

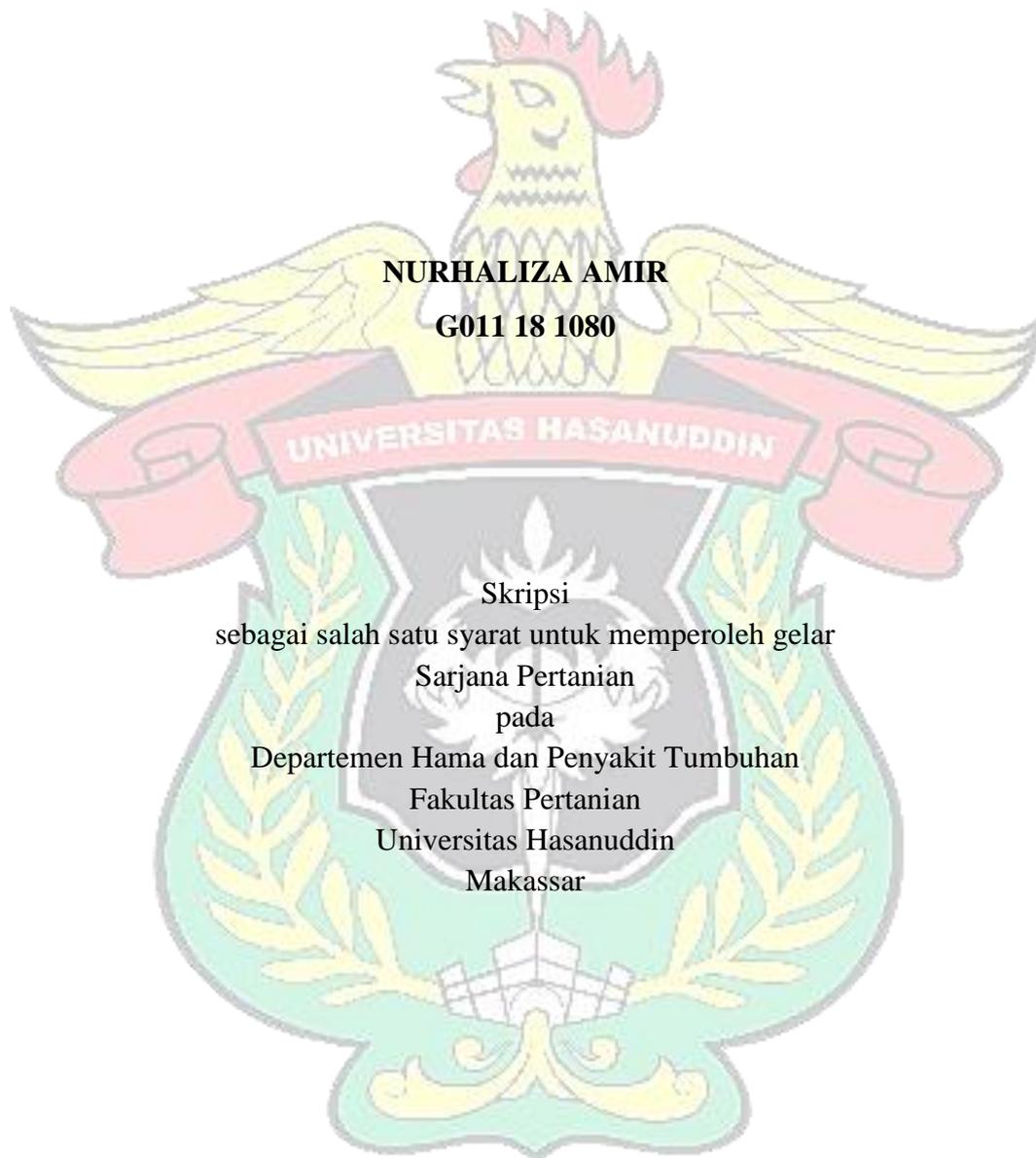
**UJI EFEKTIVITAS KOMBINASI KOMPOS DAN AGEN HAYATI  
*Trichoderma asperellum* DAN *Gliocladium* sp. UNTUK MENGENDALIKAN  
*Fusarium decemcellulare* PENYEBAB PENYAKIT KANKER BATANG KAKAO**

**NURHALIZA AMIR  
G011 18 1080**



**DEPARTEMEN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**UJI EFEKTIVITAS KOMBINASI KOMPOS DAN AGEN HAYATI  
*Trichoderma asperellum* DAN *Gliocladium* sp. UNTUK MENGENDALIKAN  
*Fusarium decemcellulare* PENYEBAB PENYAKIT KANKER BATANG KAKAO**



**NURHALIZA AMIR**

**G011 18 1080**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Pertanian  
pada  
Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan  
Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin  
Makassar

**DEPARTEMEN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

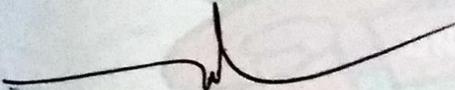
## HALAMAN PENGESAHAN

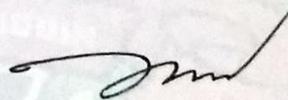
Judul Skripsi : Uji Efektivitas Kombinasi Kompos dan Agen Hayati *Trichoderma asperellum*  
dan *Gliocladium* sp. Untuk Mengendalikan *Fusarium decemcellulare*  
Penyebab Penyakit Kanker Batang Kakao  
Nama : Nurhaliza Amir  
NIM : G011181080

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, M.Sc.  
NIP. 19570706 198103 1 009

  
Dr. Muhammad Junaid, SP., M.Si.  
NIP. 19761231 200812 1 004

Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan  
Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin

Ketua Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan



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

Tanggal Pengesahan : Oktober 2022

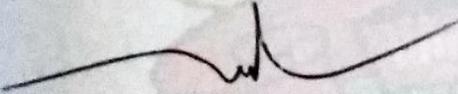
## HALAMAN PENGESAHAN

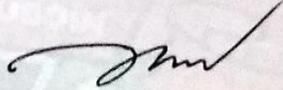
Judul Skripsi : Uji Efektivitas Kombinasi Kompos dan Agen Hayati *Trichoderma asperellum* dan *Gliocladium* sp. Untuk Mengendalikan *Fusarium decemcellulare* Penyebab Penyakit Kanker Batang Kakao  
Nama : Nurhaliza Amir  
NIM : G011181080

Disetujui oleh:

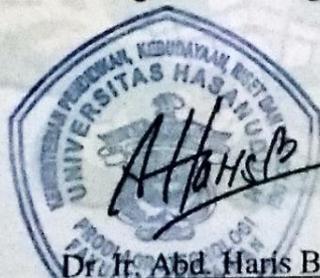
Pembimbing I

Pembimbing II

  
Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, M.Sc.  
NIP. 19570706 198103 1 009

  
Dr. Muhammad Junaid, SP., M.Si.  
NIP. 19761231 200812 1 004

Ketua Program Studi Agroteknologi



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

Tanggal Pengesahan : Oktober 2022

## DEKLARASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul “Uji Efektivitas Kombinasi Kompos dan Agen Hayati *Trichoderma asperellum* dan *Gliocladium* sp. Untuk Mengendalikan *Fusarium decemcellulare* Penyebab Penyakit Kanker Batang Kakao” 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, Oktober 2022



Nurhaliza Amir  
NIM. G011 18 1080

## ABSTRAK

Salah satu penyebab produksi kakao menurun adalah serangan penyakit yang disebabkan oleh *Fusarium* sp. Salah satu jenis *Fusarium* sp. adalah *Fusarium decemcellulare*. Patogen ini bisa menyebabkan kanker batang kakao yang dapat menghambat pengangkutan unsur hara dari akar ke daun, mengganggu proses fotosintesis dan daun terinfeksi penyakit sehingga berpengaruh terhadap penurunan produktivitas tanaman. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui efektivitas penggunaan kompos daun gamal, jerami padi, dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dari berbagai konsentrasi yang dikombinasi cendawan *Trichoderma asperellum* dan *Gliocladium* sp. untuk mengendalikan *F. decemcellulare* penyebab penyakit kanker batang kakao. Metode penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 6 perlakuan 5 ulangan. Parameter pengamatan meliputi, insidensi penyakit (%), bercak batang (cm), nekrosis jaringan pembuluh batang (cm), dan kolonisasi cendawan (%). Pengolahan data menggunakan analisis sidik ragam ANOVA, apabila berbeda nyata dilakukan uji lanjut BNT 5%. Penelitian ini menggunakan bibit tanaman kakao klon MCC 01 yang berumur 3 bulan. Hasil penelitian adalah perlakuan kombinasi kompos (daun gamal, jerami padi, dan TKKS) dan agen hayati (*T. asperellum* dan *Gliocladium* sp.) memiliki pengaruh nyata secara parsial (sebagian dari keseluruhan) untuk menekan *F. decemcellulare* penyebab kanker batang kakao setelah pengamatan 63 HSI. Pada perlakuan P2 kombinasi kompos 30% dan agen hayati (*T. asperellum* dan *Gliocladium* sp.) merupakan perlakuan paling efektif untuk menekan *F. decemcellulare* penyebab kanker batang kakao. Perlakuan P2 memiliki insidensi penyakit terendah 8,73% juga diikuti dengan nilai bercak batang 0,29 cm, nekrosis jaringan pembuluh batang 0,78 cm, dan kolonisasi *F. decemcellulare* terendah 32%; kolonisasi *T. asperellum* dan *Gliocladium* sp. tertinggi 36%.

**Kata Kunci:** *Fusarium decemcellulare*, *Gliocladium* sp., kanker batang, kakao klon MCC 01, *Trichoderma asperellum*.

## ABSTRACT

One of the causes of decreased cocoa production is the disease caused by *Fusarium* sp. One type of *Fusarium* sp. is *Fusarium decemcellulare*. This pathogen can cause cacao stem cancer which can transport nutrients from the roots to the leaves, interfere with the photosynthesis process, and infect leaves so that it affects the decrease in plant productivity. The purpose of this study was to determine the effectiveness of using a compost of gamal leaves, rice straw, and empty fruit bunches of oil palm (OPEFB) from various concentrations combined with the fungus *Trichoderma asperellum* and *Gliocladium* sp. to control *F. decemcellulare* which causes cacao stem cancer. This research method used a Randomized Block Design (RAK) with 6 treatments and 5 replications. Observation parameters include disease incidence (%), stem spot (cm), stem vascular tissue necrosis (cm), and fungal colonization (%). Data processing using ANOVA analysis of variance, if significantly different between treatments, a 5% BNT further test was carried out. This study used 3 months old MCC 01 clone cocoa plant seeds. The results showed that the combination (gamal leaf, rice straw, and OPEFB) and biological agents (*T. asperellum* and *Gliocladium* sp.) had a significant effect partially (part of the whole) to suppressing cancer-causing *F. decemcellulare* after 63 DAI observations. In P2 treatment, a combination of 30% compost and biological agents (*T. asperellum* and *Gliocladium* sp.) was the most effective treatment to suppress *F. decemcellulare* which causes cancer of cocoa stems. P2 treatment had the lowest disease incidence of 8.73%, followed by 0.29 cm stem spot value, 0.78 cm stem vascular tissue necrosis, and the lowest *F. decemcellulare* colonization at 32%; colonization of *T. asperellum* and *Gliocladium* sp. highest 36%.

**Keywords:** cocoa clone MCC 01, *Fusarium decemcellulare*, *Gliocladium* sp., stem cancer, *Trichoderma asperellum*.

## PERSANTUNAN

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

*Alhamdulillah* atas segala nikmat Iman, Islam, kesehatan dan kesempatan yang telah diberikan kepada penulis oleh Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Salawat dan salam penulis haturkan kepada Baginda Rasulullah *Shallallahu Alaihi Wasallam* sehingga kita semua umatnya dapat merasakan nikmat iman yang senantiasa mengalir kepada diri-diri kita yang dikehendaki-Nya.

Pengerjaan skripsi ini tidak lepas dari peran banyak pihak yang memberi dukungan dan doa restu kepada penulis sampai skripsi ini selesai. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih dan kehormatan yang sebesar-besarnya kepada :

Kedua orang tua tercinta, Ibu Hasnawiah yang senantiasa melangitkan doa dengan ikhlas dan memberikan segala cintanya tanpa batas. Bapak Amir Nawawi yang menjadi tulang punggung keluarga, membiayai kebutuhan pendidikan, selalu memberikan doa restu dan dukungan. Terima kasih pula kepada kakak saya, Amalia Amir dan Aulia Ulfa Amir atas semangat yang telah diberikan.

Bapak Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, M.Sc. selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr. Muhammad Junaid, SP., M.Si. selaku dosen pembimbing II, atas segala ilmu pengetahuan, keikhlasan, kesabaran, membimbing dan mengarahkan penulis mulai dari penyusunan rencana penelitian sampai skripsi ini selesai.

Bapak Prof. Dr. Ir. Andi Nasruddin, M. Sc., Ibu Dr. Sri Nur Aminah Ngatimin, S.P., M.Si., dan Ibu Hamdayanty, S.P., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan ilmu pengetahuan, kritik dan saran yang membangun sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.

Para pegawai dan staf laboratorium Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Bu Tia, Kak Nurul, Pak Ahmad, Pak Ardan, dan Pak Kama yang telah membantu dan memberi arahan dalam mengurus administrasi dan penelitian berlangsung.

Lembaga Pertamina Foundation atas beasiswa Pertamina Sobat Bumi yang telah banyak membantu dalam biaya pendidikan dan peningkatan keterampilan selama penulis menempuh studi.

Teman-teman seperjuangan selama kuliah, H18RIDA dan DIAGNOS18. Teman-teman akrab dan seru, Andriyani, Ani Nurhidayat, Annisa Fadlilah Amalia, Besse Fitri Amalia Syam, Nurfidya Rahmadani, dan Tasya Hadel Pritami, yang memberikan makna tentang saling memahami, menghargai, dukungan, dan mewarnai hari-hari perkuliahan. Teman-teman seperjuangan di MAN, Expost 3 Class yang tetap menjalin silaturahmi serta saling memberikan doa dan semangat. Kepada semua pihak yang tidak sempat disebutkan satu persatu yang turut membantu proses penelitian dan penulisan skripsi ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dan kepada diriku sendiri, terima kasih telah berjuang sampai di titik ini, melawan zona nyaman, menjalankan amanah orang tua, bekerja keras, dan terus berdoa. Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, namun penulis menjadikan ini sebagai perjalanan bermakna dalam proses menimba ilmu pengetahuan dan semoga bisa menjadi lebih baik lagi dan memberi manfaat.

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>DEKLARASI</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>PERSANTUNAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	3
1.3 Hipotesis .....	3
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Tanaman Kakao .....	4
2.1.1 Morfologi Kakao .....	4
2.1.2 Kakao Klon MCC 01.....	5
2.2 Kanker Batang Kakao dan <i>Fusarium decemcellulare</i> .....	6
2.3 Cendawan Endofit sebagai Agen Hayati .....	7
2.3.1 <i>Trichoderma asperellum</i> .....	8
2.3.2 <i>Gliocladium</i> sp. ....	8
2.4 Kombinasi Kompos dan Cendawan Endofit untuk Pengendalian Penyakit.....	9
2.4.1 Daun Gamal.....	9
2.4.2 Jerami Padi .....	10
2.4.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	10
<b>3. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>11</b>
3.1 Tempat dan Waktu.....	11
3.2 Alat dan Baha .....	11
3.3 Prosedur Kerja di Laboratorium .....	11
3.3.1 Perbanyak Isolat <i>F. decemcellulare</i> .....	11
3.3.2 Perbanyak Isolat <i>T. asperellum</i> dan <i>Gliocladium</i> sp.....	11
3.3.3 Menghitung Kerapatan Spora.....	11
3.4 Prosedur Kerja di Lapangan .....	12
3.4.1 Pembuatan Kompos (Daun gamal, Jerami padi, dan TKKS).....	12

3.4.2	Pengolahan Media Tanam .....	12
3.4.3	Inokulasi Cendawan Patogen <i>F. decemcellulare</i> .....	12
3.4.4	Pengaplikasian Cendawan Endofit <i>T. asperellum</i> dan <i>Gliocladium</i> sp. ....	12
3.4.5	Pemeliharaan Bibit Kakao.....	13
3.5	Reisolasi dan Kolonisasi Cendawan.....	13
3.6	Pemurnian dan Identifikasi Cendawan .....	13
3.7	Rancangan Percobaan.....	13
3.8	Parameter Pengamatan .....	13
3.9	Analisis Data.....	14
<b>4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>15</b>
4.1	Hasil.....	15
4.1.1	Insidensi Penyakit .....	15
4.1.2	Bercak Batang .....	16
4.1.3	Nekrosis Jaringan Pembuluh dan Kolonisasi Cendawan.....	17
4.1.4	Pemurnian Reisolasi Cendawan.....	19
4.1.5	Identifikasi Cendawan.....	20
4.2	Pembahasan .....	21
<b>5.</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>28</b>
5.1	Kesimpulan.....	28
5.2	Saran .....	28
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>29</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>35</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Klon Unggul MCC 01. ....	5
<b>Gambar 2.2</b>	Pengamatan <i>F. decemcellulare</i> perbesaran 15.00 $\mu$ m. ....	6
<b>Gambar 2.3</b>	Gejala kanker batang dengan inokulasi <i>F. decemcellulare</i> pada tanaman <i>Cedrelinga cateniformis</i> .....	7
<b>Gambar 4.1</b>	Gejala daun sakit untuk pengamatan insidensi penyakit .....	15
<b>Gambar 4.2</b>	Gejala bercak kanker batang kakao setelah infeksi <i>F. decemcellulare</i> .....	16
<b>Gambar 4.3</b>	Gejala nekrosis pada jaringan pembuluh batang kakao setelah infeksi.....	18
<b>Gambar 4.4</b>	Pengamatan <i>Trichoderma asperellum</i> perbesaran 200X.....	20
<b>Gambar 4.5</b>	Pengamatan <i>Gliocladium</i> sp. secara mikroskopis perbesaran 200X .....	21
<b>Gambar 4.6</b>	Pengamatan <i>Fusarium decemcellulare</i> secara mikroskopis perbesaran 200X. ....	21

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b>	Rata-rata insidensi penyakit pada daun dari 7 sampai 63 HSI.....	15
<b>Tabel 2.</b>	Rata-rata bercak batang dari 7 sampai 63 HSI.....	17
<b>Tabel 3.</b>	Rata-rata panjang nekrosis jaringan pembuluh batang dan kolonisasi cendawan setelah pengamatan 63 HSI.....	18
<b>Tabel 4.</b>	Hasil Pemurnian Reisolasi Cendawan Endofit dan Cendawan Patogen dari Jaringan Batang Kakao Setelah 7 Hari .....	19

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Analisis Persentase Insidensi Penyakit .....	35
<b>Lampiran 2.</b> Analisis Data Diameter Bercak Kanker .....	39
<b>Lampiran 3.</b> Analisis Data Nekrosis Jaringan Pembuluh Batang.....	44
<b>Lampiran 4.</b> Analisis Data Kolonisasi Cendawan .....	44
<b>Lampiran 5.</b> Dokumentasi Gejala Keseluruhan Tanaman.....	44
<b>Lampiran 6.</b> Dokumentasi Bercak Batang dan Nekrosis Pembuluh Batang Kakao.....	46
<b>Lampiran 7.</b> Dokumentasi Hasil Reisolasi dan Pengamatan Kolonisasi Cendawan.....	52
<b>Lampiran 8.</b> Dokumentasi Tahapan Penelitian .....	55

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Tanaman kakao merupakan salah satu hasil komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Kakao berperan penting sebagai sumber devisa negara melalui perdagangan ekspor sehingga mendorong sosial perekonomian daerah terutama di pedesaan. Untuk itu sejak tahun 1980 pemerintah memberikan prioritas untuk mengembangkan tanaman kakao sebagai salah satu komoditas unggulan (Defitri, 2019).

Menurut data *International Cocoa Organization* (ICCO) 2017, Indonesia menjadi produsen kakao dunia dengan menduduki posisi ketiga setelah Pantai Gading dan Ghana, namun saat ini menurun di urutan keenam setelah Brazil (Afriati *et al.*, 2021). Luas areal perkebunan kakao di Indonesia sebelum tahun 2020 selama empat tahun terakhir cenderung menunjukkan penurunan sekitar 2,55 - 3,93% per tahun. Pada tahun 2016 areal perkebunan kakao Indonesia tercatat seluas 1,72 juta hektar, namun menurun pada tahun 2019 menjadi 1,56 juta hektar atau penurunan sebesar 9,29%. Kemudian, pada tahun 2020 mengalami penurunan lagi menjadi 1,51 juta hektar atau penurunan sebesar 3,33% (Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan, 2021).

Selama periode tahun 2016 sampai dengan 2020 areal perkebunan kakao tersebar di 33 provinsi, kecuali Provinsi DKI Jakarta. Sulawesi Selatan merupakan provinsi dengan produksi kakao yang terbesar ketiga di Indonesia setelah Sulawesi Tengah dan Sulawesi Tenggara. Pada tahun 2019 areal perkebunan seluas 201,2 ribu hektar dengan jumlah produksi 113,4 ribu ton, namun pada tahun 2020 mengalami penurunan menjadi seluas 195 ribu hektar dengan jumlah produksi 110,4 ribu ton (Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan, 2021).

Salah satu penyebab menurunnya produksi kakao adalah serangan penyakit yang disebabkan oleh *Fusarium* sp. Pada musim kemarau dan kondisi lapangan terbuka membuat kakao menerima intensitas cahaya matahari yang tinggi sehingga tanaman bisa mengalami stres. Kakao merupakan tanaman C3 yang tidak membutuhkan intensitas cahaya yang tinggi. Musim kemarau sering terjadi di Sulawesi sehingga tanaman kakao berpotensi terserang penyakit yang disebabkan oleh *Fusarium* sp. (Rosmana *et al.*, 2013). *Fusarium* sp. merupakan cendawan yang menimbulkan jenis penyakit pada banyak tanaman. Kerugian ekonomi yang tinggi pada tanaman ini menyebabkan perlunya perhatian, penanganan, dan pengendalian khusus terhadap patogen ini (Sutejo *et al.*, 2008).

Ada beberapa jenis *Fusarium* sp. salah satunya adalah *Fusarium decemcellulare* (Adu-Acheampong *et al.*, 2011). Patogen ini bisa menyebabkan kanker batang pada tanaman *Cedrelinga cateniformis* (Lombard *et al.*, 2008), penyakit *dieback* dan nekrosis pada tanaman mangga (Qi *et al.*, 2013), penyakit tumor (*green point gall*) pada batang dan cabang kakao (Perez *et al.*, 2012), bersifat saprofit pada buah kakao (Del Castillo *et al.*, 2016), dan juga penyakit *dieback* dan kanker batang pada tanaman kakao (Adu-Acheampong, 2009).

Gejala kanker batang meliputi kulit batang agak retak atau pecah-pecah dan berwarna lebih gelap, sering terdapat cairan kemerahan seperti lapisan karat dan jika lapisan kulit luar dibersihkan, maka tampak lapisan di bawahnya membusuk dan berwarna merah anggur (Wattimena, 2019). Hal ini mengakibatkan jaringan batang terinfeksi sehingga menghambat

pengangkutan unsur hara dari akar ke daun kemudian mengganggu proses fotosintesis, yang mengakibatkan daun bisa terinfeksi penyakit dan berpengaruh terhadap penurunan produktivitas tanaman (Agustina *et al.*, 2019).

Dewasa ini penggunaan pupuk dan fungisida kimia merupakan hal yang banyak diterapkan untuk produktivitas tanaman karena dianggap lebih praktis, efisien, dan murah. Namun, penggunaan pupuk kimia dengan dosis yang tidak sesuai anjuran akan berdampak negatif terhadap sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sehingga kekurangan unsur hara dan aktivitas mikroorganisme tertekan (Wicaksana *et al.*, 2017). Adapun penggunaan bahan kimia bukan merupakan solusi terbaik untuk produksi tanaman berkelanjutan karena juga berdampak negatif terhadap mikroorganisme bukan sasaran, kesehatan manusia, dan lingkungan (Patty *et al.*, 2021). Solusi untuk mengatasi masalah ini adalah mengurangi penggunaan bahan-bahan kimia dengan memanfaatkan bahan-bahan organik.

Aspek budidaya tanaman kakao mulai dari masa pembibitan sangat perlu diperhatikan terutama pada faktor media tanam. Bibit tanaman menghendaki tanah yang gembur, subur, dan kaya bahan organik (Elkas *et al.*, 2017). Kompos merupakan pupuk organik yang berasal dari limbah tanaman yang sangat bermanfaat untuk memperbaiki sifat dan unsur hara tanah (Sedo *et al.*, 2021). Pengaplikasian kompos dengan *Trichoderma asperellum* efektif mengendalikan penyakit VSD pada tanaman kakao (Rosmana *et al.*, 2019). Beberapa bahan yang bisa digunakan untuk membuat kompos adalah daun gamal, jerami padi, dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

Daun gamal mengandung N 3,15%; P 0,22%; dan K 1,35% sehingga sangat cocok untuk diaplikasikan sebagai kompos (Tawa *et al.*, 2019). Selain itu, daun gamal mempunyai kandungan rasio C/N rendah yang menyebabkan biomasnya mudah mengalami dekomposisi (Sedo *et al.*, 2021).

Pemberian kompos jerami padi memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah daun, luas daun, diameter batang, volume akar, tinggi bibit, dan berat kering bibit tanaman kakao karena jerami padi mengandung unsur N, P, dan K yang dibutuhkan tanaman. Selain itu, dapat juga membantu aktivitas mikroorganisme di dalam tanah untuk memperbaiki struktur tanah sehingga unsur hara dapat diserap tanaman dengan baik (Elkas *et al.*, 2017).

Bahan lain yang bisa dijadikan kompos adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS merupakan bahan yang mengandung unsur N, P, K, dan Mg. Kompos TKKS memiliki pH yang tinggi bahkan mencapai pH 8, sedangkan pH yang optimum untuk diaplikasikan berkisar 7–8. Kondisi pH kompos yang tinggi tersebut dapat meningkatkan ketersediaan N, P, dan K pada tanah (Saputra *et al.*, 2019).

Bahan-bahan kompos tersebut mengalami proses dekomposisi karena adanya interaksi antara mikroorganisme yang bekerja di dalamnya (Sedo *et al.*, 2021). Mikroorganisme yang biasanya ditemukan adalah *Gliocladium* sp., *Trichoderma* sp., *Gymnoascus* sp., *Penicillium* sp., *Pseudokoningii*, *Aspergillus*, dan lain-lain sehingga kompos kaya akan kandungan mikroorganisme yang dibutuhkan tanaman (Yuniar, 2013).

Salah satu solusi mengurangi penggunaan fungisida kimia adalah dengan memanfaatkan cendawan endofit karena lebih ramah lingkungan (Sopialena *et al.*, 2020). Ada banyak jenis cendawan endofit, misalnya yang paling efektif adalah *Trichoderma asperellum* dan *Gliocladium* sp. Secara umum *Trichoderma* sp. mampu menghasilkan enzim litik, glukonase, selulase, kitinase, dan antibiotik, sedangkan pada *Gliocladium* sp. mampu menghasilkan

senyawa gliovirin dan viridian yang dapat menghambat pertumbuhan cendawan patogen (Sopialena *et al.*, 2020). Cendawan *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. efektif menekan patogen penyakit busuk batang jeruk (Agustina *et al.*, 2019), antraknosa kakao (Patty *et al.*, 2021), dan busuk buah kakao (Tambingsila, 2020). Berdasarkan hal ini, gabungan *Trichoderma asperellum* dan *Gliocladium* sp. dinilai berpotensi tinggi dalam mengendalikan penyakit kanker batang pada tanaman kakao.

Mekanisme antagonis *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. adalah kompetisi, antibiosis, lisis, dan parasitisme (Octriana, 2011). Ketika diinokulasi melalui tanah cendawan tersebut dapat berkembang biak di media tanah dan berinteraksi antara mikroorganisme lainnya, kemudian dapat mencapai dan menembus akar lalu naik ke jaringan batang dan daun. Maka, terjadi persaingan dengan cendawan patogen untuk menekan serangan penyakit di jaringan batang dan daun (Rosmana *et al.*, 2018).

Berdasarkan latar belakang ini, maka dilakukan penelitian mengenai uji efektivitas penggunaan kompos yang diinokulasi dengan kombinasi cendawan endofit untuk mengendalikan penyakit kanker batang pada tanaman kakao.

## **1.2 Tujuan dan Kegunaan**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas penggunaan kompos (daun gamal, jerami padi, dan TKKS) dari berbagai konsentrasi yang diinokulasi dengan kombinasi cendawan *T. asperellum* dan *Gliocladium* sp. untuk mengendalikan *F. decemcellulare* penyebab penyakit kanker batang kakao. Kegunaan penelitian ini adalah sebagai sumber informasi untuk berupaya mengendalikan penyakit pada tanaman kakao dengan menggunakan sistem dan bahan-bahan alami agar ramah lingkungan.

## **1.3 Hipotesis**

Terdapat konsentrasi kompos (daun gamal, jerami padi, dan TKKS) dengan kombinasi cendawan *T. asperellum* dan *Gliocladium* sp. yang paling efektif dalam mengendalikan *F. decemcellulare* penyebab penyakit kanker batang kakao.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Kakao

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) di Indonesia pertama kali dibudidayakan pada tahun 1921 dan berkembang pesat di daerah-daerah pulau Jawa, kemudian tanaman kakao menyebar ke seluruh wilayah Indonesia (Anwar, 2014). Kakao merupakan salah satu produk perkebunan yang memiliki peran yang cukup nyata dan dapat diandalkan dalam mewujudkan kesejahteraan hidup masyarakat petani daerah serta sebagai sumber devisa bagi perekonomian nasional dan program percepatan pembangunan pertanian berkelanjutan (Rosmana *et al.*, 2020).

Sulawesi Selatan merupakan provinsi dengan produksi kakao yang terbesar ketiga di Indonesia setelah Sulawesi tengah dan Sulawesi Tenggara. Pada tahun 2019 areal perkebunan seluas 201,2 ribu hektar dengan jumlah produksi 113,4 ribu ton, namun pada tahun 2020 mengalami penurunan menjadi seluas 195 ribu hektar dengan jumlah produksi 110,4 ribu ton (Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan, 2021).

Tanaman kakao merupakan tanaman menyerbuk silang (*cross pollination*) sehingga terdapat keragaman di antara genotipe, baik keragaman morfologi seperti bentuk buah, warna buah, besar biji, maupun keragaman dalam tingkat ketahanannya terhadap hama dan penyakit. Keberhasilan suatu program pemuliaan sangat ditentukan oleh seberapa besar keragaman genetik yang terdapat dalam sumber genetik yang digunakan. Semakin tinggi keragaman genetik semakin tinggi pula peluang untuk mendapatkan sumber gen bagi karakter yang akan diperbaiki (Martono, 2014).

#### 2.1.1 Morfologi Kakao

Menurut Martono (2014), morfologi tanaman kakao sebagai berikut:

1. Batang (*caulis*)

Batang tanaman kakao tumbuh tegak, tinggi tanaman di kebun pada umur 3 tahun dengan kisaran 1,8-3 m dan pada umur 12 tahun mencapai 4,5-7 m, sedangkan kakao yang tumbuh liar ketinggiannya mencapai 20 m. Kakao yang diperbanyak dengan biji akan membentuk batang utama sebelum tumbuh cabang-cabang primer.

2. Daun (*folium*)

Daun muda berwarna kuning, kuning cerah, cokelat, merah kecokelatan, hijau kecokelatan, hijau kemerahan, dan hijau, panjang daun 10-48 cm dan lebar antara 4-20 cm. Daun kakao merupakan daun tunggal pada tangkai daun hanya terdapat satu helaian daun. Tangkai daun berbentuk silinder dan bersisik halus (tergantung pada tipenya), pangkal membulat, ujung runcing sampai meruncing dengan panjang  $\pm 25-28$  mm dan diameter  $\pm 3-7,4$  mm.

3. Akar (*radix*)

Tanaman kakao mempunyai akar tunggang yang disertai dengan akar serabut dan berkembang di sekitar permukaan tanah kurang lebih sampai 30 cm. Pertumbuhan akar dapat mencapai 8 m ke arah samping dan 15 m ke arah bawah. Ketebalan daerah perakarannya 30-50 cm.

#### 4. Bunga (*flos*)

Bunga kakao tergolong bunga sempurna terdiri dari daun kelopak sebanyak 5 helai berwarna merah muda dan benang sari berjumlah 10 helai. Panjang tangkai bunga 2-4 cm. Warna tangkai bunga beragam dari hijau muda, hijau, kemerahan, merah muda, dan merah.

#### 5. Buah (*fructus*)

Buah kakao dipanen setelah masak optimal. Buah terbentuk setelah 14 hari penyerbukan bunga. Buah mengalami masak optimal setelah berumur 170 hari yang ditandai dengan perubahan warna kulit buah sesuai dengan varietasnya. Kemasakan buah kakao ditandai dengan perubahan warna kulit dan biji tidak melekat pada kulit buah bagian dalam bahkan terdapat rongga antara keduanya sehingga jika dipukul atau diketuk akan menimbulkan suara atau getaran seperti benda yang bagian dalamnya kosong.

#### 6. Biji (*semen*)

Biji kakao dapat dibagi menjadi tiga bagian pokok, yaitu kotiledon (87,10%), kulit (12%), dan lembaga (0,9%). Jumlah biji per buah sekitar 20-60 dengan kandungan lemak biji 40-59%. Biji berbentuk bulat telur agak pipih dengan ukuran 2,5 x 1,5 cm. Biji kakao diselimuti oleh lendir (*pulp*) berwarna putih. *Pulp* dapat menghambat perkecambahan, oleh karena itu harus dibuang untuk menghindari kerusakan biji. Biji kakao tidak mempunyai masa dormansi sehingga untuk benih tidak memungkinkan untuk disimpan dalam waktu yang agak lama. Benih akan bertahan sampai 100% jika disimpan pada suhu antara 15-30 °C selama 3 minggu.

### 2.1.2 Kakao Klon MCC 01

MCC ditemukan pada 2001 dan 2006, namun baru dapat diakui sebagai klon unggulan oleh pemerintah pada 2014 lantaran petani tidak bersemangat membudidayakan kakao. Peneliti dari Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia meriset klon itu selama 3 tahun dan mendapatkan hasil yang stabil. Sehingga pada 2014 Menteri Pertanian telah merilis dua klon kakao Masamba yakni MCC 01 dan MCC 02. MCC adalah kependekan dari *Masamba Cocoa Clone*. Banyak petani yang menanam klon MCC 02, namun klon MCC 01 tetap berkualitas unggul. Produksi klon MCC 01 mencapai 86,26 buah per pohon, 39,9 biji per tongkol, produksi rata-rata 3,3 kg per pohon atau 3.672 kg per ha per tahun (Mulyandari, 2019).



**Gambar 2.1** Klon Unggul MCC 01 (Puslitkoka, 2010).

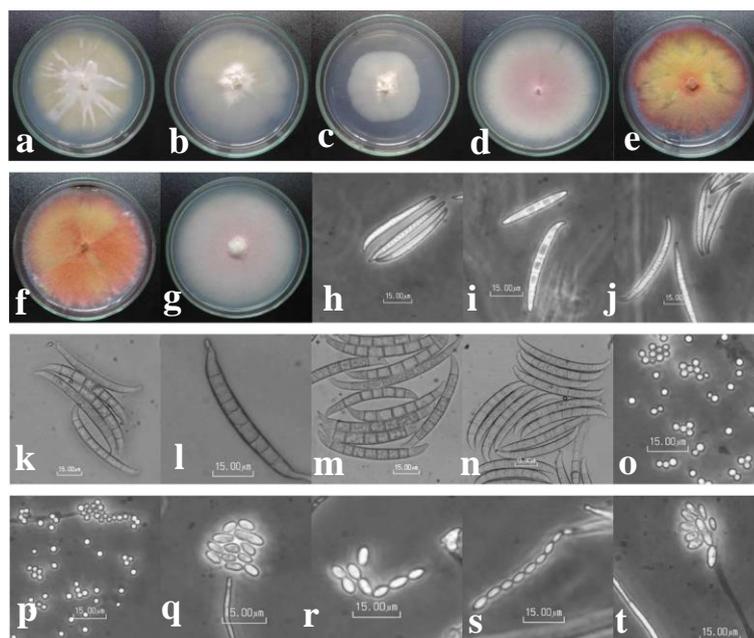
Klon MCC 01 memiliki ukuran buah besar, permukaan kulit buah kasar, warna buah hijau muda, dan saat masak berubah hijau kekuningan. Setiap kilogram terdiri atas 11-13 buah artinya bobot rata-rata kakao Masamba mencapai 700-900 g per buah. Bandingkan dengan bobot kakao lain, sekilogram terdiri atas 20-23 buah atau separuh bobot kakao Masamba, petani dapat menuai 2,8 ton biji kakao kering perhektar. Namun, MCC 02 yang lebih tahan terhadap serangan hama penyakit dibandingkan MCC 01 (Mulyandari, 2019).

## 2.2 Kanker Batang Kakao dan *Fusarium decemcellulare*

Gejala kanker batang meliputi kulit batang agak retak atau pecah-pecah dan berwarna lebih gelap, sering terdapat cairan kemerahan seperti lapisan karat, dan jika lapisan kulit luar dibersihkan, maka tampak lapisan di bawahnya membusuk dan berwarna merah anggur (Wattimena, 2019). Hal ini menyebabkan jaringan batang terinfeksi sehingga bisa menghambat pengangkutan unsur hara dari akar ke daun kemudian mengganggu proses fotosintesis dan daun terinfeksi penyakit yang mengakibatkan penurunan produktivitas tanaman (Agustina *et al.*, 2019).

*Fusarium* sp. merupakan cendawan yang menimbulkan jenis penyakit pada banyak tanaman. Kerugian ekonomi yang tinggi pada tanaman ini menyebabkan perlunya perhatian, penanganan, dan pengendalian khusus terhadap patogen ini (Sutejo *et al.*, 2008). Ada beberapa jenis *Fusarium* sp. salah satunya adalah *Fusarium decemcellulare* (Adu-Acheampong *et al.*, 2011). *F. decemcellulare* biasanya hanya ditemukan di daerah tropis dan sub-tropis, dan secara konsisten dikaitkan dengan kanker dan mati-punggung dari berbagai pohon buah-buahan tropis (Pinaria, 2020).

*F. decemcellulare* tumbuh lambat di media PDA. Miselium berwarna putih sampai krem, tetapi bisa menjadi gelap seiring bertambahnya usia dari kultur yang diamati. Yang paling khas dari kultur ini menghasilkan *sporodochia* kuning yang mengeluarkan eksudat sehingga penampilan dari koloni kelihatan basah. Pigmen merah biasanya diproduksi dalam media PDA (Pinaria, 2020).



**Gambar 2.2** Pengamatan *F. decemcellulare* perbesaran 15.00µm (Nhung *et al.*, 2018).

Keterangan: a, b, c, d, e, f, g = Isolat *F. decemcellulare*;  
h, i, j, k, l, m, n = Makrokonidia;  
o, p, q, r, s, t = Mikrokonidia

Makrokonidia *F. decemcellulare* mudah dibedakan dengan spesies lain karena sangat besar, panjang dan lebar, lurus atau sedikit melengkung, dan kuat dengan dinding tebal. Memiliki 5-9 septa dengan sel apikal dan sel basal berbentuk kaki. Mikrokonidia ditemukan dalam bentuk rantai panjang yang dihasilkan dari monophialides dalam konidiofor yang bercabang atau langsung dari hifa. Mikrokonidia berbentuk oval dan biasanya tidak memiliki septa dan klamidospora tidak ada (Pinaria, 2020).



**Gambar 2.3** Gejala kanker batang dengan inokulasi *F. decemcellulare* pada tanaman *Cedrelinga cateniformis* (Lombard *et al.*, 2008).

Patogen ini juga bisa menyebabkan kanker batang pada tanaman *Cedrelinga cateniformis* (Lombard *et al.*, 2008), penyakit *dieback* dan nekrosis pada tanaman mangga (Qi *et al.*, 2013), penyakit tumor (*green point gall*) pada batang dan cabang kakao (Perez *et al.*, 2012), bersifat saprofit pada buah kakao (Del Castillo *et al.*, 2016), dan juga penyakit *dieback* dan kanker batang pada tanaman kakao (Adu-Acheampong, 2009).

### 2.3 Cendawan Endofit sebagai Agen Hayati

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 (endofit), semua bersifat menghambat pertumbuhan dan berkompetisi dalam ruang dan nutrisi dengan patogen sasaran. Pengendalian secara hayati dilakukan untuk mengurangi residu yang dihasilkan akibat menggunakan bahan kimia. Penggunaan agen hayati seperti cendawan antagonis merupakan cara pengendalian yang aman dan tidak mencemari lingkungan (Agustina *et al.*, 2019).

Ada banyak jenis cendawan endofit, misalnya yang paling efektif adalah *Trichoderma asperellum* dan *Gliocladium* sp. Kombinasi cendawan *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. efektif menekan *Botryodiplodia theobrome* patogen penyakit busuk pangkal batang jeruk (Agustina *et al.*, 2019), antraknosa kakao (Patty *et al.*, 2021), dan busuk buah kakao (Tambingsila, 2020). Berdasarkan hal tersebut, gabungan *T. asperellum* dan *Gliocladium* sp. dinilai berpotensi tinggi dalam mengendalikan penyakit kanker batang pada tanaman kakao penyebab *F. decemcellulare*.

### 2.3.1 *Trichoderma asperellum*

*Trichoderma* sp. adalah genus *Ascomycota* yang sering ditemukan di tanah, kayu, kulit kayu, dan substrat lain yang tak terhitung banyaknya. Cendawan ini memiliki potensi dan daya adaptasi yang tinggi terhadap berbagai kondisi ekologi (Jaklitsch, 2011). Cendawan ini bersifat endofit yang dapat mengendalikan penyakit tanaman (Isnadina *et al.*, 2019). Terdapat lebih dari 20 jenis *Trichoderma* yang diisolasi dari biji, polong, dan kayu (Rosmana *et al.*, 2013).

Mekanisme *Trichoderma* sp. yaitu dapat berkompetisi terhadap ruang dan makanan sehingga mampu menekan perkembangan cendawan patogen pada tanah dan jaringan tanaman, mengumpulkan nutrisi organik, menginduksi ketahanan, dan inaktivasi enzim patogen. Selain itu, dapat juga menekan pertumbuhan cendawan patogen dengan melilit hifa patogen, mengeluarkan enzim  $\beta$ -1,3 *glukonase* dan *kitinase* yang bisa menembus dinding sel (Agustina *et al.*, 2019) karena bersifat antibiosis dan menghasilkan enzim yang secara aktif mendegradasi sel-sel sehingga menyebabkan lisisnya sel-sel cendawan patogen dan mengeluarkan trikotoksin yang dapat mematikan patogen (Octriana, 2011).

Salah satu jenis *Trichoderma* sp. adalah *T. asperellum* yang dapat menyebar secara sistemik di jaringan tanaman kakao yang bisa diaplikasikan melalui penyemprotan daun, penyiraman tanah, infus batang (Rosmana *et al.*, 2018) dan dapat juga melalui tanah yang dikombinasi dengan kompos sisa tanaman (Nurlaila *et al.*, 2020).

*T. asperellum* dapat mengendalikan penyakit VSD yang disebabkan oleh jamur *C. theobromae* pada kakao (Rosmana *et al.*, 2016), menghambat *P. palmivora* penyebab penyakit busuk buah pada kakao, menghambat *P. myriotylum* penyebab busuk umbi pada tanaman talas (Agustina *et al.*, 2019) dan mengendalikan penyakit hawar daun secara nyata dan efisien pada pembibitan kakao (Aziz *et al.*, 2013).

### 2.3.2 *Gliocladium* sp.

*Gliocladium* sp. merupakan mikroorganisme tanah yang umum dan tersebar di berbagai jenis tanah, misalnya tanah hutan, dan pada beragam rizosfer tanaman. *Gliocladium* sp. dapat bertindak sebagai dekomposer dan juga sebagai agen pengendali hayati patogen tanaman. Hal ini memberikan harapan untuk mengurangi penggunaan pupuk dan fungisida sintetik (Herlina, 2013).

Penambahan *Gliocladium* sp. ke dalam tanah sangat diperlukan karena untuk menambah populasinya untuk mengendalikan cendawan patogen, karena semakin banyak populasi *Gliocladium* sp. di dalam tanah daya antagonisnya akan semakin besar, selain itu antibiotik yang dihasilkan akan semakin baik untuk menekan patogen (Iskandar & Pinem, 2009).

*Gliocladium* sp. memarasit inangnya dengan cara menutupi atau membungkus patogen, memproduksi enzim-enzim dan menghancurkan dinding sel patogen hingga patogen mati. *Gliocladium* sp. dapat hidup baik sebagai saprofit maupun parasit pada cendawan lain, dapat berkompetisi makanan, menghasilkan zat penghambat. Mekanisme antagonistik dari *Gliocladium* sp. terhadap organisme lain adalah hiperparasitisme, antibiosis, dan lisis atau kombinasi keduanya. Cendawan ini pertama kali dilaporkan memproduksi bahan anti cendawan gliotoksin dan virin (Herlina, 2013).

## 2.4 Kombinasi Kompos dan Cendawan Endofit untuk Pengendalian Penyakit

Aplikasi pupuk organik akan sangat memperbaiki kondisi tanah. Kandungan mikroorganisme tanah juga perlu diperkaya untuk mempercepat dekomposisi, sehingga kesuburan tanah dapat terjaga. Mikroba penyubur tanah akan berasosiasi dengan akar tanaman, meningkatkan ketersediaan hara, memacu pertumbuhan dan melindungi tanaman melalui senyawa fitohormon, antimikroba, toksin, dan enzim yang dihasilkan (Herlina, 2013).

Aspek budidaya tanaman kakao mulai dari masa pembibitan sangat perlu diperhatikan terutama pada faktor media tanam. Bibit tanaman menghendaki tanah yang gembur, subur, dan kaya bahan organik (Elkas *et al.*, 2017). Kompos merupakan pupuk organik yang berasal dari limbah tanaman yang sangat bermanfaat untuk memperbaiki sifat dan unsur hara tanah (Sedo *et al.*, 2021).

Pengaplikasian kompos dengan *T. asperellum* efektif mengendalikan penyakit VSD pada tanaman kakao (Rosmana *et al.*, 2019). Adapun, aplikasi *Gliocladium* sp. dengan pemberian vermikompos memberikan hasil paling baik dalam mengendalikan penyakit layu fusarium (*F. oxysporum*) pada tanaman semangka (Ruliyanti & Majid, 2020).

Bahan-bahan kompos tersebut mengalami proses dekomposisi karena adanya interaksi antara mikroorganisme yang bekerja di dalamnya (Sedo *et al.*, 2021). Mikroorganisme yang biasanya ditemukan adalah *Gliocladium* sp., *Trichoderma* sp., *Gymnoascus* sp., *Penicillium* sp., *Pseudokoningii*, *Aspergillus*, dan lain-lain sehingga kompos kaya akan kandungan mikroorganisme yang dibutuhkan tanaman (Yuniar, 2013). Beberapa bahan yang bisa digunakan untuk membuat kompos adalah daun gamal, jerami padi, dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

### 2.4.1 Daun Gamal

Ketersediaan daun gamal yang berlimpah dan mengandung unsur-unsur yang berperan aktif untuk pertumbuhan tanaman, maka cara yang efektif adalah menjadikan daun gamal sebagai kompos. Daun gamal mengandung N 3,15%; P 0,22%; dan K 1,35% sehingga cocok untuk diaplikasikan sebagai kompos (Tawa *et al.*, 2019). Daun gamal jika dijadikan pupuk organik mempunyai kandungan nitrogen lebih tinggi. Selain itu daun gamal mempunyai kandungan rasio C/N rendah menyebabkan biomassa tanaman ini mudah mengalami dekomposisi (Sedo *et al.*, 2021).

Penggunaan pupuk daun gamal selain memberikan keuntungan dalam mengurangi biaya penaburan dan biaya penyimpanan, juga penyebaran hara lebih merata. Pemberian daun gamal dengan dosis yang berbeda memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang pada bibit tanaman kakao (Arsensi *et al.*, 2022).

### **2.4.2 Jerami Padi**

Jerami padi mampu memperbaiki sifat biologi tanah sehingga tercipta lingkungan yang lebih baik bagi perakaran tanaman. Jerami padi secara tidak langsung mengandung sumber senyawa C-N yang menyediakan substrat untuk metabolisme jasad renik yaitu gula, pati, selulose, hemiselulose, pektin, lignin, lemak dan protein (Pangaribuan & Pujisiswanto, 2008).

Pemberian kompos jerami padi memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah daun, luas daun, diameter batang, volume akar, tinggi bibit, dan berat kering bibit tanaman kakao karena jerami padi mengandung unsur N, P, dan K yang dibutuhkan tanaman. Semua unsur-unsur tersebut memegang peran yang sangat penting dalam metabolisme tanaman. Selain itu, dapat juga membantu aktivitas mikroorganisme di dalam tanah untuk memperbaiki struktur tanah sehingga unsur hara dapat diserap tanaman dengan baik (Elkas *et al.*, 2017).

### **2.4.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)**

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah suatu produk sampingan berupa padatan dari industri pengolahan kelapa sawit. Pemberian kompos TKKS pada tanah yang kekurangan bahan organik akan membantu melonggarkan partikel tanah yang padat dengan cara membuka pori-pori tanah yang merupakan saluran atau jalan bagi udara dan air (Saputra *et al.* 2021).

Kandungan pada TKKS dapat memberikan unsur hara kepada tanaman karena mengandung lignin 26.53%, selulosa 36.59% hemiselulosa 24.97% dan abu 1.79% (Muryanto *et al.*, 2016). TKKS juga mengandung unsur N, P, K, dan Mg. Kompos TKKS memiliki pH yang tinggi bahkan mencapai pH 8, sedangkan pH yang optimum untuk diaplikasikan berkisar 7–8. Kondisi pH kompos yang tinggi tersebut dapat meningkatkan ketersediaan N, P, dan K pada tanah (Saputra *et al.*, 2019).

Perlakuan kompos TKKS 180 gram/polybag merupakan perlakuan terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya terhadap terhadap parameter pengamatan tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, luas daun, dan berat basah pada bibit tanaman kakao (Saputra *et al.* 2021).