

**PENGARUH *Trichoderma* sp. ISOLAT MARGODADI DAN METABOLIT
SEKUNDERNYA TERHADAP *Phytophthora capsici* PENYEBAB
PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG LADA**

(Skripsi)

Oleh

Nur Baitullah Juniar
NPM 1754121001



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

PENGARUH *Trichoderma* sp. ISOLAT MARGODADI DAN METABOLIT SEKUNDERNYA TERHADAP *Phytophthora capsici* PENYEBAB PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG LADA

Oleh

NUR BAITULLAH JUNIAR

Phytophthora capsici merupakan patogen tular tanah penyebab penyakit busuk pangkal batang pada tanaman lada. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui identifikasi jamur *Trichoderma* sp. isolat Margodadi hingga tingkat spesies, (2) mengetahui pengaruh *Trichoderma* sp. isolat Margodadi terhadap pertumbuhan jamur *Phytophthora capsici*, (3) mengetahui konsentrasi metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi yang tepat dalam menghambat pertumbuhan jamur *Phytophthora capsici* dan (4) mengetahui pengaruh metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi dalam menekan gejala penyakit yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora capsici* di daun lada. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan Jurusan Proteksi Tanaman dan Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dari bulan Maret 2021 sampai dengan November 2021. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari lima perlakuan yaitu konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40%, dan kontrol dengan lima ulangan sehingga terdapat 25 satuan percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Trichoderma* sp. isolat Margodadi memiliki kekerabatan yang dekat dengan *T. asperellum*. Pada uji antagonis *Trichoderma* sp. mampu menghambat pertumbuhan *P. capsici* hingga 47,23%. Uji metabolit sekunder *Trichoderma* sp. mampu menghambat pertumbuhan *P. capsici* sebesar 72,53% pada perlakuan konsentrasi 40%. Uji efikasi metabolit sekunder tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap penghambatan perkembangan gejala *P. capsici* di daun lada.

Kata kunci: Metabolit sekunder, *Phytophthora capsici*, *Trichoderma* sp. isolat Margodadi.

**PENGARUH *Trichoderma* sp. ISOLAT MARGODADI DAN METABOLIT
SEKUNDERNYA TERHADAP *Phytophthora capsici* PENYEBAB
PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG LADA**

Oleh

Nur Baitullah Juniar

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada

Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **PENGARUH *Trichoderma* sp. ISOLAT MARGODADI DAN METABOLIT SEKUNDERNYA TERHADAP *Phytophthora capsici* PENYEBAB PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG LADA**

Nama Mahasiswa : **Nur Baitullah Juniar**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1754121001**

Program Studi : **Agroteknologi**

Fakultas : **Pertanian**



Ir. Joko Prasetyo, M.S.
NIP 19590214 198902 1 001

Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.
NIP 19610826 198603 1 001

2. Ketua Jurusan Agroteknologi

Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 19630508 198811 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Ir. Joko Prasetyo, M.S.



Sekretaris : Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.



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

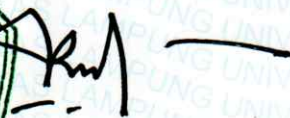


2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP. 196110201986031002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Maret 2022

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Pengaruh *Trichoderma* sp. Isolat Margodadi dan Metabolit Sekundernya 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 Maret 2022

Yang menyatakan,



Nur Baitullah Juniar

NPM 1754121001

RIWAYAT HIDUP

Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Ardian ar dan Ibu Rinatra Yulia Devi. Penulis dilahirkan di Palembang pada tanggal 14 Juni 2000. Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-kanak (TK) AL-FALAH Palembang pada tahun 2005, Sekolah Dasar Negeri (SDN) 23 Palembang pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 13 Bandar Lampung pada tahun 2014, dan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 7 Bandar Lampung pada tahun 2017.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Program Studi Agroteknologi pada tahun 2017 melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPTN Barat). Penulis memilih minat Proteksi Tanaman sebagai minat penelitian. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Pelatihan Pertanian Lampung (BPP Lampung) di Hajimena, Natar, Lampung Selatan pada bulan Juli-Agustus 2020. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Vanili Raya, Kecamatan Kemiling, Kota Bandar Lampung pada bulan Januari-Maret 2021.

“Sedikit lebih lembutlah kepada dirimu, maka kamu akan memahami makna kata bahagia dalam hal terkecil sekalipun”

(Penulis)

“Trust the timing of your life”

(Anonymous)

“Sesungguhnya Allah berkata : Aku sesuai prasangka hambaku kepadaku. Jika prasangka itu baik, maka kebaikan baginya. Dan apabila prasangka itu buruk, maka keburukan baginya”

(HR. Muslim no.4849)

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 *Trichoderma* sp. dan Metabolit Sekundernya 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. Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Dr. Ir. Yuyun Fitriana, M.P., selaku Ketua Bidang Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
4. Ir. Joko Prasetyo, M.S., selaku Dosen Pembimbing Pertama atas bimbingan, bantuan, motivasi, dan saran yang telah diberikan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S., selaku Dosen Pembimbing Kedua atas bimbingan, bantuan, motivasi, dan saran yang telah diberikan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. 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.
7. Ir. Agus Muhammad Hariri, M.P., selaku Pembimbing Akademik (PA) atas saran dan bimbingannya.

8. Keluarga tersayang; kedua orangtua Bapak Ardian ar dan Ibu Rinatra Yulia Devi, serta kakak tercinta Nur Arashy Agustina, S.Ars., terimakasih untuk segala kerja keras, dukungan, doa, nasihat, dan motivasi yang diberikan selama ini.
9. Sahabat Penulis; Ni Made Indah Ayuni yang selalu menemani dan bersedia mendengarkan keluh kesah, serta tidak pernah bosan memberikan nasihat ketika penulis melakukan kesalahan.
10. Kelompok belajar; Yosephine Indah Aprilyani, Fika Wulandini, Agista Wanda Aulia, Riski Mardiana, Ega Utari, Aidila Andhaya, dan Inda Permatasari, terimakasih telah menjadi teman seperjuangan semasa perkuliahan yang selalu menemani disaat suka dan duka, tak pernah henti mendukung, memotivasi, serta memberikan nasihat apabila penulis melakukan kesalahan.
11. Teman-teman penulis; Junaidi Yusuf, Erninda Octaliyani, Nadiatus Soliha, Scolastika Viola Febriant, Nurul Komaril Asyarati, Anisa Ayuningtyas, dan Aisyah Dwi Raphita, yang senantiasa memberikan motivasi serta dukungan yang tiada henti, membantu proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
12. Teman-teman Agroteknologi 2017 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, 22 Maret 2022

Penulis

Nur Baitullah Juniar

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang dan Rumusan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Landasan Teori dan Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Morfologi Tanaman Lada	6
2.2 Bahan Tanam Lada	7
2.3 Penyakit Busuk Pangkal Batang Lada (BPBL)	8
2.4 Pengendalian Busuk Pangkal Batang Lada.....	9
2.5 <i>Trichoderma</i> sp.	10
III. BAHAN DAN METODE	
3.1 Waktu dan Tempat.....	12
3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.3 Metode Penelitian	13
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	13
3.4.1 Identifikasi Molekuler <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Margodadi.....	13
3.4.2 Isolasi <i>Phytophthora capsici</i> dari Lada.....	15
3.4.3 Pembuatan Media PSA (<i>Potato Sucrose Agar</i>)	16
3.4.4 Pembuatan Media WTA (Wortel Tomat Agar)	16
3.4.5 Pembuatan Media PSB (<i>Potato Sucrose Broth</i>)	16
3.4.6 Pembuatan Metabolit Sekunder <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Margodadi.....	17

3.4.7 Uji Kemampuan <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Margodadi sebagai Antagonis terhadap Jamur <i>P. capsici</i> secara <i>in vitro</i>	17
3.4.8 Uji Kemampuan Metabolit Sekunder <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Margodadi dalam Menghambat Pertumbuhan <i>Phytophthora capsici</i>	18
3.4.8.1 Uji Antagonis Metabolit Sekunder <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Margodadi (Metode Kultur Filtrat) secara <i>in vitro</i>	18
3.4.8.2 Uji Efikasi Metabolit Sekunder <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Margodadi di Daun Lada	19

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	20
4.1.1 Data Bioinformatika secara Online.....	21
4.1.2 Kemampuan <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Margodadi sebagai Antagonis terhadap Jamur <i>Phytophthora capsici</i>	22
4.1.3. Kemampuan Metabolit Sekunder <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Margodadi dalam Menghambat Pertumbuhan <i>Phytophthora capsici</i> secara <i>in vitro</i>	23
4.1.4 Kemampuan Metabolit Sekunder <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Margodadi dalam Menekan Perkembangan Gejala Penyakit <i>Phytophthora capsici</i>	24
4.2 Pembahasan.....	25
4.2.1 Kekekabatan <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Margodadi	25
4.2.2 Kemampuan <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Margodadi dalam Menekan Perkembangan Jamur <i>Phytophthora capsici</i> secara <i>in vitro</i>	26
4.2.3 Kemampuan Metabolit Sekunder <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Margodadi dalam Menekan Pertumbuhan Jamur <i>Phytophthora capsici</i> secara <i>in vitro</i>	27
4.2.4 Kemampuan Metabolit Sekunder <i>Trichoderma</i> sp. Isolat Margodadi dalam Menekan Perkembangan Gejala Penyakit di Daun Lada	29

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan.....	31
5.2 Saran.....	31

DAFTAR PUSTAKA	33
-----------------------------	----

LAMPIRAN	39
-----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Gejala penyakit busuk pangkal batang lada (Manohara dkk., 2005).	9
2. Tanaman lada yang bergejala di Kebun Percobaan Pertanian Cahaya Negeri, Lampung Utara.....	15
3. Penempatan jamur antagonis dan jamur patogen dengan metode <i>dual culture</i> ; A: jamur antagonis; P: jamur patogen.	18
4. Penempatan jamur patogen.	19
5. Karakteristik jamur <i>Phytophthora capsici</i> ; A: Koloni jamur <i>P. capsici</i> pada media WTA; B: Sporangium jamur <i>P. capsici</i> (perbesaran 40x).....	20
6. Karakteristik jamur <i>Trichoderma</i> sp. isolat Margodadi; A. Koloni jamur; B. Struktur jamur; a. Konidiofor; b. Konidia; c. Fialid (perbesaran 100x).	21
7. Pohon filogenetik <i>Trichoderma</i> sp. isolat Margodadi berdasarkan NCBI.....	22
8. Bercak kehitaman di atas permukaan daun lada.	24
9. Grafik pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp.isolat Margodadi terhadap penghambatan pertumbuhan jamur <i>Phytophthora capsici</i>	49
10. Grafik pengaruh konsentrasi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. isolat Margodadi terhadap penghambatan pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i>	49
11. Grafik pengaruh konsentrasi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. isolat Margodadi terhadap keparahan gejala penyakit di daun lada.....	50

12. Uji aktivitas antifungi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. isolat Margodadi; A: Kontrol; B: Konsentrasi 10%; C: Konsentrasi 20%; D: Konsentrasi 30%; E: Konsentrasi 40%.....	50
13. Uji efikasi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. isolat Margodadi di daun lada; A: Kontrol; B: Konsentrasi 10%; C: Konsentrasi 20%; D: Konsentrasi 30%; E: Konsentrasi 40%.....	51
14. Uji antagonis <i>Trichoderma</i> sp. isolat Margodadi terhadap jamur <i>P. capsici</i>	51
15. Metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. isolat Margodadi.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Pengaruh antagonis jamur <i>Trichoderma</i> sp. terhadap jamur <i>P. capsici</i>	22
2. Pengaruh konsentrasi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. isolat Margodadi terhadap jamur <i>P. capsici</i>	23
3. Pengaruh konsentrasi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. isolat Margodadi terhadap keparahan penyakit di daun lada.....	25
4. Data pengaruh metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> 1 HSI	40
5. Hasil analisis ragam pengaruh metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> 1 HSI	40
6. Data pengaruh metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> 2 HSI	40
7. Hasil analisis ragam pengaruh metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> 2 HSI	40
8. Data pengaruh metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> 3 HSI	41
9. Hasil analisis ragam pengaruh metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> 3 HSI	41
10. Data pengaruh metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> 4 HSI	41
11. Hasil analisis ragam pengaruh metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> 4 HSI	41
12. Data pengaruh metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> 5 HSI	42

13. Hasil analisis ragam pengaruh metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> 5 HSI	42
14. Data pengaruh metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> 6 HSI	42
15. Hasil analisis ragam pengaruh metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> 6 HSI	42
16. Data pengaruh metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> 7 HSI	43
17. Hasil analisis ragam pengaruh metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap pertumbuhan jamur <i>P. capsici</i> 7 HSI	43
18. Data pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap jamur <i>P. capsici</i> 1 HSI.	43
19. Hasil analisis ragam pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap jamur <i>P. capsici</i> 1 HSI	43
20. Data pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap jamur <i>P. capsici</i> 2 HSI	43
21. Hasil analisis ragam pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap jamur <i>P. capsici</i> 2 HSI	44
22. Data pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap jamur <i>P. capsici</i> 3 HSI	44
23. Hasil analisis ragam pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap jamur <i>P. capsici</i> 3 HSI	44
24. Data pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap jamur <i>P. capsici</i> 4 HSI	44
25. Hasil analisis ragam pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap jamur <i>P. capsici</i> 4 HSI	44
26. Data pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap jamur <i>P. capsici</i> 5 HSI	44
27. Hasil analisis ragam pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap jamur <i>P. capsici</i> 5 HSI	45
28. Data pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap jamur <i>P. capsici</i> 6 HSI	45

29. Hasil analisis ragam pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap jamur <i>P. capsici</i> 6 HSI	45
30. Data pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap jamur <i>P. capsici</i> 7 HSI	45
31. Hasil analisis ragam pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap jamur <i>P. capsici</i> 7 HSI	45
32. Data pengaruh konsentrasi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap keparahan gejala penyakit di daun lada 1 HSI	46
33. Hasil analisis ragam pengaruh konsentrasi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap keparahan gejala penyakit di daun lada 1 HSI	46
34. Data pengaruh konsentrasi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap keparahan gejala penyakit di daun lada 2 HSI.	46
35. Hasil analisis ragam pengaruh konsentrasi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap keparahan gejala penyakit di daun lada 2 HSI	46
36. Data pengaruh konsentrasi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap keparahan gejala penyakit di daun lada 3 HSI.	47
37. Hasil analisis ragam pengaruh konsentrasi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap keparahan gejala penyakit di daun lada 3 HSI	47
38. Data pengaruh konsentrasi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap keparahan gejala penyakit di daun lada 4 HSI	47
39. Hasil analisis ragam pengaruh konsentrasi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap keparahan gejala penyakit di daun lada 4 HSI	47
40. Data pengaruh konsentrasi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap keparahan gejala penyakit di daun lada 5 HSI	48
41. Hasil analisis ragam pengaruh konsentrasi metabolit sekunder <i>Trichoderma</i> sp. terhadap keparahan gejala penyakit di daun lada 5 HSI	48

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Rumusan Masalah

Lada (*Piper nigrum* L.) merupakan salah satu tanaman rempah penting di Indonesia. Lada merupakan salah satu tanaman perkebunan yang bernilai ekonomi dan penghasil devisa di Indonesia. Devisa yang dihasilkan dari lada merupakan urutan keempat setelah minyak sawit (CPO), kopi, dan karet. Produksi lada di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 89,9 ribu ton dengan provinsi penghasil lada terbesar sepanjang tahun tersebut yaitu, Kepulauan Bangka Belitung sebesar 33,8 ribu ton dan diikuti oleh provinsi Lampung dengan hasil produksi 14,4 ribu ton (Badan Pusat Statistik, 2021).

Tanaman lada rentan terinfeksi patogen penyebab penyakit apabila sudah memasuki musim penghujan, sehingga mengakibatkan kerugian bagi petani. Penyakit utama yang menginfeksi tanaman lada yaitu busuk pangkal batang lada (BPBL) yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora capsici*. Gejala yang timbul dari serangan patogen ini adalah layunya pangkal batang yang mengakibatkan terganggunya penyerapan dan transportasi air serta unsur hara ke tanaman, menurunnya hasil produksi hingga tanaman mati dalam waktu yang singkat (Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri, 2007). *P. capsici* sulit dideteksi keberadaannya dan mudah tersebar melalui tanah yang terkontaminasi, bagian tanaman yang sakit, serta terbawa oleh aliran air. Tanaman akan mengalami kerusakan parah apabila infeksi terjadi pada pangkal batang (Semangun, 2000).

Pengendalian BPBL dapat dilakukan secara kultur teknis, hayati, kimia, dan menggunakan varietas tahan. Gejala busuk pangkal batang ataupun tanaman menjadi layu merupakan perkembangan lebih lanjut dari perkembangan penyakit ini yang tidak terdeteksi, karena proses penginfeksi terjadi di dalam tanah, sehingga pengendalian yang dilakukan sering terlambat (Ginting dan Maryono, 2011). Penggunaan bahan kimia secara terus menerus juga memiliki efek negatif terhadap lingkungan serta kesehatan. Oleh karena itu, diperlukannya alternatif pengendalian yang ramah lingkungan, salah satunya penggunaan metabolit sekunder. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. mengandung senyawa seperti antibiotik, enzim, hormon, dan toksin yang mampu mencapai jaringan pembuluh karena terangkut oleh air dan hara, serta dapat menjadi elisitor yang memiliki fungsi dalam ketahanan tanaman terhadap serangan organisme pengganggu tanaman (Harni dkk., 2017). Diharapkan hasil penelitian pengaruh metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi dapat menekan pertumbuhan jamur *P. capsici*, sehingga dapat menekan perkembangan penyakit busuk pangkal batang lada (BPBL).

Berdasarkan hal tersebut maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah jamur *Trichoderma* sp. isolat Margodadi dapat menghambat pertumbuhan jamur *Phytophthora capsici*?
2. Apakah aplikasi metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi berpengaruh dalam menghambat pertumbuhan jamur *Phytophthora capsici*?
3. Apakah aplikasi metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi berpengaruh dalam menekan gejala penyakit yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora capsici* pada daun lada?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui identifikasi jamur *Trichoderma* sp. isolat Margodadi hingga tingkat spesies,
2. Mengetahui pengaruh *Trichoderma* sp. isolat Margodadi terhadap pertumbuhan jamur *Phytophthora capsici*,
3. Mengetahui konsentrasi metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi yang tepat dalam menghambat pertumbuhan jamur *Phytophthora capsici*,
4. Mengetahui pengaruh metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi dalam menekan gejala penyakit yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora capsici* di daun lada.

1.3 Landasan Teori dan Kerangka Pemikiran

Penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan patogen tular tanah *P. capsici* merupakan salah satu faktor yang paling merugikan bagi petani dalam budidaya tanaman lada (Wahyuno, 2009). Jamur *P. capsici* dapat menginfeksi semua fase pertumbuhan tanaman dari fase pembibitan hingga fase produksi. Pengendalian secara hayati menggunakan metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi diharapkan dapat mengurangi penggunaan bahan kimia yang memiliki efek negatif bagi lingkungan dan kesehatan. *Trichoderma* sp. diketahui mampu menghambat perkembangan patogen tanaman. *Trichoderma* merupakan jamur yang bersifat antagonis terhadap banyak patogen pada tumbuhan. Mekanisme sebagai jamur antagonis terhadap jamur patogen berupa mikroparasitisme, antibiosis, dan kompetisi tempat tumbuh serta nutrisi (Kumar and Kaushik 2013; Berlian dkk., 2013).

Salah satu faktor penting yang menentukan aktivitas mikroorganisme antagonis yang mampu mengendalikan jamur patogen adalah memiliki kecepatan pertumbuhan sehingga dapat berkompetisi dengan jamur patogen dalam hal unsur hara dan ruang yang pada akhirnya dapat menekan pertumbuhan jamur patogen.

Trichoderma diketahui mampu tumbuh dengan cepat di berbagai substrat dan memiliki kemampuan kompetisi yang baik dalam hal mendapatkan unsur hara serta ruang untuk pertumbuhan (Sunarwati dan Yoza, 2010). Menurut Howell (2003), *Trichoderma* sp. dapat menghasilkan beberapa metabolit sekunder seperti *lytic enzim* yang dapat mendegradasi dinding sel jamur, *alkyl pyrone* yang merupakan senyawa antijamur yang dapat menghambat perkembangan miselia *Colletotrichum capsici*.

Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. dapat berperan sebagai penghambat perkembangan patogen, karena menghasilkan senyawa volatile dan nonvolatile yang mampu menghambat pertumbuhan miselia dari berbagai fungi. Bahan antifungi yang diproduksi bervariasi tergantung dari isolatnya.

Trichoderma sp. mempunyai potensi untuk memproduksi metabolit sekunder yang mengandung senyawa antibiotik yaitu viridin dan trikomidin, dimana senyawa tersebut bersifat antibiosis (Ardiansyah dkk., 2015). Viridin yang tergolong senyawa steroid yang diisolasi dari *T. viridae* mempunyai kemampuan menghambat perkecambahan spora terhadap beberapa jamur (Chet *et al.*, 2005). Menurut penelitian Harni dkk. (2017), metabolit sekunder *T. amazonicum* LP3 dan *T. virens* LP1 merupakan metabolit terbaik dalam menekan intensitas penyakit Vascular Streak Dieback (VSD) pada bibit kakao, yaitu masing-masing sebesar 81,8% dan 63,2%, lebih tinggi dan sama dengan fungisida kimia (63,6%). Putri dkk. (2018), melaporkan bahwa metabolit sekunder nonvolatile dari *Trichoderma* sp. mampu menghambat *Colletotrichum* sp. sebesar 20,58% dan *Fusarium oxysporum* sebesar 13,02%, sedangkan metabolit sekunder volatile dari *Trichoderma* sp. mampu menghambat *Colletotrichum* sp sebesar 41,11% dan *Fusarium oxysporum* 12,45%.

1.4 Hipotesis

Berdasarkan uraian dari kerangka pemikiran, maka hipotesis yang dapat diajukan sebagai berikut:

1. Jamur *Trichoderma* sp. isolat Margodadi sebagai antagonis mampu menghambat pertumbuhan jamur *Phytophthora capsici* penyebab penyakit busuk pangkal batang lada,
2. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. isolat Margodadi dapat menghambat pertumbuhan jamur *Phytophthora capsici* secara *in vitro*,
3. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. isolat Margodadi dapat menghambat perkembangan gejala penyakit busuk pangkal yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora capsici*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Morfologi Tanaman Lada

Lada (*Piper nigrum* L.) merupakan salah satu tanaman rempah yang terdapat di Indonesia. Tanaman lada berasal dari India dan menyebar ke Benua Asia.

Menurut Plantamor (2016), klasifikasi tanaman lada adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Super Divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub Kelas	: Magnoliidae
Ordo	: Piperales
Famili	: Piperaceae
Genus	: <i>Piper</i>
Spesies	: <i>Piper nigrum</i> L.

Tanaman lada dapat tumbuh dengan baik pada daerah dengan ketinggian mulai dari 0-700 m di atas permukaan laut (dpl). Terdapat dua jenis lada yang dihasilkan yaitu lada putih yang didapatkan dengan cara membuang kulitnya dan lada hitam yang didapatkan dengan tidak membuang kulitnya (Tjitrosoepomo, 1994). Menurut Purseglove (1981), tanaman lada merupakan tanaman tahunan dengan tinggi tanaman mencapai 10 m serta diameter tajuknya hingga 1,5 m. Tajuk tanaman lada memanjat serta berbuku-buku dan melekat pada tiang panjat (ajir) agar memudahkan dalam pemeliharaan dan pemanenan. Bagian-bagian tanaman lada antara lain, akar, batang dan cabang, daun, bunga, buah, dan biji.

Tanaman lada memiliki dua jenis akar yaitu, akar yang tumbuh dari buku di dalam tanah membentuk akar lateral yang berfungsi sebagai penyerap zat makanan dan akar yang tumbuh di atas tanah berfungsi untuk perekat akar. Akar lateral tanaman lada selain bersabut pada bagian bawah batang merupakan akar tunggang. Panjang akar lada berkisar 3-4 m yang berjumlah 10-20 (Yudiyanto, 2016).

Tanaman lada memiliki daun tunggal, tidak berpasangan, berseling, dan tumbuh pada setiap buku dengan warna daun muda yaitu, hijau muda, ungu atau coklat muda dan warna daun tua yaitu, hijau tua mengkilat pada permukaan atas. Daun tanaman lada memiliki bentuk yang bervariasi yakni bulat telur hingga bentuk jantung dengan ukuran panjang daun berkisar 8-20 cm dan lebar berkisar antara 4-12 cm serta panjang tungkai daun 1,8-2,6 cm. Buah lada termasuk buah burni atau buah batu yang memiliki dinding buah yang terbagi atas tiga bagian yaitu lapisan luar (*exocarp*), lapisan tengah (*mesocarp*), dan lapisan dalam (*endocarp*). Bentuk dari buah lada adalah bulat dengan warna hijau tua pada masa muda buah dan berwarna merah pada saat buah lada telah masak. Diameter dari buah lada berkisar 4-6 mm (Purseglove, 1981).

2.2 Bahan Tanam Lada

Petani membutuhkan bahan tanam lada untuk melakukan penanaman baru, penanaman ulang, rehabilitasi, serta penyulaman. Bahan tanam lada yang dapat digunakan yakni berupa sulur panjat, sulur gantung sulur tanah dan sulur buah. Bahan tanam yang sering digunakan yakni sulur panjat dengan ukuran 7 ruas dan menghasilkan buah pada umur 3 tahun. Lada dapat dibudidayakan dengan sistem tanpa tiang panjat atau lada perdu yang dapat mempercepat produksinya pada umur 1 tahun dengan menanam sulur buah. Apabila penanaman dilakukan di lahan maka bahan tanam yang digunakan yakni sulur tanah dan sulur gantung dengan ukuran 7 ruas. Bibit tanam lada yang baik didapatkan dari sulur panjat yang dipotong menjadi setek dua buku (Nengsih dkk., 2016). Setek lada yang didapatkan dari sulur panjat diperoleh dari tanaman lada yang belum berproduksi pada umur fisiologis bahan stek 6-9 bulan, pohon induk dalam keadaan

pertumbuhan yang aktif, tidak berbunga maupun berbuah. Setek yang didapatkan dari sulur yang belum menjadi kayu agar setek yang dihasilkan tidak terlalu tua ataupun terlalu muda. Bahan tanam yang baik untuk bibit sebaiknya berasal dari tanaman yang memiliki pertumbuhan kuat, daunnya hijau tua, tidak menunjukkan gejala kekurangan hara, gejala serangan hama serta penyakit. Bahan tanam ini dapat diambil dari kebun perbanyakan yang telah dipersiapkan atau dapat juga dari kebun produksi yang masih muda (Evizal dan Prasmatiwi, 2019).

2.3 Penyakit Busuk Pangkal Batang Lada (BPBL)

Penyakit busuk pangkal batang lada pertama kali dilaporkan terdapat di pembudidayaan lada di Sekampung (Kampong Pempen), Lampung tahun 1885. Penyakit ini kemudian menyebar ke Kampong Negara Agoeng, Goenoeng Soegih Ketjil, Djabung, dan Negara Batin. Pada tahun 1916, penyakit ini dilaporkan terdapat di Bangka dan Bengkulu, tahun 1929 terjadi di Aceh, tahun 1930 terjadi di Kalimantan Timur dan Pulau Laut, tahun 1931 terjadi di Jawa Barat (Banten dan Pelabuhan Ratu) dan Kalimantan Barat serta Kalimantan Selatan, dan pada tahun 1933 terjadi di Jawa Tengah (Manohara dkk., 2005).

Tanaman lada rentan terhadap patogen, kekeringan, salinitas, dan suhu yang rendah (Lee *et al.*, 2004). Menurut Evizal (2014), dikarenakan harga jual lada yang sering kali mengalami kenaikan, maka petani lada tradisional masih berbudidaya tanaman lada meskipun terkendala serangan hama dan penyakit serta cuaca yang ekstrim. Penyakit BPBL yang disebabkan oleh jamur *P. capsici* dapat menyerang semua bagian tanaman mulai dari akar, pangkal batang, dan daun. Infeksi yang disebabkan patogen ini dapat ditandai dengan busuknya akar dan mahkota, bercak coklat keabu-abuan pada daun, dan bercak yang berwarna hitam pada batang dan buah (Kamoun *et al.*, 2015; Ristaino and Johnston, 1999). Serangan pada akar akan menyebabkan tanaman menjadi layu dan daun akan berubah warna menjadi kuning. Daun layu yang tetap menggantung pada batang akan berubah warna dari kuning menjadi kecoklatan sampai hitam. 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 lembap (Wahyuno dkk., 2007).

Menurut Manohara dkk. (2005), *P. capsici* merupakan jamur tular tanah yang keberadaannya sulit dideteksi dan tersebar secara mudah di dalam tanah. Patogen ini mudah tersebar melalui tanah yang telah terkontaminasi, terbawa oleh aliran air atau bagian tanaman yang sakit. Keadaan lingkungan yang lembap dan suhu berkisar antara 25 °C, spongarium yang masuk dapat langsung berkecambah membentuk zoospora yang memiliki flagela untuk memungkinkan bergerak, pergerakan zoospora ditentukan oleh suhu air. Kemampuan yang dimiliki patogen ini untuk bertahan hidup pada sisa tanaman lada mempunyai peranan penting sebagai sumber inokulum. Propagul dari *P. capsici* bertahan hidup selama 20 minggu di dalam tanah dengan kelengasan 100% kapasitas lapang dan tanpa adanya tanaman inang. Patogen ini dapat bertahan hidup masing-masing selama 11-13 minggu dan 8-10 minggu pada bagian jaringan daun dan batang yang telah terinfeksi (Gambar 1).



Gambar 1. Gejala penyakit busuk pangkal batang lada (Manohara dkk., 2005).

2.4 Pengendalian Busuk Pangkal Batang Lada

Pada dasarnya patogen ini sulit dihilangkan, namun kerugiannya dapat ditekan dengan melakukan budidaya tanaman lada yang tepat dan benar. Pengendalian yang dapat dilakukan antara lain: pengendalian terpadu yakni meliputi meningkatkan keragaan vigor tanaman dengan cara menerapkan budidaya anjuran, menekan perkembangan populasi *P. capsici* menggunakan agensia hayati

yang memiliki sifat antagonis terhadap patogen target seperti *Trichoderma* sp., sedangkan penggunaan fungisida hanya dilakukan sebagai pilihan terakhir apabila perkembangan penyakit semakin parah. Fungisida sintetis dikenal efektif dalam menekan *P. capsici*, namun penggunaannya yang secara berulang dan adaptasi genetik dari jamur ini menyebabkan terjadinya resisten pada patogen penyakit tersebut. Patogen yang resisten ini dapat bertahan di tanah selama bertahun-tahun. Oleh sebab itu, teknik pengendalian yang tidak meninggalkan residu sangat penting digunakan (Wahyuno, 2009).

Menurut Semangun (2000), pengendalian yang dapat dilakukan untuk penyakit busuk pangkal batang lada antara lain; menggunakan varietas tahan, pemakaian mulsa, perbaikan drainase, dan fungisida sintetis. Namun, pengendalian yang dilakukan selama ini belum menunjukkan hasil yang memuaskan. Penginfeksi yang dilakukan oleh jamur ini menyebar secara cepat dalam waktu yang singkat ke setiap bagian dari tanaman lada apabila kondisi lingkungan sekitar tanaman mendukung. Gejala seperti layu pada tajuk tanaman sering sulit dideteksi karena terjadi di bawah permukaan tanah sehingga pengendalian yang dilakukan sering terlambat penanganannya, padahal layu ini dapat diidentifikasi sebagai infeksi dari penyakit tersebut.

2.5 *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. merupakan jamur saprofit yang dapat menyerang jamur patogen lain secara alami dan juga memiliki sifat yang menguntungkan bagi tanaman.

Trichoderma sp. memiliki sifat antagonis atau kemampuan untuk menghambat pertumbuhan jamur patogen penyakit tular tanah (Gusnawaty dkk., 2017).

Trichoderma sp. merupakan jamur yang bersifat parasit dengan menyerang patogen tular tanah untuk mengambil nutrisinya, serta memiliki kemampuan untuk menghambat atau bahkan mematikan jamur patogen. *Trichoderma* sp. memiliki mekanisme terhadap patogen lain yaitu mikroparasit dan antibiosis. Jamur ini memiliki kisaran mikroparasitisme yang luas dan tidak bersifat patogen

bagi tanaman, mudah diisolasi, daya adaptasi luas, dan dapat tumbuh dengan cepat pada berbagai substrat (Purwantisari dan Hastuti, 2009; Arwiyanto, 2003).

Trichoderma sp. dapat memproduksi metabolit sekunder yang memiliki sifat sebagai antibiosis karena memiliki viridin dan trikomidin. Viridin dan trikomidin ini dapat menghambat pertumbuhan atau bahkan dapat mematikan jamur yang lain (Sukanto dkk., 1999). Chet *et al.* (2005) menyatakan bahwa antibiosis adalah mekanisme antagonisme yang melibatkan hasil metabolit penyebab lisis, enzim, senyawa volatile, dan nonvolatile atau toksin yang dihasilkan oleh suatu mikroorganisme. Penelitian lebih lanjut menyatakan bahwa metabolit sekunder yang dihasilkan *Trichoderma* sp. juga memiliki peran penting dalam aktifitas anti jamur, meskipun mikroparasitisme dianggap sebagai mekanisme antagonisme yang utama. Pengendalian menggunakan *Trichoderma* sp. memiliki perbedaan dari masing-masing spesies. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan dalam morfologi dan fisiologinya (Widyastuti dkk., 2006).

Metabolit sekunder merupakan suatu senyawa hasil biosintetik turunan dari metabolit primer yang diproduksi oleh organisme sebagai pertahanan diri dari organisme pegganggu tanaman. Substansi yang dihasilkan oleh organisme melalui metabolisme dasar berfungsi untuk pertumbuhan dan perkembangan organisme yang berkaitan dan disebut sebagai metabolit primer (Motomasa, 1998). Vinale *et al.* (2014), menyatakan metabolit sekunder adalah senyawa alami dengan berat molekul rendah <3000 Da yang dihasilkan oleh mikroorganisme dan tumbuhan melalui sintesis dari metabolit primer. Metabolit sekunder *Trichoderma* spp. menghasilkan senyawa antibiotik, enzim, toksin, dan hormon. Senyawa antibiotik yang dihasilkan oleh *Trichoderma* spp. adalah *viridins*, *kiniginins*, *cytosperone*, *trichodermol*, *manitol*, *2-hidroksimalonate acid*. Enzim yang terkandung dalam metabolit sekunder *Trichoderma* spp. yaitu *protease*, *sululase*, *selobiase*, *kitinase*, dan *1,3-β-glukanase* yang memiliki peranan penting dalam mengendalikan penyakit tanaman (Soetanto, 2008).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Maret hingga bulan November 2021 di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan Jurusan Proteksi Tanaman dan Laboratorium Bioteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cawan petri, bunsen, erlenmeyer 1L, *beaker glass*, *orbital shaker*, *Laminar Air Flow* (LAF), jarum ose, *polybag*, autoklaf, sentrifuse, tabung sentrifuse, tabung mikrosentrifuse, rotamixer, mortar, mikropipet dan tip, pipet tetes, pinset, bor gabus, elektroforesis, *Digi-Doc-Imaging System*, vortex, tube, plastik tahan panas, plastik warp, kertas saring, botol kaca, timbangan, oven, alumunium foil, nampan plastik, kertas label, karet gelang, kain steril, mikrowave, mikroskop, dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah di sekitar perakaran tanaman lada yang terinfeksi *P. capsici*, daun lada sehat, *Trichoderma* sp. isolat Margodadi, media PSA (*Potato Sucrose Agar*), media WTA (Wortel Tomat Agar), media PSB (*Potato Sucrose Broth*), alkohol 70%, larutan buffer, CTAB 2%, *phenol*; *chloroform*; *isoamyl alcohol* (PCI), *chloroform*; *isoamyl alcohol* (CI), isopropanol dingin, larutan buffer TE, *agarose*, *ethidium bromide* (ETBr), *polybag*, air steril, tanah steril, dan *aquadest*

3.3 Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) terdiri dari lima perlakuan yang diulang sebanyak lima kali. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini antara lain; uji antagonis jamur *Trichoderma* sp. isolat Margodadi secara *in vitro*, uji kemampuan metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi dengan perlakuan konsentrasi kontrol, 10%, 20%, 30%, dan 40% secara *in vitro*, serta uji efikasi metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi dengan perlakuan konsentrasi kontrol, 10%, 20%, 30%, dan 40% di daun lada. Hasil yang didapatkan dari setiap pengujian dalam penelitian ini dianalisis menggunakan sidik ragam. Apabila data yang diperoleh berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan uji BNT taraf 5%.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap yaitu identifikasi molekuler jamur *Trichoderma* sp. isolat Margodadi, isolasi *Phytophthora capsici* dari lada, pembuatan media PSA (*Potato Sucrose Agar*), pembuatan media WTA (Wortel Tomat Agar), pembuatan media PSB (*Potato Sucrose Broth*), pembuatan metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi, uji kemampuan *Trichoderma* sp. isolat Margodadi sebagai antagonis terhadap jamur *P. capsici* dan uji kemampuan metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi dalam menghambat pertumbuhan *P. capsici*.

3.4.1 Identifikasi Molekuler Jamur *Trichoderma* sp. Isolat Margodadi

Isolat jamur *Trichoderma* sp. yang digunakan merupakan hasil peremajaan isolat jamur dari daerah Margodadi yang didapatkan dari penelitian sebelumnya. Jamur *Trichoderma* sp. isolat Margodadi 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. Isolat jamur yang telah di subkultur kemudian diidentifikasi sampai tingkat taksa Genus

menggunakan metode bioinformatika (BLAST) secara online. Sikuen gen jamur yang didapat dari proses *sequencing* diterjemahkan terlebih dahulu menjadi kode nukleotida, kemudian sikuen nukleotida tersebut disejajarkan dan dibandingkan dengan data sikuen gen isolat jamur yang terdapat pada databsae Bank Gen NCBI (*National Center for Biotechnology Information*) secara online. Proses *alignment* dari sikuen nukleotida gen isolat jamur menggunakan *tool multiple sikuense alignment* dari software Clustal X dan software MEGA untuk menganalisis filogenik jamur tersebut melalui pohon filogenik.

3.4.2 Isolasi *Phytophthora capsici* dari Lada

Isolasi dilakukan untuk mendapatkan isolat jamur *P. capsici* penyebab penyakit busuk pangkal batang lada yang yang digunakan untuk uji antagonisme dan uji patogenesis. Isolasi dilakukan dari tanah yang diambil dari perakaran lada yang terserang *P. capsici* di Kebun Percobaan Pertanian Cahaya Negeri, Lampung Utara (Gambar 2). Tanah yang terkontaminasi dimasukkan ke dalam *polybag* dan ditanami bibit lada. Daun lada yang menunjukkan gejala terinfeksi *P. capsici* diambil dan diisolasi di Laboratorium Bioteknologi, Pertanian, Universitas Lampung menggunakan media WTA. Langkah identifikasi dilakukan untuk memastikan jamur yang didapatkan merupakan jamur *P. capsici*. Identifikasi dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap koloni yang menunjukkan ciri-ciri *P. capsici* secara makroskopis dan mikroskopis.



Gambar 2. Tanaman lada yang bergejala di Kebun Percobaan Pertanian Cahaya Negeri, Lampung Utara.

3.4.3 Pembuatan Media PSA (*Potato Sucrose Agar*)

Media PSA dibuat dengan menyiapkan bahan-bahan yang terdiri dari 200 g kentang, 20 g gula, 20 g agar batang, 1000 mL *aquadest*, dan asam laktat. Kentang yang telah dikupas dan dipotong dadu kecil dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang berisi 1000 mL *aquadest*, kemudian dipanaskan selama 15 menit menggunakan *microwave*. Ekstrak kentang dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang telah berisi gula dan agar batang. Media disterilkan menggunakan autoklaf pada tekanan 1 atm dan suhu 121 °C selama 15 menit. Setelah media dingin pada suhu ± 45 °C, ditambahkan 1,4 mL asam laktat sebelum media dituang ke dalam cawan petri.

3.4.4 Pembuatan Media WTA (*Wortel Tomat Agar*)

Media WTA dibuat dengan menyiapkan bahan-bahan yang terdiri dari 400 g wortel, 400 g tomat, 20 g agar batang, 3 g CaCO_3 , serta 200 mL *aquadest*. Wortel dan tomat yang telah dibersihkan, kemudian blender hingga menjadi halus. Wortel dan tomat yang telah halus disaring untuk memisahkan sari dan endapannya. Sari wortel dan tomat dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang telah berisi CaCO_3 dan agar batang. Sterilkan media menggunakan autoklaf pada tekanan 1 atm dan suhu 121 °C selama 15 menit. Setelah media dingin pada suhu ± 45 °C, ditambahkan 1,4 mL asam laktat sebelum media dituang ke dalam cawan petri.

3.4.5 Pembuatan Media PSB (*Potato Sucrose Broth*)

Media PSB dibuat dengan menyiapkan bahan-bahan yang terdiri dari 200 g kentang, 20 g gula, asam laktat, dan 1000 mL *aquadest*. Kentang yang telah dikupas dan dipotong dadu kecil dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang berisi 1000 mL *aquadest*, kemudian dipanaskan selama 15 menit menggunakan *microwave*. Ekstrak kentang dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang telah berisi gula. Media disterilkan menggunakan autoklaf pada tekanan 1 atm dan suhu

121 °C selama 15 menit. Setelah media dingin pada suhu ± 45 °C, ditambahkan 1,4 mL asam laktat.

3.4.6 Pembuatan Metabolit Sekunder *Trichoderma* sp. Isolat Margodadi

Trichoderma sp. isolat Margodadi diremajakan dan diinkubasi selama tujuh hari, kemudian diambil 2 cawan petri yang berisikan isolat tersebut dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi media PSB. Homogenkan selama tujuh hari menggunakan *shaker* pada kecepatan 150 rpm dengan suhu ruang (Barakat *et al.*, 2014). Inkubasi dilakukan selama tujuh hari sesuai dengan masa stasioner pada fase pertumbuhan jamur *Trichoderma* sp. (Rakhmawati, 2017). Hasil fermentasi disaring menggunakan kertas saring. Suspensi yang telah diperoleh, kemudian sentrifuse pada kecepatan 4000 rpm selama 15 menit (Harni dkk., 2017). Hasil yang didapatkan berupa supernatan dan endapan. Supernatan tersebut diambil dan disimpan dilemari pendingin hingga pada saatnya nanti digunakan.

3.4.7 Uji Kemampuan *Trichoderma* sp. Isolat Margodadi sebagai Antagonis terhadap Jamur *Phytophthora capsici* secara *in vitro*

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *dual culture* (Gambar 3). Jamur *Trichoderma* sp. isolat Margodadi dan *P. capsici* ditanam berlawanan dengan jarak 3 cm pada cawan petri steril berisikan media PSA dan diinkubasi selama tujuh hari. Persentase penghambatan jamur *Trichoderma* sp. isolat Margodadi terhadap *P. capsici* dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Pada perlakuan kontrol hanya jamur *P. capsici* yang ditanam. Persentase penghambatan dihitung menggunakan rumus (Soenartiningih dkk., 2014) :

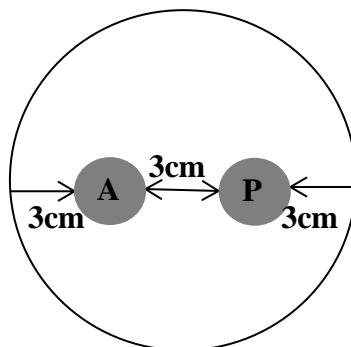
$$PP = \frac{D1-D2}{D1} \times 100\%$$

Keterangan :

PP : Persentase penghambat (%)

D1 : Diameter koloni jamur *P. capsici* tanpa adanya jamur antagonis (Kontrol).

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



Gambar 3. Penempatan jamur antagonis dan jamur patogen dengan metode *dual culture*; A: jamur antagonis; P: jamur patogen.

3.4.8 Uji Pengaruh Metabolit Sekunder *Trichoderma* sp. Isolat Margodadi dalam Menghambat Pertumbuhan *Phytophthora capsici*

Pada uji pengaruh metabolit sekunder *Trichoderma* sp. Isolat Margodadi terdapat dua pengujian yang dilakukan yaitu: uji metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi (metode kultur filtrat) secara *in vitro* dan uji efikasi metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi di daun lada.

3.4.8.1 Uji Metabolit Sekunder *Trichoderma* sp. Isolat Margodadi (Metode Kultur Filtrat) secara *in vitro*

Supernatan dimasukkan ke dalam media PSA yang masih cair (suhu 45 °C) sebanyak 10%, 20% 30%, dan 40%. Setelah media memadat, diinokulasikan jamur patogen pada bagian tengah media PSA sebesar 0,5 cm (Gambar 4) dan diinkubasi selama 7 HSI pada suhu 28 °C (Krihsna dkk., 2016). Persentase hambat pertumbuhan jamur patogen oleh metabolit sekunder jamur antagonis dihitung menggunakan rumus (Shentu *et al.*, 2014) :

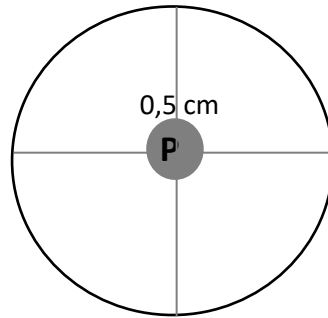
$$P(\%) = \frac{DK-DP}{DK} \times 100\%$$

Keterangan :

P : Persentase penghambatan pertumbuhan jamur patogen

DK : Diameter koloni jamur *P. capsici* pada perlakuan kontrol

DP : Diameter koloni jamur *P. capsici* pada perlakuan



Gambar 4. Penempatan jamur patogen.

3.4.8.2 Uji Efikasi Metabolit Sekunder *Trichoderma* sp. Isolat Margodadi di Daun Lada

Daun lada yang telah dibersihkan secara aseptik, direndam ke dalam metabolit sekunder dengan masing-masing perlakuan konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40%, dan air steril (kontrol) selama 15 menit. Satu bor gabus biakan *P. capsici* ditempelkan pada bagian bawah daun, kemudian selotip agar tidak lepas. Tangkai daun dilapisi dengan kapas yang telah direndam ke dalam air steril. Daun diletakkan ke dalam tampan plastik berisikan tisu yang sudah sedikit dibasahi dan ditutup menggunakan plastik *wrap*. Parameter pengamatan berupa masa inkubasi dan keparahan penyakit. Masa inkubasi adalah waktu yang dibutuhkan patogen untuk melakukan infeksi, dihitung berdasarkan munculnya gejala pertama pada daun yang telah diinokulasi.

Gejala awal berupa titik berwarna coklat kehitaman pada permukaan daun. Gejala nampak 24 jam setelah dilakukannya inokulasi (Manohara, 2007). Pendugaan luas permukaan daun lada diukur menggunakan milimeter blok. Pengamatan yang dilakukan untuk keparahan penyakit adalah mengukur lebar nekrosa yang terbentuk pada setiap daun menggunakan milimeter blok yang diamati dan diukur selama lima hari. Rumus yang digunakan untuk menghitung persentase keparahan penyakit adalah :

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

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. *Trichoderma* sp. isolat Margodadi memiliki kekerabatan dekat dengan *Trichoderma asperellum* berdasarkan analisis menggunakan situs NCBI.
2. *Trichoderma asperellum* isolat Margodadi memiliki kemampuan mengendalikan *Phytophthora capsici* secara *in vitro*.
3. Terdapat aktivitas antifungi metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi terhadap jamur *Phytophthora capsici*. Metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi memiliki penghambatan pertumbuhan *Phytophthora capsici* sebesar 72,53% dengan konsentrasi 40%.
4. Metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi tidak dapat untuk mengendalikan perkembangan gejala penyakit yang disebabkan jamur *Phytophthora capsici* di daun lada.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian pemberian konsentrasi metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi mampu menghambat *P.capsici* pada uji *in vitro*, namun ketika diaplikasikan pada daun lada metabolit sekunder tidak dapat menekan keparahan penyakit akibat serangan *P. capsici*. Hal ini mengindikasikan bahwa metabolit sekunder sebenarnya memiliki potensi sebagai antifungi. Oleh sebab itu, diperlukannya pengujian lebih lanjut terhadap kandungan senyawa yang

terkandung dalam metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat Margodadi dan meneliti lebih lanjut mengenai durasi serta teknik perendaman daun pada metabolit sekunder.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, J.H. 2020. Uji kemampuan metabolit sekunder tiga isolat agensia hayati terpilih untuk menekan busuk pangkal batang lada (*Phytophthora capsici*) secara *in planta*. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung.
- Ainy, E., Ratnayani, dan Susilawati. 2015. Uji aktivitas antagonis *Trichoderma harzianum* 11035 terhadap *Colletotrichum capsici* TCKR2 dan *Colletotrichum* TCK1 penyebab antraknosa pada tanaman cabai. *Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS*. Jawa Tengah.
- Ardiansyah, A., Arri, M., Hamawi, M., dan Ikhwan, A. 2015. Uji metabolit sekunder *Trichoderma* sp. sebagai antimikrobia patogen tanaman *Pseudomonas solanacearum* secara *in vitro*. *Gontor AGROTECH Science Journal*. 2(1): 24-27.
- Arwiyanto, T. 2003. Pengendalian hayati penyakit layu bakteri tembakau. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 3(1): 54-60.
- Ashwini, A., Sharmila, T., Raaga, K., Sri, D.R., and Krishna, M.S.R. 2016. *In vitro* antifungal activity of *Trichoderma* strain on pathogenic fungi inciting hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 8(4): 425-430.
- Astarini, I.A., Ardiana, S.A., Putra, I.N.G., Pertiwi, P.D., Sembiring, A., Yusmalinda, A., and Al Malik, D. 2021. Genetic diversity and phylogenetic of longtail tuna (*Thunnus tonggol*) landed in Pabean Fish Market, Surabaya. *Musamus Fisheries and Marine Journal*. 3(2): 107-115.
- Badan Pusat Statistik. 2021. *Produksi lada*. <https://www.bps.go.id>. Diakses pada 10 Desember 2021.
- Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri. 2007. Hama dan penyakit utama tanaman lada dan pengendaliannya. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 29(4): 5-6.

- Barakat, F.M., Abada, K.A., Abou, N.M., and El-Gammal, Y.H. 2014. Effect of volatile and non volatile compounds of *Trichoderma* spp. on *Botrytis fabae* the causative agent of faba bean chocolate spot. *American Journal of Life Science*. 2(6): 11-18.
- Berlian, I., Setyawan, B., dan Hadi, H. 2013. Mekanisme antagonisme *Trichoderma* spp. terhadap beberapa patogen tular tanah. *Warta Perkaratan*. 32(2). 74-84.
- Chet, I., Benhamou, N., and Haran, S. 2005. Mycoparasitism and lytic enzymes. in Harman GE and Kubicek CP (Eds), *Trichoderma and Gliocladium* Volume 2. Enzymes, biological control and commercial applications. Taylor and Francis London. United Kingdom. pp 153-171.
- Delgado, E.R., Ruiz, J.J.L., Rico, O.M., Velasquez, J.D.C.Q., Mendoza, J.L.H. 2018. Effect of *Trichoderma* on growth and sporangia production of *Phytophthora capsici*. *Journal of Agricultural Science*. 10(6): 8-15.
- Ekowati, N., Suciato, E.T., Muljowati, J.S., dan Dewi, R. 2009. Uji aktivitas antibiosis beberapa isolat *Gliocladium* dan *Trichoderma* terhadap mikroba patogen dengan PH awal fermentasi yang berbeda. *Jurnal Inovasi*. 3(2): 69-77.
- Evizal, R. 2014. *Dasar-dasar Produksi Perkebunan*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 209 hlm
- Evizal, R. dan Prasmatiwi, F.E. 2019. *Agroteknologi Perkebunan Lada Lampung In Revitalisasi Lada Lampung sebagai Komoditas Warisan*. Aura. Bandar Lampung.
- Fety, Khotimah, S., dan Mukarlina. 2015. Uji antagonis jamur rhizosfer isolat local terhadap *Phytophthora* sp. yang diisolasi dari batang langsung (*Lansium domesticum* Corr.). *Jurnal Protobiont*. 4(1): 218-225.
- Fitmawati, A., Suwita, N., dan Sofiyanti, H. 2003. Eksplorasi dan karakteristik keanekaragaman plasma nutfah mangga (*Mangifera*) di Sumatera Tengah. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. pp 307-312.
- Ginting, C. dan Maryono, T. 2011. Efikasi isolat *Trichoderma harzianum* dengan berbagai bahan organik dalam pengendalian penyakit busuk pangkal batang lada. *J.HPT Tropika*. 11(2): 147-156.
- Gusnawaty, H.S., Taufik, M., Bande, L.S.S., dan Asis, A. 2017. Efektivitas beberapa media untuk perbanyakkan agens hayati *Trichoderma* sp. *J.HPT Tropika*. 17(1): 70-76.
- Harni, R., Amaria, W., Syafaruddin., dan Mahsunah, A.H. 2017. Potensi metabolit sekunder *Trichoderma* spp. untuk mengendalikan penyakit vascular

- streak dieback (VSD) pada bibit kakao. *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*. 4(2): 57-66.
- Howell, C.R. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: The History and Evolution of Current Concepts. *Plant Disease*. 87(1): 1-10.
- Jiang, H., Zhang, L., Zhang, Jing-ze., Ojaghian, M.R., and Hyde, K.D. 2016. Antagonistic interaction between *Trichoderma asperellum* and *Phytophthora capsici* *in vitro*. *Journal of Zhejiang University Science B (Biomedicine & Biotechnology)*.17(4): 271-281.
- Kamoun, S., Furzer, O., Jones, J.D.G., Judelson, H.S., Ali, G.S., Dalio, R.J.D., Roy, S.G., Schena, L., Zambounis, A., Panabieres, F., Cahill, D., Ruocco, M., Figueiredo, A., Chen, X.R., Hulvey, J., Stam, R., Lamour, K., Gijzen, M., Tyler, B.M., Grunwald, N.J. Mukhtar, M.S., Tome, D.F.A., Tor, M., Van den Ackerveken, G., McDowell, J., Daayf, F., Fry, W.E., LindqvistKreuze, H., Meijer, H.J.G., Petre, B., Ristaino, J., Yoshida, K., Birch, P.R.J., and Govers, F. 2015. The Top 10 Oomycete Pathogens in Molecular Plant Pathology. *Mol. Plant Pathol.* 16: 413-434.
- Kumar, S., and Kaushik, N. 2013. Metabolites of Endophytic Fungi as Novel Source of Biofungicide: a review. *Phytochemistry Reviews*. 11(4): 507-522.
- Lakshmidivi, N., and Ajith, P.S. 2010. Effect of volatile and non-volatile compound from *Trichoderma* sp. against *Colletotrichum capsici* incitant of Antracnose on bell peppers. *Nature and Science*. 8(9): 265-269.
- Lee, Y.H., Kim, H.S., Kim, J.Y., Jung, M., Park, Y.S., and Lee, J.S. 2004. A new selection method for pepper transformation: callus-mediated shoot formation. *Plant Cell. Rev* 23: 50-8.
- Lubis, K. 2014. Cara pembuatan pohon filogeni. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 20(75): 66-69.
- Manohara, D., Wahyuno, D., dan Noveriza, R. 2005. Penyakit busuk pangkal batang lada dan strategi pengendaliannya. *Jurnal Perkembangan Teknologi Tanaman Rempah dan Obat*. 17: 41-51
- Manohara, D. 2007. Bercak daun *Phytophthora* sebagai sumber inokulum penyakit busuk pangkal lada (*Piper nigrum* L.). *Bul. Litro*. 18(2): 177-187.
- Motomasa, K. 1998. Search for biologically active substance from marine sponges. *In: Prosiding Seminar Bioteknologi I*. Puslit Oseanologi LIPI. Jakarta.

- Nengsih, Y., Marpaung, R., dan Alkori. 2016. Sultur panjat merupakan sumber stek terbaik untuk perbanyak bibit lada secara vegetatif. *Jurnal Media Pertanian*. 1(1): 29-35.
- Pirie, M.D., Vargas, M.B.P., Botermans, M., Bakker, F.T., and Chatrou, L.W. 2007. Ancient paralogy in the cpDNA *trnL-F* region in annonaceae: implications for plant molecular systematics. *American Journal of Botany*. 94(6): 1003-1016.
- Plantamor. 2016. Lada. <http://www.plantamor.com?index.php?plant=1011>. Diakses pada 13 Januari 2021.
- Purseglove. 1981. *Tropical Agriculture Series, Spices. Vol 1*. Longman London and New York.
- Purwantisari, S dan Hastuti, R.B. 2009. Isolasi dan identifikasi cendawan indigenous rhizosfer tanaman kentang dari lahan pertanian kentang organik di Desa Pakis, Magelang. *Jurnal Bioma*. 11(2): 45-53.
- Putri, A.Y., Utami, U., dan Ahmad, M. 2018. Uji aktivitas antifungi dan fitokimia kapang endofit *Trichoderma* sp. terhadap kapang patogen *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium oxysporum* pada tanaman cabai. *skripsi*. Universitas Malik Ibrahim Malang. Malang
- Rakhmawati, E. 2017. Isolasi dan Identifikasi Fungi Endofit dari Buah Daun Strawberry (*Fragaria x ananassa*) Sebagai Penghasil Senyawa Antioksidan. *Skripsi*. UIN Maliki Malang.
- Ristaino, J.B., and Johnston, S.A. 1999. Ecologically based approaches to management of *Phytophthora* Blight on bell epper. *Plant Dis*. 83(12): 1080-1089.
- Semangun, H. 2000. *Penyakit-Penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 835 hlm.
- Shentu, X., Zhan, X., Ma, Z., Yu, X., and Zhang, C. 2014. Antifungal activity of metabolites of the endophytic fungus *Trichoderma brevicompactum* from garlic. *Brazilian Journal of Microbiology*. 45(1): 248-254.
- Simpson, M.G. 2010. *Plant systematics*. Elsevier. Burlington. USA. Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Sukamto, S., dan Junianto, Y.D. 1999. Keefektifan *Trichoderma* sp. sebagai agens pengendalian hayati *Rhizoctonia solani* pada bibit kopi. *Pelita Perkebunan*. 15(2): 120-128.
- Sunarwati, D., dan Yoza, R. 2010. Kemampuan *Trichoderma* dan *Penicilium* dalam menghambat pertumbuhan cendawan penyebab penyakit busuk akar durian (*Phytophthora palmivora*) secara *in vitro*. Balai Penelitian

Tanaman Buah Tropika. Seminar Nasional Program dan Strategi Pengembangan Buah Nusantara.

- Soetanto, L. 2008. *Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman*. Raja Gafindo Persada. Jakarta.
- Soenartiningih., Djaenuddin, N., dan Saenong, M. S. 2014. Efektifitas *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. sebagai agen biokontrol hayati penyakit busuk pelepah daun pada jagung. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 33(2): 129-135.
- Tjitrosoepomo, G. 1994. *Taksonomi Tumbuhan Obat-Obatan*. UGM Press. Yogyakarta.
- Tran, N.Ha. 2010. Using *Trichoderma* spesies for biological control of plant pathogens in Vietnam. *Journal of International Society for Southeast Asian Agricultural Science*. 1(16): 17-21.
- Turnip, A., Efri., dan Prasetyo, J. 2015. Pengaruh perlakuan benih dengan *Trichoderma viride* dan *Pseudomonas fluorescens* terhadap keterjadian penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*) pada berbagai varietas jagung (*Zea mays* L.). *J. Agrotek Tropika*. 3(2): 216-219.
- Verma, R., Dutta, A., Choudhary, A.K., and Maurya, S. 2017. *Trichoderma asperellum*, a potential fungal biocontrol agent againts *Aspergillus niger*. *Journal of Advanced Laboratory Research in Biology*. 8(4): 74-78.
- Vinale F., Sivasithamparam K., Ghisalberti E.L., Nigo M., Marra R., and Lorito M. 2014. *Trichoderma* secondary metabolites active on plants and fungal pathogens. *The Open Mycology Journal*. 8(1): 127-139.
- Wahyuno, D., Manohara, D., dan Susilowati, D.N. 2007. Variasi morfologi dan virulensi *Phytophthora capsici* asal lada. *Buletin Plasma Nutfah*. 13: 16-70.
- Wahyuno, D. 2009. Pengendalian terpadu busuk pangkal batang lada. *Perspektif*. 8(1): 17-29.
- Widi, A. Rita, H., dan Samsudin. 2015. Evaluasi jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan *Rigidoporus microporus* penyebab penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*. 2(1): 51-60.
- Widyastuti, S.M., Sumardi., Irfa., dan Harjono, 2006. Aktivitas penghambatan *Trichoderma* spp. terformulasi terhadap jamur patogen tular tanah secara *in vitro*. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 8: 27-39.

Yudiyanto. 2016. *Tanaman Lada dalam Perspektif Autekologi*. Aura. Lampung.
164 hlm.