

**PENGARUH KOMBINASI *Trichoderma* sp. ISOLAT TEGINENENG
DENGAN EKSTRAK BANDOTAN, KIRINYUH, DAN SEMBUNG
RAMBAT TERHADAP *Phytophthora capsici* PENYEBAB PENYAKIT
BUSUK PANGKAL BATANG LADA**

(Skripsi)

Oleh

**MUHAMAD REZA MAULANA
1854191005**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

PENGARUH KOMBINASI *Trichoderma* sp. ISOLAT TEGINENENG DENGAN EKSTRAK BANDOTAN, KIRINYUH, DAN SEMBUNG RAMBAT TERHADAP *Phytophthora capsici* PENYEBAB PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG LADA

Oleh

Muhamad Reza Maulana

Pengendalian penyakit busuk pangkal batang lada yang disebabkan oleh *Phytophthora capsici* pada umumnya menggunakan fungisida sintetik, namun penggunaannya yang terus-menerus dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Alternatif lain yaitu dengan penggunaan agensia hayati *Trichoderma* sp.. Upaya untuk memaksimalkan pengendalian di lapang dapat dilakukan dengan cara mengkombinasikan agens hayati dengan fungisida nabati. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengidentifikasi jamur *Trichoderma* sp. isolat Tegineneng hingga tingkat spesies, (2) mengetahui pengaruh ekstrak bandotan, kirinyuh, dan sembung rambat terhadap pertumbuhan *in vitro* jamur *P. capsici*, (3) mengetahui kemampuan *Trichoderma* sp. isolat Tegineneng dalam menekan pertumbuhan *in vitro* jamur *P. capsici* pada media mengandung ekstrak bandotan, kirinyuh, dan sembung rambat, (4) mengetahui interaksi *Trichoderma* sp. dan ekstrak fungisida nabati dalam menekan keparahan penyakit akibat infeksi *P. capsici* pada tanaman lada. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, dan Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dari bulan Januari sampai dengan Juni 2022. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) pada uji daya hambat ekstrak gulma bandotan, kirinyuh, dan sembung rambat terhadap pertumbuhan *in vitro* *P. capsici* dan uji kemampuan jamur *Trichoderma* sp. isolat Tegineneng sebagai antagonis terhadap jamur *P. capsici* secara *in vitro* dalam pengaruh fungisida nabati. Pada uji daya hambat kombinasi *Trichoderma* sp. dan fungisida nabati terhadap perkembangan gejala infeksi *P. capsici* pada tanaman lada menggunakan rancangan acak lengkap faktorial (RAL-F). Hasil penelitian menunjukkan (1) *Trichoderma* sp. isolat Tegineneng memiliki kekerabatan dekat dengan *T. asperellum* berdasarkan analisis menggunakan situs NCBI, (2) ekstrak bandotan, kirinyuh dan sembung rambat mampu menghambat pertumbuhan koloni *P.*

capsici, namun ekstrak bandotan lebih baik dibandingkan dengan ekstrak lainnya, (3) *T. asperellum* isolat Tegineneng efektif dalam menekan pertumbuhan *in vitro* jamur *P. capsici* pada media mengandung ekstrak bandotan, kirinyuh, dan sembung rambat, (4) tidak ada interaksi *T. asperellum* isolat Tegineneng dengan ekstrak bandotan dalam menekan keparahan penyakit akibat infeksi *P. capsici* pada tanaman lada, namun aplikasi tunggal ekstrak bandotan efektif menekan keparahan penyakit.

Kata Kunci : *Phytophthora capsici*, *Trichoderma asperellum*, tumbuhan bandotan, tumbuhan kirinyuh, tumbuhan sembung rambat.

**PENGARUH KOMBINASI *Trichoderma* sp. ISOLAT TEGINENENG
DENGAN EKSTRAK BANDOTAN, KIRINYUH, DAN SEMBUNG
RAMBAT TERHADAP *Phytophthora capsici* PENYEBAB PENYAKIT
BUSUK PANGKAL BATANG LADA**

Oleh

MUHAMAD REZA MAULANA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada

Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **PENGARUH KOMBINASI *Trichoderma* sp. ISOLAT TEGINENENG DENGAN EKSTRAK BANDOTAN, KIRINYUH, DAN SEMBUNG RAMBAT TERHADAP *Phytophthora capsici* PENYEBAB PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG LADA**

Nama Mahasiswa : **Muhamad Reza Maulana**

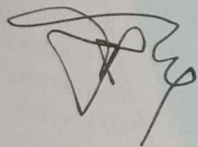
Nomor Pokok Mahasiswa : 1854191005

Jurusan : Proteksi Tanaman

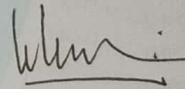
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing



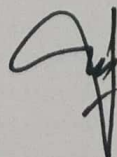
Dr. Ir. Joko Prasetyo, M.P.
NIP 195902141989021001



Ir. Lestari Wibowo, M.P.
NIP 196208141986102001

MENGETAHUI,

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

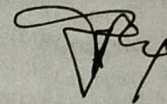


Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.
NIP 198108152008122001

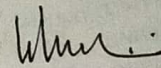
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

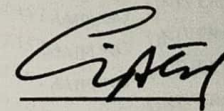
Ketua : Dr. Ir. Joko Prasetyo, M.P.



Sekretaris : Ir. Lestari Wibowo, M.P.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 14 September 2022

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Pengaruh Kombinasi *Trichoderma* sp. Isolat Tegineneng dengan Ekstrak Bandotan, Kirinyuh, dan Sembung Rambat terhadap *Phytophthora capsici* Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang Lada**" merupakan hasil karya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 September 2022

Yang menyatakan,



Muhamad Reza Maulana
NPM 1854191005

RIWAYAT HIDUP

Penulis merupakan anak ketiga dari pasangan Bapak Alm. Suherman dan Ibu Imro Ati. Penulis dilahirkan di Kotagajah pada tanggal 28 Juli 2000. Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-kanak (TK) Pertiwi Kotagajah pada tahun 2006, Sekolah Dasar Negeri (SDN) 3 Kotagajah pada tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 2 Kotagajah pada tahun 2015, dan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 1 Kotagajah pada tahun 2018.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Program Studi Proteksi Tanaman pada tahun 2018 melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPTN Barat). Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP Lampung) di Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian (IP2TP) Tegineneng pada bulan Agustus-September 2021. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Dusun Kota Sari 2, Desa Kotagajah, Kecamatan Kota Gajah pada bulan Februari-Maret 2021. Penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Biologi (2021), Penyakit Penting Tanaman (2021), dan Klinik Tanaman (2022). Penulis diamanahkan menjadi sekretaris bidang 3 (Pengembangan Minat dan Bakat) HIMAPROTEKTA tahun 2021.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala nikmat, rahmat, dan hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi yang berjudul **“Pengaruh Kombinasi *Trichoderma* sp. Isolat Tegineneng dengan Ekstrak Bandotan, Kirinyuh, dan Sembung Rambat terhadap *Phytophthora capsici* Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang Lada”** merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian dari Universitas Lampung. Dengan selesainya penulisan skripsi ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Dr. Ir. Joko Prasetyo, M.P., selaku Dosen Pembimbing Pertama atas bimbingan, bantuan, motivasi, dan saran yang telah diberikan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Ir. Lestari Wibowo, M.P., selaku Dosen Pembimbing Kedua atas bimbingan, bantuan, motivasi, dan saran yang telah diberikan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc., selaku Dosen Pembahas atas bimbingan, nasihat, motivasi, dan saran yang telah diberikan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Ir. Solikhin, M.P., selaku Pembimbing Akademik (PA) atas saran dan bimbingannya.

7. Seluruh dosen Jurusan Proteksi Tanaman, yang sudah memberikan ilmu dan bimbingannya selama penulis menempuh studi.
8. Kedua orangtua Bapak Alm. Suherman dan Ibu Imro Ati, serta kakak-kakak dan adik-adik tercinta terimakasih atas segala bentuk dukungan, doa, nasihat, dan motivasi yang diberikan selama ini. Terimakasih sudah menjadi yang paling setia kebersamai saya sampai detik ini dan selamanya.
9. Sahabat-sahabatku, Ari, Adi, Anggi, Aulia, Cindi, Dani, Dita, Hening, Rahmi, Rohmi, TA Nyoman, Thias, Yara, dan Anju yang selalu menemani dan bersedia mendengarkan keluh kesah, serta tidak pernah bosan memberikan nasihat ketika penulis melakukan kesalahan.
10. Sahabat-sahabatku sedari remaja Haya, Zulfa, Cichi, Ketrin, Ajeng, Tasya Au, Nabilla, Kintan dan Mimin terimakasih telah menjadi sahabat yang selalu menemani disaat suka dan duka, tak pernah henti mendukung, memotivasi, serta memberikan nasihat apabila penulis melakukan kesalahan.
11. Keluarga Biotekku yang aku sayangi, Mba Tariyati, Momi Yeyen, Bang Nando, dan Bang Soni yang sudah banyak memberi bantuan, nasihat, dan dukungan selama penulis melakukan penelitian.
12. Teman-teman Proteksi Tanaman 2018 atas kebersamaannya selama ini.
13. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Dengan ketulusan hati penulis menyampaikan terima kasih dan semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, September 2022
Penulis

Muhamad Reza Maulana

Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui.

(Q.S Al-Baqarah: 216)

You are allowed to grow at your own speed.

(Dhiman)

Don't give up just because you compared yourself to others.

(Young K)

Putting yourself first is not selfish.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Kupersembahkan karya kecilku ini untuk:

Ibu, Bapak, Kakak-kakak dan adik-adikku

tercinta. Ketika dunia menutup pintunya padaku, bapak dan ibu membuka lengannya untukku. Ketika orang-orang menutup telinga mereka untukku, mereka berdua membuka hati untukku. Terima kasih karena selalu ada.

Untuk bapakku Alm. Suherman yang selalu hidup di hati saya, skripsi ini saya buat sebagai bentuk tanggung jawab dan salah satu ungkapan terimakasih dari saya atas segala sesuatu yang telah bapak siapkan dan bapak berikan selama ini.

Terimakasih karena sudah selalu memberikan yang terbaik untuk keluarga.

Untuk diriku sendiri, terimakasih sudah mau berjuang dan mampu bertahan selama ini. Terimakasih karena sudah mengusahakan yang terbaik untuk diri ini. Terima kasih untuk tidak pernah menyerah dengan keadaan, terima kasih sudah mau bangkit lagi walaupun rasanya sulit. Terima kasih sudah berani dibeberapa kesempatan, lihat semuanya tidak selalu hal yang menakutkan bukan?

Untuk sahabat-sahabatku, terimakasih sudah menemani dalam setiap proses kehidupanku.

Serta

Almamater Tercinta Universitas Lampung

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tanaman Lada (<i>Piper nigrum</i> L.).....	7
2.2 <i>Phytophthora capsici</i>	9
2.3 <i>Trichoderma</i> sp.....	10
2.4 Bandotan (<i>Ageratum conyzoides</i>).....	12
2.5 Kirinyuh (<i>Chromolaena odorata</i> L.).....	13
2.6 Sembung Rambat (<i>Mikania micrantha</i>)	14
III. BAHAN DAN METODE	15
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan	15
3.3 Metode Penelitian.....	16
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	17
3.4.1 Identifikasi Molekuler Jamur <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Tegineneng	17
3.4.2 Pembuatan Media V-4	19
3.4.3 Pembuatan Media PDA.....	19
3.4.4 Persiapan Suspensi dan Aplikasi <i>Trichoderma</i>	19
3.4.5 Pembuatan Ekstrak Fungisida Nabati	20
3.4.6 Persiapan Tanaman Lada	20

3.4.7 Uji Daya Hambat Ekstrak Bandotan, Kirinyuh, dan Sembung Rambat terhadap Pertumbuhan <i>in Vitro</i> <i>P. capsici</i>	21
3.4.8 Uji Kemampuan Jamur <i>T. asperellum</i> Isolat Tegineneng sebagai Antagonis terhadap Jamur <i>P. capsici</i> secara <i>in Vitro</i> dalam Pengaruh Ekstrak Fungisida Nabati.....	23
3.4.9 Uji Daya Hambat Kombinasi <i>T. asperellum</i> dan Fungisida Nabati terhadap Perkembangan Gejala Infeksi <i>P. capsici</i> pada Tanaman Lada	24
3.5 Analisis Data	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Hasil	26
4.1.1 Identifikasi Jamur <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Tegineneng	26
4.1.2 Kemampuan Ekstrak Fungisida Nabati dalam Menghambat terhadap Pertumbuhan <i>P. capsici in Vitro</i>	28
4.1.3 Kemampuan <i>T. asperellum</i> Isolat Tegineneng sebagai Antagonis terhadap Jamur <i>P. capsici</i> secara <i>in Vitro</i> pada Media Mengandung Fungisida Nabati	34
4.1.4 Daya Hambat Kombinasi <i>T. asperellum</i> Isolat Tegineneng dan Ekstrak Bandotan Terhadap Perkembangan Gejala Infeksi <i>Phytophthora capasici</i> pada Tanaman Lada	37
4.2 Pembahasan.....	39
4.2.1 Kekekabatan <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Tegineneng	39
4.2.2 Kemampuan Ekstrak Fungisida Nabati dalam Menghambat terhadap Pertumbuhan <i>P. capsici in Vitro</i>	40
4.2.3 Kemampuan <i>T. asperellum</i> Isolat Tegineneng sebagai Antagonis terhadap Jamur <i>P. capsici</i> secara <i>in Vitro</i> pada Media Mengandung Fungisida Nabati	43
4.2.4 Daya Hambat Kombinasi <i>T. asperellum</i> Isolat Tegineneng dan Ekstrak Bandotan terhadap Perkembangan Gejala Infeksi <i>Phytophthora capasici</i> pada Tanaman Lada	45
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1 Simpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Pertumbuhan koloni <i>P. capsici</i> pada media mengandung ekstrak bandotan, kirinyuh, sembung rambat, dan metalaksil	29
2. Persen Sporangium kosong <i>P. capsici</i> pada media mengandung ekstrak bandotan, kirinyuh, sembung rambat, dan metalaksil.....	31
3. Kemampuan jamur <i>T. asperellum</i> isolat Tegineneng sebagai antagonis terhadap jamur <i>P. capsici</i> secara <i>in vitro</i> pada media mengandung fungisida nabati.....	35
4. Nilai F hitung analisis ragam pengaruh aplikasi kombinasi <i>T. asperellum</i> isolat Tegineneng dan ekstrak bandotan terhadap keparahan penyakit di daun lada	38
5. Pengaruh aplikasi <i>T. asperellum</i> isolat Tegineneng terhadap keparahan penyakit di daun lada	38
6. Pengaruh aplikasi ekstrak bandotan terhadap keparahan penyakit di daun lada	39
7. Data pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati 1 HSI	56
8. Uji homogenestitas data pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati 1 HSI.....	56
9. Analisis ragam data pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati 1 HSI.....	56
10. Data pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati 2 HSI	57
11. Uji homogenestitas data pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati 2 HIS.....	57

12. Analisis ragam data pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati 2 HSI.....	57
13. Data pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati 3 HSI	58
14. Uji homogenestitas data pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati 3 HSI.....	58
15. Analisis ragam data pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati 3 HSI.....	58
16. Data pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati 4 HSI	59
17. Uji homogenestitas data pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati 4 HSI.....	59
18. Analisis ragam data pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati 4 HSI.....	59
19. Data pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati 5 HSI	60
20. Uji homogenestitas data pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati 5 HSI.....	60
21. Analisis ragam data pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati 5 HSI.....	60
22. Data antagonis jamur <i>T. asperellum</i> terhadap jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati pengamatan 3 HSI	61
23. Uji homogenesitas data antagonis jamur <i>T. asperellum</i> terhadap jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati pengamatan 3 HSI ...	61
24. Analisis ragam data antagonis jamur <i>T. asperellum</i> terhadap jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati pengamatan 3 HSI ...	61
25. Data antagonis jamur <i>T. asperellum</i> terhadap jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati pengamatan 4 HSI	62
26. Uji homogenesitas data antagonis jamur <i>T. asperellum</i> terhadap jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati pengamatan 4 HSI ...	62
27. Analisis ragam data antagonis jamur <i>T. asperellum</i> terhadap jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati pengamatan 4 HSI ...	62

28. Data antagonis jamur <i>T. asperellum</i> terhadap jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati pengamatan 5 HSI	63
29. Transformasi data antagonis jamur <i>T. asperellum</i> terhadap jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati pengamatan 5 HSI	63
30. Uji homogenesitas data antagonis jamur <i>T. asperellum</i> terhadap jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati pengamatan 5 HSI ...	63
31. Analisis ragam data antagonis jamur <i>T. asperellum</i> terhadap jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati pengamatan 5 HSI ...	64
32. Data antagonis jamur <i>T. asperellum</i> terhadap jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati pengamatan 6 HSI	64
33. Uji homogenesitas data antagonis jamur <i>T. asperellum</i> terhadap jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati pengamatan 6 HSI ...	64
34. Analisis ragam data antagonis jamur <i>T. asperellum</i> terhadap jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati pengamatan 6 HSI ...	65
35. Data sporangium kosong jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati	65
36. Uji homogenesitas sporangium kosong jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati	65
37. Analisis ragam data sporangium kosong jamur <i>P. capsici</i> pada media mengandung fungisida nabati	66
38. Data keparahan penyakit akibat infeksi <i>Phytophthora capsici</i> pada daun tanaman lada pengamatan 1 HSI.....	66
39. Uji homogenesitas data keparahan penyakit akibat infeksi <i>Phytophthora capsici</i> pada daun tanaman lada pengamatan 1 HSI.....	66
40. Data keparahan penyakit akibat infeksi <i>Phytophthora capsici</i> pada daun tanaman lada pengamatan 2 HSI.....	67
41. Uji homogenesitas data keparahan penyakit akibat infeksi <i>Phytophthora capsici</i> pada daun tanaman lada pengamatan 2 HSI.....	67
42. Data keparahan penyakit akibat infeksi <i>Phytophthora capsici</i> pada daun tanaman lada pengamatan 3 HSI.....	67
43. Uji homogenesitas data keparahan penyakit akibat infeksi <i>Phytophthora capsici</i> pada daun tanaman lada pengamatan 3 HSI.....	68

44. Data keparahan penyakit akibat infeksi <i>Phytophthora capsici</i> pada daun tanaman lada pengamatan 4 HSI.....	68
45. Uji homogenitas data keparahan penyakit akibat infeksi <i>Phytophthora capsici</i> pada daun tanaman lada pengamatan 4 HSI.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Karakteristik jamur <i>Phytophthora capsici</i> ; A. Koloni jamur <i>P. capsici</i> pada media V4 (Pola rosette); B. Struktur jamur <i>P. capsici</i> ; a. Sporangium, b. Hifa (perbesaran 1000x)	33
2. Tumbuhan Bandotan (<i>Ageratum conyzoides</i>)	12
3. Tumbuhan Kirinyuh (<i>Chromolaena odorata</i> L.)	13
4. Tumbuhan Sembung Rambat (<i>Mikania micrantha</i>)	14
5. Penempatan jamur antagonis dan jamur patogen dengan metode <i>dual culture</i>	24
6. Karakteristik jamur <i>Trichoderma</i> sp. isolat Tegineneng; A. Koloni jamur; B. Struktur jamur; a. Konidiofor; b. Kumpulan konidia; c. Fialid (perbesaran 400x).....	26
7. Hasil pita DNA jamur <i>Trichoderma</i> sp. isolat Tegineneng pada gel agarose 0,1% setelah dilakukan PCR.....	27
8. Pohon filogenetik <i>Trichoderma</i> sp. isolat Tegineneng berdasarkan NCBI.	28
9. Koloni <i>P. capsici</i> pada media mengandung ekstrak fungisida nabati: a. kontrol, b. bandotan, c. kirinyuh, d. metalaksil, dan e. sembung rambat...	30
10. Diagram batang persen penghambatan koloni <i>P. capsici</i> pada media mengandung ekstrak bandotan, kirinyuh, sembung rambat, dan metalaksil.	31
11. Sporangium kosong <i>P. capsici</i> pada perlakuan ekstrak fungisida nabati: a. bandotan, b. kirinyuh, c. sembung rambat, d. kontrol.....	33
12. Bentuk mikroskopis hifa <i>P. capsici</i> pada perlakuan ekstrak fungisida nabati: a. bandotan, b. kirinyuh, c. sembung rambat, d. kontrol.....	34

13.	Antagonis <i>T. asperellum</i> terhadap jamur <i>P. capsici</i> secara <i>in vitro</i> pada media mengandung fungisida nabati: a. tanpa fungisida, b. bandotan, c. kirinyuh, d. sembung rambat.	36
14.	Mekanisme antagonisme mikoparasit <i>T. asperellum</i> terhadap jamur <i>P. capsici</i> . A. Struktur membelit antara jamur <i>T. asperellum</i> . dengan jamur <i>P. capsici</i> (perbesaran 400x), B. Struktur membelit antara jamur <i>T. asperellum</i> dengan jamur <i>P. capsici</i> (perbesaran 1000x); a. Jamur <i>T. asperellum</i> isolat Tegineneng, b. Jamur <i>P. capsici</i>	36
15.	Gejala bercak kehitaman pada permukaan atas daun lada.....	37
16.	Keparahan penyakit di daun lada : (a) T0F0 (kontrol), (b) T0F1 (aplikasi ekstrak bandotan), (c) T1F0 (aplikasi <i>T. asperellum</i>), (d) T1F1 (aplikasi <i>T. asperellum</i> + ekstrak bandotan).....	40

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman lada (*Piper nigrum* L.) merupakan tanaman rempah penting di Indonesia khususnya di Provinsi Lampung. Lada menghasilkan buah yang bernilai ekonomi tinggi sebagai komoditas ekspor dan sebagai komoditas perdagangan di dalam negeri, sehingga menjadikan lada sebagai sumber devisa negara (Ginting dan Maryono, 2012). Luas areal tanaman lada di Indonesia tahun 2015 tercatat 167.590 ha dengan produksi sekitar 81.501 ton dan terus mengalami peningkatan, namun pada tahun 2015-2017 mengalami penurunan rerata produktivitas sebesar 30 kg/ha (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2017). Penurunan produktivitas lada ini diakibatkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi, antara lain disebabkan oleh keterbatasan modal petani dalam pemeliharaan tanaman, sehingga tanaman menjadi rentan terhadap serangan hama dan patogen.

Serangan *Phytophthora capsici* menjadi masalah utama yang dapat menurunkan produktivitas pada tanaman lada. *P. capsici* dapat menginfeksi semua bagian dan fase perkembangan tanaman lada. Serangan *P. capsici* pada daun menyebabkan gejala serangan yang khas yaitu, berupa bercak cokelat kehitaman pada daun, dan tampak jelas ketika dihadapkan pada cahaya. Daun lada akan terlihat bercak berwarna cokelat kehitaman dengan tepi bergerigi (*fimbriate*) (Truong *et al.*, 2009).

Pengendalian *P. capsici* secara kimia merupakan usaha pengendalian yang sudah dilakukan sejak lama. Beberapa senyawa kimia sintetik telah dicoba dan diketahui efektif untuk menekan *P. capsici* baik *in vitro* maupun di lapangan. Fungisida dengan bahan aktif bersifat sistemik cenderung efektif dan banyak digunakan oleh petani, khususnya saat harga lada tinggi (Kusvianti dkk., 2014). Akan tetapi, penggunaan fungisida sintetik yang berlebihan dapat berdampak buruk bagi kesehatan dan lingkungan. Oleh karena itu diperlukan alternatif pengendalian *P. capsici* yang lebih ramah lingkungan guna mendukung sistem pertanian yang berkelanjutan dan menekan penggunaan fungisida kimiawi.

Alternatif pengendalian *P. capsici* dapat dilakukan dengan penggunaan agen hayati *Trichoderma* sp.. *Trichoderma* sp. telah lama dikenal sebagai agen hayati untuk mengendalikan penyakit tanaman dan meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Ginting dan Maryono, 2012). Klinik Tanaman Jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung memiliki koleksi *Trichoderma* sp. isolat Tegineneng hasil isolasi dari perakaran tanaman jagung yang belum diketahui identitasnya, untuk itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui identitas jamur *Trichoderma* sp. isolat Tegineneng.

Upaya untuk memaksimalkan pengendalian *P. capsici* di lapang dapat dilakukan dengan cara mengkombinasikan agen hayati dengan fungisida nabati. Bahan tumbuhan yang akan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan fungisida nabati sebaiknya tidak memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi. Beberapa tumbuhan dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar fungisida nabati karena mengandung senyawa-senyawa antifungi di dalamnya. Tumbuhan yang dapat digunakan sebagai fungisida nabati yaitu bandotan (*Ageratum conyzoides*), kirinyuh (*Chromolaena odorata* L.), dan sembung rambat (*Mikania micrantha*). Kombinasi aplikasi agen hayati seperti *Trichoderma* sp. dan fungisida nabati untuk mengendalikan *P. capsici* belum banyak dikaji saat ini, hal tersebutlah yang melatarbelakangi penelitian ini.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi jamur *Trichoderma* sp. isolat Tegineneng hingga tingkat spesies.
2. Mengetahui pengaruh ekstrak bandotan, kirinyuh, dan sembung rambat terhadap pertumbuhan *in vitro* jamur *Phytophthora capsici*.
3. Mengetahui kemampuan *Trichoderma* sp. isolat Tegineneng dalam menekan pertumbuhan *in vitro* jamur *Phytophthora capsici* pada media mengandung ekstrak bandotan, kirinyuh, dan sembung rambat.
4. Mengetahui interaksi *Trichoderma* sp. dan ekstrak fungisida nabati dalam menekan keparahan penyakit akibat infeksi *Phytophthora capsici* pada tanaman lada.

1.3 Kerangka Pemikiran

Populasi mikroba endofitik terbesar pada kebanyakan tanaman adalah spesies *Trichoderma* (Hanada *et al.*, 2008). Hasil penelitian Juniar (2022), menyatakan *Trichoderma* sp. isolat Margodadi yang diisolasi dari perakaran tanaman jagung di Lampung teridentifikasi sebagai *Trichoderma asperellum*. Beragamnya jamur *Trichoderma* sp. yang memiliki kemampuan antagonis sangat perlu dilakukan identifikasi. Identifikasi morfologi dan molekuler dilakukan untuk mengetahui karakteristik masing-masing spesies. Namun, menurut Suskendriyati dkk. (2000), karakterisasi melalui pendekatan morfologi tersebut mempunyai beberapa kelemahan, diantaranya penampilan karakter yang sering kali dipengaruhi oleh faktor lingkungan atau kemungkinan terjadinya spesies kembar atau *sibling*. Hal ini dapat mengakibatkan ketidak jelasan identitas suatu jamur yang dapat mempengaruhi penelitian selanjutnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi secara molekuler.

Menurut Iswari dkk. (2021), salah satu pengendalian yang perlu diperhatikan adalah dengan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen. Hal

tersebut dikenal sebagai mekanisme induksi ketahanan sistemik. Induksi ketahanan sistemik atau *induced systemic resistance* (ISR) merupakan peningkatan ketahanan tanaman yang dikembangkan tanaman karena adanya rangsangan yang sesuai. Mekanisme itu secara normal berfungsi membatasi pertumbuhan dan penyebaran patogen. Efektivitas mekanisme ini dapat ditingkatkan oleh agen penginduksi dan pemacu pertumbuhan berupa agensia hayati seperti *Trichoderma* sp..

Menurut Cikita dkk. (2016), *Trichoderma* sp. juga memiliki kemampuan dalam menekan pertumbuhan patogen melalui mekanisme mikoparasitisme (menimbulkan lisis pada hifa) dan agresivitas pertumbuhan (laju pertumbuhan yang paling cepat) dibanding patogen. Tingkat kompetisi *Trichoderma* sp. yang tinggi menyebabkan penguasaan terhadap ruang/tempat, gas dan nutrisi lebih cepat sehingga patogen akan tersisih dan selanjutnya akan mengalami kematian. *Trichoderma* sp. mempunyai kemampuan menghasilkan enzim kitinase yang lebih efektif dibandingkan kitinase yang dihasilkan oleh organisme lain untuk menghambat berbagai jamur patogen tanaman.

Menurut Manohara dkk. (2005), *P. capsici* sulit dideteksi keberadaannya dan mudah tersebar dengan cara melalui tanah yang telah terkontaminasi, bagian tanaman sakit, dan terbawa aliran air. Oleh karena itu pengendalian hayati *P. capsici* dengan menggunakan jamur *Trichoderma* sp. perlu dikombinasikan dengan penggunaan fungisida. Fungisida nabati dari ekstrak tumbuhan dapat dijadikan alternatif sebagai pengendalian yang efektif tetapi aman bagi lingkungan. Ekstrak tumbuhan bandotan, kirinyuh, dan sembung rambat dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan fungisida nabati. Ketiga tumbuhan tersebut berpotensi dalam menekan pertumbuhan dan perkembangan jamur *P. capsici* karena mengandung beberapa senyawa antifungi di dalamnya.

Hasil penelitian Febia dkk. (2020), menunjukkan bahwa ekstrak daun bandotan memberikan pengaruh penghambatan terhadap pertumbuhan isolat anggota spesies *Phytophthora* sp. secara *in vitro*. Kandungan fitokimia pada tumbuhan

Ageratum conyzoides menunjukkan adanya senyawa steroid, terpenoid, fenol, saponin, asam lemak dan alkaloid. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jamur *Phytophthora* sp. masih mampu tumbuh pada konsentrasi ekstrak yang tinggi yaitu 3% karena ekstrak bandotan bersifat fungistatik.

Memurut Suharjo dan Aeny (2011), ekstrak gulma kirinyuh (bagian pucuk) memberikan kemampuan penghambatan terbaik terhadap pertumbuhan *P. palmivora* secara *in vitro* pada tingkat konsentrasi 40%, menghambat gejala serangan *P. palmivora* pada buah kakao di laboratorium mulai pada tingkat konsentrasi 50%, dan menghambat gejala serangan *P. palmivora* pada buah kakao di lapangan pada tingkat konsentrasi 60%. Aktivitas antifungi ekstrak gulma kirinyuh diduga karena senyawa-senyawa toksik, seperti alkohol, flavonones, khalkones, asam aromatik dan minyak essensial yang dikandung oleh gulma siam.

Ekstrak metanol daun sembung rambat juga mempunyai efek daya hambat terhadap pertumbuhan jamur isolat anggota spesies *Phytophthora* sp.. Ekstrak metanol daun sembung rambat mempunyai efek daya hambat terhadap pertumbuhan jamur isolat anggota spesies *Phytophthora* sp. secara *in vitro* (Ester dkk., 2017). Hasil skrining fitokimia dari ekstrak daun sembung rambat mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, saponin dan steroid (Perawati dkk., 2019).

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang dapat diajukan dalam penelitian ini adalah :

1. Ekstrak bandotan, kirinyuh, dan sembung rambat efektif dalam menghambat pertumbuhan *in vitro* jamur *Phytophthora capsici*.
2. *Trichoderma* sp. isolat Tegineneng memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan *in vitro* jamur *Phytophthora capsici* pada kondisi media mengandung ekstrak bandotan, kirinyuh, dan sembung rambat.

3. Terjadi sinergis antara *Trichoderma* sp. dan ekstrak fungisida nabati terpilih dalam menekan keparahan penyakit akibat infeksi *Phytophthora capsici* pada tanaman lada.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.)

Lada (*Piper nigrum* L.) merupakan salah satu tanaman rempah yang ada di Indonesia. Tanaman lada berasal dari India dan menyebar ke Benua Asia. Klasifikasi tanaman lada menurut Van Steenis (2003) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Subdivisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledoneae
Ordo : Piperales
Famili : Piperaceae
Genus : *Piper*
Species : *Piper nigrum* L.

Berdasarkan struktur morfologi tanaman lada pada umumnya terdiri atas akar batang, daun, bunga dan buah (Suwanto, 2013). Tanaman lada merupakan tanaman tahunan yang memanjat, batang berbuku dengan tinggi mencapai 10 m, namun pada teknik budidaya dibatasi hingga ketinggian 4 m dan melekat pada tiang panjat (tajar) bertujuan untuk memudahkan pemeliharaan dengan baik dan tajuk bisa mencapai 1,5 m (Rismunandar, 2007).

Lada sangat cocok ditanam di daerah tropika antara 20°LU dan 20°LS dengan curah hujan 2000-3000 mm per tahun, curah hujan harian 20-50 mm dengan rata-rata 177 hari hujan dalam setahun sesuai dengan tanaman lada. Kelembaban udara nisbi 50-100% kisaran untuk pertumbuhan optimal lada adalah 60-80% dengan suhu antara 20-34 °C. Angin yang terlalu kencang yang disertai penguapan udara panas akan mengganggu keseimbangan antar laju penguapan, penyerapan dan penyediaan air (Suwanto, 2013).

Menurut Suwanto (2013), tanaman lada termasuk dalam kelompok tanaman dikotil yang memiliki akar tunggang. Berdasarkan fungsinya akar lada dibedakan 2 macam yaitu, akar lateral dan akar-akar lekat. Akar lateral terletak di bawah permukaan batang, berfungsi sebagai penyerapan hara. Akar lekat terdapat pada buku-buku sulur panjang, berfungsi sebagai melekatkan tanaman pada penagak (tajar). Batang lada memiliki sifat memanjat dan berbuku buku. Daun lada memiliki variasi bentuk yaitu bulat, jorong, memanjang, bulat telur dan bulat telur terbalik serta berdaun tunggal dan meruncing pada pucuknya, memiliki tangkai panjang 2-5 cm, memiliki ukuran daun dengan panjang 8-20 cm dan lebar 4-12 cm. Warna hijau tua, mengkilap dibagian atasnya dan bagian bawah nampak ada titik-titik kelenjar.

Bunga lada disebut sebagai bunga majemuk yang berbentuk malai/untai. Malai menggantung ke bawah dengan panjang berbeda-beda (3-25 cm), tidak bercabang, berporos tunggal dan ditumbuhi bunga-bunga kecil yang berjumlah >150. Bunga tumbuh berhadapan dengan daun dari cabang buah yang muncul dari cabang sekunder. Buah lada sering disebut sebagai buah duduk karena tidak memiliki tangkai, berbiji tunggal, berbentuk bulat atau agak lonjong, memiliki diameter 4-6 mm, berdaging, kulit berwarna hijau apabila masih muda dan berubah menjadi merah apabila sudah masak. Pada buah masak memiliki kulit lunak berair berwarna merah jingga, dan mudah terkelupas. Buah lada mengandung minyak atsiri, oleoresin dan piperin yang kandungan berbeda pada berbagai varietas (Suwanto, 2013).

2.2 *Phytophthora capsici*

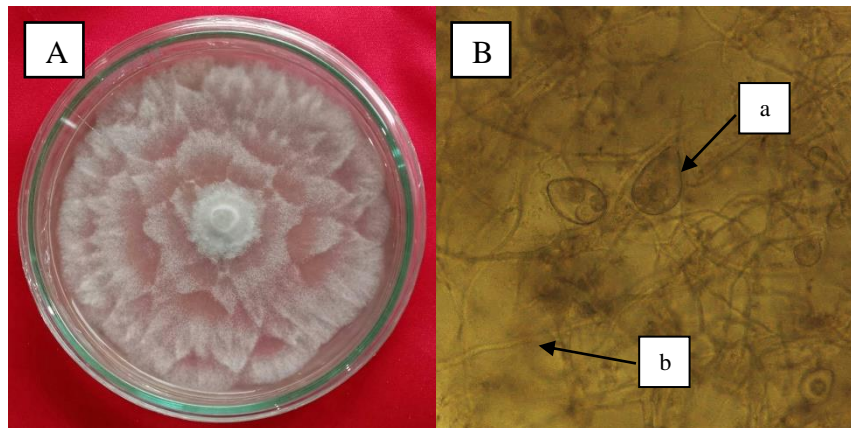
Jamur *P. capsici* merupakan patogen tular tanah penyebab penyakit busuk pangkal batang tanaman lada. Patogen ini dapat menurunkan produksi lada dengan intensitas serangan sebesar 61,2%. Jamur *P. capsici* dapat menyebar dari bagian ke bagian lain melalui beberapa media seperti tanaman terinfeksi, air, angin, dan tanah. Kemampuan patogen bertahan hidup baik di dalam tanah maupun di sisa-sisa tanaman menjadi sumber inokulum yang dapat menginfeksi pertanaman lada selanjutnya (Wahyuno dkk., 2007).

P. capsici dapat menginfeksi seluruh bagian tanaman, meskipun habitat utamanya ada di dalam tanah. Penularan pada pangkal batang dapat menyebabkan tanaman mati secara cepat. Tanaman yang terinfeksi harus diisolasi dan segera dimusnahkan. Tanaman yang terdapat di sekitar tanaman yang terinfeksi harus segera diberi perlakuan fungisida untuk mencegah penyebaran Jamur, mengingat gejala layu pada tanaman lada biasanya merupakan gejala lanjut dari penularan yang telah terjadi di dalam tanah yang biasanya tidak terdeteksi pada saat awal penularan (Wahyuno dkk., 2007).

Infeksi yang timbul dikarenakan jamur ini dapat ditandai dengan busuknya akar dan mahkota, bercak coklat keabu-abuan pada daun, dan bercak yang berwarna hitam pada batang dan buah. Infeksi pada pangkal batang menyebabkan terjadinya perubahan warna kulit menjadi hitam. Pada keadaan lembap, gejala hitam tersebut tampak seperti berlendir berwarna agak biru (Agussalim dkk., 2017).

Serangan *P. capsici* pada daun menyebabkan bercak berwarna hitam yang khas, yaitu adanya serat-serat hitam pada sekeliling tepi bercak yang akan nampak jelas bila daun diarahkan ke cahaya. Daun-daun layu yang tetap menggantung pada batang akan berubah warna dari kuning menjadi kecoklatan sampai hitam (Manohara, 2007). Serangan pada akar akan menyebabkan tanaman menjadi layu dan daun-daun berubah warna menjadi kuning. Pangkal batang yang telah terinfeksi menyebabkan perubahan warna menjadi hitam pada kulit. Gejala hitam

tersebut akan nampak seperti berlendir berwarna agak biru pada keadaan yang lembab (Wahyuno dkk., 2007). Jamur *P. capsici* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Karakteristik jamur *Phytophthora capsici*; A. Koloni jamur *P. capsici* pada media V4 (Pola rosette); B. Struktur jamur *P. capsici*; a. Sporangium, b. Hifa (perbesaran 1000x).

2.3 *Trichoderma* sp.

Jamur *Trichoderma* sp. merupakan mikroorganisme tanah bersifat saprofit yang secara alami menyerang jamur patogen dan bersifat menguntungkan bagi tanaman. Jamur *Trichoderma* sp. merupakan salah satu jenis jamur yang banyak dijumpai hampir pada semua jenis tanah dan pada berbagai habitat yang merupakan salah satu jenis jamur yang dapat dimanfaatkan sebagai agens hayati pengendali patogen tanah. Jamur ini dapat berkembang biak dengan cepat pada daerah perakaran tanaman (Gusnawaty dkk., 2014).

Trichoderma sp. mempunyai konidiofor bercabang menyerupai piramida yaitu pada bagian bawah cabang lateral yang berulang-ulang, sedangkan semakin ke ujung percabangan menjadi bertambah pendek. Fialid tampak langsing dan panjang terutama pada aspek dari cabang, konidia berbentuk semi bulat hingga oval. Konidia yang berdinding halus, koloni mula-mula berwarna putih lalu menjadi kehijauan dan selanjutnya setelah dewasa miselium memiliki warna hijau kekuningan atau hijau tua terutama pada bagian yang menunjukkan banyak terdapat konidia (Gusnawaty dkk., 2014).

Trichoderma sp. merupakan Jamur yang sudah banyak terbukti efektif dalam mengendalikan penyakit tanaman, terutama penyakit tular tanah dan juga menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit. Hasil penelitian Berlian dkk. (2013) menjelaskan mekanisme antagonisme *Trichoderma* sp. sebagai sinergisme antara mikoparasitisme, kompetisi, dan antibiosis. Harman *et al.* (2004) mengemukakan bahwa *Trichoderma* sp. merupakan jamur yang memproduksi berbagai macam senyawa yang mampu menginduksi resistensi tanaman secara lokal dan sistemik terhadap serangan penyakit tanaman dan juga resistensi tanaman terhadap keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan.

Jamur antagonis *Trichoderma* sp. telah dibuktikan mempunyai kemampuan dalam menginduksi ketahanan sistemik tanaman dalam melawan kehadiran jamur patogen penyebab penyakit tanaman termasuk di dalamnya adalah kelompok patogen jamur *Phytophthora* spp. (Purwantisari dkk., 2015). Beberapa penyakit tanaman sudah dapat dikendalikan dengan menggunakan jamur *Trichoderma* sp. diantaranya adalah busuk pangkal batang pada tanaman panili yang disebabkan oleh jamur *Fusarium* sp. dan jamur akar putih (JAP) yang menyerang tanaman karet (Iswari dkk., 2021).

Strain tertentu dari *Trichoderma* spp mengkolonisasi permukaan akar dan menembus epidermis serta kemudian melepas berbagai senyawa yang mengimbas (*induce*) respon tahan (*resistant*) secara lokal atau sistemik (Ginting dan Maryono, 2012). Pengimbasan ketahanan tanaman terjadi karena *Trichoderma* memproduksi setidaknya tiga kelas senyawa, yaitu peptida, protein, dan senyawa berbobot molekul rendah seperti asam salisilat (SA) (Hoitink *et al.*, 2006).

2.4 Bandotan (*Ageratum conyzoides*)

Bandotan merupakan tanaman yang tumbuh liar baik di tepi jalan, tanah lapang maupun halaman rumah. Bandotan dikenal sebagai tanaman gulma karena belum banyak diketahui manfaat klinisnya oleh masyarakat. Hasil skrining fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak etanol 96% daun bandotan mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, fenolik, steroid dan triterpenoid, dan glikosa yang berfungsi sebagai zat aktif yang memiliki aktivitas antimikroba (Putri dan Fhatonah, 2021).

Ekstrak bandotan mengandung senyawa kimia yang bersifat anti jamur sehingga dilaporkan mampu menekan pertumbuhan dan sporulasi *Colletotrichum capsici* (Wulandari dkk., 2015). Hasil penelitian Wati dkk. (2014) menyebutkan bahwa ekstrak daun babadotan memiliki kemampuan dalam menekan keterjadian dan keparahan penyakit antraknosa (*Colletotrichum* spp.) pada buah cabai.

Kemampuan ekstrak daun bandotan dapat menekan keterjadian dan keparahan penyakit diduga karena pada fraksi ekstrak daun sirih dan bandotan terdapat kandungan saponin, flavonoid, triterpenoid, tanin dan alkaloid. Tumbuhan bandotan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tumbuhan Bandotan (*Ageratum conyzoides*).

2.5 Kirinyuh (*Chromolaena odorata* L.)

Kirinyuh (Sunda) atau dalam bahasa Inggris disebut *siam weed* (*Chromolaena odorata* L.) merupakan salah satu gulma padang rumput yang penting di Indonesia. Kirinyuh sangat cepat tumbuh dan berkembang biak. Karena cepatnya erkembangbiakan dan pertumbuhannya, tumbuhan ini juga membentuk komunitas yang rapat sehingga dapat menghalangi tumbuhnya tumbuhan lain melalui persaingan. Kirinyuh mengandung senyawa-senyawa antimikroba di dalmnya. Hasil skrining fitokimia *C.odorata* terbukti memiliki senyawa alkaloid, fenolik, tanin, saponin, flafonoid (Frastika dkk., 2017).

Suharjo dan Aeny (2011) melaporkan ekstrak gulma kirinyuh (bagian pucuk) memberikan kemampuan penghambatan yang baik terhadap pertumbuhan *P. palmivora* secara *in vitro* maupun di lapang. Hasil Penelitian Ance dkk. (2018) menyebutkan bahwa simplisia daun kirinyuh positif mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, polfenol dan tanin, saponin dan steroid. Senyawa-senyawa tersebut bersifat antijamur sehingga dapat menghambat pertumbuhan jamur. Tumbuhan kirinyuh dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tumbuhan Kirinyuh (*Chromolaena odorata* L.).

2.6 Sembung Rambat (*Mikania micrantha*)

Tumbuhan sembung rambat (*Mikania micrantha* Kunth) merupakan salah satu tumbuhan gulma yang termasuk dalam spesies *Mikania* dari famili Asteraceae. Sembung rambat tumbuh menjalar yang biasanya ditemukan di perkebunan karet, kelapa sawit, cokelat, dan buah-buahan. Sembung rambat mengandung beberapa senyawa fitokimia hasil metabolit sekunder. Berdasarkan hasil analisis fitokimia bahwa ekstrak daun *M. micrantha* mengandung zat aktif dalam bentuk metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, polifenol, saponin, steroid, dan terpenoid. Diketahui, senyawa-senyawa tersebut bersifat antijamur (Andriani dkk., 2020).

Sembung rambat diketahui berpotensi besar untuk digunakan sebagai fungisida nabati. Aktivitas penghambatan pertumbuhan jamur disebabkan oleh adanya senyawa metabolit sekunder dalam ekstrak metanol daun sembung rambat yang berpotensi sebagai antifungi. Hasil penelitian Ester dkk. (2017) menunjukkan bahwa ekstrak metanol daun sembung rambat mempunyai efek daya hambat terhadap pertumbuhan jamur isolat anggota spesies *Phytophthora* sp. Im5 dari batang jeruk siam. Tumbuhan sembung rambat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tumbuhan Sembung Rambat (*Mikania micrantha*).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Januari – Juni 2022 di Laboratorium Bioteknologi Pertanian dan Laboratorium Lapangan Terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, cawan petri, bunsen, erlenmeyer 1 liter, *orbital shaker*, *Laminar air flow* (LAF), jarum ose, *polybag*, timbangan, *autoclave*, *rotary evaporator*, *water bath*, ayakan, blender, oven, *microwave*, *haemocytometer*, rota mixer, mikroskop cahaya binokuler LEICA, sentrifuse, tabung sentrifuse, tabung mikrosentrifuse, rotamixer, mortar, mikropipet dan tip, pipet tetes, pinset, bor gabus, elektroforesis, *Digi-Doc-Imaging System*, vortex, tube, karet gelang, bor gabus, tabung reaksi, plastik tahan panas, plastik warp, kertas saring, kertas label, drum kukus, aluminium foil, *beaker glass* 1 liter, selotip, nampan dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu, daun bandotan (*Ageratum conyzoides*), daun kirinyuh (*Chromolaena odorata* L.), daun sembung rambat (*Mikania micrantha*), fungisida sintetik bahan aktif metalaksil 35%, bibit lada varietas Natar 1, *Trichoderma* sp. isolat Tegineneng, isolat jamur *Phytophthora capsici* koleksi Klinik Tanaman, media PDA (*Potato Dextrose Agar*), media V-4, alkohol 70%, alkohol 95%, asam laktat, CaCO₃, air steril, akuades, larutan *buffer*,

CTAB 2%, *phenol*; *chloroform*; *isoamyl alcohol* (PCI), *chloroform*; *isoamyl alcohol* (CI), isopropanol dingin, larutan buffer TE, *agarose*, *ethidium bromide* (ETBr), tanah, pupuk kandang, dan pasir.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari tiga percobaan. Percobaan pertama adalah uji daya hambat ekstrak gulma bandotan, kirinyuh, dan sembung rambat terhadap pertumbuhan *in vitro* *P. capsici*. Percobaan pertama menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari perlakuan kontrol (tanpa fungisida), ekstrak gulma bandotan 5%, ekstrak gulma kirinyuh 5%, ekstrak gulma sembung rambat 5% dan fungisida bahan aktif metalaksil 35%. Seluruh perlakuan diulang sebanyak lima kali sehingga didapatkan 25 satuan percobaan. Ekstrak fungisida dengan daya hambat terbaik akan digunakan untuk uji *in planta*.

Percobaan kedua adalah uji kemampuan jamur *Trichoderma* sp. isolat Tegineneng sebagai antagonis terhadap jamur *P. capsici* secara *in vitro*. Uji antagonis dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan jamur *Trichoderma* sp. isolat Tegineneng dan kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan *in vitro* *P. capsici* pada media tumbuh yang mengandung ekstrak gulma. Percobaan kedua menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari perlakuan kontrol, ekstrak gulma bandotan 5%, ekstrak gulma kirinyuh 5%, dan ekstrak gulma sembung rambat 5%. Seluruh perlakuan diulang sebanyak lima kali.

Percobaan ketiga (*in planta*) adalah uji daya hambat kombinasi *Trichoderma* sp. dan fungisida nabati terhadap perkembangan gejala infeksi *Phytophthora capsici* pada tanaman lada. Percobaan ketiga menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah ekstrak fungisida nabati terpilih yang terdiri dari dua level yaitu: tanpa ekstrak fungisida nabati (F0) dan ekstrak bandotan (F1). Faktor kedua adalah perlakuan *Trichoderma* sp. dengan dua level yaitu tanpa *Trichoderma* (T0) dan aplikasi *Trichoderma* sp. (T1), dengan demikian akan terdapat 4 kombinasi perlakuan. Kedelapan

kombinasi tersebut yaitu: kontrol (F0T0), *Trichoderma* sp. (F0T1), ekstrak bandotan (F1T0), ekstrak bandotan + *Trichoderma* sp. (F1T1). Seluruh perlakuan diulang sebanyak empat kali sehingga didapatkan 16 satuan percobaan.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Identifikasi Molekuler Jamur *Trichoderma* sp. Isolat Tegineneng

Isolat jamur *Trichoderma* sp. yang digunakan merupakan hasil peremajaan isolat jamur dari daerah Tegineneng yang didapatkan dari penelitian sebelumnya. Jamur *Trichoderma* sp. isolat Tegineneng yang berumur 1-2 minggu dipanen dengan cara menambahkan 10 mL air steril pada cawan yang berisi biakan. Suspensi konidia kemudian dimasukkan ke dalam tabung dan disentrifuse pada kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit, kemudian ditambahkan alkohol 70% sebanyak 500 μ L. Pelet tersebut disentrifuse kembali pada kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit, setelah itu supernatan dibuang dan pelet ditambahkan 1000 μ L larutan buffer ekstraksi DNA 1. Pelet tersebut dihomogenkan menggunakan rotamixer hingga tersuspensi merata dalam larutan, kemudian dimasukkan ke dalam mortar dingin dan diinkubasi selama 1-2 hari di dalam kulkas. Selanjutnya, mortar tersebut diambil dan pelet ditumbuk selama 15 menit, kemudian dimasukkan ke dalam tube 1,5 mL sebanyak 0,5 mL dan ditambahkan CTAB 2% sebanyak 400 μ L dan di *waterbath* pada suhu 65 °C selama 1 jam.

PCI sebanyak 500 μ L ditambahkan pada pelet dan dihomogenkan dengan sentrifuse pada kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit, kemudian ambil larutan bening 500 μ L dan pindahkan ke tabung baru 1,5 mL. Tambahkan CI (1:1) dan sentrifuse dengan kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit, kemudian ambil larutan atas 400 μ L dan dipindahkan ke tabung baru serta ditambahkan isopropanol 400 μ L (1:1) dan dikocok. Inkubasi pada suhu -20 °C selama 20 menit, pelet kemudian disentrifuse pada kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit. Hasil yang didapatkan merupakan pelet yang telah dipisahkan dari supernatan. Pelet tersebut ditambahkan alkohol 70% sebanyak 500 μ L dan sentrifuse selama 5 menit pada

kecepatan 14.000 rpm, kemudian dikeringkan anginkan selama 1-2 hari. Pelet tersebut ditambahkan 20 mL larutan buffer TE.

DNA genom dielektroforesis dengan *agarose* (untuk mengecek ada atau tidaknya genom), *agarose* yang digunakan sebesar 0,5% yang telah ditambahkan 1 μ L *ethidium bromide* (ETBr 10 mg/mL). Elektroforesis dilakukan pada tegangan 55 V selama 60 menit. Marker DNA yang digunakan adalah marker 1 kb *Ladder* sebanyak 3 μ L, DNA setiap sumur diberikan 3 μ L dengan dicampurkan *loading dye* sebanyak 1 μ L sebagai pemberat. Hasil yang didapatkan kemudian divisualisasikan dengan *Digi Doc-Imaging System* (Major Science).

Proses PCR digunakan untuk amplifikasi DNA fungi. Ekstraksi genom DNA fungi di amplifikasi menggunakan *primer universal*, yaitu: ITS1 dan ITS4 (Sari dan Rosmeita, 2019). Urutan basa dari primer ITS1 (forward) adalah (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') dan ITS4 (reverse) adalah 5'-TCCTCCGCTTATTGAT ATGC-3'). Reaksi amplifikasi DNA dengan volume total 25 μ l terdiri atas 12,5 μ l Master Mix MyTaq™ Red Mix, primer forward dan reverse masing-masing 1 μ l, DNA template 1 μ l dan akuades steril 9,5 μ l. Tahap pertama amplifikasi DNA yaitu pradenaturasi suhu 95°C selama 1 menit, diikuti 30 siklus amplifikasi yang masing-masing siklus terdiri atas pemisahan utas DNA pada suhu 94°C selama 1 menit, penempelan primer pada suhu 48°C selama 1 menit, sintesis DNA pada suhu 72°C selama 1 menit dan penyambungan DNA pada suhu 72°C selama 7 menit. Produk hasil amplifikasi dianalisis kembali menggunakan gel agarosa 0,5%, lalu elektroforesis dilakukan pada 55V selama 60 menit, kemudian hasilnya divisualisasi dengan sinar UV.

Hasil amplifikasi dikirim ke PT. Genetika Science Indonesia untuk perunutan nukleotida. Hasil perunutan dialignment dengan perangkat lunak Bioedit sequence alignment editor versi 7.1.3. Runutan nukleotida yang diperoleh dianalisis menggunakan program *basic local alignment search tool* (BLAST) dengan program optimasi untuk memperoleh urutan basa DNA yang memiliki homologi dengan sikuen DNA yang terdapat dalam situs *national center for biotechnology*

information (NCBI). Hubungan kekerabatan isolat dikonstruksi menggunakan perangkat lunak *molecular evolutionary genetic analysis* versi 6.06 (MEGA6) dengan bootstrap 1000 kali ulangan.

3.4.2 Pembuatan Media V-4

Komposisi media V4 (*Vegetable Juice*) yaitu agar batang 20 g, ekstrak jus V-4 200 g (Daun seledri, Tomat, Bayam dan Wortel), CaCO₃ 3g , dan akuades 800 mL. Bahan yang telah tercampur, disterilisasikan menggunakan autoklaf selama 15 menit pada tekanan 1 atm dan suhu 121 °C. Setelah media steril saat suhu ± 50 °C ditambahkan 1,4 mL asam laktat sebelum dituangkan ke dalam cawan petri. (Banasuru, 2015).

3.4.3 Pembuatan Media PDA

Media PDA dibuat dengan bahan-bahan yang terdiri dari 20 g agar batang, 20 g *dextrose*, 200 g kentang, dan 1000 mL akuades. Kentang yang sudah dikupas dan dipotong dadu dimasukkan ke dalam gelas ukur yang berisi 1000 mL akuades, kemudian dipanaskan menggunakan *microwave* selama 15 menit. Ekstrak kentang dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang telah berisi *dextrose* dan agar batang. Media tersebut disterilkan menggunakan autoklaf selama 15 menit pada tekanan 1 atm dan suhu 121 °C. Setelah media steril saat suhu ± 50 °C ditambahkan 1,4 mL asam laktat sebelum dituangkan ke dalam cawan petri.

3.4.4 Persiapan Suspensi dan Aplikasi *Trichoderma*

Pembuatan suspensi *Trichoderma* dilakukan dengan menambahkan 10 mL akuades steril pada medium PDA yang telah ditumbuhi koloni jamur *Trichoderma* berumur 7 hari setelah inkubasi, kemudian digosok dengan *drygalski* agar konidia terlepas. Cairan dimasukan ke dalam tabung reaksi lalu diaduk dengan rotamixer selama 5 menit agar menyebar merata dalam suspensi yang disebut larutan induk. Suspensi larutan induk kemudian diencerkan dengan cara mengambil 1 mL untuk

dicampur ke dalam 9 mL akuades dan diaduk dengan rotamixer. Setiap suspensi spora jamur kemudian diencerkan dari 10^1 sampai 10^8 dengan cara mengambil 1 cc suspensi dan melarutkannya dalam 9 cc air steril sehingga diperoleh tingkat pengenceran 10^1 sampai 10^8 . Kemudian dihitung kerapatan konidia di bawah mikroskop (Puspita dkk., 2020). Suspensi konidia *Trichoderma* dengan konsentrasi 10^8 spora/mL kemudian diaplikasikan pada tanaman lada. Aplikasi suspensi *Trichoderma* dengan cara menyiram suspensi *Trichoderma* pada daerah perakaran tanaman lada.

3.4.5 Pembuatan Ekstrak Fungisida Nabati

Ekstrak fungisida nabati diperoleh dengan cara membersihkan daun muda dari bandotan, kirinyuh, dan sembung rambat menggunakan air mengalir, kemudian dikeringkan dengan cara diangin-anginkan. Selanjutnya, dioven pada suhu $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 2 hari hingga kering. Setelah kering, daun dari masing-masing tumbuhan tersebut dihaluskan dengan cara diblender dan disaring untuk didapatkan serbuk daun. Serbuk daun kemudian dimaserasi (direndam) dengan pelarut ethanol 96% dengan perbandingan serbuk dan pelarut 50 g/500 mL. Rendaman tersebut lalu diaduk dan didiamkan selama 48 jam (2 hari).

Simplisia yang telah direndam lalu disaring menggunakan kertas saring sampai diperoleh filtrat. Selanjutnya dievaporasi menggunakan *rotary evaporator* pada suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan kecepatan 100 rpm, lalu diuapkan menggunakan *water bath* untuk menyisakan pelarutnya. Ekstrak yang telah diperoleh disimpan dalam botol UC yang berbeda dan diletakkan di lemari pendingin pada suhu $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan siap digunakan untuk uji.

3.4.6 Persiapan Tanaman Lada

Persiapan tanaman lada diawali dengan penyiapan media tanam. Media tanam yang digunakan merupakan campuran tanah, pasir, dan pupuk kandang dengan perbandingan (2:1:1) yang telah disterilkan dengan cara dikukus selama 3-4 jam.

Kemudian media tanam yang telah disterilkan dimasukkan ke dalam polybag ukuran 1 kg. Polybag yang telah berisi media tanam sebelum ditanami, terlebih dahulu disiram air merata dan dibiarkan selama 7-10 hari. Pembibitan lada menggunakan metode setek lada satu ruas berdaun tunggal yang berasal dari sulur panjang. Bibit lada yang diambil dari sulur panjang, lalu dipotong tiap 1 ruas. Kemudian setek lada satu ruas berdaun tunggal ditanam di polybag. Bibit yang telah ditanam pada polybag kemudian disungkup menggunakan plastik agar kelembapannya tetap terjaga. Setelah berumur 1 bulan sungkup dibuka. Bibit siap digunakan untuk uji setelah berumur 90 hari (Manohara dkk., 2013).

3.4.7 Uji Daya Hambat Ekstrak Bandotan, Kirinyuh, dan Sembung Rambat terhadap Pertumbuhan *in Vitro* *P. capsici*

Pengujian ini dilakukan dengan metode media beracun. Pengujian dilakukan menggunakan konsentrasi 5%. Konsentrasi 5% didapatkan dengan mencampur dari tiap 5 mL ekstrak gulma dalam 100 mL media V-4 yang masih mencair (45 °C). Media yang telah mengandung formula dituangkan ke dalam cawan petri steril dan dibiarkan mengeras. Setelah mengeras, media diinokulasi dengan cara meletakkan potongan isolat *P. capsici* (\pm berdiameter 5 mm) di tengah-tengah medium yang telah diperlakukan. Kultur *P. capsici* diinkubasikan pada suhu 28 °C. Sebagai perlakuan kontrol isolat *P. capsici* ditumbuhkan pada media V-4 yang tidak diperlakukan dengan formula fungisida nabati. Sebagai pembanding isolat *P. capsici* ditumbuhkan pada media V-4 yang dicampurkan fungisida sintetik berbahan aktif metalaksil 35% dengan konsentrasi sesuai anjuran (Harni dkk., 2013). Ekstrak fungisida nabati dengan daya hambat terbaik akan dipilih untuk diuji *in planta* pada tanaman lada. Parameter yang diamati pada percobaan ini sebagai berikut:

3.4.7.1 Pertumbuhan koloni jamur *P. capsici*

Pengukuran koloni dihitung dengan cara mengukur diameter koloni jamur menggunakan penggaris, dimana diameternya diukur secara vertikal dan horizontal sesuai dengan garis yang telah dibuat pada bagian tengah cawan petri.

Pengamatan dilakukan setiap hari hingga koloni jamur memenuhi salah satu sisi cawan petri. Perhitungan pertumbuhan koloni jamur dihitung dengan menggunakan rumus Yendi dkk. (2015). Data yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menghitung diameter pertumbuhan koloni dengan rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{d1 + d2}{2}$$

Keterangan :

D : Diameter pertumbuhan

d1: Diameter pertumbuhan secara vertikal

d2: Diameter pertumbuhan secara horizontal

3.4.7.2 Daya hambat ekstrak fungisida nabati terhadap *P. capsici*

Persentase daya hambat dihitung dengan membandingkan diameter jamur pada media yang diberi ekstrak fungisida nabati dengan jamur pada media kontrol. Penghitungan daya hambat dilakukan setelah pengukuran diameter pertumbuhan jamur *P. capsici* selesai. Menurut Iskarlia dkk. (2014) persentase aktivitas penghambatan pertumbuhan jamur dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{D1 - D2}{D1} \times 100\%$$

Keterangan:

P : Persentase penghambatan pertumbuhan *P. capsici* (%)

D1 : Diameter koloni jamur *P. capsici* yang tumbuh pada perlakuan kontrol (cm)

D2 : Diameter koloni jamur *P. capsici* yang tumbuh pada perlakuan ekstrak fungisida nabati (cm)

3.4.7.3 Persentase sporangium kosong *P. capsici*

Sporangium diamati dengan mengambil potongan bor gabus agar yang telah ditumbuhi isolat *P. capsici*, kemudian diinkubasikan pada cawan petri berisi licheat tanah selama 2-3 hari. Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop dengan

melihat sporangium yang terbentuk. Selanjutnya, potongan bor gabus tersebut diinkubasi kembali pada suhu 10 °C selama 60 menit, kemudian diamati kembali di bawah mikroskop untuk melihat dan menghitung sporangium yang kosong.

3.4.7.4 Pengamatan mikroskopis hifa *P. capsici*

Pengamatan mikroskopis dilakukan pada hari terakhir pengamatan menggunakan mikroskop yang bertujuan untuk melihat kerusakan hifa jamur *P. capsici* pada perlakuan penambahan ekstrak fungisida nabati dan pada perlakuan kontrol.

3.4.8 Uji Kemampuan Jamur *T. asperellum* Isolat Tegineneng sebagai Antagonis terhadap Jamur *P. capsici* secara *in Vitro* dalam Pengaruh Ekstrak Fungisida Nabati

Satu bor dari masing-masing isolat jamur *T. asperellum* dan *P. capsici* yang telah berumur 7 HSI ditumbuhkan dalam cawan petri steril berdiameter 9 cm berisi media V-4 yang dicampur dengan ekstrak gulma, dengan posisi berlawanan masing-masing 3 cm dari pinggir cawan (Gambar 5). Satu bor jamur *P. capsici* sebagai kontrol, diletakkan di tengah cawan petri tanpa isolat jamur *Trichoderma*. Pengamatan uji antagonis dilakukan selama 7 HSI terhadap isolat jamur *Trichoderma* dalam menghambat pertumbuhan jamur *P. capsici*. Persentase penghambatan dihitung menggunakan rumus (Soenartiningih dkk., 2014) :

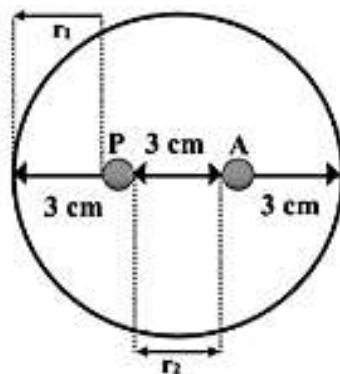
$$PP = \frac{D1-D2}{D1} \times 100\%$$

Keterangan :

PP : persentase penghambat (%)

D1 : diameter koloni jamur *P. capsici* tanpa adanya jamur antagonis

D2 : diameter koloni jamur *P. capsici* yang dilawan dengan jamur antagonis



Gambar 5. Penempatan jamur antagonis dan jamur patogen dengan metode *dual culture*

Keterangan :

P : jamur patogen (*P. capsici*)

A : jamur antagonis (*Trichoderma* sp.)

3.4.9 Uji Daya Hambat Kombinasi *T. asperellum* dan Fungisida Nabati terhadap Perkembangan Gejala Infeksi *P. capsici* pada Tanaman Lada

Pada uji ini, suspensi konidia *T. asperellum* sebanyak 15 mL diinokulasikan di daerah perakaran tanaman lada dan diinkubasi selama 2 minggu. Kemudian potongan bor gabus biakan jamur *P. capsici* diaplikasikan fungisida nabati ekstrak bandotan (ekstrak terpilih) dengan konsentrasi 5%. Konsentrasi 5% didapatkan dengan mencampur dari tiap 5 mL ekstrak gulma dalam 100 mL akuades. Aplikasi fungisida nabati dilakukan dengan cara mengambil jamur *P. capsici* yang telah dibiakkan dalam media V-4 menggunakan bor gabus (diameter 5 mm), lalu direndam ke dalam larutan ekstrak gulma selama 30-40 menit. Selanjutnya potongan cakram biakan *P. capsici* diinokulasikan pada bagian sisi atas dan bawah permukaan bawah daun. Agar biakan dapat melekat kuat, maka biakan tersebut dikuatkan dengan di-selotip. Parameter yang diamati pada percobaan ini yaitu, masa inkubasi dan keparahan penyakit.

Keparahan penyakit dihitung dengan cara mengukur diameter bercak yang muncul pada permukaan daun yang telah diinokulasi dengan potongan bor gabus *Phytophthora capsici* menggunakan milimeter blok. Rumusan untuk menghitung persentase keparahan penyakit adalah sebagai berikut:

$$KP = \frac{\text{Luas daerah yang bergejala}}{\text{Luas permukaan daun lada}} \times 100\%$$

3.5 Analisis Data

Data yang didapatkan selanjutnya dianalisis dengan analisis ragam (ANARA) yang sebelumnya telah diuji homogenitas ragamnya dengan uji Bartlett, sedangkan uji aditivitas data dengan uji Tukey. Nilai tengah setiap perlakuan diuji lanjut dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf 5%.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. *Trichoderma* sp. isolat Tegineneng memiliki kekerabatan dekat dengan *Trichoderma asperellum* berdasarkan analisis menggunakan situs NCBI.
2. Ekstrak bandotan, kirinyuh dan sembung rambat mampu menghambat pertumbuhan koloni *P. capsici*, namun ekstrak bandotan lebih baik dibandingkan dengan ekstrak lainnya.
3. *T. asperellum* isolat Tegineneng efektif dalam menekan pertumbuhan *in vitro* jamur *P. capsici* pada media mengandung ekstrak bandotan, kirinyuh, dan sembung rambat.
4. Tidak ada interaksi *T. asperellum* isolat Tegineneng dengan ekstrak bandotan dalam menekan keparahan penyakit akibat infeksi *P. capsici* pada tanaman lada, namun aplikasi tunggal ekstrak bandotan efektif menekan keparahan penyakit.

5.2 Saran

Saran berdasarkan hasil penelitian ini yaitu diperlukannya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh berbagai konsentrasi ekstrak bandotan, kirinyuh, dan sembung rambat dalam menghambat pertumbuhan jamur *P. capsici*. Selain itu untuk mengoptimalkan kemampuan *Trichoderma* sp. isolat Tegineneng dalam menekan jamur *P. capsici* di lapang, sebaiknya investasi *Trichoderma* sp. dilakukan saat awal pembibitan dan pemilihan media tanam yang mengandung tinggi bahan organik perlu diperhatikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agussalim, Raharjo, D., dan Asaad, M. 2017. Kajian pengendalian penyakit busuk pangkal batang lada dengan modifikasi iklim mikro. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 20(1): 59-67.
- Amaria, W. dan Wardiana. 2014. Pengaruh waktu aplikasi dan jenis *Trichoderma* terhadap penyakit jamur akar putih pada bibit tanaman karet. *Jurnal TIDP* 1(2): 79-86.
- Ance, P.E., Wijaya, S. dan Setiawan, H.K. 2018. Standarisasi dari daun kirinyuh (*Chromolaena odorata*) dan simplisia kering dari tiga daerah yang berbeda. *Journal of Pharmacy Science and Practice*. 5(2): 79-86.
- Andriani, L., Perawati, S., Putri, N., dan Hartesi. B. 2020. Aktivitas koagulan dari daun sembung rambat (*Mikania micrantha* Kunth) secara *in vitro*. *Media Farmasi*. 17(1): 37-48.
- Ara. I.H., Rizwana., Al-Othman, M.R., dan Baki. M.A. 2012. Antagonism of *Actinomyce* against *Pestalotiopsis mangiferae*, causal agenst of mango brown rot in post harvest storage. *African Journal of Microbiology Research*. 6(8):1782-1789.
- Banasuru, G. 2015. Isolasi dan karakterisai morfologi *Phytophthora palmivora* pada buah kakao pada perkebunan kakao di Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara. *Skripsi*. Universitas Halu Oleo. Kendari.
- Berlian, I., Setyawan, B., dan Hadi, H. 2013. Mekanisme antagonisme *Trichoderma* spp. terhadap beberapa pathogen tular tanah. *Warta Perkaratan*. 32(2): 74-82.

- Chrisnawati, M.P. dan Helti, A. 2000. Studi efektifitas beberapa fraksi minyak serai wangi terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* penyebab penyakit layu fusarium tanaman tomat. *Laporan Penelitian*. Universitas Mahaputra Muhammad Yamin. Solok.
- Cikita, D., Khotimah, S., dan Linda, R. 2016. Uji antagonis *Trichoderma* spp. terhadap *Phytophthora palmivora* Butl. penyebab penyakit busuk buah kakao (*Theobroma cacao* L.). *Protobiont*. 5(3): 59-65.
- Diba, F., Nauli, U.R., Winarsih, W., dan Oramah, H.A. 2022. The potency of Kirinyuh (*Chromolaena odorata* L.) and kemangi leaf (*Ocimum basilicum*) as biopesticide against *Schizophyllum commune* Fries. *Jurnal Biologi Tropis*. 22(1): 304-314.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2017. *Statistik perkebunan lada indonesia tahun 2015-2019*. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Endah, K.K., Rohyadi, A., dan Isnaini, M. 2017. Pengaruh pemberian beberapa jenis bahan organik terhadap pertumbuhan jamur *Trichoderma* sp. di dalam tanah. *Crop-Agro*. 10(1): 23-31.
- Ester, A., Mukarlina, dan Rahmawati. 2017. Aktivitas ekstrak metanol daun sembung rambat (*Mikania micrantha* Kunth) terhadap pertumbuhan *Phytophthora* sp. im5 dari batang jeruk siam (*Citrus nobilis* var. *microcarpa*). *Protobiont*. 6(3): 63-67.
- Febia, A., Mukarlina, dan Rahmawati. 2020. Aktivitas antifungi ekstrak metanol daun bandotan (*Ageratum conyzoides*) terhadap *Phytophthora* sp. (Im5) secara *in-vitro*. *Protobiont*. 9(2): 167-174.
- Frastika, D., Pitopang, R., dan Suwastika, I.N. 2017. Uji efektivitas ekstrak daun kirinyuh (*Chromolaena odorata* (L.) sebagai herbisida alami terhadap perkecambahan biji kacang hijau (*Vigna radiata* (L.) R.Wilczek) dan biji karuilei (*Mimosa Invisa* Mart. ex Colla). *Natural Science: Journal of Science and Technology*. 6(3): 225-238.
- Ginting, C. dan Maryono, T. 2012. Penurunan keparahan penyakit busuk pangkal batang pada lada akibat aplikasi bahan organik dan *Trichoderma harzianum*. *Jurnal HPT Tropika*. 12(2): 162-16.
- Gusnawaty, Taufik, M., Tiara, L., dan Asniah. 2014. Karakterisasi morfologis *Trichoderma* spp. indigenus Sulawesi Tenggara. *Jurnal Agroteknos*. 4(2): 87-93.

- Hanada, R.E., Souza, T.J., Pomella, A.W.V., Hebbar, K.P., Pereira, J.O., Ismaiel, A., and Samuels, G.J. 2008. *Trichoderma martiale* sp. nov., a new endophyte from sapwood of *Theobroma cacao* with a potential for biological control. *Mycological Research*. 112: 1335-1343.
- Harjono, and Widyastuti, S.M. 2001. Antifungal activity of purified endochitinase produced by biocontrol agent *Trichoderma reesei* against *Ganoderma philippii*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 4: 1232-1234.
- Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*. 2: 43-56.
- Harni, R., Amaria, W., dan Supriadi. 2013. Keefektifan beberapa formula fungisida nabati eugenol dan sitronella terhadap *Phytophthora palmivora* Bult. asal kakao. *Buletin RISTRI*. 4(1): 11-18.
- Herliyana, Taniwiryono, E.N.D., Minarsih, H., Firmansayah, M.A., dan Dendang, B. 2011. Pengendalian Serangan *Ganoderma* spp. (60- 80%) pada tanaman sengon sebagai pelindung tanaman kopi dan kakao. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 16(1): 14-27.
- Hidayat, T. dan Adi, P. 2008. Kajian filogenetika molekuler dan peranannya dalam menyediakan informasi dasar untuk meningkatkan kualitas sumber genetik angrek. *Jurnal AgroBiogen*. 4(1): 35-40.
- Hoitink, H.A.J., Madden, L.V., and Dorrance, A.E. 2006. systemic resistance induced by *Trichoderma* spp.: interaction between the host, the pathogen, the biocontrol agent, and soil organic matter quality. *Phytopathology*. 96: 186-189.
- Irawan, C. 2010. Studi komponen bioaktif daun sirih merah. *Tesis*. Magister Ilmu Kimia. Universitas Indonesia. Depok.
- Iskarlia, G.R., Rahmawati, L., dan Chasanah, U. 2014. Fungisida nabati dari tanaman serai wangi (*Cymbopogon nardus*) untuk menghambat pertumbuhan jamur pada batang karet (*Hevea brasillensis* Muell. Arg). *PolhaSains : Jurnal Sains dan Terapan Politeknik Hasnur*. 3(1): 1-8.
- Iswari, P., Prasetyo, J., Nurdin, M., dan Dirmawati, S.R. 2021. Pengaruh *Trichoderma* spp. dalam beberapa jenis bahan organik terhadap penyakit bulai (*Peronosclerospora* spp.). *Jurnal Agrotek Tropika*. 9(1): 25-34.

- Juniar, N.B. 2022. Pengaruh *Trichoderma* sp. isolat Margodadi dan metabolit sekundernya terhadap *Phytophthora capsici* penyebab penyakit busuk pangkal batang lada. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung.
- Kamboj, A. and Saluja. 2010. *Ageratum conyzoides* L., a review on its phytochemical and pharmacological profile. *International Journal of Green Pharmacy*. 2(2): 59-68.
- Kusvianti, D., Widodo., dan Prijono, D. 2014. Pengendalian penyakit busuk pangkal batang lada dengan ekstrak pinang, gambir, sirih, dan kapur sirih. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 10(4): 103-111.
- Manohara, D. 2007. Bercak daun *Phytophthora* sebagai sumber inokulum penyakit busuk pangkal batang lada (*Piper nigrum* L.). *Buletin Littro*. 18(2): 177-187.
- Manohara, D., Wahyuno, D., dan Rivai, A. 2013. *Teknologi unggulan lada: budidaya dan pascapanen pendukung varietas unggul*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Bogor.
- Manohara, D., Wahyuno, D., dan Noveriza, R. 2005. Penyakit busuk pangkal batang lada dan strategi pengendaliannya. *Edsus Balitro*. 17: 41-51.
- Masniati. dan Panggeso, J. 2020. Efektivitas ekstrak daun kirinyuh (*Chromolaena odorata* l.) untuk menekan pertumbuhan jamur *Colletotrichum capsici* penyebab penyakit antraknosa pada cabai secara *in-vitro*. *Jurnal Agrotekbis*. 8(5): 1110-1116.
- Novriyanti, E., Santosa, E., Syafii, W., Turjaman, M., and Sitepu, I.R. 2010. Antifungal activity of wood extract of *Aquilaria crassna* pierre ex lecomte against agarwood inducing fungi, *Fusarium solani*. *Journal of Forestry Research*. 7(2): 155-165.
- Pangestika, Y., Budiharjo, A., dan Kusumaningrum, H.P. 2015. Analisis filogenetik *Curcuma zedoaria* (temu putih) berdasarkan gen internal transcribed spacer (ITS). *Jurnal Biologi*. 4(4): 8-13.
- Pangestu, E., Suswanto, I., dan Supriyanto. 2014. Uji penggunaan asap cair tempurung kelapa dalam pengendalian *Phytophthora* sp. penyebab penyakit busuk buah kakao secara *in vitro*. *Jurnal Perkebunan dan Lahan Tropika*. 4(2): 39-44.

- Perawati, S., Andriani, L., Pratama, S., dan Humayroh. 2019. Aktivitas koagulan ekstrak dan fraksi daun sembung rambat (*Mikania micrantha* Kunth.). *Chempublish Journal*. 4(1): 30-37.
- Prasetyo, J., Efri., 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.
- Purwantisari, S., Priyatmojo, A., Sancayaningsih, R.P., dan Kasiamdari, R.S. 2015. Aplikasi jamur antagonis *Trichoderma viride* terhadap pengurangan intensitas serangan penyakit hawar daun serta hasil tanaman kentang. *Prosiding KPSDA*. 1(1). 210-215.
- Puspita, F., Ali, M., dan Supriyadi. 2020. Kompatibilitas dan daya hambat konsorsium *Trichoderma* spp. endofit terhadap penyakit busuk buah kakao *Phytophthora palmivora*. *Jurnal Agrikultura*. 31(2): 126-133.
- Putri A. U. 2013. Uji Potensi antifungi ekstrak berbagai jenis lamun terhadap fungi *Candida albicans*. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Putri, R. dan Fhatonah, N. 2021. Aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun bandotan (*Ageratum Conyzoides* L.) terhadap bakteri *Streptococcus Pyogenes*. *Journal of Pharmaceutical and Health Research*. 2(2): 28-33.
- Rismunandar. 2007. *Lada: budidaya dan tata niaga*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sari, W., dan Rosmeita, C.N. 2019. Identifikasi molekuler cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* asal isolat cianjur. *Jurnal Program Studi Agroteknologi*. 1(1): 1-9.
- Sastroutomo, S.S. 1992. *Pestisida: dasar-dasar dan dampak penggunaannya*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Simpson, M.G. 2010. *Plant systematics*. Elsevier. Burlington. USA. Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Sitepu, I.S., Suada, I.K., dan Susrama, I.G.K. 2012. Uji aktivitas antimikroba beberapa ekstrak bumbu dapur terhadap pertumbuhan jamur *Curvularia lunata* (Wakk.) Boed dan *Aspergillus flavus* Link. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 1(2): 107-114.
- Soenartiningih., Djaenuddin, N., dan Saenong, M. S. 2014. Efektifitas *Tricoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. sebagai agen biokontrol hayati penyakit

- busuk pelepah daun pada jagung. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 33(2): 129-135.
- Sudantha, I.M. dan Abdul L.A. 2011. Uji efektivitas beberapa jenis jamur endofit *Trichoderma* spp. isolat lokal NTB terhadap jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* penyebab penyakit busuk batang pada bibit vanili. *Crop Agro*. 4(2): 64-73.
- Suharjo, R. dan Aeny, T.N. 2011. Eksplorasi potensi gulma siam (*Chromolaena odorata*) sebagai biofungisida pengendali *Phytophthora Palmivora* yang diisolasi dari buah kakao. *Jurnal HPT Tropika*. 11(2): 201-209.
- Sumetriani, M. 2010. Efektivitas ekstrak bawang putih (*Allium sativum*. (Linn.)) untuk menghambat pertumbuhan jamur *Lagenidium* sp. penyebab penyakit pada abalone (*Haliotis asinina*). *Tesis*. Universitas Udayana. Bali.
- Suskendriyati, H.A., Wijayanti., Nurhidayah, dan Cahyuningdari, D. 2000. Studi morfologi dan hubungan kekerabatan varietas salak pondoh (*Salacca zalacca* (Gaert.) Voss) di dataran tinggi Sleman. *Biodiversitas*. 1(1): 26-31.
- Suwarto. 2013. *Budidaya monokultur, polikultur, dan di pot, lada produksi 2 ton/ha*. Penerbit Penebar Swadaya. Jakarta.
- Truong, N.V., Burgess, L.W., and Liew, E.C.Y. 2009. *Characterisation of Phytophthora capsici Isolates from Chili in vietnam*. Adelaide (AU): The 17th Biennial Australian Plant Pathology Society Conference.
- Van Steenis, C.G.G.J. 2003. *Flora*. PT. Balai Pustaka. Jakarta Timur.
- Vyas, S.C. 1984. *Systemic fungicides*. Tata Mc.Graw Hill Publishing Company Limited. New Delhi.
- Wahyuno, D., Manohara, D., dan Susilowati, D.N. 2007. Variasi morfologi dan virulensi *Phytophthora capsici* asal lada. *Buletin Plasma Nutfah*. 13(2): 70-81.
- Wati, I.F., Efri, dan Maryono, T. 2014. Keefektifan ekstrak daun sirih dan daun babadotan mengendalikan penyakit antraknosa pada buah cabai (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*. 2(3): 436-440.
- Wulandari, S., Aeny, T.N., dan Efri. 2015. Pengaruh fraksi ekstrak daun babadotan (*Ageratum conyzoides*) terhadap pertumbuhan dan sporulasi

Colletotrichum capsici secara *in vitro*. *Jurnal Agrotek Tropika*. 3(2): 226-230.

Yendi, T.P., Efri, dan Prasetyo, J. 2015. Pengaruh ekstrak beberapa tanaman famili zingiberaceae terhadap penyakit antraknosa pada buah pisang. *Jurnal Agrotek Tropika*. 3(2): 231-235.