji pada tanaman cendana. *Trichoderma* spp. memiliki pertumbuhan yang relatif cepat dan kemampuan untuk dibiakkan dengan mudah baik di lingkungan budi daya maupun lingkungan alami. Di samping itu, beberapa spesies *Trichoderma* dapat bertahan hidup dalam kondisi yang tidak mendukung dengan membentuk klamidospora, dan juga cukup tahan terhadap fungisida dan herbisida (Kumar *et al.* 2023). Penelitian ini bertujuan mengetahui patogenisitas *B. theobromae* dalam menginfeksi batang cendana, dan menguji kemampuan 10 isolat *Trichoderma* spp. dalam menghambat pertumbuhan dua isolat *B. theobromae* secara *in vitro*.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan Sampel dan Isolasi Patogen

Pengambilan sampel batang tanaman cendana dengan gejala penyakit busuk batang dilakukan di halaman Fakultas Pertanian Universitas Nusa Cendana Kupang. Bagian batang tanaman diambil dan dimasukkan ke dalam kantong plastik, kemudian dibawa ke laboratorium untuk tahap isolasi dan identifikasi patogen. Di laboratorium bagian batang tanaman dibersihkan menggunakan air mengalir, kemudian jaringan tanaman yang sakit dipotong sebesar 5–10 mm menggunakan skalpel steril. Potongan sampel selanjutnya direndam berturut-turut dalam akuades steril dan alkohol 70% masing-masing selama 1 menit, kemudian ditiriskan pada tisu steril. Jaringan tanaman yang telah steril ditumbuhkan dalam cawan petri yang berisi medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK). Pengamatan pertumbuhan, bentuk, dan warna koloni dilakukan setiap hari selama empat hari. Koloni cendawan yang tumbuh kemudian dimurnikan dan diinkubasi pada suhu ruang untuk pengujian berikutnya.

Identifikasi Cendawan Patogen

Identifikasi dilakukan dengan mengamati ciri makroskopis dan mikroskopis cendawan berdasarkan Barnett dan Hunter (1998).

Ciri makroskopis yang diamati ialah bentuk koloni, tipe koloni, pola koloni, pertumbuhan koloni, dan warna koloni. Pengamatan ciri mikroskopis menggunakan mikroskop mencakup hifa, spora, sporangium, konidium, dan konidiofor serta ciri khusus yang akan menentukan jenis cendawan tersebut.

Uji Patogenesis *B. theobromae*

Uji patogenesis dilakukan dengan menginokulasikan patogen pada batang tanaman cendana sehat. Batang tanaman cendana sehat berukuran 13 cm disterilkan permukaannya menggunakan alkohol, lalu disayat sepanjang 3 cm menggunakan pisau steril. Potongan inokulum isolat cendawan *B. theobromae* diletakkan pada bagian yang disayat, kemudian diikat menggunakan *cling wrap*, dan diinkubasi pada kotak steril yang sudah dialasi dengan tisu basah agar terjaga kelembapannya. Gejala yang muncul diamati dan dicocokkan dengan gejala yang ditemukan pada tanaman asal sampel. Pengamatan dilakukan setiap dua minggu sekali selama ± 2 bulan.

Uji Daya Hambat Cendawan Antagonis

Cendawan antagonis yang digunakan merupakan koleksi dari Laboratorium Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Nusa Cendana. Sebanyak 10 isolat *Trichoderma* spp. (Tabel 1) digunakan pada uji daya hambat cendawan antagonis terhadap dua isolat *B. theobromae*, yaitu isolat Bt01 yang diisolasi dari tanaman cendana di

lingkungan Universitas Nusa Cendana, dan isolat *B. theobromae* Bt02 yang diisolasi dari tanaman cendana di Kabupaten Timor Tengah Selatan, yang merupakan koleksi dari Laboratorium Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Nusa Cendana. Uji daya hambat dilakukan dengan metode uji ganda (*dual culture*), yaitu masing-masing isolat *Trichoderma* spp. berukuran 5 mm ditumbuhkan sejajar dengan isolat patogen *B. theobromae* berukuran sama dengan jarak keduanya ialah 3 cm. Kontrol perlakuan ialah pertumbuhan cendawan patogen tanpa cendawan antagonis. Pengamatan terhadap daya hambat dilakukan setiap hari hingga perlakuan kontrol memenuhi cawan petri. Daya hambat masing-masing isolat cendawan antagonis dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100\%, \text{ dengan}$$

P, daya hambat (%); R1, jari-jari koloni patogen yang menuju ke tepi cawan; dan R2, jari-jari patogen yang menuju ke koloni *Trichoderma* spp.

HASIL

Patogenesis *B. theobromae*

Gejala infeksi dua isolat *B. theobromae* pada batang tanaman cendana mulai muncul pada 30 hari setelah inokulasi (HSI). Batang cendana ditumbuhi spora patogen berwarna putih dan lama-kelamaan berubah menjadi abu-abu kehitaman. Pada 60 HSI, batang tanaman cendana berubah warna menjadi

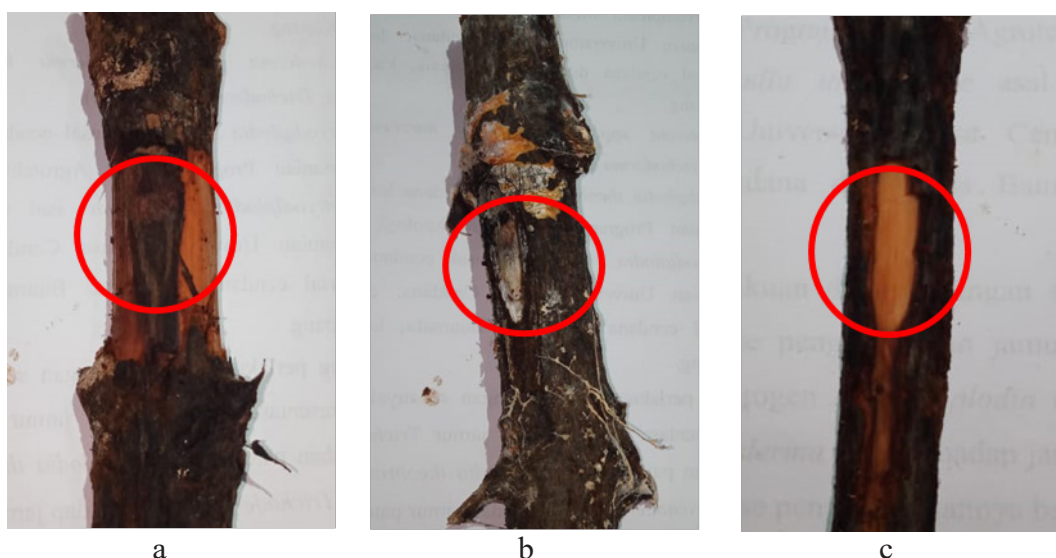
Tabel 1 Isolat *Trichoderma* spp. yang digunakan pada uji daya hambat

Isolat <i>Trichoderma</i>	Tanaman inang	Lokasi asal
<i>T. asperellum</i> asal akar cendana (TAAC)	Cendana	Kabupaten Timor Tengah Selatan
<i>T. asperellum</i> asal jeruk keprok soe (TAJKS)	Jeruk keprok soe	Kabupaten Timor Tengah Selatan
<i>T. asperellum</i> asal kentang (TAK)	Kentang	Kabupaten Timor Tengah Selatan
<i>T. hamatum</i> asal jeruk keprok soe (THAJKS)	Jeruk keprok soe	Kabupaten Timor Tengah Selatan
<i>T. hamatum</i> asal kentang (THAK)	Kentang	Kabupaten Timor Tengah Selatan
<i>T. harzianum</i> asal akar cendana (THRAC)	Cendana	Kabupaten Timor Tengah Selatan
<i>T. harzianum</i> asal kentang (THRK)	Kentang	Kabupaten Timor Tengah Selatan
<i>T. harzianum</i> asal jeruk keprok soe (THRJKS)	Jeruk keprok soe	Kabupaten Timor Tengah Selatan
<i>T. viride</i> asal akar cendana (TVAC)	Cendana	Kabupaten Timor Tengah Selatan
<i>T. viride</i> asal jeruk keprok soe (TVJKS)	Jeruk keprok soe	Kabupaten Timor Tengah Selatan

cokelat kehitaman, namun pada kontrol tidak menunjukkan gejala sakit (Gambar 1). Gejala yang ditimbulkan oleh kedua isolat *B. theobromae* cenderung sama, namun pada isolat Bt02 gejala yang tampak berupa adanya garis-garis sempit dan terus berkembang sehingga batang yang disayat terjadi luka yang tidak teratur, luas tapi dangkal, dan berwarna kehitaman. Gejala penyakit pada batang cendana ini mirip dengan gejala penyakit pada batang cendana tempat pertama kali isolat *B. theobromae* diisolasi.

Daya Hambat *Trichoderma* spp. terhadap *B. theobromae* secara *In Vitro*

Isolat *T. viride* TVJKS memiliki kemampuan penghambatan tertinggi terhadap *B. theobromae* Bt01 yaitu sebesar 53.2% diikuti oleh *T. asperellum* TAJKS (42.64%) (Tabel 2). Hasil pengamatan secara makroskopis terlihat bahwa isolat *T. viride* TVJKS mampu menghambat pertumbuhan *B. theobromae* Bt01 dengan mekanisme antibiosis (Gambar 2; Tabel 3). *T. hamatum* THAK mempunyai kemampuan penghambatan tertinggi terhadap *B. theobromae* Bt02



Gambar 1 Gejala dan tanda penyakit pada batang tanaman cendana pada uji patogenesis 60 hari setelah inokulasi. a, Isolat Bt01 menyebabkan gejala cokelat kehitaman pada bidang sayatan; b, Isolat Bt02 menyebabkan munculnya miselium berwarna putih yang kemudian berubah menjadi cokelat kehitaman dan muncul celah-celah luka di sekitar bidang sayatan; dan c, Kontrol batang nampak sehat tanpa gejala penyakit.

Tabel 2 Daya hambat *Trichoderma* spp. terhadap *Botryodiplodia theobromae*

Cendawan antagonis	Daya hambat (%)	
	Bt01	Bt02
<i>T. asperellum</i> asal akar cendana (TAAC)	23.13 a	17.23 a
<i>T. asperellum</i> asal jeruk keprok soe (TAJKS)	42.64 b	33.99 a
<i>T. asperellum</i> asal kentang (TAK)	33.73 ab	51.80 b
<i>T. hamatum</i> asal jeruk keprok soe (THAJKS)	21.07 a	17.22 a
<i>T. hamatum</i> asal kentang (THAK)	29.87 ab	53.26 b
<i>T. harzianum</i> asal akar cendana (THRAC)	20.24 a	17.02 a
<i>T. harzianum</i> asal kentang (THRK)	23.58 a	17.86 a
<i>T. harzianum</i> asal jeruk keprok soe (THRJKS)	27.09 a	32.79 a
<i>T. viride</i> asal akar cendana (TVAC)	27.46 a	20.98 a
<i>T. viride</i> asal jeruk keprok soe (TVJKS)	53.20 b	27.75 a

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada uji BNJ 5%.

yaitu sebesar 53.26%, tetapi tidak berbeda nyata dengan *T. asperellum* TAK (51.80%). Cendawan *T. hamatum* THAK mampu menghambat pertumbuhan *B. theobromae* Bt02 dengan mekanisme kompetisi (Gambar 2; Tabel 3). *T. harzianum* THRAC memiliki kemampuan penghambatan terendah baik terhadap *B. theobromae* Bt01 maupun isolat Bt02. Secara umum, mekanisme penghambatan yang terjadi ialah kompetisi (Tabel 3).

PEMBAHASAN

Famili Botryosphaeriaceae merupakan kelompok cendawan yang tumbuh di daerah tropis dan sub tropis dan dikenal memiliki

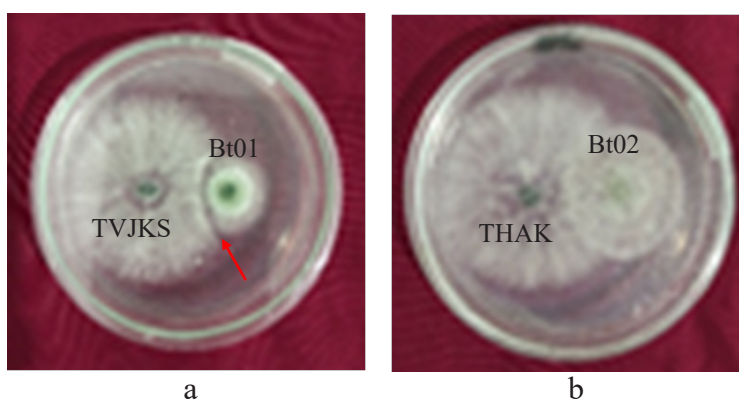
peran ekologi yang berbeda. Cendawan ini dapat bertindak sebagai saprobik, endofitik, atau patogen laten (Batista *et al.* 2021). Anggota Botryosphaeriaceae juga dikenal sebagai patogen pada berbagai tumbuhan berkayu, termasuk spesies pohon hutan seperti *Eucalyptus globulus*, *Pinus pinaster*, dan *Quercus suber* (Batista *et al.* 2020). Salah satu anggota Botryosphaeriaceae yang diakui sebagai patogen yang agresif ialah *B. theobromae*, yang sudah dilaporkan dapat menginfeksi tanaman bernilai ekonomi tinggi di Indonesia seperti jeruk, kakao, karet, manggis, dan pisang (Sandra *et al.* 2021).

Pada penelitian ini, dua isolat *B. theobromae* yang digunakan pada uji patogenisitas mampu

Tabel 3 Mekanisme penghambatan *Trichoderma* spp. terhadap *Botryodiplodia theobromae*

Cendawan antagonis	Mekanisme penghambatan isolat <i>B. theobromae</i>			
	Bt01		Bt02	
	A	K	A	K
<i>T. asperellum</i> asal akar cendana (TAAC)		√		√
<i>T. asperellum</i> asal jeruk keprok soe (TAJKS)		√		√
<i>T. asperellum</i> asal kentang (TAK)		√		√
<i>T. hamatum</i> asal jeruk keprok soe (THAJKS)		√		√
<i>T. hamatum</i> asal kentang (THAK)		√		√
<i>T. harzianum</i> asal akar cendana (THRAC)		√	√	
<i>T. harzianum</i> asal kentang (THRK)	√			√
<i>T. harzianum</i> asal jeruk keprok soe (THRJKS)	√		√	
<i>T. viride</i> asal akar cendana (TVAC)		√		√
<i>T. viride</i> asal jeruk keprok soe (TVJKS)	√		√	

Keterangan: A, antibiosis; K, kompetisi



Gambar 2 Mekanisme penghambatan *Trichoderma* terhadap *B. theobromae*. a, Aktivitas penghambatan antibiosis, tanda panah menunjukkan terdapat pemisahan/zona bening atau ruang kosong pada daerah kontak antara miselium isolat *T. viride* TVJKS dan Bt01; b, Aktivitas penghambatan kompetisi, *T. asperellum* THAK tumbuh cepat berkompetisi memperebutkan ruang dan makanan dengan Bt02 sehingga pertumbuhan Bt02 terhambat.

menimbulkan gejala penyakit pada batang cendana. Postulat Koch telah dilakukan dalam penelitian ini, yaitu *B. theobromae* berhasil diisolasi kembali dari batang yang terinfeksi dan tidak ditemukan pada batang cendana kontrol. Gejala hasil uji patogenisitas yang muncul pada batang cendana ini juga mirip dengan gejala pada tanaman jeruk (Salamiah *et al.* 2008) dan tanaman pala (Biju *et al.* 2021), yaitu adanya luka nekrotik yang tidak teratur dan batang yang terserang berwarna hitam.

Nilai daya hambat *Trichoderma* spp. terhadap *B. theobromae* berada dalam kategori daya hambat minimal, dikarenakan nilainya kurang dari 60%. Diuraikan oleh Ratnasari *et al.* (2014) bahwa jika persentase penghambatan cendawan antagonis mencapai lebih dari 60% dari permukaan cawan petri, maka dinyatakan bahwa cendawan antagonis mampu menyerang dan menghambat pertumbuhan dari cendawan patogen secara maksimal. Sebaliknya, jika cendawan antagonis memiliki efek hambatan kurang dari 60% dari permukaan cawan petri, maka dinyatakan bahwa cendawan antagonis memiliki kemampuan menyerang pertumbuhan cendawan patogen secara minimal.

Kemampuan penghambatan isolat *Trichoderma* spp. terhadap *B. theobromae* yang berbeda-beda diduga disebabkan oleh perbedaan mekanisme antagonis yang dimiliki oleh *Trichoderma*. Mekanisme aktivitas *Trichoderma* sebagai agensi biokontrol terhadap cendawan patogen tumbuhan secara umum dibagi menjadi tiga macam, yaitu kompetisi tempat tumbuh dan nutrisi, antibiosis, dan parasitisme (Kumar *et al.* 2023). Berdasarkan pengamatan makroskopis, terlihat bahwa mekanisme penghambatan *Trichoderma* spp. terhadap *B. theobromae* dalam penelitian ini ialah antibiosis dan kompetisi (Tabel 3).

Antibiosis adalah mekanisme antagonisme yang melibatkan hasil metabolit penyebab lisis, enzim, senyawa volatil dan non-volatil atau toksin yang dihasilkan oleh suatu mikroorganisme. Metabolit sekunder yang dihasilkan *Trichoderma* spp. juga berperan penting dalam aktivitas antifungalnya

(Guzmán-Guzmán *et al.* 2023). Mekanisme antibiosis nampak pada hifa *T. viride* TVJKS yang tumbuh tidak menyatu dengan hifa *B. theobromae* Bt01 dan terlihat zona bening di antara kedua cendawan tersebut. Terbentuknya zona bening ini diduga karena adanya senyawa aktif yang dihasilkan oleh *T. viride* TVJKS. Dilaporkan sebelumnya bahwa *T. viride* menghasilkan beberapa metabolit sekunder, diantaranya adalah *alkyl pyrenes* yang bersifat antifungal; isonitriles yang merupakan salah satu antibiotik yang berfungsi sebagai antibakteri dan antifungal, peptaibols (peptida yang mengandung asam α -aminoisobutyric) yang bersifat antimikroba, dan merangsang resistensi sistemik pada tanaman terhadap invasi patogen; dan viridin yang mempunyai kemampuan menghambat spora beberapa jenis cendawan patogen (Mukhopadhyay dan Kumar 2020; Tyskiewicz *et al.* 2022; Guzmán-Guzmán *et al.* 2023; Kumar *et al.* 2023).

Mekanisme kompetisi terjadi karena dua jenis cendawan tumbuh berdekatan dan bersaing satu sama lain. Persaingan ini muncul karena keduanya memiliki kebutuhan yang sama, seperti kebutuhan akan ruang tumbuh dan nutrisi (Ali dan Samosir 2021). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa mekanisme kompetisi ditunjukkan oleh *T. hamatum* THAK terhadap Bt02. Pada awal pertumbuhan, koloni kedua cendawan menyebar secara teratur, tetapi pada hari keempat, terlihat bahwa *T. hamatum* THAK mulai tumbuh lebih cepat berkompetisi dalam mendapatkan ruang dan makanan dengan *B. theobromae* Bt02. Persaingan antara ruang pertumbuhan dan kebutuhan nutrisi antara cendawan antagonis dan patogen akan mengakibatkan penekanan pada pertumbuhan miselium cendawan patogen. Akibatnya, pertumbuhan miseliumnya cenderung berorientasi ke arah vertikal daripada horisontal (Ali dan Samosir 2021)

Kemampuan penghambatan *Trichoderma* spp. terhadap *B. theobromae* sudah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Susanna *et al.* (2018) juga menyimpulkan bahwa *T. harzianum* dan *T. asperellum* mampu menghambat pertumbuhan *B. theobromae* yang menyebabkan penyakit

mati meranggas pada tanaman pala secara *in vitro*. Hasil penelitian Li *et al.* (2022) juga menyatakan bahwa *T. hamatum* mampu menghambat pertumbuhan *B. theobromae* yang menyebabkan penyakit busuk pada kulit buah, kanker batang, dan nekrosis tunas pada tanaman makadamia secara *in vitro* dan *in vivo*. *Trichoderma asperellum* juga terbukti menghambat pertumbuhan *B. theobromae*, patogen busuk ujung batang pada jeruk pomelo (*Citrus maxima*) secara *in vitro* (Khuong *et al.* 2023).

Penelitian ini berhasil mengisolasi *B. theobromae* dari batang cendana yang bergejala busuk batang. Dua isolat *B. theobromae* tersebut terbukti bersifat patogenik dan menyebabkan gejala luka nekrotik berwarna cokelat kehitaman. *Trichoderma* spp. yang diuji sebagai agens antagonis menunjukkan aktivitas antibiosis dan kompetisi. Berdasarkan hasil uji antagonis disimpulkan bahwa penghambatan terbaik terhadap *B. theobromae* Bt01 dicapai oleh *T. viride* TVJKS (53.20%), sedangkan penghambatan terbaik terhadap *B. theobromae* Bt02 dicapai oleh *T. hamatum* THAK (53.26%).

DAFTAR PUSTAKA

- Ali M, Samosir IY. 2021. Uji antagonisme jamur endofit tanaman aren (*Arenga pinnata* Merr.) terhadap *Ganoderma boninense* Pat. penyebab penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit. *Jurnal Agrikultura* 32(3):304–311. DOI: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v32i3.36611>.
- Ariyanti M, Asbur Y. 2018. Cendana (*Santalum album* L.) sebagai tanaman penghasil minyak atsiri. *Jurnal Kultivasi*. 17(1):558–567. DOI: <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v17i1.15804>.
- Barnett HL, Hunter BB. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. APS Press.
- Batista E, Lopes A, Alves A. 2020. Botryosphaeriaceae species on forest trees in Portugal: diversity, distribution and pathogenicity. *European Journal of Plant Pathology*. 158:693–720. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02112-8>.
- Batista E, Lopes A, Alves A. 2021. What we know about Botryosphaeriaceae? An overview of a worldwide cured dataset. *Forest*. 12(3):313. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12030313>.
- Biju CN, Jeevalatha A, Peeran MF, Bhai RS, Basima F, Nissar VAM, Srinivasan V, Thomas L. 2021. Association of *Lasiodiplodia theobromae* with die-back and decline of nutmeg as revealed through phenotypic, pathogenicity and phylogenetic analyses. *3 Biotech*. 11:422. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02961-y>.
- Dwiasuti WE, 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):012030. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/752/1/012030>.
- Guzmán-Guzmán P, Kumar A, de los Santos-Villalobos S, Parra-Cota, FI, Orozco-Mosqueda MdC, Fadiji AE, Hyder S, Babalola OO, Santoyo G. 2023. *Trichoderma* species: our best fungal allies in the biocontrol of plant diseases—a review. *Plants*. 12(3):432. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12030432>.
- Karunanayake KOLC, Adikaram NKB. 2020. Stem-end rot in major tropical and subtropical fruit species. *Ceylon Journal of Science*. 49(5):327–336. DOI: <https://doi.org/10.4038/cjs.v49i5.7800>.
- Khuong NQ, Nhien DB, Thu LTM, Trong ND, Hiep PC, Thuan VM, Quang LT, Thuc LV, Xuan DT. 2023. Using *Trichoderma asperellum* to antagonize *Lasiodiplodia theobromae* causing stem-end rot disease on Pomelo (*Citrus maxima*). *Journal of Fungi*. 9(10):981. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof9100981>.
- Kumar V, Koul B, Taak P, Yadav D, Song M. 2023. Journey of *Trichoderma* from pilot scale to mass production: A review. *Agriculture*. 13(10):2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13102022>.
- Li X, Leng J, Yu L, Bai H, Li X, Wisniewski M, Liu J, Sui Y. 2022. Efficacy of the

- biocontrol agent *Trichoderma hamatum* against *Lasiodiplodia theobromae* on macadamia. *Frontiers in Microbiology*. 13:994422. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.994422>.
- Mukhopadhyay R, Kumar D. 2020. *Trichoderma*: a beneficial antifungal agent and insights into its mechanism of biocontrol potential. *Egyptian Journal of Pest Control*. 30(1):1–8. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00333-x>.
- Ratnasari JD, Isnawati, Ratnasari E. 2014. Uji antagonis jamur agens hayati terhadap jamur *Cercospora musae* penyebab penyakit Sigatoka secara *in vitro*. *LenteraBio*. 3(2):129–135.
- Rossmann AY, Allen WC, Castlebury LA. 2017. Proposals to conserve *Botryodiplodia theobromae* (*Lasiodiplodia theobromae*) against *Sphaeria glandicola*, *Diplodia gossypina*, and *Physalosporarhodina* (*Botryosphaeria rhodina*); *Phyllosticta yuccae* against *Leptodothiorella notabilis*; and *Ramularia brunnea* against *Sphaerella tussilaginis* (*Mycosphaerella tussilaginis*) (Ascomycota: Dothideomycetes). *Taxon*. 66(3):747–748. DOI: <https://doi.org/10.12705/663.17>.
- Sakan R, Seran W, Mau AE. 2022. Identifikasi hama pada kayu cendana (*Santalum album* Linn.) di hutan pendidikan dan pelatihan sisimani sanam Kabupaten Kupang. *Jurnal Wana Lestari*. 6(1):65–30.
- Salamiah, Badruzsaufari, Arsyad M. 2008. Jenis tanaman inang dan masa inkubasi patogen *Botryodiplodia theobromae* pat. penyebab penyakit kulit diplodia pada jeruk. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 8(2):123–131. DOI: <https://doi.org/10.23960/j.hptt.28123-131>.
- Sandra FK, Nurhasanah YS, Mutaqin KH, Wiyono S, Tondok ET. 2021. Keragaman morfologi dan molekuler *Lasiodiplodia theobromae* dari tanaman jeruk, kakao, karet, manggis, dan pisang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 17(2):58–66. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.17.2.58-66>.
- Susanna, Sinaga MS, Wiyono S, Triwidodo H. 2018. Pemanfaatan cendawan antagonis in situ sebagai agens biokontrol *Lasiodiplodia theobromae* penyebab dieback pada di Aceh Selatan. *Jurnal Pertanian Tropik*. 5(3):447–454. DOI: <https://doi.org/10.32734/jpt.v5i3.3119>.
- Tyskiewicz R, Nowak A, Ozimek E, Jaroszuk-Sciseł J. 2022. *Trichoderma*: the current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. *Internal Journal of Molecular Science*. 23(4):2329. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms23042329>.
- Vitoria NS, Cavalcanti M, Bezerra JL. 2012. *Lasiodiplodia theobromae*: a new host and a revision of plant hosts reported in Brazil. *Agrotropica*. 24(1):63–66. DOI: <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2012v24n1p63-66>.