

**RESPON PERTUMBUHAN TANAMAN CABAI MERAH BESAR
(*Capsicum annuum* L.) YANG DIINFEKSI JAMUR *Colletotrichum acutatum*
J.H. Simmonds TERHADAP PEMBERIAN PUPUK HAYATI MIKORIZA**

(Skripsi)

Oleh

**DIAH DESMAYANTI
NPM 2017021025**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

RESPON PERTUMBUHAN TANAMAN CABAI MERAH BESAR (*Capsicum annuum* L.) YANG DIINFEKSI JAMUR *Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds TERHADAP PEMBERIAN PUPUK HAYATI MIKORIZA

Oleh

DIAH DESMAYANTI

Cabai merah merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomis cukup tinggi dan dikonsumsi setiap saat. Namun, budidaya cabai merah sering terkendala karena adanya penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum acutatum*. Jamur *C. acutatum* tidak hanya menyerang buah, tetapi juga menyerang batang dan daun tanaman cabai merah. Penggunaan pupuk anorganik dalam jangka waktu yang panjang dapat merusak kesuburan dan struktur tanah. Oleh karena itu, alternatif yang dapat dilakukan untuk meningkatkan pertumbuhan cabai merah yaitu dengan pupuk hayati mikoriza (*Glomus fasciculatum*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman cabai merah yang diinfeksi jamur *C. acutatum* dan mengetahui dosis terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai merah tersebut. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan dosis mikoriza, yaitu 0 g, 5 g, 10 g, 15 g, 20 g, 25 g, dan 30 g. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati mikoriza berpengaruh terhadap tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, indeks stomata, jumlah akar, dan lignifikasi akar tanaman cabai merah yang diinfeksi jamur *C. acutatum*, tetapi tidak berpengaruh terhadap kerapatan stomata dan panjang akar. Dosis pupuk hayati mikoriza sebanyak 25 g (F) merupakan dosis terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai merah yang diinfeksi jamur *C. acutatum*.

Kata kunci: cabai merah, *Colletotrichum acutatum*, dosis, mikoriza

**RESPON PERTUMBUHAN TANAMAN CABAI MERAH BESAR
(*Capsicum annuum* L.) YANG DIINFEKSI JAMUR *Colletotrichum acutatum*
J.H. Simmonds TERHADAP PEMBERIAN PUPUK HAYATI MIKORIZA**

Oleh

DIAH DESMAYANTI

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : RESPON PERTUMBUHAN TANAMAN
CABAI MERAH BESAR (*Capsicum annuum*
L.) YANG DIINFEKSI JAMUR *Colletotrichum*
acutatum J.H. Simmonds TERHADAP
PEMBERIAN PUPUK HAYATI MIKORIZA

Nama Mahasiswa : **Diah Desmayanti**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2017021025

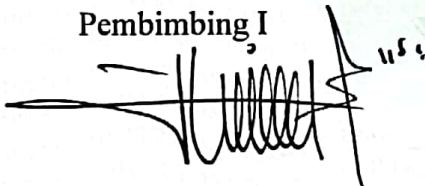
Jurusan/Program Studi : Biologi/ S1 Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I




Dra. Yulianty, M.Si.
NIP. 196507131991032002

Pembimbing II



Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si.
NIP. 196111251990032001

2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung

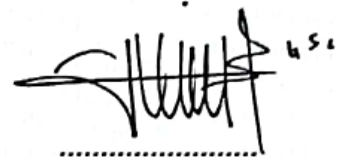


Dr. Jani Master, S. Si., M.Si.
NIP. 198301312008121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua Penguji : Dra. Yulianty, M.Si.



Anggota Penguji : Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si.



Penguji Utama : Dra. Eti Ernawati, M.P.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S. Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 30 April 2024

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Diah Desmayanti
NPM : 2017021025
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam skripsi saya yang berjudul:

**“RESPON PERTUMBUHAN TANAMAN CABAI MERAH BESAR
(*Capsicum annuum* L.) YANG DIINFEKSI JAMUR *Colletotrichum acutatum*
J.H. Simmonds TERHADAP PEMBERIAN PUPUK HAYATI MIKORIZA”**

Baik ide, metode, data, maupun hasilnya adalah benar karya saya sendiri yang saya susun berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Skripsi ini saya susun dengan mengikuti pedoman penulisan dan norma akademik yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terbukti bahwa pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia mempertanggungjawabkannya dan menerima sanksi sesuai tuntutan hukum.

Bandarlampung, 5 Mei 2024
Yang Menyatakan,



Diah Desmayanti
NPM. 2017021025

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kalirejo, Pesawaran pada tanggal 17 Desember 2002 merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari Bapak Sumanto dan Ibu Susanti. Penulis menempuh pendidikan pertama pada tahun 2007 di TK Gotong Royong Purworejo dan menyelesaikannya pada tahun 2009. Selanjutnya penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 2 Purworejo dan menyelesaikannya pada tahun 2015. Penulis menempuh pendidikan tingkat menengah pertama di SMP Negeri 1 Gadingrejo dan menyelesaikannya pada tahun 2018. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan menengah akhir di SMA Negeri 1 Gadingrejo dalam waktu 2 tahun melalui program akselerasi akademik dan menyelesaikannya pada tahun 2020.

Pada tahun 2020, penulis diterima sebagai mahasiswa baru Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menempuh pendidikan di kampus, penulis aktif dalam Unit Kegiatan Kemahasiswaan Fakultas Rohani Islam (UKMF ROIS) FMIPA UNILA sebagai anggota Bidang Hubungan Masyarakat tahun kepengurusan 2020-2021 dan sekretaris Bidang Hubungan Masyarakat tahun kepengurusan 2021-2022. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Biologi Sel, Botani Tumbuhan Rendah, Botani Tumbuhan Tinggi, dan Biologi Perkembangan Hewan.

Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Balai Penerapan Standarisasi Instrumen Pertanian Lampung periode Bulan Januari-Februari 2023 dan telah menyelesaikan laporan praktik kerja lapangan yang berjudul “Respon

Pertumbuhan Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) terhadap Pemberian Pupuk Hayati Bio-TRIBA BT2 di Kebun Percobaan Balai Penerapan Standarisasi Instrumen Pertanian Lampung”. Kemudian, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Bilateral Universitas Lampung, Bengkulu dan KKN SIGER Berjaya di Desa Hurun, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran, Lampung pada Bulan Juni-Agustus 2023.

MOTTO

"Mustahil, jika Allah membawamu sejauh ini hanya untuk gagal."

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan."

(Q.S. Al-Insyirah: 5-6)

"Tetapi boleh jadi kamu tidak menyenangi sesuatu, padahal itu baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal itu tidak baik bagimu. Allah Mengetahui, sedangkan kamu tidak mengetahui."

(Q.S. Al-Baqarah: 216)

"Bahwa semua hal dalam hidup itu terkadang tidak sesuai dengan apa yang kita inginkan. *But sometimes you just gotta deal with it.* Terima kalau ternyata semua rencana yang sudah tersusun rapi itu harus ditunda. Ditunda bukan berarti gagal. Masih ada hari lain untuk merealisasikannya."

(If We Make It Through December)

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan mengucapkan rasa syukur kehadiran Allah SWT. juga shalawat yang senantiasa tercurahkan pada Rasulullah Muhammad SAW.

Saya persembahkan karya kecil ini sebagai cinta kasih, tanda bakti, dan terima kasihku yang terdalam kepada:

Bapak Sumanto dan Mama Susanti

Yang telah merawat dan memberikan kasih sayang tak terhingga, mendoakan di setiap langkah yang saya jalani, memotivasi saya untuk meraih cita-cita, serta senantiasa menjadi tempat ternyaman untuk mencurahkan keluh kesah. Semoga ini menjadi langkah awal dalam membahagiakan Bapak dan Mama di dunia dan manfaatnya menjadi amalan di akhirat.

Saudara Tersayang

Sebagai tanda terima kasih, saya persembahkan karya ini untuk Muhammad Ridwan Dzaki, Aulia Syifa Khairunnisa, dan Bibi Saini. Terima kasih untuk doa, semangat, dukungan, dan motivasi yang diberikan selama saya menempuh pendidikan hingga tercapainya gelar sarjana ini.

Para Bapak dan Ibu Dosen

Yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan segala ilmu-ilmunya dengan ikhlas kepada saya hingga gelar sarjana ini dapat saya raih.

Sahabat dan Teman-teman Biologi Angkatan 2020

Yang telah berjuang sejak awal berada di bangku perkuliahan dan selalu memberikan semangat serta banyak pengalaman.

Almamater Universitas Lampung

Yang memberikan kesempatan kepada saya untuk menimba ilmu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“RESPON PERTUMBUHAN TANAMAN CABAI MERAH BESAR (*Capsicum annuum* L.) YANG DIINFEKSI JAMUR *Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds TERHADAP PEMBERIAN PUPUK HAYATI MIKORIZA”**.

Penyusunan skripsi ini merupakan syarat yang harus dipenuhi untuk dapat mencapai gelar SARJANA SAINS pada Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selama pengerjaan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan baik moril, materi, bimbingan, arahan, serta saran dari berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua, Bapak Sumanto dan Mama Susanti yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan penuh, semangat, serta kepercayaan kepada penulis. Terima kasih Bapak dan Mama atas kasih sayang yang tiada batasnya, terima kasih atas segala pengorbanan yang tidak dapat terbalaskan oleh apapun.
2. Ibu Dra. Yulianty, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang dengan kesabaran memberikan bimbingan, arahan, nasehat, serta semangat untuk Penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Ibu Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing Penulis dengan penuh kesabaran, memberikan arahan, saran,

serta motivasi kepada Penulis mulai dari penyusunan tema, proposal penelitian, hasil penelitian, hingga skripsi ini selesai disusun.

4. Ibu Dra. Eti Ernawati, M.P. selaku Dosen Pembahas yang telah membimbing dan memberikan masukan yang membangun kepada Penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Jani Master, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Ibu Dr. Kusuma Handayani, M.Si. selaku Ketua Program Studi S1 Biologi, Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Bapak Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan, masukan dan motivasi kepada Penulis selama perkuliahan.
9. Seluruh Dosen Biologi FMIPA Universitas Lampung, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama proses perkuliahan sampai penyusunan skripsi.
10. Seluruh staf dan karyawan Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung.
11. Adikku Tersayang, Muhammad Ridwan Dzaki dan Aulia Syifa Khairunnisa. Terima kasih atas semangat dan doa yang diberikan kepada penulis. Tumbuhlah menjadi versi paling hebat Dek!
12. Bibi Saini, Pakle Samingan, Mas Ferry, dan Alm. Om Man yang telah mendoakan dan memberi dukungan kepada penulis.
13. Sahabat sekaligus teman seperjuangan, Hana Nur Qolbi dan Mutiara Citra Dwi Lestari yang tak hentinya memberikan dukungan, bantuan dan semangat kepada penulis dari penyusunan skripsi. Terima kasih sudah berbagi banyak kebahagiaan dengan penulis selama masa perkuliahan ini.
14. Evita Wulandari, Nabela Harfiani, Indah Ayu Lestari, Oktavia Nanda Putri, Hendro Prasetyo Subakti, dan Solihah yang telah banyak membantu, memberi dukungan, serta menjadi teman belajar Penulis selama kuliah.

15. Kakak tingkat terbaik, Kak Kika Monica yang telah memberikan bantuan dan dukungan dari awal masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi. Kak Mahfud Sidik yang telah memberikan bantuan dalam penelitian.
16. Raihana Sylvania Anjenita, Putri Zhafira Az-zahra, dan Muhamad Rafiq yang selalu ada di setiap proses yang penulis lewati dari SMA hingga saat ini.
17. Kabinet Benih Kebaikan ROIS FMIPA UNILA Tahun 2022, terima kasih atas pengalaman yang berkesan.
18. Teman-teman KKN Bilateral Universitas Lampung, Bengkulu dan KKN SIGER Berjaya di Desa Hurun (Anggun Nur Hidayah, Silvia Amanda Putri, Shintia Nur Salsabilla, Hasna Wida Saifana, Griselda Dante Anindya, Fathurrahman Syafe'i, dan Reynaldi Febriyan Haholongan). Terima kasih atas kebaikan, suka-cita dan kenangannya selama 40 hari bersama.
19. Adik-adik Biologi angkatan 2021 dan 2022 atas dukungan dan doa'nya.
20. Seluruh teman-teman Biologi angkatan 2020 atas kebersamaan dan dukungannya.
21. Serta semua pihak yang terlibat yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca, baik dari segi pendidikan maupun ilmiah. Atas perhatiannya penulis ucapkan terima kasih.

Bandarlampung, 5 Mei 2024

Penulis,



Diah Desmayanti

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	4
1.4 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Biologi Tanaman Cabai Merah (<i>Capsicum annum</i> L.)	6
2.1.1 Morfologi.....	6
2.1.2 Syarat Tumbuh.....	7
2.1.3 Manfaat.....	8
2.2 Pupuk Hayati Mikoriza	8
2.3 Penyakit Antraknosa	11
2.4 Pertumbuhan	13
2.5 Anatomi Akar.....	14
2.6 Anatomi Daun	14
1.6.1 Sel Epidermis.....	15
1.6.2 Stomata	15
III. METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	17
3.2 Alat dan Bahan.....	17
3.3 Rancangan Penelitian.....	18
3.4 Prosedur Penelitian	18
3.4.1 Pembuatan <i>Media Potato Dextrose Agar</i> (PDA).....	18
3.4.2 Peremajaan Isolat Jamur <i>C. acutatum</i>	19
3.4.3 Perkecambahan Cabai Merah	19
3.4.4 Penanaman Bibit Cabai Merah.....	19
3.4.5 Pemberian Pupuk Hayati Mikoriza	19
3.4.6 Inokulasi Jamur <i>C. acutatum</i>	20

3.5 Pengamatan	20
3.5.1 Tinggi Tanaman	20
3.5.2 Jumlah Daun	20
3.5.3 Diameter Batang	20
3.5.4 Karakteristik Anatomi Daun	21
3.5.5 Jumlah Akar	21
3.5.6 Panjang Akar	22
3.5.7 Lignifikasi Akar	22
3.6 Analisis Data	22
3.7 Diagram Alir Penelitian	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil	24
4.1.1 Tinggi Tanaman	24
4.1.2 Jumlah Daun	26
4.1.3 Diameter Batang	28
4.1.4 Indeks Stomata	29
4.1.5 Kerapatan Stomata	30
4.1.6 Jumlah Akar	33
4.1.7 Panjang Akar	35
4.1.8 Lignifikasi Akar	36
4.2 Pembahasan	38
4.2.1 Tinggi Tanaman	38
4.2.2 Jumlah Daun	39
4.2.3 Diameter Batang	42
4.2.4 Indeks Stomata	43
4.2.5 Kerapatan Stomata	44
4.2.6 Jumlah Akar	44
4.2.7 Panjang Akar	45
4.2.8 Lignifikasi Akar	46
V. SIMPULAN DAN SARAN	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	60

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) rata-rata tinggi tanaman cabai merah umur 7, 14, 21, dan 28 HST akibat perlakuan dosis pupuk hayati mikoriza dan infeksi jamur <i>C. acutatum</i>	24
2. Uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) rata-rata jumlah daun tanaman cabai merah umur 7, 14, 21 dan 28 HST akibat perlakuan dosis pupuk hayati mikoriza dan infeksi jamur <i>C. acutatum</i>	26
3. Uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) rata-rata diameter batang tanaman cabai merah umur 28 HST akibat perlakuan dosis pupuk hayati mikoriza dan infeksi jamur <i>C. acutatum</i>	28
4. Uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) rata-rata indeks stomata tanaman cabai merah umur 31 HST akibat perlakuan dosis pupuk hayati mikoriza dan infeksi jamur <i>C. acutatum</i>	29
5. Uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) rata-rata kerapatan stomata tanaman cabai merah umur 31 HST akibat perlakuan dosis pupuk hayati mikoriza dan infeksi jamur <i>C. acutatum</i>	31
6. Uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) rata-rata jumlah akar tanaman cabai merah umur 33 HST akibat perlakuan dosis pupuk hayati mikoriza dan infeksi jamur <i>C. acutatum</i>	32
7. Uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) rata-rata panjang akar tanaman cabai merah umur 33 HST akibat perlakuan dosis pupuk hayati mikoriza dan infeksi jamur <i>C. acutatum</i>	34
8. Uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) rata-rata lignifikasi akar tanaman cabai merah umur 33 HST akibat perlakuan dosis pupuk hayati mikoriza dan infeksi jamur <i>C. acutatum</i>	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tanaman cabai merah.....	7
2. Akar tanaman cabai rawit yang terkolonisasi mikoriza. Keterangan: 1) spora dan 2) vesikel	11
3. Variasi warna koloni <i>Colletotrichum acutatum</i> penyebab antraknosa cabai tampak atas/bawah.....	12
4. Morfologi mikroskopis jamur <i>C. acutatum</i> dengan mikroskop cahaya perbesaran 100x	12
5. Anatomi akar <i>C. annuum</i> dengan sistem vaskular simetri radial.....	14
6. Sel epidermis abaksial daun <i>C. annuum</i> L. menunjukkan stomata anisositik dikelilingi oleh tiga sel tetangga (1-3). Skala bar: 20 μm	15
7. Tata letak penelitian	18
8. Diagram Alir Penelitian	23
9. Grafik pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza terhadap tinggi tanaman cabai merah umur 7 dan 14 HST (belum diinfeksi <i>C. acutatum</i>) serta 21 dan 28 HST (sudah diinfeksi <i>C. acutatum</i>)	26
10. Grafik pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza terhadap jumlah daun tanaman cabai merah umur 7 dan 14 HST (belum diinfeksi <i>C. acutatum</i>) serta 21 dan 28 HST (sudah diinfeksi <i>C. acutatum</i>)	27
11. Pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza dan infeksi jamur <i>C. acutatum</i> terhadap diameter batang tanaman cabai merah umur 28 HST	29
12. Pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza dan infeksi jamur <i>C. acutatum</i> terhadap indeks stomata tanaman cabai merah umur 31 HST	30

13. Pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza dan infeksi jamur <i>C. acutatum</i> terhadap kerapatan stomata tanaman cabai merah umur 31 HST	31
14. Jaringan epidermis dan stomata sisi abaksial daun <i>Capsicum annuum</i> L. yang diinfeksi jamur <i>C. acutatum</i> . Perbesaran 400x. Bar: 20 µm.....	32
15. Pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza dan infeksi jamur <i>C. acutatum</i> terhadap jumlah akar tanaman cabai merah umur 33 HST	34
16. Perbandingan jumlah akar tanaman cabai merah umur 33 HST akibat perlakuan dosis pupuk hayati mikoriza dan infeksi <i>C. acutatum</i>	34
17. Pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza dan infeksi jamur <i>C. acutatum</i> terhadap panjang akar tanaman cabai merah umur 33 HST	35
18. Perbandingan diameter lignifikasi akar <i>Capsicum annuum</i> L. akibat pemberian pupuk hayati mikoriza dan infeksi jamur <i>C. acutatum</i> . Perbesaran 40x. Bar: 200 µm.....	37
19. Pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza dan infeksi jamur <i>C. acutatum</i> terhadap lignifikasi akar tanaman cabai merah umur 33 HST	37
20. Perkecambah benih cabai merah di petridisk	80
21. Penimbangan pupuk hayati mikoriza.....	80
22. Pupuk hayati mikoriza (BIORISA) jenis <i>G. fasciculatum</i>	80
23. Persiapan media tanam bibit cabai merah.....	81
24. Tata letak penelitian	81
25. Pindah tanam dan pemberian pupuk hayati mikoriza	81
26. Peremajaan isolat jamur <i>C. acutatum</i>	82
27. Isolat jamur <i>C. acutatum</i>	82
28. Inokulasi jamur <i>C. acutatum</i> pada tanaman cabai merah umur 15 HST	82
29. Penyungkupan menggunakan plastik transparan selama 2 hari.....	82
30. Tanaman cabai merah yang menunjukkan gejala infeksi <i>C. acutatum</i>	83
31. Daun cabai merah yang menunjukkan gejala infeksi <i>C. acutatum</i>	83
32. Pengamatan anatomi akar dan daun tanaman cabai merah.....	83

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil Analisis Data Tinggi Tanaman Cabai Merah pada 7 HST.....	60
2. Hasil Analisis Data Tinggi Tanaman Cabai Merah pada 14 HST.....	61
3. Hasil Analisis Data Tinggi Tanaman Cabai Merah pada 21 HST.....	63
4. Hasil Analisis Data Tinggi Tanaman Cabai Merah pada 28 HST.....	65
5. Hasil Analisis Data Jumlah Daun Tanaman Cabai Merah pada 7 HST	67
6. Hasil Analisis Data Jumlah Daun Tanaman Cabai Merah pada 14 HST	67
7. Hasil Analisis Data Jumlah Daun Tanaman Cabai Merah pada 21 HST	68
8. Hasil Analisis Data Jumlah Daun Tanaman Cabai Merah pada 28 HST	69
9. Hasil Analisis Data Diameter Batang Tanaman Cabai Merah pada 28 HST	71
10. Hasil Analisis Data Indeks Stomata Tanaman Cabai Merah pada 31 HST	73
11. Hasil Analisis Data Kerapatan Stomata Tanaman Cabai Merah pada 31 HST	75
12. Hasil Analisis Data Jumlah Akar Tanaman Cabai Merah pada 33 HST.....	75
13. Hasil Analisis Data Panjang Akar Tanaman Cabai Merah pada 33 HST.....	77
14. Hasil Analisis Data Lignifikasi Akar Tanaman Cabai Merah pada 33 HST	77
15. Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	80

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cabai merah (*Capsicum annuum* L.) termasuk dalam anggota suku Solanaceae. Cabai merah banyak dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia. Cabai merah merupakan komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomis cukup tinggi dan dikonsumsi setiap saat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2021), konsumsi cabai merah oleh sektor rumah tangga tahun 2021 mencapai 596,14 ribu ton, naik sebesar 8,49% (46,67 ribu ton) dari tahun 2020. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan cabai merah terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan perkembangan industri makanan yang membutuhkan cabai merah sebagai bahan bakunya. Selain itu, sebagian masyarakat Indonesia juga memanfaatkan tanaman cabai merah sebagai obat tradisional seperti obat sakit gigi, bisul dan luka (Ahmad dkk., 2021; Elfi dkk., 2022).

Kendala utama dalam budidaya cabai merah yaitu adanya infeksi jamur *Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds. Jamur *C. acutatum* tidak hanya menyerang buah, tetapi juga menyerang batang dan daun tanaman cabai merah. Hal ini menyebabkan pertumbuhan tanaman cabai merah menjadi terganggu. Alfia dan Haryadi (2022), melaporkan bahwa gejala awal infeksi *Colletotrichum* sp. pada daun cabai merah ditandai dengan adanya bercak kecil berwarna coklat kehitaman dengan bagian tengah berwarna putih. Menurut Firdhausi (2014), gejala infeksi *C. acutatum* pada buah cabai merah yaitu berupa bercak-bercak coklat yang semakin lama semakin melebar, kemudian buah akan mengerut dan akhirnya mengering dengan warna kehitaman dan rontok.

Upaya untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai merah dapat dilakukan dengan menggunakan pupuk anorganik. Penggunaan pupuk anorganik dalam jangka waktu yang panjang dapat berdampak buruk terhadap kesuburan dan struktur tanah. Selain itu, penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan juga dapat menjadi toksik bagi tanaman, mengganggu mikroorganisme dalam tanah dan menghambat pembusukan bahan organik (Purba dkk., 2021). Oleh karena itu, alternatif yang dapat dilakukan untuk mencegah dampak buruk penggunaan pupuk anorganik yaitu dengan penggunaan pupuk hayati mikoriza.

Penggunaan pupuk hayati mikoriza merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman cabai merah. Menurut Dwinda dkk. (2018), keberadaan hifa mikoriza dalam pupuk mampu memperluas serapan air dan hara dalam tanah, sehingga serapan air dan hara menjadi lebih besar. Mikoriza merupakan asosiasi antara cendawan tertentu dengan akar tumbuhan tingkat tinggi membentuk simbiosis mutualisme. Cendawan mikoriza memperoleh fotosintat dari tanaman inang untuk pertumbuhan hifanya, sedangkan tanaman inang memperoleh unsur hara akibat penetrasi hifa mikoriza pada akar tanaman inang (Sumiati dan Gunawan, 2006).

Salah satu mikoriza yang berasosiasi dengan tanaman cabai adalah *Glomus*. Penelitian sebelumnya telah melaporkan bahwa pemberian pupuk hayati mikoriza *Glomus* spp. dengan dosis 6 g sudah mampu menghasilkan pertumbuhan cabai rawit yang baik di tanah pasir (Adetya dkk., 2018). Selanjutnya hasil penelitian Matondang dkk. (2020), menunjukkan bahwa campuran mikoriza *Glomus mosseae* dan *Gigaspora* sp. dengan dosis 10 g/tanaman merupakan kombinasi terbaik untuk pertumbuhan tanaman cabai. Menurut Rosita (2021), aplikasi pupuk hayati mikoriza (BIORISA) yang mengandung spora *Glomus fasciculatum* yaitu sebanyak 20-25 g/500 g media tanam. Penggunaan BIORISA paling efektif pada saat tanaman masih berada di pembibitan.

Peran mikoriza *Glomus* terhadap ketahanan tanaman juga telah dilaporkan. Soenartiningih (2012), melaporkan bahwa *Glomus* sp. berpotensi menekan penyakit busuk pelepah pada tanaman jagung yang disebabkan oleh jamur *Rhizoctonia solani* mencapai 21,9% - 40,98%. Inokulasi FMA *Glomus* spp. juga mampu menurunkan infeksi *Fusarium oxysporum* Schlecht et Fr. pada tanaman cabai rawit sebesar 3,36% pada 30 HSI. Penurunan infeksi jamur ini diduga disebabkan oleh ketahanan yang terjadi secara langsung berupa terbentuknya lignifikasi pada bagian sel endodermis akar akibat kolonisasi FMA (Raisani dkk., 2020). Menurut Soelistijono (2013), anggrek yang diimbis oleh mikoriza mengalami peningkatan aktivitas enzim peroksidase. Peningkatan aktivitas enzim peroksidase akan memacu terjadinya lignifikasi. Enzim peroksidase merupakan salah satu PR-protein (*Pathogenesis Related-protein*) dari golongan PR-9 yang terakumulasi ketika tanaman terkolonisasi oleh mikoriza atau terinfeksi oleh patogen. Enzim peroksidase adalah enzim kunci yang berpartisipasi dalam polimerisasi tiga jenis utama monomer (*sinapyl alcohol*, *coniferyl alcohol* dan *p-coumaryl alcohol*) menjadi polimer berupa lignin. Keberadaan lignin tersebut mampu membentuk penghalang dasar terhadap penetrasi patogen dan mengurangi infiltrasi enzim jamur dan racun ke dalam dinding sel tanaman (Liu *et al.*, 2018).

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai respon pertumbuhan tanaman cabai merah besar (*Capsicum annuum* L.) yang diinfeksi jamur *Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds terhadap pemberian pupuk hayati mikoriza.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai merah (*C. annuum* L.) yang diinfeksi jamur *C. acutatum*.

2. Mengetahui dosis pupuk hayati mikoriza yang terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai merah (*C. annuum* L.) yang diinfeksi jamur *C. acutatum*.

1.3 Kerangka Pemikiran

Cabai merah merupakan tanaman yang memiliki nilai ekonomis cukup tinggi dan dikonsumsi setiap saat. Konsumsi cabai merah tertinggi berasal dari sektor rumah tangga. Selain sebagai bumbu masakan, sebagian masyarakat Indonesia juga memanfaatkan tanaman cabai merah sebagai obat tradisional. Saat ini kendala utama dalam budidaya tanaman cabai merah adalah infeksi oleh *C. acutatum*. Infeksi *C. acutatum* tidak hanya menyerang buah, tetapi juga batang dan daun tanaman cabai merah. Hal ini menyebabkan pertumbuhan tanaman cabai merah menjadi terganggu.

Salah satu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai merah yaitu dengan pemupukan menggunakan pupuk anorganik. Penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan dapat merusak kesuburan dan struktur tanah. Pemberian pupuk hayati mikoriza merupakan alternatif untuk mencegah dampak buruk penggunaan pupuk anorganik. Selain itu, pupuk hayati mikoriza juga mampu meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen. Pemberian pupuk hayati mikoriza yang mengandung spora *Glomus* spp. mampu menghasilkan pertumbuhan terbaik tanaman cabai rawit di tanah pasir. Inokulasi FMA *Glomus* spp. juga mampu menurunkan infeksi *F. oxysporum* Schlecht et Fr. pada tanaman cabai rawit.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui respon pertumbuhan tanaman cabai merah besar yang diinfeksi jamur *C. acutatum* terhadap pemberian pupuk hayati mikoriza. Dosis pupuk hayati mikoriza yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0 g, 5 g, 10 g, 15 g, 20 g, 25 g, dan 30 g.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

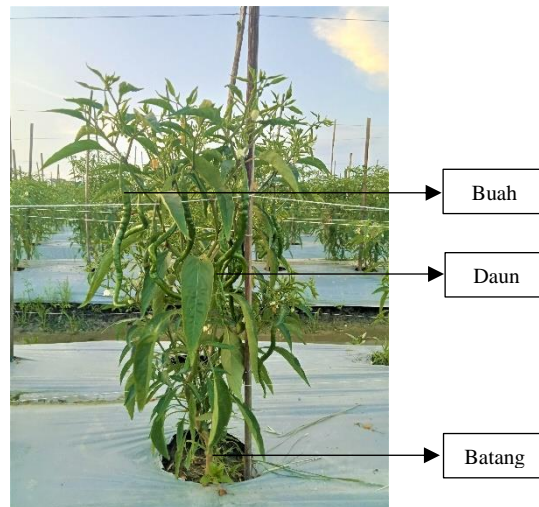
1. Pemberian pupuk hayati mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai merah (*C. annuum* L.) yang diinfeksi jamur *C. acutatum*.
2. Terdapat dosis terbaik pupuk hayati mikoriza untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai merah (*C. annuum* L.) yang diinfeksi jamur *C. acutatum*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.)

2.1.1 Morfologi

Cabai merah merupakan tanaman perdu atau semak, tumbuh tegak dengan batang kayu, dan memiliki banyak cabang. Tinggi tanaman cabai merah dapat mencapai 1 meter. Tanaman cabai merah memiliki sistem perakaran tunggang yang terdiri atas akar utama (primer) dan akar lateral (sekunder). Panjang dari akar utama yaitu mencapai 35-50 cm, sedangkan panjang akar lateral yaitu 35-45 cm. Kemudian, akan muncul akar tersier atau biasa disebut serabut-serabut akar yang berasal dari akar lateral (sekunder). Batang tanaman cabai merah berwarna hijau muda hingga hijau tua dengan tipe percabangan menggarpu atau dikotomi. Tanaman cabai merah memiliki daun tunggal dengan warna yang bervariasi tergantung varietasnya, mulai dari hijau muda hingga hijau tua. Daun cabai merah tersusun spiral pada batang utama. Tanaman cabai merah memiliki bunga tunggal yang berbentuk seperti bintang dengan kelopak menyerupai lonceng. Buah cabai merah berbentuk lurus atau bengkok dengan ujung runcing atau tumpul. Buah cabai merah mengandung vitamin A, B1, C, kalsium, protein, karbohidrat, kalori, dan lemak. Buah cabai merah juga memiliki plasenta sebagai tempat pelekatan biji yang terdapat di dalam buah (Pratama, 2017).



Gambar 1. Tanaman cabai merah (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Klasifikasi tanaman cabai merah menurut sistem klasifikasi Cronquist (1981) adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Bangsa : Solanales
 Suku : Solanaceae
 Marga : *Capsicum*
 Jenis : *Capsicum annuum* L.

2.1.2 Syarat Tumbuh

Tanaman cabai merah merupakan tanaman yang mempunyai daya adaptasi pada wilayah yang luas. Tanaman cabai merah dapat ditanam di dataran rendah maupun dataran tinggi, dengan ketinggian antara 500-1.200 mdpl. Daerah yang paling cocok untuk penanaman cabai merah yaitu daerah yang bersuhu 24-28°C, dengan kelembaban 80% (Prayudi, 2010). Menurut Wijoyo (2009), suhu terbaik untuk perkecambahan benih cabai merah yaitu berkisar antara 25-30°C, sedangkan suhu yang diperlukan untuk pertumbuhannya yaitu berkisar antara 24-28°C.

2.1.3 Manfaat

Cabai merah mengandung vitamin C, vitamin A dan *capsaicin* sehingga menghasilkan rasa pedas (Herpenas dan Dermawan, 2010). Tanaman cabai merah dimanfaatkan oleh masyarakat Desa Hale sebagai obat tradisional. Akar tanaman cabai merah digunakan sebagai obat sakit gigi, sedangkan bagian daunnya digunakan untuk mengobati luka dan bisul (Elfi dkk., 2022). Ahmad dkk. (2021), juga menyatakan bahwa masyarakat di Desa Waiwuring Kecamatan Witihama, Kabupaten Flores Timur memanfaatkan daun tanaman cabai merah keriting sebagai obat bisul, dan biji cabai merahnya digunakan untuk obat sakit gigi.

Menurut Nevry *et al.* (2012), ekstrak buah *C. annuum* L. memiliki aktivitas antibakteri terhadap beberapa bakteri patogen seperti *Salmonella typhimurium*, *Vibrio cholerae*, dan *Staphylococcus aureus*. Selanjutnya Ananta dan Anjasmara (2022), juga melaporkan bahwa ekstrak cabai merah keriting berpotensi sebagai antibakteri karena adanya kandungan senyawa metabolit sekunder jenis flavonoid dan alkaloid. Cabai merah juga bermanfaat dalam industri farmasi karena memiliki kandungan vitamin C dengan kadar vitamin C sebesar 0,4463% atau 4,463 ppm (Badriyah dan Manggara, 2015).

2.2 Pupuk Hayati Mikoriza

Pupuk hayati mikoriza merupakan pupuk yang ramah lingkungan (Sumiati dan Gunawan, 2006). Mikoriza merupakan asosiasi antara jamur tertentu dengan akar tumbuhan tingkat tinggi membentuk simbiosis mutualisme (Hajoeningtjas, 2009). Simbiosis ini, jamur mikoriza memperoleh fotosintat dari tanaman inang untuk pertumbuhan hifanya, sedangkan tanaman inang memperoleh unsur hara akibat penetrasi hifa mikoriza pada akar tanaman inang (Sumiati dan Gunawan, 2006). Ukuran hifa mikoriza sangat halus sehingga mampu menerobos ke dalam pori-pori tanah (Dwinda dkk., 2018).

Mikoriza mampu memperbaiki nutrisi dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Selain itu, mikoriza juga mampu meningkatkan resistensi tanaman terhadap kekeringan, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen tular tanah, dan meningkatkan biodiversitas mikroba potensial di sekitar perakaran tanaman (Hajoeningtjas, 2009). Berdasarkan penelitian Nainggolan dkk. (2020), mikoriza dapat merangsang pembentukan hormon-hormon pertumbuhan tanaman, seperti hormon auksin dan sitokinin. Hormon auksin dan sitokinin membantu dalam pemanjangan sel dan pembelahan sel pada tanaman kacang panjang (*Vigna sinensis* L.).

Mikoriza dapat meningkatkan bobot kering total tanaman. Hal ini disebabkan karena hifa mikoriza mampu menjelajah pori-pori tanah yang kecil yang tidak dapat dilakukan oleh akar maupun rambut akar tanaman induk sehingga penyerapan air menjadi lebih efisien. Akibatnya proses fotosintesis dapat berjalan dengan baik dan fotosintat yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Sowmen dkk., 2014). Pemberian mikoriza jenis *Glomus* dan *Acaulospora* mampu meningkatkan ketahanan tanaman karet terhadap cekaman kekeringan yang ditandai dengan tingginya tekanan turgor dan potensial air daun. Hal ini disebabkan oleh penyebaran hifa mikoriza yang sangat luas di dalam tanah dan mengakibatkan jangkauan serapan air juga semakin luas, sehingga jumlah air yang diambil pun akan meningkat (Manurung dkk., 2018). Basri (2018) menyatakan bahwa serapan unsur P menjadi tinggi disebabkan oleh hifa jamur mampu mengeluarkan enzim *phosphatase*. Enzim ini mampu membebaskan unsur P dari ikatan-ikatan spesifik sehingga tersedia untuk tanaman.

Menurut Basri (2018) mikoriza mampu melindungi tanaman dari patogen akar sehingga pertumbuhan tanaman menjadi meningkat. Mekanisme perlindungan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Mikoriza memiliki selaput hifa (mantel) yang berperan sebagai penghalang masuknya patogen.

2. Terbentuknya lingkungan yang tidak sesuai untuk patogen karena hampir semua kelebihan karbohidrat dan eksudat lainnya dimanfaatkan oleh mikoriza.
3. Fungi mikoriza dapat melepaskan antibiotik untuk membunuh patogen.
4. Terjadi kompetisi antara akar tanaman yang telah dikolonisasi oleh fungi mikoriza sehingga tidak dapat diinfeksi oleh fungi patogen.

Endomikoriza memiliki karakteristik yaitu jaringan hifanya masuk ke dalam sel korteks akar tanaman (Hasyiati dkk., 2018). Setelah menginfeksi akar tanaman, jamur ini akan membentuk vesikel dan arbuskular. Vesikel adalah ujung hifa yang berbentuk bulat dan berfungsi sebagai tempat cadangan makanan, sedangkan arbuskular merupakan hifa yang berfungsi sebagai alat penyaluran nutrisi antara jamur dan inangnya (Basri, 2018). Menurut Lele dkk. (2018), *Glomus* merupakan jenis endomikoriza yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung sehingga berpotensi sebagai pupuk hayati.

Klasifikasi *Glomus fasciculatum* menurut Hibbett *et al.* (2007) adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Fungi

Filum : Glomeromycota

Kelas : Glomeromycetes

Bangsa : Glomerales

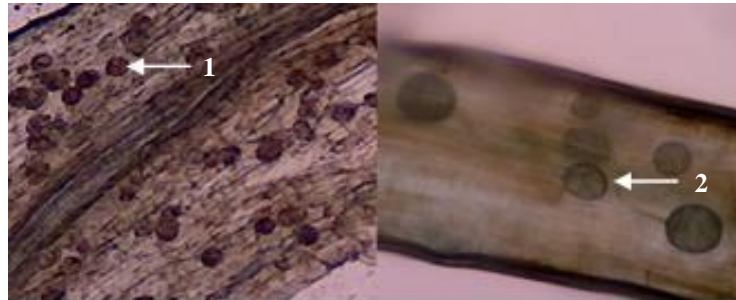
Suku : Glomeraceae

Marga : *Glomus*

Jenis : *Glomus fasciculatum* (Thaxt.) Gerd. & Trappe

Glomus memiliki spora yang disebut klamidospora karena spora *Glomus* berasal dari perkembangan hifa. Spora *Glomus* berkembang dari ujung hifa yang membengkak hingga mencapai ukuran maksimal. *Glomus* memiliki dudukan hifa (*subtending hyphae*) (Khairani, 2022). Berdasarkan penelitian Hasyiati dkk. (2018), spora *Glomus* berbentuk bulat sampai bulat lonjong, dinding spora berwarna kuning bening hingga coklat kemerahan, memiliki

dinding spora tipis, dan permukaan dinding spora relatif halus. Menurut Adetya dkk. (2018), akar tanaman cabai rawit yang terkolonisasi mikoriza *Glomus* spp. ditandai dengan adanya hifa, spora, vesikel dan arbuskular. Penelitian ini juga melaporkan bahwa pupuk hayati mikoriza yang mengandung spora *Glomus* spp. dengan dosis 6 g sudah mampu menghasilkan pertumbuhan cabai rawit yang baik di tanah pasir.

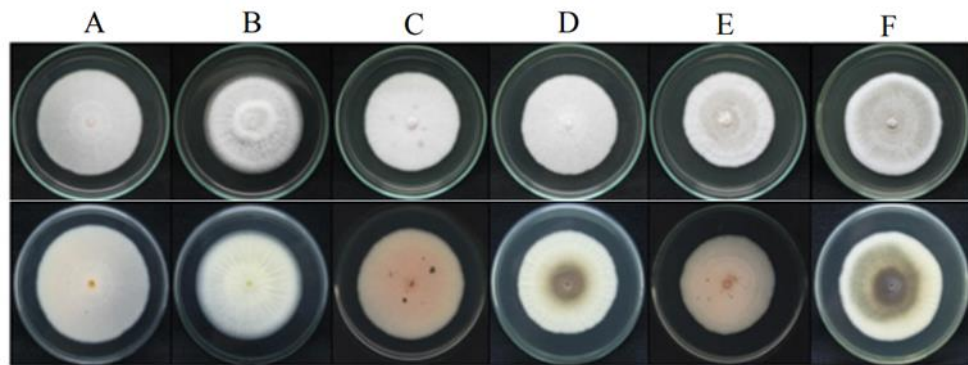


Gambar 2. Akar tanaman cabai rawit yang terkolonisasi mikoriza.
Keterangan: 1) spora dan 2) vesikel (Adetya dkk., 2018)

2.3 Penyakit Antraknosa

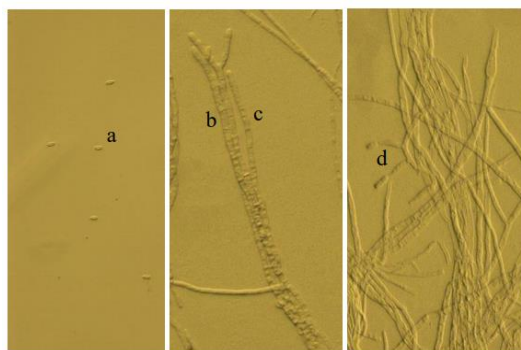
Antraknosa merupakan penyakit busuk buah yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum* sp. dan menyebabkan penurunan hasil mencapai 50-100% pada musim hujan (Silva *et al.*, 2019). Menurut Firdhausi dkk. (2014), penyakit ini menyerang hampir seluruh tahap pertumbuhan tanaman, termasuk saat pasca panen. Serangan penyakit antraknosa dapat terjadi kapan saja, terutama pada saat curah hujan tinggi. Penyakit antraknosa pada tanaman cabai disebabkan oleh jamur *C. acutatum*, *C. capsici*, dan *C. gloeosporioides*.

Menurut Sari dan Kasiamdari (2021), koloni *C. acutatum* memiliki miselia yang bercabang, berseptat dan hialin serta konidianya berbentuk *fusiform*. Hal ini sejalan dengan penelitian Ibrahim dkk. (2017) yaitu konidium dari *C. acutatum* berbentuk *fusiform* dengan ukuran rata-rata 6.11-9.73 μm x 2.24-2.73 μm . Koloni *C. acutatum* tampak atas berwarna abu-abu dan putih, sedangkan tampak bawah berwarna putih, krem, *olive*, dan *peach*.



Gambar 3. Variasi warna koloni *Colletotrichum acutatum* penyebab antraknosa cabai tampak atas/bawah. A) putih/krem, B) putih/putih, C) putih/peach, D) putih/olive, E) abu-abu/peach, dan F) abu-abu/olive (Ibrahim dkk., 2017).

Berdasarkan penelitian Putri dkk. (2021), mikrokonidia *C. acutatum* berbentuk ovoid tidak bersepta, hifa bercabang dan bersekat. Sedangkan makrokonidianya berbentuk bulat silinder dengan panjang 9-10 x 2-3 μm .



Gambar 4. Morfologi mikroskopis jamur *C. acutatum* dengan mikroskop cahaya perbesaran 100x; Keterangan: a. spora, b. konidiofor, c. hifa bersepta, dan d. hifa bercabang (Putri dkk., 2021).

Klasifikasi jamur *Colletotrichum acutatum* menurut J.H. Simmonds (1965) dan Hibbett *et al.* (2007) adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Fungi
 Filum : Ascomycota
 Kelas : Sordariomycetes
 Bangsa : Glomerellales
 Suku : Glomerellaceae
 Marga : *Colletotrichum*
 Jenis : *Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds

Jamur *C. acutatum* dapat menyerang tanaman cabai merah dan menyebabkan penyakit antraknosa. Daun cabai merah yang terserang jamur *C. acutatum* menunjukkan gejala berupa bercak coklat kehitaman dan bagian tengahnya berwarna putih. Kemudian pada gejala lanjut, daun akan berwarna kuning kecoklatan. Buah cabai merah yang terserang jamur *C. acutatum* menunjukkan gejala awal berupa bercak coklat kehitaman. Umumnya bercak yang terbentuk pada buah berbentuk cekung dengan bagian tengah berwarna hitam yang merupakan aservulus (Pamekas dkk., 2022).

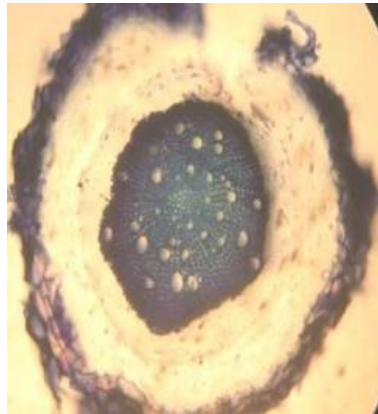
2.4 Pertumbuhan

Pertumbuhan merupakan peristiwa perubahan biologis berupa penambahan ukuran volume, tinggi, dan massa yang bersifat *irreversible* serta terjadi pada seluruh makhluk hidup. Pada tumbuhan tingkat tinggi, proses pertumbuhan dan perkembangan diawali dari biji. Setelah biji berkecambah, selanjutnya akan membentuk akar, batang, dan daun. Pertumbuhan primer pada tumbuhan adalah proses pertumbuhan memanjang pada ujung akar dan ujung batang. Sedangkan pertumbuhan sekunder yaitu perubahan batang tumbuhan menjadi lebih besar. Hal ini terjadi akibat dari aktivitas jaringan meristem sekunder, yaitu kambium gabus dan kambium pembuluh (Irnaningtyas, 2016).

Tinggi tanaman merupakan salah satu parameter dalam pertumbuhan. Pertumbuhan tinggi tanaman yang optimal dipengaruhi oleh kemampuan tanaman dalam menyerap air dan unsur hara. Tinggi tanaman berpengaruh terhadap jumlah daun yang muncul karena semakin tinggi tanaman maka ruas batang tempat keluarnya daun juga bertambah (Faizal dan Ariefin, 2022). Daun merupakan tempat berlangsungnya fotosintesis tanaman (Al Falaq dkk., 2020). Jumlah daun yang banyak akan menyediakan tempat fotosintesis lebih banyak sehingga akan diperoleh fotosintat yang lebih banyak. Fotosintat tersebut kemudian digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Sembiring, 2019). Diameter batang juga merupakan parameter yang penting dalam pertumbuhan tanaman. Diameter batang yang besar dan kokoh dapat memperkecil resiko tanaman untuk rebah (Madusari dkk., 2018).

2.5 Anatomi Akar

Akar *Capsicum annuum* memiliki anatomi akar dengan sistem vaskular yang simetri radial. Akar *C. annuum* mempunyai sel parenkim yang terpusat menempati daerah empulur akar (Wahua *et al.*, 2014).



Gambar 5. Anatomi akar *C. annuum* dengan sistem vaskular simetri radial (Wahua *et al.*, 2014)

Lignifikasi adalah mekanisme ketahanan penyakit pada tanaman. Lignifikasi membuat dinding sel menjadi lebih tahan terhadap tekanan mekanis seperti penetrasi oleh appressoria jamur serta tahan terhadap air sehingga kurang dapat diakses oleh enzim-enzim pengurai dinding sel (Bhuiyan *et al.*, 2009). Menurut Raisani dkk. (2020), lignifikasi pada bagian sel endodermis akar dapat terjadi akibat kolonisasi FMA pada akar tanaman. Hifa eksternal FMA akan menggantikan peran akar dalam penyerapan air dan unsur hara di dalam tanah. Lignifikasi ini dapat menciptakan pembatas terhadap infeksi patogen.

2.6 Anatomi Daun

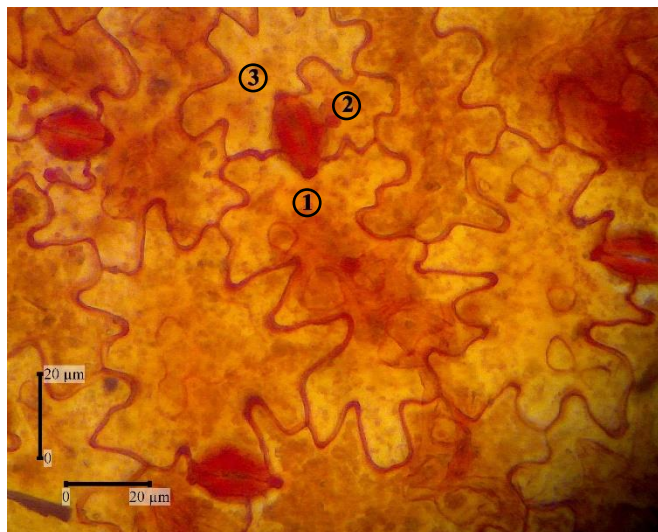
Struktur anatomi pada daun tumbuhan mempunyai keanekaragaman yang tinggi. Daun tersusun oleh berbagai macam jaringan, yang dapat menampilkan tampilan yang berbeda dan menunjukkan ciri khusus, sehingga ciri anatomi daun dapat digunakan sebagai penciri taksonomi dalam suatu tingkatan taksa tumbuhan (Wulansari dkk., 2020).

2.6.1 Sel Epidermis

Epidermis merupakan lapisan sel yang letaknya paling luar pada akar, batang, daun, bunga, buah dan biji. Letak dari sel-sel epidermis sangat rapat sehingga antara sel satu dengan sel lainnya tidak terdapat ruangan antar sel (Sutrian, 2011). Zhigila *et al.* (2014), melaporkan bahwa sel epidermis permukaan atas dan permukaan bawah dari kelima varietas *C. annuum* L. memiliki bentuk yang tidak beraturan dan bergelombang.

2.6.2 Stomata

Stomata adalah lubang-lubang atau porus yang terdapat pada epidermis dan dibatasi oleh sel-sel penutup. Stomata terdapat pada bagian-bagian tumbuhan yang berwarna hijau, terutama pada daun-daun (Sutrian, 2011). Stomata pada daun cabai merah (*C. annuum* L.) memiliki sel-sel tetangga yang ukurannya tidak sama sehingga termasuk dalam tipe Anisositik (Nurhaya *et al.*, 2021). Chmielewska and Michalajc (2009), juga memaparkan bahwa stomata daun *C. annuum* L. adalah stomata Anisositik yang dikelilingi oleh 3 sel tetangga, yang salah satunya berukuran lebih kecil.



Gambar 6. Sel epidermis abaksial daun *C. annuum* L. menunjukkan stomata anisositik dikelilingi oleh tiga sel tetangga (1-3). Skala bar: 20 μm (Dokumentasi Pribadi, 2024).

Menurut Zhigila *et al.* (2014) *C. annuum* L. memiliki stomata yang bersifat amfistomatik. Stomata amfistomatik adalah stomata yang terdapat pada kedua sisi daun, baik pada permukaan adaksial (atas) maupun pada permukaan bawah (abaksial). Chmielewska and Michalajc (2009), memaparkan bahwa jumlah stomata *C. annuum* L. pada epidermis bawah 3 kali lebih banyak dibandingkan dengan epidermis atas sehingga kerapatan stomata pada epidermis bawah juga lebih besar. Stomata pada epidermis atas hanya terkonsentrasi di sekitar urat daun, sedangkan pada epidermis bawah tersebar merata pada seluruh permukaan.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2023 sampai Januari 2024. Proses peremajaan isolat jamur *C. acutatum* dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, sedangkan proses penanaman bibit cabai merah dan pemberian pupuk hayati mikoriza dilakukan di *Greenhouse* Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *polybag* 12 x 25 cm, pisau, neraca analitik, *beaker glass*, gelas ukur, corong, *magnetic stirrer*, *hotplate*, autoklaf, cawan petri, jarum ose, batang pengaduk, inkubator jamur, oven, aluminium foil, *sprayer*, *haemocytometer*, pembakar bunsen, *laminar air flow*, *object glass*, *cover glass*, tabung reaksi, batang pengaduk, labu erlenmeyer, kertas merang, kapas, gayung, ember, pipet tetes, kantong plastik, jangka sorong, mikroskop, optilab, kamera, penggaris, dan alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pupuk hayati mikoriza (BIORISA) jenis *Glomus fasciculatum* yang diperoleh dari SEAMEO BIOTROP Bogor, benih cabai merah (*Capsicum annuum* L.), isolat jamur *Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds yang diperoleh dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung, tanah, pupuk kandang sapi, aquades steril, media PDA, kloramfenikol, *Lactophenol Cotton Blue*, alkohol 70%, safranin 1% dalam air dan *Phloroglucin-HCl*.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini disusun dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan yang digunakan adalah dosis pupuk hayati mikoriza. Perlakuan menggunakan 7 dosis pupuk hayati mikoriza yaitu A (0 g), B (5 g), C (10 g), D (15 g), E (20 g), F (25 g), dan G (30 g). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Tata letak penelitian dapat dilihat pada **Gambar 7**.

G2	F3	D1	B3	C3	G4	A4
E2	F2	B2	E4	G3	E1	B1
A1	D3	D2	D4	C1	B4	F1
A3	C4	F4	A2	E3	C2	G1

Gambar 7. Tata letak penelitian

Keterangan:

- A = dosis pupuk mikoriza 0 g (0 g mikoriza + 500 g media tanam)
- B = dosis pupuk mikoriza 5 g (5 g mikoriza + 500 g media tanam)
- C = dosis pupuk mikoriza 10 g (10 g mikoriza + 500 g media tanam)
- D = dosis pupuk mikoriza 15 g (15 g mikoriza + 500 g media tanam)
- E = dosis pupuk mikoriza 20 g (20 g mikoriza + 500 g media tanam)
- F = dosis pupuk mikoriza 25 g (25 g mikoriza + 500 g media tanam)
- G = dosis pupuk mikoriza 30 g (30 g mikoriza + 500 g media tanam)

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Media *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Pembuatan media PDA dilakukan dengan menggunakan 39 gram serbuk PDA yang dimasukkan ke dalam *beaker glass*. Kemudian ditambah 1000 ml akuades, di-*stirrer* dan dipanaskan hingga mendidih. Setelah media mendidih, media dipindahkan ke dalam Erlenmeyer, kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 2 atm selama 15 menit. Setelah media steril, ditambah kloramfenikol. Lalu media PDA didinginkan dalam kulkas untuk penggunaan selanjutnya (Anggraeni dkk., 2019).

3.4.2 Peremajaan Isolat Jamur *C. acutatum*

Peremajaan dilakukan dengan mengambil 1 ose jamur *C. acutatum* dengan jarum ose dan diinokulasikan ke cawan petri menggunakan metode titik pada media PDA. Kemudian diinkubasi selama 5-7 hari pada suhu 28°C (Putri dkk., 2021). Koloni jamur yang terbentuk kemudian dilihat morfologinya, seperti warna koloni.

3.4.3 Perkecambahan Cabai Merah

Benih cabai merah direndam dalam aquades selama 12 jam dan dipilih benih cabai merah yang tenggelam. Selanjutnya benih cabai merah diletakkan di atas cawan petri steril yang berisi kapas dan kertas merang. Tiap cawan petri berisi 20 benih cabai merah. Kemudian diberi aquades secukupnya dan benih dikecambahkan selama 14 hari atau hingga muncul 2 daun sejati (Kadek, 2016).

3.4.4 Penanaman Bibit Cabai Merah

Media tanam menggunakan modifikasi metode Khoirunnisa (2017), media penanaman bibit cabai merah yaitu berupa campuran antara tanah dan pupuk kandang sapi dengan perbandingan 2:1 yang sudah disterilkan dengan drum dan dimasukkan ke dalam *polybag* berukuran 12 x 25 cm, dengan berat masing-masing *polybag* adalah 1 kg. Bibit cabai merah ditanam dengan kedalaman 1 cm.

3.4.5 Pemberian Pupuk Hayati Mikoriza

Pemberian pupuk hayati mikoriza merupakan modifikasi metode Milla dkk. (2016). Dosis pupuk hayati mikoriza yang digunakan adalah 0 g, 5 g, 10 g, 15 g, 20 g, 25 g, dan 30 g. Pupuk hayati mikoriza diberikan sesuai perlakuan pada saat tanam ke *polybag* dengan cara ditabur kemudian dibenamkan ± 5 cm di sekitar perakaran tanaman. Pemeliharaan bibit cabai merah dilakukan dengan menyiram air secukupnya pada pagi dan sore hari.

3.4.6 Inokulasi Jamur *C. acutatum*

Inokulasi jamur *C. acutatum* menggunakan modifikasi metode Khoirunnisa (2017), yaitu biakan jamur yang telah ditumbuhkan pada media PDA yang berumur 7 hari diambil sebanyak 1 ose. Kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan aquades steril. Pengenceran dilakukan jika konidia terlalu padat, hingga didapatkan konidia *C. acutatum* dengan jumlah konidia 10^6 konidia/ml. Selanjutnya suspensi konidia *C. acutatum* tersebut disemprotkan ke tanaman cabai merah yang berumur 15 HST sebanyak 15 ml/tanaman pada tiap *polybag*, lalu tanaman cabai merah disungkup dengan plastik bening selama 2 hari.

3.5 Pengamatan

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.5.1 Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman cabai merah diukur mulai dari pangkal batang sampai tajuk tanaman tertinggi menggunakan penggaris (Hartati dkk., 2019). Pengukuran tinggi tanaman dilakukan pada hari ke 7 HST, 14 HST, 21 HST, dan 28 HST.

3.5.2 Jumlah Daun

Jumlah daun tanaman cabai merah dihitung dari seluruh daun yang ada pada masing-masing sampel tanaman dalam perlakuan (Hartati dkk., 2019). Pengamatan jumlah daun dilakukan pada hari ke 7 HST, 14 HST, 21 HST, dan 28 HST.

3.5.3 Diameter Batang

Diameter batang diukur dari pangkal batang sekitar 3 cm dari permukaan tanah menggunakan jangka sorong (Habibi dan Elfarisna, 2017). Pengukuran diameter batang dilakukan pada hari ke 28 HST.

3.5.4 Karakteristik Anatomi Daun

Karakter anatomi daun yang diamati yaitu kerapatan stomata dan indeks stomata pada saat tanaman cabai merah berumur 31 HST. Daun yang diamati diambil dari daun kelima dari setiap tanaman cabai merah dan difiksasi dengan alkohol 70%. Kemudian daun dikerik dengan silet tajam pada sisi permukaan adaksial (atas) daun hingga diperoleh suatu lapisan yang tipis dan transparan. Sampel kemudian diberi pewarna Safranin 1% dalam air (Destiliani dkk., 2014).

Preparat diamati pada mikroskop dengan perbesaran 400x yang telah dihubungkan dengan optilab. Kemudian dilakukan pengambilan gambar (*image capture*). Pengukuran indeks stomata dan kerapatan stomata dilakukan menggunakan *software image raster 3* yang telah terkalibrasi dengan perbesaran mikroskop yang digunakan. Luas bidang pandang yang diukur dalam penelitian ini adalah 21076 μm^2 atau 21,076 mm^2 .

Kerapatan stomata dihitung dengan rumus Lestari (2006) yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan stomata} : \frac{\text{Jumlah Stomata}}{\text{Luas Bidang Pandang}}$$

Indeks Stomata dihitung dengan rumus Royer (2001):

$$\text{IS} : \frac{\text{Jumlah Stomata}}{\text{Jumlah Stomata} + \text{Jumlah Sel Epidermis}} \times 100\%$$

3.5.5 Jumlah Akar

Akar tanaman cabai merah dicabut dan dibersihkan dari sisa-sisa tanah yang menempel pada akar. Pengamatan jumlah akar dilakukan pada akhir pengamatan saat tanaman berumur 33 HST.

3.5.6 Panjang Akar

Akar tanaman cabai merah dicabut dan dibersihkan dari sisa-sisa tanah yang menempel pada akar. Lalu, pengukuran dilakukan mulai pangkal batang hingga ujung akar terpanjang menggunakan penggaris (Rahmawati dkk., 2018). Pengamatan jumlah akar dilakukan pada akhir pengamatan saat tanaman berumur 33 HST.

3.5.7 Lignifikasi Akar

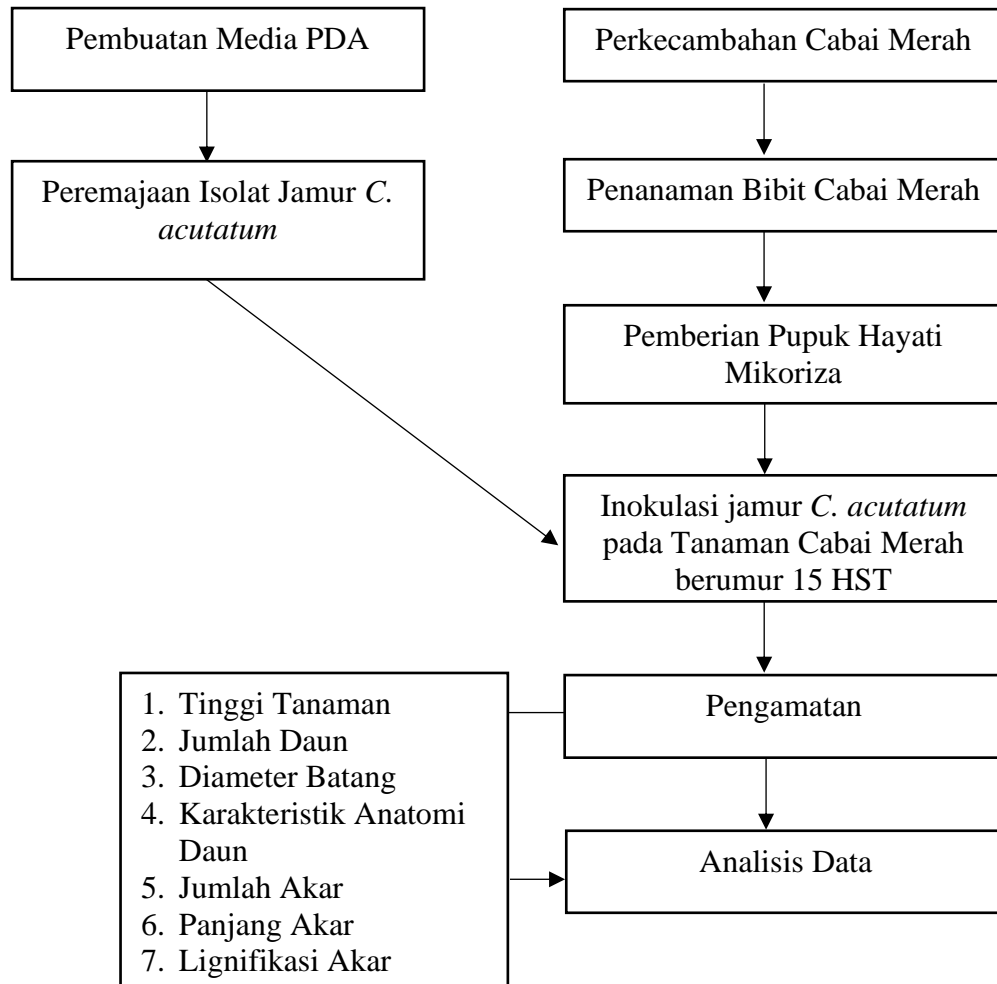
Pengamatan lignifikasi akar cabai merah dilakukan dengan memotong akar secara melintang menggunakan silet, lalu diletakkan di atas *object glass*. Selanjutnya diberi pewarna *Phloroglucin-HCl* dan ditutup dengan *cover glass*, lalu diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 40x. Kemudian dilakukan pengambilan gambar (*image capture*) dengan optilab. Jaringan akar yang terlignifikasi akan tampak berwarna ungu-kemerahan (Liljegren, 2010). Pengukuran ketebalan lignin pada jaringan akar dilakukan menggunakan *software image raster 3* yang telah terkalibrasi dengan perbesaran mikroskop yang digunakan.

3.6 Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Apabila hasil dari ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang nyata secara statistik, maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Pengolahan data menggunakan program IBM SPSS Statistics 25.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir seperti yang tercantum pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan simpulan sebagai berikut:

1. Pemberian pupuk hayati mikoriza berpengaruh dalam meningkatkan tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, indeks stomata, jumlah akar, dan lignifikasi akar tanaman cabai merah yang diinfeksi jamur *C. acutatum*, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap kerapatan stomata dan panjang akar.
2. Dosis pupuk hayati mikoriza sebanyak 25 g (F) merupakan dosis terbaik untuk meningkatkan tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, indeks stomata, jumlah akar, dan lignifikasi akar tanaman cabai merah yang diinfeksi jamur *C. acutatum*.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang respon pertumbuhan tanaman cabai merah terhadap pemberian pupuk hayati mikoriza dengan rentang waktu dan dosis yang berbeda untuk mengoptimalkan kolonisasi mikoriza pada perakaran tanaman cabai merah dan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai merah yang diinfeksi patogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Adetya, V., Nurhatika, S., dan Muhibuddin, A. 2018. Pengaruh Pupuk Mikoriza terhadap Pertumbuhan Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) di Tanah Pasir. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 7(2): 75-79.
- Ahmad, N. I., Bunga, Y. N., dan Bare, Y. 2021. Etnobotani Tanaman Cabai Merah Keriting (*Capsicum annuum* L.) di Desa Waiwuring, Kecamatan Witihama Kabupaten Flores Timur. *Spizaetus: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*. 2(2): 8-17.
- Alexopoulos, C. J., Mims, C. W., and Blackwell, M. 1996. *Introductory Mycology*. John Wiley and Sons. USA.
- Al Falaq, F., Juanda, B. R., dan Siregar, D. S. 2020. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.) terhadap Dosis Pupuk Organik Cair GDM dan Pupuk Organik Padat. *AGROSAMUDRA: Jurnal Penelitian*. 7(2): 1-13.
- Alfia, A. D. dan Haryadi, N. T. 2022. Pengujian Konsentrasi Biofungisida Cair Berbahan Aktif *Trichoderma* sp. dalam Pengendalian Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum* sp.) pada Cabai di Lapang. *Berkala Ilmiah PERTANIAN*. 5(2): 58-64.
- Ananta, I. G. B. T. dan Anjasmara, D. G. A. 2022. Potensi Ekstrak Buah Cabai Merah Keriting (*Capsicum annuum* var. *longum*) sebagai Antioksidan dan Antibakteri. *Jurnal Ilmiah Medicamento*. 8(1): 48-55.
- Anggraeni, W., Wardoyo, E. R. P., dan Rahmawati. 2019. Isolasi dan Identifikasi Jamur Pada Buah Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) yang Bergejala Antraknosa dari Lahan Pertanian di Dusun Jeruk. *Jurnal Protobiont*. 8(2): 94-100.

- Arini, L.D. D., Suranto., dan Mahajoeno, E. 2013. Studi Morfologi dan Anatomi Pada Tanaman *Capsicum annuum* L. Terinfeksi Virus di Daerah Eks Karasidenan Surakarta. *EL-VIVO*. 1(1): 45-54.
- Asra, R., Samarlina, R. A., dan Silalahi, M. 2020. *Hormon Tumbuhan*. UKI Press: Jakarta.
- Aulia, F., Susanti, H., dan Fikri, E. N. 2016. Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati dan Mikoriza terhadap Intensitas Serangan Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*), Pertumbuhan, dan Hasil Tanaman Tomat. *ZIRAA'AH*. 41(2): 250-260.
- Badan Pusat Statistik. 2021. *Statistik Hortikultura 2021*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badriyah, I. dan Manggara, A. B. 2015. Penetapan Kadar Vitamin C pada Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Wiyata*. 2(1): 25-28.
- Basri, A. H. H. 2018. Kajian Peranan Mikoriza dalam Bidang Pertanian. *Agrica Ekstensia*. 12(2): 74-78.
- Bhuiyan, N. H., Selvaraj, G., Wei, Y., and King, J. 2009. Role of Lignification in Plant Defense. *Plant Signaling & Behavior*. 4(2): 158-159.
- Chmielewska, E. W. and Michalojc, Z. 2009. Anatomical features of leaves of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fed with calcium using foliar nutrition. *Acta Agrobotanica*. 62(2): 155-164.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press. New York.
- Destiliani, A., Ernawati, E., dan Yulianty. 2014. Profil Anatomi Daun Cabai Merah Keriting (*Capsicum annuum* L.) Akibat Pemberian Ekstrak Air Biji Kembang Sungsang (*Gloriosa superba* L.). *Jurnal Ilmiah: Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*. 2(1): 16-19.

- Dwinda, R., Harsono, P., dan Apriyanto, E. 2018. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tiga Varietas Sorgum terhadap Pemberian Pupuk Kandang dan Mikoriza. 1-8.
- Egea, C., Alcazar, M. D., and Candela, M. E. 1996. Capsidiol: Its role in the resistance of *Capsicum annuum* to *Phytophthora capsici*. *Physiologia Plantarum*. 98: 737-742.
- Elfi, T. N., Bare, Y., dan Bunga, Y. N. 2022. Etnobotani Tanaman *Capsicum annuum* L. di Desa Hale Kecamatan Mapitara Kabupaten Sikka. *Spizaetus: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*. 1-8.
- Elsima, A., Ferniah, R. S., dan Kusumaningrum, H. P. 2019. Ekspresi Gen Penyandi Peroksidase Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) (*Caper*) sebagai Respons terhadap *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Akademika Biologi*. 8(2): 30-35.
- Faizal, N. dan Ariefin, M. N. 2022. Respon Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) terhadap Pupuk Kotoran Sapi dan Konsentrasi Oligokitosan. *CIWAL: Jurnal Penelitian*. 1(2): 27-37.
- Firdhausi, N. F. 2014. Isolasi dan Identifikasi Cendawan Pada Tanaman Cabai Merah Besar (*Capsicum annuum* L.) yang Terserang Busuk Buah. *Jurnal Biology Science & Education*. 3(1): 47-53.
- Habibi, I. dan Elfarisna. 2017. Efisiensi Pemberian Pupuk Organik Cair untuk Mengurangi Penggunaan NPK terhadap Tanaman Cabai Merah Besar. *Prosiding Seminar Nasional "Pertanian dan Tanaman Herbal Berkelanjutan di Indonesia" Fakultas Pertanian UMJ*. 163-172.
- Hajoeningtjas, O. D. 2009. Ketergantungan Tanaman terhadap Mikoriza sebagai Kajian Potensi Pupuk Hayati Mikoriza pada Budidaya Tanaman Berkelanjutan. *AGRITECH*. 11(2): 125-136.
- Hartanti, I. 2014. Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati Mikoriza dan *Rock Phosphate* terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *Jurnal Online Mahasiswa Pertanian Universitas Riau*. 1-14.

- Hartati, S., Budiyono, A., dan Cahyono, O. 2016. Pengaruh NAA dan BAP terhadap Pertumbuhan Subkultur Anggrek Hasil Persilangan *Dendrobium biggibum* X *Dendrobium liniale*. *Journal of Sustainable Agriculture*. 31(1): 33-37.
- Hartati, S., Tarina, L., Yulia, E., dan Djaya, L. 2019. Induksi Resistensi oleh Khamir *Candida tropicalis* terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Terinfeksi *Colletotrichum acutatum*. *Jurnal Agrikultura*. 30(1): 17-24.
- Hasimin, N., Ksrepesina, S., dan Kamsurya, M. Y. 2018. Pengaruh Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskula (*Glomus fasciculatum*) terhadap Pertumbuhan Bibit Samama (*Anthocephalus macrophyllus* Roxb). *Jurnal Agrohut*. 9(2): 151- 160.
- Hasyiati, R., Wulandari, N., dan Haidilianda. 2018. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada Beberapa Jenis Pohon di Pegunungan Deudap Pulo Aceh Kabupaten Aceh Besar. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*. 496-509.
- Hematy, K., Cherk, C., and Somerville, S. 2009. Host-pathogen warfare at the plant cell wall. *Current Opinion in Plant Biology*. 12: 406-413.
- Herpenas, A. dan Dermawan, R. 2010. *Budidaya Cabai Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Hibbett, D., Blackwell, M., Bischoff, J. F., and Cannon, P. 2007. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. *Mycological Research*. 111: 309-547.
- Ibrahim, R., Hidayat, S. H., dan Widodo. 2017. Keragaman Morfologi, Genetika, dan Patogenisitas *Colletotrichum acutatum* Penyebab Antraknosa Cabai di Jawa dan Sumatera. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 13(10): 9-16.
- Irawan, A., Anggraeni, I., dan Christita, M. 2015. Identifikasi Penyebab Penyakit Bercak Daun Pada Bibit Cempaka (*Magnolia elegans* (Blume.) H.Keng) dan Teknik Pengendaliannya. *Jurnal WASIAN*. 2(2): 87-94.
- Irnaningtyas. 2016. *Biologi untuk SMA/MA Kelas XII*. Erlangga. Jakarta.

- Kadek, A. 2016. Uji Efektivitas Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* L.) sebagai Fungisida Alami terhadap Jamur *Colletotrichum capsici* (Syd.) Butler & Bisby Penyebab Penyakit Antraknosa pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.). (Skripsi). Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Lampung.
- Karubuy, C. N. S., Rahmadaniarti, A., dan Wanggai J. 2018. Karakteristik Stomata dan Kandungan Klorofil Daun Anakan Kayu Cina (*Sundacarpus amarus* (Blume) Pada Beberapa Intensitas Naungan. *Jurnal Kehutanan Papuasiasia*. 4(1): 45-56.
- Khairani, S. 2022. Identifikasi Spora Mikoriza Vesicular Arbuskular dari Rhizosfer Perkebunan Karet (*Hevea brasiliensis* Muell arg). *Radikula: Jurnal Ilmu Pertanian*. 1(1): 6-13.
- Khoirunnisa, S. 2017. Potensi Ekstra Daun Bunga Ati (*Plectranthus scutellarioides* (L.) R.Br.) sebagai Fungisida Alami terhadap Jamur *Colletotrichum capsici* (Syd.) Butler & Bisby pada Tanaman Cabai (*Capsicum annuum* L.). (Skripsi). Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Lampung.
- Lele, O. K., Rai, I. N., dan Suada, I. K. 2018. Uji Efektifitas Endomikoriza Indigenus terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *AGROTOP*. 8(1): 20-27.
- Lestari, E. G. 2006. Hubungan antara Kerapatan Stomata dengan Ketahanan Kekeringan pada Somaklon Padi Gajahmungkur, Towuti, dan IR 64. *Jurnal Biodiversitas*. 7(1): 44-48.
- Lewar, A. B., Pandawani, P., dan Javandira, C. 2019. Pengaruh Waktu Pemberian Mikoriza pada Beberapa Varietas terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Mentimun (*Cucumis sativus* L.). *AGRIMETA*. 9(17): 32-35.
- Liljegren, S. 2010. Phloroglucinol Stain for Lignin. *Cold Spring Harbor Laboratory Press*. 5(1): 1-2.
- Liu, Q., Luo, L., and Zheng, L. 2018. Lignins: Biosynthesis and Biological Functions in Plants. *International Journal of Molecular Sciences*. 19(335): 1-16.

- Lisnawita. 2003. *Penggunaan Tanaman Resisten: Suatu Strategi Pengendalian Nematoda Parasit Tanaman*. USU digital library. Sumatera Utara.
- Madusari, S., Yama, D. I., Jumardin, Liadi, B. T., dan Baedowi, R. A. 2018. Pengaruh Inokulasi Jamur Mikoriza Arbuskular terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cabai (*Capsicum annuum* L.). *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*. 17: 1-8.
- Maesarah, Wangiyana, W., dan Ngawit, I. K. 2022. Pengaruh Pupuk Hayati Mikoriza dan Tumpangsari dengan Kedelai terhadap Pertumbuhan dan Hasil Dua Galur Padi Beras Hitam Sistem Irigasi Aerobik. *Jurnal Inovasi Pertanian*. 24(2): 34-43.
- Manurung, A. M., Sahar, A., dan Guchi, H. 2018. Efektifitas Pemberian Beberapa Jenis Mikoriza terhadap Osmoregulasi Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) pada Lahan dengan Cekaman Kekeringan yang Telah Diberi Bahan Organik di Desa Aek Godang, Kecamatan Hulu Sihapas, Kabupaten Padang Lawas Utara. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*. 6(1): 153-157.
- Marantika, M., Hiariej, A., dan Sahertian, D. E. 2021. Kerapatan dan Distribusi Stomata Daun Spesies Mangrove di Desa Negeri Lama Kota Ambon. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 12(1): 1-6.
- Matondang, A. M., Syafruddin, dan Jumini. 2020. Pengaruh Jenis dan Dosis Pupuk Hayati Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabai (*Capsicum annuum* L.) pada Tanah Andisol Lembah Seulawah Aceh Besar. *Jurnal Ilmu Mahasiswa Pertanian*. 5(2): 101-110.
- Milla, Y. N., Widnyana, I. K., dan Pandawani, N. P. 2016. Pengaruh Waktu dan Pemberian Pupuk Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Paprika (*Capsicum annuum* var. *grossum* L.). *AGRIMETA*. 6(12): 66-76.
- Misrofah, S., Setiari, N., Nurchayati, Y., dan Suedy, S. W. A. 2022. Pertumbuhan Anggrek *Cymbidium ensifolium* (L.) Sw. dengan Pemberian Pupuk Hayati Mikoriza. *J. Hort. Indonesia*. 13(1): 35-42.

- Nainggolan, E. V., Berthan, Y. H., dan Sudjatmiko, S. 2020. Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati Mikoriza dan Pupuk Kandang Ayam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Panjang (*Vigna sinensis* L.) di Ultisol. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 22(1): 58-63.
- Nevry, R. K., Kousassi, K. C., Nanga, Z. Y., Koussemon, M., and Loukou, G. Y. 2012. Antibacterial Activity of Two Bell Pepper Extracts: *Capsicum annuum* L. and *Capsicum frutescens*. *International Journal of Food Properties*. 15:961-971.
- Novelia, A. dan Yuliani. 2022. Biokontrol Mikoriza *Glomus* sp. Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris*) Terinfeksi Hawar Daun. *LenteraBio*. 11(2): 226-237.
- Novianto, E. D., Laeshita, P., dan Nuswantoro, G. J. 2023. Pengaruh Konsentrasi Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kangkung Darat (*Ipomea reptans* Poir.). *VIGOR: Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*. 8(1): 12-19.
- Nurbaiti, Silvina, F., dan Satriady, I. F. D. 2020. Pengaruh Konsentrasi IBA dan Lama Perendaman terhadap Pertumbuhan Stek Lada (*Piper nigrum* L.). *Jurnal Agroteknologi Tropika*. 9(2): 80-89.
- Nurhaya, Syam, A., and Jafar, J. 2021. Stomata Density Analysis of Red Chili (*Capsicum annuum* L.) at Different Location. *Agrotech Journal*. 6(2): 87-94.
- Pamekas, T., Hartal, dan Holiza, S. 2022. Induksi Pertumbuhan dan Ketahanan Tanaman Cabai Terhadap Penyakit Antraknosa dengan Aplikasi Cendawan Endofit. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian dan Perikanan*. 4: 410-416.
- Pinayungan, R., Hayati, M., dan Syafruddin. 2021. Pengaruh Dosis Pupuk Hayati Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Hasil pada Beberapa Varietas Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 6(4): 819-828.
- Pradana, W. D., Dwiputranto, U., dan Muljowati, J. S. 2020. Pemberian Inokulum Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Campuran terhadap Kemunculan Penyakit Busuk Pangkal Batang *Sclerotium* pada Tanaman Cabai Rawit dan Cabai Merah. *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*. 2(2): 186-193.

- Prasasti, O. H., Purwani, K. I., dan Nurhatika, S. 2013. Pengaruh Mikoriza *Glomus fasciculatum* terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kacang Tanah yang Terinfeksi Patogen *Sclerotium rolfsii*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2(2): 74-78.
- Pratama, D. 2017. *Teknologi Budidaya Cabai Merah*. Badan Penerbit Universitas Riau. Riau.
- Prayudi, B. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Cabai Merah (Capsicum annuum L.)*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Jawa Tengah.
- Purba, T., Ningsih, H., Junaedi, P. A. S., Junairiah, B. G., Firgiyanto, R., dan Arsi. 2021. *Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Yayasan Kita Menulis. Medan.
- Putri, A. C., Hadisutrisno, B., dan Wibowo, A. 2016. Pengaruh Inokulasi Mikoriza Arbuskular terhadap Pertumbuhan Bibit dan Intensitas Penyakit Bercak Daun Cengkeh. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*. 10(2): 145-154.
- Putri, R. J., Kawuri, R., Darmadi, A. A. K., dan Narayani, I. 2021. Potensi *Streptomyces* sp. dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum acutatum* pada Cabai Merah Besar (*Capsicum annuum* L.) secara In Vitro. *Jurnal Biologi Udayana*. 25(2): 197-207.
- Rahmawati, I. D., Purwani, K. I., dan Muhibuddin, A. 2018. Pengaruh Konsentrasi Pupuk P terhadap Tinggi dan Panjang Akar *Tagetes erecta* L. (Marigold) Terinfeksi Mikoriza yang Ditanam secara Hidroponik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 7(2): 42-46.
- Raisani, N. P. M., Proborini, M. W., Suriani, N. L., dan Kriswiyanti, E. 2020. Biokontrol *arbuscular mycorrhizal fungi* (AMF) *Glomus* spp. terhadap Infeksi *Fusarium oxysporum* Schlecht et Fr. pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Biologi Udayana*. 24(1): 38-46.
- Resti, Z., Habazar, T., Putra, D. P., dan Nasrun. 2016. Aktivitas Enzim Peroksidase Bawang Merah yang Diintroduksi dengan Bakteri Endofit dan Tahan terhadap Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas axonopodis*). *J. HPT Tropika*. 16(2): 131-137.

- Rosita, R. 2021. BIORISA. *Leaflet*. SEAMEO BIOTROP, Bogor.
- Royer, D. L. 2001. Stomatal density and stomatal index as indicators of paleoatmospheric CO₂ concentration. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 114: 1-28.
- Sari, N. dan Kasiamdari, R. S. 2021. Identifikasi dan Uji Patogenitas *Colletotrichum* spp. dari Cabai Merah (*Capsicum annuum*): Kasus di Kricaan, Magelang, Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 28(2): 243-250.
- Sembiring. 2019. Pengaruh Dosis dan Interval Waktu Pemberian Pupuk Organik dan Pupuk Hayati terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Pak Choi (*Brassica chinensis* L.). *Journal of Animal Science and Agronomy Panca Budi*. 4(1): 29-36.
- Simmonds, J. H. 1965. A study of the species of *Colletotrichum acutatum* causing ripe fruit rots in Queensland. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences*. 22(4): 437-459.
- Soelistijono. 2013. Pemanfaatan *Rhizoctonia* Mikoriza untuk Pengendalian Penyakit Busuk Akar pada Tanaman Anggrek *Spathoglottis plicata*. (Disertasi). Program Pasca Sarjana Fitopatologi, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Soenartiningsih. 2012. Potensi Jamur Mikoriza Arbuskular dalam Mengendalikan Penyakit Busuk Pelepah pada Tanaman Jagung. *Biosfera*. 29(1): 3035.
- Sowmen, S., Abdullah, L., Karti., P. D. M. H., dan Soepandi, D. 2014. Adaptasi Legum Pohon yang Diinokulasi dengan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Saat Cekaman Kekeringan. *Jurnal Peternakan Indonesia*. 16(1): 46-54.
- Sugiana, I. K., Jayanti, K. D., dan Mowidu, I. 2023. Pengaruh Penggunaan Pupuk Hayati Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah Varietas Lembah Palu. *AGRIFOR*. 22(2): 263-272.
- Sukmawati, I. dan Kasiamdari, R. S. 2021. Pengaruh Inokulasi Mikoriza VA terhadap Pertumbuhan Bawang Dayak (*Eleutherine palmifolia* (L.) Merr.) pada Tanah Marginal. *Biosfera*. 38(1): 47-54.

- Sumiati, E. dan Gunawan, O. S. 2006. Aplikasi Pupuk Hayati Mikoriza untuk Meningkatkan Efisiensi Serapan Unsur Hara NPK serta Pengaruhnya terhadap Hasil dan Kualitas Umbi Bawang Merah. *J. Hort.* 17(1): 34-42.
- Sutrian, Y. 2011. *Pengantar Anatomi Tumbuh-Tumbuhan (Tentang Sel dan Jaringan Edisi Revisi Cetakan 3*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Trizayuni, R., Ardi, A., dan Warnita. 2021. Respon Pertumbuhan Semangka (*Citrullus vulgaris* L.) terhadap Aplikasi Mikoriza Vesikular Arbuskular pada Media Tanah Gambut. *Jurnal Agronida*. 7(2): 78-85.
- Wahua, C., Okoli, B. E., and Edwin-Wosu, N. L. 2014. Morphological, anatomical, cytological and phytochemical studies on *Capsicum annum* L. (*Solanaceae*). *European Journal of Experimental Biology*. 4(1): 464-471.
- Wibowo, R. Faizah, M., dan Susanti, A. 2019. Pengaruh Mikoriza Indigenous terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kedelai Terinfeksi *Phakopsora pachyrhizi* Syd. *Agrosaintifika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 1(1): 6-13.
- Wijoyo, P. M. 2009. *Taktik Jitu Menanam Cabai di Musim Hujan*. Bee Media Indonesia. Jakarta.
- Wulansari, T. Y. I., Agustiani, E. L., Sunaryo, Tihurua, E. F., dan Widoyanti. 2020. Struktur Anatomi Daun sebagai Bukti dalam Pembatasan Takson Tumbuhan Berbunga: Studi Kasus 12 Suku Tumbuhan Berbunga Indonesia. *Buletin Kebun Raya*. 23(2): 146-161.
- Yoseva, S., Hapsoh, dan Hartanti, I. 2014. Pengaruh Pemberian Pupuk Hayati Mikoriza dan Rock Phosphate terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Manis (*Zea mays* var. *saccharata* (Sturtev.) L.H. Bailey. *Prosiding Seminar Nasional BKS PTN Barat Bandar Lampung*. 193-200.
- Zhigila, D. A., Sawa, F. B. J., Aluko, T. A., Oladele, F. A., and Abdul Rahaman, A. A. 2014. Leaf Epidermal Anatomy in Five Varietas of *Capsicum annum* L. *Solanaceae*. *American Journal of Experimental Agriculture*. 5(4): 392-399.