



Daya Antagonisme Agensia Hayati terhadap Patogen Blendok pada Jeruk Pamelos secara *In Vitro*

Antagonism of Biological Agents against Pathogen Causing Gummosis on Pomelo by *In Vitro*

Sitti Waahidaturrahmah¹, Rila Rahma Apriani¹, Noorkomala Sari^{1*}

¹Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Ahmad Yani KM. 36, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714, Indonesia

Email: noorkomala.sari@ulm.ac.id

*Penulis Korespondensi

Abstract

Production of citrus in South Kalimantan has decreased due to various factors, including disease attacks. It is also attacked pomelo citrus plantations in Amanah Borneo Park which often cause crop failure due to attacks by gummosis disease caused by the pathogen *Botryodiplodia theobromae* Pat. Disease control can be carried out using biological agents, such as antagonistic agent and endophytic fungi, which can be isolated from medicinal plants. These antagonistic agents can produce secondary metabolites, lytic enzymes, and other antimicrobials to inhibit the growth of plant pathogens. This study aimed to identify the fungus that causes gummosis disease in Amanah Borneo Park and determine the antagonism of *Trichoderma harzianum*, *Colletotrichum* sp. and *Fusarium* sp. endophyte against the pathogen. Based on isolation and identification showed that the pathogen causing gummosis in Amanah Borneo Park was *B. theobromae* Pat (P2B4), then antagonism tests with three antagonist agents, namely *Trichoderma harzianum*, endophyte *Colletotrichum* sp., and endophyte *Fusarium* sp. demonstrated that there were variations in the percentage of inhibitory power caused by various factors such as growth rate, production, and concentration of secondary metabolites produced. The inhibition percentages each of antagonist agent were 21.048% (*T. harzianum*), 13.775% (*Colletotrichum* sp.), and 13.04% (*Fusarium* sp.) respectively.

Keywords: *B. theobromae*, biocontrol, calabash, endophyte, pomelo

Abstrak

Produksi jeruk di Kalimantan Selatan mengalami penurunan yang diakibatkan berbagai faktor, diantaranya serangan penyakit. Hal ini juga dialami oleh pertanaman buah jeruk pamelos di Amanah Borneo Park yang sering mengalami gagal panen akibat serangan penyakit blendok yang disebabkan oleh patogen *Botryodiplodia theobromae* Pat. Pengendalian penyakit dapat dilakukan dengan menggunakan agen hayati, salah satunya cendawan endofit yang bersifat antagonis terhadap penyebab patogen, yang dapat diisolasi dari tanaman obat. Cendawan endofit mampu menghasilkan metabolit sekunder, enzim litik, dan antimikroba lainnya dalam menghambat pertumbuhan patogen tanaman. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui jenis cendawan penyebab penyakit blendok di Amanah Borneo Park dan mengetahui daya antagonisme *Trichoderma harzianum*, endofit *Colletotrichum* sp., dan endofit *Fusarium* sp. terhadap patogen tersebut. Hasil identifikasi mengemukakan bahwa patogen penyebab blendok di Amanah Borneo Park adalah *B. theobromae* Pat (P2B4), kemudian uji antagonisme dengan tiga agen antagonis yaitu *Trichoderma harzianum*, endofit *Colletotrichum* sp., dan endofit *Fusarium* sp. menunjukkan adanya perbedaan persentase daya hambat yang disebabkan oleh berbagai faktor seperti laju pertumbuhan, produksi, dan konsentrasi metabolit sekunder yang dihasilkan dengan persentase penghambatan masing-masing agen antagonis yaitu 21,048% (*T. harzianum*), 13,775% (*Colletotrichum* sp.), dan 13,04% (*Fusarium* sp.).

Kata kunci: *B. theobromae*, biokontrol, endofit, tanaman majapahit, jeruk bali

Disubmit : 17 Januari 2024 ; Direvisi : 9 Oktober 2024 ; Diterima : 11 Oktober 2024

Copyright© 2024. Sitti Waahidaturrahmah, Rila Rahma Apriani, Noorkomala Sari



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

How to Cite : Waahidaturrahmah, S., Apriani, R. R. & Sari, N. (2024). Antagonisme Agensia Hayati terhadap Patogen Blendok pada Jeruk Pamelos Secara *In Vitro*. Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati 9(3): 276 - 289.

Pendahuluan

Secara statistik, produksi jeruk besar Kalimantan Selatan fluktuatif dan cenderung menurun sejak tahun 2017 (BPS, 2021). Penurunan produksi ini juga dialami pada pertanaman buah jeruk pamelon di Amanah Borneo Park, yang sering mengalami gagal panen akibat serangan penyakit blendok yang menginfeksi 60,5% jeruk pamelon pada lahan pertanaman seluas $\pm 250 \text{ m}^2$. Penyakit blendok diakibatkan oleh cendawan patogen *Botryodiplodia theobromae* Pat. Patogen tersebut termasuk tular tanah sehingga dalam pengendalian pertumbuhannya dapat dilakukan pencegahan dengan mengkolonisasi perakaran dengan agensia hayati yang bersifat antagonis. Serangan *B. theobromae* Pat. menimbulkan gejala keluarnya getah berwarna kuning dari batang utama maupun cabangnya, perkembangan penyakit yang meluas mengakibatkan adanya pengelupasan dan luka tidak teratur pada kulit batang (Sato et al., 2008; Gusnawaty et al., 2014). *B. theobromae* Pat. dapat menyerang lebih dari 280 spesies tumbuhan (Adeniyi et al., 2016), kemudian telah diidentifikasi oleh Retnosari et al., (2014) bahwa *B. theobromae* Pat. ditemukan pada tanaman jeruk sakit dari berbagai daerah di Indonesia, seperti Banjarmasin dan Banjarbaru.

Beberapa jenis metode telah dilakukan oleh petani dalam pengendalian penyakit akibat serangan cendawan patogen, salah satunya menggunakan fungisida kimia seperti antracol dalam mengendalikan busuk buah. Namun dalam penggunaan fungisida secara terus-menerus dapat mengakibatkan berbagai kerugian seperti adanya residu kimia berbahaya terakumulasi di badan air, tanah, tumbuhan dan hewan (Matas-Baca et al., 2022). Oleh karena itu, alternatif ramah lingkungan yang dapat dijadikan solusi permasalahan ini adalah penggunaan agensia hayati (Supriati & Djaya, 2016).

Trichoderma adalah salah satu genus cendawan yang sering digunakan sebagai agen biokontrol karena memiliki aktivitas antagonis *in vitro* yang kuat terhadap patogen (Rizali & Sari, 2023). Selain itu *Trichoderma* sp. termasuk spesies yang serbaguna dan adaptif ke berbagai lingkungan (Duarte-Leal et al., 2017). Salah satu spesiesnya yang memiliki aktivitas antagonistik tinggi yaitu *Trichoderma*

harzianum yang diketahui mampu menghasilkan enzim litik dan antibiotik, juga bersaing dengan patogen dalam memperebutkan unsur hara, serta dapat memacu pertumbuhan tanaman. *T. harzianum* memberikan hasil nyata dalam menekan pertumbuhan patogen *B. theobromae* Pat. penyebab penyakit blendok dengan mekanisme parasitisme, menghasilkan senyawa pelisis dan toksik, serta kompetisi ruang dan hara dengan persentase 100% pada hari ketujuh pengamatan (Retnosari, 2011).

Endofit juga memiliki potensi sebagai agen hayati (Anjum et al., 2019; Sehwat & Sindhu, 2019; Ayaz et al., 2023). Fungi endofit merupakan salah satu mikroba endofit yang tumbuh di berbagai organ dan jaringan tanaman, namun pertumbuhan dan perkembangannya tidak menimbulkan penyakit bagi tanaman tersebut (Sari, 2020). Sebaliknya, fungi endofit bersimbiosis mutualisme dengan tanaman hostnya dan menghasilkan senyawa metabolit yang sama (Harahap et al., 2017), oleh karena itu tanaman obat merupakan inang baik bagi beragam fungi endofit (Gomez et al., 2018; Toppo et al., 2024; Singh et al., 2023). Cendawan endofit dapat menghasilkan metabolit sekunder sebagai senyawa bioaktif potensial untuk dikembangkan menjadi agen antimikroba, antiserangga, antikanker bahkan sebagai biokontrol di bidang pertanian (Gouda et al., 2016; Posthangbam et al., 2017, Sari, 2020). Hasil beberapa penelitian menyatakan bahwa antimikroba endofit berpengaruh dalam menekan perkembangan cendawan patogen seperti *Rhizoctonia cerealis*, *R. solani*, dan *F. oxysporum* secara *in vitro* (Sunariasih et al., 2014). Jenis cendawan endofit yang diuji secara *in vitro* dapat menekan *F. oxysporum* sebesar 60% (Pinem et al., 2015).

Tanaman Maja, sebagai salah satu tanaman obat, telah dilakukan isolasi beberapa cendawan antagonis dalam kemampuan hambatnya terhadap patogen. Beberapa cendawan endofit dari maja yaitu *Neonectria* sp., *Rhizoctonia* sp. *binucleate* dan *Sporidesmium* sp. memiliki kemampuan antagonistik terhadap *Colletotrichum acutatum* penyebab antraknosa pada cabai (Sari, 2023). Selain itu, cendawan endofit dari Maja yaitu *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium* sp. memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* (Sari, 2022).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan: 1. Mengidentifikasi patogen penyebab blendok pada jeruk Pamelo Amanah Borneo Park; 2. Mengetahui kemampuan patogenisitas patogen penyebab blendok pada jeruk Pamelo Amanah Borneo Park; 3. Mengetahui kemampuan antagonisme antara isolat cendawan endofit dari Tanaman Maja dengan patogen tersebut secara *in vitro* menggunakan metode *dual culture*.

Metode Penelitian

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Maret hingga Juni 2023, di Laboratorium Produksi, Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru. Lokasi sampel jeruk diambil dari Perkebunan Amanah Borneo Park. Isolasi endofit didapatkan dari isolat cendawan dari Tanaman Maja yang berlokasi di halaman kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, kertas saring, pinset, *L glass*, jarum *ent*, pipet tetes, *cling wrap*, selotip, autoklaf, *vortex mixer*, *laminar air flow* (LAF), mikroskop, mikropipet, tip, *haemocytometer*, tabung reaksi, rak tabung reaksi, kalkulator, *hand counter*, *slide glass*, *cover glass*, botol duran, *aluminium foil*, gelas ukur, gelas kimia, spatula, pisau, lampu bunsen, kulkas, kotak penyimpanan, *hot plate*, penggaris, spidol dan kertas label, buku kunci determinasi jamur, dan kamera. Bahan yang digunakan antara lain batang tanaman jeruk pamelo terinfeksi, bibit tanaman jeruk pamelo sehat, isolat *T. harzianum*, isolat endofit dari daun Maja yaitu *Colletotrichum sp.*, dan isolat *Fusarium sp.*, NaOCl 2,5%, alkohol 70%, *lactophenol cotton blue* (LPCB), aquades, spiritus, media PDA instan, kapas lemak, dan kain kasa.

Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL) non-faktorial, terdiri dari 3 perlakuan dan 6 kali ulangan sehingga diperoleh 18 unit percobaan. Dengan perlakuan berupa $A_nT_h = Trichoderma$

harzianum, $A_nC_l =$ Endofit *Colletotrichum sp.*, dan $A_nF_s =$ Endofit *Fusarium sp.*

Pelaksanaan Penelitian

1. Isolasi dan Identifikasi patogen penyebab blendok pada Jeruk Pamelo

Cendawan dibiakkan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) Merck sebanyak 11,7 g yang dilarutkan pada 300 ml aquades sambil dipanaskan pada *hot plate* hingga PDA instan homogen. Setelah media PDA instan terlarut semua, media kemudian dimasukan ke dalam botol duran untuk disimpan sebelum digunakan. Sampel kulit batang berpenyakit diperoleh dari pertanaman jeruk pamelo di Amanah Borneo Park. Proses isolasi dilakukan dengan memotong sampel kulit batang hingga berukuran 0,5 cm², kemudian disterilisasi menggunakan NaOCl 2,5 % selama 60 detik serta alkohol 70% selama 30 detik dan dibilas menggunakan aquades steril sebanyak dua kali. Sampel kulit batang selanjutnya ditanam pada media PDA dalam cawan petri, setiap cawan petri diisi 4 potongan kulit batang yang akan diinkubasi selama satu minggu. Koloni cendawan yang tidak terkontaminasi kemudian memasuki tahap pemurnian dengan mengkulturkannya kembali pada media PDA baru dan diinkubasi selama 7 hari (Nahdah *et al.*, 2020).

Laju pertumbuhan cendawan patogen tanaman jeruk pamelo diamati selama 7 hari, dengan waktu pengukuran *radial growth* pada hari ketiga, kelima, dan hari ketujuh. Pengamatan ini bertujuan memperoleh biakan cendawan patogen dengan pertumbuhan koloni cendawan tercepat yang akan memasuki tahap selanjutnya (Nahdah *et al.*, 2020).

Jenis cendawan penyebab penyakit blendok pada jeruk pamelo diidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis. Variabel yang diamati berupa bentuk konidia, jenis hifa, warna hifa, bentuk permukaan koloni, warna pinggir dan permukaan koloni (Watanabe, 2002).

Dalam penelitian telah dilakukan isolasi cendawan patogen dari batang tanaman jeruk pamelo yang menunjukkan gejala dan tanda penyakit berupa terdapat luka (pecah-pecah) pada bagian kulit batang

yang diikuti keluarnya getah (gumosis). Kemudian diperoleh 8 isolat cendawan yang berasal dari beberapa bagian batang tanaman yang berbeda, setiap isolat kemudian diberi label berupa kode secara berurutan yaitu P₁B₂, P₁B₃, P₂B₁, P₂B₂, P₂B₃, P₂B₄, P₁K₂, dan P₁K₃. Masing-masing kode huruf mewakili sumber sampel yang diisolasi, yaitu pohon (P) bagian batang cabang utama yang mengeluarkan lendir, batang (B) yaitu bagian cabang sekunder yang bergejala, dan Kulit (K) bagian kulit batang utama yang bergejala blendok, sedangkan kode angka mewakili urutan pengambilan sampel. Selain itu, juga dilakukan peremajaan sekaligus pengukuran pertumbuhan cendawan antagonis (*Trichoderma harzianum*) serta kedua cendawan endofit tanaman majapahit (*Colletotrichum* sp. dan *Fusarium* sp.).

2. Uji Patogenisitas patogen penyebab blendok pada Jeruk Pamelo

Uji patogenisitas dilakukan dengan metode *infectivity titration*. Batang bibit jeruk pamelo sehat disterilkan permukaannya dengan menyemprotkan NaOCl 2,5% yang kemudian dibilas dengan aquades. Permukaan batang kemudian dilukai dengan pisau steril. 10⁶ sel/ml suspensi cendawan diinjeksikan pada 3 batang bibit tersebut. Sampel uji diinkubasi selama 7 hari dan keberadaan penyakit ditentukan berdasarkan gejala yang muncul. (Sari & Kasiandari, 2021).

Pengamatan patogenisitas dilakukan selama 7 hari setelah injeksi dengan waktu pengamatan pada hari ketiga, kelima, dan ketujuh. Data diperoleh dengan mengamati reaksi patogenisitas cendawan pada tanaman terutama gejala pada batang berupa nekrosis dan keluarnya eksudat

(gum) berwarna keemasan. Kemudian dilakukan skoring berdasarkan pengamatan jenis dan luas gejala yang muncul dengan skala skor mengacu pada Tabel 1 dan pengukuran keparahan penyakit menggunakan rumus sebagai berikut: (Khairani et al., 2017)

$$Kep = \frac{\sum(n \times v)}{N \times V} \times 100\%$$

Keterangan:

KeP = keparahan penyakit
n = jumlah tanaman dengan skor tertentu
v = skor pada setiap kategori serangan
V = skor kategori serangan terberat
N = total tanaman yang diamati

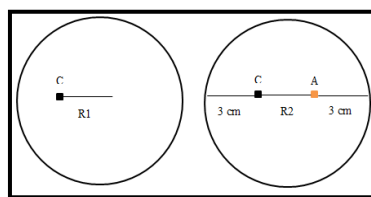
3. Uji Antagonisme Secara *In Vitro* Cendawan Endofit Terhadap Patogen Penyebab Blendok

Peremajaan isolat *T. harzianum* didapatkan dari stok kultur Lab Jurusan Agroekoteknologi, sedangkan isolate endofit tanaman maja dari yaitu *Colletotrichum* sp., endofit *Fusarium* sp. didapatkan dari stok kultur penelitian sebelumnya. Masing masing isolat diremajakan dengan dengan cara mengambil satu jarum ent biakan isolat (murni, kemudian menumbuhkannya kembali pada media PDA yang baru. Kemudian daya antagonisme diuji dengan metode *dual culture*, yaitu dengan mengisi satu cawan petri dengan biakan cendawan patogen penyakit tanaman jeruk pamelo tanpa diberi perlakuan (kontrol). Sedangkan cawan petri lainnya diisi kedua biakan (*dual culture*), yaitu biakan cendawan patogen dan masing-masing biakan *T. harzianum*, endofit *Colletotrichum* sp., dan endofit *Fusarium* sp. (Nahdah et al., 2020).

Tabel 1. Nilai (skor) penyakit blendok berdasarkan luas gejala

Skor	Luas gejala (cm ²)	Keterangan
0	0	Tidak terdapat gejala
1	0 < x < 2	Muncul nekrotik pada batang
2	2 ≤ x < 4	Mulai terbentuk gum
3	4 ≤ x < 6	Setengah diameter batang ditutupi getah, daun gugur
4	> 6	Seluruh batang ditutupi getah, tanaman mati meranggas

Referensi: Khairani et al. (2017).



Gambar 1. Mekanisme *dual culture*

Keterangan :

P (%) = Daya hambat

C = Cendawan patogen

A = Cendawan antagonis

R1(cm) = Jarak tumbuh koloni patogen di cawan kontrol (cm).

R2(cm) = Jarak tumbuh koloni patogen di cawan *dual culture* (cm).

Uji antagonisme dilakukan selama 7 hari, dengan waktu pengukuran daya hambat pertumbuhan cendawan patogen dilakukan pada 3, 5, dan 7 HSI (Hari Setelah Inokulasi). Data diperoleh dari pengukuran R1 (jari-jari koloni cendawan patogen pada cawan kontrol) serta pengukuran R2 (jari-jari koloni cendawan pada cawan *dual culture*) (Gambar 1). Kemudian perhitungan daya hambat mengacu pada rumus berikut (Skidmore & Dickinson, 1973):

$$P (\%) = \frac{R1-R2}{R1} \times 100\%$$

Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan aplikasi IBM.SPSS.22X64. Sebelum dilakukan analisis ragam, data variabel daya hambat (%) terlebih dahulu dilakukan uji kehomogenan dengan *Levene' s test*. Data yang telah dianalisis ragam dan signifikan ($P \geq 0,05$) selanjutnya diuji lanjutan pada uji DMRT dengan level 5%.

Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan Cendawan Patogen Tanaman Jeruk Pameló

Pengukuran dilakukan pada rentang 3, 5, dan 7 HSI (Hari Setelah Inokulasi), namun karena keterbatasan ukuran cawan, untuk cendawan patogen *B. theobromae* Pat. dan cendawan antagonis *T. harzianum* pengukurannya hanya hingga 5 HSI akibat pertumbuhan koloni cendawan yang sudah memenuhi cawan.

Pertumbuhan tertinggi ditunjukkan oleh isolat *T. harzianum* dengan rata-rata

pertumbuhan sebesar 4,46 cm/hari dan dalam 5 hari koloni cendawan sudah memenuhi cawan (Tabel 2). *Trichoderma* dikenal sebagai genus cendawan antagonis dengan laju pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan cendawanandingannya dengan waktu inkubasinya pada media PDA berkisar 3-7 hari dan dapat memenuhi cawan setelah 4 HSI (Dendang, 2015). *B. theobromae* juga memiliki laju pertumbuhan yang lebih tinggi dan tidak jauh berbeda pertumbuhannya dengan *T. harzianum* (Tabel 2), karena pada umumnya, *Botryodiplodia sp.* sudah dapat memenuhi cawan dengan media pertumbuhan PDA dalam waktu 3 hingga 7 HSI (Retnosari, 2011).

Namun, laju pertumbuhan kedua cendawan endofit lebih lambat dibandingkan cendawan lainnya (Tabel 2). Laju pertumbuhan endofit *Colletotrichum sp.* tergolong sedang karena dalam beberapa penelitian sebelumnya, diketahui bahwa rata-rata jari-jari koloni *Colletotrichum sp.* pada 7 HSI adalah 4,5 cm (Cahyani *et al.*, 2021) atau mendekati nilai tersebut (Sari, 2022). Sedangkan, laju pertumbuhan endofit *Fusarium sp.* tergolong cukup rendah dibandingkan cendawan lainnya (Tabel 2). Adanya perubahan fisiologis akibat seringnya subkultur terhadap isolat atau penyimpanan isolat pada media yang tinggi kandungan karbohidrat, contohnya PDA dalam waktu yang lama dapat menjadi salah satu faktor penyebab menurunnya laju pertumbuhan, hal ini dapat berdampak pada penurunan laju pertumbuhan, kerapatan spora juga kualitas dan kemampuan spora untuk berkecambah (Triasih *et al.*, 2019).

Identifikasi Cendawan Penyebab Penyakit Blendok pada Jeruk Pamelor

Dari kedelapan isolat cendawan patogen, isolat dengan kode P₂B₄ dipilih untuk memasuki tahap identifikasi. Pemilihan ini berdasarkan karakteristik isolat berupa pertumbuhan yang tinggi, warna berubah menjadi kehitaman, dan adanya piknidia pada permukaan koloni. Karakteristik ini merupakan ciri-ciri dari cendawan patogen *Botryodiplodia theobromae* Pat (Zhang, 2014).

Berdasarkan identifikasi secara makroskopis, diketahui isolat P₂B₄ memiliki warna putih keabuan, kemudian koloni berubah warna menjadi sedikit kehitaman pada 4 HSI (Gambar 2a), sedangkan bagian bawah koloni berwarna coklat kehitaman. Pertumbuhan koloni pada media PDA sangat cepat yaitu pada 5 HSI sudah memenuhi cawan, namun pertumbuhan piknidianya sangat lambat yaitu $\pm$ 21 HSI. Menurut Retnosari et al. (2014), piknidia hanya akan

terbentuk pada kondisi lingkungan pertumbuhan yang tidak menguntungkan, dan dalam hal ini pada usia $\pm$ 21 HSI diperkirakan kondisi media PDA sudah mulai mengalami kekurangan nutrisi.

Sedangkan pada identifikasi secara mikroskopis, isolat P₂B₄ pada perbesaran 40x memiliki hifa/miselia bercabang, memiliki sekat hifa dan warnanya hialin (bening) yang kemudian dapat berubah warna hingga kecoklatan (Gambar 2c). Piknidia memiliki dinding tebal dan bentuk dominan bulat dan agak lonjong. Konidia muda berwarna hialin dan belum bersekat (Gambar 2e), sedangkan konidia dewasa (matang) warnanya akan berubah menjadi kecoklatan dan bersekat sehingga memiliki 2 sel (Gambar 2f). Morfologi tersebut diidentifikasi termasuk ke dalam spesies *Lasiodiplodia theobromae* Pat. (sinonim *Botryodiplodia theobromae* Pat.) (Watanabe, 2002).

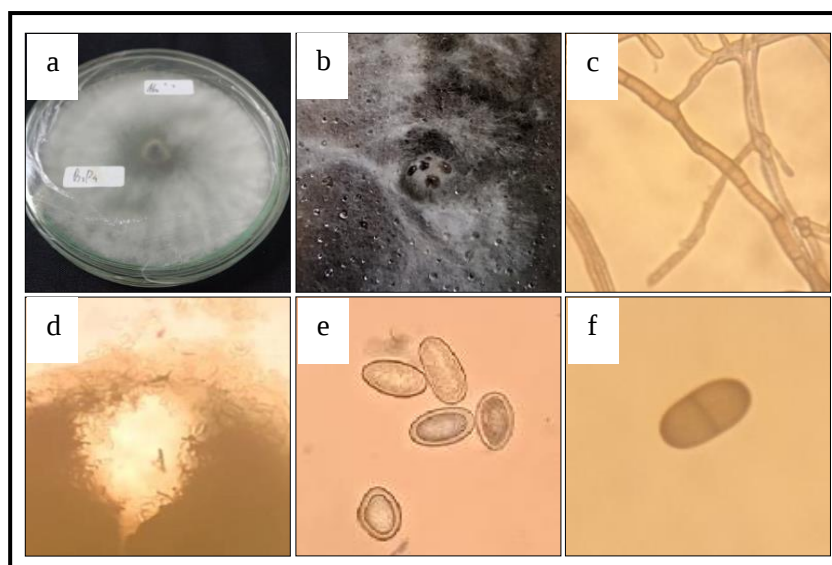
Tabel 2. Pengukuran pertumbuhan radial cendawan patogen, antagonis, dan cendawan endofit pada media PDA selama 7 HSI

Jenis cendawan	Jari-jari (cm) pada hari ke-			Rata-rata (cm)
	3	5	7	
Patogen <i>B. theobromae</i>	4,3	4,5	4,5	4,43
<i>T. harzianum</i>	4,375	4,5	4,5	4,46
Endofit <i>Colletotrichum sp.</i>	2,475	3,775	4,4625	3,57
Endofit <i>Fusarium sp.</i>	1,2875	2,0375	2,8125	2,05

Tabel 3. Identifikasi cendawan penyebab penyakit blendok pada jeruk pamelor di Amanah Borneo Park secara makro dan mikroskopis

Kode Isolat	Karakteristik Makroskopis	Karakteristik Mikroskopis	Hasil Identifikasi
P ₂ B ₄	Koloni keabuan, kecoklatan hingga kehitaman (Gambar 2a)	Hifa bercabang, bersepta, hialin hingga kecoklatan (Gambar 2c)	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> Pat. (sin. <i>Botryodiplodia theobromae</i> Pat.).
	Permukaan koloni kapas halus	Konidia hialin (muda) (Gambar 2e), kecoklatan dan bersekat (tua) (Gambar 2f)	
	Pinggiran koloni kapas halus		
	Memiliki piknidia (Gambar 2b)		

Referensi identifikasi : Barnett & Hunter (1972); Watanabe (2002); Retnosari (2011); Zhang (2014).



Gambar 2. Isolat P₂B₄ (*Botryodiplodia theobromae* Pat.) pada media PDA: (a) makroskopis (koloni), (b) piknidia pada permukaan koloni, (c) hifa, (d) bagian piknidia secara vertikal, (e) konidia muda, (f) konidia tua (matang).

Secara umum, *Lasiodiplodia* spp. pada awalnya memiliki konidia berwarna hialin (transparan) yang kemudian berubah menjadi berwarna dan mempunyai sekat (Phillips, 2000), sejalan dengan penelitian Sato *et al.*, (2008) yang mendeskripsikan konidia dewasa *Lasiodiplodia* spp. memiliki warna coklat gelap dengan dinding yang tebal dan memiliki satu sekat melintang pada bagian tengah konidia. *L. theobromae* sendiri memiliki morfologi yang beragam dan hal ini mengindikasikan bahwa *L. theobromae* adalah spesies yang kompleks (Crous *et al.*, 2006; Slippers *et al.*, 2013).

Patogenisitas Cendawan Penyebab Penyakit Blendok pada Jeruk Pamelo

Patogenisitas diuji secara *in vivo* dengan teknik *infectivity titration*, yaitu dengan memberi pelukaan buatan pada bagian batang dari tiga buah bibit jeruk pamelo yang kemudian diinjeksikan suspensi cendawan *B. theobromae*. Berdasarkan hasil uji patogenisitas secara *in vivo* setelah inokulasi *B. theobromae*, belum ada batang yang menunjukkan gejala pada hari ke-3, batang hanya mengalami pengelupasan bagian kulit luar yang mengering akibat perlakuan pelukaan (Gambar 3b). Gejala mulai terlihat di hari ke-5 pada batang tanaman 1 (Gambar 3c) dengan persentase keparahan penyakitnya sebesar 6,25%, diikuti munculnya gejala pada batang tanaman 3 pada hari ke-7 yang meningkatkan persentase keparahan penyakit

menjadi 12,5% (Tabel 4). Sejalan dengan hasil penelitian Dwiastuti *et al.*, (2017) bahwa bibit jeruk pamelo yang inokulasikan *B. theobromae* mulai bergejala pada 4-5 HSI.

Gejala yang ditunjukkan berupa adanya bercak kecoklatan (nekrosis) di sekitar area inokulasi pada batang perlakuan dan terlihat jelas jika area inokulasi disayat, sedangkan pada tanaman kontrol tidak terlihat adanya gejala. Adanya nekrosis pada batang bibit jeruk pamelo diakibatkan oleh aktivitas *B. theobromae* yang mengeluarkan toksin, enzim selulolitik atau senyawa lain yang dapat mendegradasi atau mematikan sel jaringan tanaman. Enzim selulolitik berperan dalam mendegradasi selulosa dan hemiselulosa pada jaringan tanaman (El-Morsi & Ibrahim, 2012), sedangkan toksin dapat melemahkan pertahanan tanaman. Akibatnya, patogen lebih mudah menginfeksi tanaman yang kemudian mengakibatkan berbagai reaksi berupa gejala hipersensitif pada bagian-bagian tanaman (Dwiastuti *et al.*, 2017).

Pada rentang pengamatan selama 7 hari, tidak ditemukan adanya gumosis atau aktivitas keluarnya eksudat kuning (gum), hal ini disebabkan karena singkatnya masa inkubasi tanaman, dimana patogen *B. theobromae* masih pada tahap penetrasi sehingga serangan penyakit belum terlalu parah dalam rentang pengamatan tersebut. Laporan mengenai waktu inkubasi tercepat yang berhasil menunjukkan adanya gejala gummosis pada jeruk pamelo adalah 14 HSI (Dwiastuti *et al.*, 2017).

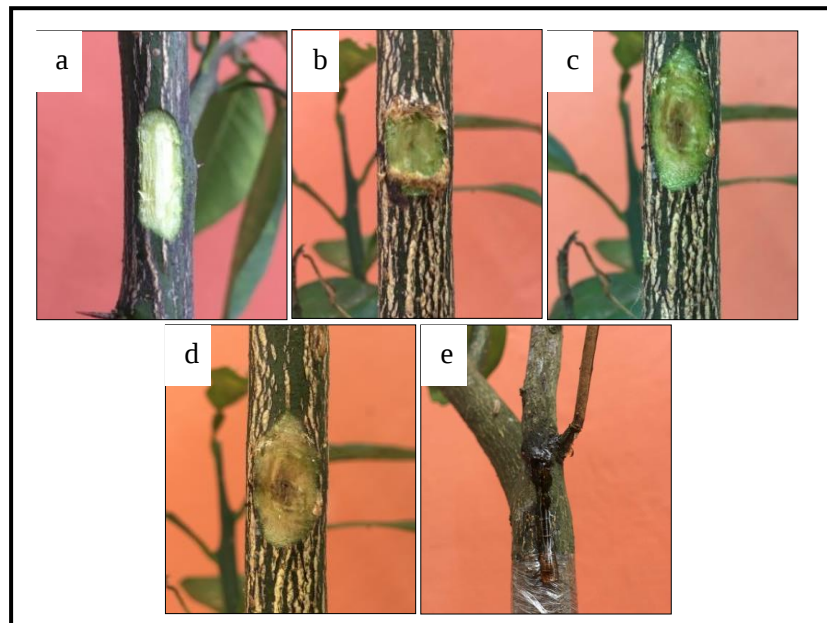
Sedangkan pada penelitian ini, gejala gumosis muncul setelah penginkubasian selama 24 HSI, yang memperlihatkan keluarnya getah

berwarna kecoklatan pada bagian batang (Gambar 3e).

Tabel 4. Hasil uji patogenisitas dan persen keparahan penyakit batang jeruk pamelo pada hari ke-3, 5, dan 7 oleh *B. theobromae*.

Kode Ulangan	Uji Patogenisitas pada hari ke-		
	3	5	7
T _K	-	-	-
T ₁	-	+	+
T ₂	-	-	-
T ₃	-	-	+
Keparahan Penyakit (%)	0	6,25	12,5

Keterangan: T_K (kontrol), T₁ (tanaman 1), T₂ (tanaman 2), T₃ (tanaman 3). (-) tidak ditemukan gejala blendok, (+) ditemukan gejala blendok



Gambar 3. Uji patogenisitas *B. theobromae* terhadap jeruk pamelo: a) kontrol; b) T₁ pada 3 HSI; c) T₁ pada 5 HSI; d) T₁ pada 7 HSI; e) T₃ pada 24 HSI

Uji Antagonisme Cendawan Endofit Dengan Patogen *B. Theobromae* Secara In Vitro

Berdasarkan hasil pengamatan pada 3, 5, dan 7 HSI, menunjukkan adanya daya antagonisme atau daya hambat pertumbuhan miselia cendawan patogen *B. theobromae* oleh cendawan antagonis dan cendawan endofit, dengan hasil uji antagonisme disajikan pada Gambar 4. Persentase daya hambat minimal mengacu pada Ratnasari *et al.* (2014), dimana daya hambat cendawan endofit terhadap patogen yang maksimal dikategorikan tinggi jika persentasenya >60%, sedangkan dibawah nilai tersebut merupakan daya hambat

minimal. Berdasarkan hasil uji antagonisme, ketiga cendawan perlakuan memiliki daya hambat minimal terhadap pertumbuhan miselia cendawan patogen *B. theobromae* karena persentase daya hambatnya masih <60%.

Hasil pengamatan pada 3, 5, dan 7 HSI, menunjukkan persentase daya hambat tertinggi terdapat pada perlakuan A_nT_h (*T. harzianum*) 5 HSI yaitu sebesar 21,173%, sedangkan yang terendah terdapat pada perlakuan A_nF_s (*Fusarium sp.*) 7 HSI yaitu sebesar 13,04% (Gambar 4). Pada setiap pengamatan, persentase penghambatan tertinggi juga berturut-turut terdapat pada perlakuan A_nT_h, sedangkan yang terendah terdapat pada

perlakuan A_nC_l pada 3 HSI, kemudian A_nF_s berturut-turut pada 5 dan 7 HSI. Persentase peningkatan daya hambat tertinggi juga terdapat pada perlakuan A_nT_h yaitu sebesar 2,423% pada 5 HSI, sedangkan pada perlakuan lain justru mengalami penurunan daya hambat (Gambar 4).

Adanya perbedaan persentase daya hambat pada masing-masing perlakuan dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya laju pertumbuhan, kemampuan mikroparasit terhadap cendawan patogen (Sudantha & Abadi, 2007; Sukapiring *et al.*, 2016), dan kemampuan dalam menghasilkan senyawa metabolik sekunder yang beragam (Toghueo, 2020). Selain itu, keseimbangan pembentukan berbagai senyawa kimia dalam sel-sel hidup (biosintesis), serta konsentrasi senyawa antibiotik yang dihasilkan juga mempengaruhi kemampuan daya hambat (Nahdah *et al.*, 2020).

Perlakuan A_nT_h (*T. harzianum*) memiliki persentase daya hambat tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Pada perlakuan ini, terlihat adanya pertumbuhan miselia cendawan *T. harzianum* di atas miselia cendawan patogen dan menyebabkan miselia cendawan patogen mulai terkikis. Hal ini merupakan mekanisme parasitisme atau *overgrowth by antagonist*. Mekanisme parasitisme dapat terjadi jika miselia cendawan patogen ditumbuhi oleh miselia cendawan antagonis baik pada bagian bawah, atas, atau keduanya. Selain itu, adanya interaksi pertumbuhan dimana miselia cendawan patogen telah berhenti tumbuh dan sedang ditumbuhi oleh miselia cendawan antagonis juga termasuk dalam mekanisme ini (Porter, 1924; Skidmore & Dickinson, 1976). *Trichoderma* spp. tidak hanya memiliki laju pertumbuhan tinggi, tetapi juga mampu memarasit hifa cendawan patogen, kemudian menghasilkan senyawa antibiotik seperti paracelsin, alametichin, dan trichotoksin untuk mendegradasi sel cendawan, serta dapat memproduksi enzim β -1,3 glukonase dan kitinase yang dapat mengakibatkan lisis pada dinding sel patogen (Sudarma & Suprpta, 2011; Hasnira, 2022).

Perlakuan cendawan endofit A_nC_l dan A_nF_s memperlihatkan cendawan patogen tumbuh dengan diameter lebih kecil pada cawan perlakuan dibandingkan dengan cawan kontrol, yang menunjukkan bahwa pertumbuhan koloni *B.theobromae* lebih rendah pada cawan

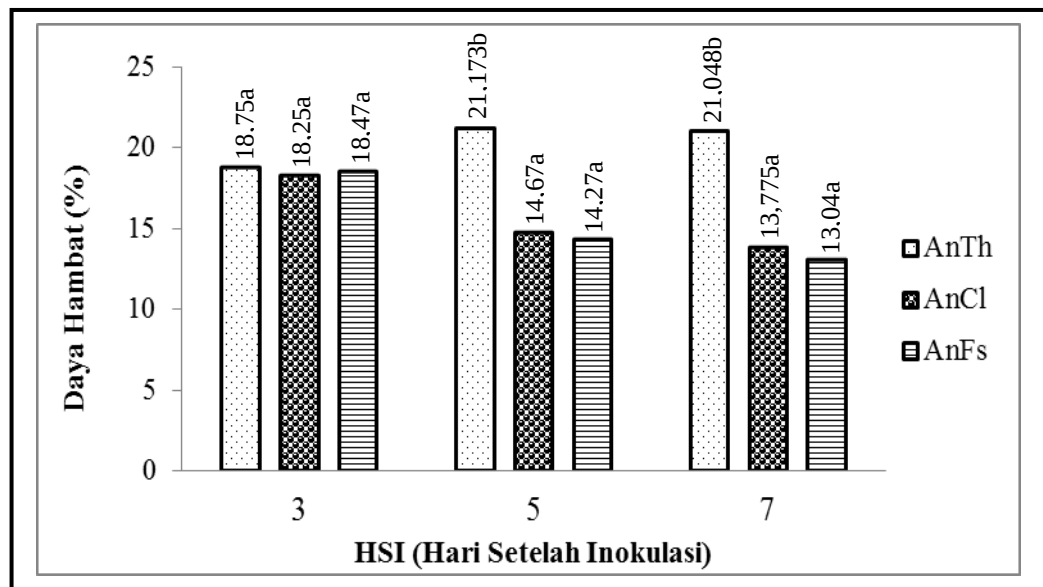
perlakuan akibat adanya daya hambat berupa kompetisi dalam perebutan unsur hara dengan kedua cendawan endofit. Namun daya hambat terhadap *B. theobromae* Pat. yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan perlakuan A_nT_h , hal ini dapat disebabkan oleh laju pertumbuhan cendawan patogen yang lebih tinggi dibandingkan cendawan endofit. Dalam penelitian sebelumnya, pengujian daya hambat endofit *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium* sp. dilakukan terhadap cendawan *Fusarium oxysporum* dengan diameter koloni hanya 5,9 cm pada hari ke-7 (Sari, 2022). Nurbaya *et al.* (2014) juga melaporkan dalam penelitiannya, bahwa *F. oxysporum* belum memenuhi cawan di hari ke-7 pengamatan. Sedangkan pada penelitian ini, rata-rata laju pertumbuhan radial *B. theobromae* mencapai 4,43 cm/hari, dengan diameter 9 cm yang telah memenuhi cawan petri pada 5 HSI.

Endofit *Colletotrichum* sp. diketahui memiliki daya antagonis dengan mekanisme kompetisi dalam perebutan nutrisi terhadap *R. solani* dan *S. sclerotiorum* (Huang *et al.*, 2020), juga memperlihatkan adanya mekanisme antibiosis terhadap *F. oxysporum* (Sari, 2022). Sedangkan endofit *Fusarium* sp. dilaporkan mampu menghambat *R. solani* dengan mekanisme mikroparasitisme (Huang *et al.*, 2020) dan menghambat *Fusarium* spp. dengan mekanisme antibiosis (Azizah *et al.*, 2022). Namun dalam penelitian ini, diketahui bahwa kemampuan kedua endofit dalam mendominasi ruang lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya, akan tetapi kedua perlakuan tersebut menunjukkan penghambatan daya tumbuh patogen yang diindikasikan dengan adanya perubahan warna koloni pada daerah kontak yaitu warna koloni yang berubah menjadi lebih hitam pekat pada perlakuan A_nC_l (Gambar 4e) dan hitam dengan sedikit jingga pada perlakuan A_nF_s (Gambar 4f).

Cendawan endofit memiliki kemampuan penghambatan berupa mikroparasitisme dengan cara meletakkan hifanya pada jaringan patogen (Harman *et al.*, 2004; Nahdah *et al.*, 2020), kemudian mensekresikan enzim pelisis maupun metabolit sekunder dengan fungsi mendegradasi maupun menghambat pertumbuhan hifa patogen. Aktivitas senyawa yang aktif mendegradasi hifa *B. theobromae* menyebabkan hifa mengalami kerusakan dan mengakibatkan perubahan warna. Senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan

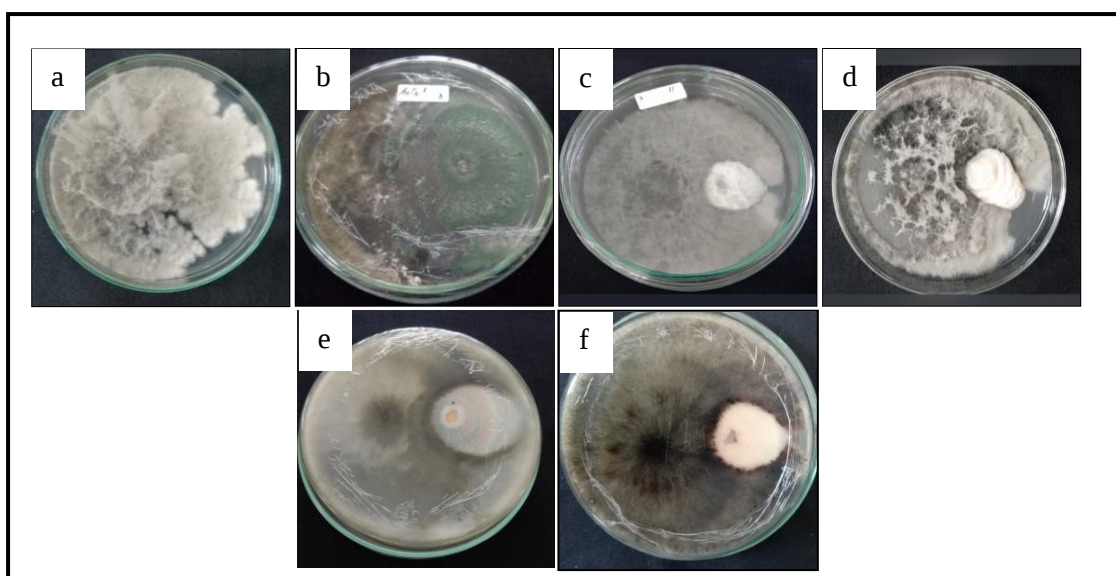
Colletotrichum seperti 1*H*-indol-3-yl-acetate yang berperan sebagai antifungal (Chapla et al., 2014), dan enzim pelisis yang dihasilkan diantaranya enzim pektinase yang berfungsi menjadi pengurai dinding sel (Singh & Kumar, 2023). Sedangkan Ibrahim et al., (2018) melaporkan adanya senyawa antifungal kuat yaitu fusaripeptide yang dihasilkan oleh endofit *Fusarium sp.*, kemudian endofit ini turut memproduksi enzim seperti selulase dan

endoglukanase yang mampu menghidrolisis selulosa pada sel (Bhadra et al., 2022).



Keterangan: DMRT 5% (n: 6), AnTh (*T. harzianum*), AnCl (*Colletotrichum sp.*), AnFs (*Fusarium sp.*)

Gambar 4. Persentase daya hambat cendawan antagonis dan cendawan endofit daun majapahit terhadap *B.theobromae* pada 3, 5, dan 7 HSI.



Gambar 5. Uji antagonisme *T. harzianum*, *Colletotrichum sp.*, dan *Fusarium sp.* terhadap *B. theobromae* pada 7 HSI: (a) Kontrol, (b) A_nT_h , (c) A_nC_l , (d) A_nF_s , (e) dasar koloni A_nC_l , (f), dasar koloni A_nF_s

Simpulan dan Saran

Melalui hasil penelitian, diketahui jenis cendawan patogen penyebab blendok pada jeruk pamelo di Amanah Borneo Park adalah *Lasiodiplodia theobromae* Pat. (syn. *Botryodiplodia theobromae* Pat.) berdasarkan pengamatan morfologi makroskopik, mikroskopik dan uji patogenisitas. Cendawan antagonis *Trichoderma harzianum*, endofit *Colletotrichum* sp. dan endofit *Fusarium* sp. memiliki daya hambat terhadap pertumbuhan miselia dari cendawan patogen *Botryodiplodia theobromae* Pat. secara *in vitro* dengan masing-masing persentase A_nT_h (21,048%), A_nC_l (13,775%), dan A_nF_s (13,04%).

Pengendalian hayati terhadap penyakit blendok pada tanaman jeruk pamelo, penggunaan agen antagonis *Trichoderma harzianum* lebih direkomendasikan berdasarkan hasil skrining awal, kemudian disarankan adanya penelitian lebih lanjut dalam menguji daya hambat cendawan endofit tanaman majapahit secara *in vivo* kemampuan endofit sebagai agen hayati dalam menginduksi ketahanan tanaman inang membutuhkan hubungan interaksi yang terjadi diantara inang dan endofitnya.

Daftar Pustaka

- Adeniyi, D.O., Olufolaji, D.B., & Joseph, A. (2016). Characteristic variations in *Lasiodiplodia theobromae*; pathogen of inflorescens dieback of cashew in growing ecologies in Nigeria. *Annual Research & Review in Biology* 10(2): 1 – 6.
- Anjum, R., Afzal, M., Baber, R., Khan, M. A. J., Kanwal, W., Sajid, W., & Raheel, A. (2019). Endophytes: as potential biocontrol agent—review and future prospects. *Journal of Agricultural Science* 11(4),:113.
- Ayaz M, Li C-H, Ali Q, Zhao W, Chi Y-K, Shafiq M, Ali F, Yu X-Y, Yu Q, Zhao J-T, et al. (2023). Bacterial and Fungal Biocontrol Agents for Plant Disease Protection: Journey from Lab to Field, Current Status, Challenges, and Global Perspectives. *Molecules*. 2023 28(18):6735.
- Azizah, N. L., Sari, N., & Irsalina, S. (2022). Antagonistic Activity of Endophytic Fungi from Dayak Onions' Flower (*Eleutherine bulbosa* (Mill.) Urb.) Against *Fusarium* sp. Infecting Chili Plant. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 17(5): 210-215.
- Badan Pusat Statistik (2021). *Produksi Tanaman Buah-buahan 2021*, Retrieved January 20, 2023, from <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/1/pr-duksi-tanaman-buah-buahan.html>.
- Barnett, HL, & BB Hunter. (1972). *Illustrated genera of imperfect fungi*. Page Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Minneapolis, Burgess Publishing Company
- Bhadra, F., Gupta, A., Vasundhara, M., & Reddy, M.S. (2022). Endophytic fungi: a potential source of industrial enzyme producers. 3 *Biotech* 12(4): 86.
- Cahyani, P.W., Aziza, N.L., Marsuni, Y. (2021). Potensi cendawan endofit dari bunga bawang dayak untuk menekan pertumbuhan *Ralstonia solanacearum* pada tanaman tomat. *Agroekotek View: Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa* 4(1): 39 – 50.
- Chapla, V.M., Zeraik, M.L., Leptokarydis, I.H., Silva, G.H., Bolzani, V.S, Young, M.C., Pfenning, L.H., & Araújo, A.R. (2014). Antifungal compounds produced by *Colletotrichum gloeosporioides*, an endophytic fungus from *Michelia champaca*. *Molecules* 19(11):19243-52.
- Crous, P.W., Slippers, B., Wingfield, M.J., Rheeder, J., Marasas, W.F.O., Philips, A.J.L., Alves, A., Burgess, T., Barber, P., Groenewald, J.Z. (2006). Phylogenetic lineages in the *Botryosphaeriaceae*. *Studies in Mycology* 55(1): 235 – 253.
- Dendang, B. (2015). Uji antagonsime *Trichoderma* spp. terhadap *Ganoderma* sp. yang menyerang tanaman sengon secara *in vitro*. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea* 4(2): 147 – 156.
- Duarte-Leal, Y., Lamz-Piedra, A., & Martínez-Coca, B., (2017). Antagonismo *in vitro* de aislamientos de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg Frente a *Sclerotium rolfsii* Sacc. *Revista de Protección Vegetal* 32(3): 1 – 11.
- Dwiastuti, M.E., Ketut, G.N.B., & Soesanto, L. (2017). Perkembangan penyakit diplodia pada tiga isolat *Botryodiplodia theobromae* Path dan peran toksin dalam menekan penyakit pada jeruk (*Citrus spp.*). *Jurnal Hortikultura* 27(2): 231 – 240.

- El-Morsi, M.E.A. & Ibrahim, I.A. (2012). Morphological, molecular and histopathological variation in different isolates of *Botryodiplodia theobromae*, the causative of leaf base rot disease of date palms in New Valley Governorate, Egypt. *Wudpecker Journal of Agricultural Research* 1(6): 215 – 222.
- Gómez, O. C., & Luiz, J. H. H. (2018). Endophytic fungi isolated from medicinal plants: future prospects of bioactive natural products from *Tabebuia/Handroanthus* endophytes. *Applied microbiology and biotechnology* 102(21): 9105-9119.
- Gouda, S., G. Das, S.K. Sen, H.S. Shin, & J.K. Patra. (2016). Endophytes: a Treasure House of Bioactive Compounds of Medicinal Importance, *Frontiers in Microbiology* 7: 1538
- Gusnawaty, H.S., Taufik, M., Triana, L., & Asniah. (2014). Karakterisasi morfologis *Trichoderma* spp. indigenus Sulawesi Tenggara. *Jurnal Agroteknos* 4(2): 88 – 94.
- Harahap, I., Elsie, Nurjanah, I. (2017). Isolasi dan seleksi cendawan endofit dari tanaman betadin (*Jatropha multifida* L.) dan potensinya sebagai antimikroba. *Jurnal Photon* 7(2): 109 – 114.
- Hasnira. (2022). *Efektivitas Enam Isolat Cendawan Antagonis dalam Menghambat Pertumbuhan Lasiodiplodia theobromae Penyebab Busuk Pangkal Batang Tanaman Jeruk Besar secara In Vitro*. [Disertasi]. Universitas Hasanuddin.
- Huang, L.Q., Niu, Y.C., Su, L., Deng, H., & Lyu, H. (2020). The potential of endophytic fungi isolated from cucurbit plants for biocontrol of soilborne fungal diseases of cucumber. *Microbiological Research*, 231(126369): 1 – 11.
- Ibrahim, S.R.M., Abdallah, H.M., Elkhayat, E.S., Al Musayeib, N.M., Asfour, H.Z., Zayed, M.F., Mohamed, G.A. (2018). Fusaripeptide: a new antifungal and antimalarial cyclodepsipeptide from the endophytic fungus *Fusarium* sp. *Journal of Asian National Products Research* 20(1): 75 – 85.
- Khairani, H.S., Sinaga, M.S., Mutaqin, K.H. (2017). Mekanisme pengendalian penyakit busuk batang jeruk oleh khamir, kitosan, cendawan mikoriza arbuskular, dan bakteri simbiotiknya. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 13(1): 17–25.
- Matas-Baca, M.A., García, C.U., Pérez-Álvarez, S., Flores-Córdova, M.A., Escobedo-Bonilla, C.M., Magallanes-Tapia, M.A., & Chávez, E.S. (2022). Morphological and molecular characterization of a new autochthonous *Trichoderma* sp. isolate and its biocontrol efficacy against *Alternaria* sp. *Saudi Journal of Biological Sciences* 29(4): 2620 – 2625.
- Nahdah, F., Sari, N., Rizali, A., & Wahdah, R. (2020). Antagonisme Fungi Endofit Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) terhadap *Fusarium oxysporum* C2 Penyebab Busuk Umbi pada Bawang Merah in Vitro. *Agrotechnology Research Journal* 4(1): 47 - 53.
- Nurbaya, Kuswinanti, T., Rosmana, A., Baharuddin, & Millang, S. (2014). Growth rate and identification of *Fusarium* spp. associated with *Aquillaria* spp. from Nunukan regency, North Kalimantan. *International Journal of Current Research and Academic Review* 2(11): 33 – 40.
- Phillips, A.J.L. (2000). *Botryosphaeria populi* sp. nov. and its Fusicoccum anamorph from poplar trees in Portugal. *Mycotaxon* 76(1): 135 – 140.
- Pinem, I.M., M. Hutabalian. & S. Oemry. (2015). Uji Antagonisme Beberapa Jamur Saprofit dan Endofit Dari Tanaman Pisang Terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. Cubens di Laboratorium. *Jurnal Online Agroteknologi* 3(2): 687-695.
- Porter, C.L. (1924). Concerning the characters of certain fungi micheas exhibited by their growth in the presence of other fungi. *American Journal of Botany* 11(3): 168 – 188.
- Potshangbam, M., S.I. Devi, D. Sahoo, & G.A. Strobel. (2017). Functional Characterization of Endophytic Fungal Community Associated with *Oryza sativa* L. and *Zea mays* L., *Frontiers in Microbiology*, 8: 325.
- Ratnasari, J.D., Isnawati, & Ratnasari, E. (2014). Uji antagonis cendawan agens hayati terhadap cendawan *Cercospora musae* penyebab penyakit sigatoka secara in vitro. *Lentera Bio* 3(2): 129 – 135.
- Retnosari, E., Henuk, J.B.D, & Sinaga, M.S. (2014). Identifikasi penyebab penyakit busuk pangkal batang pada jeruk. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 10(3): 93 – 97.

- Retnosari. (2011). *Identifikasi Penyebab Busuk Pangkal Batang Jeruk (Citrus spp.) serta Uji Antagonisme in vitro dengan Trichoderma harzianum dan Gliocladium virens [Skripsi]*. Institut Pertanian Bogor.
- Rizali, A., & Sari, N. (2023). Daya Antagonisme *Trichoderma* spp. Terhadap Patogen *Fusarium oxysporum* Fo Penyebab Penyakit Layu Pada Bawang Merah. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah* 8(2):204-210.
- Sari, N. (2020). Review of Endophytic Fungi as Biocontrol Agents Against Plant Pathogen. *Gontor AGROTECH Science Journal* 6(1):55-73.
- Sari, N. (2023). Pengaruh Cendawan Endofit Tanaman Maja Terhadap *Colletotrichum acutatum* PC3 Penyebab Antraknosa Pada Cabai Merah In Vitro. *Jurnal Agrotek Tropika* 11(3): 365-374.
- Sari, N & Kasiamdari, R.S. (2021). Identifikasi dan Uji Patogenisitas *Colletotrichum* spp. dari Cabai Merah (*Capsicum annuum*): Kasus di Kricaan, Magelang, Jawa Tengah. *JlPI* 26(2): 243-250 DOI:10.1834/jipi.26.2.243
- Sari, W.P. (2022). *Aktivitas Antagonistik Cendawan Endofit Daun Majapahit terhadap Patogen Fusarium oxysporum [Skripsi]*. Universitas Lambung Mangkurat.
- Sato, T., Yumi, I., Keisuke, T., Satoshi, T., Atsushio, & Kazuko, T. (2008). Black band of jews marrow caused by *Lasioidiplodia theobromae*. *Journal of General Plant Pathology* 74(1): 91 – 93.
- Sehrawat, A., & Sindhu, S. (2019). Potential of Biocontrol Agents in Plant Disease Control for Improving Food Safety. *Defence Life Science Journal* 4(4): 220-225.
- Singh, V.K. & Kumar, A. (2023). Secondary metabolites from endophytic fungi: production, methods of analysis, and diverse pharmaceutical potential. *Symbiosis* 90: 111 – 125.
- Singh, G., Zomuanangi, R., Hnamte, V., Turkey, A., Singh, B. P., Singh, P. K., Zothanpuia, Gupta, V. K., Deka, P., Upadhyaya, K., & Yadav, M. K. (2023). *Chapter 6 - Endophytic microbes from medicinal plants, their antimicrobial potential, and role in green agriculture* (M. K. Solanki, M. K. Yadav, B. P. Singh, & V. K. B. T.-M. E. and P. G. Gupta (eds.); pp. 87–97). Academic Press.
- Skidmore AM, Dickinson CH. (1973). Effect of phylloplane fungi on the senescence of excised barley leaves. *Trans Br Mycol Soc.* 60(1):107–116.
- Skidmore A.M. & C.H. Dickinson. (1976). Colony interactions and hyphal interference between *Septoria nodurum* and *Phylloplane* fungi. *Transactions of The British Mycological Society* 66(1): 57 – 64.
- Slippers, B., Boissin, E., Phillips, A.J.L., Groenewald, J.Z., Lombard, L., Wingfield, M.J., Postma A., Burgess, T., & Crous, P.W. (2013). Phylogenetic lineages in the Botryosphaerales: a systematic and evolutionary framework. *Studies in Mycology* 76(1): 31–49.
- Sudantha, M.I., dan Abadi, A.L. (2007). Identifikasi jamur endofit dan mekanisme antagonismenya terhadap jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* pada tanaman vanili. *Agroteksos* 17(1): 23–38.
- Sudarma, I.M. & Suprpta, D.N. (2011). Potensi jamur antagonis yang berasal dari habitat tanaman pisang dengan dan tanpa gejala layu fusarium untuk mengendalikan *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* secara in vitro. *The Excellence Research Universitas Udayana*, 161 – 166.
- Sukapiring, D.N., Soekarno, B.P.W., Yuliani, T.S. (2016). Potensi metabolit sekunder cendawan endofit tanaman cabai sebagai penghambat *Fusarium* sp. patogen asal biji secara in vitro. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 12(1): 1–8.
- Sunariasih, L.P. N., K.I. Suada. dan W.N. Suniti. (2014). Identifikasi Jamur Endofit Dari Biji Padi dan Uji Daya Hambatnya Terhadap *Pyricularia oryzae* Cav. Secara In-Vitro. *E-Jurnal Agroteknologi Tropika*. 3(2): 51-60
- Supriati, L. & Djaya, A. (2015) Pengendalian penyakit antraknosa pada tanaman cabai merah menggunakan agen hayati *Trichoderma harzianum* dan *Actinomyces*. *Jurnal Agripeat* 16(1): 20 – 26.
- Toghueo, R. M. K. (2020). Bioprospecting endophytic fungi from fusarium genus as sources of bioactive metabolites. *Mycology* 11(1): 1–21.
- Toppo, P., Jangir, P., Mehra, N., Kapoor, R., & Mathur, P. (2024). Bioprospecting of endophytic fungi from medicinal plant *Anisomeles indica* L. For their diverse role

- in agricultural and industrial sectors. *Scientific Reports* 14(1): 1-18.
- Triasih, U., D. Agustina, & S. Wuryantini. (2019). Uji berbagai bahan pembawa terhadap viabilitas dan kepadatan konidia pada beberapa biopestisida cair jamur entomopatogen. *Jurnal Agronida* 5(1): 12 – 20.
- Watanabe, T. (2002). *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*. CRC Press LLC.
- Zhang, J. (2014). *Lasiodiplodia theobromae* in citrus fruit (Diplodia stem-end rot). Dalam: Bautista-Baños. Academic Press. Massachusetts (US).