

**Efektivitas Cendawan Antagonis dalam Menekan Pertumbuhan
Cendawan *Lasiodiplodia theobromae* Penyebab Penyakit Busuk
Pangkal Batang Pada Bibit Tanaman Jeruk Keprok Selayar (*Citrus
reticulata* L.)**

NOOR ADATUL JANNA

G011 18 1461



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
DEPARTEMEN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**Efektivitas Cendawan Antagonis dalam Menekan Pertumbuhan
Cendawan *Lasiodiplodia theobromae* Penyebab Penyakit Busuk
Pangkal Batang Pada Bibit Tanaman Jeruk Keprok Selayar (*Citrus
reticulata* L.)**



NOOR ADATUL JANNA

G011 18 1461

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Pertanian

Departemen Hama Dan Penyakit Tumbuhan

Fakultas Pertanian

Universitas Hasanuddin

Makassar

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
DEPARTEMEN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN**

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Efektivitas Cendawan Antagonis dalam Menekan Pertumbuhan Cendawan *Lasiodiplodia theobromae* Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang Pada Bibit Tanaman Jeruk Keprok Selayar (*Citrus reticulata* L.)

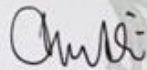
Nama : Noor Adatul Janna

NIM : G011181461

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc
NIP. 19650316 198903 2 002



Asman, S.P., M.P
NIP. 198111142014041001

Diketahui oleh:

Ketua Program Studi Agroteknologi,



Dr. Ir. Abd. Haris L., M.Si
NIP. 19670811 199403 1 003

Tanggal Lulus: Maret 2023

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Efektivitas Cendawan Antagonis dalam Menekan Pertumbuhan Cendawan *Lasiodiplodia theobromae* Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang Pada Bibit Tanaman Jeruk Keprok Selayar (*Citrus reticulata* L.)

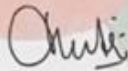
Nama : Noor Adatul Janna

NIM : G011181461

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc.
NIP. 19650316 198903 2 002



Asman, S.P., M.P.
NIP. 19811114 201404 1 001

Diketahui oleh:

Ketua Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan,




Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc.
NIP. 19650316 198903 2 002

Tanggal Lulus: Maret 2023

Deklarasi

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Efektivitas Cendawan Antagonis dalam Menekan Pertumbuhan Cendawan *Lasiodiplodia theobromae* Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang Pada Bibit Tanaman Jeruk Keprok Selayar (*Citrus reticulata* L.)" benar adalah karya saya dengan arahan tim pembimbing, belum pernah diajukan atau tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Saya menyatakan bahwa, semua sumber informasi yang digunakan telah disebutkan di dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

Makassar, Maret 2023



Noor Adatul Janna

G011181461

ABSTRAK

Noor Adatul Janna (G011181461). “Efektivitas Cendawan Antagonis dalam Menekan Pertumbuhan Cendawan *Lasiodiplodia theobromae* Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang Pada Bibit Tanaman Jeruk Keprok Selayar (*Citrus reticulata* L.)”. Dibimbing oleh Tutik Kuswinanti dan Asman

Salah satu kendala utama produksi jeruk adalah penyakit tanaman karena dapat mengganggu proses pertumbuhan dan produksi tanaman jeruk. Salah satu penyakit penting tanaman jeruk adalah busuk pangkal batang yang disebabkan oleh cendawan *Lasiodiplodia theobromae*. Pengendalian yang banyak digunakan adalah pengendalian secara kimiawi, namun pengendalian ini dapat berdampak buruk bagi lingkungan. Oleh karena itu dibutuhkan alternatif pengendalian penyakit tanaman yang ramah lingkungan dan mampu menunjang pertanian berkelanjutan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas cendawan antagonis dalam menekan infeksi *L. theobromae* penyebab busuk pangkal batang pada tanaman jeruk keprok Selayar (*Citrus reticulata* L.). Cendawan antagonis yang digunakan yaitu cendawan *Trichoderma* sp. dan *Aspergillus* sp. Parameter yang diamati yaitu insidensi penyakit dan keparahan penyakit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat *Trichoderma* sp. dan *Aspergillus* sp. tidak memberikan penekanan yang signifikan terhadap infeksi busuk pangkal batang. Hasil reisolasi pada jaringan batang tidak ditemukan cendawan *Trichoderma* sp. dan *Aspergillus* sp. namun ditemukan *L. theobromae*, pada perlakuan kontrol negatif ditemukan satu tanaman yang menunjukkan gejala busuk batang, sehingga diduga bibit tanaman yang digunakan sebelum diinokulasikan cendawan antagonis sudah lebih dulu terinfeksi dengan patogen *L. theobromae*.

Kata Kunci: *Aspergillus* sp., Insidensi penyakit, *In Vivo*, Pengendalian Hayati, *Trichoderma* sp.

ABSTRACT

One of the main obstacles to citrus production is plant disease because it can interfere with the growth and production of citrus plants. One of the important diseases of citrus plants is stem rot caused by the fungus *L. theobromae*. The control that is widely used is chemical control, but this control can have a negative impact on the environment. Therefore we need an alternative plant disease control that is environmentally friendly and able to support sustainable agriculture. The aim of this study was to determine the effectiveness of antagonistic fungi in suppressing *Lasiodiplodia theobromae* infection that causes stem rot in Selayar citrus (*Citrus reticulata* L.). The antagonistic fungus used was *Trichoderma* sp. and *Aspergillus* sp. Parameters observed were disease incidence and disease severity. The results showed that the isolates of *Trichoderma* sp. and *Aspergillus* sp. did not provide significant suppression of stem base rot infection. The results of re-isolation in stem tissue were not found by the fungus *Trichoderma* sp. and *Aspergillus* sp. however, *L. theobromae* was found, in the negative control treatment, one plant was found that showed symptoms of stem rot, so it is suspected that the plant seeds used before inoculating the antagonistic fungus had been infected with the pathogen *L. theobromae*.

Keywords: *Aspergillus* sp., Biological Control, Disease Incidence, *In Vivo*, *Trichoderma* sp.

PERSANTUNAN

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “**Efektivitas Cendawan Antagonis dalam Menekan Pertumbuhan Cendawan *Lasiodiplodia theobromae* Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang Pada Bibit Tanaman Jeruk Keprok Selayar (*Citrus reticulata* L.)**.” Shalawat dan salam tak lupa juga penulis kirimkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang telah mengantarkan dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang-benderang.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini telah banyak pihak yang membantu dalam bentuk apapun itu. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak dengan segala keikhlasannya yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. Kedua Orang Tua, Bapak **Saripuddin** dan Ibu **Sitti** yang selalu memberikan dukungan selama terjun di dunia perkuliahan sampai berada di titik ini, selalu memberikan apa yang dibutuhkan penulis baik itu bantuan dalam bentuk materi maupun non materi. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terimakasih untuk semua pengorbanan yang telah diberikan yang tentunya tidak bisa terbalaskan. Penulis percaya bahwa dibalik kemudahan, kesuksesan, serta keberhasilan adalah hasil pengijabahan dari kedua orang tua.
2. Dosen Pembimbing pertama, **Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M. Sc** dan Pembimbing Kedua **Asman, S.P., M.P** yang telah memberikan bimbingan yang luar biasa, terima kasih atas segala kesabaran, keikhlasan dan ketulusannya dalam mengarahkan, memberikan bantuan serta masukan-masukan kepada penulis dimulai dari penyusunan proposal, penelitian, penulisan skripsi sampai dengan hari ini.
3. Dosen penguji bapak **Prof. Ir. Andi Nasruddin, M. Sc., Ph.D**, bapak **Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, DEA** dan bapak **M. Bayu Mario, S.P., M.P, M.Sc.** selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik serta saran yang sangat membantu penulis dalam proses penelitian maupun penyusunan skripsi ini.
4. Staf Laboratorium dan Staf Pegawai Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Pak **Kamaruddin**, Pak **Ardan**, Pak **Ahmad**, Ibu **Ani** yang telah selalu memberikan nasehat dan membantu proses penelitian penulis dan terimakasih untuk Ibu **Rahmatiah, SH.**, dan Ibu **Nurul** yang membantu dalam segala urusan administrasi penulis serta banyak mengajarkan arti dari kesabaran.
5. Saudara **Apt. Muhammad Arisandi S.Farm, Edis wandi, dan Muhammad Rifaldi**, yang tidak henti-hentinya memberikan dukungan, motivasi, nasehat, serta kasih sayang yang tidak pernah pudar. Semoga kelak kita bisa sama-sama membahagiakan kedua orang tua.
6. Keluarga besar **Alm. H. Hasan** yang selalu memberikan dukungan, motivasi, serta bantuan baik itu dalam bentuk materi maupun non materi. Terima kasih atas segalanya, semoga kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan terbaik dari Tuhan.
7. Sahabat seperjuangan penulis **Reski Rahmayanti** yang lebih muda dari penulis tapi berasa kakak, yang selalu memberikan semangat, menegur ketika salah, mengingatkan

ketika jauh dari Tuhan dan tentunya sebagai tempat mencurahkan segala isi hati. Tidak ada kata yang tepat untuk menjelaskan betapa banyak bantuan yang diberikan, penulis tidak tau apa yang dapat dilakukan tanpamu. Penulis bersyukur dan mengucapkan terimakasih yang paling hangat sudah mau menjadi sahabat penulis dari awal perkuliahan sampai hari ini dan berharap persahabatan kita till Jannah.

8. **Sahabat penulis; Nurul Wahdaniah A.Md. Farm, Hidayatun Nurfalalah A.Md.T, Andi Nur Qalbi A.Md.T, Asrianti dan Andi Afrah A.Md.T,** yang selalu memberikan dukungan, motivasi, serta meluangkan waktunya untuk membantu, menemani dan mengarahkan serta memberikan semangat yang tak ada henti-hentinya. Penulis bersyukur punya kalian. Kalian adalah bagian berharga untuk puzzle ini.
9. **Sobat sedari SMP, Riska, S.Ab., Ita Rahayu, S.M., Fitri Handayani, S.Tr.T., dan Rawana, S.Ab.** yang selalu memberikan dukungan, motivasi, mendoakan, dan pastinya menyemangati penulis.
10. **Teman-teman BPH HMPT-UH 21/22, HMPT-UH, DIAGNOS18, KKN Unhas Bone 1 Khususnya Posko 1, PMB-UH Latenritatta, H18RIDA.** Yang telah berpartisipasi selama penyusunan skripsi, semoga kalian dimudahkan dalam segala urusannya.

Serta semua pihak yang turut serta dalam penyelesaian pendidikan, penelitian, dan penyusunan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Penulis menyampaikan ucapan Terima Kasih yang sebesar-besarnya untuk seluruh bantuan yang diberikan. Dengan segala kerendahan hati penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.
Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Noor Adatul Janna

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Error! Bookmark not defined.

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Error! Bookmark not defined.

Deklarasi

Error! Bookmark not defined.

ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vii
PERSANTUNAN.....	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	2
1.3 Hipotesis	2
2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Jeruk Keprok Selayar (<i>Citrus reticulata</i> L.)	3
2.2 Penyakit Busuk Pangkal Batang (<i>Lasiodiplodia theobromae</i>).....	3
2.2.1 Patogen <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	4
2.2.2 Gejala Serangan dan Kisaran Inang <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	6
2.3 Pengendalian Penyakit <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	7
2.4 Cendawan Antagonis	9
3. METODOLOGI	11
3.1 Tempat dan Waktu.....	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Metode Pelaksanaan	11
3.3.1 Perbanyak Isolat Cendawan Antagonis	11
3.3.2 Menghitung Kerapatan Spora.....	11
3.3.3 Pengaplikasian Isolat Cendawan Antagonis.....	12
3.3.4 Infeksi Cendawan Patogen <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	12
3.3.5 Pemeliharaan Tanaman.....	12

3.4	Parameter Pengamatan.....	12
3.5	Analisis Data.....	13
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1	Hasil.....	14
4.1.1	Persentase Insidensi Penyakit.....	14
4.1.2	Persentase Intensitas Serangan <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	15
4.2	Pembahasan	19
5.	KESIMPULAN	22
	Daftar Pustaka	23
	Lampiran	27

DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Menurut Widyastiti (2021) Skoring penyakit busuk pangkal batang jeruk berdasarkan pada luas gejala.....	13
Tabel 4-1 Persentase insidensi daun menguning pada bibit jeruk selama sembilan Minggu Setelah Inokulasi (MSI) <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	14
Tabel 4-2 Persentase keparahan gejala penyakit busuk pangkal batang pada tanaman jeruk selama 9 Minggu Setelah Inokulasi cendawan (MSI) <i>Lasiodiplodia theobromae</i> ..	15
Tabel 4-3 Hasil reisolasi batang yang terinfeksi <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	16
Tabel 4-4. Hasil reisolasi akar setelah sembilan MSI <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	18

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1. *Lasiodiplodia theobromae*; (A-D) dari holotipe *Sphaeria rhodiana*. (A-B) Asci. (C dan D) Askospora. (E dan I) lapisan konidiogen dengan sel konidiogen dan parafisis. (F) Parafisis. (G) Konidia hialin yang belum matang. (H) Konidia berkembang. (J dan K) konidia dewasa, berdinding gelap, bersepta satu, lurik dalam dua bidang fokus yang berbeda. Bilah skala = 10 μm (Phillips et al., 2013). 6
- Gambar 2. Gejala penyakit busuk batang basah; (A) dan (B) gejala penyakit busuk batang kering akibat terserang cendawan *L. theobromae* (Endarto, 2016) 7

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Tabel 1a.	Jumlah daun pada bibit jeruk selama sembilan Minggu Setelah Inokulasi (MSI)	27
Lampiran Tabel 1a.	Persentase insidensi daun jeruk oleh <i>L. theobromae</i> setelah inokulasi cendawan antagonis.....	27
Lampiran Tabel 1b.	Analisis sidik ragam insidensi penyakit	28
Lampiran Tabel 2a.	Keparahan gejala penyakit busuk pangkal batang pada tanaman jeruk selama 9 Minggu Setelah Inokulasi (MSI) <i>L. theobromae</i>	31
Lampiran Tabel 2b.	Analisis sidik ragam keparahan gejala penyakit busuk pangkal batang	32
Lampiran Gambar 1.	(A) Perbanyakkan cendawan antagonis dan cendawan patogen, (B) Isolat <i>Lasiodiplodia theobromae</i> , (C) Isolat jaringan daun (<i>Aspergillus</i> sp.), (D) isolat jaringan akar 1 (<i>Trichoderma</i> sp.), (E) Isolat jaringan batang (<i>Aspergillus</i> sp.), (F) Isolat jaringan akar 2 (<i>Trichoderma</i> sp.), (G) Isolat jaringan akar (<i>Aspergillus</i> sp.).....	35
Lampiran Gambar 2.	(A) Proses Pengenceran spora, (B) Perhitungan spora menggunakan <i>haemocytometer</i>	35
Lampiran Gambar 3.	(A) Pengaplikasian cendawan antagonis, (B) Pelukaan pada batang, (C)Pengaplikaiann miselium cendawan patogen pada batang yang telah di lukai, (D) Penutupan menggunakan palistik parafilm.....	36
Lampiran Gambar 4.	Perkembangan gejala busuk pangkal batang pada bibit tanaman jeruk	36
Lampiran Gambar 5.	Hasil reisolasi setiap perlakuan.....	37
Lampiran Gambar 6.	(A) Daun menguning, (B) ranting mengering (mati), (C) daun gugur	37

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara agraris dan memiliki tanah yang subur sehingga memungkinkan potensi tumbuhnya berbagai jenis tanaman buah-buahan termasuk buah jeruk (*Citrus* sp.). Indonesia merupakan salah satu negara penghasil jeruk terbesar setelah Mesir dengan total produksi pada tahun 2016, 2017, 2018, 2019 berturut-turut mencapai 2.138.474 ton, 2.538.173 ton, 2.510.442 ton dan 2.563.490 ton. Nilai produksi tersebut mencakup semua jenis jeruk, mulai dari jeruk manis, siam, keprok, dan pomelo. Meskipun demikian faktanya buah jeruk merupakan salah satu komoditas hortikultura impor utama (Kosasih *et al.*, 2021).

Salah satu kendala utama produksi jeruk ialah gangguan hama dan penyakit dimana penyakit memegang peranan penting dalam proses pertumbuhan dan produksi suatu tanaman. Sejak tahun 1970 kondisi pertanaman jeruk di Indonesia mengalami degradasi dan hampir mengalami kehancuran karena terserang penyakit *citrus vein phloem degeneration* (CVPD) yang menyebar secara luas di Indonesia dan menyebabkan penurunan produksi jeruk. Namun akhir-akhir ini ditemukan adanya insidensi penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB) di beberapa sentra penanaman jeruk di Indonesia. Penyakit busuk pangkal batang atau disebut juga penyakit blendok menyebar sangat cepat dan dapat menyebabkan kematian tanaman saat masih di pembibitan maupun tanaman yang sudah berproduksi di lapangan. Tanaman jeruk yang terserang menunjukkan gejala busuk pada pangkal batang disertai terbentuknya blendok (gumosis) dan mengeluarkan aroma asam (Retnosari *et al.*, 2014).

Penyakit BPB berupa cairan atau blendok berwarna kuning emas yang keluar dari batang dan cabang. Penyakit ini disebabkan oleh cendawan *Lasioidiplodia theobromae* yang menyerang bagian batang dan cabang yang dapat mengganggu proses fotosintesis dan secara otomatis dapat mengakibatkan penurunan produktivitas tanaman sehingga mengancam kerusakan dan kematian 63.431 ha lahan jeruk di Indonesia. Dulu penyakit ini dianggap tidak berbahaya, tidak seperti penyakit CVPD. Namun sekarang faktanya serangan CVPD hanya 2–3% saja sedangkan penyakit BPB telah menyerang 35–40% populasi di sentra jeruk. Perubahan iklim sejak tahun 2009–2010 yang cenderung basah diduga menjadi penyebab mengganasnya penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh cendawan *L. theobromae* yang dapat mengakibatkan kematian pada tanaman jeruk di Indonesia (Dwiastuti *et al.*, 2018).

Jenis pengendalian yang dilakukan oleh petani dalam mengatasi penyakit busuk pangkal batang saat ini yaitu menggunakan pengendalian secara kimiawi. Penggunaan pestisida kimia dapat dikurangi dengan pemanfaatan agen antagonis alami, seperti cendawan antagonis. Pengendalian secara hayati dilakukan untuk mengurangi residu yang dihasilkan akibat menggunakan pestisida kimia. Penggunaan agen hayati seperti cendawan antagonis merupakan cara pengendalian yang aman dan tidak mencemari lingkungan. Mikroba alami adalah salah satu jenis agen hayati yang sering dikembangkan, baik yang hidup sebagai saprofit dalam tanah, air, dan bahan organik, termasuk yang hidup dalam jaringan tanaman, semua bersifat menghambat pertumbuhan dan berkompetisi dalam ruang dan nutrisi dengan patogen sasaran (Agustina *et al.*, 2019).

Pengendalian penyakit secara kimiawi yang sering dilakukan petani dapat berdampak buruk bagi keberlangsungan produksi jeruk karena akan mempengaruhi tingginya kadar

toksisitas di lingkungan sekitar areal pertanaman. Aplikasi fungisida secara nyata dapat menurunkan kelimpahan mikroorganisme tanah yang berperan sebagai dekomposer. Hal ini disebabkan oleh akumulasi residu yang tertinggal di dalam tanah. Selain itu, hewan dan manusia juga memperoleh pengaruh negatif karena residu yang berasal dari sisa racun dapat tertinggal pada bagian tanaman serta produk buah yang dihasilkan, ini sangat berbahaya karena residu tersebut dapat berupa senyawa karsinogenik penyebab kanker. Toksin dari pengendalian kimia juga seringkali tidak selektif terhadap hama sasaran sehingga dapat membahayakan keberadaan predator, parasitoid, serangga penyerbuk serta serangga berguna lainnya. Jika pengendalian kimiawi digunakan secara terus menerus maka hal ini dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu dibutuhkan suatu cara pengendalian penyakit tanaman yang ramah lingkungan dan mampu menunjang pertanian berkelanjutan (Lestari *et al.*, 2018).

Pengendalian penyakit tanaman yang mendukung pertanian berkelanjutan dapat dicapai dengan memanfaatkan musuh alami atau yang disebut sebagai pengendalian hayati. Salah satu contoh musuh alami yaitu cendawan antagonis yang dapat digunakan sebagai agen antagonis terhadap patogen. Cendawan antagonis merupakan cendawan yang dapat menekan atau mengurangi kepadatan inokulum atau aktivitas patogen dalam menimbulkan penyakit baik dalam bentuk fase dorman (istirahat) maupun aktif. Cendawan antagonis sebagai salah satu agen pengendali hayati dapat menekan pertumbuhan patogen melalui beberapa mekanisme antara lain kompetisi, antibiosis, dan hiperparasit. Selain menekan pertumbuhan patogen, beberapa spesies cendawan juga mampu menghasilkan hormon pertumbuhan bagi tanaman (Muslim, 2019).

Berdasarkan uraian di atas dapat diketahui bahwa cendawan endofit memiliki manfaat bagi tanaman sehingga menjadi landasan dilakukannya penelitian mengenai efektivitas cendawan endofit dalam menekan pertumbuhan cendawan *L. theobromae* penyebab penyakit busuk pangkal batang pada bibit tanaman jeruk keprok Selayar (*Citrus reticulata* L.)

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui efektivitas cendawan antagonis dalam menekan insidensi dan keparahan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *L. theobromae* pada bibit jeruk keprok Selayar (*Citrus reticulata* L.). Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai bahan informasi yang dapat dijadikan referensi oleh masyarakat umum dan khususnya pelaku budidaya jeruk mengenai pengendalian hayati menggunakan cendawan antagonis dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh cendawan *L. theobromae*.

1.3 Hipotesis

Terdapat isolat mikroba cendawan antagonis yang paling efektif dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang pada tanaman jeruk keprok Selayar (*Citrus reticulata* L.) yang disebabkan oleh cendawan patogen *L. theobromae*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jeruk Keprok Selayar (*Citrus reticulata* L.)

Jeruk merupakan salah satu komoditi buah-buahan yang mempunyai peranan penting di pasaran dunia maupun dalam negeri baik dalam bentuk segar maupun olahannya. Salah satu jenis jeruk lokal yang dibudidayakan di Indonesia adalah jeruk keprok. Jeruk keprok (*Citrus reticulata* L.) merupakan salah satu jeruk unggul Indonesia yang telah ditetapkan sebagai varietas unggul nasional (SK Menteri Pertanian No. 863/Kpts/TP.240/11/98) dan sebagai jeruk substitusi impor, khususnya untuk jenis mandarin (Yulianti, 2010)

Secara fisik, jeruk keprok memiliki kulit buah dengan warna oranye cerah, mudah dikupas, tekstur kulit buah halus, mengkilap, bentuk buah bulat pipih, dan ukuran besar (diameter buah 7-8 cm). Jeruk ini memiliki rasa yang khas yang merupakan campuran antara manis dan asam yang segar, warna daging buah orange, dan tekstur daging buah lembut. (Yulianti, 2010).

Morfologi dari tanaman jeruk keprok yaitu memiliki habitus tegak menjulang, daun sessile-elliptic tanpa petiole/petiole kecil, tepi daun bergelombang, ujung daun tumpul, bunga berukuran kecil; majemuk berwarna putih, dan buah berukuran sedang (5-12 buah/kg); kulit mudah terkelupas; juring mudah dilepas; ujung buah kadang memiliki konde serta memiliki rasa yang manis asam (Balitjestro, 2016).

Beberapa varietas jeruk keprok yang terkenal yaitu : K.Madura, K. Terigas, K. Tejakula, K. Borneo Prima, K. Selayar, K Batu 55, K. Garut, K Berasitepu, Siam Madu, Siam Kintamani, K.Tawangmangu (Balitjestro,2016). Jeruk keprok selayar merupakan komoditas primadona bagi petani setempat. Pertanaman jeruk tersebar di daratan Pulau Selayar terutama di Kecamatan Bontoharu, Bontomatene, dan Bontosikuyu. Jeruk keprok varietas Selayar merupakan salah satu varietas unggul asal Sulawesi Selatan. Jeruk keprok ini merupakan jeruk keprok pertama yang didaftarkan sebagai varietas unggul di Indonesia. Pengembangan jeruk keprok selayar secara masif pernah dilakukan pada akhir tahun 1990-an melalui proyek IHDUA/OECF. Melalui program ini dilakukan pengembangan jeruk selayar dengan total mencapai 1.500 ha. Dinamakan jeruk selayar karena memang pertama kali dikembangkan oleh para petani di Kepulauan Selayar, salah satu kabupaten di wilayah kepulauan di Provinsi Sulawesi Selatan (Hatta, 2003).

2.2 Penyakit Busuk Pangkal Batang (*Lasiodiplodia theobromae*)

Penyakit Busuk Pangkal Batang atau dikenal sebagai penyakit blendok merupakan penyakit penting yang menyerang berbagai komoditas tanaman perkebunan, hortikultura dan pangan, khususnya tanaman jeruk. Penyakit ini awalnya dianggap tidak berbahaya, tidak seperti penyakit CVPD, namun fakta saat ini serangan penyakit BPB telah menyerang 35-40% populasi di sentra jeruk dengan tingkat kerusakan yang berat (Dwiastuti *et al.*, 2017). Penyakit BPB atau sering disebut dengan penyakit blendok karena bereaksi mengeluarkan blendok. Penetrasi menyebabkan tanaman bereaksi dengan mengeluarkan substansi pertahanan berupa gumosis (blendok) berwarna kuning. Gumosis dikeluarkan oleh tanaman sebagai bentuk reaksi setelah adanya serangan patogen dalam jaringan, gumosis di produksi untuk melokalisasi patogen agar

tidak berkembang lebih luas. Gumosis yang keluar dari permukaan kulit jaringan tanaman menunjukkan tingkat serangan yang sudah lanjut (Gusnawaty *et al.*, 2013).

Penyakit Busuk Pangkal Batang disebabkan oleh cendawan *L. theobromae* (Patoillard) Griffon dan Maublanc (Wiyono, 2011). Penyakit ini juga merupakan salah satu penyakit serius pada pertanaman jeruk baik di Indonesia maupun di luar negeri. Di Indonesia penyakit ini ditemukan di berbagai daerah yaitu di daerah Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, Bali, Nusa Tenggara Timur, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi, sedangkan di luar negeri penyakit ini ditemukan di Amerika Serikat, Thailand, India, Kuba, dan Malaysia. Penyakit BPB memiliki sebaran geografis yang sangat luas dimana telah ditemukan lebih dari 22 provinsi, kabupaten, dan kota yang menjadi sentra pertanaman jeruk di Indonesia. Penyakit ini pernah menyerang 85% dari 500 ha pertanaman jeruk pamelon di Jawa Timur (Magetan) dengan tingkat serangan ringan hingga sedang. Hal ini juga pernah terjadi di Kalimantan Selatan yaitu sekitar 54% atau sebanyak 825.318 pohon jeruk mengalami kematian akibat penyakit ini (Dwiastuti *et al.*, 2017).

Penyakit ini menyebar sangat cepat dan dapat menyebabkan kematian tanaman saat masih di pembibitan maupun tanaman yang sudah berproduksi di lapangan (Retnosari *et al.*, 2014). Kerugian yang disebabkan oleh cendawan ini mencapai 50–85% dari total produksi yang diperoleh pada musim panen (Hariri, 2017). Tingkat keparahan serangan penyakit ini berhubungan erat dengan tingkat perawatan kebun. Serangan busuk pangkal batang cenderung sangat tinggi pada kebun yang sanitasinya kurang diperhatikan.

2.2.1 Patogen *Lasiodiplodia theobromae*

Penyebab penyakit busuk pangkal batang adalah cendawan *L. theobromae* yang pada awal mulanya penyebab penyakit ini diinformasikan sebagai *Diplodia nataliensis* yang mempunyai piknidium berwarna hitam serta posisinya tersebar, tidak berstroma, beda dengan *L. theobromae* yang mempunyai piknidium berkumpul dan berstroma, tetapi karena sifat tersebut tidak tetap maka keduanya saat ini disatukan (Semangun, 1996). Piknidium tersebar atau berkumpul di bawah epidermis atau kortek piknidium halus, konidiofor berbentuk seperti jarum. Sebaliknya konidium jorong, yang masak bersel dua berwarna gelap dengan kata lain mempunyai sekat berwarna gelap tidak mempunyai lapisan lendir di luarnya. Piknidium tersebar dengan bentuk tertutup kemudian pecah dan berwarna hitam (Khairani *et al.*, 2017).

Menurut Cabi (2021), cendawan *Botryodiplodia theobromae* bersinonim dengan *Lasiodiplodia theobromae* memiliki taksonomi sebagai berikut :

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Ascomycota
Kelas	: Dothideomycetes
Ordo	: Botryosphaerales
Famili	: Botryosphaeriaceae
Genus	: <i>Botryodiplodia</i>
Spesies	: <i>Botryodiplodia theobromae</i> (Patoillard) Griffon dan Maubl.

Karakteristik atau ciri dari *L. theobromae* yaitu miselium aerial awalnya berwarna putih 4–5 hari berubah menjadi warna hitam. Secara mikroskopis hifa bersekat awalnya hialin kemudian menjadi cokelat dan bersekat. Memiliki stadia seksual (teleomorfik) dan stadia aseksual (anamorfik). Spora aseksual yang diproduksi disebut askuspora. Spora aseksual

(konidia) diproduksi pada hifa dalam struktur tubuh buah aseksual (piknidia). Siklus hidup *L. theobromae* yaitu spora atau konidia berkecambah membentuk miselium berkembang menjadi piknidia atau badan buah aseksual, dalam piknidia dihasilkan konidia, kumpulan dari piknidia ini disebut stroma (Henuk, 2010). Menurut Yuyu (2012) Siklus hidup cendawan *L. theobromae* mengalami perubahan warna pada karakteristik makroskopis dari mulai warna putih hingga berwarna abu-abu hingga hitam. Pada *L. theobromae* memiliki miselia layaknya seperti benang halus, konidia pada saat matang berwarna cokelat. Karakter morfologi cendawan *L. theobromae* ditandai dengan pertumbuhan miselia dari isolat *L. theobromae* seperti benang rambut halus atau kapas, miselium udara berlimpah. Koloni mula-mula berwarna putih berubah menjadi warna abu-abu kemudian menjadi warna hitam. Piknidia sederhana, bergerombol, uniseluler, hialin, granulosa, subovoid sampai ellipsoidooblong, berdinding tebal, memotong seperti sekat; konidia matang uniseptate.

Cendawan *L. theobromae* dapat membentuk piknidium yang tersebar, mula-mula tertutup, kemudian pecah, dan berwarna hitam. Konidium terutama disebarkan oleh air dan serangga. Konidium berbentuk jorong, bersel satu dan kemudian pada saat dewasa konidium bersel dua, dan berwarna gelap. Patogen dapat mempertahankan diri pada ranting-ranting, dan kulit cabang terinfeksi (Ditlinhorti, 2020).

Cendawan *L. theobromae* dapat menyebar melalui udara, percikan air hujan. *L. theobromae* dapat terbawa oleh aliran air bersama dengan tanah, selain itu juga terbawa oleh bibit (okulasi), tanah yang menyertai bibit dan serangga vektor, serangga juga membuat pelukaan pada tanaman yang dapat membantu *L. theobromae* menjangkit dari tanaman sakit ke tanaman sehat pada saat serangga menggerek atau memakan jaringan tanaman. Sumber inokulum patogen lainnya adalah cabang pohon jeruk baik yang sehat maupun yang mati. Cendawan masih dapat bertahan hidup baik di dalam jaringan hidup maupun jaringan tanaman yang mati, itulah sebabnya sanitasi lahan sangat penting untuk dilakukan (Salamiah, 2008). Selain itu kekeringan yang terjadi secara tiba-tiba, pembuahan yang terlalu lebat dan perlukaan pada tanaman merupakan kondisi yang baik untuk perkembangan patogen (Dwiastuti, 2017).

Patogen akan segera berkecambah dan melakukan penetrasi kedalam jaringan tanaman pada kondisi kelembaban, nutrisi, dan suhu tinggi. Kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, patogen dapat membentuk struktur yang tahan. Pada kondisi yang lembab dan suhu tinggi memungkinkan patogen akan segera berkecambah dan kemudian melakukan penetrasi ke dalam jaringan tanaman. Penetrasi yang sudah berhasil masuk kedalam jaringan selanjutnya akan terjadi kolonisasi dan cendawan akan tumbuh dan memperbanyak koloni pada jaringan tanaman inang (Dwiastuti, 2016).

Reproduksi *L. theobromae* secara seksual memiliki *ascmata* (badan buah) berwarna cokelat tua sampai hitam, teregregasi, berdinding tebal, semakin tipis dan hialin menuju lapisan dalam, berdiameter 250–400 μm . Bentuk *asci bitunicate, clavate, stipitate*, mengandung 8 spora, Panjang 90–120 μm . Askuspora tidak teratur *biseriate*, hialin, tidak bersekat. Konidiomata stromatik, tunggal atau teragresi, benang dalam inang menjadi *erumpent* saat matang, cokelat tua, unilocular, berdinding tebal atau tipis, lebar hingga 5 mm. *Paraphyses* hialin, silindris, bersekat, kadang bercabang, ujung membulat, Panjang hingga 55 μm , lebar 3–4 μm . Konidiofor hialin, tunggal, kadang bersekat, jarang bercabang, silindris timbul dari lapisan dalam sel yang melapisi lokus. Sel konidiogen hialin, berdinding tipis, halus,

holoblastic, *determinate* dan *indeterminate* dan berkembang biak secara berkala, satu atau dua annelasi yang berbeda, atau berproliferasi pada tingkat yang sama, menimbulkan penebalan periclinal. Konidia subvoid sampai ellipsoid-ovoid, puncak lebar membulat, meruncing sampai pangkal, awalnya hialin dan dalam waktu yang lama menjadi cokelat tua dengan satu septa setelah keluar dari konidiomata, deposit melanin pada permukaan bagian dalam dinding tersusun membujur memberikan tampilan lurik pada konidia (Phillips *et al*, 2013).



Gambar 1. *Lasiodiplodia theobromae*; (A–D) dari holotipe *Sphaeria rhodiana*. (A–B) Asci. (C dan D) Askospora. (E dan I) lapisan konidiogen dengan sel konidiogen dan parafisis. (F) Parafisis. (G) Konidia hialin yang belum matang. (H) Konidia berkembang. (J dan K) konidia dewasa, berdinding gelap, berseptasi satu, lurik dalam dua bidang fokus yang berbeda. Bilah skala = 10 μ m (Phillips *et al.*, 2013).

Koloni *L. theobromae* yang ditemukan pada tanaman jeruk berwarna abu-abu muda sampai kehitaman. Hifa awalnya hialin kemudian berubah menjadi cokelat. Piknidium *L. theobromae* yang berasal dari tanaman jeruk memiliki warna gelap dan terbentuk secara berkelompok dalam stroma. Karakteristik konidium *L. theobromae* berbentuk jorong atau ovoid, hialin pada umur muda, tidak bersekat dan memiliki dinding ganda. Kemudian saat matang konidium berwarna cokelat, memiliki satu sekat berwarna gelap dan memiliki dinding tunggal, konidium berukuran rata-rata 24–29 \times 10–15 μ m (Dwiastuti, 2016).

2.2.2 Gejala Serangan dan Kisaran Inang *Lasiodiplodia theobromae*

Penyakit ini memiliki dua macam gejala yaitu busuk batang kering dan busuk batang basah. Serangan busuk batang basah mudah dikenal karena tanaman yang terserang mengeluarkan cairan kental (blendok) yang berwarna kuning keemasan hingga kecokelatan dari batang atau cabang-cabang tanaman. Kulit tanaman yang terserang tidak dapat sembuh kembali, kulit yang terserang kering dan terkelupas. Serangan busuk batang kering umumnya lebih berbahaya karena tidak adanya gejala khusus yang ditimbulkan sehingga sukar diketahui. Busuk batang kering baru dapat diketahui pada serangan yang telah lanjut, kulit tanaman jeruk mengering dan jika dipotong maka kulit dan kayu dibawahnya berwarna hitam kehijauan. Kulit batang atau cabang tanaman yang terserang mengering terdapat celah-celah kecil pada permukaan kulit. Pada bagian celah-celah kulit terdapat spora cendawan yang berwarna putih atau hitam. Perluasan kulit yang mengering sangat cepat dan bila sampai mengelang tanaman

dapat menyebabkan kematian tanaman. Biasanya infeksi baru diketahui jika daun-daun telah menguning sehingga batang atau cabang yang sakit tidak dapat ditolong lagi (Dwiastuti *et al.*, 2016).



Gambar 2. Gejala penyakit busuk batang basah; (A) dan (B) gejala penyakit busuk batang kering akibat terserang cendawan *L. theobromae* (Endarto, 2016).

Gejala khas dari serangan patogen *L. theobromae* yaitu ditandai dengan keluarnya cairan berwarna kuning keemasan atau berbusa dan terdapat retakan kulit batang akibat patogen penyebab busuk pangkal batang atau sering juga disebut penyakit diplodia karena bereaksi mengeluarkan blendok. Keluarnya cairan berwarna kuning (blendok) berupa gumosis sebagai substansi pertahanan atau sebagai bentuk reaksi telah adanya serangan patogen dalam jaringan, gummosis di produksi agar melokalisasi patogen agar tidak berkembang lebih luas. Gumosis yang keluar dari permukaan kulit jaringan tanaman menunjukkan tingkat serangan patogen yang sudah lanjut (Gusnawaty, 2013).

Keluarnya blendok berwarna kuning keemasan dari permukaan jaringan batang perlahan akan mengering dan mengelupas, apabila penyakit terus menerus dibiarkan maka patogen akan terus berkembang pada kulit sehingga menyebabkan timbulnya luka secara tidak teratur yang dapat berkembang melingkari batang atau cabang tanaman jeruk sehingga dapat menyebabkan kematian tanaman. Serangan pada batang utama akan lebih berbahaya dibanding serangan pada cabang atau ranting karena serangan yang melingkari batang utama mengakibatkan bagian tanaman diatas akan mengering atau bahkan berwarna hitam dan mengalami kematian (Gusnawaty, 2013).

Patogen *L. theobromae* penyebab busuk pangkal batang mempunyai kisaran inang di daerah tropis dan subtropis dan ditemukan terdapat lebih dari 280 genus tanaman inang diantaranya adalah pepaya, nangka, manggis, kacang-kacangan, pisang, mangga, jambu biji, karet, kakao, jambu mete, bunga mawar, pir, jeruk, dan ubi jalar (Twumasi, 2014).

2.3 Pengendalian Penyakit *Lasiodiplodia theobromae*

Penyakit busuk pangkal batang atau blendok merupakan salah satu penyakit utama yang disebabkan oleh cendawan *Lasiodiplodia theobromae* yang menginfeksi batang tanaman dapat mengganggu proses metabolisme dan secara otomatis dapat mengakibatkan penurunan produktivitas tanaman. Pengendalian secara hayati dilakukan untuk mengurangi residu yang dihasilkan akibat menggunakan pestisida kimia yang berdampak pada kondisi tanah. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengendalian hayati melalui eksplorasi cendawan antagonis yang dapat mengendalikan penyakit BPB di pertanaman jeruk (Singars, 2015).

Seperti yang diketahui bahwa faktor yang mempengaruhi perkembangan penyakit adalah aliran irigasi, percikan air, dan jenis inang. Upaya pengendalian yang tepat dan terpadu sangat perlu dilakukan, untuk mencegah kerusakan seperti epidemi CVPD pada tahun 70-an. Pengendalian terpadu harus dilakukan mulai dari pemeliharaan optimal, sanitasi, pengendalian hayati, pemberian fungisida yang tepat, penggunaan belerang atau bubuk bordox serta penggunaan tanaman sela dan tanaman penutup. Menanam jauh dari tanaman inang patogen *L. theobromae* seperti anggur, mangga, kakao, pisang, dan mawar. Upaya ini perlu dilakukan untuk menghindari terjadinya infeksi (Chen *et al.*, 2016).

Pengendalian penyakit busuk pangkal batang yang dilakukan oleh petani umumnya mengandalkan pestisida sintesis sehingga menimbulkan kekhawatiran para konsumen yang semakin sadar akan pentingnya mengkonsumsi produk pertanian yang bebas dari residu pestisida. Pengembangan pestisida botani dan pestisida hayati yang ramah dan aman bagi lingkungan telah banyak dilakukan, namun masih belum efektif ketika dilakukan di lapangan. Beberapa penelitian terakhir tentang pengendalian hayati yang mampu mengendalikan *L. theobromae* secara *in vitro* yaitu dengan trichoderma cair, trichokompos, Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dan khamir. Pengaplikasian pengendalian hayati juga beragam, yaitu dengan cara penaburan di sekitar pertanaman jeruk maupun dengan cara mengoleskannya ke batang tanaman yang bergejala (Oliyani *et al.*, 2018).

Pengendalian penyakit secara kimiawi yang sering dilakukan petani dapat berdampak buruk bagi keberlangsungan produksi jeruk karena akan mempengaruhi tingginya kadar toksisitas di lingkungan sekitar areal pertanaman. Aplikasi fungisida secara nyata dapat menurunkan kelimpahan mikroorganisme tanah yang berperan sebagai dekomposer. Hal ini disebabkan oleh akumulasi residu yang tertinggal di dalam tanah. Selain itu, hewan dan manusia juga memperoleh pengaruh negatif karena residu yang berasal dari sisa racun dapat tertinggal pada bagian tanaman serta produk buah yang dihasilkan, ini sangat berbahaya karena residu tersebut dapat berupa senyawa karsinogenik penyebab kanker. Toksin dari pengendalian kimia juga seringkali tidak selektif terhadap hama sasaran sehingga dapat membahayakan keberadaan predator, parasitoid, serangga penyerbuk serta serangga berguna lainnya. Jika pengendalian kimiawi digunakan secara terus menerus maka hal ini dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu dibutuhkan suatu cara pengendalian penyakit tanaman yang ramah lingkungan dan mampu menunjang pertanian berkelanjutan (Lestari *et al.*, 2018).

Pengendalian penyakit busuk pangkal batang yang dianggap efektif di kalangan petani adalah dengan menyayat batang atau cabang yang terserang penyakit busuk pangkal batang, kemudian diolesi dengan fungisida yang mengandung tembaga. Penggunaan fungisida campuran antara karbendazim 6,20% dan mankozeb 73,80% yang dioleskan pada batang yang telah disayat kulitnya, sebanyak dua kali per tahun dapat menekan serangan sampai 72,10%. Pengendalian juga dapat dilakukan dengan pelaburan bubuk california pada batang dan diimbangi dengan pemupukan NPK 1,5 kg. Cara ini mampu mengurangi laju infeksi dan meningkatkan produktivitas kualitas buah (Singars, 2015).

Pengendalian penyakit tanaman menggunakan bahan-bahan kimia kini mulai dihindari karena berdampak negatif bagi lingkungan. Oleh karena itu penggunaan pestisida nabati (biopestisida) mutlak diperlukan. Kebijakan global mengenai pembatasan penggunaan bahan

aktif kimiawi pada proses produksi pertanian pada gilirannya akan sangat membebani pertanian Indonesia. Hal ini disebabkan oleh tingginya tingkat ketergantungan petani terhadap pestisida kimia. Ketergantungan inilah yang akan melemahkan produk pertanian asal Indonesia dan daya saingnya di pasar global. Menghadapi realitas tersebut alangkah baiknya segera diupayakan pengurangan penggunaan pestisida kimiawi dan mengalihkannya pada jenis pestisida yang aman bagi lingkungan (Soenartiningih, 2010).

Pengendalian penyakit tanaman yang mendukung pertanian berkelanjutan dapat dicapai dengan memanfaatkan musuh alami atau yang disebut sebagai pengendalian hayati. Salah satu contoh musuh alami yaitu cendawan antagonis yang dapat digunakan sebagai agen antagonis terhadap patogen. Cendawan antagonis merupakan cendawan yang dapat menekan atau mengurangi kepadatan inokulum atau aktivitas patogen dalam menimbulkan penyakit baik dalam bentuk fase dorman (istirahat) maupun aktif. Cendawan antagonis sebagai salah satu agen pengendali hayati dapat menekan pertumbuhan patogen melalui beberapa mekanisme antara lain kompetisi, antibiosis, dan hiperparasit. Selain menekan pertumbuhan patogen, beberapa spesies cendawan juga mampu menghasilkan hormon pertumbuhan bagi tanaman (Muslim, 2019).

2.4 Cendawan Antagonis

Pengendalian hayati atau *biological control* dapat didefinisikan sebagai manipulasi organisme hidup yang menguntungkan atau yang disebut dengan musuh alami untuk mengurangi jumlah Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) atau jumlah kerusakan yang disebabkan oleh OPT yang melibatkan peranan manusia secara aktif. Musuh alami atau yang disebut sebagai agen pengendali hayati terdiri dari predator, parasitoid, dan patogen. Agen pengendali hayati untuk penyakit tanaman paling sering disebut sebagai agen antagonis (Gazali, 2015)

Salah satu cara pengendalian penyakit yang ramah lingkungan dan berpotensi untuk dikembangkan ialah pengendalian hayati dengan menggunakan mikroba yang hidup di sekitar akar tanaman sebagai agen biopestisida secara langsung maupun tidak langsung untuk mengontrol serangan penyakit terutama patogen tular tanah. Beberapa jenis mikroba yang sudah banyak dikembangkan dan diaplikasi sebagai bahan baku biofungisida adalah *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium* sp. dan *Aspergillus niger*. Pengendalian hayati dengan menggunakan mikroorganisme merupakan pendekatan alternatif yang perlu dikaji dan dikembangkan, sebab relatif aman serta bersifat ramah lingkungan. Telah banyak dilaporkan beberapa mikroorganisme antagonis memiliki daya antagonisme yang tinggi terhadap patogen tanaman dan dapat menekan perkembangan patogen tular tanah (*soil borne pathogen*) (Soenartiningih, 2010).

Cendawan antagonis dapat diisolasi dari jaringan daun, ranting, batang, buah dan akar. Keberadaan cendawan ini selain berperan dalam perbaikan pertumbuhan tanaman (*plant growth promotion*), juga menghasilkan zat pemacu tumbuh, memfiksasi nitrogen, memobilisasi fosfat dan berperan dalam menunjang kesehatan tanaman (*plant health promotion*). Cendawan antagonis dapat meningkatkan sistem pertahanan tanaman terhadap gangguan penyakit karena memproduksi enzim, asam salisilat, etilena dan senyawa sekunder lainnya yang dapat menginduksi ketahanan tanaman atau biasa disebut dengan induksi resistensi (Triwidodo *et al.*, 2021)

Mekanisme cendawan antagonis dalam menghambat perkembangan patogen meliputi tiga macam mekanisme interaksi yaitu kompetisi, antibiosis, dan parasitisme. Kompetisi adalah kemampuan cendawan antagonis dalam memperoleh nutrisi dan ruang sehingga dapat menekan pertumbuhan patogen. Antibiosis merupakan kemampuan cendawan antagonis dalam menghambat pertumbuhan patogen melalui produksi antibiotik tertentu berupa senyawa kimia yang mudah menguap (*volatile*) dan tidak menguap (*non volatile*) atau enzim yang berfungsi sebagai antifungal. Sedangkan parasitisme adalah kemampuan cendawan antagonis dalam memarasit patogen dengan melilit hifa maupun melisis sel patogen (Amaria *et al.*, 2015)

Mekanisme penekanan cendawan antagonis terhadap cendawan patogen dipengaruhi oleh sifat cendawan tersebut dalam menghasilkan spora yang melimpah, hal ini dapat terjadi apabila keadaan lingkungannya sesuai yaitu dengan suhu 25–30 °C dan kelembaban diatas 90% (Sopialena *et al.*, 2020). Hal ini disebabkan karena kelimpahan cendawan antagonis dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik terdiri dari varietas dan spesies inang, sedangkan faktor abiotik yang berpengaruh faktor-faktor cuaca yaitu suhu, kelembaban relatif dan kadar air tanah serta teknik budidaya (Budiprakoso, 2010).

Trichoderma sp. sebagai cendawan antagonis mempunyai kemampuan untuk bertahan hidup pada berbagai kondisi yang tidak menguntungkan, nutrisi yang dimanfaatkan lebih efisien, kapasitas untuk memodifikasi *rhizosphere*, agresivitas yang kuat terhadap tanaman cendawan patogen dan mempunyai mekanisme efisiensi dalam mempercepat pertumbuhan dan pertahanan tanaman. Cendawan *Trichoderma* sp. menghasilkan enzim hidrolitik β -1, 3 glukukanase, kitinase dan selulase. Enzim kitinase mampu menyebabkan kerusakan sel cendawan patogen yang akhirnya dapat menyebabkan kematian sel cendawan patogen. Mekanisme antagonis cendawan *Trichoderma* sp. yaitu dengan kompetisi makan, ruang, parasitisme, dan lisis. Cendawan *Aspergillus* sp. memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan cendawan patogen karena memproduksi enzim hidrolitik seperti lipase, protease, selulase, pectinase. Cendawan *Aspergillus* sp. juga menghasilkan enzim ekstraseluler diantaranya enzim kitinase, α -amilase, β -amilase, glukoamilase, katalase, laktase, invertase. Mekanisme penghambatan cendawan *Aspergillus* sp. yaitu dengan menghasilkan enzim kitinase dan β -1, 3 glukukanase (Laminarinase) yang mempunyai kemampuan untuk memecah komponen dinding sel cendawan patogen (Ratnasari, 2014).