

Identifikasi Fungi Patogen Penyebab Penyakit Pada Tegakan Pohon *Agathis labillardieri* di Kampung Rimbajaya Kabupaten Biak Numfor, Papua

MARTHA D. SIREGAR¹, ROSYE H.R. TANJUNG^{1,2*}

¹Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Cenderawasih, Jayapura, Papua

²Pusat Studi Lingkungan, Universitas Cenderawasih, Jayapura, Papua

Diterima: 7 Mei 2023 - Disetujui: 28 September 2023

© 2023 Jurusan Biologi FMIPA Universitas Cenderawasih

ABSTRACT

This research aimed to determine the presence of disease, characteristics of pathogenic fungi and to identify pathogenic fungi that attack *Agathis labillardieri* tree stands. This research was conducted on the *A. labillardieri* plantations in Rimbajaya Village, East Biak District, Biak Numfor Regency and the Microbiology Laboratory, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Cenderawasih University from November 2019 to January 2020. The research method began with a field survey, determining samples using purposive sampling, sampling, isolation of pathogenic fungi, purification of isolates, Koch's Postulates, and identification of pathogenic fungi. Based on the research results, it was known that stands of *A. labillardieri* trees were attacked by leaf rust, stem cancer and conk (fruit body) with isolates from the genus *Curvularia* and D1N on the leaves, the genus *Rhizoctonia* on stem cancer and B5M isolates from the conk (fruit body).

Key words: *A. labillardieri*; fungi; plant disease; pathogen

PENDAHULUAN

Tumbuhan *Agathis* merupakan genus dari keluarga Araucariaceae. Pohon dari genus ini memiliki ciri-ciri batang yang besar dengan cabang yang sedikit, sedangkan pada pohon yang masih muda, kanopi pohon umumnya tidak beraturan (Siburian *et al.*, 2020). Di Indonesia, setidaknya terdapat 3 jenis *Agathis*, yakni: *A. borneensis* di Pulau Kalimantan, *A. alba* di Pulau Jawa, dan *A. labillardieri* yang hidup di Pulau Papua. Genus *Agathis* tergolong ke dalam keluarga Araucariaceae dan merupakan salah satu jenis konifer yang tumbuh secara alami. Penyebaran genus *Agathis* dapat ditemukan di

Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Papua. *Agathis* spp. dilaporkan dapat tumbuh di dataran rendah maupun di dataran tinggi (0-2000 m dpl) (Rayaar, 1981).

Tumbuhan *Agathis* spp. memiliki tinggi pohon mencapai 55 m., panjang batang bebas cabang 12-25 m, diameter 150 cm atau lebih, bentuk batang silindris dan lurus. Tajuk berbentuk kerucut dan berwarna hijau dengan percabangan mendatar melingkari batang. Kulit luar berwarna kelabu sampai cokelat tua, mengelupas kecil-kecil berbentuk bundar atau bulat telur. Pohon tidak berbanir dan mengeluarkan damar yang lazim disebut kopal. *Agathis* spp. dapat dimanfaatkan sebagai peti pengepak, kayu perkakas, polywood, mebel, korek api, konstruksi ringan, alat ukur dan gambar. *Agathis* spp. termasuk ke dalam kayu dengan kekuatan kelas III (Martawijaya *et al.*, 2005).

* Alamat korespondensi:

Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Cenderawasih,
Jayapura. Jl. Kamp Wolker Uncen Waena, Jayapura,
Papua. 98333. E-mail: hefmitanjung@gmail.com

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa terdapat penyakit yang menyerang tegakan *Agathis* spp. di dunia. Gadgil (1974) melaporkan secara singkat tentang penyakit *dieback* yang disebabkan oleh fungi *Phytophthora heveae* yang menyerang *Agathis* sp. di Great Barrier Island. Selain itu, Rayaar (1981) menyebutkan beberapa patogen yang menyerang *Agathis* spp. seperti fungi *Glaeosporium* spp. yang menyerang dipersemaian dan berbahaya karena dapat memusnahkan seluruh tanaman. Juga fungi *Aecidium balanceae* yang dapat menyerang pohon dewasa. Fungi ini menimbulkan gelembung pada daun, pucuk dan batang muda sehingga dapat menimbulkan kematian tanaman. Jenis fungi lain yang dapat menyerang pohon dewasa adalah fungi upas atau *Corticium salmonicolor* dan fungi akar *Armillaria mellea*. Pada pohon muda fungi upas menyebabkan kematian dan pada pohon tua menyebabkan kering pucuk. Serangan dari penyakit tanaman yang disebabkan patogen tersebut dapat mempengaruhi populasi dan kualitas dari tanaman. Selain itu, *Agathis* merupakan salah satu potensi hasil hutan kayu dan hasil hutan bukan kayu (kopal) yang bernilai tinggi di Indonesia. Banyak hutan *Agathis* yang diberdayakan dan dikelola melalui wadah Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) untuk memelihara dan meningkatkan nilai perekonomian masyarakat di sekitar hutan tersebut.

Papua memiliki hutan *Agathis* yang tumbuh di pulau Biak dan dikelola oleh Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPHL) Biak Numfor. KPHL Biak Numfor merupakan KPHL Model dengan potensi kayu (24.520.024,32 m³), potensi non-kayu berupa rotan, gaharu, kulit masohi, bambu, kayu putih, dan tanaman *Agathis*. KPHL Biak Numfor juga memasukkan rencana bisnis tanaman *Agathis* seluas 4936 ha di dalam perencanaan jangka panjang (Kuswandi, 2023). Menurut penuturan bapak Aristoteles (2019), bahwa saat ini terdapat ± 14 ha tegakan *Agathis labillardieri* yang tumbuh di Kampung Rimbajaya Distrik Biak Timur (Aristoteles, 2019).

Data mengenai keadaan kesehatan tegakan *Agathis labillardieri*. di Kampung Rimbajaya, Distrik Biak Timur KPHL Biak Numfor masih belum tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyakit dan fungi patogen yang menyerang tegakan tersebut di Kampung Rimbajaya Distrik Biak Timur. Penelitian ini merupakan upaya untuk mendapatkan data awal dalam usaha pencegahan dan penanggulangan penyakit tanaman. Diharapkan kualitas dan kuantitas hasil kayu dan non-kayu hutan *A. labillardieri* dapat semakin meningkat sehingga tercipta hutan yang terjaga dan masyarakat yang sejahtera.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2019 sampai Januari 2020. Sampel dikoleksi dari hutan tanaman *Agathis* sp. di Kampung Rimbajaya Distrik Baik Timur Kabupaten Biak Numfor, Papua yang terletak pada 136°13'26,8" BT dan 1°8'28,79" LS). Daerah pengambilan sampel dilakukan secara selektif dengan teknik *Purposive sampling*. Sampel diambil berdasarkan hasil survey yang dilakukan sebelumnya. Sampel diambil pada daerah yang ditemukan adanya gejala serangan penyakit. Isolasi dan identifikasi fungi patogen dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Cenderawasih.

Alat yang digunakan adalah parang, tropol, gunting tanaman, cawan petri, tabung reaksi, pipet tetes, pipet ukur, erlenmeyer, gelas beacker, gelas objek, pinset, batang pengaduk, corong, *laminar air flow* (LAF), timbangan analitik, pembakar bunsen, *mortar*, autoklaf, inkubator, vortex, mikroskop binokuler, kamera, GPS, *cool box*, buku identifikasi fungi (Barnett & Hunter, 1972; Alexopolus & Mims, 1979).

Bahan-bahan yang digunakan berupa aquades steril, alkohol 70%, larutan Natrium hipoklorit, medium *potato dextrosa agar* (PDA),

pisau steril, kapas steril, chloramfenicol 10 gram, *aluminium foil*, kertas saring, jarum steril, *sput* steril, selotip, koran, plastik sampel, *tally sheet*, label, alat tulis, bibit tanaman *A. labillardieri* usia 2 tahun.

Isolasi Fungi Patogen

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-kualitatif dengan teknik survey lapangan, pengamatan laboratorium, studi pustaka, dan dokumentasi. Adapun tahapan penelitian diawali dengan melakukan survey lapangan, pembuatan plot, pengambilan sampel, isolasi fungi patogen penyakit, identifikasi fungi patogen, uji Postulant Koch dan analisis data.

Metode isolasi fungi patogen dilakukan dengan memodifikasi metode Irawan *et al.* (2015), Mohd *et al.* (2013) dan Rita *et al.* (2013). Bagian organ *Agathis* yang menunjukkan gejala terserang penyakit diambil sebagai sampel dan diamati di laboratorium. Bagian-bagian tersebut kemudian disterilkan dengan cairan desinfektan (natrium hipoklorit 1%) selama 3 menit dan dibilas dengan aquades steril selama 1 menit sebanyak 3 kali ulangan. Jaringan yang sakit dipotong menjadi bagian-bagian kecil berukuran 1,5 × 1,5 cm. Semua sampel tersebut ditumbuhkan pada medium PDA dan diinkubasi pada suhu ruangan selama 3-6 hari.

Pemurnian isolat fungi patogen

Isolat fungi yang diperoleh dari isolasi dengan ciri yang berbeda berdasarkan morfologi seperti warna, bentuk koloni dan permukaan koloni, selanjutnya dimurnikan dengan memindahkan isolat fungi ke dalam medium Potato Dextrose Agar (PDA) yang baru dengan mencuplik bagian miselium fungi dengan ukuran 1cm x 1cm dan diinkubasi pada suhu kamar dalam keadaan gelap selama 7 x 24 jam. Hal ini dilakukan sampai tiga kali pemurnian untuk mendapatkan hasil isolat yang murni.

Identifikasi Fungi Patogen

Identifikasi fungi patogen dilakukan secara morfologi dengan 2 tahap, yaitu tahap peng-

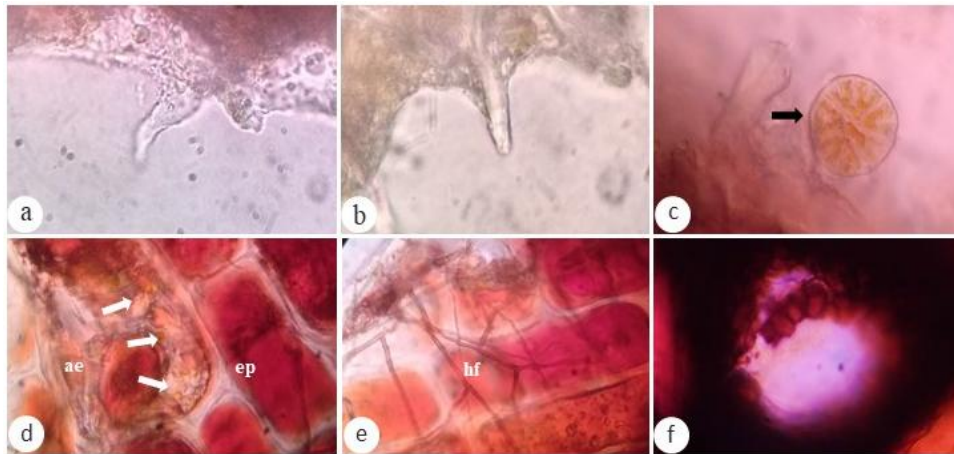
amatan makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis dilakukan setiap hari dan pengamatan mikroskopis dilakukan setelah isolat berumur 12 hari. Pengamatan makroskopis dilakukan dengan melihat warna permukaan koloni, warna dasar koloni, bentuk koloni, bentuk tepi koloni, diameter koloni, serta ada atau tidaknya lingkaran konsentris pada koloni. Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan melihat bentuk hifa, ada tidaknya sekat, warna hifa, bentuk konidia, dan bentuk spora. Identifikasi fungi patogen penyebab penyakit berdasarkan Alexopoulos and Mims, 1979 dan Barnett and Hunter, 1972 dan bagi sampel yang tidak dapat diidentifikasi akan dibawa ke laboratorium terstandarisasi untuk identifikasi lanjutan.

Uji Postulant Koch

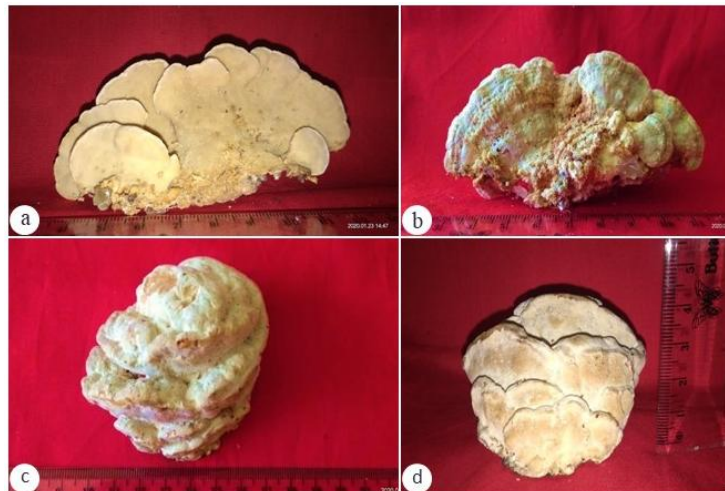
Kultur murni tersebut diinokulasikan kembali



Gambar 1. Gejala kanker pada batang *A. labillardieri* (a dan b). Gejala serangan penyakit karat daun kekuningan pada permukaan atas daun (c).



Gambar 2. Morfologi mikroskopis jaringan karat pada daun *A. labillardieri*. a-b. Pycnia pada ujung spermatogonium, c-d. Aecidiospore, e. hifa pada se-sel epidermis daun, f. Peridium. (perbesaran: 1000x).



Gambar 3. Morfologi tubuh buah fungi pada bagian batang dan pangkal batang dekat akar. a-b. Tubuh buah fungi pada batang, c-d. Tubuh buah fungi pada pangkal akar dekat batang.

pada bibit *Agathis* sp. sehat berumur 2 tahun untuk memastikan patogen tersebut menjadi penyebab penyakit yang didata dari lapangan. Tanaman *Agathis* sp. sehat yang digunakan sebanyak 5 bibit dengan 1 bibit sebagai kontrol. Dimana 2 bibit diberi perlakuan dengan luka dan 2 bibit dengan olesan. Fungi pada medium PDA ditambahkan air steril, kemudian digerus sehingga membentuk suspensi. Setiap 6 daun pada 2 bibit sehat dilubangi dengan jarum steril sebanyak 3 titik per daun dan batang bibit dilukai

secara diagonal dengan lebar kira-kira 10 mm. Kemudian setiap titik ditandai dan diinokulasikan suspensi inokulum dengan menggunakan jarum suntik steril pada keempat pohon dan setiap titik pada kontrol di inokulasi dengan aquades steril. Setiap titik inokulasi ditutup dengan kapas steril yang telah dibasahi aquades steril dan diberi selotip serta disungkup. Selanjutnya diamati setelah seminggu kemudian (Syafnidarti, 2013).

Tabel 1. Morfologi makroskopis isolat fungi patogen penyebab penyakit pada tegakan pohon *Agathis labillardieri* pada media PDA.

Karakter morfologi	Isolat fungi			
	D1M	D1N	B5M	B6M
Sumber	Daun	Daun	Batang	Batang
Warna permukaan koloni	Hitam	Putih-keabuan	Putih gading	Hitam
Warna belakang koloni	Hitam	Cokelat-kehitaman	Putih-kekuningan	Hitam
Tepi koloni	Bergelombang	Membulat/rata	Membulat/rata	Bergelombang
Permukaan koloni	Tak beraturan, miselium memanjang, tegak lurus media	Berbutir-butir, keabuan	Miselium menjalar menuju dinding cawan	Miselium bertumpuk di bagian tengah cawan
Lingkaran konsentris	Ada	Tidak ada	Ada	Tidak ada
Diameter	38,55 mm	61,76 mm	83,55 mm	57,44 mm

Tabel 2. Morfologi mikroskopis isolat jamur patogen penyebab penyakit pada tegakan pohon *A. labillardieri* pada media PDA.

Karakter	Isolat fungi			
	D1M	D1N	B5M	B6M
Hifa				
- Septat/aseptat	Septat	Aseptat	Septat	Septat
- Warna	Cokelat	Hyalin	Hyalin	Cokelat
Spora				
- Bentuk	-	-	-	-
- Warna	-	-	-	-
Konidia				
- Ada/tidak ada	+	-	+	-
- Bentuk	Fusoid	-	Lonjong	-
- Warna	Cokelat	-	Kehijauan	-
Sklerotium	-	-	-	+
Hasil identifikasi	<i>Curvularia</i>	Belum teridentifikasi	Belum teridentifikasi	<i>Rhizoctonia</i>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gejala Serangan Penyakit Karat Daun pada *A. labillardieri*

Karat daun dapat disebabkan oleh fungi karat (Basidiomycota, Teliomycetes, Uredinales) parasit obligat yang menyerang jaringan tumbuhan berkayu seperti *Gymnospermae*, *Angiospermae*, dan *Pterido*. Sebutan "karat" merujuk kepada gejala umum yang diperlihatkan penyakit tersebut

yaitu adanya kumpulan spora pada permukaan atas atau bawah daun berwarna seperti karat, kuning, dan/atau *orange*. Warna yang terang tersebut menjadi tanda untuk mempermudah membedakannya dari gejala penyakit lainnya. Terkadang gejala seperti "karat" tersebut tidak/belum ditemukan, maka kemungkinan daun yang terserang akan menunjukkan gejala seperti perubahan warna pada daun dan gangguan pada percabangan (USDA, 2011).

Selama pengamatan di lahan hutan *Agathis labillardieri* di Kampung Rimbajaya terlihat bahwa tegakan pohon di hutan tersebut telah terserang karat daun. Hal ini dibuktikan dengan ditemukannya beberapa gejala umum karat daun yang menyerang tegakan pohon baik pada tegakan yang masih muda (10 tahun) sampai pada tegakan dewasa (63 tahun). Pada gambar 2 nampak bahwa serangan karat daun dimulai dengan timbulnya bercak-bercak kuning muda membulat, dimana bercak kuning tersebut dapat berada pada bagian ujung, tengah maupun bagian pangkal daun serta dapat menyerang bagian pelepah daun. Munculnya pustul pada bagian daun akan diikuti dengan timbulnya bintil kemerahan hingga coklat-kehitaman yang menyebar diseluruh bagian permukaan daun yang menguning. Pustul merupakan kumpulan dari spora yang diketahui sebagai bintik karat. Dari perkembangan pustul inilah penyakit karat akan terus tumbuh menyebar keseluruhan bagian tanaman. Permukaan daun yang terinfeksi berubah menjadi lebih kasar, lebih rapuh, dan sedikit melengkung. Saat umur penyakit sudah tua dapat menyebabkan kematian jaringan daun sehingga daun akan menjadi rapuh dibagian tengah dan gugur.

Berdasarkan penampakan mikroskopis irisan melintang permukaan daun yang terinfeksi karat daun (Gambar 2), nampak permukaan stomata daun terlihat tumpukan aecidiospora yang menutupi lubang stomata. Tertutupnya lubang stomata dapat mempengaruhi proses metabolisme, dimana stomata berperan dalam perpindahan oksigen dan karbondioksida untuk proses fotosintesis. Pada bagian ujung dari spermagonium ditemukan adanya sel tanduk atau *pycnium* yang berbentuk subepidermal dan dikelilingi oleh aecia. Penelitian awal oleh Liberato *et al.* (2005) juga menemukan *pycnium* pada daun *Marsdenia* sp. yang terserang penyakit karat daun oleh fungi dari genus *Aecidium*.

Aecidiospore berbentuk bulat hingga lonjong dengan warna kekuningan. *Aecidiospore* dapat

ditemukan di dalam spermagonium maupun didalam sel-sel jaringan epidermis yang telah terinfeksi oleh fungi karat. Keberadaan fungi pada bagian jaringan daun dibuktikan dengan ditemukannya hifa bercabang di dalam setiap sel daun dekat dengan spermagoium. Di dalam spermagoium terdapat peridium yang berbentuk *subglobose, elips*, sampai lonjong.

Berdasarkan hasil penelitian (Gambar 2) menjadi dasar dalam identifikasi fungi patogen pada tegakan pohon *A. labillardieri*., dimana ciri morfologi yang dipakai adalah ciri pada gejala alami. Menurut Peterson (1974), banyak fungi penyebab karat daun diketahui hanya berdasarkan tahap aecial dalam siklus hidupnya, seperti pada genus *Aecidium* dan *Caecoma*, hanya berdasarkan perbedaan morfologi dari *aecial*nya saja.

Berdasarkan hasil pengamatan (Gambar 4) dapat diketahui bahwa fungi patogen yang menyebabkan penyakit karat pada daun *A. labillardieri* adalah patogen dari genus *Aecidium*. Ciri-ciri tersebut memiliki kemiripan dengan hasil penelitian dari McKenzie pada *Agathis* spp. di Selandia Baru dengan ciri *aecia* dan *pycnia* berkumpul di bintik-bintik, bintik kurang lebih melingkar, kadang-kadang menyebabkan distorsi daun cembung atau cekung atau beberapa kerutan pada daun, awalnya kuning menjadi cokelat kemerahan, hingga berdiameter 2 cm; *pycnia* berdiameter 0,1 mm; *aecia* kuning, bundar atau *subcircular* berdiameter 1 mm, dikelilingi oleh jaringan epidermis di permukaan atas daun. *Aeciospora* berwarna kuning pucat (memudar menjadi subhyaline), bersudut, *subglobose* atau oval, $32-50 \times 28-40 \mu\text{m}$, tebal dinding 4-6 μm , tebal tertutup oleh duri berbentuk kerucut (McKenzie, 2013).

Ciri-ciri karat daun pada *Marsdenia* sp. di Australia memiliki kesamaan dengan ciri karat daun pada *A. labillardieri* tersebut. Bentuk *pycnium* antara *Agathis* sp. dan *Marsdenia* sp. memiliki kesamaan, walaupun *pycnium* pada *Marsdenia* sp. lebih runcing pada ujungnya. Dengan hanya ditemukannya *aecia* dan *pycnia* pada daun *A.*

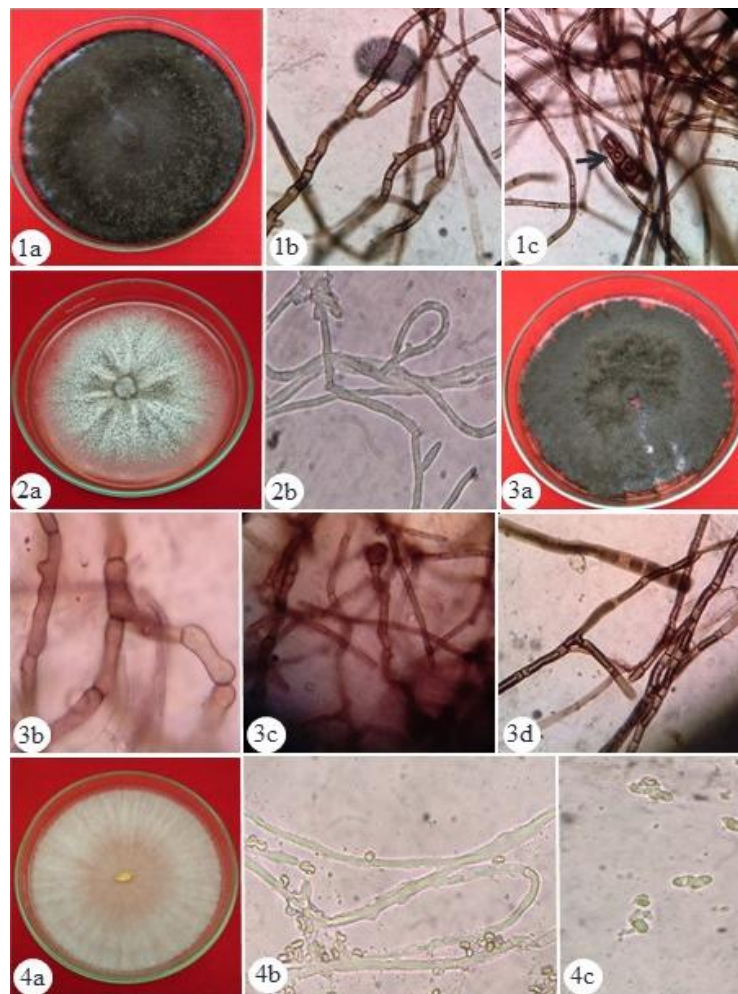
labillardieri tersebut, maka fungi patogen yang menyebabkan gejala karat daun dapat dikonfirmasi berasal dari genus *Aecidium* spp (Liberato *et al.*, 2005).

Gejala Penyakit Kanker Pada Batang Tegakan Pohon *A. labillardieri*

Gejala penyakit kanker pada batang tegakan lebih banyak dialami oleh tegakan pohon yang sudah tua, sedangkan pada tegakan yang masih muda (< 10 tahun) keberadaan kanker belum

ditemukan saat penelitian. Berdasarkan pengamatan tegakan pohon yang menunjukkan kanker pada batang masih dapat bertahan hidup walaupun mengalami beberapa gangguan.

Gejala kanker batang berupa kerusakan jaringan kulit batang secara lokal pada batang pada sebagian sisi dari keseluruhan tegakan. Bagian tengah dari kanker merupakan luka terbuka yang tertutupi oleh pembengkakan tak beraturan dari jaringan batang di sisi yang lain daripada luka tersebut. Luka yang terbuka



Gambar 4. 1a - 1c. Morfologi makroskopis dan mikroskopis genus *Curvularia*. (1a). koloni isolat; (1b). hifa (percabangan); (1c). konidium, 2a-2b. Morfologi makroskopis dan mikroskopis isolat D1N. (2a). Koloni isolat, (2b). *clamp connection* pada hifa (perbesaran 1000x), 3a-3d. Morfologi makroskopis dan mikroskopis genus *Rhizoctonia*. 3a. Koloni, 3b. Hifa dan percabangan siku-siku, 3c. Sklerotium coklat pada ujung hifa, 3d. Sel pada miselium (perbesaran 1000x), 4a-4c. Morfologi makroskopis dan mikroskopis isolat B5M. (4a). Koloni, (4b). Hifa, (4c). konidia. (perbesaran 1000x).

memicu terjadinya perpecahan pada bagian kulit batang. Pecahnya kulit pada batang diakibatkan oleh terjadinya pengerutan sel-sel kearah samping (horizontal) lebih banyak dan tidak seimbang dibanding arah vertikal (Mardji,2013).

Pecahnya jaringan kulit batang menyebabkan kematian jaringan di daerah tersebut. Di lain sisi, jaringan batang yang sehat di sekitar jaringan yang sakit mengalami pertumbuhan yang tidak normal yaitu adanya penebalan yang membuat seakan-akan menenggelamkan jaringan yang sakit sebelumnya. Jaringan yang sakit mengeluarkan resin tidak beraturan yang menambah ketebalan jaringan sehat yang membengkak sebelumnya. Pengeluaran resin atau getah yang tidak beraturan merupakan salah satu mekanisme tanaman dalam melindungi dirinya dari serangan hama maupun patogen lainnya (Triwibowo *et al.*, 2014).

Pembengkakan jaringan pada batang ditemukan pada bagian pangkal batang dekat akar sampai pada ketinggian batang kurang lebih 10 meter. Pembengkakan pada jaringan batang dapat berupa gumpalan-gumpalan jaringan yang tidak normal berwarna cokelat-kehitaman memanjang secara vertikal disepanjang batang dengan resin yang menetes tidak beraturan dan pembengkakan melingkar di bagian tertentu pada batang. Penelitian Yusran *et al.* (2006) juga mencirikan gejala kanker batang yang menyerang tegakan pohon *Acacia mangium* pada daerah sekitar 2,5 m kearah vertikal dari pangkal pohon, daerah sekitar kanker mengalami penebalan dan terjadi kematian jaringan disekitar kanker.

Jika diamati lebih dekat pada bagian batang yang membengkak terdapat luka terbuka yang disebabkan oleh luka dari kegiatan penyadapan masyarakat setempat. Selain bekas luka, ditemukan juga adanya jalur sarang semut di sepanjang gumpalan jaringan kanker pada batang. Keberadaan semut tersebut memungkinkan terjadinya penularan fungi patogen dari dalam tanah ke bagian luka yang terbuka, sehingga meningkatkan keparahan serangan fungi yang menyebabkan kanker batang. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Yusran *et al.* (2006) pada

tanaman *A. mangium* yang disebabkan oleh patogen dari kelas Basidiomycetes, dimana gejala kanker batang berkembang dengan cepat pada daerah batang yang ditandai dengan luka yang dalam dan terbuka.

Gejala Konk (Tubuh Buah) pada Batang *Agathis labillardieri*

Pengamatan makroskopis dilakukan pada konk (tubuh buah) fungi yang ditemukan pada batang *A. labillardieri* yang telah berumur 63 tahun. Fungi memiliki warna putih sampai kekuningan, tudung menghadap ke atas, tekstur tebal dan sedikit berair, permukaan tudung memiliki pori-pori halus, lamela tipis dan rapat seperti sikat, tudung bertumpuk, tepi tudung tidak beraturan (bergelombang), pada bagian belakang memiliki garis-garis konsentris. Pada saat umur fungi masih muda, warna fungi akan lebih putih, sedangkan jika fungi sudah memasuki umur yang lebih tua maka warna fungi akan menjadi cokelat dan tekstur fungi menjadi lebih lunak (Gambar 3). Fungi akan kering dan mati saat lingkungan lebih panas dan kering, fungi akan membusuk dan berulat saat lingkungan lebih basah.

Fungi ini ditemukan di bagian pangkal batang sampai 3 (tiga) meter di atas tanah. Pada bagian batang bagian atas helaian tubuh buah fungi lebih tipis dan pada bagian pangkal batang dekat akar fungi lebih tebal dan berukuran besar. Pada gambar dibawah (Gambar 3c-d) terlihat perbedaan ketebalan dari tubuh buah fungi pada batang tersebut.

Semua konk pada tegakan *A. labillardieri* di lokasi pengamatan ditemukan pada bagian batang yang memiliki bekas luka sayatan oleh masyarakat. Beberapa luka berbentuk garis sayatan diagonal yang diperkirakan merupakan luka benda tajam atau bukanlah luka alami. Dengan adanya luka yang terbuka pada batang memudahkan penetrasi dari spora fungi yang terbawa oleh angin maupun yang dibawa oleh binatang seperti semut dari dalam tanah untuk menginfeksi batang.

Fungi Patogen pada Tegakan Pohon *A. labillardieri*

Fungi patogen yang berhasil diisolasi dari organ *A. labillardieri* menunjukkan gejala terserang penyakit sebanyak 4 isolat. Dari keempat isolat tersebut, sebanyak dua isolat dari daun dan dua isolat lagi dari batang yang menunjukkan gejala terserang penyakit. Isolat pada daun diberi kode sebagai isolat D1M dan D1N dan isolat pada batang diberi kode isolat B5M dan B6M (Tabel 1; 2).

Isolat D1M dan D1N diperoleh dari hasil isolasi menggunakan media *Potato dextrose agar*

(PDA). Gejala yang tampak berupa bercak kuning-kecokelatan yang melingkar pada permukaan atas daun. Bercak-bercak tersebut berwarna kuning muda pada awal serangan dan akan semakin gelap (kecokelatan) seiring dengan bertambahnya waktu.

Isolat B5M berasal dari isolasi bagian tubuh buah fungi yang hidup pada batang bagian bawah dekat akar dari tegakan pohon *A. labillardieri*. Fungi isolat B5M ditemukan pada bagian batang tegakan yang berjarak 1-2 m dari batas permukaan tanah. Potongan fungi tersebut ditanam kembali pada media PDA sebelumnya. Pada isolat B6M,

Tabel 3. Hasil uji *Postulat Koch* isolat fungi pada bibit *A. labillardieri* usia 2 tahun.

Kode Isolat	Kode Organ	Organ	Perlakuan 1		Perlakuan 2		Ciri-ciri (t= 14 his)		
			Alkohol 70%	Akuades	Luka	Oles	Bentuk	Warna	Intensitas
D1M	L1D1M	Daun	-	√	√	-	Melingkar, lebih lunak, lesi, lebar	Kuning-kecokelatan	100%, d=5-25 mm
D1M	L2D1M	Daun	√	-	√	-	Melingkar, kering pada bagian tengah, sempit	Memucat di tengah dan kecokelatan ditepi	100%, d=≤5 mm
D1M	O1D1M	Daun	√	-	-	√	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
D1M	O2D1M	Daun	-	√	-	√	Tidak beraturan	Kuning	30%
D1N	L1D1N	Daun	√	-	√	-	Melingkar, hanya ditepi luka	Kecokelatan	100%
D1N	L2D1N	Daun	-	√	√	-	Melingkar, hanya ditepi luka	Kecokelatan	15%
D1N	O1D1N	Daun	√	-	-	√	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
D1N	O2D1N	Daun	-	√	-	√	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
B5M	L1B5M	Batang	√	-	√	-	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
B5M	L2B5M	Batang	-	√	√	-	Luka membesar, lunak, lesi	Kecokelatan	10 mm
B5M	O1B5M	Batang	√	-	-	√	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
B5M	O2B5M	Batang	-	√	-	√	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
B6M	L1B6M	Batang	√	-	√	-	Membulat, lunak, berair, terbuka	Kecokelatan ditengah	d=10 mm
B6M	L2B6M	Batang	-	√	√	-	Membulat, lunak, berair	Kehitaman di tengah	d=5 mm
B6M	O1B6M	Batang	√	-	-	√	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
B6M	O2B6M	Batang	-	√	-	√	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada

isolasi dilakukan dengan menanamkan bagian jaringan kulit batang yang menunjukkan bagian dari gejala kanker pada jaringan di sekitar batang (Tabel 2).

Genus *Curvularia*

Hasil pengamatan makroskopis menunjukkan bahwa isolat D1M terlihat berwarna hitam pada permukaan atas dan bawah koloni, bagian tepi koloni terlihat tidak rata atau bergelombang (terlihat seperti kelopak bunga) yang tidak beraturan, permukaan koloni tidak beraturan dan terdapat miselium yang tumbuh ke atas (tegak lurus medium) sampai menyentuh permukaan penutup cawan petri, miselium terlihat hitam-keabuan, serta memiliki lingkaran konsentris pada pertumbuhannya (Tabel 2).

Pertumbuhan koloni lebih lambat dari isolat lainnya. Sampai pada hari ke-3 inkubasi, koloni masih belum menunjukkan pertumbuhan yang terlihat jelas. Pada hari ke-4 inkubasi terlihat koloni memiliki jari-jari 10,50 mm. Pada pertumbuhan awal warna koloni cenderung masih berwarna putih dengan pertumbuhan hifa disisi yang berlawanan, jika dibandingkan dengan isolate lainnya yang tumbuh merata di setiap sisi inokulum. Pada hari ke-5 inkubasi terlihat adanya lingkaran konsentris yang berwarna lebih gelap dan jari-jari koloni bertambah menjadi 12 mm.

Gambar 4 menunjukkan hasil pengamatan secara mikroskopis dari isolat D1M, di mana isolat terlihat memiliki hifa bersekat dengan banyak septa dan satu inti disetiap segmennya, hifa bercabang disepanjang segmen, hifa memiliki warna kecokelatan, percabangan membentuk sudut yang tidak lebih dari 90° dari hifa utamanya. Isolat D1M memiliki konidium yang berwarna cokelat, memiliki dinding yang tebal, mononukleat, berbentuk fusoid, lurus dengan bagian ujung lebih kecil (Tabel 3).

Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis tersebut diketahui bahwa isolat D1M merupakan fungi dari kelas Deuteromycetes yaitu dari genus *Curvularia*. Menurut Barnett dan Hunter (1972), genus *Curvularia* memiliki ciri

konidiospora berwarna cokelat, sederhana, konidia diproduksi pada bagian apikal dari pori, konidia (porospores) berwarna gelap, memiliki beberapa sel (phragmosporous) terdiri dari 3-5 sel, kurang lebih fusiform, lurus atau melengkung, satu sel pada bagian tengah membesar dan bersifat parasit. Genus *Curvularia* termasuk dalam jenis fungi patogen dan saproba dari berbagai tanaman, serta patogen oportunistik manusia dan hewan (Sivanesan, 1987, Manamgoda *et al.*, 2011; 2012; da Cunha *et al.*, 2013; Hyde *et al.*, 2014).

Isolat D1N

Isolat D1N memiliki ciri makroskopis dengan warna putih-keabuan pada permukaan atas koloni dan warna hitam-kecoklatan pada bagian bawah koloni. Bagian permukaan koloni terlihat seperti memiliki butir-butir mengumpul kecil berwarna putih sampai keabuan. Tepi koloni berbentuk membulat atau rata (gambar 4). Pertumbuhan koloni sampai pada hari ke-5 masa inkubasi memiliki jari-jari 28,99 mm. Pertumbuhan koloni isolat dapat dikatakan lambat dari isolat lainnya.

Hifa isolat berwarna hyaline sampai kehijauan, tidak bersekat, percabangan hifa dapat tumbuh pada sisi berseberangan atau berhadapan dengan sudut percabangan dapat mencapai 90° (Tabel 3). Hifa terlihat memiliki *clamp connection*, dimana *clamp connection* atau konektor penjepit yang merupakan karakterisasi dari koneksi antar hifa yang berperan sebagai jembatan dalam pertukaran materi genetik didalam hifa untuk mempertahankan keadaan dikariotik didalamnya (Alexopoulos *dkk.*, 1996).

Genus *Rhizoctonia*

Bagian jaringan batang yang mengalami pembengkakan kemudian ditanam di atas medium PDA sesaat setelah dilakukan sterilisasi. Isolat yang ditemukan pada medium diberi kode B6M. Secara makroskopis koloni isolat berwarna kehitaman pada permukaan atas dan bawah dari cawan petri, koloni tidak memiliki lingkaran konsentris, miselium terlihat bertumpuk pada bagian tengah dari petri dengan tekstur kasar dan

tebal, bagian tepi dari koloni terlihat bergelombang atau tidak lurus (Tabel 2).

Secara mikroskopis (Tabel 3) ditemukan bahwa hifa berwarna coklat-kehitaman, memiliki sekat, percabangan pada hifa menyebabkan sel dari hifa awal menjadi mengecil di bagian tengahnya yang kemudian menyerupai pita, hifa memiliki percabangan yang tegak lurus, tidak ditemukan konidia maupun spora pada koloni tersebut, isolat memiliki sel moniloid yang merupakan agregat dari pembentukan sklerotium pada hifa, serta terdapat sklerotium di ujung hifa pada isolat tersebut (Gambar 4). Sklerotium berfungsi sebagai pengganti struktur reproduktif fungi (Smuith *et al.*, 2015; Sunyartini & Soelistijono, 2021).

Berdasarkan ciri-ciri diatas, isolat B6M dapat diidentifikasi sebagai fungi yang masuk kedalam genus *Rhizoctonia*. Menurut buku identifikasi *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*, genus *Rhizoctonia* memiliki badan buah dan spora aseksual yang jarang ditemukan, sklerotia coklat atau hitam, bentuknya bervariasi, dominan kecil dan longgar, terbentuk di antara benda yang dihubungkan oleh benang miselium, hifa miselium coklat, dengan sel panjang, septa cabang berkembang dari hifa utama, parasit, terutama pada akar dan bagian tanaman bawah tanah lainnya (Barnet dan Hunter, 1972).

Genus *Rhizoctonia* merupakan fungi yang bersifat patogen, saprofit, dan mikoriza pada beberapa jenis tanaman (Suryantini & Soelistijono, 2021). Menurut Soenartiningih & Andayani (2015), fungi *Rhizoctonia* spp. merupakan fungi yang dapat menular melalui tanah dan benih. Penelitian Herliyana *et al.* (2020) pada patogen penyebab hawar daun pada Jabon merah juga menunjukkan ciri morfologi yang sama dengan isolat B6M.

Isolat B5M

Isolat yang telah ditumbuhkan pada PDA memiliki warna putih pada permukaan atas koloni dan warna putih-kekuningan pada bagian dasar koloni, isolat memiliki lingkaran konsentris

yang muncul pada hari ke-4 masa inkubasi, sampai pada hari ke-5 masa inkubasi miselium sudah memenuhi cawan petri dengan diameter seluas 83,55 mm. Hifa berwarna hyalin sampai kehijauan, bersekat, konidia berwarna kehijauan dengan bentuk lonjong seperti biji kacang hijau, pada bagian tengah konidia terbelah. Konidia tampak menempel disepanjang hifa. Bentuk konidia cukup beragam mulai dari setengah lingkaran, dua sel yang terbelah ditengah, hingga memanjang dengan setiap ujung konidia bersegi kearah dalam lengkungan (Gambar 4a-c).

Uji Postulat Koch

Gejala suatu penyakit merupakan informasi penting untuk mengetahui keadaan kesehatan tanaman. Menurut Martoredjo (1984) gejala adalah perubahan yang ditunjukkan oleh tanaman itu sendiri sebagai reaksi terhadap patogen. Gejala penyakit pada tanaman merupakan bentuk penyimpangan baik morfologi atau fisiologi sebagai respon dari adanya gangguan patogen. Menurut Firmansyah (2016), respon tanaman terhadap penyakit berbeda-beda, bergantung pada jenis tanaman inang dan patogen penyebab penyakit.

Hasil inokulasi fungi patogen pada daun dan batang *A. labillardieri* pada tabel 4 menunjukkan bahwa genus *Curvularia*, D1N, B5M dan genus *Rhizoctonia* memberikan beberapa gejala berupa nekrotik pada daun atau batang yang diberi luka ataupun tidak diberi luka. Namun, gejala nekrotik lebih banyak ditunjukkan oleh daun yang diberi perlakuan luka terlebih dahulu daripada hanya dioleskan saja. Dari tabel 4 dapat menjelaskan bahwa semua isolat bersifat patogenik terhadap bibit *A. labillardieri*. Meskipun demikian, tidak semua daun batang yang diberi rangkaian inokulasi keempat isolat menunjukkan gejala serangan penyakit karat daun, kanker batang dan konk (tubuh buah) yang identik dengan gejala yang diamati di lapangan.

Inokulasi genus *Curvularia* pada bagian daun *A. labillardieri* mengakibatkan gejala nekrosis pada daerah sekeliling luka maupun daerah pengolesan

inokulum. Pada daun yang diberi luka dan dibersihkan dengan akuades terlebih dahulu sebelum penginokulasian menunjukkan nekrosis yang lebih luas jika dibandingkan dengan daun yang diberi luka dan dibersihkan dengan alkohol 70% terlebih dahulu. Nekrosis yang dialami oleh daun terlihat dengan melunaknya bagian daun dekat luka serta perubahan warna daun dari hijau menjadi merah kecokelatan. Bagian tengah dari lingkaran nekrosis terlihat kering.

Isolat D1N hanya menunjukkan gejala nekrosis hanya pada daun yang diberi luka baik yang dibersihkan dengan alkohol 70% maupun dengan akuades. Gejala nekrosis isolat D1N memiliki kesamaan dengan gejala nekrosis isolat D1M, hanya saja pada isolat D1N lingkaran kecokelatan tidak seluas isolat D1M.

Isolat B5M diinokulasikan pada bagian batang bibit *Agathis* sp. dengan jarak 100 mm dari permukaan tanah. Hal ini dilakukan untuk menginterpretasikan keadaan alami ditemukannya gejala konk (tubuh buah) fungi pada tegakan pohon *A. labillardieri* dilokasi pengamatan. Hasil inokulasi menunjukkan bahwa hanya pada batang yang diberi luka dan dibersihkan dengan akuades saja yang menunjukkan gejala tidak normal. Gejala yang ditimbulkan berupa terbentuknya lesi pada sekitar luka, dimana bagian tersebut lebih lunak, berair, dan berubah warna menjadi kecokelatan.

Inokulum genus *Rhizoctonia* diinokulasikan pada bagian batang dengan jarak 150 mm dari permukaan tanah. Gejala yang ditunjukkan dengan munculnya lesi yang melebar disekitar luka yang diberikan, bertekstur lunak, berair dan luka menjadi lebih terbuka. Pada perlakuan tanpa luka, inokulum genus *Rhizoctonia* tidak menimbulkan luka apapun jika dibandingkan dengan pemberian perlakuan dengan luka pada batang bibit *A. labillardieri*.

Firmansyah (2016) mengungkapkan bahwa fungi patogen dapat melakukan penetrasi pada jaringan tanaman dengan tiga cara, yaitu secara langsung melalui permukaan inang, melalui lubang alami atau melalui luka (lubang buatan).

Fungi akan lebih mudah melakukan penetrasi pada permukaan jaringan inang melalui lubang alami seperti stomata, lentisel, nektar, himatoda atau melalui luka. Tabel 4 menunjukkan bahwa saat pengujian inokulasi pada uji Postulat Koch, gejala serangan karat daun, kanker batang dan konk terlihat pada bibit *A. labillardieri* yang diberi perlakuan dan atau tanpa perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa patogen penyebab karat daun, kanker batang, dan konk (tubuh buah) pada *A. labillardieri* menginfeksi inang melalui lubang alami maupun perlakuan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa jenis penyakit yang menyerang tegakan pohon *A. labillardieri* adalah karat daun, kanker batang, dan konk (tubuh buah). Karakter fungi isolat D1M adalah koloni berwarna hitam, tepi bergelombang, memiliki lingkaran konsentris, hifa coklat, septat, konidia coklat, fusoid. Karakter fungi isolat D1N adalah koloni putih-keabuan, tepi rata, permukaan berbutir-butir, tidak memiliki lingkaran konsentris, hifa hyalin, aseptat, tidak memiliki spora dan konidia. Karakter fungi isolat B5M adalah koloni putih gading, tepi rata, memiliki lingkaran konsentris, hifa hyalin, septat, konidia lonjong, kehijauan. Karakter isolat B6M adalah koloni berwarna hitam, tepi bergelombang, tidak memiliki lingkaran konsentris, hifa coklat, septat, tidak memiliki konidia dan spora. Fungi patogen yang berhasil di isolasi dari daun *A. labillardieri* adalah genus *Curvularia* dan isolat D1N. Fungi patogen yang berhasil diisolasi dari batang adalah genus *Rhizoctonia* dan Isolat B5M pada konk (tubuh buah) di batang.

Penelitian ini perlu ditindaklanjuti untuk identifikasi fungi patogen yang menyerang tegakan *A. labillardieri* secara molekuler untuk memastikan beberapa isolat yang belum teridentifikasi. Selain itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengamati tingkat keparahan

fungi yang menyerang tegakan pohon *A. labillardieri*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexopoulos, C.J., C.W. Mims, and M. Blackwell. 1996. *Introductory Mycology*. USA.
- Aristoteles. 2019. Personal communication. KPHL Biak Numfor.
- Barnett, H.L., dan B.B. Hunter. 1972. *Illustrated genera of imperfect fungi*. Third Edition. Burgess Publishing Company, Minnesota.
- Cunha, K.C., D.A. Sutton, A.W. Fothergill, J. Gené, J. Cano, H. Madrid, S. de Hoog, P.W. Crous, and J. Guarro. 2013. *In vitro* antifungal susceptibility and molecular identity of 99 clinical isolates of the opportunistic fungal genus *Curvularia*. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* 76: 168-174.
- Gadgil, P.D. 1974. *Phytophthora heveae*, a pathogen of kauri. New Zealand. *Journal of Forestry Science*. 4: 59-63.
- Herliyana, E.N., L. Sakbani, Y. Herdiyeni, dan A. Munif. 2020. Identifikasi cendawan patogen penyebab penyakit pada daun jabon merah (*Anthocephalus macrophyllus* (Roxb.) Havil). *Jurnal Silvikultur Tropika*. 11(3): 154-162.
- Hyde, K.D., R.H. Nilsson, S.A. Alias, H.A. Ariyawansa, J.E. Blair, L. Cai, A.W.A.M. de Cock, A.J. Dissanayake, S.L. Glockling, I.D. Goonasekara, M. Gorczak, M. Hahn, R.S. Jayawardena, J.A.L. van Kan, M.H. Laurence, C.A. Lévesque, X. Li, J.-K. Liu, S.S.N. Maharachchikumbura, D.S. Manamgoda, F.N. Martin, E.H.C. McKenzie, A.R. McTaggart, P.E. Mortimer, P.V.R. Nair, J. Pawłowska, T.L. Rintoul, R.G. Shivas, C.F.J. Spies, B.A. Summerell, P.W.J. Taylor, R.B. Terhem, D. Udayanga, N. Vaghefi, G. Walther, M. Wilk, M. Wrzosek, J.-C. Xu, J.Y. Yan, and N. Zhou. 2014. One stop shop: backbones trees for important phytopathogenic genera: I. *Fungal Diversity* 67(1): 21-125.
- Irawan, A., I. Anggraeni, dan M. Christita. 2015. Identifikasi penyebab penyakit bercak daun pada bibit cempaka (*Magnolia elegans* (Blume.) H.Keng) dan teknik pengendaliannya. *Jurnal WASIAN*. 2(2): 87-94.
- Kuswandi, R. 2023. Pohon Agathis: Antara Ekonomi Rakyat dan Konservasi di Papua. <https://www.cnbcindonesia.com/opini/20230802133250-14-459510/pohon-agathis-antara-ekonomi-rakyat-dan-konservasi-di-papua>. Opini CNN Indonesia.
- Liberato, J.R., P.M. Stephens, dan R.G. Shivas. 2005. First record of *Aecidium* sp. on *Marsdenia* sp. in Australia. *Australasian Plant Pathology*. 34: 169-271.
- Manamgoda, D.S., A.Y. Rossman, L.A. Castlebury, E. Chukeatirote, and K.D. Hyde. 2015. A taxonomic and phylogenetic re-appraisal of the genus *Curvularia* (Pleosporaceae): human and plant pathogens. *Phytotaxa*. 212(3): 175-198.
- Mardji, D. 2003. Identifikasi dan penanggulangan penyakit pada tanaman kehutanan. Pelatihan Bidang Perlindungan Hutan di PT ITCI Kartika Utama, Samarinda. Hal: 62-87.
- Martawijaya, A., I. Kartasujana, K. Kadir, dan S.A. Prawira. 2005. Atlas kayu Indonesia, Jilid I. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan. Bogor.
- McKenzie, E. 2013. *Aecidium fragiforme*. Updated 5/7/2014. Website: PaDL-http//www.padl.gov.au.
- Mohd, M.W., B. Salleh., L. Zakaria. 2013. Identification and molecular characterizations of *Neoscytalidium dimidiatum* causing stem canker of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) in Malaysia. *Journal of Phytopathology*. 161: 841-849.
- Petersen, R.H. 1974. The rust fungus life cycle. *The Botanical Review*. 40(4): 453-513.
- Rahayu, S. 1999. Eksplorasi dan pembudidayaan Hoya (Asclepiadaceae) dalam rangka konservasi 474 plasma nutfah In: Proceedings of Seminar of Indonesian-Flora 476 Conservation. UPT BP Kebun Raya-LIPI 477 Bogor. pp: 294-303.
- Rayaar, H.J. 1981. Presentase hidup anakan tanaman *Agathis labillardieri* Warb. (Araucariaceae) di proyek reboisasi Syabes Biak Selatan. [Skripsi]. Universitas Cenderawasih. Manokwari.
- Rita, W.S., N.S. Dewa, I Made D.S. 2013. First report on *Fusarium solani*, A pathogenic fungus causing stem rot disease on dragon fruits (*Hylocereus* sp.) in Bali. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 3(17): 93-99.
- Siburian, R.H.S., M. Trirbo, and R. Angrianto. 2020. Growing Site Characteristics of *Agathis labillardieri* Warb in the Natural Forests of Siwi Momiwaren, West Papua. *Jurnal Sylva Lestari*. 8(3): 297-307.
- Sivanesan, A. 1987. Graminicolous species of *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Exserohilum* and their teleomorphs. *Mycological Papers*. 158: 1-2.
- Smith, M.E., T.W. Henkel, and J.A. Rollins. 2014. How many fungi make sclerotia? *Fungal Ecology*. (13): 211-220.
- Soenartingsih, M.A., and N.N. Andayani. 2015. Soil borne fungus (*Rhizoctonia solani*) the pathogen of sheath blight disease of maize and sorghum and its control measures. *Iptek Tanam Pangan*. 10(2): 85-92.
- Sunyartini, R., dan R. Soelistijono. 2021. *Rhizoctonia*, Lawan atau kawan. Pemahaman tentang *Rhizoctonia* dalam bidang kehutanan berikut cara isolasi dan identifikasi. Penerbit CV. Sarnu Untung. Grobogan.
- Syafnidarti, Y., N. Nasir, dan Jumjunidang. 2013. Deskripsi gejala dan tingkat serangan penyakit bercak pada batang tanaman buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus* L.) di Padang Pariaman, Sumatera Barat. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*. 2(4): 277-283.

- Triwibowo, H., Jumani, dan H. Emawati. 2014. Identifikasi hama dan penyakit *Shorea leprosula* Miq. di Taman Nasional Kutai Resort Sangkima, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal AGRIFOR*. 13(2): 175-184.
- USDA. 2011. *Introduction to rust disease*. Forest Health Protection, Rocky Mountain Region.
- Widyastuti, S.M. 2002. The incidence of pest and disease on teak plantation, grown from tissue culture in Kendal Forest, District Central Java. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 5(3): 438-441.
- Yusran, D. Mardji, dan A.S. Budi. 2006. Inventarisasi penyakit kanker batang pada *Acacia mangium* Willd. di Bukit Soeharto, Kalimantan Timur. *Jurnal Kehutanan Unmul*. 2(2): 206-220.