

**PENGENDALIAN PATOGEN LAYU *Fusarium oxysporum* DENGAN CENDAWAN
ENDOFIT YANG DIKOMBINASIKAN DENGAN MULSA DAN KOMPOS PADA
TANAMAN CABAI**

**THE CONTROL OF WILT PATHOGEN OF CHILI *Fusarium oxysporum* BY
USING ENDOPHYTIC FUNGI COMBINED WITH MULCH AND COMPOST**

ERMA DEWI

NOMOR POKOK G022191002



SEKOLAH PASCASARJANA

PROGRAM MAGISTER ILMU HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

**PENGENDALIAN PATOGEN LAYU *Fusarium oxysporum* DENGAN CENDAWAN
ENDOFIT YANG DIKOMBINASIKAN DENGAN MULSA DAN KOMPOS PADA
TANAMAN CABAI**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan

Disusun dan Diajukan oleh :

ERMA DEWI

Nomor Pokok G022191002

Kepada

SEKOLAH PASCASARJANA

PROGRAM MAGISTER ILMU HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**PENGENDALIAN PATOGEN LAYU *Fusarium oxysporum* DENGAN CENDAWAN
ENDOFIT YANG DIKOMBINASIKAN DENGAN MULSA DAN KOMPOS PADA
TANAMAN CABAI**

Disusun dan diajukan oleh

ERMA DEWI

NOMOR POKOK G022191002

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

Pada tanggal 03 Februari 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat



Menyetujui

Komisi Penasehat,


Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, DEA
Ketua


Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc
Anggota

Ketua Program Studi
Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan

Dekan Fakultas Pertanian


Prof. Dr. Ir. Nur Amin, Dipl. Ing. Agr


Prof. Dr. Sc. Ir. Baharuddin



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Erma Dewi

Nomor Mahasiswa : G022191002

Program Studi : Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Januari 2021

Yang menyatakan



Erma Dewi

KATA PENGANTAR

Bismillahi Rahmanir Rahim

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. Atas limpahan berkah, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tesis ini. Tak lupa pula penulis kirimkan shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW. atas junjungan mulia bagi seluruh umat islam.

Terselesaikannya tesis ini tidak terlepas dari doa dan bantuan moril maupun material serta kerjasama dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Orang tua tercinta yang tiada henti memberikan doa, pengorbanan, cinta, dan kasih sayang kepada penulis, sehingga penulis tetap semangat mewujudkan cita cita , semoga ketulusan hati Orang tua tercinta diberi balasan pahala dan limpahan rahmat oleh Allah SWT.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Ade Rosmana, DEA selaku Pembimbing I dan Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc. selaku Pembimbing II atas segala keikhlasan, kesabaran dan ketulusannya untuk memberikan bimbingan, motivasi, dan saran kepada penulis mulai dari penyusunan rencana penelitian hingga penyelesaian dari penyusunan tesis ini.
3. Bapak Prof. Sc. Agr. Ir. Baharuddin. selaku penguji bersama Bapak Prof Dr. Ir. Nur Amin, Dipl.,Ing. Agr dan Bapak Prof. Dr. Ir. Amran Muis, M.S atas saran dan masukannya, serta seluruh Bapak dan Ibu Dosen Pengajar yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
4. Kepala Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian Kementerian Pertanian, Kepala Balai Besar Pelatihan Pertanian (BBPP) Batangkaluku, beserta seluruh staf BBPP Batangkaluku, terima kasih banyak atas kesediaannya memberikan ijin belajar kepada penulis untuk melanjutkan studi S2 di Universitas Hasanuddin, Makassar dan mendukung selama penulis menyelesaikan studi.
5. Para Pegawai dan Staf Laboratorium Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Bapak Ardan, Bapak Ahmad Yani, Bapak Kamaruddin. Para pegawai tata usaha fakultas pertanian terutama kepada ibu Asriani, para pegawai *Cleaning service*, Ibu Ani, yang telah banyak membantu penulis sehingga bisa menyelesaikan penelitian dan penyelesaian tesis ini
6. Teman-teman S2 dari angkatan 2018-2019, terkhusus teman seperjuangan S2 di akt. 2019, ada Nur Asia, Ury , Desi, Sudarsono, Syatri dan Patra

7. Nurmasita Ismail, Budi Darma, Andi Iqbal, Supriadi, Fikra, Khusnul dan Heppy yang telah banyak membantu dalam proses penelitian.
8. Bapak Dr. Sabir, S.Pt, M.Si dan Bapak Fredy A.Md yang sudah memberikan izin lahan sayur BBPP Batangkaluku dipakai untuk lokasi penelitian.
9. Suamiku Jumardin dan Anakku Reinniza Zalfa Zhafira yang telah memberikan cinta dan kasih sayang, mendampingi dalam masa sulit, dan masa senang.

Banyak kendala yang dihadapi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, tetapi semua merupakan suatu proses pembelajaran yang sangat berguna dan sebagai modal dimasa yang akan datang. Penulis memohon maaf bila terdapat kesalahan/kekeliruan, Penulis menyambut baik bila ada masukan perbaikan yang baik dari pembaca. Akhirnya Penulis dengan segala kerendahan hati mengucapkan terima kasih, semoga apa yang penulis sajikan dapat memberikan manfaat bagi pembaca, Aamiin.

Makassar, Januari 2021

Penulis

ABSTRAK

ERMA DEWI (G022191002). Pengendalian Patogen Layu *Fusarium oxysporum* dengan Cendawan Endofit yang Dikombinasikan dengan Mulsa dan Kompos pada Tanaman Cabai (Dibimbing oleh ADE ROSMANA dan TUTIK KUSWINANTI).

Cabai merupakan tanaman hortikultura bernilai ekonomis tinggi. Cabai besar (*Capsicum annuum* L.) memiliki potensi komersial yang tinggi dan banyak dibudidayakan oleh petani. Layu *Fusarium* adalah penyakit penting pada tanaman cabai yang disebabkan oleh cendawan *Fusarium oxysporum*. Tujuan penelitian adalah mengetahui efektivitas cendawan endofit yang dikombinasikan dengan mulsa dan kompos terhadap penyakit layu *Fusarium* pada tanaman cabai. Pengambilan sampel tanaman cabai bergejala *F. oxysporum*, dilaksanakan di lahan percobaan Teaching Farm Universitas Hasanuddin Makassar. Identifikasi cendawan endofit, uji biakan ganda, uji endofitik, pemurnian dan perbanyakan cendawan endofit dan *F. oxysporum* dan uji lapangan dilaksanakan di Laboratorium Fitopatologi, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Laboratorium Perlindungan Tanaman dan Lahan Sayur BBPP Batangkaluku, Kecamatan Somba Opu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, mulai April sampai dengan November 2020. Rangkaian kegiatan penelitian adalah: isolasi cendawan endofit berasal dari tanaman cabai sehat, isolasi *F. oxysporum* dari tanaman yang menunjukkan gejala penyakit layu, identifikasi isolat cendawan endofit, uji patogenisitas cendawan *F. oxysporum*, uji biakan ganda (*dual culture*), uji endofitik, perbanyakan starter cendawan endofit pada media biakan beras, pembuatan kompos berasal dari bahan alami yakni: jerami, daun gamal dan daun krinyuh/gulma siam, persiapan lahan penanaman cabai dan aplikasi cendawan endofit di lapangan. Pengujian di lapangan menggunakan Rancangan Acak Kelompok enam perlakuan, masing-masing perlakuan diulang empat kali. Perlakuannya adalah: (1) Kontrol (tanpa cendawan endofit *Trichoderma*, tanpa kompos, tanpa mulsa); (2) Cendawan endofit *Trichoderma*; (3) Cendawan endofit *Trichoderma* + mulsa plastik; (4) Cendawan endofit *Trichoderma* + mulsa jerami; (5) Cendawan endofit *Trichoderma* + mulsa plastik + kompos; dan (6) Cendawan endofit *Trichoderma* + mulsa jerami + kompos. Hasil penelitian menunjukkan, ditemukan tujuh jenis cendawan endofit yang berada di daun, batang dan buah tanaman cabai sehat berasal dari genus *Trichoderma*, *Fusarium*, *Aspergillus* dan *Lasiodiplodia*. Cendawan endofit yang digunakan adalah *Trichoderma* yang memiliki nilai PIGR (Percentage Inhibition of Radial Growth) sebesar 62.5 % dari uji biakan ganda secara invitro menggunakan cendawan patogen *F. oxysporum*. Uji endofit dengan *Trichoderma* menunjukkan bahwa isolat tersebut mampu mengkolonisasi perakaran sebesar 84%, 60% di batang dan 80% di jaringan daun tiga minggu setelah inokulasi melalui akar. Kombinasi perlakuan cendawan endofit *Trichoderma* + mulsa plastik + kompos memberikan nilai insidensi penyakit terendah sebesar 7.42% pada 77 hari setelah tanam dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cendawan endofit *Trichoderma* berpotensi digunakan untuk mengendalikan penyakit layu *F. oxysporum* di lapangan.

Kata Kunci: cabai, *F. oxysporum*, penyakit layu, kompos, jerami

ABSTRACT

ERMA DEWI (G022191002). The Control of Wilt Pathogen of Chili, *Fusarium oxysporum*, by Using Endophytic Fungi Combined with Mulch and Compost (under the supervision of ADE ROSMANA and TUTIK KUSWINANTI).

Chili is a horticultural crop with a high economic value. Red chili (*Capsicum annum* L.) has high commercial value and widely cultivated by farmers. The *Fusarium* wilt is an important fungal disease of chili caused by *Fusarium oxysporum*. The research objective was to determine the effectiveness of an endophytic fungus combined with mulch and compost against *Fusarium* wilt disease of chili plants. Sampling of chili plants contain *F. oxysporum* symptom from Hasanuddin University Teaching Farm experimental field in Makassar. Endophytic fungal identification, dual culture tests, endophytic tests, purification and propagation of endophytic fungus and *F. Oxysporum*, Field tests were held at the Phytopathology Laboratory, Department of Pests and Plant Diseases, Laboratory of Plant and Vegetable Land Protection, BBPP Batangkaluku, Somba Opu District, Gowa Regency, South Sulawesi, from April to November 2020. The series of research activities were: isolation of endophytic fungi from healthy chili plants, isolation of *F. oxysporum* from plants showing wilt disease symptoms, identification of endophytic fungal isolates, testing the pathogenicity of *F. oxysporum*, multiple culture tests (dual culture), endophytic test, multiplication of endophytic fungi starter on rice culture media, composting from natural ingredients: rice straw, gamal leaves and krinyuh/ Siam weed leaves, land preparation for planting chilies and application of endophytic fungi in the field. Field testing used a Randomized Block Design of six treatments, each treatment was repeated four times. The treatments were: (1) Control (without *Trichoderma* endophytic fungi, without compost, without mulch); (2) *Trichoderma* endophytic fungi; (3) *Trichoderma* endophytic fungi + plastic mulch; (4) *Trichoderma* endophytic fungi + rice straw mulch; (5) *Trichoderma* endophytic fungi + plastic mulch + compost; and (6) *Trichoderma* endophytic fungi + rice straw mulch + compost. The results showed that seven types of endophytic fungi were found in the leaves, stems and fruit of healthy chili plants from the genus *Trichoderma*, *Fusarium*, *Aspergillus* and *Lasiodiplodia*. The endophytic fungus of *Trichoderma* has the highest value of PIGR (Percentage Inhibition of Radial Growth) about 62.5% from the in-vitro dual culture test used the pathogenic fungi *F. oxysporum*. Endophytic studies used *Trichoderma* showed the isolates were able to colonize roots about 84%, 60% in stems and 80% in leaf tissue, three weeks after root inoculation. The combination of *Trichoderma* + plastic mulch + compost showed the lowest disease incidence value about 7.42% on 77 days after planting compared to other treatments. The results showed the endophytic fungi *Trichoderma* has the potential to control *F. oxysporum* wilt disease in the field.

Key Words: chili, *F. oxysporum*, wilt disease, compost, rice straw

DAFTAR ISI

	Hal
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	6
1.3 Kegunaan Penelitian	6
1.4 Rumusan Masalah	6
1.5 Hipotesis Penelitian	7
1.6 Kerangka Konsep Penelitian	8
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanaman Cabai Besar	9
2.2 Karakteristik <i>F. Oxysporum</i> penyebab Layu <i>Fusarium</i> Pada Tanaman Cabai Besar	11
2.2.1 Arti Ekonomi dan Gejala Serangan <i>F. Oxysporum</i>	16

2.2.2 Biologi dan Daur Hidup Cendawan Patogen	19
2.3 Cendawan endofit sebagai Agens Pengendali Hayati	20
2.4 Mulsa	24
2.4 Pupuk Kompos	25
2.4.1 Gamal (<i>Gliricidia mucalata</i>) sebagai pupuk organik	26
2.4.2 Daun Krinyuh/ Siam Weed (<i>Chromoleana odorata L.</i>)	28
2.4.3 Jerami (<i>Oryza Sativa</i>)	30
 BAB III. BAHAN DAN METODE	
3.1 Tempat dan Waktu	32
3.2 Bahan dan Alat	32
3.3 Metode Penelitian	33
3.3.1 Isolasi Cendawan Endofit	33
3.3.2 Isolasi Patogen Penyebab Penyakit Layu <i>Fusarium</i>	34
3.3.3 Identifikasi Isolat Cendawan endofit dan Cendawan Patogen	34
3.3.4 Uji Patogenisitas	35
3.3.5 Uji Biakan Ganda	36
3.3.6 Uji Endofitik	36
3.3.7 Perbanyak Starter Cendawan Endofit pada Media Biakan Beras	37
3.3.8 Pembuatan Kompos	38
3.3.9 Persiapan Lahan Penanaman Cabai Besar	39

3.3.10	Aplikasi Cendawan Endofit di Lapangan	39
3.3.11	Penanaman Cabai Merah	40
3.3.12	Peubah pengamatan	41
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil	42
4.1.1	Isolasi Cendawan Endofit dari Tanaman Cabai	42
4.1.2	Isolasi Patogen Penyebab Penyakit Layu <i>Fusarium</i>	44
4.1.3	Uji Patogenisitas	44
4.1.4	Uji Biakan Ganda	46
4.1.5	Uji Endofitik	47
4.1.6	Perkembangan Tanaman Cabai	49
4.2	Pembahasan	54
4.2.1	Isolasi Cendawan Endofit	54
4.2.2	Isolasi Patogen Penyebab Penyakit Layu <i>Fusarium</i>	56
4.2.3	Uji Patogenisitas	59
4.2.4	Uji Biakan Ganda	60
4.2.5	Uji Endofitik	62
4.2.6	Perkembangan Tanaman Cabai	64
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran	72
DAFTAR PUSTAKA		73
LAMPIRAN		81

DAFTAR GAMBAR

No.		Hal
1.	Kerangka pikir penelitian	8
2.	Sketsa garis besar mewakili bentuk <i>F. Oxysporum</i> tertentu dari kultur PDA	13
3.	Layu Fusarium pada tomat yang disebabkan oleh <i>F. oxysforum f.sp lycopersici</i>	16
4.	Bagan percobaan di lapangan	40
5.	Koloni cendawan patogen <i>F. Oxysporum</i> berasal dari tanaman cabai bergejala	44
6.	Gejala serangan Cendawan patogen <i>F. Oxysporum</i> yang menyebabkan penyakit layu	45

DAFTAR TABEL

No.		Hal
1.	Karakteristik Cendawan endofit yang berasal dari tanaman cabai yang sehat	43
2.	Penghambatan pertumbuhan <i>F. Oxysporum</i> oleh cendawan endofit dalam media PDA	47
3.	Kolonisasi <i>Trichoderma</i> pada akar, batang dan daun	48
4.	Insidensi penyakit Layu <i>Fusarium</i> pada daun cabai	49
5.	Efektifitas penghambatan terhadap perkembangan penyakit layu fusarium	51
6.	Insidensi penyakit layu pada buah cabai dan efektifitas penghambatan terhadap perkembangan penyakit layu fusarium	52
7.	Bobot buah cabai besar	53

Daftar Lampiran

1.	Perhitungan Penghambatan Pertumbuhan <i>Fusarium oxysporum</i> oleh Cendawan Endofit	82
2.	Perhitungan Uji Endofitik	91
3.	Perhitungan Insidensi Penyakit <i>Fusarium oxyporum</i> pada Daun	93
4.	Perhitungan Insidensi Penyakit <i>Fusarium oxyporum</i> pada Buah	98
5.	Perhitungan Bobot Buah Cabai Besar	99
6.	Dokumentasi Penelitian	100

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cabai merupakan salah satu tanaman hortikultura yang sangat penting ditinjau dari aspek kuliner dan ekonomi. Umumnya tanaman cabai tumbuh sepanjang tahun di negara yang beriklim tropis. Khusus di Indonesia, banyak sekali jenis masakan Nusantara yang menggunakan bahan baku cabai sebagai salah satu komponen rempah. Cabai mengandung senyawa *capsaicin* yang dapat menimbulkan rasa pedas dan terbakar di lidah sehingga merangsang nafsu makan. Cabai juga dapat dimanfaatkan sebagai makanan untuk meningkatkan kesehatan karena mengandung beberapa mineral yang dibutuhkan oleh tubuh (Soesanto, 2019).

Salah satu jenis cabai yang memiliki potensi ekonomi adalah cabai besar (*Capsicum annum* L.) sehingga banyak dibudidayakan oleh petani. Berdasarkan data yang dihimpun oleh Kementerian Pertanian Republik Indonesia tahun 2019, produksi cabai besar nasional mencapai 1.214,419 ton yang mengalami pertumbuhan dari tahun 2018-2019 sebesar 0,64%. Khusus di daerah Sulawesi Selatan, produksi cabai besar pada tahun 2019 sebesar 21,055 ton, mengalami penurunan sebanyak 21,86% dari tahun sebelumnya. Budidaya tanaman cabai besar selalu menghadapi kendala yang salah satunya adalah penyakit tanaman. Di antara penyakit tanaman tersebut, penyakit busuk basah karena bakteri

Ralstonia solanacearum dan penyakit layu cendawan *Fusarium oxysporum* merupakan penyakit yang sering dijumpai di pertanaman cabai (Musa *et al.*, 2005; Nurzannah *et al.*, 2014). Menurut Agrios (2005) penyakit layu *Fusarium* pada tanaman biasanya disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* yang memiliki lebih dari 120 forma spesialis (f.sp). Umumnya cendawan patogen ini berada di dalam tanah bekas tanaman sakit dalam bentuk miselium maupun klamidospora. Cendawan patogen ini dapat menginfeksi lebih dari 100 spesies tanaman dan menyebabkan penyakit layu pada tanaman cabai di India, Cina, Thailand, dan Indonesia (Ali, 2006).

Cendawan *F. oxysporum* dapat bertahan hidup dalam periode lama di dalam tanah sehingga menyebabkan rotasi tanaman tidak efektif diterapkan pada tanah yang terinfestasi. Cendawan juga dapat menyebar secara cepat melalui sisa tanaman yang mati terinfeksi sehingga pembersihan dan sterilisasi tanah menggunakan pupuk organik cair di akhir musim tanam merupakan hal yang paling penting dilakukan sebelum memasuki musim tanam selanjutnya. Cendawan patogen *F. oxysporum* umumnya menghasilkan gejala antara lain: layu, klorosis, nekrosis, gugur daun, pencoklatan sistem pembuluh, kerdil (*stunting*) dan rebah semai. Kelayuan pada bibit cabai dimulai dari daun tua di bagian bawah kemudian menjalar ke daun yang lebih muda di atasnya. Gejala yang parah menyebabkan matinya bibit cabai (Soesanto, 2019).

Cendawan *F. oxysporum* termasuk ke dalam famili: *Nectriaceae*, Genus: *Fusarium*; Spesies: *Fusarium oxysporum* (CABI, 2019). Cendawan

menghasilkan makrokonidia, mikrokonidia dan klamidospora. Makrokonidia panjangnya 25-35 μ dan lebarnya 3-5 μ , bentuknya melengkung seperti sabit dipisahkan 3-5 septa dengan dinding tipis dan ujungnya yang cukup runcing. Mikrokonidia melimpah dengan panjang 5-12 μ dan lebar 3-5 μ , berbentuk lonjong mengarah ke ellipsoidal, muncul secara tunggal atau berkelompok. Klamidospora atau spora istirahat juga terbentuk dalam jumlah besar di jaringan tanaman yang terinfeksi penyakit layu (Smith, 2007).

Saat ini masih banyak petani melakukan Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) khususnya cendawan dengan menggunakan pestisida sintetis berupa fungisida. Petani selalu menganggap teknik pengendalian menggunakan fungisida yang paling mudah dan efektif diterapkan di lahan yang terinfeksi penyakit layu *Fusarium*. Namun demikian, banyak hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan fungisida sintetis yang kurang bijaksana telah menimbulkan kerugian untuk manusia dan agroekosistem, misalnya mencemari lingkungan tanah dan air. Aplikasi fungisida sintetis secara sembarangan juga telah menyebabkan kematian manusia di seluruh dunia sampai mencapai 40% (Nurzannah *et al.*, 2014).

Metode alternatif pengendalian yang tepat dan perlu segera dilakukan adalah pengendalian yang aman dan ramah lingkungan, salah satunya dengan menggunakan cendawan endofit sebagai agens pengendali hayati. Cendawan endofit merupakan mikroorganisme yang menjalani sebagian besar hidupnya di dalam jaringan tanaman inang dan

tidak menyebabkan gejala penyakit yang jelas (Mei dan Flinn, 2010; Raghavendra dan Newcombe, 2012). Cendawan endofit berpotensi sebagai agens pengendalian hayati yang mampu menekan pertumbuhan patogen secara langsung dengan mekanisme parasitisme, antibiosis, kompetisi nutrisi, penambahan pertumbuhan tanaman dan mekanisme ketahanan terinduksi (Gaziz dan Chaverri, 2010). Menurut Sinaga (1989) ; Nurbailis dan Martinius (2011) sebelum diintroduksikan ke dalam tanah sebaiknya agens hayati diproduksi dalam jumlah besar pada bahan organik yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangannya supaya dapat beradaptasi dengan cepat pada lingkungan yang baru setelah diintroduksikan ke dalam tanah.

Strategi manajemen pengelolaan penyakit saat ini difokuskan pada praktik pengendalian secara biologis, diantaranya adalah eksploitasi kemampuan kompos yang dianggap memiliki potensi dalam menekan penyakit . Kompos merupakan bahan organik yang stabil, berasal dari fermentasi aerobik padat bahan berbeda-beda, termasuk limbah agroindustri atau perkotaan maupun bahan tanaman. Proses pengomposan dapat dicapai untuk bahan tanaman berskala kecil dan besar dalam menghasilkan sumberdaya organik yang dapat digunakan secara luas di bidang pertanian sebagai agens yang dapat meningkatkan kesuburan tanah dan kualitas produksi (Bachtiar *et al.*, 2018).

Kompos yang berasal dari limbah sayuran, buah serta limbah pertanian lainnya yang dapat digunakan dalam mengendalikan penyakit pada mentimun yang disebabkan oleh *Rhizoctonia solani*. Di dalam

beberapa dekade terakhir, kompos juga telah dicobakan secara luas untuk mengendalikan beberapa patogen penyebab layu, patogen penyebab pembusukan tanaman hortikultura termasuk *Sclerotinia* spp., *Pythium* spp., *Verticillium dahlia*, *Fusarium* spp., *R. solani*, *Thielaviopsis* spp. dan *Phytophthora* spp (Bononami *et al*, 2010; pane *et al*, 2013; Ismail, *et al*. 2020).

Salah satu penyebab terjadinya peningkatan status penyakit yaitu terjadinya peningkatan suhu. Secara umum suhu tinggi menyebabkan tanaman stres dan menjadi lebih rentan terhadap serangan *F. oxysporum* (Dong *et al.*, 2016). Di dalam upaya mengurangi suhu udara yang tinggi pada siang hari dan meningkatkan kelembaban tanah, perlu dilakukan modifikasi iklim mikro di sekitar tanaman. Salah satunya adalah penggunaan mulsa, yang bertujuan mencegah kehilangan air, memelihara temperatur dan kelembaban tanah. Aplikasi mulsa merupakan salah satu cara untuk menekan pertumbuhan gulma, memodifikasi keseimbangan air suhu dan kelembaban tanah serta menciptakan kondisi yang sesuai bagi tanaman , sehingga tanaman dapat berkembang dan tumbuh dengan optimal (Ardhona , *et al*. 2013)

Berdasarkan Hal tersebut di atas, maka penelitian ini akan memanfaatkan cendawan endofit yang diisolasi dari tanaman cabai yang dikombinasikan dengan mulsa dan kompos untuk mengendalikan penyakit layu *F. osysporum* pada tanaman cabai besar.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah mengetahui tingkat efektivitas cendawan endofit yang dikombinasikan dengan mulsa dan kompos terhadap penyakit layu *F. oxysporum* pada tanaman cabai besar.

1.3 Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian adalah memperoleh teknologi pengendalian penyakit layu *F. oxysporum* pada tanaman cabai besar dengan menggunakan cendawan endofit yang dikombinasikan dengan mulsa dan kompos.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan yang menjadi acuan dalam melaksanakan penelitian adalah:

1. Apakah ada cendawan endofit yang diisolasi dari pertanaman cabai
2. Apakah cendawan endofit yang diisolasi dari tanaman cabai mampu menekan pertumbuhan *F. Oxysporum* secara invitro
3. Apakah cendawan endofit yang dikombinasikan dengan mulsa dan kompos efektif dalam mengendalikan penyakit layu *F. oxysporum* pada tanaman cabai

1.5 Hipotesis

1. Terdapat cendawan endofit yang diisolasi pada pertanaman cabai
2. Terdapat satu atau lebih cendawan endofit yang mampu menekan pertumbuhan *F. oxysporum* secara invitro
3. Kombinasi cendawan endofit dengan mulsa dan kompos efektif menekan pertumbuhan penyakit layu *F. oxysporum* pada tanaman cabai

1.6 Kerangka Pikir



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annuum* L.)

Cabai besar merupakan salah satu jenis tanaman hortikultura penting dipandang dari berbagai aspek yakni: kuliner dan ekonomi. Harga cabai mengalami fluktuasi dan sangat tergantung pada ketersediaannya di lapangan. Tanaman cabai banyak dibudidayakan di negara tropis di seluruh dunia (Soesanto, 2019). Menurut data dari Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura Kementerian Pertanian Republik Indonesia tahun 2019, produksi cabai besar nasional mencapai 1.214.419 ton yang mengalami pertumbuhan dari tahun 2018-2019 sebesar 0,64%. Di daerah Sulawesi Selatan, produksi cabai besar pada tahun 2019 sebesar 21,055 ton, yang mengalami penurunan sebesar 21,86% dari tahun sebelumnya.

Secara umum, petani telah berpengalaman dalam melaksanakan usaha tani cabai dan memperoleh keuntungan yang layak walaupun sering mengalami kerugian akibat rendahnya harga cabai di pasaran. Penyebab terjadinya fluktuasi harga cabai saat panen adalah: tingginya curah hujan, serangan hama penyakit dan terjadinya bencana alam. Anwaruddin *et al.* (2015) melaporkan bahwa serangga hama yang sering menyerang tanaman cabai adalah: thrips dan kutu putih (*Bemisia tabaci*). Selain serangan serangga hama, terdapat penyakit yang sering menyerang tanaman cabai di pesemaian dan lapangan yakni: penyakit

layu *Fusarium* dan antraknosa. Selain gangguan secara biotik, gangguan abiotik yakni kondisi cuaca yang kurang baik juga sering menyebabkan tanaman tidak mampu memproduksi secara optimal. Beberapa upaya pengendalian hama dan penyakit pada tanaman cabai dilakukan melalui: monitoring secara rutin, penyemprotan pestisida (insektisida dan fungisida), serta penanaman tanaman tepi (*border*) menggunakan tanaman semusim yakni kacang-kacangan dan jagung. Pengendalian hama dan penyakit yang umum dilakukan oleh petani adalah menggunakan pestisida kimiawi yang dijual bebas.

Harga cabai besar di tingkat petani seringkali mengalami fluktuasi karena sangat tergantung pada produksi. Saat produksinya tinggi maka harganya akan jatuh saat dipasarkan karena banyaknya stok dan sebaliknya. Produksi cabai yang rendah umumnya terjadi pada musim hujan (November - Februari) karena sebagian besar sawah ditanami padi. Petani enggan menanam cabai di lahan kering karena karena prediksi risiko gagal panennya besar, biaya produksinya lebih tinggi untuk pengadaan pestisida, produktivitasnya lebih rendah dibandingkan dengan produktivitasnya saat musim kemarau. Permasalahan cabai sebenarnya tidak hanya pada saat harga melonjak tinggi akibat pasokan yang berkurang, tetapi juga pada saat jatuhnya harga cabai akibat melimpahnya pasokan sehingga petani mengalami kerugian cukup besar (Anwaruddin *et al.*, 2015).

3.2 Karakteristik *F. oxysporum* Penyebab Layu *Fusarium* pada Tanaman Cabai Besar

Fusarium merupakan salah satu jenis cendawan patogen yang menyebabkan penyakit pada tanaman pertanian khususnya sayuran, palawija dan buah-buahan. Taksonomi hirarki pada genus *Fusarium* menurut CABI (2019); NCBI (2019) sebagai berikut :

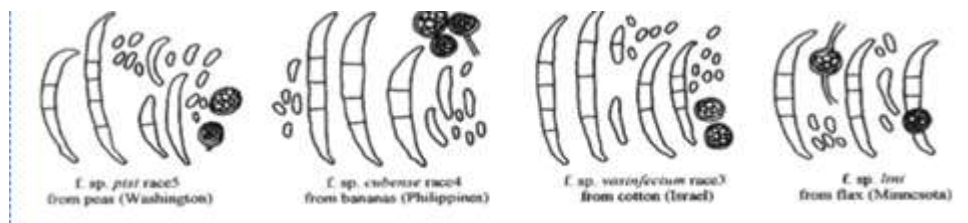
Domain/Super Kingdom	:	<i>Eukaryota</i>
Kingdom	:	<i>Fungi</i>
Filum	:	<i>Ascomycota</i>
Sub filum	:	<i>Pezizomycotina</i>
Kelas	:	<i>Sordariomycetes</i>
Sub Kelas	:	<i>Hypocreomycetidae</i>
Ordo	:	<i>Hypocreales</i>
Famili	:	<i>Nectriaceae</i>
Genus	:	<i>Fusarium</i>
Spesies	:	<i>Fusarium oxysporum</i>

Menurut Sikora (2004) dan Kour *et al.* (2008), epidemiologi penyakit layu *Fusarium* pada cabai dimulai dari adanya cendawan patogen yang dapat bertahan dalam tanah secara bebas karena kemampuannya mengkolonisasi akar tanaman inang dan sejumlah gulma di sekitar tempat tersebut. Dari kolonisasi tersebut, patogen dapat

menghasilkan sejumlah struktur spora yang tahan terhadap lingkungan yang ekstrim. Secara umum cendawan melakukan penetrasi aktif (menggunakan enzim) maupun penetrasi pasif dengan cara masuk ke inang melalui akar yang telah luka akibat benturan mekanis atau digigit serangga tanah. Umumnya penetrasi pasif memberikan kemudahan kepada patogen untuk menginvasi tanaman inang karena telah tersedia pintu masuk. Selanjutnya di dalam jaringan tanaman inang, cendawan patogen mengadakan perbanyakan dan kolonisasi di dalam sistem vaskular. Infeksi karena adanya patogen dapat terjadi setiap waktu selama tanaman hidup dan melaksanakan aktivitasnya. Serangan penyakit mencapai kondisi kritis ketika suhu udara dan tanah berkisar 25 - 32°C. Frekuensi serangan patogen tinggi dan sering ditemukan pada lahan pertanian yang mempunyai sistem drainase yang buruk.

F. oxysporum (*Fo*) memiliki lebih dari 120 forma spesialis (f.sp.). *F. oxysporum capsici* (FOC) merupakan strain yang menyebabkan penyakit layu *Fusarium* pada cabai merah atau cabai besar. Forma spesialis merupakan strain-strain fisiologi yang tidak dapat dibedakan dari strain saprofit pada spesies yang sama tetapi menunjukkan ciri-ciri fisiologi yang berbeda dari segi kemampuannya untuk memarasit inang yang spesifik (Agrios, 2005). Anggota spesies ini menghasilkan makrokonidia dan mikrokonidia. Makrokonidia panjangnya 25-35 μ dan lebarnya 3-5 μ , melengkung, berbentuk sabit dipisahkan oleh septa sebanyak 3-5 buah yang berdinding tipis dan meruncing ke bagian ujung. Cendawan pathogen *F. oxysporum* jarang menghasilkan makrokonidia. Biakannya

berupa massa miselium putih kebanyakan berupa bantalan mikrokonidia yang ditemukan pada beberapa patogen. Cendawan *F. oxysporum* juga menghasilkan mikrokonidia melimpah, panjangnya 5-12 μ dan lebarnya 3-5 μ , bentuknya lonjong cenderung ellips, muncul secara tunggal atau berkelompok sebagai kepala palsu disatukan oleh uap air yang mengering menjadi zat tepung tersebar di miselium. *F. oxysporum* berwarna terang atau berwarna seperti stroma pewarnaan, umumnya ungu-merah, abu-abu kebiruan atau kekuningan. Stroma bersifat *plectochymatic* dan mudah meletus dengan mengeluarkan sklerotia berwarna biru-hitam atau coklat. Cendawan *F. oxysporum* membentuk kladiospora dalam jumlah banyak dan melimpah (Smith, 2007). Bentuk mikroskopik *Fusarium* disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sketsa garis besar mewakili bentuk *F. oxysporum* tertentu dari kultur PDA (pembesaran sekitar 250x) (Smith, 2007).

Cendawan *F. oxysporum* menginfeksi tanaman sehat dengan beberapa cara yakni: menggunakan miselium atau spora yang berkecambah menembus ujung akar tanaman, melalui luka akar, atau akar lateral. Setelah masuk ke dalam jaringan tanaman, miselium cendawan selanjutnya bergerak secara intrasel melalui korteks akar menuju ke pembuluh xylem. Saat miselium *F. oxysporum* berada di xylem,

miselium tetap bertahan di tempat tersebut dan menghasilkan mikrokonidium (spora aseksual). Mikrokonidium dapat masuk ke dalam aliran cairan mengandung nutrisi tanaman dan diangkut menuju ke bagian tanaman yang berada di bagian atas (batang dan daun). Saat aliran cairan tersebut berhenti, mikrokonidium akan berkecambah. Pertumbuhan mikrokonidium terus berlangsung sampai maksimal sehingga spora dan miselium tersebut menyumbat pembuluh vaskular yang mencegah terjadinya penyerapan dan translokasi nutrisi pada tanaman. Jenks dan Ashworth (1999) serta Soesanto (2019) melaporkan bahwa invasi cendawan patogen menyebabkan terjadinya penyumbatan pembuluh vaskular pada tanaman. Dampak serangannya pada tanaman inang adalah: stomata tertutup, terjadi penghambatan berlangsungnya proses transportasi nutrisi yang melibatkan tekanan turgor sehingga daun layu. Daun yang layu kemudian menguning karena kekurangan asupan nutrisi sehingga tidak dapat melaksanakan fotosintesis secara optimal. Cadangan nutrisi yang tersedia di dalam jaringan tanaman telah digunakan oleh patogen untuk memperbanyak keturunannya. Hal ini memicu kematian tanaman secara cepat. Setelah tanaman inangnya mati, cendawan menyerang semua jaringan, menghasilkan spora dan selanjutnya menginfeksi tanaman lain yang berada di pertanaman tersebut dengan memanfaatkan media yang dapat membawa sporanya berpindah ke tempat lain.

Penyakit layu *Fusarium* adalah suatu penyakit pada tanaman yang disebabkan oleh cendawan yang ditularkan melalui tanah (*soil borne*

pathogen) karena spora cendawan ini mempunyai kemampuan bertahan di dalam tanah. Cendawan patogen *F. oxysporum* adalah penyebab penyakit serius yang mengurangi jumlah buah yang dihasilkan oleh tanaman, menurunkan kualitas, dan mengancam kelanjutan produksi cabai besar. Cendawan patogen ini memasuki sistem pembuluh tanaman melalui jaringan akar, selanjutnya menggunakan pembuluh xylem sebagai jalur transportasi untuk menyerang tanaman. Serangan cendawan *F. oxysporum* memperlihatkan gejala layu khas yakni menguning dan gugurnya daun mulai dari bawah sampai ke atas, Secara umum *F. oxysporum* sulit untuk dikendalikan karena mampu bertahan di lahan pertanaman dalam bentuk spora istirahat selama beberapa tahun lamanya (Wongpia dan Lomthaisong, 2010).

Penyakit layu *Fusarium* pertama kali muncul dengan gejala sedikit *vena kliring* di bagian luar daun yang lebih muda, diikuti oleh *epinasty* (gejala terkulai ke bawah) dari daun yang lebih tua (Gambar 3).



Gambar 3. Layu *Fusarium* pada tomat yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*: Tanaman tomat layu di lapangan (A) dan perubahan warna coklat gelap pada jaringan pembuluh sepanjang batang tanaman yang terinfeksi (B). Adanya penyumbatan dan perubahan warna jaringan vaskular pada potongan melintang batang semangka yang terinfeksi *F. oxysporum* f.sp. *niveum* (C), tanaman semangka terinfeksi menimbulkan gejala layu dan mati di lapangan (D) (Agrios, 2005).

Pada tahap pembibitan, tanaman terinfeksi oleh cendawan patogen *F. oxysporum* dapat menjadi layu dan mati setelah gejalanya muncul. Pada tanaman yang lebih tua, *vena kliring* dan *epinasty* daun sering diikuti oleh *stunting*, menguningnya daun bawah, pembentukan akar adventif, layunya daun dan batang muda, defoliasi, nekrosis marginal meninggalkan dedaunan, dan akhirnya kematian seluruh tanaman (Agrios, 2005).

2.2.1 Arti Ekonomi dan Gejala Serangan *F. oxysporum*

Cendawan *F. oxysporum* merupakan patogen penyebab penyakit layu *Fusarium* pada tanaman hortikultura termasuk pertanaman cabai besar di seluruh dunia. Di daerah beriklim tropis, cendawan patogen *F. oxysporum* dapat menyerang secara cepat tanaman cabai besar mulai dari masa perkecambahan sampai menjadi tanaman dewasa. Negara tropis tidak mengenal adanya perbedaan musim yang sangat ekstrim seperti yang dialami oleh negara empat musim. Adanya serangan *F.*

oxysporum yang berlangsung sepanjang tahun menjadi salah satu faktor penting yang menyebabkan terjadinya penurunan produksi cabai. Kerugian akibat penyakit layu *Fusarium* pada tanaman cabai cukup besar dan fluktuasinya berpotensi terjadi sepanjang tahun jika diabaikan kehadirannya. Menurut Rostini (2011), penyakit layu *Fusarium* dapat menyebabkan kerugian dan gagal panen sampai mencapai 50% saat musim hujan. Selain cabai besar, tanaman inang *F. oxysporum* adalah tomat, bawang merah, kacang panjang, cabai rawit, pisang, nanas, dan lain-lain.

Pesemaian sehat bertujuan untuk menghasilkan bibit tanaman yang sehat. Hal ini merupakan faktor yang sangat penting dalam budidaya cabai besar. Jika sejak masa pesemaian tanaman terserang *F. oxysporum* maka tingkat kematian bibit cabai besar dapat mencapai 60-80%. Kerapatan tanaman atau jarak tanam yang digunakan di lapangan akan mempengaruhi populasi tanaman, efisiensi penggunaan cahaya matahari, serta persaingan antar tanaman dalam menggunakan air, unsur hara dan ruang tanam. Jarak tanam cabai merah yang optimum berkisar antara 50-60 cm x 40-50 cm. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan penanaman dengan jarak tanam yang lebih rapat dari 50 cm x 50 cm menyebabkan penurunan hasil cabai per tanaman secara nyata (Balitsa, 2005).

Soesanto (2019) mengemukakan bahwa cendawan *F. oxysporum* dapat bertahan di dalam tanah dengan menempati bagian tanaman yang terinfeksi dan sisa tanaman lainnya saat tidak terdapat tanaman inang di

lapangan. Selain menjadi patogen tular tanah (*soil borne pathogens*), makrokonidia dan mikrokonidia yang dihasilkan oleh cendawan *F. oxysporum* akan terbawa oleh aliran air dan berpindah menyerang tanaman di tempat lain yang jaraknya jauh dari sumber asalnya. Pertanaman serempak dan monokultur semakin mempertinggi serangan *F. oxysporum* karena kelimpahan populasi tanaman inang yang dapat diinfeksi sepanjang waktu.

Orr dan Nelson (2018) serta Mahartha *et al.* (2013) mengemukakan bahwa gejala serangan *F. oxysporum* yang paling cepat dideteksi adalah daun menjadi layu dan berwarna kuning. Daun yang terkulai layu menandakan terjadinya hambatan dalam proses fotosintesis dan transpor nutrisi ke seluruh bagian tanaman. Secara umum invasi cendawan patogen ke dalam tanaman inang sangat mudah terjadi jika tanaman sudah mengalami luka. Adanya luka di perakaran karena terkena benda mekanis (cangkul atau sekop) dapat memicu masuknya patogen ke dalam jaringan tanaman inang. Secara umum intensitas serangan penyakit yang tinggi lazim ditemukan di lahan tidak diberikan perlakuan pupuk organik untuk mematikan patogen atau mikroba merugikan yang berada di tempat tersebut. Biologi patogen tular tanah yang menempati lahan pertanian dalam jangka waktu lama merupakan sumber inokulum penyakit untuk musim tanam berikutnya. Tindakan preventif antisipasi terhadap serangan patogen yang dilakukan sebelum lahan ditanami dengan tanaman budidaya mutlak dilakukan untuk mengurangi terjadinya serangan penyakit layu *Fusarium* sekaligus menghemat biaya produksi lainnya.

2.2.2 Biologi dan Daur Hidup Cendawan Patogen *F. oxysporum*

Secara taksonomi cendawan patogen *F. oxysporum* tergolong dalam: Kingdom: Fungi, Filum: Deutromycota, Kelas: Ascomycetes, Ordo: Hypocreales, Famili: Tuberculariaceae, dan Genus: *Fusarium* (Leslie dan Summerell, 2006). *F. oxysporum* yang tumbuh di dalam media agar PDA (Potato Dextrose Agar) menunjukkan pertumbuhan yang cepat yakni: diameter koloninya lebih dari 2-5 cm setelah 4 hari, dengan warna biakan merah muda, kekuningan atau ungu pucat. Spesies ini hifanya bersekat atau berseptata, menghasilkan 2 macam konidium yakni: mikrokonidium dan makrokonidium. Mikrokonidium berbentuk bulat panjang terdiri atas satu atau dua sel, tidak terletak di dalam rangkaian, dibentuk dari phialid sederhana atau daerah konidiofor lateral yang pendek, dalam jumlah relatif banyak. Makrokonidium berbentuk bulan sabit, berdinding tipis terdiri atas beberapa sel dan mempunyai sel kaki, dibentuk pada miselium udara atau sporodokium. Klamidospora banyak dibentuk secara interkalar atau terminal pada cabang lateral pendek dari miselium, tunggal atau berpasang-pasangan dan dinding klamidospora halus atau kasar. Umumnya membentuk sklerotium, seringkali tidak ada (Leslie dan Summerell, 2006).

Secara umum patogen yang menyerang akar bersifat sebagai patogen tular tanah (*soil borne pathogen*) serta menyebabkan penyakit yang dapat menurunkan kualitas dan kuantitas produksi dari tanaman yang dibudidayakan tersebut. Salvatore *et al.* (2020) menyatakan bahwa di dalam upaya menekan biaya operasional pengendalian penyakit

tanaman serta memutuskan siklus hidup mikroba patogen supaya tidak berpindah ke tempat lain, pengetahuan tentang biologi patogen mutlak dipahami. Gafur (2003) menyatakan bahwa dalam upaya meningkatkan produksi tanaman budidayanya, petani harus mempunyai kemampuan memahami tentang cara berkembang biak, fase rentan patogen, siklus hidupnya dan mekanisme transfer patogen ke tanaman inang sampai menimbulkan penyakit dapat memberikan informasi penting tentang cara pengendaliannya secara berkesinambungan. Demikian pula dengan lingkungan tumbuh tanaman inang mutlak harus dipahami antara lain: kondisi drainase (patogen menyukai lingkungan yang lembab), tekstur tanah, pH, kelembaban, suhu dan faktor abiotik lainnya.

2.3 Cendawan Endofit Sebagai Agens Pengendali Hayati

Endofit adalah mikroorganisme yang sebagian besar hidupnya berada di dalam jaringan tanaman inang dan tidak menyebabkan gejala penyakit yang mematikan inang tersebut. Secara umum, endofit bermanfaat meningkatkan pertumbuhan tanaman inang, meningkatkan serapan hara tanaman, menghambat pertumbuhan patogen tanaman, mengurangi keparahan penyakit, dan meningkatkan toleransi terhadap tekanan lingkungan. Cendawan endofit diketahui dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, biomassa, tinggi tanaman, meningkatkan jumlah anakan dan mempertinggi daya tahan terhadap serangan patogen pada tanaman inang yang ditempatinya (Mei dan Flinn, 2010; Hosseyini-Moghaddam dan Soltani, 2013).

Schulz dan Boyle (2006) menyatakan bahwa dalam interaksi antara mikroba endofit dengan inangnya, mikroba endofit akan mendapat keuntungan berupa adanya pasokan nutrisi, terlindungi dari tekanan lingkungan yang kurang menguntungkan, yang membantu dalam upaya reproduksi dan kolonisasi. Di sisi lain, tanaman inang pada umumnya dapat memperoleh keuntungan berupa adanya induksi ketahanan terhadap berbagai tekanan, baik oleh faktor biotik maupun abiotik, dan juga berpotensi meningkatkan pertumbuhannya dengan cara melalui produksi fitohormon, peningkatan akses terhadap mineral dan nutrisi yang dibutuhkan serta sintesis metabolit antagonistik (Jeffrey *et al.*, 2008; Augusta 2009).

Koloni cendawan endofit menghasilkan enzim untuk menghidrolisis dinding sel ketika berada di permukaan tanaman. Hal ini menyebabkan enzim yang dimiliki oleh cendawan endofit dapat berfungsi menekan aktivitas patogen tanaman secara langsung dan memiliki kapasitas mendegradasi dinding sel cendawan dan oomycetes (Gao *et al.*, 2010). Cendawan endofit berfungsi secara efektif melawan beberapa spesies patogen, dapat bertahan dari infeksi tunggal atau beberapa strain patogen. Cendawan endofit dapat berevolusi yang awalnya berupa cendawan patogen tanaman bersifat lemah selanjutnya beradaptasi menjadi mikroba yang meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen dari lingkungan luar. Terjadinya proses pertahanan tanaman yang terkait dengan keberadaan mikroba endofit dapat dideteksi

melalui peningkatan resistensi dan produksi metabolit sekunder yang ditemukan pada jaringan inang (Gao *et al.*, 2010)

Mekanisme endofit mikroorganisme yakni: bakteri dan cendawan terjadi di dalam organ dan jaringan tanaman yang tidak menimbulkan dampak buruk, tetapi beberapa diantaranya bermanfaat untuk kesehatan tanaman. Endofit meningkatkan pertumbuhan tanaman tidak hanya melalui fiksasi nitrogen, tetapi juga melalui pendekatan lain yakni: mikroorganisme endofit dapat mengatur produksi dan aktivitas hormon pertumbuhan tanaman yakni: auksin, giberelin, sitokinin dan etilen (Mei dan Flinn, 2010).

Pengendalian penyakit secara hayati telah banyak diteliti sebagai salah satu strategi pengendalian penyakit tanaman yang aman untuk lingkungan dan kesehatan manusia. Soesanto (2019) menyatakan bahwa pengendalian hayati untuk penyakit-penyakit yang menyerang tanaman cabai antara lain: dilakukan dengan menggunakan cendawan antagonis, cendawan avirulen, plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) dan cendawan endofit. Nurzannah *et al.* (2014) menambahkan bahwa beberapa genus cendawan endofit yakni: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizoctonia*, *Hormiscium* dan *Geotrichum* berpotensi sebagai agens hayati untuk mengendalikan layu *Fusarium* pada cabai.

Cendawan endofit berpotensi sebagai agens pengendali hayati karena keberadaan cendawan endofit yang sangat beragam dan berlimpah. Cendawan bermanfaat ini ditemukan hidup di tanaman pertanian maupun pada gulma rumput-rumputan. Cendawan endofit

mampu menekan pertumbuhan patogen secara langsung dengan cara melakukan parasitisme secara langsung, antibiosis, kompetisi nutrisi, penambahan pertumbuhan tanaman dan mekanisme ketahanan terinduksi (Gaziz dan Chaverri, 2010). Dolakatabadi *et al.* (2012) menyatakan bahwa cendawan endofit membentuk semacam kait di sekitar hifa patogen sebelum terjadinya penetrasi atau seringkali menghasilkan enzim untuk mendegradasi dinding sel patogen. Mekanisme kerja senyawa anti mikroba dalam melawan patogen dengan cara merusak dinding sel, mengganggu metabolisme sel, menghambat sintesis sel, mengganggu permeabilitas membran sel, menghambat sintesis protein dan asam nukleat sel. Semua aktivitas ini mematikan patogen tanaman secara langsung sehingga tanaman tersebut dapat berproduksi dengan optimal.

Menurut Harman (2006) mekanisme kinerja cendawan endofit *Trichoderma* sp. sebagai agens hayati melalui aktivitas mikoparasitisme (melibatkan aktivitas enzim kitinase dan β -1,3 glukonase), antibiosis dan kompetisi nutrisi maupun ruang terhadap berbagai jenis patogen. Namun demikian, cendawan endofit diketahui memiliki cara kerja lain terkait aktivitas induksi ketahanan tanaman secara sistemik ataupun lokal. Kemampuan *Trichoderma* sp. tersebut diduga terkait kepada kemampuan cendawan untuk memproduksi senyawa bioaktif yang berada dalam lingkup yang sangat terbatas pada patogen ataupun sel tanaman. Secara bersamaan senyawa-senyawa bermanfaat tersebut juga membantu peningkatan pertumbuhan dan serapan hara oleh tanaman. Gaziz and Chaverri (2010) mengemukakan bahwa beberapa strain *Trichoderma*

yakni: *T. harzianum*, *T. stromaticum* dan *T. asperellum* terbukti memiliki dampak antagonis terhadap beberapa penyakit yang disebabkan oleh cendawan. Mekanisme kinerja *Trichoderma* dapat melindungi inangnya melalui parasitisme langsung, antibiotik, persaingan hara, peningkatan pertumbuhan tanaman atau resistensi yang diinduksi sehingga spesies *Trichoderma* dapat dievaluasi sebagai agens pengendali hayati patogen tanaman.

2.4 Mulsa

Penggunaan mulsa bertujuan untuk mengurangi penguapan air tanah terutama pada musim kemarau selain itu aplikasi mulsa juga dapat menekan pertumbuhan gulma, memodifikasi keseimbangan air, suhu dan kelembaban tanah serta menciptakan kondisi yang sesuai bagi tanaman sehingga tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik (Damaiyanti *et al.* 2013).

Mulsa terdiri dari dua jenis yaitu mulsa organik dan mulsa anorganik. Mulsa organik merupakan mulsa yang berasal dari bahan-bahan alami yang mudah terurai salah satunya mulsa jerami yang berfungsi menekan pertumbuhan gulma , mempertahankan agregat tanah dari hantaman air hujan, memperkecil erosi pada permukaan tanah, melindungi tanah dari sinar matahari serta mencegah penguapan air Mulsa anorganik berupa mulsa hitam dan perak , penggunaan mulsa plastik untuk mengendalikan suhu dan menjaga kelembapan tanah serta mengurangi serangan hama dan penyakit (*Ardhona, et al.* 2013)

2.5 Pupuk Kompos

Secara harfiah pupuk organik merupakan pupuk yang terbuat dari bahan alami yang mudah diuraikan oleh mikroorganisme. Weller *et al.* (2002); Sihombing *et al.* (2019) menyatakan bahwa pupuk organik adalah nama untuk semua jenis bahan organik yang berasal tumbuhan dan hewan. Semua bahan tersebut dapat dirombak menjadi hara yang tersedia untuk diserap oleh tanaman budidaya pertanian maupun perkebunan. Pupuk organik tersebut dapat berbentuk padat maupun cair yang digunakan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah yang telah mengalami kerusakan. Selain itu, pupuk organik mudah diuraikan oleh mikroba yang bermukim di dalam tanah maupun sekitar perakaran tanaman. Mikroba dapat membantu meningkatkan kesehatan tanaman sehingga menghasilkan panen yang bagus kualitasnya.

Pemberian pupuk organik dapat meningkatkan populasi dan aktivitas mikroorganisme antagonis yang menguntungkan untuk tanaman seperti *Trichoderma* sp. Kompos merupakan sumber nutrisi yang baik untuk tanaman dan efektif sebagai *carrier agents* pengendali hayati karena memiliki beberapa manfaat yakni: dapat mengembalikan kesuburan tanah, memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah dan sebagai sumber nutrisi untuk mikroba. Kompos dapat menyediakan hormon dan vitamin untuk tanaman, menaikkan pH dari kondisi masam menjadi netral, juga meningkatkan aktivitas mikroba tanah yang hidup di sekitar perakaran tanaman budidaya (Dong *et al.*, 2016).

Bahan organik yang dibuat menjadi kompos berasal dari sisa panen atau limbah tanaman budidaya (jerami, tongkol/batang jagung, *brangkasan* bawang merah dan lain-lain), limbah ternak, limbah industri yang menggunakan bahan pertanian dan limbah kota. Kompos merupakan produk pembusukan dari limbah tanaman dan hewan hasil perombakan oleh cendawan, bakteri dan fauna penghuni tanah lainnya, contohnya cacing tanah. Hasil penelitian Kurnia *et al.* (2019) menemukan bahwa pertumbuhan dan produksi tanaman meningkat karena diberikan pupuk kandang sapi dicampur dengan kompos *Ageratum*. Pupuk kandang mempunyai kemampuan memperbaiki porositas tanah sehingga selalu tersedia air untuk tanaman budidaya dan *Ageratum* berperan sebagai *anti fungal*.

Asra *et al.* (2015) dan Andri *et al.* (2016) menyatakan bahwa sumber bahan organik lainnya berasal dari limbah industri yang menggunakan bahan pertanian adalah: limbah pabrik gula (*molasse*), limbah pengolahan kelapa sawit (tandan kosong), penggilingan padi, limbah bumbu masak, dan sebagainya.

2.5.1 Gamal (*Gliricidia maculata*) Sebagai Pupuk Organik

Tanaman gamal merupakan pohon kecil bercabang banyak, tingginya 2 – 15 m dan diameter batangnya mencapai 15 – 30 m. Batangnya berwarna coklat keabu-abuan, menggugurkan daun pada saat musim kemarau. Daunnya majemuk menyirip ganjil, panjang 15 – 30 cm, bunga pohon gamal sebanyak 25 – 50 kuntum, panjangnya 5 – 12 cm, dengan mahkota bunga putih ungu dan benang sari yang berwarna putih.

Kandungan unsur hara yang dimiliki oleh daun gamal adalah: nitrogen, fosfor, kalium, kalsium dan magnesium. Secara umum daun gamal dimanfaatkan sebagai pupuk kompos untuk memperbaiki struktur tanah dan menahan air dalam tanah (Hasari *et al.*, 2018).

Akar tanaman gamal merupakan penambat nitrogen bebas dari atmosfer. Selain itu akar gamal merupakan pengendali erosi dan menghambat pertumbuhan gulma terutama alang-alang.

Kandungan protein kasar daun gamal berkisar 20,28% – 25,52% dan kandungan nutrisi tercerna sebesar 58,45% – 69,73% (hasil pengujian BPMSP Bekasi 2019, sampel dari kebun BPTU-HPT Pelaihari) menjadikan tanaman ini direkomendasikan untuk diberikan kepada ternak ruminansia. Daun gamal sebagai pakan ternak dapat diberikan sebagai sumber pakan hijauan tunggal. Tanaman ini sangat baik diberikan sebagai pelengkap kebutuhan protein dari ternak yang diberikan pakan rumput. Pemberian daun gamal dianjurkan dalam kondisi sedikit layu untuk mengurangi zat anti nutrisi yang terdapat di dalamnya. Potensi lainnya adalah produksi daun gamal sekitar 200 ton/ha/tahun menjadikan tanaman gamal sangat baik dibudidayakan sebagai sumber protein pakan hijauan untuk ternak. Daun gamal dapat dipanen pada usia tanaman 8 bulan dari penanaman pertama dan pemanenan berikutnya dapat dilakukan setiap 90 – 120 hari . Daun gamal mempunyai kandungan protein yang tinggi sebanyak 23,5% (Hasari *et al*, 2018) Tanaman gamal sangat mudah tumbuh dimanapun termasuk di lahan kritis. Kemampuannya tumbuh subur sepanjang tahun dengan potensi

produksinya tinggi. Tanaman gamal mampu memanfaatkan secara optimal tanah tempat tumbuhnya. Tanaman gamal mudah beradaptasi di daerah yang mempunyai curah hujan tinggi maupun yang rendah sampai daerah yang relatif kering. Cara pembiakan gamal sangat mudah dilakukan menggunakan system perbanyakan vegetatif menggunakan stek batang. Bahan tanaman dipilih yang kulit batangnya berwarna hijau kecoklatan, diameter batang 2 – 5 cm lalu di tanam di tanah gembur.

2.5.2 Daun Krinyuh/ Siam Weed (*Chromolaena odorata* L.)

Pemanfaatan senyawa aktif fitokimia berasal dari tumbuhan adalah solusi terbaik dalam menanggulangi serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Salah satu tumbuhan penghasil fitokimia yang dapat dijadikan kompos adalah daun krinyuh (*C. odorata*). Tanaman ini juga dikenal sebagai Siam weed atau jonga-jonga, merupakan gulma yang berasal dari daerah tropik di daerah Karibia dan Amerika Latin. Meskipun daun krinyuh merupakan tumbuhan yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman budidaya, *C. odorata* memiliki nilai positif karena dapat memberikan manfaat yang cukup besar untuk makhluk hidup. Daun krinyuh berpotensi dijadikan sebagai sumber bahan organik atau kompos karena mengandung unsur nitrogen yang cukup tinggi. Kompos berbahan krinyuh dapat menghambat pertumbuhan mikroba patogen dan meningkatkan kesehatan tanaman (Rizeki, 2016).

Secara umum senyawa metabolit sekunder ini digunakan oleh tumbuhan untuk mempertahankan diri dari serangan serangga

predator, herbivora dan mikroba (Murrinie, 2011). Daun krinyuh (*Chromolaena odorata* = *Eupatorium odoratum*) famili Asteraceae juga dikenal dengan nama Siam weed atau *jonga-jonga* diketahui mengandung senyawa steroid dan flavonoid yang berperan sebagai anti cendawan dan anti bakteri (Hadiroseyani *et al.*, 2005). Di Indonesia, daun krinyuh (*C. odorata*) banyak tumbuh di berbagai habitat (pegunungan, lahan rawa, lahan kering) dan dianggap sebagai gulma. Ekstrak tumbuhan krinyuh (*C. odorata*) yang berperan sebagai senyawa anti-bakteri adalah: alkaloid, flavonoid, glikosida, saponin, tanin dan steroid/triterpenoid yang efektif menghambat pertumbuhan bakteri patogen penyebab penyakit (Prawiradiputra, 2007). Zona hambat yang dihasilkan ekstrak etanol daun krinyuh sangat efektif menghambat *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus spp*, *Eschericia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumonia*, *Proteus spp.*, *Acinetobacter spp.*, dan *Citrobacter spp.* sebanyak 15%.

Biller *et al.* (1993) mengemukakan bahwa senyawa kimia yang dihasilkan oleh krinyuh merupakan senyawa kimia memiliki potensi sebagai anti mikroba. Daun krinyuh juga mengandung senyawa fenol, flavonoid dan tanin yang dapat melindungi sel kulit dari serangan mikroba. Penelitian yang dilakukan oleh Okwu *et al.* (2015) melaporkan kandungan lain yang berasal dari daun krinyuh adalah: senyawa/minyak esensial antara lain: α -pinene, β -pinene, 1,8-cineole, σ -elemene, terpineol, camphene, cymene, linalool, terpinolene dan α -*phallandrene*. Asam lemak bebas yang dapat diidentifikasi adalah: asam

hexanoic (asam caproic), asam *dodecanoic* (asam laurat), asam *decanoic* (asam kaprat) dan asam oktanoat (asam kaprilat).

2.5.3 Jerami (*Oryza sativa*)

Kompos sebagai bahan organik yang berperan sebagai sumber hara untuk tanaman, juga dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Salah satu alternatif sumber bahan organik potensial adalah jerami atau batang padi kering. Selain digunakan sebagai media pembuatan jamur merang, jerami dapat digunakan sebagai mulsa untuk menutup tanaman. Mulsa jerami berpotensi mencegah tumbuhnya gulma, mencegah penguapan air yang berlebihan dan mencegah OPT yang merusak perakaran tanaman (Puspitasari *et al.*, 2019).

Penggunaan mulsa pada penanaman cabai merah merupakan salah satu usaha untuk memberikan kondisi lingkungan pertumbuhan tanaman yang lebih baik, sehingga tanaman dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal. Selama ini dikenal dua macam mulsa yang dapat digunakan untuk penutup tanah yakni: mulsa bahan alami (jerami, daun-daunan) dan mulsa berbahan sintetis (plastik hitam). Warna perak pada mulsa plastik hitam perak mampu mengurangi suhu panas ke dalam tanah sehingga mengurangi penguapan air tanah, serta meningkatkan radiasi matahari yang meningkatkan proses fotosintesis pada tanaman dan mengurangi kelembaban di lingkungan pertanaman. Kondisi ini dapat mengurangi perkembangan penyakit tanaman. Mulsa dapat memperbaiki tata udara tanah dan meningkatkan pori-pori tanah sehingga aktifitas mikroorganisme dapat lebih baik dan menjamin ketersediaan air bagi

tanaman (Puspitasari *et.al.*, 2019). Hasil penelitian Soetiarso *et al.* (2006) menunjukkan bahwa penggunaan mulsa plastik hitam perak dapat meningkatkan jumlah buah sehat per tanaman, bobot buah sehat per tanaman, dan bobot buah sehat per petak secara nyata. Lebih lanjut dilaporkan bahwa penggunaan mulsa plastik hitam perak dapat mengurangi kerusakan tanaman cabai merah karena antraknosa, thrips, tungau, dan menunda terjadinya insiden virus.

Tersedianya unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg dan S) ataupun hara mikro (Zn, Fe, Mn, Co, dan Mo) yang cukup dan seimbang dalam tanah merupakan faktor penting untuk mendapatkan hasil cabai merah yang tinggi dan berkualitas baik. Setiap unsur hara mempunyai peran spesifik di dalam pertumbuhan tanaman. Kebutuhan pupuk untuk penanaman cabai merah sangat bervariasi tergantung pada varietas, jenis lahan, lokasi, musim tanam, dan jenis pupuk yang digunakan (Soetiaso *et al.*, 2006).