

Karakterisasi Cendawan Rizosfer Kebun Jeruk Organik dan Potensinya dalam Menghambat Pertumbuhan *Botryodiplodia theobromae* dan *Colletotrichum gloeosporioides*

Characterization of Soil Rhizospheric Fungi on Citrus Plantation and Their Potential to Inhibiting the Growth of *Botryodiplodia theobromae* and *Colletotrichum gloeosporioides*

Unun Triasih^{1*}, Susi Wuryantini¹, Dina Agustina²

¹Pusat Riset Hortikultura dan Perkebunan, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong 16915

²Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika, Batu 65321

ABSTRAK

Tanah rizosfer di sekitar akar tanaman jeruk mempunyai mikroorganisme salah satunya ialah cendawan. Tujuan penelitian ialah mengidentifikasi cendawan rizosfer kebun jeruk siam pontianak organik serta potensinya dalam menghambat pertumbuhan cendawan patogen *Botryodiplodia theobromae* dan *Colletotrichum gloeosporioides*. Karakterisasi cendawan dilakukan dengan mengevaluasi pertumbuhannya pada suhu, kelembapan, dan tingkat pH yang berbeda, selanjutnya dilakukan uji antagonis terhadap *C. gloeosporioides* dan *B. theobromae*. Cendawan yang diperoleh dari rizosfer pertanian organik jeruk siam pontianak ialah *Fusarium* sp., *Fusidium* sp., *Penicillium* sp., dan *Trichoderma* sp. Seluruh cendawan rizosfer tumbuh optimal pada pH 4.5–5.5, suhu 20–30 °C, dan kelembapan 60–80%. Cendawan *Penicillium* sp. mempunyai kemampuan tertinggi menghambat pertumbuhan *C. gloeosporioides* (83.66%), sedangkan *Trichoderma* sp. mampu menghambat pertumbuhan patogen *B. theobromae* optimal (92.04%). Studi lebih lanjut diperlukan sebelum pengaplikasian isolat cendawan yang diperoleh sebagai agens biokontrol *C. gloeosporioides* and *B. theobromae*.

Kata kunci: daya hambat, *in vitro*, mekanisme antagonis, morfologi, patogen

ABSTRACT

The rhizosphere soil around the roots of citrus plants has microorganisms, one of which is a fungus. The aim of this study was to identify the rhizosphere fungi of Siam Pontianak organic citrus gardens and their potential to inhibit the growth of the pathogenic *fungi Botryodiplodia theobromae* and *Colletotrichum gloeosporioides*. The characterization of the fungus was carried out by evaluating its growth at different temperatures, humidity and pH levels, then an antagonist test was performed on *C. gloeosporioides* and *B. theobromae*. The fungi obtained from the rhizosphere of Siam Pontianak citrus organic farming were *Fusarium* sp., *Fusidium* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp. All rhizosphere fungi grow optimally at pH 4.5–5.5, temperature 20–30 °C and humidity 60–80%. The fungus *Penicillium* sp. had the highest ability to inhibit the growth of *C. gloeosporioides* (83.66%), while *Trichoderma* sp. able to inhibit the growth of the highest pathogen *B. theobromae* (92.04%). Further studies are needed before applying the obtained fungal isolates as biocontrol agents for *C. gloeosporioides* and *B. theobromae*.

Keywords: fungi, inhibition, antagonistic mechanism, morphology, pathogen

*Alamat penulis korespondensi: Pusat Riset Hortikultura dan Perkebunan, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional. Jalan Raya Jakarta- Bogor, Cibinong, Kabupaten Bogor 16915 . Surel: ununtriasih82@yahoo.com

PENDAHULUAN

Jeruk merupakan tanaman hortikultura yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Salah satu kendala dalam budi daya jeruk ialah penyakit diplodia dan antraknosa. Penyakit diplodia merupakan penyakit utama pada tanaman jeruk yang disebabkan oleh cendawan *Botryodiplodia theobromae*. Penyakit yang dikenal sebagai penyakit blendok ini tersebar secara endemik pada pertanaman jeruk pamelon di Magetan, Jawa Timur pada tahun 1996. Insidensi penyakit blendok pada pertanaman jeruk pamelon mencapai 85% dengan keparahan penyakit 22–37% (Dwiastuti *et al.* 2016).

Penyakit lain pada tanaman jeruk ialah antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum gloeosporioides*. Antraknosa pada jeruk umumnya menginfeksi bagian daun dan buah. Insidensi penyakit ini berkisar antara 26% dan 35% serta keparahan penyakitnya sebesar 17–24% di Desa Kertelangu, Denpasar Timur (Suniti *et al.* 2016). Demikian juga, produk pascapanen di Desa Pengotan, Kabupaten Bangli mengalami busuk disebabkan *C. gloeosporioides* (Kadek *et al.* 2015).

Rizosfer merupakan habitat pelbagai mikroorganisme yang bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman dan sebagai agens pengendalian hayati. Mikroorganisme rizosfer mempunyai peran untuk pertahanan tanaman terhadap patogen dan hama (Wu *et al.* 2013). Tanah rizosfer pertanaman jeruk siam pontianak (*Citrus nobilis*) di Kecamatan Kintamani, Bali mengandung *Aspergillus* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* sp., dan *Trichoderma* sp. (Ristiari *et al.* 2018). Purwati dan Hamidah (2019) juga melaporkan cendawan yang sama dan bakteri *Azotobacteraceae* pada rizosfer tanaman jeruk keprok borneo prima. *Mucor* dan *Penicillium* berperan sebagai dekomposer serta *Trichoderma* berperan sebagai agens pengendali hayati. Cendawan rizosfer telah diuji efektivitasnya dalam mengendalikan penyakit antraknosa secara *in vitro* dan *in vivo*. Cendawan rizosfer asal tanaman rumput mampu menghambat pertumbuhan *C. capsici* pada cabai sebesar

66.6–91.7% (Vasanthakumar dan Shivanna 2013), dan cendawan rizosfer cabai juga dapat menghambat pertumbuhan *C. gloeosporioides* (Nurbailis *et al.* 2014). Potensi cendawan rizosfer untuk mengendalikan penyakit diplodia belum pernah dilakukan. Oleh karena itu isolasi dan karakterisasi cendawan yang berasal dari tanah rizosfer tanaman jeruk siam pontianak dan potensinya untuk mengendalikan penyakit yang disebabkan *B. theobromae* dan *C. gloeosporioides* perlu dilakukan.

BAHAN DAN METODE

Colletotrichum gloeosporioides dan *Botryodiplodia theobromae*

Cendawan *C. gloeosporioides* dan *B. theobromae* merupakan koleksi dari Laboratorium Fitopatologi Balitjestro, Kota Batu. Kedua galur cendawan diremajakan pada medium agar-agar dekstroza kentang (ADK) selama 7 hari.

Isolasi Cendawan dari Tanah Rizosfer Tanaman Jeruk Siam Pontianak

Tanah rizosfer diambil di kebun jeruk organik di Tlekung, Batu, Malang secara *purposive sampling*. Sampel tanah diambil pada empat titik searah mata angin yang ditetapkan berdasarkan keberadaan serasah daun dan kepadatan gulma tidak terlalu rapat. Sampel tanah diambil menggunakan bor steril sampai kedalaman 25 cm dan dikompositkan.

Sebanyak 10 g sampel tanah komposit diisolasi cendawannya menggunakan medium ADK yang ditambahi antibiotik teramisin (1 mL L⁻¹). Cendawan yang tumbuh selama 5–7 hari dimurnikan berdasarkan perbedaan morfologi warna koloni dan tekstur.

Identifikasi Cendawan Rizosfer

Cendawan rizosfer diamati ciri morfologi berdasarkan makroskopis dan mikroskopis koloni pada medium ADK. Ciri-ciri morfologi struktur reproduksi aseksualnya diamati menggunakan pewarna *lactophenol cotton blue* secara mikroskopi. Identifikasi dilakukan mengikuti Barnett dan Hunter (1998) serta Watanabe (2002).

Karakterisasi Cendawan Rizosfer

Cendawan rizosfer yang diperoleh dikarakterisasi pertumbuhannya pada suhu, pH, dan kelembapan tertentu. Cendawan ditumbuhkan pada medium ADK. Masing-masing perlakuan diulang tiga kali. Pengamatan dilakukan dengan mengukur diameter koloni setiap cendawan uji setelah masa inkubasi 7 hari.

Perlakuan yang diuji ialah suhu: 20, 30, 40 °C, pH: 4.5, 5.0, 5.5 dan 6.0, dan kelembapan: 60%, 70%, dan 80%. pH medium diatur dengan menambahkan 0.1 M HCl untuk menurunkan pH atau 0.1 M NaOH untuk menaikkan pH.

Uji Antagonisme Cendawan Rizosfer dengan Cendawan Patogen

Uji antagonisme dilakukan menggunakan metode biakan ganda. Setiap cendawan rizosfer uji ditumbuhkan berpasangan dengan cendawan patogen (*B. theobromae* dan *C. gloeosporioides*) pada medium ADK dengan jarak 3 cm dari dinding cawan petri berdiameter 9 cm. Perlakuan kontrol patogen diletakkan di tengah medium ADK tanpa cendawan rizosfer. Uji antagonisme ini diulang sebanyak lima kali. Pengamatan daya hambat cendawan rizosfer dilakukan pada hari ke-7 dengan rumus:

$$DH = \frac{(d1 - d2)}{d1} \times 100\%, \text{ dengan}$$

DH, daya hambat (%); d1, rata-rata diameter koloni cendawan patogen pada kontrol (mm); dan d2, rata-rata diameter koloni cendawan patogen pada perlakuan uji antagonis (mm). Daya hambat dikelompokkan menjadi 4 kategori, yaitu rendah (1–25%), sedang (26–50%), tinggi (51–75%), dan sangat tinggi (76–100%) (Živković *et al.* 2010).

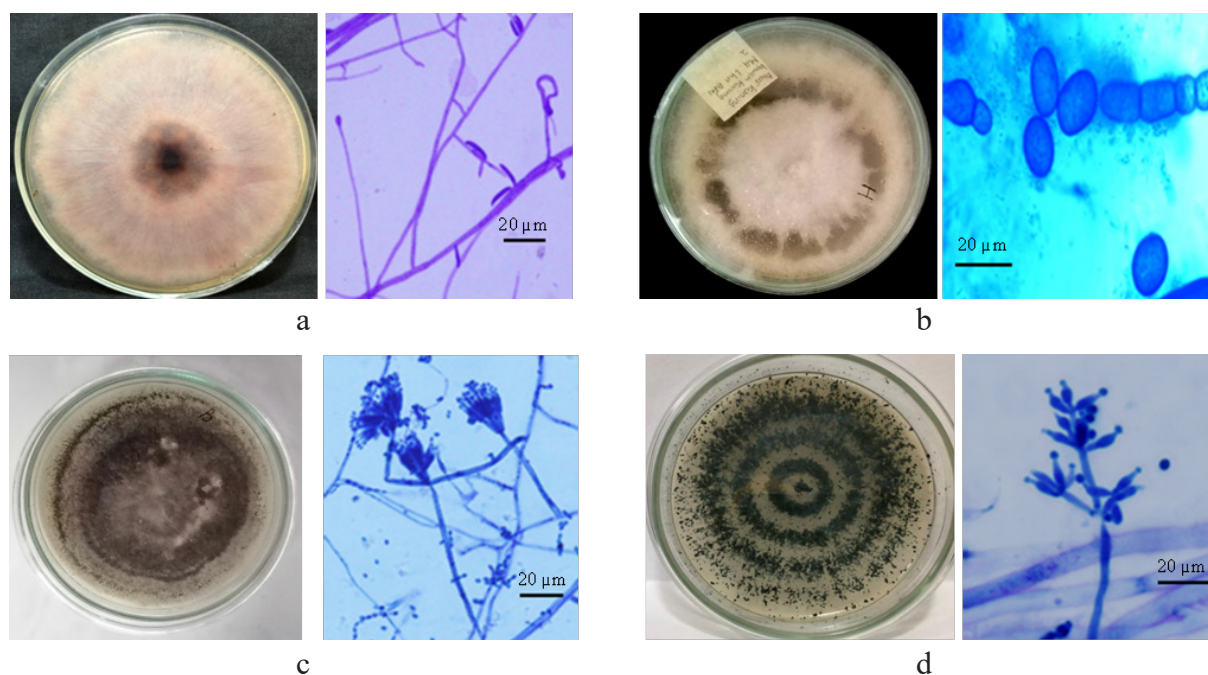
Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan Anova dan diuji lanjut menggunakan uji Duncan pada taraf α 5%.

HASIL

Cendawan Tanah Rizosfer

Cendawan tanah rizosfer dari kebun jeruk organik di Tlekung, Batu, Malang yang berhasil dimurnikan ada 4 isolat. Berdasarkan pada pengamatan makroskopi dan mikroskopi, cendawan tanah rizosfer tersebut diidentifikasi sebagai *Fusarium* sp., *Fusidium* sp., *Trichoderma* sp., dan *Penicillium* sp. (Gambar 1).



Gambar 1 Cendawan tanah rizosfer dari kebun jeruk organik di Tlekung, Batu, Malang. a, *Fusarium* sp.; b, *Fusidium* sp.; c, *Penicillium* sp.; dan d, *Trichoderma* sp. Kiri, koloni cendawan pada medium ADK dan kanan, struktur reproduksi aseksual.

Empat perlakuan suhu umumnya tidak berpengaruh nyata terhadap diameter koloni masing-masing cendawan rizosfer, kecuali pada *Trichoderma* sp. (Tabel 1). Empat cendawan rizosfer dapat tumbuh pada suhu antara 20–50 °C. *Fusidium* sp. dan *Trichoderma* sp. tumbuh optimal pada suhu 30 °C.

Fusarium sp., *Fusidium* sp., *Penicillium* sp., dan *Trichoderma* sp. hidup pada rentang 4 macam pH uji yang diujikan (pH 4.5–6.0) dengan pertumbuhan yang sama. *Fusidium* sp. dan *Trichoderma* sp. tampaknya tumbuh optimal pada pH 6.0 (Tabel 2).

Kelembapan 60%, 70%, dan 80% tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan diameter koloni cendawan rizosfer. *Trichoderma* sp. dan *Fusarium* sp. tumbuh optimal pada kelembapan 70%,

sedangkan *Fusidium* sp. dan *Penicillium* sp. tumbuh optimal pada kelembapan 80% (Tabel 3).

Antagonisme Cendawan Rizosfer dengan Cendawan Patogen

Cendawan rizosfer mampu menghambat pertumbuhan dua patogen penyebab penyakit diplodia (*B. theobromae*) dan antraknosa (*C. gloeosporioides*) dengan tingkat penghambatan antara 20.66% dan 92.04% (Tabel 4). Hasil uji menunjukkan bahwa masing-masing cendawan rizosfer menghambat cendawan patogen dengan pola berbeda. *Penicillium* sp. dan *Trichoderma* sp. mempunyai penghambatan sangat tinggi terhadap *B. theobromae*, demikian juga *Penicillium* sp. mempunyai penghambatan sangat tinggi terhadap *C. gloeosporioides*. Sedangkan *Fusidium* sp. dan *Trichoderma* sp.

Tabel 1 Diameter koloni cendawan rizosfer pada empat perlakuan suhu

Suhu (°C)	Diameter (cm)			
	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Fusidium</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Trichoderma</i> sp.
20	4.5 cd	3.6 abcd	2.7 ab	7.6 e
30	4.7 cd	4.8 cd	2.4 ab	9.0 e
40	4.9 d	3.4 abc	2.1 a	4.9 d
50	2.3 a	3.6 abcd	2.1 a	3.8 bcd

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan pada taraf α 5%.

Tabel 2 Diameter koloni cendawan rizosfer pada empat perlakuan pH

pH	Diameter (cm)			
	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Fusidium</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Trichoderma</i> sp.
4.5	4.3 ab	8.2 cdef	3.2 a	8.4 ef
5.0	4.9 abc	7.9 cdef	2.7 a	8.8 ef
5.5	5.6 abcde	6.8 bcdef	4.3 ab	9.0 f
6.0	7.0 abcd	7.0 bcdef	2.6 a	9.0 f

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan pada taraf α 5%

Tabel 3 Diameter koloni cendawan rizosfer pada tiga perlakuan kelembapan

Kelembapan (%)	Diameter (cm)			
	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Fusidium</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Trichoderma</i> sp.
60	4.3 b	2.8 ab	1.7 a	8.1 c
70	4.3 b	2.2 a	1.7 a	8.3 c
80	3.7 b	3.1 ab	1.8 a	7.6 c

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan pada taraf α 5%

dapat berantagonis dengan *C. gloeosporioides* dengan kategori tinggi, namun *Fusidium* sp. berantagonis dengan *B. theobromae* pada kategori rendah. Berbeda dengan cendawan uji lainnya, baik terhadap *B. theobromae* dan *C. gloeosporioides*, *Fusarium* sp. hanya berantagonis dengan kategori rendah (Tabel 4).

Mekanisme antagonisme yang terjadi ialah secara antagonis, sedangkan *Trichoderma* sp. mengadakan mikoparasitisme pada cendawan patogen. Hifa *Trichoderma* sp. berdiameter lebih kecil dibandingkan dengan hifa *B. theobromae* dan *C. gloeosporioides*. Mekanisme yang terjadi ialah dengan menempel, membelit, dan menembus hifa cendawan patogen sehingga terjadi lisis pada dinding hifa cendawan patogen (Gambar 2).

Mekanisme antibiosis ditandai oleh adanya zona bening pada agar-agar cawan. Pengamatan pada *Fusarium* sp. dan *Fusidium* sp. menghasilkan mekanisme antagonis antibiosis terhadap *B. theobromae* dan *C. gloeosporioides*, tetapi tidak nampak adanya zona bening pada akhir pengamatan.

PEMBAHASAN

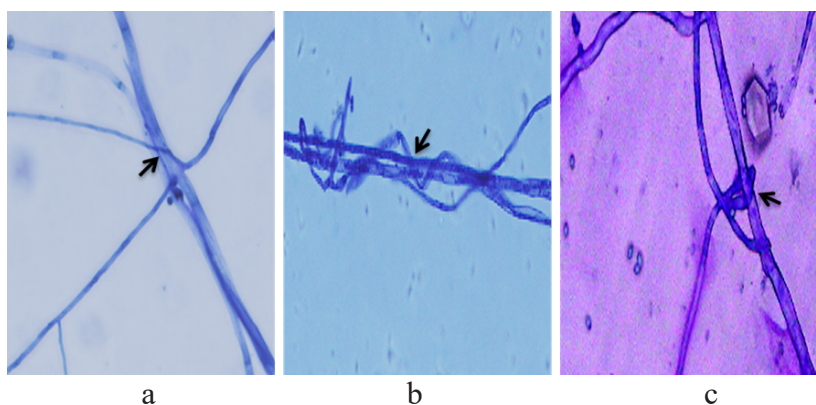
Cendawan rizosfer yang diperoleh dari lahan jeruk siam pontianak ialah *Fusarium* sp., *Fusidium* sp., *Penicillium* sp., dan *Trichoderma* sp. *Trichoderma* merupakan salah satu cendawan yang sering ditemukan di tanah rizosfer dengan pertumbuhannya yang cepat. *Trichoderma* memiliki sekitar 10 000 spesies (Rajesh *et al.* 2016). Selain *Trichoderma*, cendawan yang umum ditemukan di tanah rizosfer ialah *Aspergillus* dan *Penicillium*. *Fusidium* sp. yang diisolasi dari tanah rizosfer jeruk siam pontianak jarang dilaporkan. *Fusarium* ialah salah satu genus cendawan berfilamen yang banyak ditemukan pada tanaman dan tanah, namun jarang ditemukan di pertanaman rizosfer jeruk.

Fusarium isolat IJR2 mempunyai ciri koloni awal berwarna putih kemudian berubah menjadi merah muda dan mempunyai ciri mikroskopis kodiofor berupa tangkai yang pendek hifa bersepta 2–3. Menurut Wibowo *et al.* (2008) sebagian besar isolat anggota genus

Tabel 4 Daya hambat cendawan antagonis dengan *Botryodiplodia theobromae* dan *Colletotrichum gloeosporioides*

Cendawan antagonis	<i>B. theobromae</i>			<i>C. gloeosporioides</i>		
	Daya hambat (%)	Kategori daya hambat	Interaksi	Daya hambat (%)	Kategori daya hambat	Interaksi
<i>Fusarium</i> sp.	24.07 a	Rendah	Antibiosis	20.66 a	Rendah	Antibiosis
<i>Fusidium</i> sp.	22.22 a	Rendah	Antibiosis	66.72 bc	Tinggi	Antibiosis
<i>Penicillium</i> sp.	81.11 b	Sangat tinggi	Antibiosis	83.66 c	Sangat tinggi	Antibiosis
<i>Trichoderma</i> sp.	92.04 c	Sangat tinggi	Miko-parasitisme	63.24 b	Tinggi	Miko-parasitisme

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan pada taraf α 5%



Gambar 2 Mikoparasit *Trichoderma* sp. pada hifa *Botryodiplodia theobromae*. a, hifa *Trichoderma* sp. menempel pada hifa *B. theobromae*; b, hifa *Trichoderma* sp. membelit hifa *B. theobromae*; dan c, hifa *Trichoderma* sp. menembus hifa *B. theobromae*.

Fusarium pada medium ADK memiliki koloni yang berwarna putih, kuning, coklat dan ungu atau merah muda pada bagian pusat koloni serta memiliki miselium seperti kapas. Selain itu, juga memiliki karakteristik berupa hifa yang bersepta dan terdapat dua tipe konidia, mikrokonidia dan makrokonidia. Cendawan ini jarang ditemukan di pertanaman rizosfer jeruk.

Karakterisasi suhu, kelembapan dan pH diperlukan untuk mengetahui kondisi yang tepat untuk pertumbuhan cendawan dan perkecambahan spora masing-masing cendawan. Aktivitas cendawan yang hidup di tanah rizosfer akan memengaruhi pertumbuhan tanaman yang selanjutnya akan menentukan produktivitas tanaman jeruk. Spesies *Trichoderma* tumbuh lebih baik dalam kondisi asam (Shahid *et al.* 2014). Studi Limón *et al.* (2004) menunjukkan bahwa pH asam lebih cocok bagi pertumbuhan cendawan daripada pH basa. Beberapa isolat cendawan seperti *F. solani*, *F. oxysporum*, dan *T. viride* bisa tumbuh baik pada pH 5.5 (Verdin *et al.* 2004). *Penicillium* dapat tumbuh pada kisaran pH antara 2–9 (Sindhu *et al.* 2011). Suhu optimum untuk tumbuhnya *Trichoderma* berbeda-beda setiap spesiesnya. Ada beberapa spesies yang dapat tumbuh pada suhu rendah ada pula yang tumbuh pada suhu cukup tinggi, kisarannya sekitar 7–41 °C. *Trichoderma* yang di kultur dapat tumbuh cepat pada suhu 25–30 °C, namun pada suhu 35 °C cendawan ini tidak dapat tumbuh (Chalimatus 2013).

Cendawan rizosfer yang diperoleh dari tanaman jeruk siam diuji antagonismenya terhadap patogen *C. gloeosporioides* dan *B. theobromae*. Hasil pengujian antagonis cendawan *Trichoderma* sp. yang mempunyai potensi tertinggi dalam mengendalikan patogen *B. theobromae*. Daya antagonis yang tinggi pada *Trichoderma* sp. diduga karena cendawan ini menghasilkan enzim yang mampu merusak dinding sel patogen dan menghambat pertumbuhan patogen. Dinding sel patogen diduga mengalami lisis akibat adanya aktivitas enzim yang dihasilkan oleh cendawan antagonis. *Trichoderma* diketahui mampu menghasilkan sejumlah metabolit sekunder berupa alametichin, paracelsin,

dan trichotoksin yang dapat menghancurkan sel kapang dengan cara merusak membran sel (Octriana 2011). *T. harzianum* mampu mengeluarkan senyawa antibiotik seperti glitoksin dan glioviridin (Alfizar *et al.* 2013); serta memproduksi enzim hidrolitik (De Marco dan Felix 2002) enzim kitinase dan β 1,3-glukanase (Octriana 2011).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *Penicillium* sp. mempunyai potensi paling baik dalam menghambat pertumbuhan *C. gloeosporioides*. Cendawan *Penicillium* sp. menghasilkan senyawa antimikrob yang mampu menghambat pertumbuhan patogen (Makut dan Owolewa 2011). Genus *Penicillium* juga mampu menghambat pertumbuhan patogen melalui mekanisme kompetisi dan antibiosis (Nurhayati 2011). *Trichoderma* dan *Penicillium* bisa menghambat pertumbuhan patogen dengan persentase paling tinggi. Pertumbuhan dua cendawan tersebut lebih cepat daripada patogen sehingga berpotensi sebagai agens hayati.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa cendawan rizosfer yang diperoleh dari tanaman jeruk sebanyak empat genus yaitu *Fusarium*, *Fusidium*, *Penicillium*, dan *Trichoderma*. Cendawan rizosfer *Trichoderma* mempunyai potensi menghambat pertumbuhan patogen *B. theobromae* dan *C. gloeosporioides* secara *in vitro*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfizar, Marlina, Susanti F. 2013. Kemampuan antagonis *Trichoderma* sp. terhadap beberapa cendawan patogen *in vitro*. Jurnal Floratek. 8(1):45–51.
- Barnett HL, Hunter BB. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi 4th ed.* Minnesota (US): American Phytopathological Society Press.
- Chalimatus HSC. 2013. Efektivitas jamur *Trichoderma harzianum* dan mikroba kotoran sapi pada pengomposan limbah sludge pabrik kertas [skripsi]. Semarang (ID): Universitas Negeri Semarang.
- De Marco JL, Felix CR. 2002. Characterization of a protease produced by a *Trichoderma*

- harzianum* isolate which controls cocoa plant witches' broom disease. BMC Biochemistry. 3:1–7. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2091-3-3>.
- Dwiastuti ME, Agustina D, Triasih U. 2016. Keanekaragaman hayati penyakit busuk batang jeruk (*Botryodiplodia theobromae* Pat.) di Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional II Kerjasama Prodi Pendidikan Biologi FKIP dengan Pusat Studi Lingkungan dan Kependudukan (PSLK) Universitas Muhammadiyah Malang*; 2016 Mar 26; Malang (ID): Universitas Muhammadiyah Malang. Hlm. 94–109.
- Kadek IS, I Made S, I Ketut S. 2015. Pengendalian penyakit antraknosa (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) pada buah jeruk siam (*Citrus nobilis* var. *microcarpa*) dengan menggunakan minyak atsiri cengkeh dan sereh dapur. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 4(1):16–24.
- Limón MC, Chacón MR, Mejías R, Delgado-Jarana J, Rincón AM, Codón AC, Benítez T. 2004. Increased antifungal and chitinase specific activities of *Trichoderma harzianum* CECT 2413 by addition of a cellulose binding domain. *Applied Microbiology Biotechnology*. 64(5):675–685. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-003-1538-6>.
- Makut MD, Owolewa OA. 2011. Antibiotic producing fungi present in the soil environment of Keffi Metropolis, Nasarawa State, Nigeria. *Trakia Journal of Science*. 9(2):33–39.
- Nurbailis, Martinus, Azniza V. 2014. Keanekaragaman jamur pada rizosfer tanaman cabai sistem konvensional dan organik dan potensinya sebagai agen pengendali hayati *Colletotrichum gloeosporioides*. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 14(1):16–24. DOI: <https://doi.org/10.23960/j.hptt.11416-24>.
- Nurhayati D. 2011. Penggunaan cendawan dan bakteri dalam pengendalian penyakit tanaman secara hayati yang ramah lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Dekan Bidang Ilmu-ilmu Pertanian BKS-PTN Wilayah Barat*; 2011 Mei 23–25; Palembang (ID): Universitas Sriwijaya. Hlm. 316–321.
- Octriana L. 2011. Potensi agen hayati dalam menghambat pertumbuhan *Phytophthora* sp. secara *in vitro*. *Buletin Plasma Nutfah*. 17(2):138–142. DOI: <https://doi.org/10.21082/blpn.v17n2.2011.p138-142>.
- Purwati, Hamidah. 2019. Biodiversitas mikroba rizosfer tanaman jeruk keprok Borneo Prima (*Citrus reticulata* cv Borneo Prima). *Jurnal Agrifarm*. 7(2):50–53. DOI: <https://doi.org/10.24903/ajip.v7i2.431>.
- Rajesh RW, Rahul MS, Ambalal NS. 2016. *Trichoderma*: A significant fungus for agriculture and environment. *African Journal of Agricultural Research*. 11(22):1952–1965. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10584>.
- Ristiari NP, Julyasih KS, Suryanti IA. 2019. Isolasi dan identifikasi jamur mikroskopis pada rizosfer tanaman jeruk siam (*Citrus nobilis* Lour.) di Kecamatan Kintamani, Bali. *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha*. 6(1):10–19.
- Shahid M, Srivastava M, Pandey S, Singh A, Kumar V, Srivastava Y. 2014. Biocontrol mechanisms by *Trichoderma* through genomik and proteomik analysis: a review. *African Journal of Microbiology Research*. 8(33):3064–3069. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJMR2014.6951>.
- Sindhu R, Suprabha NG, Shashidhar S. 2011. Media engineering for the production of cellulase from *Penicillium* species (SBSS 30) under solid state fermentation. *Biotechnology, Bioinformatics and Bioengineering*. 1:343–349.
- Suniti NW, Suada IK, Sudarma IM. 2016. Epidemi penyakit antraknosa pada tanaman jeruk nipis [(*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle)] di Desa Kertalangu, Kecamatan Denpasar Timur. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 5(1):112–122.
- Vasanthakumari MM, Shivanna MB. 2013. Biological control of anthracnose of chilli with rhizosphere and rhizoplane fungal isolates from grasses. *Archives*

- of Phytopathology and Plant Protection. 46(14):1641–1666. DOI: <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.771901>.
- Verdin A, Sahraoui AL, Durand R. 2004. Degradation of benzo [a] pyrene by mitosporic fungi and extracellular oxidative enzymes. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 53(2):65–70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2003.12.001>.
- Watanabe T. 2002. Pictorial atlas of soil and seed fungi. 2nd Edition CRC Press LLC. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420040821>.
- Wibowo A, Priyatmojo A, Sutejo MA. 2008. Identifikasi morfologi beberapa spesies jamur *Fusarium*. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 14(1):7–13
- Wu QS, Zou YN, Huang YM. 2013. The arbuscular mycorrhizal fungus *Diversispora spurca* ameliorates effects of waterlogging on growth, root system architecture and antioxidant enzyme activities of citrus seedlings. *Fungal Ecology*. 6(1):37–43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2012.09.002>.
- Živković S, Stojanović S, Ivanović Ž, Gavrilović V, Popović T, Balaž J. 2010. Screening of antagonistic activity of microorganisms against *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides*. *Archives of Biological Sciences*. 62(3):611–623. DOI: <https://doi.org/10.2298/ABS1003611Z>.