

**ISOLASI CENDAWAN YANG BERASOSIASI DENGAN TANAMAN JERUK
BESAR DAN UJI ANTAGONISME TERHADAP *Botryodiplodia theobromae*
SECARA *IN VITRO***

FADYAH KHAMILA SAHLAN

G011 18 1424



DEPARTEMEN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN

PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

**ISOLASI CENDAWAN YANG BERASOSIASI DENGAN TANAMAN JERUK
BESAR DAN UJI ANTAGONISME TERHADAP *Botryodiplodia theobromae*
SECARA *IN VITRO***

**FADYAH KHAMILA SAHLAN
G011 18 1424**



DEPARTEMEN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN

PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

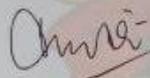
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Isolasi Cendawan yang Berasosiasi dengan Tanaman Jeruk Besar dan Uji Antagonisme terhadap *Botryodiplodia theobromae* secara *In Vitro*
Nama : Fadyah Khamila Sahlan
NIM : G011181424

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



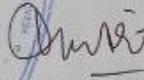
Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc
NIP. 196503161989032002



Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Baharuddin
NIP. 196012241986011001

Diketahui oleh:

Ketua Dept. Hama dan Penyakit Tumbuhan



Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc
NIP. 196503161989032002

Tanggal Pengesahan : 16 Agustus 2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
ISOLASI CENDAWAN YANG BERASOSIASI DENGAN TANAMAN JERUK
BESAR DAN UJI ANTAGONISME TERHADAP *Botryodiplodia theobromae*
SECARA *IN VITRO*

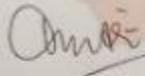
Disusun dan diajukan oleh:

Fadyah Khamila Sahlan
G011181424

Telah dipertahankan di Hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam Rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada Tanggal 6 Agustus 2022
dan dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Kelulusan
Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



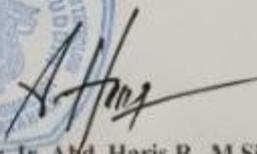
Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc
NIP. 196503161989032002



Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Baharuddin
NIP. 196012241986011001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Agroteknologi



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

DEKLARASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Isolasi Cendawan yang Berasosiasi dengan Tanaman Jeruk Besar dan Uji Antagonisme terhadap *Botryodiplodia theobromae* secara *In Vitro*" benar adalah karya saya dengan arahan tim pembimbing, belum pernah diajukan atau tidak 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, 22 Agustus 2022



Fadyah Khamila Sahlan
NIM. G011181424

ABSTRAK

Fadyah Khamila Sahlan (G011181424), Isolasi Cendawan yang Berasosiasi dengan Tanaman Jeruk Besar dan Uji Antagonisme terhadap *Botryodiplodia theobromae* secara *In Vitro* (dibimbing oleh **Tutik Kuswinanti** dan **Baharuddin**).

Data produksi jeruk besar di Sulawesi Selatan mengalami penurunan sementara kebutuhan konsumsi jeruk di Indonesia terus meningkat. Menurunnya produksi jeruk besar tidak lepas dari permasalahan penyakit penting tanaman, diantaranya adalah penyakit diplodia (blendok) yang disebabkan oleh cendawan *Botryodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. Pengendalian penyakit tanaman yang mendukung pertanian berkelanjutan dapat dilakukan dengan memanfaatkan cendawan antagonis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase keberadaan cendawan yang terdapat pada jaringan daun, cabang dan akar tanaman jeruk besar serta bagaimana mekanisme antagonisnya dalam menghambat pertumbuhan patogen *B. theobromae* secara *in vitro*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 13 perlakuan cendawan yang diulang sebanyak 3 kali. Pengujian antagonis dilakukan dengan metode *dual culture test* pada media padat dan media cair. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 13 cendawan yang ditemukan pada jaringan daun, cabang dan akar tanaman jeruk besar. Persentase keberadaan cendawan terbesar ditemukan pada jaringan akar yaitu sebanyak 66.7%. Pengujian antagonis secara *in vitro* diperoleh tujuh isolat cendawan (*Aspergillus* sp. 1, *Aspergillus* sp. 2, *Aspergillus* sp. 3, *Trichoderma* sp. 1, *Trichoderma* sp. 2, *Trichoderma* sp. 3, *Trichoderma* sp. 4) yang potensial dalam menghambat pertumbuhan patogen *B. theobromae* dengan persentase penghambatan di atas 90%. Isolat *Aspergillus* sp. 1, *Aspergillus* sp. 2 dan *Aspergillus* sp. 3 teridentifikasi sebagai *Aspergillus* sp. sedangkan *Trichoderma* sp. 1, *Trichoderma* sp. 2, *Trichoderma* sp. 3 dan *Trichoderma* sp. 4 teridentifikasi sebagai *Trichoderma* sp. Mekanisme antagonis yang terjadi yaitu kompetisi, diamati pada perlakuan *Aspergillus* sp. 1, *Aspergillus* sp. 2, *Aspergillus* sp. 3, *Trichoderma* sp. 1, *Trichoderma* sp. 2, *Trichoderma* sp. 3 dan *Trichoderma* sp. 4, sedangkan parasitisme terjadi pada perlakuan *Trichoderma* sp. 1, *Trichoderma* sp. 2, *Trichoderma* sp. 3 dan *Trichoderma* sp. 4.

Kata kunci: *Botryodiplodia theobromae*, cendawan antagonis, daya hambat, jeruk besar

ABSTRACT

Fadyah Khamila Sahlan (G011181424), Isolation of Fungi associated with Pummelo Citrus Plants and Antagonism Test against *Botryodiplodia theobromae* Pat. In Vitro (supervised by **Tutik Kuswinanti** and **Baharuddin**).

Data on the production of pummelo citrus in South Sulawesi has decreased while the demand for citrus consumption in Indonesia continues to increase. The decline in the production of pummelo citrus cannot be separated from the problem of important plant diseases, including stem-end rot disease caused by the fungus *Botryodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. Plant disease control that supports sustainable agriculture can be done by utilizing antagonistic fungi. This study aimed to determine the presence of the fungus in the leaf, branch, and root tissues of pummelo citrus plants and how their antagonist mechanism inhibits the growth of *B. theobromae* pathogens *in vitro*. This study used a Completely Randomized Design (CRD) with 13 fungal treatments which were repeated 3 times. The antagonist test was carried out using the dual culture test method on solid and liquid media. The results showed that there were 13 fungi found in the leaf, branch, and root tissues of pummelo citrus plants. The largest percentage of the presence of fungi was found in the root tissue as much as 66.7%. In the *in vitro* antagonist test obtained seven isolates of fungi (*Aspergillus* sp. 1, *Aspergillus* sp. 2, *Aspergillus* sp. 3, *Trichoderma* sp. 1, *Trichoderma* sp. 2, *Trichoderma* sp. 3, *Trichoderma* sp. 4) which have the potential in inhibiting the growth of *B. theobromae* with a percentage of inhibition above 90%. *Aspergillus* sp. 1, *Aspergillus* sp. 2, and *Aspergillus* sp. 3 isolates were identified as *Aspergillus* sp. while *Trichoderma* sp. 1, *Trichoderma* sp. 2, *Trichoderma* sp. 3, and *Trichoderma* sp. 4 were identified as *Trichoderma* sp. The competition mechanism of antagonism occurs is in *Aspergillus* sp. 1, *Aspergillus* sp. 2, *Aspergillus* sp. 3, *Trichoderma* sp. 1, *Trichoderma* sp. 2, *Trichoderma* sp. 3, and *Trichoderma* sp. 4 treatments, whereas the parasitism mechanism was observed on *Trichoderma* sp. 1, *Trichoderma* sp. 2, *Trichoderma* sp. 3, and *Trichoderma* sp. 4 treatments.

Keywords: *Botryodiplodia theobromae*, antagonistic fungus, inhibition, pummelo citrus

PERSANTUNAN

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala nikmat, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad *Shallallahu 'alaihi wasallam*, beserta keluarga dan para sahabat.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis memohon maaf atas segala kekurangan dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas atas karunia dan pertolongan dari Allah *Subhanahuwata'ala* serta bimbingan, dorongan dan bantuan baik materi maupun non materi dari berbagai pihak, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Perkenankanlah penulis menghaturkan banyak terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta yaitu Ayahanda Sahlan Tahir, Ibunda Nurhana, Nenek Hamidah, Tante Mirnawaty Napseng dan Rahmawaty Napseng serta Om Hamzah dan Alm. Om Hasnawi atas nasihat, kasih sayang, do'a dan dukungan yang tanpa henti dalam setiap langkah penulis.
2. Terima kasih pula kepada Ibu Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Baharuddin selaku Dosen Pembimbing II atas segala keikhlasan dan kesabaran dalam memberi pengarahan, masukan serta bimbingan selama penelitian dan penyusunan skripsi.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Sylvia Sjam, M.S, Bapak Dr. Muhammad Junaid SP., MP. dan Bapak Asman, SP., MP. selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan nasihat, masukan dan saran untuk penelitian serta penyusunan skripsi ini.
4. Terima kasih kepada Ibu Dr. Sri Nur Aminah Ngatimin, SP., M.Si selaku Dosen pembimbing akademik yang senantiasa memberi pengarahan dan motivasi sejak penulis mulai berkuliah di Universitas Hasanuddin.
5. Terima kasih kepada seluruh Dosen Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin atas ilmu bermanfaat yang telah diberikan kepada penulis selama kuliah.
6. Terima kasih kepada segenap pegawai dan staf Laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Hasanuddin, atas bantuan yang diberikan selama proses penelitian serta proses pengurusan administrasi berkas.
7. Sahabat penulis yaitu Nur Syahraeni, Tasya Saphira Trimulya, Muti'ah Fadhilah Adhan, Surahma Audria Wola yang telah menemani, membantu dan mengingatkan dalam melaksanakan penelitian dari awal hingga akhir serta teman-teman seperjuangan Agroteknologi 2018 dan Diagnosis 2018.
8. Crew UKM Radio Kampus *Education Broadcasting Station* FM Unhas khususnya EQUALIZER 2019, Amirah Salsabila, Novanda Amalia, Musdalifah Achmad S. dan Nur Aisy Aufany serta member TOMORROW X TOGETHER, Choi Yeonjun,

Choi Soobin, Choi Beomgyu, Kang Taehyun dan Hueningkai yang selalu menjadi *support system* bagi penulis.

9. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah berjasa memberi segala bantuan, kerja sama dan dukungan selama penulis melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi.

Semoga segala bantuan, bimbingan dan pengajaran yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan dari Allah *Subhanahuwata'ala*.
Aamiin Ya Rabbal'aalamiin.

Penulis,
Fadyah Khamila Sahlan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGLesESAHAN SKRIPSI.....	ii
DEKLARASI.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
PERSANTUNAN.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Hipotesis Penelitian	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Jeruk Besar (<i>Citrus maxima</i>).....	4
2.2 Botani Tanaman Jeruk Besar.....	5
2.2.1 Morfologi Tanaman Jeruk Besar.....	5
2.2.2 Syarat Tumbuh Tanaman Jeruk Besar.....	6
2.2.3 Varietas Jeruk Besar	7
2.3 Penyakit Diplodia (Blendok).....	7
2.3.1 Patogen <i>Botryodiplodia theobromae</i>	8
2.3.2 Gejala Serangan Patogen <i>Botryodiplodia theobromae</i>	10
2.3.3 Pengendalian Penyakit Diplodia (Blendok).....	11
2.4 Pengendalian Hayati.....	11
3. METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Tempat dan Waktu.....	13
3.2 Alat dan Bahan.....	13
3.3 Prosedur Kerja.....	13
3.3.1 Pengambilan Sampel	13
3.3.2 Pembuatan Media Biakan	13
3.3.2.1 Pembuatan Media Padat.....	13
3.3.2.2 Pembuatan Media Cair	14
3.3.3 Sterilisasi Alat dan Bahan.....	14
3.3.4 Isolasi dan Identifikasi Cendawan <i>Botryodiplodia theobromae</i>	14

3.3.5	Isolasi dan Identifikasi Cendawan yang Berasosiasi dengan Tanaman Jeruk Besar	14
3.3.6	Pengujian Antagonisme	15
3.4	Parameter Pengamatan	16
3.5	Analisis Data	17
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
4.1	Hasil	18
4.1.1	Isolasi dan Identifikasi Cendawan <i>Botryodiplodia theobromae</i>	18
4.1.2	Isolasi dan Identifikasi Cendawan yang Berasosiasi dengan Tanaman Jeruk Besar	19
4.1.3	Pengujian Daya Hambat.....	22
4.1.4	Pengamatan Mekanisme Antagonis.....	26
4.2	Pembahasan	27
5.	PENUTUP.....	32
5.1	Kesimpulan.....	32
5.2	Saran.....	32
	DAFTAR PUSTAKA.....	33
	LAMPIRAN.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Asal jaringan dan karakteristik cendawan yang diisolasi dari tanaman jeruk besar	19
Tabel 2.	Rata-rata persentase daya hambat cendawan yang berasosiasi dengan tanaman jeruk besar terhadap patogen <i>B. theobromae</i> pada media padat	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Lahan perkebunan jeruk besar di Pangkep.....	4
Gambar 2.	<i>Botryodiplodia theobromae</i> ; (A–D) dari holotipe <i>Sphaeria rhodina</i> . (A, B) Asci. (C, D) Askospora. (E, I) Lapisan konidiogen dengan sel konidiogen dan parafisis. (F) Parafisis. (G) Konidia hialin yang belum matang. (H) Konidia berkembang. (J, K) Konidia dewasa, berdinging gelap, bersepta satu, lurik dalam dua bidang fokus yang berbeda. Bilah skala = 10 μ m (Phillips <i>et al.</i> , 2013).....	9
Gambar 3.	Gejala penyakit diplodia basah pada batang Jeruk Besar Pangkep.....	10
Gambar 4.	Gejala penyakit diplodia kering; (A) dan (B) Gejala pada batang jeruk besar Pangkep. (C) Daun yang telah menguning akibat batang terserang <i>B. theobromae</i>	10
Gambar 5.	Skema penempatan isolat untuk uji antagonis <i>in vitro</i> dengan metode dual kultur (Safitri <i>et al.</i> , 2019).....	15
Gambar 6.	Matriks interaksi antara cendawan (A) antagonis dan (P) patogen (Kuswinanti <i>et al.</i> , 2022).....	17
Gambar 7.	Koloni <i>B. theobromae</i> secara makroskopis; (A) Tampak depan 3 hsi. (B) Tampak belakang 3 hsi. (C) Tampak depan 14 hsi. (D) Tampak belakang 14 hsi	18
Gambar 8.	Morfologi <i>Botryodiplodia theobromae</i> secara mikroskopis perbesaran 40x; (A) Hifa bersepta; (B) Klamidospora berderet di antara hifa; (C) Piknidia; (D) Konidia muda yang keluar dari dalam piknidia; (E) Konidia muda; (F) Konidia matang.	19
Gambar 9.	Grafik regresi persentase daya hambat cendawan terhadap <i>B. theobromae</i> pada media padat.....	24
Gambar 10.	Persentase pertumbuhan profunderal <i>B. theobromae</i> pada media cair (berat basah) 7 hsi (hari setelah inokulasi). Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada warna diagram yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut Duncan ($\alpha=0,05$). Simbol (*) menunjukkan perlakuan cendawan yang terbaik.....	25
Gambar 11.	Persentase pertumbuhan profunderal <i>B. theobromae</i> pada media cair (berat kering) 7 hsi (hari setelah inokulasi). Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada diagram batang yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut Duncan ($\alpha=0,05$). Simbol (*) menunjukkan perlakuan cendawan yang terbaik.	26
Gambar 12.	Pengamatan mekanisme antagonis secara makroskopis 5 hsi; (<i>Aspergillus</i> sp. 1) Kompetisi. (<i>Trichoderma</i> sp. 2) Parasitisme. Huruf A menunjukkan cendawan Antagonis dan P adalah Patogen <i>B. theobromae</i>	27

Gambar 13. Pengamatan mekanisme antagonis secara mikroskopis perbesaran 40x; (Aspergillus sp. 1) Hifa *B. theobromae* mengalami lisis. (Trichoderma sp. 2) Hifa cendawan antagonis melilit hifa *B. theobromae*. Huruf A menunjukkan cendawan Antagonis dan P adalah *B. theobromae* 27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi pengambilan sampel.....	37
Lampiran 2. Dokumentasi pembuatan media padat.....	37
Lampiran 3. Dokumentasi pembuatan media cair	37
Lampiran 4. Dokumentasi penanaman jaringan tanaman.....	38

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang potensial menjadi sektor penghasil buah-buahan, satu contohnya adalah buah jeruk besar. Ciri khas dari jeruk besar yaitu diameternya bisa mencapai lebih dari 20 cm dan memiliki daya simpan hingga empat bulan. Jeruk besar dapat dibuat menjadi berbagai produk olahan seperti makanan dan minuman, kosmetik serta obat-obatan. Manfaat jeruk besar dalam meningkatkan kesehatan tubuh disebabkan kandungan vitamin C yang tinggi. Tahir *et al.* (2018) menyatakan bahwa buah jeruk besar mengandung sebanyak 0,72 mg/g vitamin C, sedangkan salah satu jenis jeruk yang populer di pasaran yaitu jeruk siam hanya memiliki kandungan vitamin C 0,35 mg/g. Selain itu, jeruk besar juga mengandung karbohidrat, vitamin B1, B2 dan B3 serta likopen yang dapat menangkal senyawa radikal bebas. Berbagai manfaat yang dimiliki oleh jeruk besar menunjukkan bahwa tanaman ini berpotensi untuk dikembangkan.

Sentra pengembangan jeruk besar di Indonesia salah satunya berada di Sulawesi Selatan. Menurut Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (2016), Sulawesi Selatan telah menjadi sentra produksi jeruk besar tertinggi di Indonesia dengan kontribusi mencapai 34,45% kemudian diikuti oleh Jawa Timur sebesar 17,60%, Aceh 10,45%, Jawa Tengah 8,51%, Jawa Barat 4,07% dan 24,92% sisanya merupakan kontribusi dari berbagai provinsi lain. Daerah yang menjadi primadona penghasil jeruk besar di Sulawesi Selatan adalah Kabupaten Pangkep. Pada daerah tersebut jeruk besar dikonsumsi dalam keadaan segar maupun sudah menjadi produk olahan seperti sirup, dodol, permen, jelly, kerupuk hingga mie jeruk.

Data produksi jeruk besar di Sulawesi Selatan pada tahun 2014 pernah mencapai 56.799 ton, namun tahun 2019 produksi jeruk besar turun menjadi 36.674 ton yang berarti kita telah kehilangan 20.125 ton jeruk besar dan mengalami kerugian hampir mencapai 200 miliar rupiah (Badan Pusat Statistik, 2019). Sementara itu, konsumsi jeruk di Indonesia sejak tahun 2019 hingga 2020 justru mengalami peningkatan sebesar 25,3% yaitu sekitar 887.000 ton konsumsi jeruk oleh sektor rumah tangga di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2020). Hal ini mengindikasikan bahwa jeruk besar di Sulawesi Selatan mengalami penurunan produksi sementara kebutuhan konsumsi jeruk di Indonesia masih terus meningkat. Meningkatnya konsumsi jeruk yang tidak disertai oleh peningkatan produksi akan berdampak pada tingginya nilai impor akibat kebutuhan masyarakat terhadap jeruk yang belum dapat dipenuhi.

Menurunnya produksi jeruk besar tidak lepas dari permasalahan patogen penyebab penyakit tanaman. Jenis penyakit tanaman jeruk yang sering dihadapi oleh petani saat ini adalah gangguan penyakit diplodia. Penyakit diplodia atau yang juga dikenal sebagai penyakit blendok (getah) ini disebabkan oleh cendawan patogen *Botryodiplodia theobromae*. Penyakit blendok merupakan salah satu penyakit utama dalam kasus kematian tanaman jeruk. Cendawan ini dapat menurunkan produktivitas tanaman karena bagian batang yang terserang membuat proses fotosintesis menjadi terganggu. Penyakit akibat cendawan *B. theobromae* dilaporkan telah menyebabkan kerusakan dan kematian pada 63.431 ha lahan tanaman jeruk di Indonesia (Dwiastuti *et al.*, 2017).

Jenis pengendalian yang dilakukan petani dalam mengatasi penyakit diplodia saat ini masih mengandalkan pengendalian kimiawi yaitu dengan fungisida yang terdiri dari campuran serbuk belerang, kapur dan air. Beberapa petani mengungkapkan bahwa aplikasi fungisida dengan

campuran tersebut menyebabkan tanaman jeruk mati dalam kurun waktu dua tahun setelah pengaplikasian sehingga petani juga membuat ramuan racikan lain yang merupakan gabungan antara fungisida dan zat pengatur tumbuh, sedangkan tanaman yang terkena serangan berat diberikan fungisida berbahan aktif mankozeb oleh petani.

Pengendalian penyakit secara kimiawi yang sering dilakukan petani dapat berdampak buruk bagi keberlangsungan produksi jeruk besar 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, serta serangga penyerbuk. 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. Contoh musuh alami yang dapat dimanfaatkan sebagai agen antagonis terhadap patogen yaitu cendawan antagonis. Cendawan antagonis adalah mikroorganisme berupa fungi yang hidup berasosiasi baik itu dari dalam jaringan tanaman atau dari luar jaringan tanpa menyebabkan gangguan penyakit bagi tanaman inangnya. Cendawan antagonis sebagai salah satu agen pengendali hayati dapat menekan pertumbuhan patogen melalui beberapa mekanisme antara lain kompetisi, antibiosis dan hiperparasit, selain itu beberapa spesies cendawan juga mampu menghasilkan hormon pertumbuhan bagi tanaman (Muslim, 2019). Pemanfaatan cendawan antagonis dalam mengendalikan *B. theobromae* telah dilaporkan oleh Triasih *et al.* (2020) dan Kuswinanti *et al.* (2022) bahwa beberapa cendawan yang berasosiasi dengan tanaman jeruk, 80-90% mampu menghambat pertumbuhan *B. theobromae* secara *in vitro*.

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat diketahui bahwa cendawan yang berasosiasi dengan tanaman memiliki manfaat yang potensial dalam menghambat *B. theobromae* sehingga menjadi landasan dilakukannya penelitian mengenai isolasi cendawan yang berasosiasi dengan tanaman jeruk besar sehat dan uji antagonismenya terhadap patogen *B. theobromae* secara *in vitro*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Berapa persentase keberadaan cendawan yang berasosiasi pada jaringan daun, cabang dan akar tanaman jeruk besar?
2. Bagaimana mengisolasi cendawan dari jaringan tanaman jeruk besar dan cara menguji daya antagonismenya terhadap patogen *B. theobromae*?
3. Bagaimana mekanisme antagonis dari beberapa cendawan asal tanaman jeruk besar terhadap patogen *B. theobromae*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Mengetahui persentase keberadaan cendawan yang berasosiasi pada jaringan daun, cabang dan akar tanaman jeruk besar.
2. Mengetahui cara mengisolasi cendawan asal tanaman jeruk besar dan menguji daya antagonisme terhadap patogen *B. theobromae* secara *in vitro*.
3. Mengetahui mekanisme antagonis dari beberapa cendawan asal tanaman jeruk besar terhadap patogen *B. theobromae*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

Sebagai bahan informasi kepada peneliti dan masyarakat mengenai cendawan yang berasosiasi pada jaringan tanaman jeruk besar yang berpotensi sebagai agen pengendali hayati patogen *B. theobromae*.

1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini adalah terdapat satu atau lebih isolat cendawan dari jaringan tanaman jeruk besar yang potensial dalam menghambat pertumbuhan patogen *B. theobromae*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jeruk Besar (*Citrus maxima*)

Tanaman jeruk besar atau biasa disebut jeruk pamento merupakan tanaman buah perenial (tahunan) yang berasal dari Asia dan telah banyak dibudidayakan di negara-negara tropis, seperti Cina, India, Australia Utara dan juga di Indonesia. Berdasarkan data yang dirilis oleh FAO (2021), Indonesia menempati urutan ke-8 sebagai negara penghasil jeruk terbesar di dunia dengan produksi sebesar 2,5 juta ton, sementara di urutan pertama terdapat negara Brasil memiliki jumlah produksi jeruk yang melampaui negara-negara lain, yakni mencapai lebih dari 17 juta ton.



Gambar 1. Lahan perkebunan jeruk besar di Pangkep

Daerah yang terkenal sebagai sentra pertanaman jeruk besar di Indonesia adalah Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur dan Sulawesi Selatan. Provinsi Sulawesi Selatan berpotensi sebagai sentra pengembangan jeruk besar karena didukung oleh lahan dan agroklimat yang sesuai khususnya pada kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep). Kabupaten Pangkep memiliki lahan yang telah ditanami sekitar 1.614 hektar dengan produksi sebesar 37.614 ton pertahun. Berdasarkan status pengusahaannya, perkebunan jeruk besar di Kabupaten Pangkep masih berupa perkebunan rakyat yang melibatkan kurang lebih 6.405 kepala keluarga petani (Wahyuni, 2020).

Menurut petani, tanaman jeruk besar ditanam sekitar tahun 1965 di Desa Batara, Kecamatan Labakkang, kemudian sekitar tahun 1970 mulai dikembangkan dengan cara cangkok. Tanaman ini kemudian berkembang ke daerah lain seperti Kecamatan Ma'rang dengan sentra produksi terdapat di Desa Padang Lampe. Komoditas ini mulai dikembangkan secara komersial sekitar tahun 1980 dan dipasarkan ke Kota Makassar (Marhawati, 2019).

Jeruk besar memiliki prospek yang terbuka luas karena selain sebagai makanan, jeruk besar juga dimanfaatkan sebagai obat-obatan dan bahan kosmetik. Kandungan vitamin C jeruk besar lebih tinggi dibanding jenis jeruk lainnya, yaitu antara 37,03–57,59 mg/100 ml. Selain kandungan vitamin C yang tinggi, jeruk besar juga mengandung vitamin A, vitamin B kompleks (B1, B2, B3, B6), vitamin E, vitamin K dan segudang nutrisi lainnya seperti gula alami, asam sitrat, minyak esensial (limonene, pinene dan citral), dapat diolah menjadi minyak atsiri, mineral-mineral seperti kalsium, folat, fosfor dan kalium, serta beberapa fitonutrien seperti likopen, liminoids dan flavonoid (Rahayu *et al.*, 2017).

Beragamnya kandungan nutrisi yang dimiliki oleh jeruk besar membuat komoditas ini dapat memberi begitu banyak manfaat bagi kesehatan, diantaranya sebagai pencegah kanker karena senyawa antioksidan dan likopen. Selain itu beta-karoten dan blio flavonoid mampu

membersihkan estrogen yang berlebih sehingga menghambat penyebaran sekaligus membunuh sel-sel penyebab kanker payudara. Jeruk besar juga mengandung banyak cairan dan serat yang dapat mencegah terjadinya sembelit. Senyawa pektin bersama vitamin C membantu menurunkan kadar kolesterol yang berlebih dan mencegah aterosklerosis. Pemanfaatan jeruk besar tidak berhenti sampai pada buahnya saja, namun juga bagian-bagian tanaman jeruk besar yang lain dapat dimanfaatkan. Berbagai penelitian telah membuktikan manfaat daun jeruk besar dalam menurunkan glukosa darah sehingga mampu mencegah penyakit diabetes (Lajju, 2017).

Tanaman jeruk besar tumbuh hampir pada semua daerah di Sulawesi Selatan namun tidak semua dapat memberi produksi dan rasa yang baik. Kenyataan menunjukkan bahwa hanya di beberapa kecamatan di Kabupaten Pangkep yang mampu memproduksi buah dengan optimal, baik dari segi jumlah maupun rasa. Jeruk besar telah dijadikan sebagai komoditas unggulan Pangkep, namun total produksinya saat ini masih rendah yaitu hanya sekitar 5% dari total produksi jeruk di Indonesia yang mencapai 2,5 juta ton. Masalah produksi berkenaan dengan sifat usahatani yang selalu tergantung pada alam didukung faktor risiko karena penggunaan faktor input seperti pupuk kimia yang tidak sesuai anjuran serta serangan hama dan penyakit menyebabkan peluang untuk terjadinya kegagalan produksi semakin tinggi.

2.2 Botani Tanaman Jeruk Besar

Tanaman jeruk besar mulai aktif berproduksi pada umur 4-6 tahun, lalu 7 tahun dan selanjutnya produktivitas tanaman mulai optimal. Satu pohon jeruk besar menghasilkan 75-300 buah tergantung pada varietas dan cara pemeliharannya. Tanaman ini masih mampu berbuah hingga umur sekitar 23 tahun. Tanaman jeruk besar diklasifikasikan ke dalam Kingdom: Plantae, Divisi: Spermatophyta, Kelas: Dicotyledonae, Ordo: Rutales, Famili: Rutaceae, Genus: Citrus, Spesies: *Citrus grandis* (L.) Osbeck atau *Citrus maxima* Merr (Rukmana, 2005).

Tanaman jeruk besar bersifat *biennial bearing* karena berbuah banyak pada satu musim dan berbuah sedikit pada musim berikutnya. Fenomena tersebut dipengaruhi oleh faktor lingkungan terutama iklim mikro dan faktor endogen tanaman. Faktor endogen tersebut berupa buah muda memproduksi hormon giberelin yang ditranslokasikan ke bagian pucuk vegetatif sehingga pucuk akan tumbuh subur untuk membentuk daun dan tidak membentuk bunga pada tahun berikutnya. Tanaman yang tidak membentuk bunga pada tahun berikutnya setelah berbuah lebat, disebabkan karena menipisnya cadangan karbohidrat pada semua organ tanaman sehingga hanya menghasilkan sedikit buah (Thamrin *et al.*, 2009).

2.2.1 Morfologi Tanaman Jeruk Besar

Tanaman jeruk besar berbentuk pohon dan tergolong dalam batang berkayu. Tingginya tergantung varietas dan umur tanaman. Jeruk besar yang berumur 16 tahun tingginya hanya sekitar 5 m. Batang tanaman jeruk besar keras, kuat dan berbengkok-bengkok. Batang kayu yang kokoh membuat pohon jeruk besar cukup kuat menahan beban buahnya. Tajuk pohon jeruk besar biasanya tidak terlalu tinggi. Cabangnya banyak dan tidak beraturan. Letak cabang saling berjauhan dan ujungnya merunduk. Pada tanaman yang telah tua, bentuk tajuknya makin tinggi dan makin melebar sehingga tercipta ruang teduh yang cukup luas di bawahnya. Akar tanaman jeruk merupakan akar tunggang (Karmila, 2011).

Batang jeruk besar berbentuk bulat, berduri (*spinosis*) pendek yang kaku dan juga tajam. Selain itu arah tumbuh batangnya mengangguk (*nutans*), dimana batangnya tumbuh

tegak lurus ke atas tetapi ujungnya lalu membengkok kembali ke bawah. Batang pohon jeruk besar juga ada yang tidak berduri. Menurut pengalaman seorang petani jeruk pamel, penanaman dengan biji biasanya menyebabkan pohon berduri pada awal masa pertumbuhannya, namun setelah tanaman menjadi dewasa duri akan menghilang. Tanaman yang berasal dari bibit cangkokan dan okulasi sejak awal pertumbuhannya tidak berduri. Hal ini mudah dipahami karena bibit cangkok dan okulasi berasal dari pohon dewasa yang memang sudah tidak berduri (Putra, 2016).

Daun jeruk besar berbentuk bulat telur, tebal dan ukurannya lebih besar dari jeruk lain, tepi daunnya agak rata dan dekat ujungnya agak berombak serta ujungnya 4 tumpul. Daun muda berwarna hijau muda kekuningan dan akan berubah menjadi hijau tua. Daun tua berbulu halus, sedangkan yang muda tidak berbulu. Pangkal daun bersayap lebar. Susunan daunnya agak jarang dan terpecah sehingga masih bisa meloloskan sinar matahari (Putra, 2016).

Bunga jeruk besar merupakan bunga tunggal atau majemuk yang bertandan. Bunganya lebih besar dibanding jeruk keprok dan harum. Kelopak bunga berbentuk lonceng atau cawan sebanyak 4-5 buah. Ketika kuncup, mahkota bunganya tersusun seperti gunting, jumlah benang sarinya 25-35 buah, tegak dan berkas 4-5 buah. Setelah mendapat sinar matahari, benang sarinya terlepas satu sama lain. Panjang benang sari biasanya tidak seragam. Putiknya memiliki bakal buah menumpang, biasanya beruang 1-5 atau banyak. Dalam tiap ruang terdapat dua bakal biji. Mahkota bunga jeruk besar berwarna putih bersih seperti bunga melati. Bunga jeruk besar umumnya melakukan penyerbukan sendiri, namun penyerbukan yang dibantu serangga akan lebih cepat berhasil (Putra, 2016).

Ketebalan kulit buah tergantung varietasnya. Kulit buah jeruk besar terbagi menjadi tiga lapisan, yaitu kulit luar (eksokarp), kulit bagian tengah (mesokarp), dan kulit bagian dalam (endokarp). Kulit luar ada yang berwarna hijau, hijau kekuning-kuningan atau kuning. Kulit buah bagian tengah berwarna putih bersih. Sementara kulit bagian dalam berwarna merah muda. Buah pamel berukuran besar, buahnya berbentuk bulat dengan bagian atas agak meruncing dan bagian bawah mendatar dengan diameter rata-rata 15-22 cm, bahkan ada yang lebih dari 30 cm dengan warna kulit hijau saat muda dan kuning saat tua. Daging buah berwarna putih, kekuningan atau merah muda. Bobot buah rata-rata sekitar 1-2 kg, kadang-kadang dapat mencapai 9 kg (Karmila, 2011).

2.2.2 Syarat Tumbuh Tanaman Jeruk Besar

Produktivitas optimal pamel hanya bisa diperoleh di dataran rendah sampai ketinggian 400 mdpl, di dataran tinggi pertumbuhannya cenderung vegetatif, umur matang buah lebih panjang, rasa buah agak pahit, dan pohon rawan terkena serangan penyakit cendawan. Pamel juga menghendaki sinar matahari penuh dan suhu udara siang relatif tinggi, antara 22-33°C. Curah hujan setahun antara 1500- 2000 mm dengan bulan kering (100 cm) berdrainase dan beraerasi yang baik. Kedalaman air tanah sekitar 75 cm, tekstur tanah berpasir sampai lempung berpasir, serta pH tanah antara 5,5-6,5 (Yassin, 2018).

Tanaman jeruk besar akan memberikan hasil optimum bila ditanam di lokasi yang sesuai. Ketinggian tempat yang sesuai untuk tanaman ini yaitu dataran rendah sampai 700 mdpl. Tanaman jeruk besar yang ditanam di atas ketinggian tersebut rasa buahnya lebih asam. Suhu optimum yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya berkisar antara 25-30°C. Sinar matahari harus penuh agar produksinya optimum. Tanah yang sesuai yaitu jenis tanah gembur, porous

dan subur. Kedalaman air tanahnya tidak lebih dari 1,5 m pada musim kemarau dan tidak boleh kurang dari 0,5 m pada musim hujan. Tanah tidak boleh tergenang air karena akar akan mudah terserang penyakit. Tanah yang baik untuk tanaman jeruk harus memiliki pH 5-6 dan kelembapan udara 50-85% (Karmila, 2011).

2.2.3 Varietas Jeruk Besar

Kultivar jeruk pamelos di Indonesia sangat beragam, antara lain Giri Matang, Merah Asam, Putih Asam, Cikoneng ST, Muria Merah, Muria Putih, Bageng Taji, Nambangan, Magetan, Sri Nyonya, Adas Duku, Bali Merah, Bali Putih, Jawa, Gulung, Maria Sigola-Gola, Pangkep Merah dan Pangkep Putih. Petani jeruk Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan membagi tiga jenis buah jeruk pamelos yakni jeruk merah, jeruk putih dan jeruk gula-gula (Wahyuni, 2020).

Ciri-ciri lain yang dapat digunakan untuk membedakan kultivar pamelos adalah ukuran dan bentuk buah, bentuk ujung dan pangkal buah, warna dan tekstur flavedo (epikarp), ketebalan dan warna albedo (mesokarp), warna endokarpium, warna dan rasa vesicula atau daging buah, aroma minyak atsiri dan jumlah buah pada setiap pohon. Terdapat empat varietas jeruk besar Pangkep namun hanya tiga yang sudah dipatenkan yaitu varietas jeruk besar Pangkep Merah, jeruk besar Pangkep Putih, jeruk Pangkep Maria Sigola-gola dan satu varietas yang belum dipatenkan yaitu jeruk Pangkep Bencong (Rahayu *et al.*, 2012).

Jeruk besar varietas Pangkep Putih, Pangkep Merah dan Maria Sigola-gola memiliki karakter morfologi yang berbeda-beda namun salah satu kesamaannya yaitu kulit buahnya saat matang berwarna hijau hingga kuning. Pangkep Putih memiliki kantong jus yang berwarna putih sedangkan Pangkep Merah dan Maria Sigola-gola kantong jusnya berwarna merah muda. Ketiga varietas ini memiliki bentuk buah sferoid dengan jumlah juring per buah yang bervariasi. Pada varietas Pangkep Putih memiliki 8-15 juring per buah, Pangkep Merah sebanyak 9-16 juring dan Maria Sigola-gola memiliki jumlah juring paling sedikit di antara varietas lainnya yaitu 7-13 juring per buah. Ketebalan mesokarp juga berbeda setiap varietas, pada Pangkep Putih memiliki ketebalan mesokarp antara 9.5-22.3 mm, Pangkep Merah 9.2-25.3 mm sedangkan Maria Sigola-gola 8.0-13 mm. Berdasarkan nisbah PTT/ATT, Maria Sigola-gola memiliki ATT (Asam Tertitrasi Total) yang rendah sehingga kultivar ini dikenal memiliki rasa paling manis diantara kultivar lainnya (Rahayu *et al.*, 2012).

2.3 Penyakit Diplodia (Blendok)

Penyakit diplodia 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 blendok telah menyerang 35-40% populasi di sentra jeruk dengan tingkat kerusakan yang berat (Dwiastuti *et al.*, 2017).

Penyakit diplodia disebabkan oleh cendawan *Botryodiplodia theobromae* (Patouillard) Griffon dan Maublanc, merupakan penyakit serius pada pertanaman jeruk baik di Indonesia maupun di luar negeri. Penyakit ini ditemukan di Sumatera, Jawa, Bali, Kalimantan Selatan dan Sulawesi Selatan, sedangkan di luar negeri penyakit ini terdapat di Amerika Serikat, Thailand, India, Kuba dan Malaysia. Penyakit diplodia memiliki sebaran geografis yang sangat luas karena telah ditemukan pada 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. Kasus lainnya juga pernah terjadi di Kalimantan Selatan yaitu sekitar 54% atau sebanyak 825.318 pohon jeruk mengalami kematian akibat serangan penyakit ini (Dwiastuti *et al.*, 2016).

Penyakit blendok yang juga biasa disebut sebagai penyakit busuk pangkal batang 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 penyakit diplodia dapat 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 diplodia cenderung sangat tinggi pada kebun yang sanitasinya kurang diperhatikan.

2.3.1 Patogen *Botryodiplodia theobromae*

Botryodiplodia theobromae merupakan patogen penyebab penyakit diplodia atau blendok. Cendawan ini memiliki kisaran tanaman inang sangat luas, yaitu sekitar 500 spesies tanaman termasuk jeruk, kakao, karet, manggis, pisang, pepaya, nangka dan masih banyak lagi. Patogen ini memiliki sifat oportunistik dalam menimbulkan penyakit yaitu dengan memanfaatkan luka atau jaringan nekrotik terutama pada organ tanaman yang berdaging atau berkayu. Patogen ini akan mengkolonisasi jaringan tanaman inang setelah melakukan penetrasi dan merusak hingga ke jaringan xilem serta kambium. Cendawan *B. theobromae* dapat membentuk klamidospora jika kondisi lingkungan kurang menguntungkan bagi pertumbuhannya. Klamidospora adalah sel-sel hifa berdinding tebal yang akan berkecambah bila kondisi lingkungan kembali kondusif (Sandra, 2021).

Cara penyebaran patogen *B. theobromae* dapat melalui udara, penempelan dan percikan air. *B. theobromae* dapat terbawa oleh aliran air bersama dengan tanah, selain itu juga terbawa oleh bibit (okulasi), tanah yang menyertai bibit dan serangga vektor. Selain sebagai vektor, serangga juga membuat pelukaan pada tanaman yang dapat membantu *B. 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).

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	: Botryodiplodia
Spesies	: <i>Botryodiplodia theobromae</i> (Pat.) Griffon dan Maubl.

Struktur reproduksi *B. theobromae* yang terbentuk melalui pertumbuhan miselium pada media PDA secara berturut-turut yaitu dimulai dari piknidium, konidium muda (tanpa sekat) dan konidium dewasa (bersekat). Rentang waktu pembentukan piknidium hingga konidium dewasa pada setiap isolat bervariasi mulai dari 17 hingga 48 hari setelah tanam (Sandra, 2021).

Reproduksi *B. theobromae* secara seksual memiliki *ascmata* (badan buah) berwarna coklat tua sampai hitam, teragregasi, ber dinding tebal, dinding tersusun atas coklat tua, *textura angularis* ber dinding tebal, semakin tipis dan hialin menuju lapisan dalam, berdiameter 250–400 μm . Bentuk *asci* *bitunicate*, *clavate*, *stipitate*, mengandung 8 spora, panjang 90–120 μm . Askospora tidak teratur *biseriate*, hialin, tidak bersekat. Konidiomata stromatik, tunggal atau teragregasi, terbenam di dalam inang menjadi *erumpent* saat matang, coklat tua, unilokular, ber dinding 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, ber dinding tipis, halus, holoblastik, *determinate* atau *indeterminate* dan berkembang biak secara berkala dengan satu atau dua annulasi yang berbeda, atau berproliferasi pada tingkat yang sama, menimbulkan penebalan periklinal. Konidia subovoid sampai ellipsoid-ovoid, puncak lebar membulat, meruncing sampai pangkal, awalnya hialin dan dalam waktu yang lama menjadi coklat tua dengan 1-septa setelah keluar dari konidiomata, deposit melanin pada permukaan bagian dalam dinding yang tersusun membujur memberikan tampilan lurik pada konidia (Phillips *et al.*, 2013).



Gambar 2. *Botryodiplodia theobromae*; (A–D) dari holotipe *Sphaeria rhodina*. (A, B) Asci. (C, D) Askospora. (E, I) Lapisan konidiogen dengan sel konidiogen dan paraphysis. (F) Parafisis. (G) Konidia hialin yang belum matang. (H) Konidia berkembang. (J, K) Konidia dewasa, ber dinding gelap, bersepta satu, lurik dalam dua bidang fokus yang berbeda. Bilah skala = 10 m (Phillips *et al.*, 2013)

Koloni *B. theobromae* yang ditemukan pada tanaman jeruk berwarna abu-abu muda sampai kehitaman. Hifa awalnya hialin kemudian berubah menjadi coklat. Piknidium *B. theobromae* yang berasal dari tanaman jeruk memiliki warna gelap dan terbentuk secara berkelompok dalam stroma. Karakteristik konidium *B. theobromae* berbentuk jorong atau

ovoid, hialin pada umur muda, tidak bersekat dan memiliki dinding ganda. Kemudian saat matang konidium berwarna coklat, memiliki satu sekat berwarna gelap dan memiliki dinding tunggal, konidium berukuran rata-rata 24-29 x 10-15 µm (Dwiastuti, 2016).

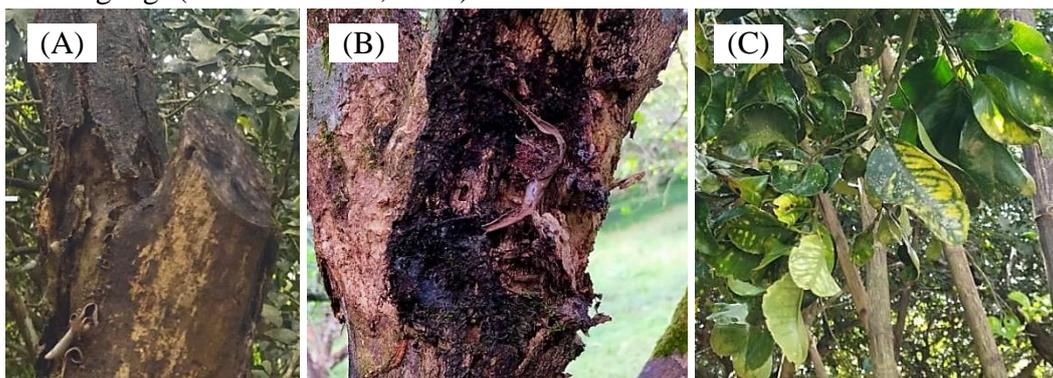
2.3.2 Gejala Serangan Patogen *Botryodiplodia theobromae*

Gejala serangan yang ditimbulkan oleh patogen *B. theobromae* dibedakan menjadi dua yaitu diplodia basah dan diplodia kering. Gejala diplodia basah lebih mudah diketahui daripada diplodia kering. Pada diplodia basah, gejalanya berupa *gummosis* yaitu munculnya cairan kental (blendok) berwarna kuning keemasan hingga kecoklatan sebagai substansi pertahanan yang diproduksi oleh tanaman dengan tujuan untuk melokalisasi patogen sehingga tidak berkembang lebih luas. Blendok ini perlahan akan mengering dan mengelupas dan jika terus dibiarkan maka akan timbul luka secara tidak teratur yang dapat berkembang melingkari batang atau cabang tanaman jeruk (Dwiastuti, 2016).



Gambar 3. Gejala penyakit diplodia basah pada batang Jeruk Besar Pangkep

Gejala awal diplodia kering cenderung sulit untuk dideteksi karena tidak adanya gejala khusus yang ditunjukkan sehingga diplodia kering cenderung lebih berbahaya. Diplodia kering baru dapat diketahui pada serangan yang telah lanjut, kulit tanaman jeruk mengering dan jika dipotong maka kulit dan kayu di bawahnya berwarna hitam kehijauan. Kulit yang sakit membentuk celah-celah kecil, dari dalamnya keluar massa spora yang semula berwarna putih, tetapi akhirnya akan berwarna hitam. Bagian yang sakit umumnya akan meluas dengan cepat, sehingga dalam waktu singkat cabang serta batang kering dan akhirnya mati. Biasanya infeksi baru diketahui jika daun-daun telah menguning sehingga batang atau cabang yang sakit tidak dapat ditolong lagi (Salamiah *et al.*, 2008).



Gambar 4. Gejala penyakit diplodia kering; (A) dan (B) Gejala pada batang jeruk besar Pangkep. (C) Daun yang telah menguning akibat batang terserang *B. theobromae*

2.3.3 Pengendalian Penyakit Diplodia (Blendok)

Pengendalian penyakit diplodia yang dianggap efektif di kalangan petani adalah dengan menyayat batang atau cabang yang terserang penyakit diplodia, 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 bubur california pada batang dan diimbangi dengan pemupukan NPK 1,5 kg. Cara ini mampu mengurangi laju infeksi dan meningkatkan produktivitas serta kualitas buah (Singarsa, 2015).

Pengendalian penyakit diplodia (blendok) yang dilakukan petani umumnya mengandalkan pestisida sintetis 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 *B. 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).

2.4 Pengendalian Hayati

Pengendalian hayati atau *biological control* dapat didefinisikan sebagai usaha manipulasi populasi organisme hidup yang menguntungkan atau yang disebut dengan musuh alami untuk mengurangi jumlah 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, diantaranya adalah cendawan (Gazali, 2015).

Cendawan yang bermanfaat sebagai agen pengendali hayati dapat berupa cendawan antagonis maupun cendawan yang berperan sebagai penghalang biologis terhadap infeksi patogen contohnya mikoriza. Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) merupakan golongan cendawan yang menggambarkan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualisme antara fungi dengan akar tanaman. Pemanfaatan FMA sebagai pupuk hayati akhir-akhir ini mulai mendapat perhatian karena mampu meningkatkan penyerapan air dan unsur hara dari dalam tanah, menghasilkan hormon pemacu tumbuh, sebagai barrier terhadap serangan patogen tular tanah serta berperan dalam menjaga kelestarian tanah baik secara fisik, kimia maupun biologi sehingga keseimbangan biologis tetap terjaga (Suamba *et al.*, 2014).

Cendawan lain yang juga hidup berasosiasi dengan jaringan tanaman selain mikoriza yaitu cendawan endofit. Cendawan ini tidak menimbulkan suatu gejala penyakit pada tanaman yang menjadi inangnya. 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 endofit 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).

Induksi resistensi merupakan suatu mekanisme untuk mengaktifkan sistem ketahanan dengan menstimulasi mekanisme resistensi alami yang dimiliki oleh tanaman inang. Penginduksian ketahanan tanaman dapat dilakukan dengan induksi SAR (*Systemic Acquired Resistance*) dan ISR (*Induced Systemic Resistance*). Induksi SAR merupakan ketahanan tanaman yang terinduksi oleh penambahan senyawa kimia atau senyawa elisitor, sedangkan untuk ISR merupakan ketahanan terinduksi karena pemberian agen biotik nonpatogenik. ISR adalah suatu bentuk dari sistem ketahanan terimbis dimana pertahanan tanaman disiapkan akibat adanya perlakuan yang membuat tanaman menjadi tahan dalam melawan serangan lanjut dari patogen. ISR ini dapat dilakukan dengan memberi perlakuan agen biotik nonpatogenik misalnya cendawan antagonis (Munawara dan Haryadi, 2020).

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 yaitu 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. Parasitisme adalah kemampuan cendawan antagonis untuk memarasit patogen dengan melilit hifa maupun melisiskan sel patogen (Amaria *et al.*, 2015). Mekanisme penekanan cendawan antagonis terhadap 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).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin dari bulan Agustus 2021 sampai Maret 2022. Pengambilan sampel yang bergejala penyakit diplodia atau penyakit busuk batang dilakukan di Desa Padang Lampe, Kecamatan Ma'rang, Kabupaten Pangkep pada bulan Juli 2021.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pisau, plastik cetik, cawan petri, bunsen, oven, kertas HVS, pulpen, spidol, label, penggaris, pinset, korek api, gunting, jarum preparat, autoklaf, corong, saringan, erlenmeyer, botol kaca (botol kultur), *aluminium foil*, *Laminar Air Flow* (LAF), *cork borer*, *shaker*, *hot plate*, panci, kulkas, *object glass*, *cover glass* dan mikroskop.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel batang tanaman jeruk besar yang bergejala penyakit busuk batang atau penyakit diplodia, sampel daun, cabang dan akar tanaman jeruk besar yang sehat, kentang, gula pasir, agar-agar, aquades steril, NaOCl 2,5%, CaCO₃, *tissue*, kertas saring, plastik *wrap*, *chloramphenicol*, V8 *juice*, spiritus dan alkohol 70%.

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Pengambilan Sampel

Sampel tanaman diambil dengan menggunakan metode *search sampling* (Izzatinnisa *et al.*, 2020). Pengambilan sampel diawali dengan mencari gejala penyakit diplodia pada tanaman jeruk besar yang memiliki ciri-ciri yaitu bagian batang tanaman mengelupas dan disertai *gummosis* berupa cairan kental berwarna kuning keemasan hingga kecokelatan. Sampel diambil dengan memotong bagian yang berbatasan antara jaringan sehat dan bagian batang tanaman yang bergejala penyakit diplodia. Sampel untuk eksplorasi cendawan yang berasosiasi dengan jeruk besar diperoleh dengan menggunakan metode yang dilaporkan oleh Suliati *et al.* (2017) yaitu mengambil bagian daun yang sudah dewasa, cabang yang dipilih berasal dari cabang kedua dari batang utama dan akar yang diambil terdapat pada kedalaman 15-20 cm dari permukaan tanah dengan panjang 15 cm dari pangkal batang dan diameter akarnya berkisar 1-1.5 cm. Bagian tanaman yang digunakan untuk isolasi cendawan diperoleh dari tanaman jeruk besar yang sehat yaitu tanaman yang tidak menunjukkan gejala penyakit apapun seperti daun menguning, tanaman layu maupun yang ditumbuhi miselium jamur. Sampel dimasukkan ke dalam kantong plastik secara terpisah antara sampel untuk patogen dan sampel tanaman sehat kemudian diberi label untuk masing-masing sampel.

3.3.2 Pembuatan Media Biakan

3.3.2.1 Pembuatan Media Padat

Media yang digunakan adalah PDA (*Potato Dextrose Agar*) terdiri dari kentang 200 gram, agar 17 gram, gula 20 gram dan aquades steril 1000 ml. Kentang dipotong dalam ukuran kecil bentuk dadu dengan berat 200 gram, kemudian direbus dalam 1000 ml aquades steril hingga mendidih, lalu dituang ke dalam erlenmeyer dengan cara disaring sehingga diperoleh ekstrak kentang. 17 gram agar dan 20 gram gula dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi ekstrak kentang lalu dihomogenkan. Erlenmeyer ditutup dengan kapas yang dibungkus *aluminium foil* dan direkatkan menggunakan plastik *wrap* kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf.