

**APLIKASI *Trichoderma harzianum* + *Actinomyces* sp DAN  
PENGELOLAAN TANAH TERHADAP BEBERAPA KARAKTERISTIK  
DAUN DAN HASIL TANAMAN KAKAO**

**MUTIARA NENGSY. L**

**G011 19 1244**



**DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN  
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2023**

# **SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Menempuh Ujian Sarjana Pada  
Program Studi Agroteknologi Departemen Budidaya Pertanian  
Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin**

**MUTIARA NENGSY. L**

**G011 19 1244**



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**APLIKASI *Trichoderma harzianum* + *Actinomyces* sp DAN  
PENGELOLAAN TANAH TERHADAP BEBERAPA KARAKTERISTIK  
DAUN DAN HASIL TANAMAN KAKAO**

**MUTIARA NENGSY. L**

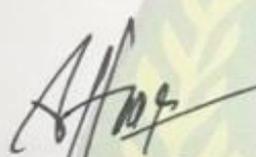
**G011 19 1244**

**Makassar, 12 Januari 2023**

**Menyetujui,**

**Pembimbing Utama**

**Pembimbing Pendamping**

  
**Dr. Ir. Abd/Haris Bahrin, M. Si.**  
**NIP. 19670811 199403 1 003**

  
**Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin, MS.**  
**NIP. 19550106 1983 12 1 001**

**Mengetahui,**

**Ketua Departemen Budidaya Pertanian  
Fakultas Pertanian**



**Dr. Hari Iswoyo, S.P., M. Si**  
**NIP. 19760508 200501 1 003**

LEMBAR PEGESAHAN

APLIKASI *Trichoderma harzianum* + *Actinomycetes* sp DAN  
PENGELOLAAN TANAH TERHADAP BEBERAPA KARAKTERISTIK  
DAUN DAN HASIL TANAMAN KAKAO

Disusun dan Diajukan oleh

MUTIARA NENGSY, L

G011 19 1244

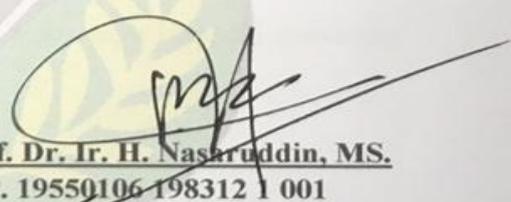
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Masa Studi Program Sarjana, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas hasanuddin pada tanggal 12 Januari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

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

  
Prof. Dr. Ir. H. Nasruddin, MS.  
NIP. 19550106 198312 1 001

Ketua Program Studi



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

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mutiara Nengsy. L

NIM : G011191244

Program Studi : Agroteknologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa tulisan saya berjudul:

**“APLIKASI *Trichoderma harzianum* + *Actinomyces* sp DAN  
PENGELOLAAN TANAH TERHADAP BEBERAPA KARAKTERISTIK  
DAUN DAN HASIL TANAMAN KAKAO”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan benar bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain. Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya dari orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 12 Januari 2023



Mutiara Nengsy. L

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta nikmat yang tak terhingga sehingga skripsi penelitian dengan judul “Aplikasi *Trichoderma harzianum* + *Actinomyces* sp dan Pengelolaan Tanah terhadap Beberapa Karakteristik Daun dan Hasil Tanaman Kakao” dapat terselesaikan dengan baik yang sekaligus menjadi tahap awal untuk menyelesaikan studi di Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar.

Penulis menyadari bahwa selesainya penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan, disertai doa berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati, perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih tak terhingga, serta doa yang tulus kepada semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dan semangat atas selesainya penulisan ini, khususnya kepada:

1. Ayahanda tercinta Ir. Lengkang dan Ibunda tercinta Surdia, serta saudara saya Nurul Azmi S.Pd., Khaira Najwa Lengkang, Abraham Lengkang, dan Sevent Smart Lengkang atas limpahan kasih sayang, doa dan semangat yang tanpa henti diberikan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Abd Haris Bahrin, M. Si., selaku Pembimbing I dan Bapak Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin, MS., selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan dan petunjuk dalam melaksanakan penelitian ini hingga terselesaikan penelitian ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Ambo Ala, MS., Ibu Dr. Ir. Asmiaty Sahur, MP., Ibu Dr. Ir. Katriani Mantja, MP., selaku penguji yang telah memberikan saran dan

masuk kepada penulis sejak awal penelitian hingga terselesaikan penelitian ini.

4. Bapak Dr. Hari Iswoyo, S.P., M.Si selaku ketua Departemen Budidaya Pertanian Universitas Hasanuddin serta seluruh dosen dan staf pegawai atas segala bantuan dan perhatian yang telah diberikan.
5. Kepada Bapak Amrullah sekeluarga, yang telah memberikan kesempatan belajar dan memberikan ilmu pengetahuan serta menyediakan lahan perkebunan untuk pelaksanaan penelitian.
6. Kepada Bapak Toni Abdullah S.P., Bapak Sapril Muda S.Pd., Bapak Muh. Khaidir Pratama Ali S.P., Bapak Muh. Taqwa S.P, Bapak Suherman S.Pd., Bapak Suparman, Bapak Adi, Kak Rahmat Muda, Kak Ananda Pratama Arfan, Kak Muh Risal, Kak Muh. Rasdi, Muh. Tamsir, dan Kurniawan yang banyak membantu penulis selama pelaksanaan penelitian berlangsung.
7. Seluruh pihak yang telah memberikan semangat dan dukungan dari awal penelitian hingga terselesaikan penelitian ini.

Akhirnya, penulis berdoa agar segala bantuan yang diberikan mendapat balasan dari Allah SWT dengan pahala. Penulis menyadari bahwa selama penelitian dan penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Dengan sangat rendah hati penulis, mengharapkan kritik dan saran yang dapat berguna agar skripsi ini lebih baik lagi kedepannya.

Makassar, 12 Januari 2023

Mutiara Nengsy. L

## ABSTRAK

**MUTIARA NENGSY. L (G011191244).** Aplikasi *Trichoderma harzianum* + *Actinomyces* sp dan pengelolaan tanah terhadap beberapa karakteristik daun dan hasil tanaman kakao. Dibimbing oleh **ABD HARIS BAHRUN dan NASARUDDIN.**

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan menganalisis pengaruh *Trichoderma harzianum* + *Actinomyces* sp dan pengelolaan tanah terhadap beberapa karakteristik daun dan hasil tanaman kakao. Penelitian dilaksanakan pada awal Juli sampai Desember 2022 yang berlokasi di Desa Sipatuo, Kecamatan Patampanua, Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan. Penelitian dilaksanakan dalam bentuk percobaan faktorial 2 faktor yang disusun berdasarkan pola rancangan acak kelompok. Faktor pertama adalah aplikasi mikroba yang terdiri dari 4 taraf yaitu tanpa mikroba, 20 g *Trichoderma harzianum* + 20 mL *Actinomyces* sp, 40 g *Trichoderma harzianum* + 40 mL *Actinomyces* sp, dan 60 g *Trichoderma harzianum* + 60 mL *Actinomyces* sp. Faktor kedua adalah pengelolaan tanah, terdiri dari 3 taraf yaitu tanpa pengolahan tanah, tanpa pengolahan tanah + mulsa sabut kelapa, dan pengolahan tanah + mulsa sabut kelapa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi perlakuan 60 g *Trichoderma harzianum* + 60 mL *Actinomyces* sp dengan pengolahan tanah + mulsa sabut kelapa memberikan hasil terbaik terhadap beberapa karakteristik daun dan hasil tanaman kakao.

**Kata Kunci:** Mikroba, pengelolaan tanah, kakao.

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Hipotesis .....	5
1.3 Tujuan dan Kegunaan .....	5
<b>BAB II .....</b>	<b>6</b>
2.1 Tanaman Kakao ( <i>Theobroma cacao</i> L) .....	6
2.2 <i>Trichoderma harzianum</i> .....	8
2.3 <i>Actinomycetes</i> .....	10
2.4 Pengolahan Tanah .....	12
2.5 Mulsa Sabut Kelapa .....	14
<b>BAB III .....</b>	<b>17</b>
3.1 Tempat dan Waktu .....	17
3.2 Alat dan Bahan .....	17
3.3 Metode Penelitian .....	17
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	18
3.5 Parameter Pengamatan .....	19
3.6 Analisis Data .....	21
<b>BAB IV .....</b>	<b>22</b>
4.1 Hasil .....	22
4.2 Pembahasan .....	32
<b>BAB V .....</b>	<b>42</b>
5.1 Kesimpulan .....	42
5.2 Saran .....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>43</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>50</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Nomor</b>	<b>Teks</b>	<b>Halaman</b>
1.	Rumus Dan Kostanta Kadar Klorofil .....	21
2.	Rata-Rata Kerapatan Stomata ( $\mu\text{.cm}^{-2}$ ) .....	22
3.	Rata-Rata Luas Bukaan Stomata ( $\mu\text{m}^2$ ) .....	23
4.	Rata-Rata Kadar Klorofil a ( $\mu\text{mol.}^{\text{m}^{-2}}$ ) .....	24
5.	Rata-Rata Kadar Klorofil b ( $\mu\text{mol.}^{\text{m}^{-2}}$ ).....	25
6.	Rata-Rata Kadar Klorofil Total ( $\mu\text{mol.}^{\text{m}^{-2}}$ ) .....	26
7.	Rata-Rata Jumlah Pentil Terbentuk (Buah) .....	27
8.	Rata-Rata Jumlah Buah Panen (Buah).....	28
9.	Rata-Rata Jumlah Biji Per Buah (Biji) .....	29
10.	Rata-Rata Bobot 100 Biji Kering (g).....	30
11.	Rata-Rata Produksi Biji Kering Per Pohon (g) .....	31
12.	Rata-Rata Produksi Biji Kering Per Hektar (kg) .....	32
<b>Nomor</b>	<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1a.	Rata-Rata Luas Bukaan Stomata .....	51
1b.	Sidik Ragam Rata-Rata Luas Bukaan Stomata .....	51
2a.	Rata-Rata Luas Bukaan Stomata .....	52
2b.	Sidik Ragam Rata-Rata Luas Bukaan Stomata .....	52
3a.	Rata-Rata Kadar Klorofil a .....	53
3b.	Sidik Ragam Rata-Rata Kadar Klorofil a .....	53
4a.	Rata-Rata Kadar Klorofil b .....	54
4b.	Sidik Ragam Rata-Rata Kadar Klorofil b .....	54
5a.	Rata-Rata Kadar Klorofil Total .....	55
5b.	Sidik Ragam Rata-Rata Kadar Klorofil Total .....	55

6a. Rata-Rata Jumlah Pentil Terbentuk .....	56
6b. Sidik Ragam Rata-Rata Jumlah Pentil Terbentuk .....	56
7a. Rata-Rata Jumlah Buah Panen .....	57
7b. Sidik Ragam Rata-Rata Jumlah Buah Panen .....	57
8a. Rata-Rata Jumlah Biji Per Buah .....	58
8b. Sidik Ragam Rata-Rata Jumlah Biji Per Buah .....	58
9a. Rata-Rata Jumlah Bobot 100 Biji Kering .....	59
9b. Sidik Ragam Jumlah Bobot 100 Biji Kering .....	59
10a. Rata-Rata Jumlah Produksi Biji Kering Per Pohon .....	60
10b. Sidik Ragam Rata-Rata Jumlah Produksi Biji Kering Per Pohon .....	60
11a. Rata-Rata Jumlah Produksi Biji Kering Per Hektar .....	61
11b. Sidik Ragam Rata-Rata Jumlah Produksi Biji Kering Per Hektar .....	61

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Lampiran	Halaman
1.	Denah Layout Pengacakan Penelitian .....	50
2a.	Meletakkan Sabut Kelapa Ditempat Terbuka .....	62
2b.	Pengaplikasian Mulsa Sabut Kelapa .....	62
3a.	Pengaplikasian Mikroba Tanah .....	62
3b.	Pentil Kakao Terbentuk .....	62
4a.	Buah Panen .....	63
4b.	Menimbang Berat Kering Biji Kakao .....	63
5a.	Pengambilan Sampel Stomata Daun .....	63
5b.	Pengukuran Jumlah Klorofil Daun .....	63

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kakao merupakan salah satu komoditas perkebunan yang peranannya cukup penting bagi perekonomian nasional, khususnya sebagai penyedia lapangan kerja, sumber pendapatan, dan devisa negara. Konsumsi kakao dunia cenderung meningkat tiap tahun terutama di negara–negara maju. Negara konsumen kakao terbesar masih dipegang negara–negara Eropa dengan urutan Swiss (8,8 Kg/Kapita/tahun), Austria (8,1 kg/Kapita/Tahun), Jerman (7,9 kg/Kapita/Tahun), Inggris (7,6 kg/Kapita/Tahun), dan Swedia (6,6 kg/Kapita/Tahun) (ICCO, 2020). Tingginya konsumsi kakao di Uni Eropa membuka peluang bagi produsen kakao di dunia, tak terkecuali Indonesia (Rohmah, 2019). Indonesia menempati urutan keenam produsen kakao terbesar dunia setelah Pantai Gading, Ghana, Ecuador, Cameroon, dan Nigeria (ICCO, 2020).

Beberapa Provinsi pengembangan wilayah kakao Indonesia bagian timur, antara lain Provinsi Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat, dan Sulawesi Tenggara (Ditjenbun, 2019). Sulawesi Selatan menempati urutan kedua sentra produksi kakao nasional dengan jumlah produksi sebanyak 124.952 ton pada tahun 2018. Luas areal lahan perkebunan kakao di Sulawesi Selatan pada tahun 2020 yaitu seluas 195.980 ha dengan total produksi 106.582 ton, dan jumlah petani sebanyak 220.421 kepala keluarga (BPS Sulsel, 2021).

Permasalahan saat ini, kesuburan tanah telah menurun yang ditandai dengan penurunan produktivitas tanaman kakao dan semakin tingginya seragan hama dan

penyakit. Penurunan produktivitas kakao disebabkan pupuk yang diberikan hilang tercuci, ter volatilisasi, terangkut panen, dan tererosi (Puslitkoka, 2010). Petani berusaha mengatasi kendala tersebut dengan melakukan pemupukan menggunakan pupuk kimia. Penggunaan pupuk kimia secara terus menerus dalam jangka waktu lama dapat merusak tanah. Tanah menjadi padat, keras, sulit diolah sehingga kapasitas menahan air menurun dan perkembangan perakaran tanaman terhambat (Al Habib *et al.*, 2017). Oleh karena itu, diperlukan perbaikan sistem budidaya kakao di Indonesia menggunakan teknologi ramah lingkungan dengan pemanfaatan mikroba tanah seperti *Trichoderma harzianum* dan *Actinomyces* sp, serta pengelolaan tanah untuk membantu ketersediaan hara dan air bagi tanaman kakao.

Dalam kehidupan tanaman, peran mikroba tidak dapat dipungkiri baik dalam penyediaan hara maupun menunjang kesehatan tanaman. *Trichoderma harzianum* merupakan salah satu mikroba jenis fungi menguntungkan yang dapat bersimbiosis mutualisme dengan akar tanaman, karena peran cendawan trichoderma sangat penting dalam memberikan sinyal auksin dan merangsang pertumbuhan tanaman (Nurahmi *et al.*, 2012). Hasil penelitian Hadi *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa pengaplikasian *Trichoderma harzianum* mampu menghambat laju invasi *Fusarium oxysporum* dan berpengaruh sangat nyata terhadap panjang tunas dan jumlah daun bibit vanili (*Vanilla planifolia*). Selanjutnya Hermawan *et al.*, (2013) melaporkan bahwa penggunaan *Trichoderma harzianum* juga dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman, karena kemampuannya dalam mendegradasi senyawa-senyawa yang sulit terdegradasi seperti lignoselulosa.

Mikroba lainnya yang efektif untuk meningkatkan produksi dan produktivitas lahan adalah *Actinomycetes*. Shimizu (2011) dalam Rahmiyati *et al.*, (2021) menyatakan bahwa mikroba ini dapat memacu pertumbuhan tanaman, dikarenakan kelompok mikroba ini memiliki kemampuan dalam memproduksi atau meningkatkan konsentrasi hormon tanaman (asam indol asetat, asam giberelin, sitokin), fiksasi nitrogen asimbiotik, dan melarutkan fosfat dan mineral lainnya. Sreevidya *et al.*, (2016) melaporkan bahwa daerah rhizosfer tanaman yang diberi aplikasi suspensi *Actinomycetes* akan mengalami peningkatan total unsur hara N, P tersedia, dan C organik.

Kemampuan akar tanaman dalam penyerapan unsur hara salah satunya ditentukan oleh faktor fisik dari tanah, sehingga untuk memperoleh sifat fisik yang diinginkan dalam menunjang pertumbuhan tanaman perlu dilakukan pengelolaan tanah. Kebijakan dalam pengelolaan tanah akan menentukan besarnya erosi, laju infiltrasi, kapasitas tanah menahan air, dan kecepatan kerusakan tanah di lahan-lahan pertanian. Pengelolaan tanah dengan cara mengolah tanah diperlukan karena kondisi kepadatan, kekuatan tanah, aerasi tanah, dan dalamnya perakaran tanaman tidak lagi mendukung penyediaan air bagi tanaman (Kironoto *et al.*, 2021). Akan tetapi, pengolahan tanah seperlunya tanpa menggunakan mulsa adalah suatu kesalahan yang dapat mempercepat erosi sehingga keseimbangan unsur hara didalam tanah juga bisa terganggu (Rachman *et al.*, 2004).

Mulsa sabut kelapa dinilai efektif menekan erosi faktor utama penyebab terjadinya degradasi lahan, yakni dengan menurunkan laju aliran permukaan, menjaga fisik tanah agar tetap gembur, mempertahankan kelembapan dan suhu

tanah, mengurangi evaporasi, serta menekan pertumbuhan gulma (Yustika *et al.*, 2021). Mulsa sabut kelapa juga mengandung beberapa hara utama dari alam yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh dan berkembang seperti Kalium (K), Nitrogen (N), Kalsium (Ca), dan Magnesium (Mg) (Faizi *et al.*, 2021). Hasil Penelitian Dalimoenthe (2013) menyatakan bahwa pemberian sabut kelapa dapat meningkatkan pertumbuhan dan perakaran tanaman teh di pembibitan.

Pemanfaatan sabut kelapa sebagai mulsa dapat meningkatkan infiltrasi sehingga memaksimalkan pemanfaatan curah hujan dan ketersediaan air bagi tanaman. Berbagai karakteristik fisiologi, anatomi, dan morfologi telah dievaluasi sebagai respons tanaman terhadap kekurangan air. Salah satu karakteristik tanaman penting untuk dievaluasi adalah karakteristik daun, karena pada daun dewasa mengandung ratusan kloroplas yang berperan pada proses fotosintesis. Kloroplas terdapat di dalam sel-sel mesofil daun, sel penutup stomata, epidermis batang muda yang masih berwarna hijau, kelopak bunga dan buah muda. Pigmen yang paling banyak di dalam kloroplas adalah klorofil (Wahyudi *et al.*, 2015). Pada saat kekurangan air, sebagian stomata daun menutup sehingga terjadi hambatan masuknya CO<sub>2</sub> dan menurunkan aktivitas fotosintesis yang menyebabkan penurunan hasil yang sangat signifikan dan bahkan menjadi penyebab kematian pada tanaman (Song *et al.*, 2011). Purwaningrum (2017) melaporkan hasil penelitiannya bahwa pemberian sabut kelapa berpengaruh terhadap panjang buah dan diameter buah timun, berhubungan dengan ketersediaan air yang cukup bagi tanaman.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilaksanakan penelitian tentang aplikasi *Trichoderma harzianum* dan *Actinomyces* sp dengan pengelolaan tanah terhadap beberapa karakteristik daun dan hasil tanaman kakao.

## **1.2 Hipotesis**

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat interaksi antara komposisi *Trichoderma harzianum* + *Actinomyces* sp dengan pengelolaan tanah yang memberikan pengaruh terbaik terhadap beberapa karakteristik daun dan hasil tanaman kakao.
2. Terdapat salah satu dosis *Trichoderma harzianum* + *Actinomyces* sp yang memberikan pengaruh terbaik terhadap beberapa karakteristik daun dan hasil tanaman kakao.
3. Terdapat salah satu cara pengelolaan tanah yang memberikan pengaruh terbaik terhadap beberapa karakteristik daun dan hasil tanaman kakao.

## **1.3 Tujuan dan Kegunaan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari dan menganalisis pengaruh pengaplikasian *Trichoderma harzianum* + *Actinomyces* sp dan pengelolaan tanah terhadap beberapa karakteristik daun dan hasil tanaman kakao.

Kegunaan dari penelitian ini, yaitu diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan informasi tentang aplikasi *Trichoderma harzianum* + *Actinomyces* sp dan pengelolaan tanah untuk mendukung meningkatnya tingkat kesuburan tanah yang dapat menunjang meningkatnya hasil produksi tanaman kakao.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu spesies tanaman yang bernilai komersial tinggi dan telah diperdagangkan sejak beberapa abad yang lalu. Melalui pengembangan di berbagai daerah di seluruh dunia, kakao berhasil didomestifikasi di beberapa daerah baru sehingga muncul beberapa sentra produksi kakao, seperti di Indonesia yang kuantitasnya lebih besar dibandingkan daerah asal-usulnya. Sebanyak 1,6 juta keluarga petani di Indonesia memiliki sumber pendapatan utama dari hasil budidaya tanaman kakao (Saleh *et al.*, 2017).

Kakao adalah tanaman dengan *surface root feeder*, artinya sebagian besar akar lateralnya (mendatar) berkembang tidak jauh dari permukaan tanah, yaitu pada kedalaman tanah 0-30 cm. Pertumbuhan akar dapat mencapai 8 meter ke arah samping dan 15 meter ke arah bawah. Jika dibudidayakan di kebun, tinggi tanaman umur tiga tahun mencapai 1,8–3,0 meter dan pada umur 12 tahun dapat mencapai 4,50–7,0 meter. Tanaman kakao hasil perbanyakan generatif (asal biji), pertumbuhan vertikalnya akan terhenti dengan terbentuknya jorget (*lorquette*), yaitu titik tempat terjadinya perubahan pola percabangan ortotrop menjadi plagiotrop sebagai ciri khas tanaman kakao (Wahyudi *et al.*, 2015).

Daun kakao merupakan organ vegetatif utama yang dapat digunakan secara mudah untuk membedakan antargenotipe kakao berdasarkan variasi warna daun muda (*flush*). Pada daun muda kakao (*flush*) yang biasanya masih berwarna kemerahan atau kekuningan, belum mengandung klorofil melainkan banyak

mengandung karotenoid, sehingga untuk pertumbuhan dan perkembangannya diperlukan nutrisi yang tersimpan dalam akar atau kulit batang atau cabang. Sebagai akibatnya maka jikalau pada saat pertumbuhan *flush* bersamaan dengan pertumbuhan bunga dan buah muda, maka adakalanya bunga dan buah muda kalah bersaing sehingga layu dan mati (Wahyudi *et al.*, 2015).

Pembungaan kakao bisa terjadi sepanjang tahun, tetapi waktu dan intensitas bunga dapat dikendalikan oleh faktor iklim dan jumlah buah. Bunga tanaman kakao dibedakan atas bunga kauliflora dan bunga ramiflora. Bunga kauliflora adalah bunga pada batang utama yang akan menghasilkan buah kauliflora, sedangkan bunga ramiflora adalah bunga pada cabang yang akan menghasilkan buah ramiflora. Beberapa genotipe menghasilkan bunga lebih banyak pada cabang dan relatif sedikit bunga yang terbentuk pada batang utama (Nasaruddin *et al.*, 2021). Tanaman kakao memiliki syarat tumbuh dengan suhu sekitar 30-32°C (maksimum) dan 18-21°C (minimum). Jumlah bantalan bunga yang aktif di setiap pohon dan jumlah bunga yang terbentuk dari setiap bantalan bunga lebih banyak terjadi pada suhu 26°C dan 30°C dibandingkan dengan suhu 23°C. Apabila suhu turun di bawah 23°C, proses pembungaan akan terhambat (Wahyudi *et al.*, 2015).

Secara morfologi, buah kakao tumbuh dan berkembang pada bantalan buah yang terletak pada batang, cabang dan ranting. Pada tanaman kakao jumlah bantalan buah, bantalan produktif dan jumlah buah dievaluasi pada 4 ketinggian yaitu 0-50, 51-100, 101-150, dan 151-200 cm dari permukaan tanah. Bantalan disebut produktif bila dapat menghasilkan buah, tidak menghitung bantalan yang berbunga (Thifany *et al.*, 2020).

Warna buah kakao sangat beragam, tetapi pada dasarnya hanya ada dua warna. Buah ketika muda berwarna hijau, jika sudah masak akan berwarna kuning. Ada juga, buah yang ketika muda berwarna merah, setelah masak berwarna jingga. Buah muda yang terbentuk pada bulan pertama belum menjamin hasil yang diperoleh, sebagian besar buah muda tersebut akan layu dan mati dalam kurun waktu 1-2 bulan. Perubahan ini lazim disebut dengan layu pentil (*cherelle wilt*). Buah kakao akan masak setelah berumur sekitar 5-6 bulan. Saat itu, ukurannya beragam, dari panjang 10 hingga 30 cm, bergantung pada faktor-faktor lingkungan selama perkembangan buah (Wahyudi *et al.*, 2015).

## **2.2 *Trichoderma harzianum***

*Trichoderma* sering ditemukan sebagai mikroflora tanah yang dominan pada berbagai ekosistem seperti pertanian, padang rumput, rawa dan gurun disemua zona iklim. Pertumbuhan *trichoderma* pada media PDA sangat cepat 3-4 hari inkubasi pada suhu kamar (27<sup>0</sup>C) mampu memenuhi cawan petri berdiameter 7-9 cm, pertumbuhan hifa datar dan membentuk daerah melingkar berwarna hijau terang sampai gelap, lalu koloni menjadi seperti beludru sampai menjadi tepung dan membentuk cincin konsentris. Suhu optimum pertumbuhan *trichoderma* berbeda-beda tergantung pada spesiesnya (Cikita *et al.*, 2016).

*Trichoderma* adalah jamur penghuni tanah yang dapat diisolasi dari perakaran tanaman lapangan. Salah satu spesies *trichoderma* yang berspektrum luas pada berbagai tanaman pertanian adalah *Trichoderma harzianum*. Jamur *Trichoderma harzianum* merupakan mikroorganisme yang dapat dimanfaatkan sebagai agensia hayati pengendali patogen tanah dan telah menjadi perhatian

penting sejak dekade terakhir ini karena kemampuannya sebagai pengendali biologis terhadap beberapa patogen dalam tanah (Vipul *et al.*, 2014).

Cendawan *Trichoderma harzianum* memiliki hifa yang menumpuk membentuk lingkaran konsentrik, konidiofor panjang tipis dan bercabang. Cendawan ini mudah dikenali secara visual dari pertumbuhan koloninya yang sangat cepat dengan bantalan konidianya yang berwarna kehijauan. Koloni *Trichoderma harzianum* pada media agar pada awalnya berwarna putih kehijauan, kemudian berkembang menjadi warna hijau di bagian tengah dan putih pada bagian tepi dan pada akhirnya seluruh miselium akan berwarna hijau. Terbentuk lingkaran berwarna putih dan hijau dengan batas yang jelas. Warna hijau terlihat lebih besar dan padat, serta warnanya tampak lebih jelas. Koloni pada jamur tersebut bersifat saprofit ditanah dan kayu yang melapuk, namun beberapa jenis bersifat parasit pada cendawan lain. Warna koloni dipengaruhi oleh pigmen fialosfor, jumlah spora maupun pH media (Uruilal *et al.*, 2018).

Cendawan ini dapat berkembang biak dengan cepat pada daerah perakaran tanaman. *Trichoderma harzianum* bersimbiosis mutualisme dengan akar tanaman, karena peran cendawan *Trichoderma* sangat penting dalam memberikan sinyal auksin. Fungsi dari hormon auksin ini adalah membantu dalam proses mempercepat pertumbuhan, baik itu pertumbuhan akar maupun pertumbuhan batang, mempercepat perkecambahan, membantu dalam proses pembelahan sel dan mempercepat pemasakan buah. Selain itu penggunaan *Trichoderma harzianum* juga dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman, karena kemampuannya

dalam mendegradasi senyawa-senyawa yang sulit terdegradasi seperti lignoselulosa (Hermawan *et al.*, 2013).

*Trichoderma harzianum* juga dapat digunakan sebagai biofungisida yang ramah lingkungan karena tidak menimbulkan pencemaran atau dampak negatif terhadap lingkungan. Melainkan dapat mengembalikan keseimbangan alamiah dan meningkatkan kesuburan tanah. Dalam pembuatan pupuk organik *Trichoderma harzianum* berperan sebagai biodekomposer, mendekomposisi limbah organik menjadi kompos yang bermutu sehingga tersedianya unsur hara bagi pertumbuhan tanaman. Tersedianya hara-hara tersebut menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik. Pengomposan dengan stimulator cendawan ini biasanya membutuhkan waktu sekitar 21-45 hari (Soesanto, 2004).

Pemberian *Trichoderma harzianum* pada tanah akan memperbaiki fisik tanah sehingga meningkatkan kelarutan hara dan KTK tanah. Meningkatnya KTK tanah, maka kemampuan tanaman menyerap unsur hara tersedia semakin laju untuk proses fisiologi tanaman terutama proses fotosintesis. Meningkatnya fotosintesis berpengaruh terhadap fotosintat yang dihasilkan yang selanjutnya ditranslokasikan ke bagian tanaman yakni batang, akar dan daun (Sarwono, 2018).

### **2.3 *Actinomycetes***

Mikroba tanah berperan penting bagi ekosistem, terutama dalam biodegradasi material dan siklus nutrisi. Siklus nutrisi diantaranya siklus fosfat, karbon dan nitrogen, yang menentukan kesuburan tanah untuk penyedia nutrisi bagi tumbuhan. Tanpa peranan mikroba tanah tersebut, maka keseimbangan ekosistem akan sangat terganggu. *Actinomycetes* merupakan mikroba tanah dari golongan

bakteri yang penting peranannya. Mikroba ini juga memiliki diversitas dan kelimpahan yang tinggi dalam tanah (Nurkanto, 2017).

*Actinomycetes* merupakan bakteri mikroorganisme alam yang banyak terdapat di tanah dan juga paling banyak ditemukan di rizosfer, hal ini disebabkan karena akar dari tanaman memiliki kemampuan untuk mengeluarkan eksudat. Komposisi dan jumlah eksudat akar sangat tergantung pada spesies tanaman juga kondisi abiotik seperti kandungan air dan suhu. Eksudat adalah bahan yang dikeluarkan dari aktivitas sel akar hidup yang mengandung berbagai macam asam amino, vitamin, dan zat organik lainnya yang berguna sebagai sumber energi bagi mikroorganisme yang hidup disekitar akar dari suatu tanaman. *Actinomycetes* sangat responsif terhadap penambahan bahan-bahan organik pada tanah sehingga populasinya cepat meningkat (Djaya *et al.*, 2015).

*Actinomycetes* diketahui mampu menghasilkan senyawa antibiotik, sehingga mikroorganisme ini potensial dieksplorasi sebagai agen pengendali hayati dalam pertanian. Antibiotik yang dihasilkan oleh bakteri *Actinomycetes* yaitu sekitar 70% dari antibiotik yang ada. Antibiotik yang dihasilkan juga memiliki efek yang beragam mulai dari antibakteri, antijamur, antitumor, antiprotozoa, dan antivirus. Zat antibiotik yang dihasilkan oleh *Actinomycetes* secara langsung menginduksi sistem pertahanan patogen dengan cara merusak dinding sel dan plasma dari patogen (Laila *et al.*, 2016).

*Actinomycetes* selain menghasilkan antibiotik juga aktif dalam mendekomposisi bahan organik dalam tanah. Proses dekomposisi bahan organik yang dilakukan oleh *Actinomycetes* memiliki peranan yang penting dalam proses

mineralisasi yang berpengaruh terhadap tingkat kesuburan tanah. Senyawa yang terdegradasi oleh *Actinomycetes* seperti lignin, selulosa, kitin, pektin, lateks, serta senyawa alkohol dan aromatik (Kumalasari *et al.*, 2012).

*Actinomycetes* dapat dijadikan sebagai biofertilizer karena mampu memacu pertumbuhan tanaman, dikarenakan kelompok mikroba ini memiliki kemampuan dalam memproduksi atau meningkatkan konsentrasi hormon tanaman (asam indolasetat, asam giberelin, sitokin), fiksasi nitrogen asimbiotik, dan melarutkan fosfat dan mineral lainnya (Shimizu, 2011 *dalam* Rahmiyati *et al.*, 2021). Aplikasi suspensi *Actinomycetes* pada area rhizosfer akan dapat meningkatkan total P dan N tersedia, serta kandungan C organik (Wiyatiningsih *et al.*, 2021).

#### **2.4 Pengolahan Tanah**

Bidang pertanian khususnya dalam budidaya tanaman, keadaan tanah dan pengelolaan merupakan faktor penting yang akan menentukan pertumbuhan dan hasil tanaman yang diusahakan. Hal ini disebabkan karena tanah merupakan media tumbuh bagi tanaman, sebagai gudang dan pensuplai unsur hara. Tanah berdasarkan ukuran partikelnya merupakan campuran dari pasir, debu, dan liat. Makin halus partikel akan menghasilkan luas permukaan partikel per satuan bobot yang makin luas. Dengan demikian, liat merupakan fraksi tanah yang berpermukaan paling luas dibanding 2 fraksi lainnya pada permukaan partikel inilah terjadi berbagai reaksi kimiawi tanah, yang kemudian mempengaruhi kesuburan tanah (Hanafiah, 2005).

Pengolahan tanah dapat dilakukan dengan beberapa metode tergantung tingkat kepadatan tanah dan tingkat porositas tanah yang diinginkan. Pengolahan yang biasa dilakukan adalah olah tanah maksimum (konvensional), olah tanah

minimum (OTM), dan tanpa olah tanah (TOT). Olah tanah minimum dan tanpa olah tanah biasanya dikelompokkan ke dalam olah tanah konservasi (OTK). Olah tanah minimum (OTM) merupakan kegiatan olah tanah konservasi yang menggunakan sistem olah tanah secukupnya dengan mempertahankan sisa tanaman terdahulu masih ada di atas permukaan lahan tersebut (Putra *et al.*, 2017).

Pengelolaan tanah harus diupayakan tanpa menyebabkan kerusakan terhadap lingkungan maupun menurunkan kualitas sumber daya lahan, dan sebaiknya diarahkan pada perbaikan struktur fisik, komposisi kimia, dan aktivitas biota tanah yang optimum bagi tanaman. Dengan demikian, interaksi antara komponen-komponen biotik dan abiotik tanah pada lahan memberikan keseimbangan yang optimal bagi ketersediaan hara dalam tanah, yang selanjutnya menjamin keberlangsungan produktivitas lahan, dan keberhasilan usaha tani (Sujana, 2015).

Pengolahan tanah meliputi berbagai kegiatan fisik dan mekanik tanah yang bertujuan untuk membuat media perakaran tanaman lebih baik. Di negara maju, petani sudah sangat tergantung pada alat mesin pertanian (alsintan), baik untuk pengolahan tanah, penanaman benih, penyiangan gulma, maupun untuk pemanenan hasil (Rachman *et al.*, 2004). Berbagai macam alsintan untuk mengolah tanah terus dikembangkan, menghasilkan teknologi pengolahan tanah yang efisien. Petani tidak punya pilihan lain kecuali menggunakan mesin-mesin pertanian tersebut untuk meningkatkan hasil pertanian dan mengefisienkan usahatannya. Akibatnya, tanah diolah dengan intensitas pengolahan yang terus meningkat. Petani, pada

awalnya, mendapatkan hasil panen yang tinggi, namun karena tanah terus-menerus diolah, akibatnya penurunan produktivitas tanah (Rachman *et al.*, 2004).

Tanah yang diolah berlebihan tanpa tindakan konservasi akan menjadi lebih cepat kering, lebih halus (*powdery*), berstruktur buruk, dan kadar bahan organik tanahnya semakin rendah. Pengolahan tanah diperlukan bila kondisi kepadatan, kekuatan tanah, aerasi tanah, dan dalamnya perakaran tanaman tidak lagi mendukung penyediaan air dan perkembangan akar (Rachman *et al.*, 2004). Setiap upaya pengolahan tanah akan menyebabkan terjadinya perubahan sifat-sifat tanah. Tingkat perubahan yang terjadi sangat ditentukan oleh jenis alat pengolahan tanah yang digunakan (Idjudin, 2011).

## **2.5 Mulsa Sabut Kelapa**

Mulsa adalah berbagai bahan organik ataupun bahan anorganik yang digunakan untuk menutupi permukaan lahan pertanian. Penggunaan mulsa memberikan berbagai keuntungan, baik dari aspek biologi, fisik maupun kimia tanah. Secara fisik mulsa mampu menjaga suhu tanah lebih stabil dan mampu mempertahankan kelembaban di sekitar perakaran tanaman (Doring *et al.*, 2006). Penggunaan mulsa bagi tanaman untuk menciptakan kondisi yang lebih menguntungkan untuk pertumbuhan, perkembangan, dan peningkatan hasil tanaman.

Penggunaan bahan-bahan organik sebagai mulsa akan semakin banyak diperlukan dan menjadi peluang untuk komoditi yang dapat dipasarkan keluar negeri maupun dalam negeri. Mulsa organik merupakan pilihan alternatif untuk mengatasi kendala petani di lahan kering. Penggunaan mulsa organik mempunyai

konduktivitas panas yang rendah sehingga panas yang menembus ke permukaan tanah lebih sedikit dibandingkan tanpa menggunakan mulsa (Sari *et al.*, 2021).

Mulsa organik dapat meningkatkan unsur hara kedalam tanah. Peningkatan hara pada tanah yang diberi mulsa organik terjadi karena proses dekomposisi bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme perombak yang membebaskan hara sehingga dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia. Tindakan ini selanjutnya mengurangi biaya produksi, mengurangi ketergantungan pupuk impor, dan juga menguntungkan bagi lingkungan sehingga dapat mendukung sistem pertanian berkelanjutan (Harsono, 2012).

Ketebalan mulsa organik yang dianjurkan adalah antara 5-10 cm. Mulsa yang terlalu tipis akan kurang efektif dalam mengendalikan gulma. Mulsa organik lebih disukai terutama pada sistem pertanian yang organik. Mulsa organik dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi karbon bagi mikroba tanah sehingga mikroba tanah akan aktif mendekomposisi. Hal ini akan memperbaiki sifat kimia tanah karena hasil dekomposisi akan dihasilkan senyawa-senyawa organik yang dapat berperan sebagai *segmenting* agen dalam pembentukan agregat (Nisa *et al.*, 2020).

Salah satu bahan organik yang dapat digunakan sebagai mulsa adalah sabut kelapa. Limbah sabut kelapa merupakan sisa buah kelapa yang sudah tidak terpakai yaitu bagian terluar buah kelapa yang membungkus tempurung kelapa. Satu buah kelapa menghasilkan 0,4 kg sabut yang mengandung 30% serat. Komposisi kimia sabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, tanin, dan potasium (Indahyani, 2011).

Sabut kelapa terdiri dari jaringan dengan sel serabut yang keras. Antara sel-sel terdapat jaringan lunak dengan tebal 3–5 cm. Sabut kelapa (*exocarp*) terdiri dari

kulit luar yang tahan air (*epicarp*) dan bagian yang berserat (*mesocarp*). Mesocarp terdiri dari untaian serat-serat vaskuler yang disebut dengan coir dan melekat pada jaringan *paranchymatis*, bukan serat (gabus) yang dikenal dengan inti (*pith*) serta debu-debu coir (*dust*). Untaian tersusun dari selulosa di mana kekerasan dan kelapukan terjadi setelah buah kelapa mencapai matang penuh dan kelapukan terjadi setelah berumur 4 bulan (Nugroho *et al.*, 2013).

Sabut kelapa segar mengandung tanin 3,12%. Secara umum, senyawa tanin dapat diindikasikan sebagai anti inflamasi, dan anti bakteri (Fauziah *et al.*, 2020). Sejatinya serabut kelapa adalah limbah yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan beraneka ragam barang yang bernilai jual. Serabut kelapa selain dimanfaatkan sebagai mulsa juga dapat diolah menjadi berbagai jenis produk berguna seperti keset, sapu ijuk, pot, *cocopeat*, dan *cocofiber* (Ayu *et al.*, 2021).

Mulsa sabut kelapa digunakan selain untuk menghambat pertumbuhan gulma dan mencegah penguapan, sabut kelapa juga kaya akan unsur N, P, dan K yang dapat merangsang dan mempercepat tumbuhnya akar, batang, dan daun. Mulsa yang sengaja dihamparkan dipermukaan tanah atau lahan pertanian dapat melindungi lapisan atas tanah dari cahaya matahari langsung dengan intensitas cahaya yang tinggi dan dari curah hujan yang tinggi, mengurangi kompetisi antara tanaman dengan gulma dalam memperoleh sinar matahari, mencegah proses evaporasi sehingga penguapan hanya melalui transpirasi yang normal dilakukan oleh tanaman (Sholihin *et al.*, 2018).