

**KEBERHASILAN APLIKASI ASAP CAIR DAN TRICHODERMA
DALAM PENGENDALIAN BUSUK BATANG
(*Fusarium oxysporum*) PADA VANILI
(*Vanilla planifolia* Andrews.)**

(Skripsi)

Oleh

**FIRNANDA PANDU FADLIANSYAH
NPM 2154121007**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**KEBERHASILAN APLIKASI ASAP CAIR DAN TRICHODERMA
DALAM PENGENDALIAN BUSUK BATANG
(*Fusarium oxysporum*) PADA VANILI
(*Vanilla planifolia* Andrews.)**

Oleh

FIRNANDA PANDU FADLIANSYAH

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

KEBERHASILAN APLIKASI ASAP CAIR DAN TRICHODERMA DALAM PENGENDALIAN BUSUK BATANG (*Fusarium oxysporum*) PADA VANILI (*Vanilla planifolia* Andrews.)

Oleh

FIRNANDA PANDU FADLIANSYAH

Vanili sebagai tanaman perkebunan bernilai ekonomi tinggi dengan nilai ekspor hingga 116,7 juta USD di 2022 dan sebanyak 173 ton di 2023. Budidaya vanili menghadapi permasalahan berupa serangan busuk batang yang disebabkan *Fusarium oxysporum*. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi infeksi *Fusarium oxysporum* pada vanili dengan penggunaan asap cair tempurung kelapa dan *Trichoderma harzianum*. Penelitian ini dilaksanakan pada Maret-Juni 2025 di Laboratorium Penyakit Tanaman dan Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial 4×2 dengan 4 ulangan. Faktor pertama yaitu konsentrasi asap cair (A): A₀ (tanpa asap cair), A₁ (asap cair 5%), A₂ (asap cair 10%), dan A₃ (asap cair 15%). Faktor kedua yaitu aplikasi *Trichoderma harzianum* (T): T₀ (tanpa *Trichoderma harzianum*) dan T₁ (dengan *Trichoderma harzianum*). Homogenitas data diuji dengan uji Bartlett, aditivitas dengan uji Tukey. Selanjutnya dilakukan analisis ragam dan uji lanjut berupa uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) taraf 5%. Hasil penelitian secara *in vitro* menunjukkan bahwa perlakuan asap cair 5% tanpa *Trichoderma harzianum* menjadi perlakuan terbaik dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* dan dapat mematikan *Trichoderma harzianum*. Secara *in vivo* tidak terjadi perbedaan yang nyata antara asap cair dan *Trichoderma harzianum* dalam menurunkan infeksi *Fusarium oxysporum* dan meningkatkan pertumbuhan vegetatif pada fase bibit berumur 4 minggu setelah inokulasi.

Kata kunci: Asap Cair, Busuk Batang, *Fusarium oxysporum*, *Trichoderma harzianum*, Vanilli

ABSTRACT

THE SUCCESS OF LIQUID SMOKE APPLICATION AND TRICHODERMA IN CONTROLLING STEM ROT (*Fusarium oxysporum*) IN VANILLA (*Vanilla planifolia* Andrews.)

By

FIRNANDA PANDU FADLIANSYAH

*Vanilla is a high-value plantation crop with export earnings reaching USD 116.7 million in 2022 and a production volume of 173 tons in 2023. Vanilla cultivation faces significant challenges from stem rot disease caused by *Fusarium oxysporum*. This study aimed to reduce *Fusarium oxysporum* infection in vanilla through the application of coconut shell liquid smoke and *Trichoderma harzianum*. The research was conducted from March to June 2025 at the Plant Disease Laboratory and Integrated Field Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung. A factorial Completely Randomized Design (CRD) 4×2 with four replications was employed. The first factor was liquid smoke concentration (A): A₀ (no liquid smoke), A₁ (5% liquid smoke), A₂ (10% liquid smoke), and A₃ (15% liquid smoke). The second factor was the application of *Trichoderma harzianum* (T): T₀ (without *Trichoderma harzianum*) and T₁ (with *Trichoderma harzianum*). Data homogeneity was tested using Bartlett's test, and additivity was assessed with Tukey's test. Subsequently, analysis of variance (ANOVA) and Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at the 5% significance level were performed. In vitro results indicated that treatment with 5% liquid smoke without *Trichoderma harzianum* was the most effective in inhibiting the growth of *Fusarium oxysporum* but also had a lethal effect on *Trichoderma harzianum*. In vivo, there was no significant difference between liquid smoke and *Trichoderma harzianum* in reducing *Fusarium oxysporum* infection and enhancing vegetative growth at the seedling stage 4 weeks after inoculation.*

Keywords: *Fusarium oxysporum*, Smoke Liquid, Stem Rot, *Trichoderma harzianum*, Vanilla

Judul Skripsi

: **KEBERHASILAN APLIKASI ASAP CAIR
DAN TRICHODERMA DALAM
PENGENDALIAN BUSUK BATANG
(*Fusarium oxysporum*) PADA VANILI
(*Vanilla planifolia* Andrews.)**

Nama Mahasiswa

: **Firnanda Pandu Fadliansyah**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2154121007

Jurusan

: Agroteknologi

Fakultas

: Pertanian

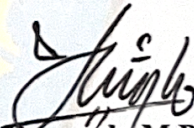
MENYETUJUI:

1. Komisi Pembimbing,



Dr. Ir. Suskandini Ratih Dirmawati, M.P.

NIP 196107201986031001



Ir. Rugayah, M.P.

NIP 196111071986032002

2. Ketua Jurusan Agroteknologi,



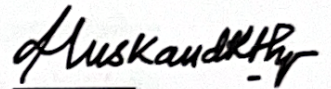
Ir. Setyo Widagdo, M.Si.

NIP 196812121992031004

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji,

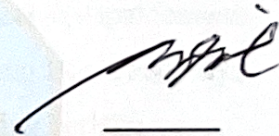
Ketua : **Dr. Ir. Suskandini Ratih Dirmawati, M.P.**



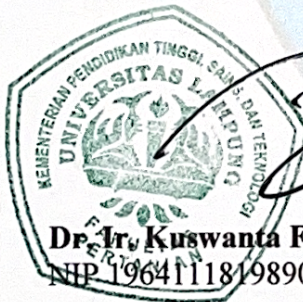
Sekretaris : **Ir. Rugayah, M.P.**



Penguji Bukan
Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.**



2. Dekan Fakultas Pertanian,



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 25 Juni 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan skripsi yang berjudul **“Keberhasilan Aplikasi Asap Cair dan Trichoderma dalam Pengendalian Busuk Batang (*Fusarium oxysporum*) pada Vanili (*Vanilla planifolia* Andrews.)”** merupakan hasil karya saya sendiri bukan karya orang lain. Adapun bagian-bagian tertentu pada skripsi ini, saya kutip dari karya orang lain dan telah saya tuliskan sumbernya secara jelas sesuai kaidah, norma, dan etika penulisan karya tulis ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terdapat temuan bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 17 Juni 2025



Firnanda Pandu Fadliansyah
NPM 2154121007

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Tangerang, Provinsi Banten pada 21 Mei 2003. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Purn. Sertu Masrul Wahyudi dan Ibu Sri Isjarwati. Pada 2008, penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak Nurul Fikri dan menyelesaikan Sekolah Dasar di Madrasah Ibtidaiyah Al-Husna An-Nur pada 2015. Penulis melanjutkan Sekolah Menengah Pertama di Madrasah Tsanawiyah Negeri 2 Tangerang dan lulus pada 2018. Penulis lulus dari Sekolah Menengah Atas Negeri 6 Kabupaten Tangerang pada 2021, kemudian masuk ke jurusan Agroteknologi Universitas Lampung melalui jalur SMMPN Barat (Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat) pada 2021.

Penulis telah menyelesaikan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Lebung Lawe, Kecamatan Buay Bahuga, Kabupaten Way Kanan pada 2024, serta menyelesaikan Praktik Umum (PU) di Balai Standarisasi Instrument Pertanian Tanaman Rempah Obat dan Aromatik (BSIP TROA), Kota Bogor, Jawa Barat pada 2024. Penulis aktif menjadi asisten dosen mata kuliah: Biologi II, Dasar-Dasar Agronomi tahun 2023 dan 2024, Dasar-Dasar Ilmu Tanah, dan Teknologi Pertanian Organik. Penulis aktif dalam kegiatan mahasiswa Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (Perma AGT) Fakultas Pertanian, Universitas Lampung sebagai anggota Bidang Penelitian dan Pengembangan Keilmuan (LITBANG) periode 2022-2023, serta menjadi Ketua Bidang LITBANG pada periode 2023-2024 yang telah berhasil menjalankan program kerja Nasional dan Internasional.

PERSEMBAHAN

Orang tuaku

Bapak Purn. Sertu Masrul Wahyudi dan Ibu Sri Isjarwati yang senantiasa menjadi jalanku menuju kesuksesan dan keberhasilan, pemberi nasihat kehidupan di perantauan, motivasi hidup, dan tentunya kasih sayang secara mental maupun materi.

Kakakku

Mbak Prisma Ayu Kholoviana, S.Pd. dan Mas Sertu Bagus Panji Normantio yang telah memberikan doa, dukungan, dan perhatian.

Keluarga besar, Sahabat, dan Teman-teman

Terima kasih atas motivasi dan dukungan secara mental maupun materi yang telah diberikan selama ini.

“Baby, I don't mean to brag. You know I'm not talking cash, Got a thing that's only mine. And I watch your eyes go green. I can feel your jealousy. Up here in the sky, sky.”

(BABYMONSTER)

“Tak harus ku alirkan air mata. Untuk tunjukkan derita. Dia tinggalkan ku seketika. Tak perlu ku terus-terus bertanya. Apa alasannya. Mungkin dia bukan orangnya. Mungkin memang sudah waktunya”

(Juicy Luicy)

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Penulis memberikan ucapan terima kasih dengan segenap hati pada berbagai pihak terkait dalam pelaksanaan penelitian maupun penyusunan skripsi ini, yaitu kepada:

- (1) Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
- (2) Ir. Setyo Widagdo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
- (3) Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S., selaku Ketua Bidang Perkebunan Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung, serta Dosen Pembahas;
- (4) Dr. Suskandini Ratih Dirmawati, M.P., selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan arahan, masukan, dan bimbingan kepada penulis;
- (5) Ir. Rugayah, M.P., selaku Dosen Pembimbing Pembantu dan Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa membimbing, mengarahkan, dan memberikan dukungan kepada penulis;
- (6) Seluruh Dosen Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
- (7) Kedua orang tua, Bapak Masrul Wahyudi dan Ibu Sri Isjarwati atas dukungan mental dan materi, kasih sayang, nasihat, dan doa yang selalu diberikan kepada penulis;
- (8) Kakak Prisma Ayu Kholiviana, S.Pd. dan Sertu Bagus Panji Normantio yang selalu memberikan semangat dan motivasi kepada penulis;

- (9) Sahabat penulis “Warga Bikini Bottom (WABIBO)”: Muhammad Wildan, Muhammad Dandi Sulisty, Johanssen Samosir, Pinta Sania, dan Yunita Putri Wardani yang telah menjadi penyemangat penulis dalam menyelesaikan studi sarjana ini;
- (10) Sahabat penulis “Hamba Allah”: Dwi Ulyani, Novita Wulandani, dan Sella Virna yang telah menjadi sahabat selama perkuliahan dan selalu jadi tempat kembali saat lelah menghadapi perkuliahan;
- (11) BABYMONSTER atas lagu-lagunya yang menginspirasi dan selalu menemani selama studi penulis;
- (12) *I am grateful to myself for being able and strong enough to reach this point. I have gone through many things, from hardships to happiness, and faced challenges but never gave up. I am proud of myself for not giving up until this phase and for not getting stuck in the past. Thank you for loving yourself, even though you often feel inadequate, and for striving to become the best version of yourself.*

Semoga kebaikan dan bantuan dari berbagai pihak dapat dibalas kebaikan oleh Allah SWT dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Bandar Lampung, 23 Juni 2025

Penulis,

Firnanda Pandu Fadliansyah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Landasan Teori dan Kerangka Pemikiran	4
1.5 Hipotesis.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Vanili (<i>Vanilla planifolia</i> Andrews.).....	8
2.2 Busuk Batang Vanili (<i>Fusarium oxysporum</i>).....	10
2.3 Asap Cair Tempurung Kelapa	13
2.4 <i>Trichoderma harzianum</i>	15
III. METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat.....	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Metode Penelitian	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian	20
3.4.1 Pembuatan Media PSA	20
3.4.2 Isolasi, Identifikasi, Pemurnian, dan Perbanyakan <i>Fusarium oxysporum</i>	20
3.4.3 Uji Postulat Koch <i>Fusarium oxysporum</i>	21
3.4.4 Perhitungan Kerapatan <i>Fusarium oxysporum</i> dan <i>Trichoderma harzianum</i>	22

3.4.5 Uji Antagonisme secara <i>In Vitro</i>	22
3.4.6 Uji <i>In Vivo</i>	24
3.5 Variabel Pengamatan.....	25
3.5.1 Variabel Uji Antagonisme secara <i>In Vitro</i>	25
3.5.2 Variabel Uji <i>In Vivo</i>	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Hasil.....	28
4.1.1 Pengujian <i>In Vitro</i>	28
4.1.2 Pengujian <i>In Vivo</i>	32
4.2 Pembahasan.....	39
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 Simpulan.....	46
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Skor dan Kriteria Nekrosis	26
2. Analisis Ragam Variabel Pengamatan Vanili akibat Perlakuan Asap Cair dan <i>Trichoderma harzianum</i>	28
3. Interaksi Asap Cair dan <i>Trichoderma harzianum</i> terhadap Persentase Hambatan <i>Fusarium oxysporum</i>	29
4. Interaksi Asap Cair dan <i>Trichoderma harzianum</i> terhadap Diameter Koloni <i>Fusarium oxysporum</i>	30
5. Skor dan Keparahan Penyakit pada Bibit Vanili	34
6. Diameter Bercak dan Persentase Kenaikannya akibat Perlakuan Asap Cair	35
7. Hasil Analisis Hara Tanah di Laboratorium	38
8. Data Pengamatan Persentase Hambatan akibat Perlakuan Asap Cair dan <i>Trichoderma harzianum</i>	55
9. Analisis Ragam Variabel Persentase Hambatan akibat Perlakuan Asap Cair dan <i>Trichoderma harzianum</i>	55
10. Data Pengamatan Diameter Koloni akibat Perlakuan Asap Cair dan <i>Trichoderma harzianum</i>	56
11. Analisis Ragam Variabel Diameter Koloni akibat Perlakuan Asap Cair dan <i>Trichoderma harzianum</i>	56
12. Data Pengamatan Penambahan Panjang Tunas akibat Perlakuan Asap Cair dan <i>Trichoderma harzianum</i>	57
13. Analisis Ragam Variabel Penambahan Panjang Tunas akibat Perlakuan Asap Cair dan <i>Trichoderma harzianum</i>	57
14. Data Pengamatan Penambahan Jumlah Daun akibat Perlakuan Asap Cair dan <i>Trichoderma harzianum</i>	58
15. Analisis Ragam Variabel Penambahan Jumlah Daun akibat Perlakuan Asap Cair dan <i>Trichoderma harzianum</i>	58
16. Data Pengamatan Penambahan Diameter Tunas akibat Perlakuan Asap Cair dan <i>Trichoderma harzianum</i>	59

17.	Analisis Ragam Variabel Penambahan Diameter Tunas akibat Perlakuan Asap Cair dan <i>Trichoderma harzianum</i>	59
-----	--	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran penelitian asap cair dan <i>Trichoderma harzianum</i> pada busuk batang vanili.....	7
2. Gejala serangan <i>Fusarium oxysporum</i> pada batang vanili	11
3. Struktur koloni <i>Fusarium oxysporum</i> : (a) makroskopis dan (b) mikroskopis	12
4. Asap cair tempurung kelapa kemasan yang dibeli pada <i>online shop</i>	14
5. Struktur koloni <i>Trichoderma harzianum</i> : (a) makroskopis dan (b) mikroskopis	16
6. Tata letak penelitian	20
7. Contoh peletakan biakan: (a) <i>dual culture method</i> dan (b) <i>single culture method</i>	23
8. Perkembangan koloni pada tanpa asap cair: (a) isolat <i>F. oxysporum</i> ; (b) isolat <i>T. harzianum</i> dan (c) isolat <i>T. harzianum</i> vs <i>F. oxysporum</i>	31
9. Perkembangan koloni pada asap cair 5%: (a) isolat <i>F. oxysporum</i> dan (b) isolat <i>T. harzianum</i> vs <i>F. oxysporum</i>	31
10. Perkembangan koloni pada asap cair 10%: (a) isolat <i>F. oxysporum</i> dan (b) isolat <i>T. harzianum</i> vs <i>F. oxysporum</i>	31
11. Perkembangan koloni pada asap cair 15%: (a) isolat <i>F. oxysporum</i> dan (b) isolat <i>T. harzianum</i> vs <i>F. oxysporum</i>	32
12. Gejala serangan <i>F. oxysporum</i> pada: (a) pangkal daun; (b) ujung daun dan (c) ujung setek	33
13. Penambahan panjang tunas bibit vanili akibat perlakuan konsentrasi asap cair dan <i>Trichoderma harzianum</i>	36
14. Penambahan jumlah daun bibit vanili akibat perlakuan konsentrasi asap cair dan <i>Trichoderma harzianum</i>	37
15. Penambahan diameter tunas bibit vanili akibat perlakuan konsentrasi asap cair dan <i>Trichoderma harzianum</i>	38
16. Contoh kotak dalam hemositometer	60

17.	Bibit vanili hasil setek umur 1,5 bulan	60
18.	Bibit vanili akibat perlakuan asap cair	60
19.	Bibit vanili akibat perlakuan <i>T. harzianum</i>	61
20.	Perbandingan pertumbuhan bibit vanili sakit dan perlakuan asap cair	61
21.	Perbandingan pertumbuhan bibit vanili sakit dan perlakuan <i>T. harzianum</i>	62
22.	Postulat Koch pada bibit vanili	62

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Vanili (*Vanilla planifolia* Andrews.) sering disebut sebagai ‘Emas Hijau’ karena menjadi komoditas perkebunan bernilai ekonomi tinggi. Produsen vanili terbesar di dunia disuplai oleh Madagaskar dan diikuti oleh Indonesia di urutan kedua. Produksi vanili digunakan untuk konsumsi dalam negeri dan juga ekspor ke berbagai negara. *International Trade Center* (2024) mencatatkan bahwa Indonesia mengekspor vanili sebanyak 173 ton pada 2023. Prasaja dkk. (2024) menyatakan bahwa nilai ekspor vanili Indonesia dapat terus meningkat hingga 116,7 juta USD pada 2022 dan meningkat dari tahun sebelumnya sebanyak 32,9%. Kalangan petani vanili di Indonesia semakin termotivasi untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi guna memenuhi kebutuhan pasar yang semakin kompetitif. Hal ini juga turut mendorong pengembangan teknologi budidaya vanili yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Aroma khas vanili menjadikannya bahan baku penting dalam industri makanan, minuman, dan kosmetik. Selain berfungsi sebagai agen penyedap alami yang meningkatkan cita rasa dan aroma produk, vanili juga banyak digunakan dalam produk kosmetik dan parfum karena aromanya yang lembut dan tahan lama, memberikan efek relaksasi serta pengalaman sensorik yang menyenangkan. Digdoyo dan Budiansyah (2017) menyatakan bahwa vanili memiliki berbagai manfaat kesehatan, seperti membantu meredakan stres melalui sifat antiinflamasi, mengatasi impotensi, serta menjaga kesehatan dan fungsi sistem neuron melalui aromaterapi. Selain itu, kandungan antioksidan dan sifat antibakteri dalam vanili juga berkontribusi pada perawatan kulit dan kesehatan kecantikan. Vanili juga

terus dikembangkan sebagai bahan alami alternatif dalam pengobatan tradisional maupun produk kesehatan modern karena khasiatnya yang multifungsi.

Keuntungan dari pemanfaatan vanili tidak terlepas dari adanya permasalahan dalam produksi vanili. Salah satu permasalahan vanili adalah pada proses budidaya, tepatnya saat perbanyakan vegetatif melalui setek. Setek vanili mengalami permasalahan berupa adanya gangguan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) berupa jamur patogen. Jamur patogen ini menyerang batang vanili yang dijadikan bibit maupun vanili dewasa. Penyakit ini di Indonesia dikenal sebagai busuk batang vanili atau BBV. Pinaria dkk. (2010) menyatakan bahwa vanili rentan terhadap serangan penyakit akibat patogen *Fusarium oxysporum* yang menyebabkan busuk batang, akar, bahkan daun.

Fusarium oxysporum adalah patogen tular tanah yang umum menyerang vanili, dari akar hingga ke batang. Menurut Koyyappurath dkk. (2016), gejala serangan *Fusarium oxysporum* pada vanili meliputi pembusukan akar dan pangkal batang, layu, dan kematian akibat kekurangan air dan nutrisi. Bhai dan Dhanesh (2008) melaporkan bahwa serangan *Fusarium* sp. menyebabkan dua kebun vanili musnah karena busuk. Bhai dan Dhanesh (2008) juga mencatat bahwa kehilangan hasil panen akibat penyakit ini berkisar antara 23,25% hingga 34% (skala sedang) dan 57% (skala parah), dengan tingkat kejadian penyakit 5% hingga 100% dalam satu kebun. Pengendalian penyakit busuk batang vanili sangat penting untuk mencegah penurunan hasil panen dan kualitas panen.

Mankozeb 80% sering digunakan untuk pengendalian penyakit tanaman vanili, namun penggunaan fungisida sintetik yang terus-menerus dapat merusak lingkungan dan meninggalkan residu pada hasil panen. Residu ini menurunkan aktivitas enzim dan keanekaragaman mikroba tanah, mengganggu dekomposisi serta siklus nutrisi, sekaligus mencemari air dan udara yang berbahaya bagi organisme lain dan berpotensi memasuki rantai makanan manusia. Penggunaan berlebihan juga menurunkan biomassa jamur tanah, mengubah komunitas mikroba, serta memicu resistensi patogen dan hilangnya mikroorganisme

bermanfaat yang penting untuk keseimbangan ekosistem. Selain itu, residu pada tanaman dapat merusak jaringan tanaman dan menurunkan kualitas panen, mengganggu proses fisiologis, menurunkan produksi dan daya tahan tanaman, serta menghambat pemasaran produk karena melampaui batas residu aman. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian yang tepat dengan kombinasi metode nabati dan hayati untuk mengurangi kerusakan lingkungan dan residu pada hasil panen.

Indonesia memiliki perkebunan kelapa yang begitu melimpah, namun limbah kebun tersebut seperti tempurung kelapa tidak dimanfaatkan dengan baik. Tempurung kelapa dapat berpotensi diolah menjadi biochar dan hasil samping berupa asap cair yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Asap cair tempurung kelapa diperoleh dengan proses pirolisis dan berpotensi menjadi solusi permasalahan OPT di bidang pertanian. Menurut Rasi dkk. (2017), asap cair tempurung kelapa memiliki sifat antibakteri dan antifungi karena senyawa fenol di dalamnya. Asap cair memiliki potensi dalam pengendalian *F. oxysporum* karena kandungan fenolnya. Pemanfaatan asap cair dalam mengendalikan *F. oxysporum* pada vanili masih terbatas. Inovasi ini tidak hanya mengurangi masalah limbah organik, tetapi juga sebagai solusi upaya pengendalian penyakit dan meningkatkan pertumbuhan pada vanili.

Selain penggunaan bahan organik berupa asap cair sebagai cara pengendalian busuk batang vanili, maka diupayakan juga pemanfaatan agensia hayati berupa jamur *Trichoderma harzianum*. Jamur *T. harzianum* bersifat antagonis dan tergolong saprofit. Potensi *T. harzianum* dalam mengendalikan penyakit ini cukup baik karena ramah lingkungan dan berkelanjutan tanpa meninggalkan residu bahan kimia sintetis layaknya fungisida sintetis. Ohorella dkk. (2022) menyatakan bahwa *T. harzianum* mampu menekan pertumbuhan *F. oxysporum* yang menginfeksi buah tomat hingga 100%. Dwiastuti dkk. (2015) juga menyatakan bahwa penggunaan *Trichoderma* sp. juga baik sebagai langkah preventif serangan patogen terhadap tanaman budidaya. Penggunaan asap cair dan *T. harzianum* diharapkan selain menekan patogen *F. oxysporum*, juga mampu menjaga

kesehatan vanili dan mempertahankan kualitas panen dari segi fisik, mutu kimia, maupun nilai ekonomisnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

- (1) Apakah asap cair tempurung kelapa dengan konsentrasi tertentu dapat menekan infeksi patogen penyebab busuk batang vanili?
- (2) Apakah pemanfaatan agensia hayati *Trichoderma harzianum* efektif menekan infeksi patogen penyebab busuk batang vanili?
- (3) Apakah terjadi interaksi antara konsentrasi asap cair tempurung kelapa dengan agensia hayati *Trichoderma harzianum* dalam menekan infeksi patogen penyebab busuk batang vanili?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- (1) Mengetahui pengaruh beberapa konsentrasi asap cair tempurung kelapa dalam menekan infeksi patogen penyebab busuk batang vanili;
- (2) Mengevaluasi efektivitas penggunaan agensia hayati *Trichoderma harzianum* dalam menekan infeksi patogen penyebab busuk batang vanili;
- (3) Mengetahui interaksi antara asap cair tempurung kelapa dengan agensia hayati *Trichoderma harzianum* dalam menekan infeksi patogen penyebab busuk batang vanili.

1.4 Landasan Teori dan Kerangka Pemikiran

Vanili merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memegang peran penting dalam perekonomian global. Dwitama dkk. (2022) mencatatkan bahwa nilai ekspor vanili Indonesia sebesar 253,55 juta USD pada 2010 hingga 2019. Vanili dikenal luas karena nilai ekonominya yang tinggi, terutama sebagai bahan baku industri makanan, minuman, parfum, dan produk kosmetik. Aromanya yang

khas menambah nilai jual produk-produk tersebut, sehingga vanili banyak dicari di pasar internasional. Vanili juga memiliki potensi dalam bidang kesehatan, yaitu sebagai aromaterapi yang membantu meredakan stres dan memberikan efek relaksasi bagi otak.

Kendala dalam budidaya vanili yaitu adanya serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Salah satunya yaitu penyakit busuk batang yang disebabkan oleh patogen bersifat tular tanah (*Fusarium oxysporum*). Penyakit ini menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan, menghambat pertumbuhan setek, bahkan menyebabkan kematian bibit vanili. Mosquera-Espinosa dkk. (2022) menyatakan bahwa serangan *Fusarium* sp. dapat mempengaruhi produktivitas tanaman dalam hal pertumbuhan dan perkembangan, serta dapat menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia akibat kontaminasi buah dengan mikotoksin. Strategi pengendalian yang selama ini dilakukan adalah menggunakan fungisida sintetis.

Upaya mengurangi penggunaan bahan kimia sintetis terutama fungisida sintetis dilakukan untuk mencegah potensi merusak lingkungan. Kombinasi pengendalian diperlukan pada permasalahan ini seperti pengendalian secara organik dan penggunaan agensia hayati. Pengendalian secara organik dapat diaplikasikan asap cair tempurung kelapa. Desvita dkk. (2020) menyatakan bahwa asap cair tempurung kelapa memiliki kandungan senyawa antibakteri dan antifungi seperti fenol dan asam asetat. Senyawa ini bekerja dengan merusak dinding sel patogen, mengganggu metabolisme, dan menghambat pertumbuhan *F. oxysporum*.

Pengendalian penyakit tanaman menggunakan asap cair mulai dicoba di beberapa lahan pertanian. Mugiastuti dan Manan (2009) menyatakan bahwa penggunaan asap cair dari limbah kayu kelapa berpotensi dalam menekan pertumbuhan *F. oxysporum*. Mugiastuti dan Manan (2009) menyimpulkan bahwa konsentrasi 30% berpotensi menekan pertumbuhan *F. oxysporum* diamati pada diameter koloni, berat kering, dan kepadatan konidium. Hasil penelitian Yunita dkk. (2018) tentang aplikasi asap cair tempurung kelapa terhadap *Phytophthora palmivora* pada kakao menunjukkan bahwa asap cair 5% dan 10% memberikan pengaruh yang sama

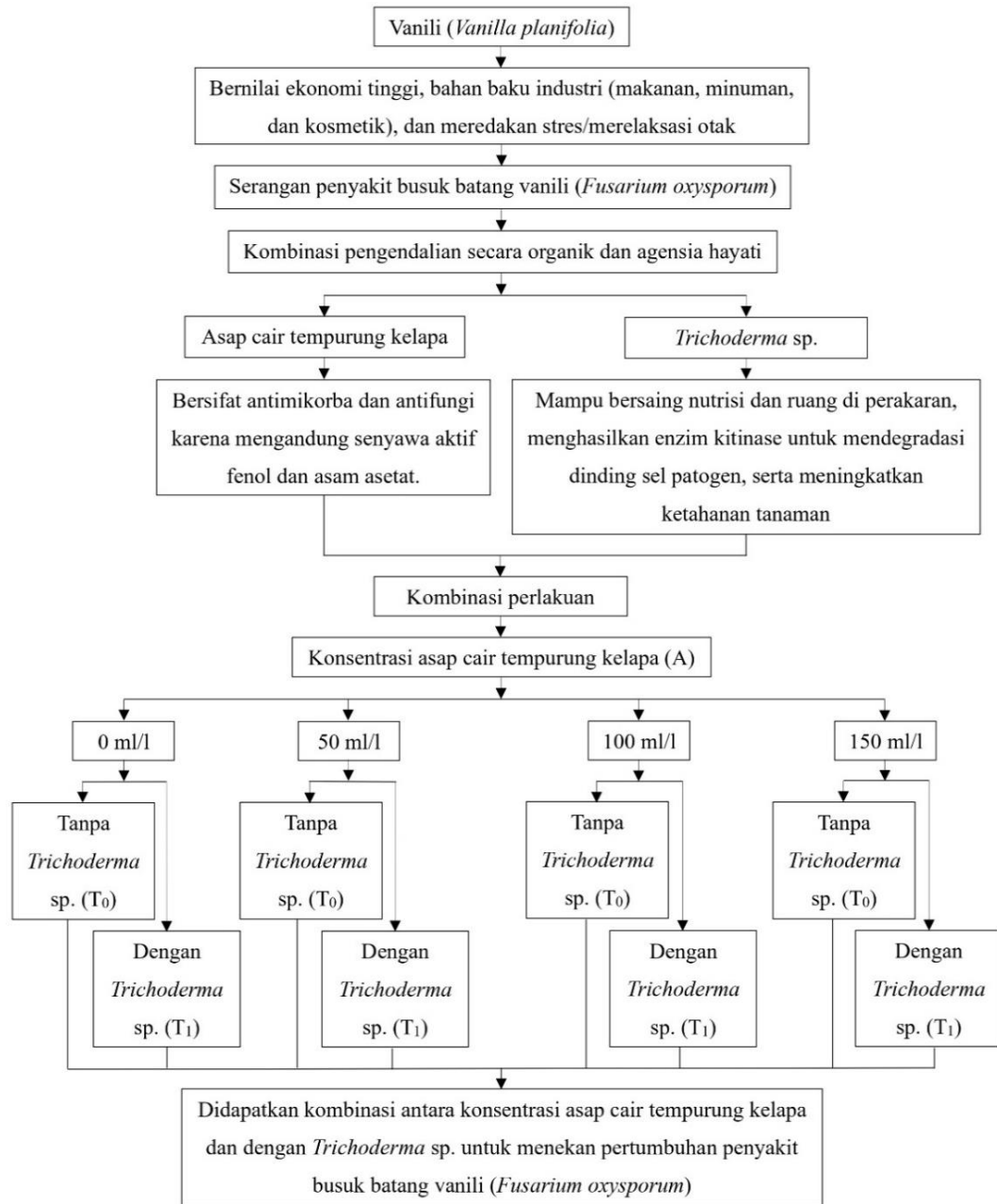
baiknya dalam menekan pertumbuhan *Phytophthora palmivora*. Namun lebih lanjut Yunita dkk. (2018) menyatakan bahwa perlakuan asap cair 20% menyebabkan terjadinya fitotoksitas.

Di sisi lain, diketahui bahwa pemanfaatan agensia hayati *T. harzianum* bersifat antagonis mengendalikan *F. oxysporum*. *T. harzianum* mampu berkompetisi mendapatkan nutrisi dan ruang di sekitar perakaran tanaman. *T. harzianum* juga menghasilkan enzim kitinase yang mampu mendegradasi dinding sel *F. oxysporum* dan selulosa. Menurut Pardede dkk. (2022), aplikasi *Trichoderma* sp. sebanyak 30 ml dengan kerapatan 10^6 sel/ml suspensi menunjukkan persentase daya hambat tertinggi. Pengaplikasian *T. harzianum* pada penelitian ini dilakukan sebanyak 30 ml dengan kerapatan 10^6 sel/ml untuk mengetahui pengaruh dari *T. harzianum* terhadap penghambatan tumbuh *F. oxysporum*. Kerangka pemikiran disajikan pada Gambar 1.

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah:

- (1) Asap cair tempurung kelapa dengan konsentrasi tertentu dapat menekan infeksi patogen penyebab busuk batang vanili;
- (2) Agensia hayati *Trichoderma harzianum* efektif dalam menekan infeksi patogen penyebab busuk batang vanili;
- (3) Terdapat interaksi antara asap cair tempurung kelapa pada konsentrasi tertentu dengan agensia hayati *Trichoderma harzianum* dalam menekan infeksi patogen penyebab busuk batang vanili.



Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian asap cair dan *Trichoderma harzianum* pada busuk batang vanili.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Vanili (*Vanilla planifolia* Andrews.)

Vanili (*Vanilla planifolia* Andrews.) pertama kali dibudidayakan oleh masyarakat Totonaco di Meksiko pada 1115, yang kemudian pemanfaatannya meluas ke suku Aztec untuk dimanfaatkan sebagai aromatik dan rasa minuman. Vanili diperkenalkan ke Eropa pada 1519 oleh penakluk Spanyol (Hernán Cortés) dan masuk ke Indonesia pada 1819 dibawa oleh ahli botani Belanda (Prof. Dr. Caspar Georg Carl Reinwardt) yang ditanam di Kebun Raya Bogor. Menon dan Nayeem (2013) menyatakan bahwa vanili termasuk ke dalam Famili Orchidaceae, yang merupakan famili tanaman berbunga besar dengan jumlah lebih dari 20.000 spesies dan 700 genera. Menurut Cronquist (1981), klasifikasi vanili adalah sebagai berikut: Kingdom Plantae, Divisi Magnoliophyta, Kelas Liliopsida, Ordo Asparagales, Famili Orchidaceae, Genus *Vanilla*, dan Spesies *Vanilla planifolia* Andrews. De Oliveira dkk. (2022) mencatatkan bahwa terdapat sekitar 140 spesies dari Genus *Vanilla* dan hanya sedikit yang telah dieksplorasi secara ilmiah maupun komersil.

Vanili memiliki perakaran yang dangkal dan biasanya akar vanili tidak masuk dalam tanah, melainkan mengambang di udara. Nugraha dan Mawandha (2024) menyatakan bahwa vanili memiliki morfologi yang khas di setiap bagian tanaman termasuk akar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mudyantini dkk. (2024) bahwa perakaran vanili tergolong dangkal yang terdiri dari akar pelekat, akar gantung, dan akar tanah; di mana akar gantung berfungsi dalam menyerap air dan udara, serta akar pelekat dapat membantu tanaman memanjat. Batang vanili berbentuk silindris, bertekstur lunak, serta memiliki ruas dan buku-buku. Buku vanili biasanya menjadi tempat tumbuhnya daun. De Oliveira dkk. (2022) menyatakan

bahwa daun vanili berselang-seling dan pembungannya aksilaris (muncul di ketiak daun). Mudyantini dkk. (2024) menyatakan bahwa daun vanili berbentuk pipih, berdaging, bulat telur, dengan ujung lancip, panjangnya berkisar 10 cm hingga 25 cm dan lebarnya 5 cm hingga 7 cm. Bunga pada vanili tergolong bunga tandan yang terdiri dari atas 15 hingga 20 bunga aksilaris dan buah vanili berbentuk lonjong panjang, berpolong, lunak, dan berwarna hijau muda hingga kecoklatan.

Pertumbuhan vanili sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan budidaya. Faktor abiotik, seperti suhu, kelembaban, curah hujan, intensitas cahaya matahari, dan ketinggian tempat menjadi keberhasilan budidaya vanili. Rosman (2023) menyatakan bahwa vanili baik dibudidayakan di daerah beriklim tropis dengan suhu antara 24 °C hingga 26 °C, curah hujan merata sepanjang tahun berkisar antara 1.500 mm hingga 2.000 mm, dan kelembaban 60% hingga 75%. Selain faktor tersebut, kondisi drainase tanah yang baik dan pH tanah antara 5 hingga 7 juga sangat mendukung pertumbuhan tanaman vanili. Pengelolaan lingkungan mikro dengan menjaga intensitas cahaya yang cukup dan memangkas pelindung tanaman penting untuk mencegah penyakit serta memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal.

Budidaya vanili membutuhkan intensitas cahaya yang tidak terlalu tinggi hanya berkisar antara 30% hingga 50%, sehingga naungan menjadi faktor yang penting. Jamaludin dan Ranchiano (2021) juga menegaskan bahwa naungan sangat penting bagi vanili karena memerlukan perlindungan dari penyinaran matahari langsung. Badaria dkk. (2024) menyatakan bahwa pohon gamal atau dadap banyak digunakan sebagai pohon pelindung bagi vanili di Indonesia. Ketinggian tempat budidaya juga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan vanili, dengan ketinggian optimal antara 300 hingga 400 mdpl.

Varietas vanili yang banyak dibudidayakan yaitu varietas Madagaskar. Varietas Madagaskar memiliki aroma dan kandungan vanillin yang cukup tinggi, sehingga diminati di pasar internasional. Segi produksi atau kuantitas produksi, varietas

Madagaskar lebih rendah dibandingkan varietas Vania 1 dan Vania 2. Varietas Madagaskar juga memiliki kekurangan yaitu rentan terserang patogen *F. oxysporum* yang menyebabkan busuk batang vanili. Menurut Maryani (2023), secara genetik, varietas Madagaskar tidak memiliki ekspresi gen pertahanan yang cukup untuk menghasilkan senyawa antifungi seperti gula reduksi dan enzim peroksidase. Faktor lingkungan seperti kelembaban yang tinggi dan suhu 25 °C hingga 30 °C memperparah infeksi *F. oxysporum* pada vanili. Selain itu, rendahnya keragaman genetik membuat varietas Madagaskar kurang mampu beradaptasi akan perkembangan patogen.

2.2 Busuk Batang Vanili (*Fusarium oxysporum*)

Busuk batang vanili yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* tidak dapat dideteksi dengan mudah. Banyak penyakit dengan gejala yang sejenis atau tanda defisiensi hara. Busuk batang ini umumnya memiliki gejala berupa munculnya bercak coklat kehitaman pada ujung atau pangkal batang vanili dan semakin meluas. Pinaria dkk. (2020) menyatakan bahwa kondisi lembab membuat infeksi lebih cepat dan pangkal batang tertutupi oleh miselium jamur berwarna putih atau merah muda. Jaringan batang vanili yang terinfeksi, ketika dibelah akan mengalami pembusukan. Hal ini sesuai dengan pendapat Hasanah dkk. (2024) bahwa batang akan terjadi pembusukan, sehingga menghambat transportasi air dan nutrisi. Gejala busuk batang yang terus dibiarkan akan menyebabkan gejala lanjutan berupa layu, tanaman akan berwarna kekuningan, dan pada fase terakhir berupa kematian tanaman. Hasanak dkk. (2024) juga menyatakan bahwa serangan berat *Fusarium* sp. menyebabkan kerugian antara 50% hingga 100% akibat kematian tanaman. Gejala serangan *F. oxysporum* pada vanili dapat dilihat pada Gambar 2.

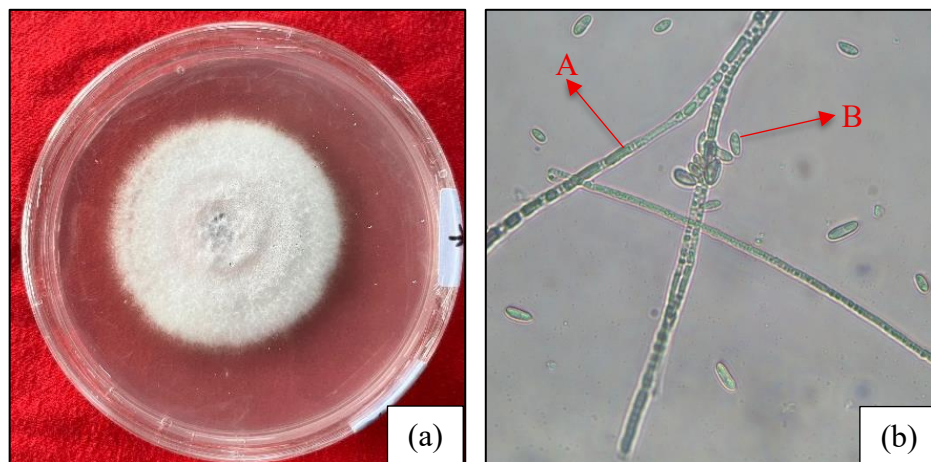


Gambar 2. Gejala serangan *Fusarium oxysporum* pada batang vanili.

Fusarium oxysporum merupakan jamur tular tanah dengan cakupan inang yang luas, termasuk vanili. Soesanto dkk. (2022) menyatakan bahwa klasifikasi *F. oxysporum* yaitu Kingdom Fungi, Filum Ascomycota, Kelas Sordariomycetes, Ordo Hypocreales, Famili Nectriaceae, Genus *Fusarium*, dan Spesies *Fusarium oxysporum*. Jamur ini bersifat saprofit fakultatif atau mampu bertahan dalam tanah dengan menggunakan bahan organik yang ada jika tidak ada tanaman inang. Infeksi *F. oxysporum* terjadi pada komoditas pertanian, akibat spora yang mampu bertahan dalam tanah selama bertahun-tahun dalam bentuk klamidospora. Hasanah dkk. (2024) menyatakan bahwa kelembaban tinggi dan suhu kisaran 25 °C hingga 30 °C menjadi tempat pertumbuhan yang baik bagi *F. oxysporum* f.sp. *vanillae*. Penyebaran patogen ini dapat terjadi melalui tanah, air, alat pertanian, bahkan infeksi bahan tanam seperti bibit maupun benih.

Fusarium oxysporum memiliki struktur tubuh yang sama seperti kebanyakan jamur patogen. Sari dkk. (2017) menyatakan bahwa *F. oxysporum* memiliki struktur tubuh yang terdiri dari miselium, konidiofor, konidia (mikrokonidia dan makrokonidia), dan klamidospora. Ihkwanisa dkk. (2023) menyatakan bahwa konidia *F. oxysporum* terdapat 2 jenis yaitu mikrokonidia (berbentuk oval hingga oval melengkung, bersel tunggal atau ganda, dan terbentuk pada *false head*) dan makrokonidia (berbentuk bulan sabit atau melengkung dengan sel bersekat). Pinaria (2020) menyatakan bahwa klamidospora diartikan sebagai spora yang memiliki dinding tebal dan resisten serta berguna untuk bertahan hidup saat kondisi lingkungan yang buruk seperti kekurangan nutrisi atau kondisi kering.

F. oxysporum juga memiliki senyawa bersifat toksik bagi tanaman yang berguna untuk membantu jamur ini dalam menginfeksi jaringan vanili. Hal ini sesuai dengan pendapat Sutejo dkk. (2008) bahwa *F. oxysporum* menghasilkan metabolit sekunder termasuk toksin seperti asam fusarik dan berperan dalam merusak sel tanaman terutama sistem *vascular*. Koloni *F. oxysporum* secara makroskopis dan mikroskopis disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur koloni *Fusarium oxysporum*: (a) makroskopis dan (b) mikroskopis.

Keterangan:

A = Konidiofor

B = Konidia

Pengendalian terhadap penyakit busuk batang vanili telah banyak dilakukan dengan perbaikan drainase kebun untuk mencegah tingginya kelembaban yang dapat mempengaruhi pertumbuhan *F. oxysporum*. Bastidas dkk. (2024) menyatakan bahwa menjaga kebersihan kebun dan drainase tanah mengurangi potensi serangan jamur akibat kelembaban yang tinggi. Nurcahyani dkk. (2012) menyatakan bahwa penggunaan bibit vanili yang sehat dan bebas penyakit menjadi langkah awal untuk mencegah serangan *F. oxysporum*. Cara lain dapat berupa penggunaan asap cair yang belum dilakukan terhadap penyakit busuk batang vanili. Pengendalian secara kimiawi yang biasa dilakukan oleh petani terhadap *F. oxysporum* yaitu penyemprotan fungisida berbahan aktif Mankozebe, Copper oxychloride, Carbendazim, Azoxystrobin, Kasugamycin, dan

Difenoconazole. Hasil penelitian Poudel and Osti (2024) menunjukkan bahwa Carbendazim pada semua konsentrasi (100–250 ppm) paling efektif menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* secara *in vitro* dengan tingkat inhibisi 100% pada hari ke-10, dibandingkan fungisida lain seperti Azoxystrobin + Difenoconazole (82,79%), Mancozeb (52,92%), dan Copper oxychloride (43,50%) pada konsentrasi 250 ppm.

2.3 Asap Cair Tempurung Kelapa

Asap cair adalah hasil kondensasi uap yang berasal dari pembakaran bahan organik dengan kandungan lignin, selulosa, hemiselulosa melalui proses pirolisis. Asap cair tempurung kelapa dihasilkan dengan melakukan proses pirolisis pada tempurung kelapa tanpa adanya oksigen sehingga terjadi dekomposisi senyawa kimia di dalamnya. Menurut Riupassa dan Baharuddin (2018), pembakaran yang menggunakan sedikit oksigen atau tidak menggunakan oksigen disebut pirolisis. Asap cair memiliki fungsi seperti penambah aroma, rasa, warna, dan biasa digunakan sebagai pengawet alami bahan makanan. Sifat antibakteri dan antioksidan pada asap cair tempurung kelapa membuat penggunaannya banyak digunakan untuk pengawet makanan segar seperti ikan.

Tempurung kelapa umum digunakan sebagai bahan baku asap cair karena senyawa yang ada di dalamnya. Komponen senyawa seperti fenol, karbonil, dan berbagai macam asam ditemukan dalam asap cair tempurung kelapa. Jenis asam yang terdapat pada asap cair seperti asam asetat, asam propionat, asam format, dan asam butirat yang tergolong asam organik. Komponen senyawa tersebut mempengaruhi sifat antimikroba dan antifungi di dalam asap cair. Menurut Amalia (2019), fenol dan asam asetat memegang peranan penting sebagai antimikroba dan antifungi. Asap cair tempurung kelapa sangat berpotensi sebagai fungisida alami yang ramah lingkungan dan mendukung pertanian berkelanjutan.

Proses pembuatan asap cair dari tempurung kelapa melalui tiga proses utama, yaitu pirolisis, kondensasi, dan redistilasi. Tempurung kelapa kering, sudah

dibersihkan, dan dengan potongan kecil-kecil menjadi bahan utama pembuatan asap cair. Proses pirolisis atau pembakaran tempurung kelapa dilakukan selama lima hingga delapan jam pada suhu 300 °C hingga 650 °C. Balikan dkk. (2021) menyatakan bahwa hasil pembakaran berupa gas dialirkan ke kondensor yang dingin, sehingga terjadi proses perubahan wujud benda dari gas ke cair atau mengembun. Tahap kondensasi asap cair biasanya sudah cukup untuk membuat asap cair *grade* 3. Asap cair memiliki tiga kelas atau *grade* berupa *grade* 3, *grade* 2, dan *grade* 1. Menurut Mentari dan Sahara (2017), proses redistilasi dilakukan untuk memurnikan asap cair guna meningkatkan kualitas produk menjadi *grade* 1. Redistilasi dilakukan untuk mengurangi kadar tar dan bau menyengat pada *grade* 3. Suhu pembakaran, waktu pembakaran, suhu kondensasi, dan redistilasi menjadi faktor penting untuk kualitas asap cair tempurung kelapa. Contoh asap cair tempurung kelapa disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Asap cair tempurung kelapa kemasan yang dibeli pada *online shop*.

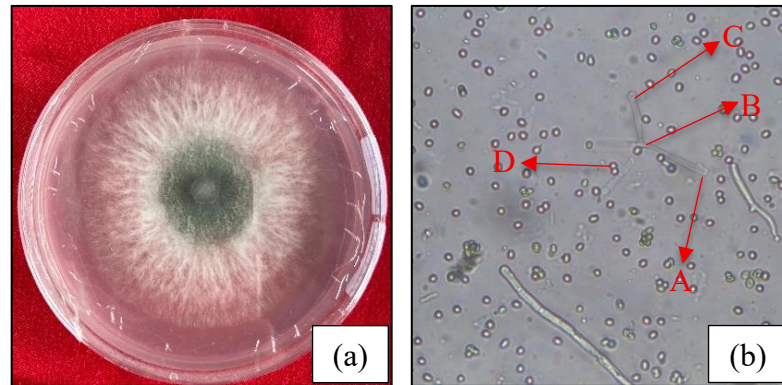
Penggunaan asap cair sebagai pengendalian penyakit tanaman sudah mulai banyak digunakan di bidang pertanian. Hasil penelitian Nurfadillah dkk. (2022) menyatakan bahwa penggunaan asap cair tempurung kelapa konsentrasi 2% mampu menekan pertumbuhan bakteri *Burkholderia glumae* secara *in vitro*. Hasil penelitian Sari dkk. (2017) menyatakan bahwa penggunaan 1,0 ml asap cair *grade* 1 dan 2 komersil, serta *grade* 2 buatan sendiri mampu dalam mengendalikan *Colletotrichum gloeosporioides* secara *in vitro* di media 10 ml PDA. Pengendalian yang dilakukan dengan asap cair terbukti mampu menekan pertumbuhan patogen penyebab penyakit tanaman dengan memperhatikan konsentrasi penggunaan.

Aplikasi asap cair dengan konsentrasi terlalu tinggi dapat menyebabkan gangguan metabolisme tanaman atau proses fisiologi tanaman, seperti terhambat pertumbuhan, klorosis, nekrosis, dan kematian jaringan.

2.4 *Trichoderma harzianum*

Trichoderma harzianum merupakan jamur saprofit yang banyak dikenal di bidang pertanian. Valeria dkk. (2024) telah menyatakan bahwa secara umum *Trichoderma* sp. juga dikenal memiliki kemampuan sebagai agensia hayati untuk tanaman sehingga sangat bermanfaat di pertanian. Jamur fitopatogen seperti *Fusarium* sp., *Phytium* sp., dan *Rhizoctonia* sp. dapat ditekan pertumbuhan dan perkembangannya dengan berbagai macam spesies *Trichoderma* ini. Doo dkk. (2023) menyatakan bahwa klasifikasi *Trichoderma* sp., yaitu: Kingdom Fungi, Subkingdom Dikaryota, Super divisi Ascomycota, Divisi Pezizomycotina, Kelas Ordariomycetes, Sub kelas Hypocreomycetes, Ordo Hypocreales, dan Famili Hypocreaceae. Spesies *Trichoderma* tercatat sudah lebih dari 200 spesies sesuai dengan filogenik yang diakui. Penelitian mengenai *T. harzianum* dalam bidang pertanian terus dikaji karena sifat saprofit dan antagonisnya yang sangat mudah beradaptasi. Hal ini sesuai dengan pendapat Yao dkk. (2023) bahwa pertumbuhan miselium yang cepat dan kemampuan adaptasi di lingkungan yang baik membuat jamur saprofit *Trichoderma* sp. ini banyak dikaji.

Morfologi *T. harzianum* menunjukkan ciri khas yang membantu dalam proses identifikasi. Warna koloni *T. harzianum* muda yaitu putih, kemudian terjadi perubahan warna ke kuning dan hijau tua saat pertambahan usia. Menurut Wulandari dkk. (2024) *Trichoderma* sp. memiliki bentuk konidiofor yang tegak, bercabang, dan bersekat, serta fialid tunggal atau kelompok. Pengamatan mikroskopis bentuk fialid *T. harzianum* berbeda-beda antar spesies, misalnya *T. pachybasium* yang memiliki fialid pendek dan besar, sementara *T. longibrachiatum* memiliki fialid panjang dan silindris. Sel dari *T. harzianum* biasanya berbentuk globosa hingga ellipsoidal/obovoidal. Koloni *T. harzianum* secara makroskopis dan mikroskopis disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur koloni *Trichoderma harzianum*: (a) makroskopis dan (b) mikroskopis.

Keterangan:

A = Konidiofor

B = Cabang konidiofor

C = Fialid

D = Konidia

Trichoderma harzianum banyak ditemukan di dalam tanah, kayu membusuk, dan di dekat perakaran tanaman. Jamur ini dapat tumbuh di berbagai habitat karena memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam metabolismenya. Menurut Susila dkk. (2023) perannya sebagai agensia hayati dapat dilihat dari sifat antagonis *Trichoderma* sp. melalui kompetisi, parasitisme, dan produksi senyawa toksik bagi fitopatogen. Yao dkk. (2023) menyatakan bahwa *Trichoderma* sp. dapat menghasilkan enzim ekstraseluler sehingga unggul dalam persaingan nutrisi dan menghambat jamur fitopatogen. Yao dkk. (2023) juga menyatakan bahwa enzim beta (1,3) glukanasase dan kitinase yang berguna untuk mendegradasi dinding sel patogen dan racun trichodermin dapat dihasilkan dari beberapa spesies *Trichoderma*. Strain *Trichoderma* seperti *T. harzianum*, *T. virens*, dan *T. viride* banyak digunakan dalam penelitian pengendalian penyakit pada tomat dan tanaman lainnya. Prasetyo dkk. (2024) menyatakan bahwa potensi *Trichoderma* sp. dalam menekan dan mengendalikan penyakit tanaman sangat besar.

Trichoderma harzianum banyak digunakan sebagai pengendali penyakit tanaman yang dapat diaplikasikan melalui suspensi dengan kerapatan tertentu dan menggunakan gramasi. Hasil penelitian Hariyanto (2019) menyatakan bahwa

aplikasi *Trichoderma* sp. sebanyak 10 g yang diinokulasi pada 2,5 kg pupuk kompos dapat menurunkan intensitas serangan layu *Fusarium* pada tomat sebanyak 15,5%. *T. harzianum* dapat membantu menekan pertumbuhan *F. oxysporum* melalui tahap mikoparasitisme, yaitu proses memarasit patogen dengan jamur lain yang bersifat antagonis. Rahmawati (2023) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa penggunaan *T. harzianum* dosis 10 g efektif menekan serangan layu *Fusarium* yang ada pada bawang merah.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Maret hingga Juni 2025. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penyakit Tanaman dan Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu cawan petri, *Laminar Air Flow* (LAF), bunsen, scalpel, pinset, jarum ose, *cork borer* diameter 0,5 mm, *autoclave*, timbangan digital, pisau, wadah plastik, vortex, erlenmeyer, tabung reaksi, oven, mikroskop, kaca preparat, *cover glass*, gelas ukur, gunting, mikropipet, spidol, cangkul, meteran, dan timbangan. Bahan yang digunakan yaitu kentang, aquades, sukrosa, agar batang, asap cair tempurung kelapa merk Acai, batang vanili bergejala busuk batang (*Fusarium oxysporum*), asam laktat, *polybag*, kayu ajir, isolat *Trichoderma harzianum* yang dibeli melalui *online shop*, bibit vanili varietas Madagaskar, dan media tanam tanah steril.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial karena kondisi homogen dalam Laboratorium, Rumah Kaca, dan setek bibit yang seragam. Konsentrasi asap cair tempurung kelapa sebagai faktor pertama dan aplikasi *Trichoderma harzianum* sebagai faktor kedua. Terdapat 8 perlakuan (4 perlakuan konsentrasi asap cair tempurung kelapa dan 2 perlakuan aplikasi *Trichoderma harzianum*) dan diulang sebanyak 4 ulangan. Setiap *polybag*

Trichoderma harzianum) dan diulang sebanyak 4 ulangan. Setiap polybag ditanami satu bibit dengan buku sebanyak 3 yang diberi perlakuan sesuai dengan perlakuannya.

Faktor pertama yaitu konsentrasi asap cair (A) dengan 4 taraf:

- (1) A_0 = Kontrol atau 0%
- (2) A_1 = Asap cair 5% atau 50 ml/l
- (3) A_2 = Asap cair 10% atau 100 ml/l
- (4) A_3 = Asap cair 15% atau 150 ml/l

Faktor kedua yaitu penggunaan *Trichoderma harzianum* (T) dengan 2 taraf:

- (1) T_0 = Tanpa *Trichoderma harzianum*
- (2) T_1 = *Trichoderma harzianum* kerapatan 10^6 sel/ml

Dengan demikian diperoleh 8 kombinasi perlakuan, yaitu:

A_0T_0 = Kontrol

A_0T_1 = *Trichoderma harzianum* kerapatan 10^6 sel/ml

A_1T_0 = Asap cair 5% atau 50 ml/l

A_1T_1 = Asap cair 5% atau 50 ml/l + *Trichoderma harzianum* kerapatan 10^6 sel/ml

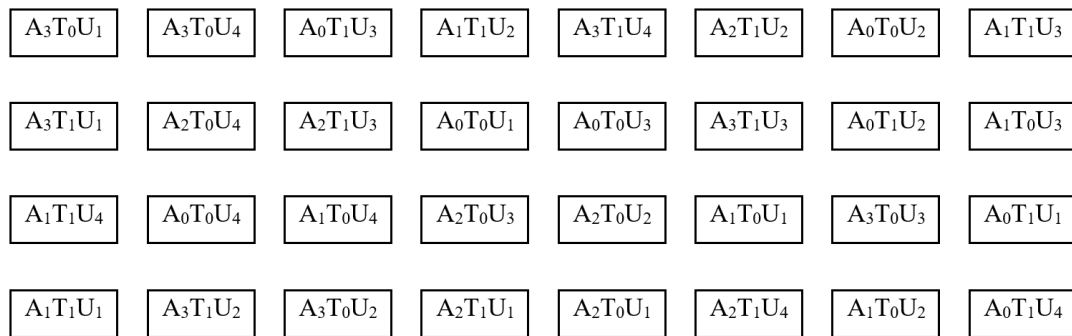
A_2T_0 = Asap cair 10% atau 100 ml/l

A_2T_1 = Asap cair 10% atau 100 ml/l + *Trichoderma harzianum* kerapatan 10^6 sel/ml

A_3T_0 = Asap cair 15% atau 150 ml/l

A_3T_1 = Asap cair 15% atau 150 ml/l + *Trichoderma harzianum* kerapatan 10^6 sel/ml

Penelitian pengendalian busuk batang vanili disusun secara faktorial dengan rancangan acak lengkap. Tata letak penelitian disajikan pada Gambar 6. Data yang didapatkan dilakukan uji homogenitas menggunakan Uji Bartlett dan aditivitas dengan Uji Tukey. Data tidak memenuhi asumsi homogenitas, dilakukan transformasi data $\sqrt{x+0,5}$. Analisis dilanjutkan dengan Anova dan uji lanjut berupa Uji Duncan dengan taraf 5%.



Gambar 6. Tata letak penelitian.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian terdiri dari pembuatan media PSA; isolasi, identifikasi, pemurnian dan perbanyakkan *Fusarium oxysporum*; uji Postulat Koch *Fusarium oxysporum*; perhitungan kerapatan *Fusarium oxysporum* dan *Trichoderma harzianum*; uji antagonisme secara *in vitro*; dan tahap terakhir berupa uji *in vivo*.

3.4.1 Pembuatan Media PSA

Bahan pembuatan PSA terdiri atas kentang 200 g, sukrosa 20 g, agar batang 20 g, dan akuades 1 l. Kentang dikupas, dicuci dan dipotong dadu 5 mm × 5 mm. Kentang direbus bersama akuades dan air rebusan kentang dicampurkan dengan sukrosa dan agar batang, serta diaduk hingga larut. Media dimasukkan ke erlenmeyer dan ditutup dengan *aluminium foil*. Media dalam erlenmeyer dilakukan sterilisasi dengan *autoclave* selama 20 menit di suhu 121 °C dan tekanan 1 atm.

3.4.2 Isolasi, Identifikasi, Pemurnian, dan Perbanyakkan *Fusarium oxysporum*

Batang vanili yang digunakan varietas Madagaskar yang diperoleh dari Taman Sains Pertanian, BPTP Lampung bergejala perubahan warna kuning pada batang dan pada bagian tengah berwarna coklat membusuk. Bagian bergejala dipotong dan dimasukkan ke *ice box* dan isolasi dilakukan di Laboratorium Penyakit

Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bagian bergejala dipotong sepanjang 2 cm di bagian perbatasan antara jaringan vanili sehat dan sakit.

Sampel diisolasi pada media PSA dengan satu cawan petri berisi lima potongan jaringan vanili sehat dan sakit. Penempatan sampel dilakukan dengan pola satu di tengah dan empat potong lain mengelilinginya. Inkubasi dilakukan selama tujuh hari pengamatan pertumbuhan dan perkembangan isolat pada 3 hsi, 5 hsi, dan 7 hsi.

Isolat jamur yang tumbuh selama masa inkubasi, diidentifikasi makroskopis dan mikroskopis untuk memastikan sebagai jamur *F. oxysporum*. Pengamatan makroskopis meliputi warna hifa dan bentuk koloni, dan pengamatan mikroskopis dilakukan di bawah mikroskop dengan melihat morfologi jamur. Identifikasi dilakukan dengan pustaka acuan seperti jurnal, buku *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (Barnet, 1962), dan buku *Training Course 2019 for The Identification of Aspergillus and Fusarium* (Samson, 2019). Setelah diidentifikasi, dilakukan pemurnian *F. oxysporum* pada media PSA.

3.4.3 Uji Postulat Koch *Fusarium oxysporum*

Isolat *F. oxysporum* yang telah diidentifikasi diuji Postulat Koch untuk mengetahui virulensi dari patogen tersebut dan memastikan gejala yang timbul sama dengan gejala yang diambil sampel untuk diisolasi. Adapun tahapan Postulat Koch yaitu mendisinfeksi batang vanili dan alat yang digunakan dengan kapas yang diberi alkohol 70%. Batang vanili dilukai dengan silet sepanjang 1 cm dan luka pada batang diinokulasikan *F. oxysporum* dengan mengambil koloni menggunakan jarum, lalu isolat ditempelkan pada luka dan ditutup dengan kapas basah yang diikat dengan plastik *wrapping*. Pengamatan dilakukan dengan membuka *wrapping* setelah 7 hari masa inkubasi dan melihat gejala yang timbul. Setelah 7 hari belum menunjukkan gejala, ditutup dengan kapas basah kembali dan diinkubasi selama 14 hari.

3.4.4 Perhitungan Kerapatan *Fusarium oxysporum* dan *Trichoderma harzianum*

Spora jamur dipanen dari koloni pada cawan petri dengan cara mengeruk secara hati-hati permukaan koloni jamur dengan jarum ose agar miselia dan media tidak tercampur. Masing-masing spora *F. oxysporum* dan *T. harzianum* dibuat suspensi spora dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi untuk dihomogenkan menggunakan vortex. Setelah suspensi homogen, diambil sebanyak 1 ml selanjutnya ditetaskan pada hemositometer dan ditutup dengan kaca objek hingga suspensi mengalir ke bawah kaca objek mengisi ruang hitung. Pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah spora dalam lima sampel kotak sedang dibawah mikroskop dan dihitung rata-ratanya. Kerapatan spora dihitung menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$\frac{\text{Rata - rata jumlah spora} \times d \times 10^6 \text{ jumlah spora}}{80 \times 0,25}$$

Keterangan:

d = Tingkat pengenceran

10^6 = Konstanta

0,25 = Konstanta

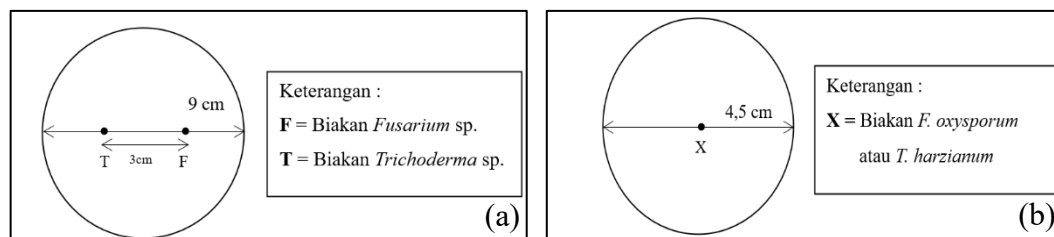
80 = Jumlah kotak kecil/kotak yang diamati

3.4.5 Uji Antagonisme secara *In Vitro*

Uji antagonisme dilakukan dengan menggunakan media PSA dalam cawan petri. Metode yang digunakan dalam pengujian ini yaitu *dual culture method*. Perlakuan konsentrasi asap cair dilakukan dengan mencampurkan asap cair ke dalam media PSA. Satu cawan petri berisi 15 ml media PSA dan perlakuan konsentrasi asap cair dilakukan perhitungan dengan rumus, seperti berikut:

$$\frac{\text{Konsentrasi}}{100} \times 15 \text{ ml}$$

Satu cawan petri konsentrasi 5% berisi 14,25 ml media PSA dan 0,75 ml asap cair. Konsentrasi media dengan 10% asap cair berisi 13,5 ml media PSA dan 1,5 ml asap cair, dan konsentrasi 15% berisi 12,75 ml media PSA dan 1,5 ml asap cair. Media yang telah dicampur asap cair dilakukan penuangan ke cawan petri dan ditunggu hingga membeku. Isolat *F. oxysporum* dan *T. harzianum* diambil menggunakan *cork borer*, kemudian diletakkan secara terbalik atau bagian hifa di bawah menyentuh pada media perlakuan. Satu potongan *cork borer* (diameter 0,5 cm) biakan murni *F. oxysporum* pada titik dengan jarak 3 cm dari tepi cawan petri, sedangkan dari tepi yang lain dengan jarak yang sama diletakkan satu potongan *cork borer* (diameter 0,5 cm) biakan murni *T. harzianum*. Contoh peletakan biakan disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Contoh peletakan biakan: (a) *dual culture method* dan (b) *single culture method*.

Hasil tersebut diinkubasi selama 7 hari dengan pengamatan setiap hari untuk mengukur variabel yang diamati. Pengamatan dilakukan setiap hari terhadap jari-jari koloni *F. oxysporum* yang berlawanan dan jari-jari koloni yang menuju arah jamur *T. harzianum*. Persentase penghambatannya diukur menggunakan rumus Prasetyo dkk. (2009) sebagai berikut:

$$\text{Persentase daerah penghambatan: } \frac{r_1 - r_2}{r_1} \times 100\%$$

Keterangan:

r_1 = Jari-jari koloni *Fusarium oxysporum* yang berlawanan arah dengan jamur *Trichoderma harzianum*

r_2 = Jari-jari koloni *Fusarium oxysporum* yang menuju arah jamur *Trichoderma harzianum*.

3.4.6 Uji *In Vivo*

Tanah steril dimasukkan ke *polybag* berukuran 20 cm × 20 cm bervolume 1 kg/*polybag*. Inokulasi isolat *F. oxysporum* dan *T. harzianum*. dilakukan dengan menyiram suspensi di media tanam yang sebelumnya telah dihitung kerapatan sporanya menggunakan hemositometer. Bibit ditanam di media tanam dengan membuat lubang tanam, bibit dimasukkan ke lubang tanam, dan ditutup tanah. Bibit vanili yang digunakan sebanyak tiga buku. Bibit membutuhkan tempat untuk menempel, sehingga ditambahkan ajir dengan panjang 1 m dan batang vanili dirambatkan pada ajir.

Bibit vanili ditumbuhkan terlebih dahulu untuk menyesuaikan diri selama satu bulan. Setelah bibit berumur satu bulan diinokulasikan *T. harzianum* sebanyak 30 ml terlebih dahulu dan dua hari kemudian diinokulasikan *F. oxysporum* sebanyak 30 ml. Inokulasi *F. oxysporum* dan *T. harzianum* dilakukan dengan membuat suspensi sebanyak 30 ml dan dituangkan ke media tanam. Asap cair diaplikasikan sesuai dengan masing-masing konsentrasi pada perlakuan. Waktu aplikasi yaitu tujuh hari setelah inkubasi *F. oxysporum*. Aplikasi asap cair dilakukan dengan melarutkannya dengan air dan disemprotkan ke bibit serta media tanam sesuai konsentrasi masing-masing perlakuan dengan pembuatan biang suspensi sebanyak 100 ml. Rumus perhitungan kebutuhan suspensi asap cair, yaitu:

$$\frac{\text{Konsentrasi dalam ml}}{1000 \text{ ml}} \times 100$$

Perhitungan aplikasi asap cair konsentrasi 5% berarti 5 ml asap cair yang dilarutkan dengan 95 ml air, konsentrasi 10% dibutuhkan 10 ml asap cair yang dilarutkan dengan 90 ml air, dan konsentrasi 15% dibutuhkan 15 ml asap cair yang dilarutkan dengan 85 ml air.

3.5 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan yang dilakukan meliputi variabel uji antagonisme secara *in vitro* dan variabel uji *in vivo*.

3.5.1 Variabel Uji Antagonisme secara *In Vitro*

Variabel uji antagonisme secara *in vitro* meliputi diameter koloni dan persentase daerah hambatan sebagai berikut:

- (1) Variabel diameter koloni diamati setiap hari dengan mengukur setiap koloni jamur yang tumbuh dengan bantuan penggaris;
- (2) Variabel persentase daerah hambatan dilakukan pengamatan adanya daerah hambatan antara *F. oxysporum* dan *T. harzianum* dengan luasan tertentu untuk melihat keterhambatan pertumbuhan salah satu jamur.

3.5.2 Variabel Uji *In Vivo*

Variabel uji *in vivo* meliputi masa inkubasi, gejala serangan, keterjadian penyakit, keparahan penyakit, diameter bercak, penambahan panjang tunas, penambahan jumlah daun, dan penambahan diameter tunas sebagai berikut:

- (1) Variabel masa inkubasi dilakukan pengamatan setiap hari untuk mengetahui waktu patogen dalam menginfeksi tanaman dan perbedaan masa inkubasi antar perlakuan;
- (2) Variabel gejala serangan dilakukan dengan mengamati setiap gejala serangan yang muncul untuk membantu mengidentifikasi efektivitas pengendalian. Gejala serangan yang diamati terdiri dari, warna, bentuk, dan tekstur dari gejala yang berada di batang, daun, maupun tunas;
- (3) Variabel keterjadian penyakit dilakukan dengan mengamati seberapa banyak terjadinya serangan penyakit dan berguna untuk mengetahui seberapa luas penyebaran penyakit dalam populasi vanili. Variabel ini dihitung menggunakan rumus:

$$KjP = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

(KjP) = Keterjadian penyakit

(n) = Jumlah tanaman terserang

(N) = Jumlah tanaman yang diamati

- (4) Variabel keparahan penyakit diamati untuk melihat tingkat kerusakan yang disebabkan oleh penyakit ini. Rumus untuk variabel ini, yaitu:

$$KP = \frac{\sum(n \times V)}{(Z \times N)} \times 100\%$$

Keterangan:

(KP) = Keparahan penyakit

(n) = Jumlah sampel sakit per kategori

(V) = Skor penyakit

(Z) = Skor tertinggi

(N) = Sampel yang diamati

Untuk menentukan skor setiap serangan diperlukan batasan atau *range* Serangan baik di batang, daun, maupun tunas. Skor dan kriteria didasarkan pada penelitian Syafirah dkk. (2024) yang sudah dimodifikasi pada Tabel 1.

Tabel 1. Skor dan Kriteria Nekrosis

Skor	Kriteria Gejala Nekrosis
0	Tidak ada gejala nekrosis
1	Timbul gejala nekrosis diameter < 0,5 cm
2	Nekrosis diameter 0,5 cm ≤ x ≤ 1 cm
3	Nekrosis diameter > 1 cm
4	Nekrosis hampir menyebar ³ / ₄ organ terserang, tanaman layu dan/atau mati

- (5) Variabel diameter bercak mengamati dan mengukur diameter bercak dan pertumbuhan bercaknya untuk mengetahui efektivitas pengendalian;
- (6) Variabel penambahan panjang tunas dilakukan dengan mengukur tunas awal

sebelum perlakuan dan diberi tanda pada bagian titik tumbuh. Pengamatan dilakukan dengan mengukur dari tanda yang sudah ada hingga ke titik tumbuh;

- (7) Penambahan jumlah daun dihitung dari titik yang telah ditandai hingga titik tumbuh. Daun yang masih menutup ke batang tidak dihitung. Daun yang belum membuka sempurna, tetapi sudah tidak menutupi batang dihitung;
- (8) Penambahan diameter tunas diukur dengan menggunakan mikrometer dan diukur pada bagian tunas yang sudah ditandai sebelumnya.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan dari penelitian ini adalah:

- (1) Asap cair dengan konsentrasi 5% hingga 15% terbukti menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* dan juga *Trichoderma harzianum* secara *in vitro*. Namun, secara *in vivo* belum ada perbedaan pengaruh yang nyata antara konsentrasi 5% hingga 15% terhadap keterjadian penyakit, keparahan penyakit, diameter bercak dan pertumbuhan vegetatif setek bibit vanili umur 3 minggu setelah inokulasi;
- (2) *Trichoderma harzianum* secara nyata menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*. Secara *in vivo*, *Trichoderma harzianum* belum berpengaruh nyata dalam menekan keterjadian penyakit, keparahan penyakit, diameter bercak dan pertumbuhan vegetatif setek bibit vanili umur 3 minggu setelah inokulasi;
- (3) Terjadi interaksi antara asap cair dan *Trichoderma harzianum* secara *in vitro*, tetapi belum terdapat interaksi secara *in vivo* pada setek vanili 3 minggu setelah inokulasi. Secara *in vivo*, penggunaan asap cair yang dikombinasikan dengan *Trichoderma harzianum* cenderung belum memberikan efek sinergis akibat penurunan kemampuan atau terjadi kematian pada *Trichoderma harzianum* ketika diberikan asap cair.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini yaitu penggunaan konsentrasi asap cair tidak melebihi 5%, serta tidak disarankan mengkombinasikan asap cair dengan *Trichoderma harzianum* dan penelitian lanjutan perlu dilakukan percobaan aplikasi aplikasi asap cair dengan penyiraman dan penyemprotan kabut.

DAFTAR PUSTAKA

- Alisa, N. dan Iswendi, I. 2023. Potensi asap cair hasil pirolisis tempurung kelapa sebagai biopestisida terhadap ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*) tanaman kacang panjang (*Vigna sinensis*). *Periodic*. 12(1): 39-44.
- Amalia, A.I. 2019. Pemanfaatan Asap Cair Hasil Pembakaran Tempurung Kelapa Menjadi Biopestisida (*Tesis*). Universitas Hasanuddin. Makassar. 77 hlm.
- Badaria, B., Amane, G.S., Elsabet, E., Yanti, Y., and Aba, L. 2024. The effect of the number of section on the growth of vanilly plant cuttings (*Vanilla planifolia* Andrews). *Jurnal Biologi Tropis*. 24(1):440-447.
- Balikan, C.M., Tooy, D., dan Wenur, F. 2021. Kajian pembuatan asap cair tempurung kelapa dengan proses pirolisis dan destilasi di Sulawesi Utara. *Jurnal Teknologi Pertanian (Agricultural Technology Journal)*. 12(2):97-104.
- Barnet, H.L. 1962. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Burgess Publishing Company. West Virginia. 225 p.
- Bastidas, J.R., Barros, S.M., Ortiz, D.R., Espinosa, A.T.M., and Flanagan, N.S. 2024. Molecular identification of *Fusarium* species in commercial vanilla and crop wild relatives in Colombia. *Environmental Microbiology Reports*. 16(6):e70038.
- Bhai, R.S. and Dhanesh, J. 2008. Occurrence of fungal diseases in vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews) in Kerala. *Journal of Spices and Aromatic Crops*. 17(2):140-148.
- Chairudin, C., Lizmah, S.F., Agustinur, A., Purnomo, D., and Subandar, I. 2022. *In vitro* efficacy of various concentrations of coconut shell liquid smoke against *Fusarium oxysporum* f.sp. *Lycopersici*. *Conference Proceeding ICoGEMT+TECH*. 1(1):1-9.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Colombia University Press. New York. 1262 hlm.
- de Oliveira, R.T., Oliveira, J.P.d.A., and Macedo, A.F. 2022. Vanilla beyond *Vanilla planifolia* and *Vanilla × tahitensis*: taxonomy and historical notes, reproductive biology, and metabolites. *Plants*. 11(23):3311.

- Desvita, H., Faisal, M., Mahidin, M., and Suhendrayatna, S. 2020. Preservation of meatballs with edible coating of chitosan dissolved in rice hull-based liquid smoke. *Heliyon*. 6(10):1-10.
- Digdoyo, P. and Budiansyah, A. 2017. Increasing added value of vanilla through technology utilization of registered patent. *Conferences: The 1st SATREPS Conference*. 8:100-109.
- Doo, S.R.P., Meitiniarti, V.I., Kasmiyati, S., dan Kristiani, E.B.E. 2023. *Trichoderma* spp., si jamur multi fungsi. *Tropical Microbiome Journal*. 1(1):73-89.
- Dwiastuti, M.E., Fajri, M.N., dan Yunimar, Y. 2015. Potensi *Trichoderma* spp. sebagai Agens Pengendali *Fusarium* spp. Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Stroberi (*Fragaria x ananassa* Dutch.). *Jurnal Hortikultura*. 25(4):331-339.
- Dwitama, A.G., Darsono, D., dan Fajarningsih, R.U. 2022. Analisis kinerja perdagangan dan daya saing komoditas vanili Indonesia di pasar internasional periode 2010-2019. *Agrista*. 10(2):43-58.
- Fitria, E., Kesumawaty, E., Basyah, B., dan Asis, A. 2021. Peran *Trichoderma harzianum* sebagai penghasil zat pengatur tumbuh terhadap pertumbuhan dan produktivitas varietas cabai (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*. 49(1):45-52.
- Hasanah, L.M., Septianasari, M.A., Fitri, N.E., dan Su'udi, M. 2024. Efektivitas biopestisida pada tanaman vanili dalam melawan *Fusarium oxysporum* f. sp *vanillae*. *Jurnal Penelitian Sains*. 26(3):360-365.
- Heriyanto, H. 2019. Kajian pengendalian penyakit layu *Fusarium* dengan *Trichoderma* pada tanaman tomat. *Jurnal Triton*. 10(1):43-58.
- Huda, M.Y.Q. dan Setyoko, U. 2025. Pertumbuhan bibit vanili (*Vanilli planifolia* Andrews) pada berbagai komposisi media tanam. *Jagad Tani: Jurnal Impu Pertanian*. 2(1):15-29.
- International Trade Center. 2025. List of products exported by Indonesia Metadata at the same aggregation level as the product: 0905 Vanilla.
https://www.trademap.org/Product_SelCountry_TS.aspx?nvpm=1%7c360%7c%7c%7c%7c0905%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1. Diakses pada 16 Februari 2025 pukul 20.15.
- Isa, I., Musa, W.J.A., dan Rahma, S.W. 2019. Pemanfaatan asap cair tempurung kelapa sebagai pestisida organik terhadap mortalitas ulat grayak (*Spodoptera litura* F.). *Jambura Journal of Chemistry*. 1(1):15-20.

- Ismi, S.F., Soesanto, L., dan Mugiastuti, E. 2022. Aplikasi metabolit sekunder *Trichoderma harzianum* T10 dalam formula tablet larut-air terhadap penyakit rebah semai mentimun. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 18(4):177-186.
- Jamaludin, J. dan Ranchiano, M.G. 2021. Pertumbuhan tanaman vanili (*Vanilla planifolia*) dalam *polybag* pada beberapa kombinasi media tanam dan frekuensi penyiraman menggunakan teknologi irigasi tetes. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*. 9(2):65-72.
- Jumadi, O., Junda, M., Caronge, M.W., dan Syafruddin, S. 2021. *Trichoderma dan Pemanfaatan*. Penerbit Jurusan Biologi FMIPA UNM. Makassar. 89 hlm.
- Koyyappurath, S., Atuahiva, T., Le Guen, R., Batina, H., Le Squin, S., Gautheron, N., Herman, V.E., Peribe, J., Jahiel, M., Steinberg, C., Liew, E.C.Y., Alabouvette, C., Besse, P., Dron, M., Sache, I., Laval, V., and Grisoni, M. 2016. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-vanillae* is the causal agent of root and stem rot of vanilla. *Plant Pathology*. 65(4):612-625.
- Maryani, R. 2023. Studi *In Vivo*: Analisis Karakter Agronomis, Molekuler dan Resistensi Penyakit Layu *Fusarium* pada Tanaman Vanili (*Vanilla planifolia* Andrews) dengan Induksi Asam Fusarat (*Thesis*). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Menon, S. and Nayeem, N. 2013. *Vanilla planifolia*: a review of a plant commonly used as flavouring agent. *International Journal of Pharmaceutical Science Review and Research*. 20(2):225-228.
- Mentari, E.P. dan Sahara, S. 2017. Pembuatan dan pengujian asap cair dari tempurung kelapa dan tongkol jagung sebagai bahan pengawet ikan. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*. 4(1):27-37.
- Mosquera-Espinosa, A.T., Bonilla-Monar, A., Flanagan, N.S., Rivas, Á., Sánchez, F., Chavarriaga, P., Bedoya, A., and Riascos-Ortiz, D. 2022. *In vitro* evaluation of the development of *Fusarium* in vanilla accessions. *Agronomy*. 12(11):2831.
- Mugiastuti, E. dan Manan, A. 2009. Pemanfaatan asap cair untuk mengendalikan *Fusarium oxysporum* dan *Meloidogyne* spp. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*. 9(1):43-49.
- Muhibuddin, A., Salsabila, S., dan Sektiono, A.W. 2021. Kemampuan antagonis *Trichoderma harzianum* terhadap beberapa jamur patogen penyakit tanaman. *Agrosaintifika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 4(1):225-233.
- Murniati, N., Sumini, S., dan Orlando, Y. 2020. Respon pertumbuhan dan Produksi tanaman padi dengan pemberian konsentrasi dan asal bahan asap cair. *Jurnal Planta Simbiosis*. 2(1):46-57.

- Nurrahmawan, M. E., Giyanto, G., Nawaningsih, A.A., dan Sulistiani, E. 2021. Asap cair sebagai pemacu pertumbuhan dan ketahanan tanaman pisang terhadap *Ralstonia syzygii* subsp. *Celebesensis*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 17(5):183-194.
- Nurchayani, E., Sumardi, I., Hadisutrisno, B., dan Suharyanto, E. 2012. Penekanan perkembangan penyakit busuk batang vanili (*Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*) melalui seleksi asam fusarat secara *in vitro*. *Jurnal Hama dan Penyakit Tanaman Tropis*. 12(1):12-22.
- Nurfadillah, N., Giyanto, G., Mutaqin, K.H., dan Damayanti, T.A. 2022. Asap cair untuk pengendalian *Bulkholderia glumae* dan pemacu pertumbuhan benih padi. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 18(3):134-144.
- Ohorella, Z., Soekanto, M.H., Wahyudi, W., dan Hariati, M. 2022. Uji antagonis *Trichoderma harzianum* terhadap *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu pada tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum*) secara *in vitro*. *Median: Jurnal Ilmu Ilmu Eksakta*. 14(1):7-15.
- Pardede, M.N.B.R., Wiryana, G.N.A.S., dan Kalimi, K. 2022. Efektivitas *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. untuk pengendalian penyakit busuk batang (*Fusarium oxysporum* sp.) pada tanaman vanili (*Vanilla planifolia*). *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*. 12(1):63-75.
- Pinaria, A.G, Liew, E.C., and Burgess, L.W. 2010. *Fusarium* species associated with vanilla stem root in Indonesia. *Aust Plant Pathol*. 39:176–183.
- Pinaria, A. 2020. *Jamur Fusarium yang Berasosiasi dengan Penyakit Busuk Batang Vanili*. Unsrat Press. Manado. 172 hlm.
- Pinaria, A., Ratulangi, M., dan Manengkey, G. 2020. Keragaman *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* yang berasal dari Sulawesi Utara berdasarkan media potato dextrose agar. *Jurnal Eugenia*. 26(1):35-41.
- Poudel, S. and Osti, S. 2024. *In vitro* evaluation of efficacy of fungicides against *Fusarium oxysporum* f.sp. *Lycopersici* (Sacc.) synder and hansen causing wilt disease of tomato. *NPI Journal of Science and Techonolgy*. 1(1):31-48.
- Prasaja, D., Cahyono, F.K., Hanifa, H.A.I., dan Nisa, O.S.K. 2024. Potensi Indonesia menjadi pengeksport vanili terbesar di dunia. *Journal of Science and Social Research*. 7(1):265-272.
- Prasetyo, J., Efri, E., dan Suharjo, R. 2009. Seleksi dan uji antagonisme *Trichoderma* spp. isolat tahan fungisida nabati terhadap pertumbuhan *Phytophthora capsici*. *Jurnal HPT Tropika*. 9(1):58-66.

- Prasetyo, J., Juniar, N.B., Evizal, R., Maryono, T., and Ginting, C. 2024. Molecular identification of *Trichoderma* sp. Margodadi isolate and its potential against *Phytophthora capsici* causing foot rot of black pepper. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 24(1):128-138.
- Rahmawati, I. 2023. Efektifitas penggunaan cendawan antagonis *Trichoderma harzianum* untuk pengendalian penyakit layu pada tanaman bawang merah. *Journal of Comprehensive Science*. 2(5):1133-1144.
- Rasi, A.J.L., Seda, Y.P., dan Anggraini, S.P.A. 2017. Potensi teknologi asap cair tempurung kelapa terhadap keamanan pangan. *EUREKA: Jurnal Penelitian Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*. 1(1):1-10.
- Rismawati, R., Hadi, P., dan Prabowo, S.M. 2021. Pengaruh *Trichoderma harzianum* sebagai agens hayati untuk pertumbuhan dan kesehatan bibit vanili (*Vanilla planifolia*) terhadap *Fusarium oxysporum*. *AGRIMETA: Jurnal Pertanian Berbasis Keseimbangan Ekosistem*. 11(21):61-65.
- Riupassa, H. dan Baharuddin, M.N. 2018. Pemanfaatan limbah plastik melalui proses pirolisis sebagai bahan bakar alternatif. *Jurnal Teknik Mesin*. 7(1):43-52.
- Rosman, R. 2023. Teknologi bambunet untuk penanaman tanaman vanili. *Warta BSIP Perkebunan*. 1(2):16-19.
- Samson, R.A. 2019. *Training Course 2019 for The Identification of Aspergillus and Fusarium*. Westerdijk Fungal Biodiversity Institute. Utrecht The Netherlands. 298 p.
- Sari, M.N., Rumahlewang, W., dan Tuhumury, G.N.C. 2023. Pengujian asap cair tempurung kelapa dalam mengendalikan patogen *Colletotrichum gloeosporioides* penyebab penyakit antraknosa pada cabai (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Budidaya Pertanian*. 19(1):92-98.
- Sari, W., Wiyono, S., Nurmansyah, A., Munif, A., dan Poerwanto, R. 2017. Keanekaragaman dan patogenisitas *Fusarium* spp. asal beberapa kultivar pisang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 13(6):216-216.
- Susila, E., Maulina, F., dan Emilda D. 2023. Characterization and identification on *Trichoderma* on shallots isolated from three elevation regions in West Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*. 24(4):2064-2071.
- Suyanto, A., Astar, I., Irianti, A.T.P., dan Amalia, M. 2021. Pengaruh peracunan media dengan asap cair tempurung kelapa (*Cocos nucifera*) pada pertumbuhan jamur *Colletotrichum* sp. penyebab penyakit busuk buah kakao. *Variabel*. 4(2):53-60.

- Syarifah, S.M., Sari, O.P., dan Bimantara, A. 2024. Pengendalian hayati patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici* dengan isolat *Trichoderma* sp. asal rizosfer bambu dari Kecamatan Kedu, Kabupaten Temanggung. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 29(3):454-460.
- Valeria, G.B., Gabriela, D.B., and Gustavo, R. 2024. *Trichoderma* spp.: characteristics and applications. *Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering*. 11(1):18-22.
- Valletta, A., De Angelis, G., Badiali, C., Brasil, E., Micheli, A., Di Cocco, M.E., and Pasqua, G. 2016. Acetic acid acts as an elicitor exerting a chitosan-like effect on xanthone biosynthesis in *Hypericum perforatum* L. root cultures. *Plant Cell Rep.* 35(5):1009–1020.
- Wardoyo, E.R.P., Anggraeni, W., Rahmawati, dan Oramahi, H.A. 2020. Aktivitas antifungi asap cair dari tandan kosong *Elaeis guineensis* Jacq. terhadap *Colletotrichum* sp. (WA2). *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBI)*. 7(2):271-279.
- Wulandari, M., Seran, W., dan Sinaga, P.S. 2024. Isolasi dan identifikasi *Trichoderma* spp. dari rhizosfer tanaman jati (*Tectona grandis* Linn.) di Taman Wisata Alam, Desa Bipolo, Kecamatan Sulamu, Kabupaten Kupang. *Journal of Scientech Research and Development*. 6(1):1453-1467.
- Yao, X., Guo, H., Zhang, K., Zhao, M., Ruan, J., and Chen, J. 2023. *Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. *Frontiers in Microbiology*. 14:1160551.
- Yunita, Y., Suswanto, I., dan Sarbino, S. 2018. Pengaruh asap cair tempurung kelapa terhadap *P. palmivora* penyebab penyakit busuk buah pada kakao. *Perkebunan dan Lahan Tropika*. 8(2):91-97.