

repository.ub.ac.id

**PENGARUH MIKORIZA PADA MEDIA AMB P0-7 TERHADAP
PRODUKSI FLAVONOID TANAMAN BAWANG PUTIH GUNA
MENEKAN INTENSITAS PENYAKIT BERCAK UNGU
Alternaria porri (Ell.) Cif.**

SKRIPSI

Oleh

DELI EZA JULIYANGKARA



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019**

**PENGARUH MIKORIZA PADA MEDIA AMB P0-7 TERHADAP PRODUKSI
FLAVONOID TANAMAN BAWANG PUTIH GUNA MENEKAN INTENSITAS
PENYAKIT BERCAK UNGU *Alternaria porri* (Ell.) Cif.**

OLEH

DELI EZA JULIYANGKARA

155040201111099

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2019**



PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.



Malang, Juni 2019

Deli Eza Juliyangkara

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Pengaruh Mikoriza Pada Media AMB P0-7 Terhadap
Produksi Flavonoid Tanaman Bawang Putih Guna
Menekan Intensitas Penyakit Bercak Ungu *Alternaria
porri* (Ell.) Cif.

Nama Mahasiswa : Deli Eza Juliyangkara

NIM : 155040201111099

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping II,

Dr. Anton Muhibuddin SP., MP.
NIP. 19771130 200501 1 002

Antok Wahyu Sektiono., SP., MP.
NIP. 201304 841014 1 001

Diketahui,
Ketua Jurusan

Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS
NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Anton Muhibuddin SP., MP.
NIP. 19771130 200501 1 002

Antok Wahyu Sektiono., SP., MP.
NIP. 201304 841014 1 001

Penguji III,

Penguji IV,

Prof. Ir. Liliek Sulistyowati, Ph.D
NIP. 19551212 198003 2 003

Dr. Ir. Aminudin Affandi, MS.
NIP. 19580208 198212 1 001

Tanggal Lulus:



*Terimakasih kupanjatkan kepada Tuhan Yang
Maha Esa (Allah S.W.T.), kedua malaikat tak
bersayap dirumah (Deden Sudanto dan Lilien Sri
Hartati) serta adik tercinta (Dani Daniar Dwi
Marela Wicaksana)*

RINGKASAN

Deli Eza Juliyangkara. 155040201111099. Pengaruh Mikoriza Pada Media AMB P-07 Terhadap Produksi Flavonoid Tanaman Bawang Putih Guna Menekan Intensitas Penyakit Bercak Ungu *Alternaria porri* (Ell.) Cif. Dibawah bimbingan Dr. Anton Muhibuddin, SP., MP. dan Antok Wahyu Sektiono, SP., MP.

Pengendalian penyakit tanaman dapat dilakukan dengan meningkatkan ketahanan internal tanaman melalui pengaturan komposisi media tanam dan penggunaan agens hayati berupa mikoriza. Mikoriza merupakan salah satu mikroorganisme yang berasosiasi mutualistik antara fungi dan akar tanaman yang mendukung peningkatan pertahanan tanaman inang terhadap patogen tular tanah melalui produksi metabolit sekunder. Flavonoid merupakan senyawa aktif metabolit sekunder yang dihasilkan tanaman sebagai respon pertahanan terhadap infeksi patogen. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh mikoriza pada media AMB-P07 dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman bawang putih, ketahanan tanaman terhadap penyakit dan peningkatan kandungan flavonoid pada tanaman.

Metode penelitian menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) yang disusun dengan menggunakan 6 perlakuan yaitu P-(kontrol) (tanah dan penambahan NPK), P+ (mikoriza 0 gram), P0 (mikoriza 10 gram), P1 (mikoriza 20 gram), P2 (mikoriza 30 gram), P3 (mikoriza 40 gram). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak lima kali sehingga terdapat 30 unit percobaan. Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis ragam ANOVA pada taraf kesalahan 5%. Apabila hasil analisa berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan uji lanjutan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf kesalahan 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan mikoriza menghasilkan perbedaan nyata pada variabel tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, intensitas penyakit dan munculnya gejala penyakit. Intensitas penyakit pada tanaman bawang putih yang memakai perlakuan mikoriza mengalami penurunan dibandingkan dengan tanaman bawang putih tanpa mikoriza. Jumlah flavonoid mengalami peningkatan pada tanaman bawang putih yang diberi perlakuan mikoriza.

SUMMARY

Deli Eza Juliyangkara. 155040201111099. Effect of Mycorrhizae on AMB P-07 Media Against the Production of Garlic Flavonoids to Suppress the Intensity of Blotch Purple Disease *Alternaria porri* (Ell.) Cif. Under Guidance of Dr. Anton Muhibuddin, SP., MP. as The Main of Supervisor and Antok Wahyu Sektiono, SP., MP. as The Secondary of Supervisor.

Plant disease control can be done by increasing the internal resistance of plants through the regulation of the composition of the growing media and the use of mycorrhizal controlling agents. Mycorrhizae are one of the microorganisms that are mutually associated between fungi and plant roots that support increasing host defense against ground-borne pathogens through the production of secondary metabolites. Flavonoids are active compounds of secondary metabolites that are produced by plants as a defense response to pathogenic infections. This study aims to study the effect of mycorrhizae on AMB-P07 media in enhancing garlic plant growth, plant resistance to disease and increasing the content of flavonoids in plants.

The research method used RAL (Completely Randomized Design) which was prepared using 6 treatments namely P- (control) (soil and NPK addition), P + (0 gram mycorrhizal), P0 (10 gram mycorrhizal), P1 (20 gram mycorrhizal), P2 (30 gram mycorrhizal), P3 (40 gram mycorrhiza). Each treatment was repeated five times so that there were 30 experimental units. Data from the observations were analyzed using analysis of variance of ANOVA at the error level of 5%. If the analysis results are significantly different, then proceed with the Duncan Multiple Range Test (DMRT) test with an error rate of 5%.

The results showed that the treatment of mycorrhizae produced significant differences in the variables of plant height, leaf number, leaf area, disease intensity and appearance of symptoms. Disease intensity in garlic plants decreased mycorrhizal treatment compared to garlic plants without mycorrhizae. Flavonoids have increased in garlic plants given mycorrhizal treatment.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menulis skripsi penelitian yang berjudul “**Pengaruh Mikoriza Pada Media AMB P-07 Terhadap Produksi Flavonoid Tanaman Bawang Putih Guna Menekan Intensitas Penyakit Bercak Ungu *Alternaria porri* (EII.) Cif.**” ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Pertanian (S1) di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Penulis dalam penyusunan dan penulisan penelitian ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Anton Muhibuddin, SP. MP. dan Bapak Antok Wahyu Sektiono, SP., MP., selaku Dosen Pembimbing Penelitian.
2. Ibu Dr.Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
3. Ayahanda Deden Sudanto, Ibunda Lilien Sri Hartati serta keluarga besar di Haurgeulis dan Kediri yang selalu senantiasa memberi semangat serta dukungan baik materil maupun moril sehingga dalam upaya penyelesaian Skripsi ini berjalan dengan baik.
4. Sahabat sebimbingan, Sweetsal, HIMA CL, Kost Semanggi Barat 26, dan seluruh mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
5. Semua pihak yang telah mendukung terselesainya penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan penelitian ini masih terdapat kendala. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan Penelitian ini.

Malang, Agustus 2019

Deli Eza Juliyangkara

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Garut pada tanggal 1 Juli 1997 sebagai putra pertama dari dua bersaudara, dari Bapak Deden Sudanto dan Ibu Lilien Sri Hartati.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Gentra Maksekdas pada tahun 2005-2007, SDN Garumukti II pada tahun 2007-2008, SDN Cikandang I pada tahun 2008-2009 dan SDN Tanjung Kamuning I pada tahun 2009-2011, kemudian penulis melanjutkan ke SMPN 1 Tarogong Kidul pada tahun 2011-2012 dan SMPN 4 Kota Cirebon pada tahun 2012-2013. Pada tahun 2013 sampai tahun 2015 penulis melanjutkan studi di SMAN 4 Kota Cirebon, dan pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, melalui jalur SNMPTN.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi *staff* muda Kementerian Luar Negeri BEM (Badan Eksekutif Mahasiswa) Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya pada tahun 2015-2016, kemudian melanjutkan menjadi *staff* Kementerian Luar Negeri BEM FP UB pada tahun 2016-2017, penulis juga tergabung sebagai anggota PMII (Pergerakan Mahasiswa Muslim Indonesia) dan pada tahun 2017 penulis menjabat sebagai ketua divisi eksternal PMII Rayon Pertanian UB, penulis juga terdaftar sebagai anggota B KSR (Korps Sukarela) Universitas Brawijaya, diawal perkuliahannya penulis pernah aktif dalam kepanitiaan BINDESNAS (Bina Desa Nasional) yang diselenggarakan oleh IBEMPI (Ikatan BEM Pertanian Indonesia) pada tahun 2015, mengikuti pelatihan kepemimpinan ALP (*Agriculture Leadership Program*) kemudian menjadi panitia ISS (*Indonesian Student Summit*) yang diselenggarakan oleh BEM FP UB pada tahun 2015 dan 2016, kepanitian TOEFL akbar oleh lembaga Zambert tahun 2015 dan 2016, kepanitian ASTOR (*Agriculture Study Tour*) tahun 2016, kepanitian Alumni *sharing* tahun 2016, kepanitiaan Bakti Sosial KSR UB tahun 2016, kepanitiaan KURFA (Kunjungan Fakultas dan Universitas) BEM FP UB tahun 2016, kepanitiaan UNIVDAY (*University Day*) SMAN 4 Kota Cirebon tahun 2016 dan setahun kemudain penulis menjabat sebagai ketua divisi *sponsorship* UNIVDAY (*University Day*) SMAN 4 Kota Cirebon tahun 2017. Penulis juga pernah menjadi ketua kelompok PMW (Pekan Mahasiswa Wirausaha) dan menerima pendanaan dari KEMENRISTEKDIKTI

(Kementrian Riset dan Teknologi Tinggi) Republik Indonesia yang disampaikan melalui Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya tahun 2018 dengan nama produk “Minuman Sirup Sehat Arjuna”. Dibidang akademik penulis pernah menjadi asisten praktikum Ekologi Pertanian tahun 2016, asisten praktikum Dasar Ilmu Tanah tahun 2017, dan asisten praktikum Kewirausahaan tahun 2018, penulis juga mempunyai pengalaman magang kerja dibidang kelapa sawit PT. Letawa Astra Agro Lestari Tbk., Mamuju Utara, Sulawesi Barat.



DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR TABEL	x
I. PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumuan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan	Error! Bookmark not defined.
1.4 Hipotesis.....	Error! Bookmark not defined.
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Tanaman Bawang Putih	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Klasifikasi Tanaman Bawang Putih.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Syarat Tumbuh Tanaman Bawang Putih	Error! Bookmark not defined.
2.2 Mikoriza	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Jenis- Jenis Mikoriza	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Peran Mikoriza pada Tanaman.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 Mekanisme Mikoriza dalam Menghambat Patogen....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Patogen <i>Alternaria porri</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Klasifikasi Jamur <i>Alternaria porri</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.2 Morfologi Jamur <i>Alternaria porri</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.3 Gejala Serangan Jamur <i>Alternaria porri</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.4 Faktor Yang Mempengaruhi Penyakit...	Error! Bookmark not defined.
2.3.5 Daur Hidup Penyakit.....	Error! Bookmark not defined.

2.4	Media Tanam.....	Error! Bookmark not defined.
2.5	Metabolit Sekunder.....	Error! Bookmark not defined.
2.6	Flavonoid.....	Error! Bookmark not defined.
III.	METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3	Rancangan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.4	Persiapan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.1	Pembuatan Pupuk Organik AMB – P07	Error! Bookmark not defined.
3.4.2	Pembuatan Media Tanam AMB – P07..	Error! Bookmark not defined.
3.4.3	Persemaian Tanaman Tembakau.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.4	Pemindahan Tanaman Tembakau pada Media AMB – P07	Error! Bookmark not defined.
3.4.5	Sterilisasi Alat dan Bahan.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.6	Pembuatan dan Platting Media PDA.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.7	Platting Media PDA	Error! Bookmark not defined.
3.4.8	Identifikasi, Perbanyakkan, Peremajaan Isolat <i>Alternaria porri</i>	Error! Bookmark not defined.
3.4.9	Persiapan Inokulum.....	Error! Bookmark not defined.
3.5	Pelaksanaan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.5.1	Pembuatan Pupuk Organik AMB P-07..	Error! Bookmark not defined.
3.5.2	Pembuatan Media Tanam	Error! Bookmark not defined.
3.5.3	Pembibitan dan Penanaman.....	Error! Bookmark not defined.
3.5.4	Sterilisasi Alat dan Bahan.....	Error! Bookmark not defined.
3.5.5	Pembuatan Media Potato Dextrose Agar (PDA) ..	Error! Bookmark not defined.
3.5.6	Perbanyakkan Isolat dan Peremajaan Jamur <i>Alternaria porri</i>	Error! Bookmark not defined.
3.5.7	Pembuatan Suspensi Jamur <i>Alternaria porri</i>	Error! Bookmark not defined.
3.5.8	Inokulasi Spora <i>Alternaria porri</i>	Error! Bookmark not defined.
3.5.9	Perawatan Tanaman Bawang Putih.....	Error! Bookmark not defined.
3.6	Pengamatan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.

3.6.1	Kejadian Penyakit.....	Error! Bookmark not defined.
3.6.2	Pengamatan Pertumbuhan Vegetatif pada Tanaman	Error! Bookmark not defined.
3.6.3	Uji Senyawa Flavonoid	Error! Bookmark not defined.
3.7	Analisa Data	Error! Bookmark not defined.
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	Error! Bookmark not defined.
4.1	Identifikasi <i>Alternaria porri</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2	Pertumbuhan Vegetatif Tanaman	Error! Bookmark not defined.
4.2.1	Tinggi Tanaman.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.2	Jumlah Daun	Error! Bookmark not defined.
4.2.3	Luas Daun	Error! Bookmark not defined.
4.3	Lama Munculnya Gejala Penyakit Bercak Ungu (<i>A. Porri</i>)	Error! Bookmark not defined.
4.4	Kandungan Flavonoid Pada Bawang Putih..	Error! Bookmark not defined.
V.	PENUTUP.....	Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran.....	Error! Bookmark not defined.
	DAFTAR PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
Gambar 1.	Tanaman Bawang Putih	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.	Spora <i>Gigaspora</i> sp.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.	Spora <i>Acaulospora</i> sp.	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.	Spora <i>Glomus</i> sp.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5.	Struktur Fungsi Mikoriza Arbuskular dan Ektomikoriza.	Error! Bookmark not defined.
Gambar 6.	Mekanisme Utama Simbiosis Mikoriza dengan Tanaman.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 7.	Mekanisme Utama Simbiosis Mikoriza dengan Tanaman untuk Mengurangi Cekaman Suhu Panas dan Dingin (Latef et. al., 2016).	Error! Bookmark not defined.
Gambar 8.	Mekanisme Simbiosis Mikoriza dengan Tanaman untuk Mengurangi Cekaman Logam Berat (Latef et. al., 2016).	Error! Bookmark not defined.
Gambar 9.	(a) Kenampakan makroskopis, (b) Kenampakan mikroskopis	Error! Bookmark not defined.
Gambar 10.	(a) Gejala awal (b) Ujung daun mengering lalu patah, (c) Permukaan bercak kehitaman (Sumber: BPTP Balitbangtan Maluku Utara, 2017).	Error! Bookmark not defined.
Gambar 11.	Kerangka C6 – C3 – C6 Flavonoid	Error! Bookmark not defined.
Gambar 13.	Jamur <i>A. porri</i> penyebab bercak ungu pada bawang putih.	Error! Bookmark not defined.
Gambar 14.	Grafik tinggi tanaman bawang putih.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 15.	Perbandingan Tinggi Tanaman Setiap Perlakuan 8 MST	Error! Bookmark not defined.
Gambar 16.	Histogram Jumlah Daun Bawang Putih.	Error! Bookmark not defined.
Gambar 17.	Perbandingan Jumlah Daun Bawang Putih Setiap Perlakuan.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 18.	Perbandingan Pertumbuhan Bawang Putih Setiap Perlakuan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 19.	Diagram Rata - Rata Lama Munculnya Gejala <i>Alternaria porri</i>	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
Tabel 1.	Perbandingan Rata – Rata Tinggi Tanaman Bawang Putih	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.	Perbandingan Rata – Rata Jumlah Daun Tanaman Tembakau Pada Setiap Perlakuan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.	Perbandingan Luas Daun Tanaman Tembakau Setiap Perlakuan.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.	Indeks Penyakit Alternaria porri pada Bawang Putih ..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5.	Kandungan Flavonoid Pada Tanaman Bawang Putih .	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
Lampiran 1.	Tabel Tinggi Tanaman Bawang Putih ...	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2.	Data Luas Daun	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 3.	Analisis Ragam Jumlah Daun	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 4.	Indeks Penyakit.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 5.	Dokumentasi Kegiatan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 6.	Denah Pengacakan Tata Letak Polybag	Error! Bookmark not defined.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bawang putih (*Allium sativum* L.) merupakan komoditas sayuran yang banyak mendatangkan keuntungan karena mempunyai nilai ekonomi yang tinggi. Menurut Riyadi (2012) tanaman bawang putih memiliki taksonomi sebagai berikut: Kingdom: Plantae, Divisi: Spermathopyta, Kelas: Monocotyledonae, Ordo: Liliflorae, Famili: Liliales, Genus: *Alium*, Spesies: *Allium sativum* L. Kebutuhan (konsumsi) bawang putih dari tahun ke tahun terus meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk, semakin membaiknya perekonomian nasional dan semakin meningkatnya pengetahuan masyarakat akan pentingnya gizi komoditas tersebut. Namun, peningkatan ini belum mampu diimbangi dengan peningkatan produksi. Beberapa penyebab rendahnya produksi bawang putih ini adalah serangan penyakit terutama jamur dan virus (Kasiyadi 1981 dan Hilman *et. al.* 1991).

Salah satu penyakit yang merugikan dan mengancam pertanaman bawang putih adalah penyakit bercak ungu pada daun. Penyakit bercak ungu pada bawang biasanya disebabkan oleh jamur patogen, *Alternaria porri* (Ell.) Cif. adalah salah satu faktor biotik penyebab penyakit bercak ungu pada tanaman bawang daun. Penyakit bercak ungu *Alternaria porri* tersebar luas di daerah pertanaman bawang putih di Indonesia antara lain Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur dan Irian Jaya (Veloso, 2007).

Bercak ungu yang di sebabkan oleh *Alternaria porri* merupakan salah satu penyakit penting pada bawang putih. Penyakit tersebut dapat menimbulkan kehilangan hasil 3%-57% tergantung pada musim tanam (Suhardi, 1998). Pemupukan dengan dosis N yang tinggi, keadaan drainase tanah yang tidak baik, dan suhu antara 30-32°C merupakan kondisi yang menguntungkan bagi perkembangan *pathogen* (Veloso, 2007).

Jamur tersebut umumnya menyerang tanaman bawang bawangan pada saat tanaman membentuk umbi, namun pada keadaan yang mendukung perkembangan penyakit, seperti misalnya pada saat musim penghujan, tanaman yang masih dalam fase vegetatif pun bisa terserang. Pada keadaan terakhir ini tanaman akan gagal membentuk umbi, sehingga panen tidak dapat diharapkan (Hadisutrisno *et. al.*, 1996).

Sehingga salah satu cara yang akan digunakan dalam menghambat atau menekan intensitas serangan jamur *Alternaria porri* yaitu dengan pemberian atau aplikasi mikoriza. Mikoriza merupakan cendawan obligat, dimana kelangsungan hidupnya berasosiasi dengan akar tanaman melalui spora. Menurut Haris (2005) manfaat penambahan cendawan mikoriza antara lain, mampu meningkatkan ketahanan terhadap penyakit dan pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik sehingga hasil yang didapat jauh lebih banyak.

1.2 Rumuan Masalah

Rumusan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh pemberian mikoriza pada media AMB-P07 pada pertumbuhan vegetatif tanaman bawang putih ?
2. Bagaimana pengaruh pemberian mikoriza pada media AMB-P07 dalam menstimulasi senyawa flavanoid tanaman bawang putih untuk menekan penyakit bercak ungu *Alternaria porri* ?

1.3 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui efektifitas dosis aplikasi mikoriza yang tepat pada media AMB-P07 dalam meningkatkan pertumbuhan bawang putih.
2. Mengetahui dosis aplikasi mikoriza yang tepat pada media AMB-P07 untuk meningkatkan senyawa flavonoid pada tanaman bawang putih serta menghambat serangan jamur *Alternaria porri* yang merupakan penyebab penyakit bercak ungu pada tanaman bawang putih.

1.4 Hipotesis

1. Terdapat pengaruh pemberian dosis mikoriza yang tepat dan efektif terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman bawang putih.
2. Terdapat pengaruh dosis aplikasi mikoriza yang tepat dalam peningkatan senyawa flavonoid pada tanaman bawang putih sebagai senyawa ketahanan metabolit sekunder terhadap serangan jamur *Alternaria porri* yang merupakan penyebab penyakit bercak ungu pada tanaman bawang putih..

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui efektifitas dosis potensial mikoriza pada media khusus AMB-P07 dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman bawang putih.
2. Memberi informasi kepada masyarakat khususnya petani bahwa pemberian mikoriza dapat menjadi solusi dalam menekan penyakit bercak ungu *Alternaria porri* pada bawang putih serta menstimulasi senyawa flavanoid dimana senyawa tersebut berperan sebagai senyawa ketahanan metabolit sekunder pada tanaman bawang putih.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Bawang Putih

Bawang putih sebenarnya berasal dari Asia Tengah, diantaranya Cina dan Jepang yang beriklim subtropik. Dari sini bawang putih menyebar ke seluruh Asia, Eropa, dan akhirnya ke seluruh dunia. Di Indonesia, bawang putih dibawa oleh pedagang Cina dan Arab, kemudian dibudidayakan di daerah pesisir atau daerah pantai. Seiring dengan berjalannya waktu kemudian masuk ke daerah pedalaman dan akhirnya bawang putih akrab dengan kehidupan masyarakat Indonesia.

2.1.1 Klasifikasi Tanaman Bawang Putih

Adapun klasifikasi bawang putih menurut Syamsiah dan Tajudin, 2003 adalah :

Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledonae
Ordo	: Liliales
Famili	: Liliaceae
Genus	: <i>Allium</i>
Spesies	: <i>Allium sativum</i> L.



Gambar 1. Tanaman Bawang Putih
(Sumber :Syamsiah dan Tajudin, 2003)

2.1.2 Syarat Tumbuh Tanaman Bawang Putih

Bawang putih dapat tumbuh pada berbagai ketinggian tempat bergantung pada varietas yang digunakan. Daerah penyebaran bawang putih di Indonesia yaitu Sumatera Utara, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, Lombok dan

Nusa Tenggara Timur. Daerah-daerah tersebut mempunyai agroklimat yang sesuai untuk bawang putih sehingga daerah-daerah tersebut sampai saat ini merupakan daerah penghasil utama bawang putih (Ditjentan, 1997). Luas penanaman yang paling besar ada pada ketinggian di atas 700 meter. Produksi per satuan luas di dataran tinggi lebih besar dari pada di dataran rendah. Beberapa varietas ada yang cocok ditanam di dataran rendah. Di dataran medium, daerah penanaman bawang putih terbaik berada pada ketinggian 600 mdpl. (meter diatas permukaan laut). Perlu dikemukakan bahwa varietas bawang putih dataran tinggi kurang baik apabila ditanam di dataran rendah begitu pula sebaliknya.

Hasil penelitian yang pernah ada menunjukkan bahwa pengaruh faktor-faktor agroklimat terhadap pertumbuhan dua kultivar bawang putih sangat dipengaruhi oleh lokasi penanaman. Hasil umbi kering kultivar Lumbu Kuning dan Lumbu Putih di Tuwel (900 mdpl) adalah produksi tertinggi yakni (5,9 dan 5,7 ton/ha). Produksi kedua kultivar di Bunewah (600 mdpl) nyata lebih rendah (5,3 dan 4,6 ton/ha), sedangkan produksi umbi kering terendah di Kramat (10 mdpl) yakni 1,8 ton/ha untuk masing-masing kultivar (Reijnders, Suwandi dan Stallen, 1991). Varietas dataran tinggi sulit membentuk umbi di dataran rendah. Percobaan daya hasil varietas bawang putih didataran medium dan tinggi dilaksanakan masing-masing di Karang Ploso dan Banaran Jawa Timur dengan kultivar Lumbu Kuning sebagai pembanding. Hasil umbi kering dan umur panen menunjukkan bahwa hanya kultivar Sanur yang nyata lebih tinggi dari pada kontrol (Lumbu Kuning). Walaupun kultivar Jatibarang dan Bagor merupakan cv.Dataran rendah, kultivar-kultivar tersebut mempunyai harapan untuk dataran medium, Kultivar Layur, walaupun daya hasilnya lebih baik dari pada Lumbu Kuning, namun umur panennya lebih panjang. Untuk dataran tinggi semua kultivar yang diuji potensi hasilnya lebih rendah secara nyata terhadap kultivar lokal (Gombloh) (Permadi *et. al.*, 1992).

2.2 Mikoriza

Mikoriza merupakan cendawan obligat, dimana kelangsungan hidupnya berasosiasi dengan akar tanaman melalui spora. Dalam siklus hidupnya, mikoriza bersimbiosis dengan akar tanaman tingkat tinggi. Simbiosis yang terjadi antara mikoriza dan tanaman adalah simbiosis mutualisme, mikoriza

memperoleh hasil fotosintat tanaman sebagai nutrisi dan tanaman mendapat tambahan serapan hara dan air.

2.2.1 Jenis- Jenis Mikoriza

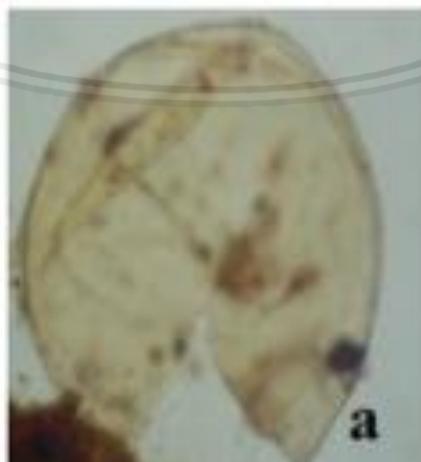
***Gigaspora* sp.** memiliki spora yang diproduksi di dalam tanah dimana pada ujung sel sporogenous berbentuk bulat, spora pada mikoriza jenis ini memiliki warna putih kekuningan, dengan ukuran 200-240 x 360-380 μm , memiliki dua lapisan utama yakni dinding spora dan dinding germinal (Becker dan hall, 2012).



Gambar 2. Spora *Gigaspora* sp.

(Sumber :Bihari dan Gupta, 2013)

***Acaulospora* sp.** sering ditemukan pada tanah. berbentuk hialin dimana memiliki warna yang putih hingga kekuningan. Berbentuk bulat maupun agak bulat dengan ukuran 78-114 hingga 99-105 x 114-120 μm (Becker dan hall, 2012).



Gambar 3. Spora *Acaulospora* sp.
(Sumber :Ambarish dan Sridhar, 2014)

Glomus etunikatum memiliki warna kuning pucat hingga kuning dimana berbentuk bulat maupun agak bulat. ukuran 110 – 160 x 140 – 180 μm . mikoriza ini memiliki struktur subseluler dalam dua lapisan. Pada lapisan pertama memiliki hialin dengan ketebalan 0,5 – 2,5 μm . Lapisan ini mampu mengalami penurunan sesuai dengan meningkatnya usia mikoriza. Lapisan kedua merupakan lapisan laminasi dimana memiliki sifat yang halus pada kedua permukaannya, berwarna kuning pucat hingga kuning. Mikoriza jenis ini tidak mengalami perkecambahan seperti mikoriza pada umumnya. Mikoriza ini mampu tumbuh diberbagai kondisi alam (Becker dan Gerd 2010).



Gambar 4. Spora *Glomus* sp.
(Sumber :Debnath *et al.*, 2015)

2.2.2 Peran Mikoriza pada Tanaman

Peranan mikoriza bagi pertumbuhan tanaman sebagai mikroorganisme tanah. Manfaat asosiasi mikoriza yang pada prinsipnya mampu meningkatkan penyerapan dan ketersediaan hara, terutama unsur makro berdampak pada peningkatan pertumbuhan tanaman. Ada beberapa mekanisme di mana asosiasi mikoriza dapat meningkatkan penyerapan dan suplai hara bagi tanaman inang (host), yaitu :

1. Adanya pertumbuhan hifa eksternal atau mantel menyebabkan akar bermikoriza mempunyai luas permukaan penyerapan hara.
2. Pertumbuhan hifa eksternal membentuk jaringan yang ekstensif dan mempunyai daya jelajah ke dalam tanah lebih tinggi dari pada daya jelajah akar. Hifa dapat menembus pori tanah yang lebih kecil di mana akar sudah tidak mampu lagi menembus karena diameter hifa lebih kecil dibandingkan dengan diameter akar.

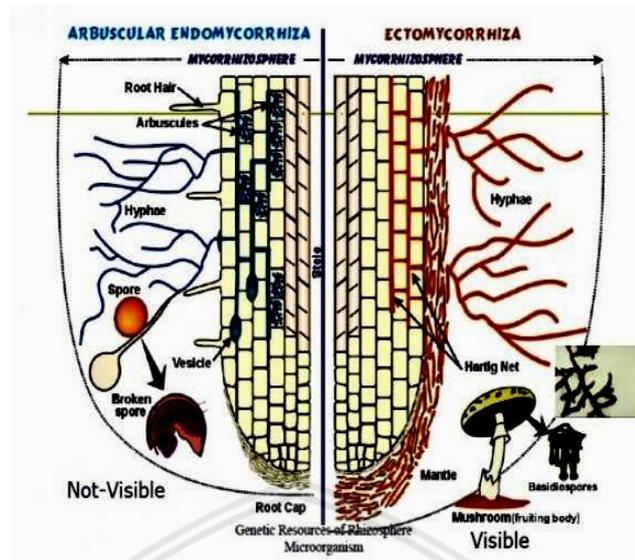
3. Hifa eksternal dari akar satu tanaman dapat saling berhubungan dengan hifa eksternal dari akar tanaman lain atau dengan akar tanaman lain yang berdekatan sehingga memungkinkan terjadinya donor nutrisi antar tanaman (Prayudyaningsih, 2012).

Penambahan mikoriza pada budidaya tanaman memberikan manfaat yang tinggi. Penggunaan mikoriza mampu meningkatkan produksi tanaman pada lingkungan cekaman. Mikoriza berperan dalam memperbaiki kondisi lingkungan, hal ini dibuktikan pada penelitian Omon (2008) bahwa mikoriza mampu meningkatkan persentase hidup tanaman meranti merah yang digunakan pada rehabilitasi lahan hutan di Kalimantan Timur. Mikoriza dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang kurang sesuai bagi pertumbuhannya. Hal ini sejalan dengan penelitian Setiyadi (2011) yang menunjukkan bahwa jenis mikoriza *Gigaspora margarita*, *Acaulospora* sp. dan *Glomus* sp. mampu bertahan pada kondisi lahan pasca pertambangan nikel.

2.2.3 Mekanisme Mikoriza dalam Menghambat Patogen

Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) dapat melakukan simbiosis atau asosiasi dengan akar tanaman dengan membentuk jalinan interaksi yang kompleks. Mikoriza dikenal sebagai cendawan tanah karena habitatnya berada di dalam tanah dan di area perakaran tanaman (rizosfer), sehingga disebut sebagai cendawan tanah atau cendawan akar. Keistimewaan cendawan ini adalah kemampuannya dalam membantu tanaman untuk menyerap unsur hara, terutama P (Syib'li 2008). Mikoriza dapat bersimbiosis mutualistik dengan akar tanaman, tetapi tidak semua cendawan mikoriza efektif menekan patogen. Jenis mikoriza yang efektif biasanya mampu meningkatkan pengambilan unsur hara oleh tanaman, sehingga tanaman sama-sama memperoleh keuntungan dari simbiosis ini. Di lain pihak, cendawan dapat memenuhi keperluan hidupnya karena tersedianya karbohidrat dan keperluan tumbuh lainnya dari tanaman inang (Buntan et al. 1997).

Suatu simbiosis terjadi apabila cendawan masuk ke dalam akar atau melakukan infeksi. Proses infeksi dimulai dengan perkecambahan spora di dalam tanah. Hifa yang tumbuh melakukan penetrasi ke akar dan berkembang di dalam korteks. Pada akar yang terinfeksi akan terbentuk arbuskula, vesikel intraseluler, hifa internal di antara sel-sel korteks, dan hifa eksternal. Penetrasi hifa dan perkembangannya biasanya terjadi pada bagian yang masih mengalami proses pertumbuhan dan hifa berkembang tanpa merusak sel (Clark 1997).



Gambar 5. Struktur Fungsi Mikoriza Arbuskular dan Ektomikoriza.

Cendawan mikoriza arbuskular termasuk Endomikoriza mempunyai beberapa sifat, antara lain akar yang kena infeksi tidak membesar, lapisan hifa pada permukaan akar tipis, hifa masuk ke individu sel jaringan korteks, adanya bentukan khusus berbentuk oval yang disebut vasiculae (vesikel) dan sistem percabangan hifa yang dichotomous disebut arbuscules (arbuskula) (Brundrett 2004).

2.2.4 Faktor yang Mempengaruhi Keberadaan Mikoriza Arbuskular

Keberadaan spora Fungsi Mikoriza Arbuskular (FMA) dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti:

1. Cahaya

Rendahnya jumlah produksi spora dan akar tanaman yang terinfeksi FMA dapat disebabkan oleh tingginya naungan pada tanaman inang. Naungan yang tinggi juga dapat menyebabkan berkurangnya respon tanaman terhadap fungsi mikoriza. Hal ini disebabkan adanya hambatan pertumbuhan dan perkembangan internal hifa dalam akar yang berakibat terbatasnya perkembangan eksternal hifa pada rizosfer (Setiadi, 2001).

2. Suhu

Suhu dapat mempengaruhi perkembangan spora, penetrasi hifa pada sel akar dan perkembangan hifa pada korteks akar. Selain itu, suhu juga berpengaruh pada ketahanan dan simbiosis FMA. Semakin tinggi suhu semakin besar terbentuknya kolonisasi dan meningkatnya produksi spora. Suhu terbaik untuk perkembangan arbuskular adalah 30°C, namun suhu optimum bagi

pertumbuhan koloni miselia adalah 28–34°C, sedangkan optimum bagi perkembangan vesikula pada suhu 35°C.

3. Kandungan Air Tanah

Kandungan air tanah dapat mempengaruhi pertumbuhan serta infeksi fungi mikoriza terhadap akar tanaman. Berkecambah paling baik pada kandungan air di antara kapasitas lapang dan kandungan air jenuh.

4. pH Tanah

Fungi mikoriza pada umumnya memiliki adaptasi yang baik pada perubahan pH tanah. pH tanah berpengaruh pada perkecambahan, perkembangan dan peran mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman. pH optimum untuk perkembangan fungi mikoriza berbeda-beda tergantung pada adaptasi fungi mikoriza terhadap lingkungan. pH dapat mempengaruhi aktivitas kerja enzim yang berperan dalam perkecambahan spora fungi mikoriza.

5. Bahan Organik

Bahan organik merupakan salah satu komponen yang menunjang dalam meningkatkan kesuburan tanah serta memperbaiki sifat-sifat tanah. Jumlah spora FMA berhubungan erat dengan kandungan bahan organik dalam tanah. Pada tanah-tanah yang memiliki kadar bahan organik 1–2%, ditemukan mengandung spora maksimum sedangkan pada tanah-tanah berbahan organik kurang dari 0,5% kandungan spora sangat rendah (Pujiyanto, 2001).

6. Tanaman Inang

Fungi mikoriza arbuskular merupakan simbiosis obligat yang dalam siklus hidupnya membutuhkan tanaman inang sebagai tempat hidupnya. Tanaman inang merupakan sumber senyawa karbon yang merupakan nutrisi bagi FMA. Kondisi fisik tanaman akan mempengaruhi perkembangan FMA, sehingga apabila kondisi tanaman terganggu (*stress*) baik akibat kekeringan maupun penyakit maka kondisi FMA pun akan terganggu, yang dapat menyebabkan terputusnya asosiasi antara fungi dan tanaman yang selanjutnya dapat memicu sporulasi FMA.

7. Mikroorganisme lain

Keberadaan mikroorganisme lain di dalam tanah dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman inang, hal ini karena mikroorganisme di dalam tanah ada yang bersifat antagonis terhadap tanaman dan ada juga yang bersifat non-antagonis terhadap tanaman. Mikroorganisme yang bersifat antagonis akan menyerang tanaman inang dan menimbulkan gangguan fisik, sehingga

menghambat pertumbuhan tanaman inang dan mampu memicu sporulasi FMA. Namun mikroorganisme yang bersifat non-antagonis tidak menimbulkan gangguan fisik justru terkadang mikroorganisme tertentu dapat membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman inang.

2.2.5 Mekanisme Simbiosis Mikoriza dengan Tanaman dalam Cekaman Abiotik

Terdapat beberapa tekanan abiotik yang dapat mengganggu tanaman dan berikut ini adalah mekanisme mikoriza dalam membantu tanaman untuk mengurangi efek dari tekanan abiotik:

a. Salinitas

Salinitas telah menjadi tekanan abiotik utama dan telah terjadi dilaporkan menyebabkan: (a) penurunan laju pertumbuhan, perkembangan vegetatif, kapasitas asimilasi bersih, laju ekspansi daun, dan indeks luas daun (Hasanuzzaman *et. al.*, 2013), (b) gangguan fotosintesis dan variabel terkait (Raziuddin *et. al.*, 2011), dan (c) meningkatkan oksigen reaktif (ROS), kerusakan yang ditengahi ROS terhadap lipid, protein, asam nukleat, dan juga penangkapan metabolik (Ahmad *et. al.* 2016). Banyak laporan tersedia tentang pertumbuhan tanaman yang bersimbiosis mikoriza yang ditingkatkan dan hasil di bawah kondisi salinitas (Hashem *et. al.*, 2014). Para penulis ini menghubungkan peningkatan nutrisi yang dimediasi oleh mikoriza, penyerapan air dan peningkatan fotosintesis.

Kolonisasi jamur mikoriza terbukti memungkinkan tanaman inang yang terpapar salinitas untuk menyerap lebih banyak air melalui jaringan hifa mikoriza, dan meningkatkan kapasitas pertukaran gas (Hameed *et. al.*, 2014). Pada tanaman yang tumbuh dalam kondisi salin, kolonisasi jamur mikoriza juga dapat: (a) meningkatkan konduktivitas hidrolis akar pada potensi air rendah (Kapoor *et. al.*, 2008), (b) merangsang dan mengubah morfologi sistem akar (Kothari *et. al.*, 1990) dan (c) meningkatkan konduktansi stomata (Sheng *et. al.*, 2008). Tanaman yang diinokulasi mikoriza dilaporkan menunjukkan Tanaman yang diinokulasi mikoriza dilaporkan menunjukkan peningkatan kandungan klorofil, serapan N dan Mg yang lebih tinggi tetapi menghambat transportasi Na bahkan dalam kondisi salin (Borde *et. al.*, 2010). Hameed *et. al.*, (2014) melaporkan peningkatan konsentrasi sitokinin dan translokasi fotosintetase lebih tinggi dalam salinitas terbuka dan tanaman yang diinokulasi mikoriza. Baru-baru ini, inokulasi mikoriza dilaporkan untuk meningkatkan kinerja meningkatkan kandungan klorofil

dan karbonat anhydrase (Talaat dan Shawky, 2014). Inokulasi AMF juga dapat mengurangi stres oksidatif melalui penurunan peroksidasi lipid membran pada tanaman yang terkena salinitas (Yang *et. al.*, 2014).

Malondialdehyde (MDA) rendah, peroksidasi lipid rendah, dan penyesuaian komponen komponen sistem antioksidan dianggap sebagai penanda stres yang dialami tanaman rendah (Anjum *et. al.*, 2015). Khususnya, tanaman yang telah bersimbiosis dengan mikoriza telah dilaporkan untuk meningkatkan integritas membran plasma dengan menurunkan peroksidasi lipid dan mengurangi kebocoran elektrolit (Latef dan Chaoxing, 2014). Talaat dan Shawky (2014) melaporkan bahwa tanaman mikoriza menunjukkan kandungan H₂O₂ dan MDA yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman non mikoriza, menunjukkan lebih sedikit akumulasi ROS dan kerusakan membran yang lebih rendah pada tanaman bekas daripada tanaman yang terakhir. Inokulasi mikoriza juga dapat mengurangi stres oksidatif melalui penurunan peroksidasi lipid membran pada tanaman yang terkena salinitas (Yang *et. al.*, 2014). Akumulasi MDA menurun pada daun *Triticum aestivum* dengan inokulasi mikoriza di bawah salinitas *hyperosmotic* dan mungkin disebabkan oleh akumulasi senyawa yang mengandung N seperti prolin dan glisin betain. Kolonisasi dengan mikoriza melindungi tanaman terhadap efek berbahaya ROS dengan meningkatkan enzim antioksidan seperti superoksida dismutase (SOD), katalase (CAT), peroksidase (POD), askorbat peroksidase (APX), dan glutathione reduktase (GR) (Evelin dan Kapoor, 2014).

Inokulasi mikoriza juga dapat memodulasi status tanaman osmolytes / osmoprotektan (seperti prolin, betina dan gula glisin) dan asam organik. Kumpulan prolin dan glisin betaine yang ditingkatkan dan membantu untuk mencegah membran tilakoid terhadap kerusakan ROS (Talaat dan Shawky, 2014). Akumulasi gula dalam tanaman yang diberi mikoriza telah dilaporkan sebagai strategi pertahanan melawan salinitas. Akumulasi gula larut dalam tanaman yang diberi mikoriza diilustrasikan sebagai hasil dari fotosintesis yang ditingkatkan yang dimediasi mikoriza (Latef dan Chaoxing, 2014). Namun, mungkin ada efek negatif dari asosiasi mikoriza dan akumulasi gula pada tanaman inang selama salinitas (Beltrano *et. al.*, 2013). Inokulasi dengan *Glomus mossaea* meningkatkan protein larut dan total asam amino bebas dari tanaman lada yang mengalami stres garam (Latef and Chaoxing, 2014).

Peningkatan produksi betain yang dimediasi oleh mikoriza dikonfirmasi berkontribusi pada penyesuaian osmotik dan selanjutnya pada proses fotosintesis pada tanaman yang tumbuh subur dalam kondisi salin (Sheng *et. al.* 2011). Sementara perubahan poliamina dapat ditunjukkan sebagai salah satu mekanisme yang digunakan oleh mikoriza untuk meningkatkan adaptasi tanaman di bawah tanah salin (Sannazzaro *et. al.*, 2007), asam organik selain berfungsi sebagai penyesuaian tekanan osmotik bertanggung jawab juga untuk menyeimbangkan kelebihan kation dan mempertahankan pH homeostasis (Hatzig *et. al.*, 2010). Selain itu, kelebihan jumlah asam organik, terutama asam malat, dapat meningkatkan sintesis gula melalui fasilitasi pengiriman CO₂ ke siklus Calvin (Kapoor *et. al.*, 2013). Regulasi metabolisme asam organik dapat memainkan peran penting dalam toleransi tanaman terhadap kondisi salin, di mana asam organik dapat bertindak sebagai osmolit dalam vakuola tanaman dan menghindari penumpukan racun klorida dalam sel (Hajiboland, 2013). Inokulasi mikoriza dilaporkan untuk memfasilitasi akumulasi asam organik dalam jagung yang terhadap salinitas (Sheng *et. al.*, 2011). Secara khusus, simbiosis mikoriza meningkatkan akumulasi asam organik seperti asam oksalat, asam fumarat, asam asetat, asam malat dan asam sitrat; sedangkan, konsentrasi asam format, asam suksinat menurun dan tidak ada efek signifikan yang ditemukan pada konsentrasi asam laktat (Sheng *et. al.*, 2011). Sebelumnya, kolonisasi mikoriza membantu meningkatkan konsentrasi asam organik dalam eksudat akar (Zhang *et. al.*, 2003). Selain itu, pembuangan asam organik ke rhizosfer tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza menyebabkan penurunan pH tanah, EC dan karbon organik, dan tetapi meningkatkan aksesibilitas tanaman ke tanah N, P, dan K (Usha *et. al.*, 2004).

Salinitas dapat mengganggu biosintesis strigolakton, kelas baru hormon tanaman (Aroca *et. al.*, 2013). Peningkatan strigolakton pada tanaman yang diberi mikoriza ditunjukkan untuk mengatasi efek salinitas pada tanaman sebagai hasil dari pengembangan jamur mikoriza yang distimulasi dan simbiosis (Aroca *et. al.*, 2013). Inokulasi mikoriza juga dapat meningkatkan asimilasi nitrat (melalui peningkatan penyerapan nitrat dan aktivitas nitrat reduktase), meningkatkan akumulasi K⁺, mempertahankan rasio K⁺ / Na⁺ dan akhirnya mencegah gangguan dalam berbagai proses enzimatik dan menghambat sintesis protein (Talaat dan Shawky 2014). Mikoriza merangsang penyerapan N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe dan Zn serta membatasi penyerapan Na dan Cl (Evelin *et. al.*, 2012).

Aktivitas buffering mikoriza ini membantu mencegah toksisitas ion yang diinduksi oleh garam dan mengurangi defisiensi nutrisi dan efek seluler terkait lainnya (Kapoor *et. al.*, 2013). Mikoriza juga mengatasi kekurangan K^+ dan Ca^{2+} yang diinduksi Na^+ . Oleh karena itu rasio K^+ / Na^+ , Ca^{2+} / Na^+ dan Ca^{2+} / Mg^{2+} yang lebih tinggi dijaga oleh tanaman mikoriza dalam jaringan tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza daripada tanaman non mikoriza (Evelin *et. al.*, 2012). Namun, ada juga yang melaporkan bahwa mikoriza meningkatkan pengambilan Na^+ . Nutrisi yang ditingkatkan, terutama P dan pemeliharaan rasio Ca^{2+} / Na^+ yang lebih tinggi adalah faktor kunci yang berkontribusi terhadap efek menguntungkan dari kolonisasi mikoriza pada integritas membran (Latef dan Miransari, 2014).

b. Kekeringan

Kekeringan, umumnya dikenal sebagai kekurangan air, tekanan air adalah tidak adanya tabel air yang memadai untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman normal (Moussa dan Aziz, 2008). Tidak tersedianya air ke zona akar, laju transpirasi yang parah atau percepatan pembentukan ROS dan induksi stres oksidatif selanjutnya pada tanaman dapat menjadi alasan utama dampak stres kekeringan pada tanaman (Hasanuzzaman *et. al.*, 2013). Simbiosis tanaman dengan mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan dengan meningkatkan panjang akar, luas daun, biomassa tanaman, dan serapan hara dalam kondisi kekeringan (Al-Karaki *et. al.*, 2004). Peningkatan pertumbuhan tanaman melalui inokulasi mikoriza dapat dianggap berasal dari pembentukan jaringan hifa yang luas dan sekresi glomalalin, yang pada gilirannya meningkatkan air dan serapan hara meningkatkan struktur tanah (Pagano, 2014).

Peningkatan pertumbuhan tanaman yang dimediasi oleh mikoriza mungkin juga disebabkan oleh perlindungan patogen yang ditanggung oleh tanah (St- Arnaud dan Vujanovic, 2007), pengembangan struktur tanah yang diperkaya, dan stabilisasi agregat (Wright, 2005). Keterlibatan simbiosis mikoriza dalam beberapa proses fisiologis dan biokimia termasuk (a) pengambilan langsung dan transfer air dan nutrisi oleh jamur mikoriza, (b) peningkatan penyesuaian osmotik, (c) peningkatan pertukaran gas dan efisiensi penggunaan air, dan (d) perlindungan yang lebih baik terhadap kerusakan oksidatif juga telah dilaporkan (Rapparini dan Peñuelas, 2014). Simbiosis mikoriza menghasilkan potensi kandugan air pada daun yang lebih besar, meningkatkan pertukaran gas,

meningkatkan stomata konduktansi, transpirasi dan laju fotosintesis pada tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza di bawah kekeringan (Lee *et. al.*, 2012; Gholamhoseini *et. al.*, 2013). Berasal dari peningkatan penyerapan air pada akar mikoriza oleh hifa ekstra- radikal yang meningkatkan laju fotosintesis dan kadar air yang lebih tinggi daripada tanaman non-mikoriza (Ruiz dan Azcon, 1995), dan dengan meningkatkan konduktivitas hidrolik akar yang efektif atau dengan memodifikasi bentuk akar tanaman. Mikoriza juga dapat mengubah pengaturan air dalam tanaman inang melalui modulasi dalam pemberian sinyal hormonal atau dengan merangsang osmolytes pada tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza (seperti konsentrasi produk sampingan fotosintesis yang lebih tinggi dan gula larut dalam daun) dibandingkan dengan tanaman non-mikoriza (Fan dan Liu, 2011).

Peran asam absisat (ABA) juga telah disarankan sebagai salah satu mekanisme non-nutrisi dimana simbiosis mikoriza mempengaruhi konduktansi stomata dan sifat-sifat fisiologis lainnya pada tanaman yang mengalami kekeringan (Ludwig-Müller, 2010). Baru-baru ini, di *Zea mays* tanaman yang diinfeksi oleh *Glomus intraradices*, meningkatkan ekspresi dua gen aquaporin (*GintAQPF1* dan *GintAQPF2*) dijelaskan pada keduanya sel-sel kortikal akar bersimbiosis dengan miselia ekstra-radikal di bawah tekanan kekeringan (Li *et. al.* 2013). Pertumbuhan hifa juga ditemukan terkait dengan area penyerapan air (Li *et. al.*, 2013). Akumulasi zat terlarut yang kompatibel (osmolytes) adalah mekanisme penting lainnya yang mendasari perlindungan yang diperantarai mikoriza terhadap tanaman yang terpapar kekeringan (Baslam dan Goicoechea 2012). Akumulasi osmoprotektan seperti gula dapat menurunkan potensi osmotik pada tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza toleran kekeringan (Yooyongwech *et. al.*, 2013). Di sisi lain, banyak penelitian telah memperoleh hasil bahwa terjadi penurunan gula terlarut yang diperantarai mikoriza dalam beberapa tanaman yang terpapar kekeringan termasuk *Erythrina variegata* (Manoharan *et. al.*, 2010) dan *Casuarina equisetifolia* (Zhang *et. al.* 2010), di mana penurunan yang dimediasi oleh mikoriza mengurangi gula larut pada tanaman sehingga menyebabkan pengurangan stress tanaman terhadap kekeringan. Tumbuhan yang terinfeksi mikoriza menunjukkan respons yang bervariasi pada konsentrasi asam amino di bawah tekanan kekeringan (Ogawa dan Yamauchi, 2006). Semakin tinggi konsentrasi asam amino pada akar dan

tunas AM menunjukkan kemampuan osmoregulasi yang lebih besar melalui akumulasi asam amino pada tanaman (Kapoor *et. al.*, 2013).

Banyak literatur tentang prolin akresi dimediasi kolonisasi mikoriza dan mengarah pada toleransi kekeringan pada tanaman (Yooyongwech *et. al.*, 2013; Rapparini dan Peñuelas, 2014). Sebaliknya, dalam beberapa penelitian, konten prolin meningkat sebagai respons terhadap defisit air, akumulasi prolin yang lebih rendah dicatat pada tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza dibandingkan dengan non-mikoriza (Rapparini dan Peñuelas 2014). Inokulasi *Poncirus trifoliata* yang terkena kekeringan dengan *Funneliformis mosseae* dipastikan mengurangi akumulasi jaringan prolin dan meningkatkan kinerja pertumbuhan dan produksi biomassa (Zou *et. al.* 2013). Akumulasi prolin yang lebih rendah pada tanaman mikoriza dapat berasal dari integrasi penghambatan jalur sintetik glutamat dari prolin dengan peningkatan degradasi prolin (Zou *et. al.* 2013).

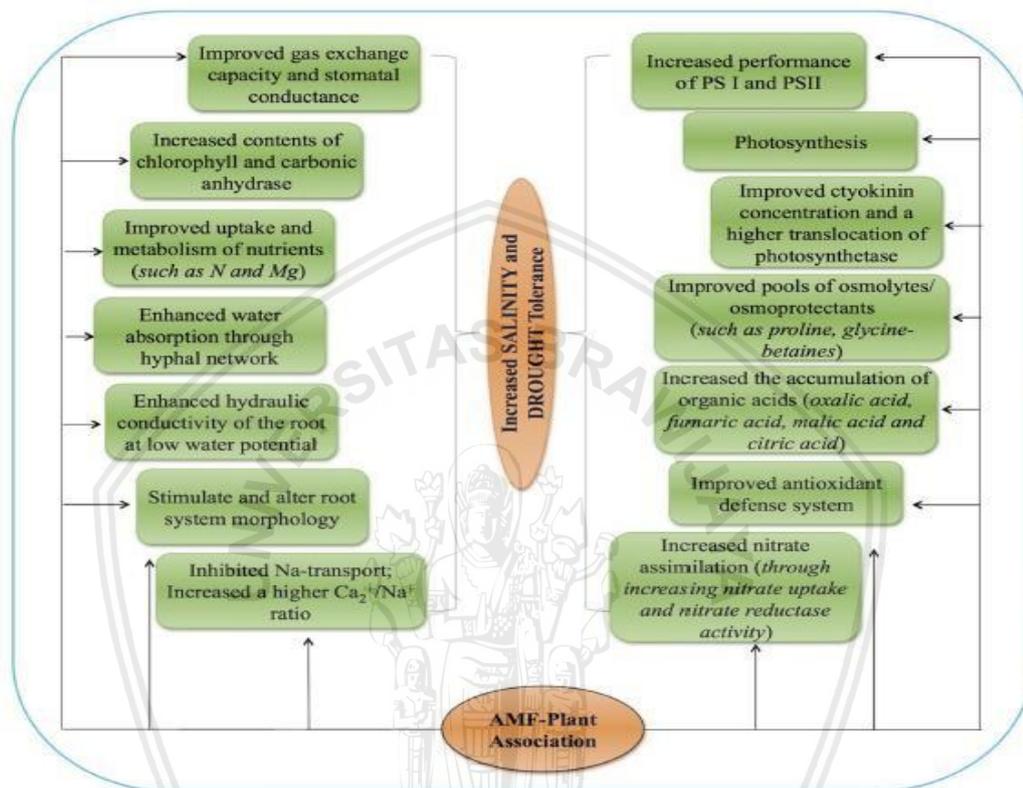
Inokulasi mikoriza pada tanaman yang mengalami kekeringan meningkatkan kadar poliamina bebas dan senyawa nitrogen yang larut (Rapparini dan Peñuelas 2014). Mirip dengan tekanan abiotik lainnya, kekeringan juga meningkatkan produksi ROS berlebih, seperti radion anion superoksida ($O_2 \cdot^-$), oksigen singlet ($1O_2$), radikal hidroksil ($\cdot OH$) dan hidrogen peroksida (H_2O_2) yang menyebabkan kerusakan sel atau kematian (Smirnoff, 1993). Namun demikian, stres oksidatif terjadi ketika sistem pertahanan antioksidan kelebihan beban dan tidak mampu mempertahankan keseimbangan redoks seluler yang memadai (Rapparini dan Peñuelas, 2014). Tanaman yang diinokulasi mikoriza dilaporkan menunjukkan berbagai tingkat antioksidan utama / pengumpul ROS dan juga status redoks seluler (Rapparini dan Peñuelas, 2014). Perbaikan stres kekeringan oleh simbiosis mikoriza sering terkait dengan pengayaan tingkat antioksidan atau aktivitas pada tanaman (Wu dan Zou, 2010). Peningkatan yang dimediasi oleh mikorisasi dalam kinerja fotosintesis pada tanaman yang mengalami kekeringan berkorelasi dengan akumulasi senyawa antioksidan seperti glutathione, yang pada gilirannya menurunkan H_2O_2 seluler dan menurunkan lipid membran (Ruíz- Sánchez *et. al.*, 2010).

Peran defensif inokulasi mikoriza pada tanaman di bawah tekanan kekeringan dikaitkan dengan peningkatan tingkat flavonoid, dianggap sebagai salah satu pengait ROS pada tanaman (Abbaspour *et. al.*, 2012). Senyawa organik yang mudah menguap seperti isoprenoid, selain merupakan senyawa yang tidak mudah menguap (antioksidan), dapat berkontribusi pada sistem

perlindungan tambahan terhadap tekanan abiotik termasuk kekeringan (Vickers *et. al.*, 2009). Dalam hal ini, mikoriza dilaporkan secara luas berkontribusi meningkatkan toleransi kekeringan tanaman dengan meningkatkan produksi isoprenoids (Rapparini *et. al.*, 2008; Rapparini dan Peñuelas, 2014). Inokulasi mikoriza juga telah banyak dilaporkan untuk mengurangi defisiensi nutrisi penting yang diinduksi kekeringan termasuk Ca, Fe, K, Mg, P, dan Zn (Gholamhoseini *et. al.*, 2013). Secara khusus, AMF dapat meningkatkan konsentrasi P pada tanaman dan selanjutnya meningkatkan toleransi kekeringan tanaman (Gholamhoseini *et. al.*, 2013). Inokulasi *G. mosseae* dalam bunga matahari meningkatkan ketersediaan P dan meminimalkan dampak kekeringan yaitu pada kedua persentase minyak biji dan hasil minyak bunga matahari (Gholamhoseini *et. al.* 2013). Selain P, dalam bibit trifoliolate orange (*Poncirus trifoliata* L. Raf.), kolonisasi versiforme secara signifikan meningkatkan konsentrasi K, dan Ca dan akar P, Ca, dan Fe masing-masing di bawah tekanan air dan kekeringan (Wu dan Zou, 2010). Tumbuhan Pistachio yang diinokulasi dengan dua spesies AMF (*G. mosseae* dan *G. intraradices*) memediasi augmentasi signifikan dalam konsentrasi P, K, Zn dan Mn, terlepas dari tanah kondisi kelembaban (Bagheri *et. al.* 2012). Namun, kontribusi utama inokulasi AMF meningkatkan elemen dalam tanaman terutama yang terbatas pada jaringan akar, sehingga memberikan kekuatan terhadap defisit air tanah (Bagheri *et. al.*, 2012). Peningkatan mikoriza yang dimediasi dalam konduktivitas hidrolis akar dikonfirmasi untuk meningkatkan serapan N, P dan K, dan selanjutnya meningkatkan konsentrasi protein pada tanaman yang terpapar kekeringan (Gholamhoseini *et. al.*, 2013).

Peningkatan ketersediaan P dari aktivitas jamur mikoriza dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi K. Selain itu, hubungan sinergis antara P dan K telah dijelaskan oleh Cardoso dan Kuyper (2006). Ketersediaan P di zona akar telah dilaporkan meningkatkan penyerapan K pada tanaman. Ruiz dan Azcón (1995) menunjukkan bahwa mitigasi stres kekeringan oleh spesies jamur mikoriza yang berbeda dapat dianggap berasal untuk fisiologis tertentu (fiksasi CO₂, transpirasi, efisiensi penggunaan air) dan penyerapan nutrisi (P dan K) (Gholamhoseini *et. al.*, 2013). Laporan menunjukkan bahwa respons stomata terhadap tekanan lingkungan dapat diubah oleh konsentrasi P dalam daun dan mungkin dengan memengaruhi energetika yang terlibat dalam parameter osmotik guard cell atau dengan meningkatkan kekakuan dinding sel yang mengatur gerakan stomata (Auge, 2001). Juga, peningkatan asam tanah fosfatase yang

dimediasi oleh AMF sebagian mengurangi stres kekeringan tanaman (Wu *et. al.* 2011). Selain itu, tunas dan akar yang diinokulasi mikoriza dari kultivar jagung menunjukkan nitrat reduktase (NR) yang lebih tinggi, GS (*glutamin sintetase*) dan GOGAT (*glutamin sintase*) daripada aktivitas pucuk dan akar non-AM pada kondisi tekanan air.



Gambar 6. Mekanisme Utama Simbiosis Mikoriza dengan Tanaman

c. Cekaman Suhu Dingin

Suhu adalah salah satu faktor lingkungan utama yang sangat mempengaruhi proses kehidupan tanaman (Zrobek, 2012). Secara khusus, stres suhu rendah (dingin atau dingin; $<20^{\circ}\text{C}$) dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan memengaruhi metabolisme seluler (Thakur dan Nayyar, 2013), aktivitas molekul-makro dan penurunan potensi osmotik di lingkungan seluler (Wu dan Zou, 2010), membran plasma (pembekuan atau rigidifikasi) (Chen *et. al.* 2013), dan keseimbangan antioksidan-ROS dan destabilisasi kompleks protein (Liu *et. al.*, 2013). Mengurangi ekspansi daun dan pertumbuhan terhambat (Thakur dan Nayyar, 2013), layu dan klorosis (Thakur dan Nayyar, 2013), menurunkan konduktansi hidrolik dan hilangnya kontrol stomata (Aroca *et. al.*, 2003), dan penurunan efisiensi fotosintesis (Farooq *et. al.*,

2009) juga dilaporkan di tanaman stres dingin. Simbiosis mikoriza dilaporkan untuk meningkatkan toleransi dingin tanaman dalam penelitian yang luas (Liu *et al.*, 2013). Namun, suhu rendah (5-15°C) dilaporkan menekan kolonisasi akar, perkembangan hifa ekstraradikal dan efisiensi simbiotik (Wu dan Zou, 2010). Secara mencolok, kolonisasi akar oleh *G. etunicatum* tidak berkurang pada 5 ° C selama 1 minggu dibandingkan dengan 15 ° C (Zhu *et al.*, 2010). Banyak laporan menunjukkan bahwa tanaman dengan suhu rendah yang diinokulasi dengan mikoriza tumbuh lebih baik daripada tanaman non-mikoriza (Zhu *et al.*, 2010).

Peningkatan yang diakibatkan oleh mikoriza dalam mentoleransi suhu dingin dan akhirnya meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan yang dikaitkan dengan peningkatan yang dibantu oleh mikoriza dalam fotosintesis yang menyediakan energi untuk pertumbuhan tanaman (Gamalero *et al.*, 2009; Birhane *et al.*, 2012), status air tanaman (Zhu *et al.*, 2010) dan peningkatan metabolit, seperti gula larut, protein larut dan prolin (Latef and Chaoxing, 2011). Bahkan, pada tekanan suhu rendah, tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza menunjukkan konservasi air yang lebih tinggi dan efisiensi penggunaan air, disarankan sebagai hasil ekstraksi air dari tanah oleh mikoriza hifa jamur dan konduktivitas hidrolis dan aktivitas akar (Zhu *et al.* 2010). Peningkatan status air tanaman melalui simbiosis mikoriza juga dianggap memainkan peran tidak langsung dalam meningkatkan penyesuaian osmotik, kapasitas pertukaran gas, efektivitas fotokimia PSII dan serapan hara (Zhu *et al.*, 2012). Keterlibatan mikoriza dalam sintesis klorofil dan peningkatan selanjutnya dalam konsentrasi klorofil juga telah dilaporkan pada tanaman yang mengalami tekanan dingin. Penyesuaian osmotik dianggap sebagai kriteria penting untuk mekanisme toleransi dingin. Peningkatan yang dimediasi simbiosis AM dalam kadar metabolit dan / atau osmoprotektan seperti gula larut, protein larut dan prolin berkorelasi dengan toleransi tanaman terhadap stres dingin. Menanggapi stres, gula diketahui terakumulasi karena peran ganda mereka termasuk metabolisme umum, sintesis senyawa responsif baru dan dalam osmoproteksi. Namun, kadar gula yang tidak larut dalam mikoriza vs nonmikoriza yang lebih rendah pada suhu 8 ° C menunjukkan transfer sukrosa ke jamur AM atau hidrolisisnya menjadi gula pereduksi. Mikoriza dan suhu rendah dilaporkan untuk memodifikasi kandungan protein dalam tomat, sedangkan peningkatan protein larut terkait dengan toleransi suhu rendah (Latef dan Chaoxing 2011).

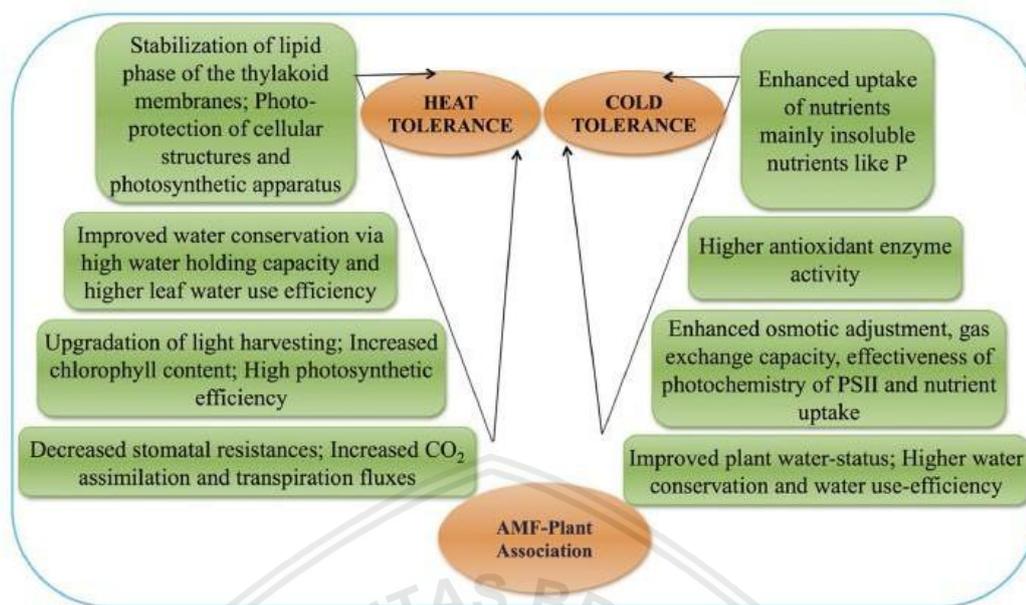
Kolonisasi AMF dalam akar mentimun dapat secara efektif memicu akumulasi fenolat, flavonoid dan lignin dalam daun di bawah suhu optimal dan sub- optimal bersama-sama dengan secara signifikan mengurangi akumulasi H₂O₂ pada suhu rendah (Chen *et. al.* 2013). Penyerapan hara tanaman terbatas di bawah tekanan suhu (Pregitzer dan King, 2005). Mikoriza memiliki potensi untuk meningkatkan penyerapan nutrisi terutama nutrisi yang tidak larut seperti P (Smith dan Read, 2008). Namun, tidak ada efek inokulasi bibit jeruk dengan *G. mosseae* pada nutrisi seperti P, K, Fe, Mn dan Zn kecuali kenaikan Ca pada 15°C menunjukkan kegagalan kapasitas AMF untuk penyerapan nutrisi pada 15 ° C jika dibandingkan dengan yang sama. pada 25°C (Wu dan Zou, 2010). Tumbuhan seperti jagung (Zhu *et. al.*, 2010) dan tomat (Latef dan Chaoxing 2011b) yang diinokulasi dengan *G. etunicatum* dan *G. mosseae*, masing-masing dilaporkan menunjukkan aktivitas SOD, CAT, POD dan APX yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang tidak diinokulasi. di bawah tekanan suhu rendah.

d. Tekanan Panas

Selama 100 tahun terakhir, terjadi peningkatan suhu sekitar 0,5°C, yang diperkirakan akan naik 0,2°C per dekade untuk dua dekade berikutnya dan 1-3°C,4°C per dekade lebih hangat pada tahun 2100 (Wahid *et. al.*, 2012). Produksi pertanian sangat dipengaruhi oleh kenaikan suhu global seperti itu, terutama efek yang ditimbulkan oleh salinitas, kekeringan, tekanan toksisitas mineral (Wahid *et. al.*, 2012). Efek stres suhu tinggi atau panas pada tanaman termasuk: (i) keterlambatan perkecambahan biji dan hilangnya vigor, (ii) pengurangan massa kering pucuk, (iii) penghambatan pertumbuhan, (iv) pembakaran daun dan ranting, (v) terbakar sinar matahari pada organ tanaman, (vi) penuaan daun dan absisi, (vii) reduksi fotosintesis dan respirasi, (viii) perubahan warna buah dan kerusakan (ix) penurunan hasil (x) cedera atau kematian sel (Wahid *et. al.*, 2007; Hasanuzzaman *et. al.*, 2013), dan (xi) peningkatan ROS yang timbul stres oksidatif (Mittler, 2002; Hasanuzzaman *et. al.*, 2013). Ada efek langsung dari suhu tinggi pada pengembangan mikoriza yang juga dapat menghambat kapasitas kolonisasi mikoriza, perkecambahan spora dan pertumbuhan hifa jamur (Jahromi *et. al.*, 2008; Miransari, 2010). Ketika suhu melebihi 30°C kolonisasi akar tanaman oleh jamur mikoriza adalah menurun (Gavito *et. al.*, 2005) dan berbahaya bagi jamur mikoriza jika suhunya dinaikkan menjadi 40oC (Martin dan Stutz, 2004). Namun, kolonisasi akar

mikoriza tidak terganggu secara signifikan oleh stres suhu tinggi tergantung pada panjang stres dan spesies jamur mikoriza dalam jagung (Zhu *et. al.*, 2012).

Menurut laporan, tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza tumbuh lebih baik di bawah suhu tinggi bila dibandingkan dengan tanaman non-mikoriza (Gavito *et. al.*, 2005). Namun, Zhu *et. al.* (2012) melaporkan tidak ada perbedaan dalam biomassa jagung yang diinokulasi *G. etunicatum* tanaman dengan tanaman yang tidak diinokulasi pada suhu tinggi. Ini mungkin karena aktivitas jamur yang tinggi atau rasio biaya / manfaat karbon yang tinggi dari jamur mikoriza dengan tanaman inang. Mikoriza mempengaruhi laju fotosintesis bersih, konduktansi stomata, laju transpirasi, dan efisiensi kuantum maksimum dari fotokimia PSII dibandingkan dengan tanaman non-mikoriza yang menunjukkan bahwa simbiosis mikoriza dapat menunjukkan kapasitas pertukaran gas yang tinggi dengan mengurangi resistensi stomata dan meningkatkan asimilasi CO₂ dan fluks transpirasi. Secara kumulatif, hasil ini jelas menunjukkan bahwa simbiosis mikoriza dapat mengurangi kerusakan pada pusat reaksi PSII dan gangguan struktural dan fungsional dari aparatus fotosintesis. Peningkatan yang dimediasi simbiosis yang dimediasi simbiosis mikoriza dipastikan meningkatkan klorofil dan akhirnya menghasilkan efisiensi fotosintesis yang tinggi di bawah tekanan panas. Simbiosis mikoriza juga bisa menstabilkan fase lipid dari membran tilakoid dan memberikan perlindungan pada struktur seluler dan peralatan fotosintesis (Zhu *et. al.*, 2012). Peningkatan penyerapan air tanaman inang oleh hifa eksternal jamur mikoriza sering dikaitkan dengan peningkatan konduktivitas hidrolik akar atau tanaman terhadap aliran air, penyesuaian keseimbangan osmotik yang menguntungkan dan komposisi karbohidrat (Evelin *et. al.*, 2009). Simbiosis mikoriza dilaporkan untuk meningkatkan konservasi air dan untuk mencegah dehidrasi dan gangguan metabolisme. Selain itu, penulis ini juga melaporkan efisiensi penggunaan air daun yang lebih tinggi (WUE) dan kapasitas penahanan air (WHC) dan dianggap AM simbiosismediasi meningkatkan kapasitas penyerapan air sebagai mekanisme utama (Zhu *et. al.* 2012).



Gambar 7. Mekanisme Utama Simbiosis Mikoriza dengan Tanaman untuk Mengurangi Cekaman Suhu Panas dan Dingin (Latef *et. al.*, 2016).

e. Tekanan Akibat Kekurangan Nutrisi

Kekurangan nutrisi mineral telah dilaporkan mempengaruhi pertumbuhan tanaman dengan menginduksi perubahan dalam pola pertumbuhan, komposisi kimia dan kapasitas pertahanan antioksidan yang pada akhirnya menyebabkan kerentanan tanaman terhadap berbagai faktor stres (Hajiboland, 2012). Khususnya mikoriza dapat meningkatkan penyerapan mikronutrien dan nutrisi mineral lainnya dengan mobilitas rendah termasuk Zn, Cu dan Fe (Baslam *et. al.*, 2013). Tanaman selada yang diinokulasi mikoriza dengan ketersediaan N dan P yang tinggi di dalam tanah menunjukkan penurunan kandungan makro dan nutrisi mikro dalam tanah (Azcón *et. al.*, 2003).

Yaseen *et. al.* (2012) mencatat terjadi peningkatan pada penyerapan nutrisi maksimum (Ca, K, Mg, P, Fe dan Si) dari buncis dalam tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza. Perkembangan jaringan hifa yang luas di tanah memperbaiki efek pH sangat rendah melalui peningkatan penyerapan P (Muthukumar *et. al.*, 2014). Sekitar 80% dari total P yang diperoleh oleh mikoriza *Medicago truncatula* disediakan oleh miselium ekstraradik dari jamur yang terkait dengan tanaman tersebut (Smith *et. al.*, 2000). Kolonisasi rumput switch oleh empat isolat jamur AM yang berbeda (*Rhizophagus intraradices* WV894, *R. clarus* WV751, *Claroideoglomus etunicatum* WV579A, dan *Acaulospora mellea* BR152A di lima tanah asam (Lily, Porter, Tatum, Rayne, dan Pacolet)

menghasilkan berbagai macam komposisi kandungan ekstraksi unsur P (Clark *et. al.*, 2005). Perbedaan kandungan P dalam ekstraksi dianggap berasal dari serapan P bervariasi oleh tanaman dengan mikoriza yang berbeda. Rohyadi (2008) mengamati peningkatan serapan P pada jagung yang diinfeksi oleh *G. margarita* dalam kondisi asam dan memperoleh hasil bahwa peningkatan kadar P pada jaringan jagung yang bersimbiosis dengan mikoriza dapat disebabkan oleh penyerapan unsur pada tanah yang lebih baik oleh hifa jamur AM (Muthukumar *et. al.*, 2014). Tanaman tumbuh di tanah asam juga memiliki akses terbatas ke beberapa nutrisi mineral penting selain P seperti K, Ca, Mg, Cu, dan Zn (Muthukumar *et. al.*, 2014). Keterbatasan nutrisi ini sering dibantu oleh jaringan hifa ekstraradik yang diperluas dari jamur mikoriza.

Peningkatan perolehan beberapa nutrisi mineral (termasuk Zn dan Cu) dilaporkan dalam jagung sebagai respons terhadap kolonisasi oleh *C. etunicatum*, *G. diaphanum*, dan *R. intraradices* dalam tanah asam dengan pH 4,2-4,5 (Clark dan Zeto, 1996). Siqueira *et. al.* (1990) juga melaporkan konsentrasi Ca yang lebih tinggi dalam jaringan rumput *brachiaria* (*Brachiaria decumbens*) diinfeksi oleh kumpulan jamur mikoriza dengan taksa yang berasal dari keasaman berbeda dibandingkan dengan tanaman non-mikoriza ketika ditanam di tanah dengan pH 4,5 (Muthukumar *et. al.*, 2014). Berbeda dengan pengamatan yang disebutkan di atas, penelitian tertentu melaporkan kurangnya manfaat tanaman dari jamur mikoriza di tanah masam (Muthukumar *et. al.*, 2014). Tanaman ubi jalar yang terdapat oleh *G. margarita* gagal meningkatkan penyerapan P, K, Ca, dan Mg ketika dibudidayakan di tanah dengan pH berkisar antara 4,2 hingga 5,2 (Yano dan Takaki, 2005). Pengamatan serupa dilakukan pada gandum yang dikolonisasi oleh spesies *Funneliformis* dan *Rhizophagus* gagal dalam meningkatkan penyerapan tanaman N, P, K, Fe, Mn, Zn dan Cu ditemukan dalam gandum *Funneliformis* dan *Rhizophagus* yang dijajah ketika ditanam pada Alfisol (Suri) yang bersifat asam.

Asosiasi jamur mikoriza dapat memodifikasi interaksi antara tanaman dan tanah dan juga melindungi tanaman inang di bawah tekanan logam / metaloid (Muthukumar dan Bagyaraj, 2010). Toksisitas Mn kurang berefek negatif pada tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza dibandingkan pada tanaman kedelai non-mikoriza meskipun konsentrasi Mn yang sama pada tanaman ini. Pada tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza, konsentrasi Mn dalam tunas dan akar lebih rendah dari pada tanaman nonmikoriza (Nogueira *et. al.*, 2004).

Inokulasi kedelai dengan *Claroideoglomus etunicatum* di bawah berbagai tingkat Mn (0, 5, 10, 20, dan 40 mg/kg) menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dan lebih sedikit gejala toksisitas Mn (Nogueira *et. al.*, 2002). Tanaman yang diinokulasi dengan *Claroideoglomus etunicatum* dan *Rhizopagus intraradices*, dan *Glomus macrocarpum* menunjukkan gejala toksisitas Mn dan telah mengurangi biomassa di tanah lempung yang menunjukkan pengaruh tipe tanah terhadap toksisitas Mn (Muthukumar *et. al.* 2014). Nogueira *et. al.* (2007) melaporkan bahwa tanaman kedelai yang diinfeksi oleh *C. etunicatum* atau *G. macrocarpum* memiliki konsentrasi Mn yang lebih tinggi selama tahap awal pertumbuhan dan konsentrasi yang lebih rendah selama fase selanjutnya dari pertumbuhan tanaman.

f. Cekaman Logam Berat

Unsur-unsur beracun di lingkungan menimbulkan ancaman bagi 'Manusia dan Biosfer' dengan mengurangi produktivitas pertanian dan merusak kesehatan ekosistem (Garg dan Singla 2012). Akumulasi tinggi berbagai logam tinggi / toksik dalam tanaman dapat membawa beberapa konsekuensi seperti: (i) penghambatan perkecambahan biji, (ii) penurunan pemanjangan akar, (iii) penghambatan pertumbuhan cepat, dan (iv) penekanan laju fotosintesis, transpirasi, klorosis daun dan penuaan daun prematur (Drzewiecka *et. al.*, 2012). Mengurangi ukuran area fotosintesis, penghambatan biosintesis klorofil juga dapat disebabkan oleh logam yang tinggi / beracun (Seregin *et. al.*, 2004). Studi juga melaporkan penghambatan dalam aktivitas enzim yang membutuhkan logam di mana, logam dianjurkan untuk mengganggu situs aktif dari banyak enzim yang terdiri dari fosfatase, ATP ase dan antioksidan enzimatik (Verma dan Dubey, 2003).

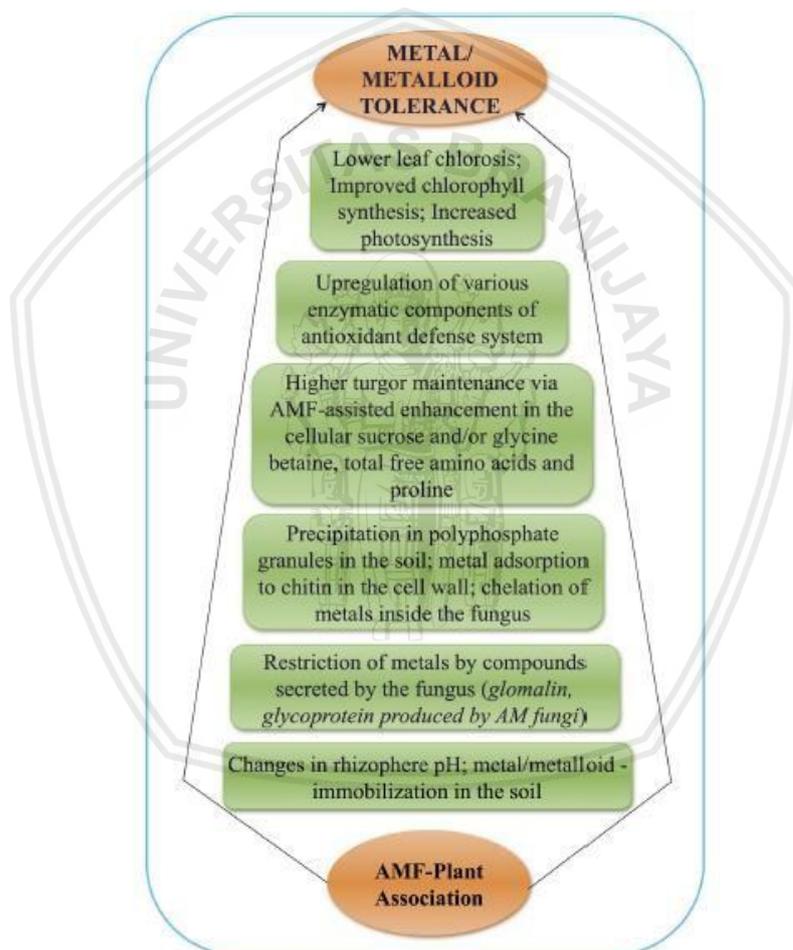
Tanaman yang digunakan dalam fitoremediasi seharusnya tidak menampilkan atau risiko yang dapat diabaikan dari transportasi logam ke tingkat trofik yang lebih tinggi (probabilitas terkondensasi untuk menginfeksi rantai makanan (Drzewiecka *et. al.*, 2012). Azcón *et. al.* (2013) menunjukkan bahwa tanaman tersebut digunakan untuk fitoremediasi, yang secara genetik mahir tumbuh di tanah dengan logam tinggi konsentrasi (Marchiol *et. al.*, 2004). Aktivitas akar tanaman yang bersimbiosis mikoriza dapat mendukung asosiasi mikroba yang sehat termasuk hidup bebas serta rhizobakteria simbiotik dan jamur mikoriza memfasilitasi fitoremediasi di rhizosfer (Wenzel *et. al.*, 2008).

Mikroba tanah sering dimodifikasi dengan baik untuk bertahan hidup di bawah tekanan logam dan mikroba tanah dapat berinteraksi dan mengubahnya dengan mengubah keadaan oksidasi mikroba tersebut (Van Hullebusch *et. al.*, 2005). Oleh karena itu, hubungan antara akar tanaman dan mikroba di rizosfer mungkin memiliki dampak besar baik pada peningkatan serapan hara maupun pada penurunan toksisitas logam (Azcón *et. al.*, 2013). Jamur mikoriza dapat memainkan peran penting dan membantu dalam meningkatkan kesehatan tanaman di tanah yang terkontaminasi logam (Glassman dan Casper, 2012). Mekanisme potensial yang mendasari peningkatan toleransi tanaman terhadap logam sebagai akibat dari inokulasi jamur mikoriza dapat dimungkinkan karena: (i) pembatasan logam oleh senyawa yang disekresikan oleh jamur (ii) pengendapan dalam butiran polifosfat dalam tanah (iii) adsorpsi logam terhadap kitin di dinding sel (iv) chelation logam di dalam jamur (v) perubahan pH rhizosphere (vi) regulasi ekspresi gen dalam kondisi stres (Malekzadeh *et. al.*, 2011)

Glikoprotein yang diproduksi oleh jamur AM yang disebut glomalin diperoleh dari tanah yang tercemar atau hifa kuat dan ireversibel merebut logam seperti Cu, Cd, dan Zn (Gonzalez *et. al.*, 2004). Oleh karena itu, jamur AM dapat meringankan logam dalam tanah, menurunkan ketersediaannya, dan mengurangi risiko toksisitas terhadap mikroorganisme tanah lainnya dan tanaman yang tumbuh di sekitarnya (Gamalero *et. al.*, 2009). Simbiosis

mikoriza dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman di lokasi-lokasi yang tercemar logam dengan memengaruhi nasib logam di dalam tanaman dan memberikan toleransi pada tanaman terhadap jenis stres ini. Kolonisasi mikoriza dapat menyebabkan peningkatan, reduksi atau tidak ada perubahan (Gamalero *et. al.*, 2009) konsentrasi logam pada tanaman tergantung pada asosiasi jamur-tanaman (Wang *et. al.*, 2005). Latif *et. al.* (2016) berpendapat bahwa penurunan kolonisasi mikoriza dengan: (i) efek merugikan dari Cu atau Cd pada perkecambahan spora jamur yang menyebabkan hilangnya kemampuan infeksi jamur, dan (ii) akumulasi Cu atau Cd pada akar yang telah menyebarkan pertumbuhan hifa AMF di dalam sel. Konsentrasi pucuk Cu, Zn, Pb, dan Cd menurun dengan *Glomus caledonium* bila dibandingkan dengan inokulasi campuran AMF (Wang *et. al.*, 2007). Promosi yang dimediasi kolonisasi mikoriza dalam pertumbuhan tanaman di bawah tekanan logam secara luas dikaitkan dengan perbaikan termediasi mikoriza pada kandungan

klorofil dan peningkatan serapan hara mineral host, terutama nutrisi tanah tidak bergerak seperti P (Garg dan Singla, 2012). Kandungan air relatif lebih tinggi (RWC) dan kandungan klorofil dilaporkan pada tanaman kacang polong AM yang terpapar toksisitas arsen As (V) yang menandakan peran kolonisasi AM dalam pemeliharaan turgor yang lebih tinggi dan klorosis daun yang lebih rendah. Pemeliharaan turgor yang lebih tinggi diperdebatkan karena peningkatan yang dibantu oleh AMF dalam sukrosa seluler dan / atau glisin betain (Garg dan Singla, 2012), dan total asam amino bebas dan prolin yang lebih tinggi (Latef, 2011) di bawah tekanan logam.



Gambar 8. Mekanisme Simbiosis Mikoriza dengan Tanaman untuk Mengurangi Cekaman Logam Berat (Latef *et. al.*, 2016).

2.3 Patogen *Alternaria porri*

2.3.1 Klasifikasi Jamur *Alternaria porri*

Penyakit bercak ungu menyerang pada berbagai jenis bawang-bawangan, Penyakit ini disebabkan oleh jamur *Alternaria porri*. Terdapatnya

penyakit ini di Indonesia sudah disebut dalam laporan tahunan, tahun 1930 (Leefmans, 1933 dalam Semangun 2007).

Jamur *Alternaria porri* (Ell.) Cif. Jamur ini dulunya sering disebut *Macrosporium porri* Ell. Miselium, konidiofor, dan konidium jamur ini tidak dapat di bedakan dengan *Alternariasolani* penyebab bercak kering pada kentang. Oleh karena itu Neergaard (dalam Semangun 2007) beranggapan bahwa *A. solani* hanyalah salah satu varietas dari *A. porri*, meskipun jamur dari bawang tidak dapat menginfeksi kentang, dan sebaliknya.

Menurut Semangun (2007), penyakit bercak ungu (*Alternaria porri* Ell. Cif.) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Eumycota
Sub Divisio	: Eumycotina
Kelas	: Hyphomycetes
Ordo	: Hypales
Family	: Dematiaceae
Genus	: Alternaria
Spesies	: <i>Alternaria porri</i> Ell. Cif.

2.3.2 Morfologi Jamur *Alternaria porri*

Alternaria porri Ell. Cif. Misellium jamur berwarna coklat, konidium dan konidiofor berwarna hitam atau coklat, konidium berbentuk gada yang bersekat-sekat, pada salah satu ujungnya membesar dan tumpul, ujung lainnya menyempit dan agak panjang. Konidium dapat disebarkan oleh angin dan menginfeksi tanaman melalui stomata atau luka yang terjadi pada tanaman. Patogen dapat bertahan dari musim ke musim pada sisa – sisa tanaman (Direktorat Perlindungan Tanaman, 2006).

Konidiofor tegak, bersekat, dengan ukuran 20-180 X 4-18 μm . Konidium berbentuk gada terbalik berwarna coklat berukuran 105-200 X 12-24 μm , dengan sekat melintang sebanyak 6-12 buah dan 3 buah sekat membujur. Konidium mempunyai paruh (beak) pada ujungnya, paruh bersekat, panjang paruh lebih kurang setengah dari panjang konidium atau lebih (Weber, 1973). Konidium dan konidiofor berwarna hitam atau coklat, konidium berbentuk gada yang bersekat-sekat, pada salah satu ujungnya membesar dan tumpul, ujung lainnya menyempit dan agak panjang. Konidium dapat disebarkan oleh angin dan menginfeksi tanaman melalui stomata atau luka yang terjadi pada tanaman.

repository.ub.ac.id

Patogen dapat bertahan dari musim ke musim pada sisa-sisa tanaman (Direktorat Perlindungan Tanaman, 2006).



(a) (b)

Gambar 9. (a) Kenampakan makroskopis, (b) Kenampakan mikroskopis (Sumber: Ristia *et. al.*, 2017)

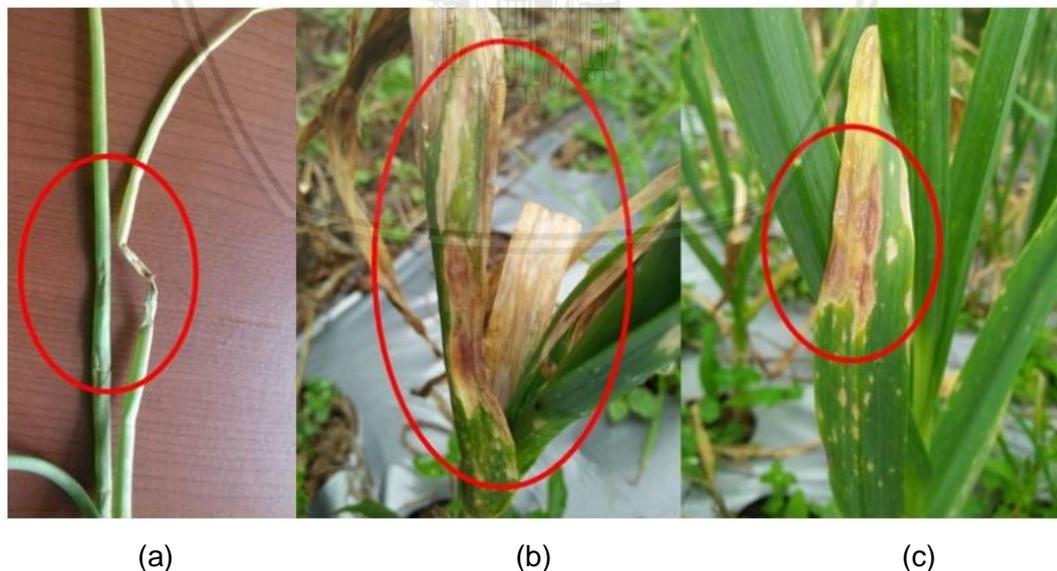
2.3.3 Gejala Serangan Jamur *Alternaria porri*

Gejala serangan ditunjukkan pada daun terdapat bercak melekok, berwarna putih atau kelabu. Ukuran bervariasi tergantung pada tingkat serangan. Pada serangan lanjut, bercak-bercak menyerupai cincin, warna agak keunguan dengan tepi agak kemerahan atau keunguan yang dikelilingi oleh zona berwarna kuning yang dapat meluas kebagian atas atau bawah bercak, dan ujung daun mengering, bisa juga berwarna coklat atau hitam terutama pada keadaan cuaca yang lembab. Infeksi pada umbi biasanya dapat terjadi pada saat panen atau setelah panen. Umbi tampak membusuk dan berair dimulai dari bagian leher. Umbi yang membusuk berwarna kuning atau merah kecokelatan (Semangun, 1994).

Pada daun terdapat bercak melekok, berwarna putih atau kelabu. Ukuran bervariasi tergantung pada tingkat serangan. Pada serangan lanjut, bercak – bercak menyerupai cincin, warna agak keunguan dengan tepi agak kemerahan atau keunguan yang dikelilingi oleh zona berwarna kuning yang dapat meluas kebagian atas atau bawah bercak, dan ujung daun mengering. Permukaan bercak bisa juga berwarna coklat atau hitam terutama pada keadaan cuaca yang lembab. Infeksi pada umbi biasanya dapat terjadi pada saat panen atau setelah panen. Umbi tampak membusuk dan berair dimulai dari bagian leher. Umbi yang membusuk berwarna kuning atau merah kecokelatan. Serangan

lanjut menyebabkan jaringan umbi yang terserang mengering, berwarna gelap dan bertekstur seperti kertas (Semangun, 1994).

Zona bercak keungu-unguan terdapat pada daun-daun, konidiofor – konidiofor dibentuk satu persatu atau secara berkelompok, konidia multiseluler dibentuk pada ujung – ujung konidiofor. Setiap sel konidium mampu berkecambah. Penyakit disebarkan melalui udara dan perkecambahan maksimum terjadi pada pukul 8 pagi sampai 2 siang. Perkembangan penyakit sangat dipengaruhi oleh angin, curah hujan, pengairan dan penyemprotan. Sporulasi terjadi pada malam hari dengan kelembaban relatif tinggi. Ketika jaringan bawang rentan, spora jamur berkecambah, tabung kecambah menembus stomata dan secara langsung bergerak terus sampai ke epidermis. Gejala pertama dapat dilihat 14 hari setelah penetrasi, jika cuaca yang menguntungkan terus berlangsung pengulangan siklus penyakit yang kedua dapat terjadi dengan cepat. Konidia tidak dapat bertahan lama setelah konidia jatuh dari batang konidiofornya. Miselium dapat juga ditemukan pada tanaman yang sakit yang dapat bertahan dari musim ke musim, lalu ketika kondisi menguntungkan konidia diproduksi pada debris. Penyakit muncul pada daun – daun yang rentan. Dari daun jamur berkembang sampai umbi menjadi tua. Tidak dapat dipastikan apakah jamur terbawa benih setiap beberapa bulan ditempat penyimpanan (Sherf and Macnab, 1986).



Gambar 10. (a) Gejala awal (b) Ujung daun mengering lalu patah, (c) Permukaan bercak kehitaman (Sumber: BPTP Balitbangtan Maluku Utara, 2017).

2.3.4 Faktor Yang Mempengaruhi Penyakit

Tanaman yang baik pertumbuhannya karena dipupuk secara seimbang dan mendapat penyiraman yang cukup kurang mendapat gangguan penyakit. Demikian juga tanaman bawang musim kemarau (Semangun, 1994). Keadaan cuaca yang lembab, mendung, hujan rintik-rintik dan mendorong perkembangan penyakit. Pemupukan dengan dosis N yang tinggi atau tak berimbang, keadaan drainase yang tidak baik dan suhu antara 30–32°C merupakan kondisi yang menguntungkan bagi perkembangan patogen (Schwartz, 2006). Jamur membutuhkan hujan dan embun yang persisten untuk reproduksi dan penetrasi. Jamur tersebut dapat tumbuh pada kisaran suhu 43 – 93°F tapi suhu optimumnya 77°F dan hampir tidak ada infeksi dibawah suhu 55°F, kelembaban optimum 90 % (Sherf And Macnab, 1986)

2.3.5 Daur Hidup Penyakit

Daur penyakit dimulai dengan zona bercak keungu-unguan terdapat pada daun, konidiofor konidiofor dibentuk satu persatu atau secara berkelompok, konidia multiseluler dibentuk pada ujung ujung konidiofor. Setiap sel konidium mampu berkecambah. Penyakit disebarkan melalui udara dan perkecambahan maksimum terjadi pada pukul 8 pagi sampai 2 siang.

Perkembangan penyakit sangat dipengaruhi oleh angin, curah hujan, pengairan dan penyemprotan. Sporulasi terjadi pada malam hari dengan kelembaban relatif tinggi. Ketika jaringan bawang rentan, spora jamur berkecambah, tabung kecambah menembus stomata dan secara langsung bergerak terus sampai ke epidermis (Semangun, 1994).

Gejala pertama dapat dilihat 1- 4 hari setelah penetrasi, jika cuaca yang menguntungkan terus berlangsung pengulangan siklus penyakit yang kedua dapat terjadi dengan cepat. Konidia tidak dapat bertahan lama setelah konidia jatuh dari batang konidiofornya. Miselium dapat juga ditemukan pada tanaman yang sakit yang dapat bertahan dari musim ke musim, lalu ketika kondisi menguntungkan konidia diproduksi pada debris. Penyakit muncul pada daun – daun yang rentan. Dari daun jamur berkembang sampai umbi menjadi tua. Tidak dapat dipastikan apakah jamur terbawa benih setiap beberapa bulan ditempat penyimpanan (Semangun, 1994).

Faktor yang mempengaruhi penyakit dapat karena dipupuk secara seimbang dan mendapat penyiraman yang cukup kurang mendapat gangguan penyakit. Keadaan cuaca yang lembab, mendung, hujan rintik-rintik dan

mendorong perkembangan penyakit. Pemupukan dengan dosis N yang tinggi atau tak berimbang, keadaan drainase yang tidak baik dan suhu antara 30–32 °C merupakan kondisi yang menguntungkan bagi perkembangan patogen (Semangun, 1994).

Pengendalian dapat dilakukan seed treatment (perlakuan benih) dengan thiram, rotasi tanaman dengan tidak menanam tanaman inang, penanaman pada tanah yang agak kering dan berdrainase sistem irigasi yang baik, kultivar resisten yang baik dan penyemprotan fungisida (Semangun, 1994).

2.4 Media Tanam

Media tanam memegang peranan penting bagi pertumbuhan dan kesehatan tanaman sirih merah. Salah satu syarat media tanam yang baik adalah porositas yaitu kemampuan media dalam menyerap air dan steril. Tingkat porositas tanaman di setiap daerah berbeda-beda, di daerah dataran rendah yang berudara panas, tingkat penguapannya tinggi, media harus mampu menahan air sehingga tidak mudah kering. Media harus terbebas dari organisme yang dapat menyebabkan penyakit, seperti bakteri, spora, jamur dan telur siput (Harsono, 1992). Media tanam alternative yang akan digunakan yaitu media tanam AMB P-07. Media AMB P-07 merupakan media tanam yang memiliki komposisi dari limbah buah tomat, rimpang jahe dan akar rumput gajah dengan perbandingan 2:1:1 yang dikomposkan (Muhibuddin, 2018). Adapun keunggulan dari beberapa bahan yang digunakan untuk pembuatan media adalah sebagai berikut :

Limbah Buah Tomat, tomat merupakan salah satu komoditas hortikultura yang sangat potensial untuk dikembangkan, karena mempunyai nilai ekonomi yang tinggi dan berpotensi sebagai produk ekspor (Suzanna et al., 2010). Produksi tomat di Indonesia mulai berkembang, tercatat tahun 2000 hingga 2014 produksinya relatif mengalami kenaikan dari 891,616 ton menjadi 915,987 ton karena jumlah permintaan yang naik (Badan Pusat Statistik, 2014). Produksi tomat yang terus meningkat, belum diimbangi dengan penanganan paska panen yang sesuai serta metode penyimpanan yang baik, oleh karena itu buah tomat mudah busuk bila tidak segera dikonsumsi ataupun diolah. Kurang baiknya dalam penanganan pasca panen buah tomat dapat menyebabkan buah tomat membusuk di berbagai pasar tradisional yang akhirnya menjadi bagian dari limbah pasar.

Buah tomat yang telah busuk sebenarnya dapat digunakan sebagai media yang baik bagi pertumbuhan bakteri pengurai. Limbah tomat merupakan limbah organik yang dapat digunakan sebagai media biakan (inokulan) bagi mikroorganisme lokal (MOL) tertentu yang mampu mendegradasi bahan-bahan organik. Mikroorganisme Lokal (MOL) merupakan salah satu bioaktivator yang dapat mempercepat dan dapat meningkatkan mutu kompos (Pratiwi, 2013). MOL adalah mikroorganisme lokal yang ditemukan diberbagai macam jenis bahan organik yang membusuk dan biasanya dapat dimanfaatkan untuk mempercepat proses degradasi sampah organik dalam pembuatan kompos. Dengan demikian limbah tomat sebagai media MOL diharapkan dapat berperan sebagai bioaktivator seperti misalnya EM4 (Sofyan, 2007). Apabila MOL dari limbah tomat dapat dimanfaatkan sebagai bioaktivator pada proses pengomposan, maka dapat memangkas pengeluaran karena limbah tomat mudah diperoleh dengan harga murah dan dapat diproduksi sendiri sebagai MOL.

Rimpang Jahe, menurut Kardinan (2002), pestisida nabati memiliki senyawa kimia yang dapat menghambat pertumbuhan jamur yang ingin dikendalikan. Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai fungisida nabati yaitu tanaman jahe. Hal ini dikarenakan rimpang jahe mengandung 2-3 % minyak astiri, 20-60 % pati, damar, asam organik, asam malat, asam oksalat serta gingerin (Mursito, 2003). Sehingga, rimpang jahe dapat digunakan sebagai bahan media tanam karena dapat menghambat perkembangan jamur maupun patogen penyebab penyakit (Paimin dan Murhananto, 2002).

Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) memiliki kualitas yang tinggi. Satu rumpun tanaman dapat mencapai 40-60 anakan apabila dipotong secara teratur. Kadar nitrogen dari hasil panen yang diadakan secara teratur berkisar antara 2 – 4%, Protein Kasar (PK) selalu diatas 7% dan menurun dengan naiknya umur tanaman. Pada daun muda nilai ketercernaan (TDN) diperkirakan mencapai 70% tetapi angka ini menurun cukup drastis pada usia tua mencapai 55% (Budiman et al, 2012). Rumput gajah memiliki akar yang tumbuh pada buku-buku dari batang yang merayap didalam tanah, keberadaan akar pada tanah akan mempercepat penutupan tanah, rumput gajah mempunyai akar serabut yang mana dapat mengikat partikel dan membentuk jalinan serta mengangkat zat hara yang telah tercuci oleh air hujan kelapisan permukaan. Sifat ini sangat menguntungkan karna dapat menyuburkan tanah. Terbukti di Uganda setelah penanaman rumput gajah selama tiga tahun, kemudian

ditanami tanaman pertanian, menunjukkan peningkatan hasil yang nyata (Rahayu, 2001). Adanya beberapa kandungan dari rumput gajah di atas menunjukkan bahwa rumput gajah dapat digunakan sebagai media tanam jika dikomposkan dengan bahan-bahan lainnya.

Rumput Gajah juga digunakan karena rumput terdapat bakteri endofit yang dapat meningkatkan hasil produksi tanaman budidaya, menurut Li *et. al.*, (2016) terdapat empat genus bakteri endofit pada rumput gajah yang dapat meningkatkan hasil produksi dan mengurangi cekaman akibat lahan yang salin, bakteri tersebut adalah *Sphingomonas*, *Pantoea*, *Bacillus*, and *Enterobacter*. Quoc (2018) juga menyebutkan bakteri endofit yang ditemukan pada rumput gajah dapat mengurangi serangan hama *Nilaparvata lugens*, bakteri yang ditemukan tersebut adalah *Bacillus pamilus* dan *Bacillus thuringiensis*. Penelitian yang dilakukan oleh Videira *et. al.*, (2012) juga menyebutkan jaringan daun, batang dan akar rumput gajah berkolonisasi dengan bakteri *Gluconacetobacter* dan *Azorspirillum* yang dimana bakteri tersebut juga menjadi biofertilizer serta PGPR.

2.5 Metabolit Sekunder

Tumbuhan menghasilkan berbagai macam senyawa organik yang tidak memiliki fungsi langsung dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Metabolit sekunder tidak memiliki peran dalam proses fotosintesis, respirasi, transportasi zat terlarut, translokasi, asimilasi nutrisi dan diferensiasi (Hartmann, 1991). Metabolit sekunder dihasilkan pada kondisi tanaman tertentu dan keadaan tertentu. Kelompok senyawa ini diproduksi dalam jumlah terbatas, tidak terus-menerus dan hanya untuk tujuan spesifik. Adanya kemampuan tanaman untuk melakukan fotosintesis menyebabkan produk metabolit sekunder yang dihasilkan tanaman sangat berbeda dari metabolit sekunder yang dihasilkan organisme lainnya.

Pada tanaman, senyawa metabolit sekunder memiliki beberapa fungsi, diantaranya sebagai atraktan (menarik organisme lain), pertahanan terhadap patogen, perlindungan dan adaptasi terhadap stress lingkungan, pelindung terhadap sinar ultra violet, sebagai zat pengatur tumbuh dan untuk bersaing dengan tanaman lain (alelopati). Metabolit sekunder juga diduga sebagai limbah atau produk detoksifikasi tanaman, namun sebagian besar fungsi metabolit sekunder masih belum diketahui (Dewick, 2009).

Bahan dasar penyusun senyawa metabolit sekunder berasal dari metabolisme primer, dan secara garis besar terbagi menjadi empat yaitu asetil koenzim A, asam sikimat, asam mevalonat dan metileritritol fosfat (Kabera *et. al.*, 2014). Berdasarkan bahan dasar tersebut kemudian dikenal adanya jalur asetat malonat, jalur sikimat, jalur mevalonat dan jalur metileritritol fosfat. Aneka jenis senyawa metabolit sekunder disintesis dari salah satu atau kombinasi dari bahan dasar penyusun tersebut.

Tumbuhan menghasilkan berbagai macam produk sekunder yang mengandung gugus fenol, gugus fungsional hidroksil pada cincin aromatik yang disebut Fenol, gugus heterogen secara kimia juga. Fenol bisa menjadi bagian penting dari sistem pertahanan tanaman terhadap hama dan penyakit termasuk nematoda parasit akar (Wuyts *et. al.*, 2006)

Flavonoid merupakan salah satu kelas fenolik tanaman terbesar, mempunyai fungsi yang sangat berbeda dalam sistem tanaman termasuk pigmentasi dan pertahanan (Kondo *et. al.*, 1992). Dua kelompok besar flavonoid yang ditemukan pada bunga adalah flavon dan flavonol berfungsi untuk melindungi sel-sel dari radiasi UV-B karena Flavonoid terakumulasi dalam lapisan epidermis daun dan batang dan menyerap cahaya dengan kuat di wilayah UV-B sambil membiarkan panjang gelombang terlihat (PAR) terlihat sepanjang tidak terganggu (Lake *et. al.*, 2009)

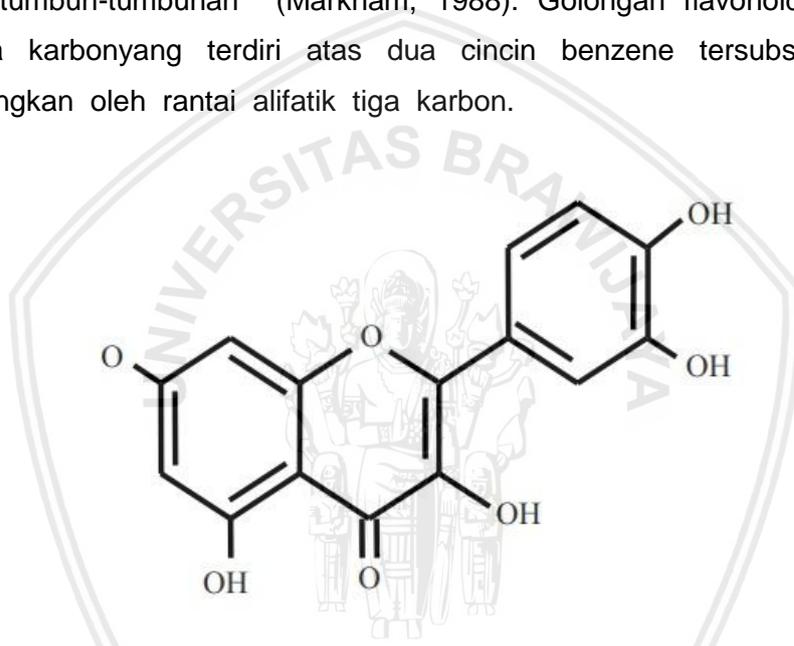
Isoflavonoid berasal dari zat antara flavonone, naringenin yang ada di mana-mana pada tanaman dan memainkan peran penting dalam respons perkembangan dan pertahanan tanaman. Isoflavonoid disekresikan oleh tanaman legum dan memainkan peran penting dalam mempromosikan pembentukan nodul akar pengikat nitrogen oleh rhizobia simbiotik (Sreevidya *et. al.*, 2006). Analisis aktivitas enzim antioksidan menunjukkan bahwa peroksidase adalah enzim yang paling aktif dalam bibit kubis merah yang terpapar stres Cu²⁺. Ini bisa dihasilkan dari fakta bahwa senyawa fenolik (Phc), yang bisa juga substrat untuk peroksidase yang berbeda adalah garis pertahanan pertama terhadap berbagai tekanan lingkungan seperti tekanan logam (Posmyk *et. al.*, 2009; Novak *et. al.*, 2004).

2.6 Flavonoid

Flavonoid merupakan salah satu kelompok senyawa metabolit sekunder yang paling banyak ditemukan di dalam jaringan tanaman (Rajalakshmi dan S. Narasimhan, 1985). Flavonoid termasuk dalam golongan senyawa fenolik

dengan struktur kimia C₆-C₃-C₆ (White dan Y. Xing, 1951; Madhavi et al., 1985; Maslarova, 2001) Kerangka flavonoid terdiri atas satu cincin aromatik A, satu cincin aromatik B, dan cincin tengah berupa heterosiklik yang mengandung oksigen dan bentuk teroksidasi cincin ini dijadikan dasar pembagian flavonoid ke dalam sub-sub kelompoknya (Hess, tt). Sistem penomoran digunakan untuk membedakan posisi karbon di sekitar molekulnya (Cook dan S. Samman, 1996).

Senyawa flavonoid adalah suatu kelompok senyawa fenol yang terbesar yang ditemukan di alam. Senyawa-senyawa ini merupakan zat warna merah, ungu dan biru dan sebagai zat warna kuning yang ditemukan dalam tumbuh-tumbuhan (Markham, 1988). Golongan flavonoid memiliki kerangka karbonyl yang terdiri atas dua cincin benzene tersubstitusi yang disambungkan oleh rantai alifatik tiga karbon.



Gambar 11. Kerangka C₆ – C₃ – C₆ Flavonoid

Pengelompokan flavonoid berdasarkan pada cincin heterosiklik- oksigen tambahan dan gugus hidroksil yang tersebar (Robinson, 1995). Golongan terbesar flavonoid memiliki cincin piran yang yang menghubungkan rantai tiga – karbon dengan salah satu cincin benzene (Harborne, 1987).

Senyawa flavonoid diturunkan dari unit C₆-C₃ (fenilpropana) yang bersumber dari asam sikimat dan unit C₆ yang diturunkan dari jalur poliketida. Fragmen poliketida ini disusun dari tiga molekul malonil-KoA, yang bergabung dengan unit C₆-C₃ (sebagai koA tioester) untuk membentuk unit awal triketida. Oleh karena itu, flavonoid yang berasal dari biosintesis gabungan terdiri atas unit-unit yang diturunkan dari asam sikimat dan jalur poliketida (Heinrich, et al., 2010).

Flavonoid terdapat pada semua bagian tumbuhan termasuk daun, akar, kayu, kulit, bunga, buah dan biji. Flavonoid terdiri dari beberapa golongan utama antara lain antosianin, flavanol dan flavon yang tersebar luas dalam tumbuhan. Sedangkan khalkon, auron, flavonol, dihidrokhalkon, dan isoflavon penyebarannya hanya terbatas pada golongan tertentu saja (Harborne, 1987).



III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Lab Kimia Universitas Ma Chung Malang, Unit Pelaksana Teknis Kompos Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang pada bulan Desember sampai April 2019.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cetok, kertas label, polybag, blender, gembor, cawan petri, *handsprayer*, tabung reaksi, jarum ose, tube, tabung *erlenmayer*, *beaker glass*, batang pengaduk, botol media, *object glass*, *cover glass*, pinset, bunsen, korek api, *autoclave*, *laminar air flow cabinet* (LAFC), timbangan, dan mikroskop.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Pupuk Organik AMB – P07, pasir, pupuk daun, isolat jamur *Alternaria porri*, alkohol 70%, aquades steril, media *potato dextrose agar* (PDA), antibiotic, plastik wrap, kapas, alumunium foil, tisu, spirtus dan mikoriza.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 6 perlakuan yaitu P- (kontrol), P+ (tanpa mikoriza), P0 (10 gram/polybag), P1 (20 gram/polybag), P2 (30 gram/polybag) dan P3 (40 gram/polybag) dengan masing-masing perlakuan terdiri dari 5 ulangan. Data yang diperoleh pada pengamatan diolah dengan sidik ragam (ANOVA) yang dilanjutkan dengan uji DMRT (Duncan Multiple Range Test) pada taraf 5%.

3.4 Persiapan Penelitian

Pada tahap persiapan penelitian dilakukan kegiatan awal sebelum penelitian utama yang mencakup studi literatur, persiapan alat dan bahan, penanaman tanaman tembakau, inokulasi patoge pada tanaman tembakau sehat.

3.4.1 Pembuatan Pupuk Organik AMB – P07

Pembuatan Pupuk Organik AMB – P07 membutuhkan bahan utama berupa limbah buah tomat, rimpang kunyit, dan daun rumput gajah dengan perbandingan

2:1:1. Bahan dihancurkan dengan alat penghancur yang terdapat pada UPT Kompos Universitas Brawijaya. Bahan yang telah dihancurkan selanjutnya ditambahkan EM4 dan molase. Selanjutnya tutup campuran bahan lalu biarkan selama 14 hari. Kelembapan, suhu dan sirkulasi udara pada proses pengomposan harus dijaga dengan menyemprotkan sedikit air setiap seminggu sekali dan mengaduk kompos (Muhibuddin, 2018).

3.4.2 Pembuatan Media Tanam AMB – P07

Media tanam AMB – P07 dibuat dengan mencampurkan Pupuk Organik AMB – P07 dengan pasir putih dan pupuk daun dengan komposisi perbandingan 6:3:1.

3.4.3 Persemaian Tanaman Tembakau

Persamaan tanaman tembakau dilakukan di nampan yang telah diisi oleh tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1. Benih tembakau ditaburkan diatas nampan dan disiram setiap hari. Setelah 35 hari pindahkan bibit ke media tanam AMB – P07.

3.4.4 Pemindahan Tanaman Tembakau pada Media AMB – P07

Pemindahan dilakukan dengan cara mencabut bibit beserta tanahnya agar akar tidak pecah dan bibit tidak mengalami stagnansi. Sebelum dipindahkan tanaman disiram terlebih dahulu.

3.4.5 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi menggunakan autoclave selama 120 menit dengan suhu 121oC. dan tekanan 1atm/1.5 psi. Alat tahan panas yang akan digunakan untuk penelitian dicuci bersih, dikeringkan dan dibungkus kertas lalu di autoclave. Alat yang tidak tahan panas disterilkan dengan alkohol 70%. Media PDA yang telah dibuat dimasukkan kedalam botol scot dan disterilkan dalam autoclave.

3.4.6 Pembuatan dan Platting Media PDA

Pembuatan media potato dextrose agar (PDA) dilakukan dengan cara menyiapkan kentang 250 gr, 20 gr dextrose, 20 gr agar dan 1 liter aquades. Umbi kentang dicuci dengan air bersih, dikuliti dan dipotong kecil dadu. Potongan kentang dimasukkan kedalam panci yang telah berisi 1000 ml air kemudian direbus selama 30 menit hingga mendidih dan kentang sedikit lunak. Setelah itu ditiriskan dan didinginkan selama 3 menit. Air rebusan tersebut disaring dan ditambahkan dextrose sebanyak 20 g dan agar 20 g. Dapat juga ditambahkan chloramphenicol agar tidak

terkontaminasi. Kemudian dimasak kembali sampai mendidih. Tuangkan ke dalam botol scot.

3.4.7 Platting Media PDA

Platting media dilakukan di tempat steril yaitu LAFC. Pertama sebelum melakukan platting adalah melakukan penyemprotan alkohol dalam LAFC kemudian LAFC ditutup dan Lampu UV dinyalakan selama 30 menit kemudian blower dinyalakan agar udara dari luar tidak masuk kedalam LAFC. Alat dan bahan dimasukkan kedalam LAFC. Tangan disterilkan dengan alkohol sebelum platting media. Bunsen dinyalakan lalu cawan petri yang telah disterilkan didekatkan pada Bunsen, lalu media PDA pada botol kaca dimasukkan ke cawan petri sedikit demi sedikit. Cawan petri yang telah diberi media di wrapping agar tidak terkontaminasi. Media didiamkan sampai padat kemudian media tersebut siap digunakan.

3.4.8 Identifikasi, Perbanyakan, Peremajaan Isolat *Alternaria porri*

Jamur *Alternaria porri* yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari BPTP (Balai Pengkajian Teknologi Perbenihan) Bogor. Isolat yang di dapatkan ditumbuhkan/diperbanyak di media PDA baru kemudian di identifikasi secara makroskopis dan mikroskopis. Koloni jamur *Alternaria porri* sebagian diambil dan diletakkan diatas gelas obek steril, ditetesi aquades steril lalu ditutup dengan cover glass dan diinkubasi selama 4 hari. Setelah 4 hari diamati di bawah mikroskop. Hasil pengamatan diidentifikasi menggunakan buku Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi.

3.4.9 Persiapan Inokulum

Persiapan inokulum yaitu dengan menggunakan 10 ml aquades steril dituangkan pada media biakan jamur *Alternaria porri* yang berumur 7 hari di cawan petri dan diratakan menggunakan spatula untuk melepaskan konidia dari media tumbuh. Setelah itu hasil suspense dimasukkan kedalam tabung reaksi dan dibuat pengenceran pada konsentrasi 10-1 spora/ml. Jumlah konidia per milliliter dihitung menggunakan haemocytometer. Rumus yang digunakan untuk menghitung konsentrasi konidia per milliliter menurut (Prasetyowati, 2003) sebagai berikut:

$$K = \frac{t \times d}{n \times 0,25} \times 10^6 \text{ konidia/ml}$$

Keterangan:

K = Jumlah konidia

t = total konidia dalam semua kotak contoh d = faktor pengenceran

n = jumlah seluruh contoh yang dihitung

0.25 = faktor koreksi

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Pembuatan Pupuk Organik AMB P-07

Pembuatan kompos atau pupuk organik AMB P-07 membutuhkan bahan utama berupa limbah buah tomat, rimpang jahe dan akar rumput gajah dengan perbandingan 2:1:1. Bahan dihancurkan dengan alat penghancur yang terdapat pada UPT Kompos Universitas Brawijaya. Bahan yang telah dihancurkan selanjutnya ditambahkan EM4 dan molase. Selanjutnya tutup campuran bahan lalu biarkan selama 5 hari. Kelembapan, suhu dan sirkulasi udara pada proses pengomposan harus dijaga dengan menyemprotkan sedikit air setiap seminggu sekali dan mengaduk kompos.

3.5.2 Pembuatan Media Tanam

Media tanam yang digunakan yaitu pupuk organik AMB P-07 yang dicampurkan dengan pasir putih dan pupuk daun dengan komposisi perbandingan 6:3:1 pada polybag 5 kg.

3.5.3 Pembibitan dan Penanaman

Bibit yang digunakan adalah umbi bawang yang sudah berkecambah. Caranya pembibitan adalah kupas bawang putih lalu letakkan dalam kulkas selama kurang lebih 2 minggu sehingga bawang putih tumbuh kecambah lalu mulai tanam atau menanam langsung bawang putih yang sudah dikupas dan nantinya akan tumbuh tunas. Kedalaman menanam bawang putih dalam polybag secara langsung yang belum berkecambah adalah sekitar 2-3 cm dari permukaan tanah. Penanaman bibit bawang putih dan pemberian perlakuan mikoriza dilakukan secara bersamaan.

3.5.4 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi menggunakan *autoclave* selama 120 menit dengan suhu 121°C dan tekanan 1.5 psi. Alat tahan panas yang akan digunakan untuk penelitian dicuci bersih, dikeringkan dan dibungkus kertas lalu di *autoclave*. Alat yang tidak tahan panas disterilkan dengan alcohol 70%. Media PDA yang telah dibuat dimasukkan kedalam botol vial 20 ml dan disterilkan dalam *autoclave*.

3.5.5 Pembuatan Media Potato Dextrose Agar (PDA)

Pembuatan media dilakukan dengan cara menyiapkan kentang 250 gr, 20 gr dextrose, 20 gr agar dan 1 liter aquades. Umbi kentang dicuci dengan air bersih, dikuliti dan dipotong kecil dadu. Potongan kentang dimasukkan kedalam panci yang telah berisi 1000 ml air kemudian direbus selama 30 menit hingga mendidih dan kentang sedikit lunak. Setelah itu ditiriskan dan didinginkan selama 3 menit. Air rebusan tersebut disaring dan ditambahkan *dextrose* sebanyak 20 gram dan agar 20 gram. Kemudian dimasak kembali sampai mendidih. Tuangkan ke dalam botol fial 20 gram.

3.5.6 Perbanyak Isolat dan Peremajaan Jamur *Alternaria porri*

Jamur *Alternaria porri* yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP). Isolat yang di dapatkan di remajakan pada media PDA yang baru. *Transplating* isolate dilakukan secara aseptis di dalam *Laminar Air Flow Cabinet* (L AFC).

3.5.7 Pembuatan Suspensi Jamur *Alternaria porri*

Pembuatan suspensi inokulum *Alternaria porri* dilakukan dengan menambahkan 10 ml aquadest steril ke dalam biakan murni jamur pada cawan petri dan dikocok sampai homogen.

3.5.8 Inokulasi Spora *Alternaria porri*

Teknik inokulasi dapat dilakukan dengan dua cara. Pertama pangkal batang tanaman bawang putih dilukai terlebih dahulu dengan cara menyayat kemudian disemprotkan suspensi spora *Alternaria porri* dengan kerapatan spora $4,13 \times 10^3$ konidia/ml selama 60 menit. Inokulasi dilakukan pada saat tanaman bawang putih berumur 21 hst. Kedua dengan cara suspensi spora *Alternaria porri* kerapatan spora $4,13 \times 10^3$ konidia/ml disiramkan pada media tanam.

3.5.9 Perawatan Tanaman Bawang Putih

Penyiraman atau pengairan harus dilakukan agar kebutuhan air tanaman bawang putih terpenuhi. Penyiraman dilakukan dengan cara menyiram air sebanyak 2 gelas aqua. Penyiraman bisa dilakukan 2-3 hari sekali pada awal pertumbuhan sedangkan pembentukan tunas sampai pembentukannya umbi penyiraman dilakukan 7-15 hari sekali. Dan saat pembentukan umbi maksimal 10 hari menjelang panen

tidak dilakukan penyiraman. Pemupukan bawang putih dengan memberikan pupuk daun sebanyak 0,5 kg.

3.6 Pengamatan Penelitian

3.6.1 Kejadian Penyakit

Perhitungan indeks penyakit dilakukan dengan cara metode skoring dengan rumus berikut ini :

$$IP = \frac{\sum (n \times v)}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan: IP = Intensitas penyakit (%), n = Jumlah daun bergejala dalam setiap kategori, v = Nilai kategori serangan, Z = Nilai kategori serangan tertinggi, dan N = Jumlah daun yang diamati, dengan kategori 0 = Tidak ada gejala, 1 = Gejala daun menguning 0-20%, 2 = Gejala daun menguning 21-40%, 3 = Gejala daun menguning 41-60%, 4 = Gejala daun menguning 61-80%, dan 5 = Gejala daun menguning >80% (Sudantha et al., 1993).

3.6.2 Pengamatan Pertumbuhan Vegetatif pada Tanaman

Pengamatan pertumbuhan vegetatif tanaman dilakukan dengan cara mengamati tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman. Tinggi tanaman diukur mulai dari permukaan tanah sampai titik tumbuh tanaman. Jumlah daun dihitung banyak daun yang sudah berkembang secara sempurna (tidak termasuk kuncup daun).

3.6.3 Uji Senyawa Flavonoid

1. Larutan uji untuk penentuan kandungan flavonoid total

Sebanyak 7,5 mg ekstrak ditimbang, lalu ditambahkan etanol p.a sampai diperoleh konsentrasi larutan uji sebesar 750,0 µg/mL.

2. Kurva baku kuersetin

Ditimbang sebanyak 25 mg baku standar kuersetin dan dilarutkan dalam 25 mL etanol. Larutan stok dipipet sebanyak 1 mL dan dicukupkan volumenya sampai 10 mL dengan etanol sehingga diperoleh konsentrasi 100 µg/mL. Dari larutan standar kuersetin 100 µg/mL, kemudian dibuat beberapa konsentrasi yaitu 15 µg/mL, 20 µg/mL, 25 µg/mL, 30 µg/mL dan 35 µg/mL. Dari masing-masing konsentrasi larutan standar kuersetin dipipet 1 mL. Kemudian ditambahkan 1 mL AlCl₃ 2% dan 1 mL kalium asetat 120 mM. Sampel diinkubasi selama satu jam pada suhu kamar.

Absorbansi ditentukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 435 nm.

3. Estimasi kandungan flavonoid total larutan uji

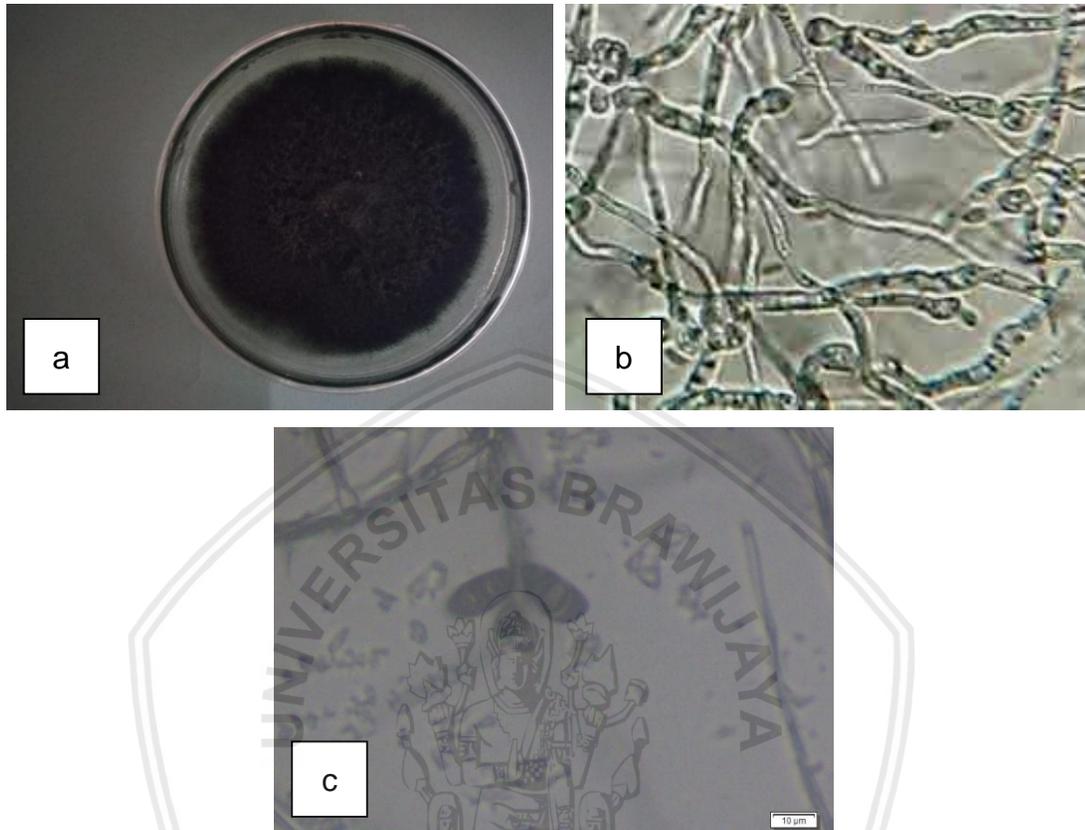
Diambil 0,5 mL larutan uji 750 $\mu\text{g/mL}$, lalu masing-masing dimasukkan ke dalam labu takar 10,0 mL dan kemudian ditambahkan 1 mL larutan AlCl_3 2% dan 1 mL kalium asetat 120 mM. Sampel diinkubasi selama satu jam pada suhu kamar. Absorbansi ditentukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 435 nm. Kandungan flavonoid total dinyatakan sebagai gram ekivalen kuersetin (mg ekivalen kuersetin per g ekstrak).

3.7 Analisa Data

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 6 perlakuan yaitu P- (Kontrol) P+ (tanpa mikoriza), P0 (10 g/polybag), P1 (20 g/polybag), P2 (30 g/polybag), P3 (40 g/polybag) serta dua variabel kontrol yaitu variabel kontrol positif dan variabel kontrol negatif dengan masing-masing perlakuan terdiri dari 5 ulangan. Data yang diperoleh pada pengamatan diolah dengan sidik ragam (ANOVA) yang dilanjutkan dengan uji DMRT (Duncan Multiple Range Test) pada taraf 5%.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 *Alternaria porri*



Gambar 1. Jamur *A. porri* penyebab bercak ungu pada bawang putih. (a) Koloni *A. porri* dalam media PDA, (b) Konidium *Alternaria porri* perbesaran 20x (Weber 1973), (c) Konidium *Alternaria porri* perbesaran 40x.

Isolat *Alternaria porri* yang didapatkan kemudian diamati melalui mikroskop, jamur membentuk koloni yang mempunyai warna cenderung cokelat kehitaman, koloni berbentuk bulat merata dengan tepi melingkar merata menutupi hampir seluruh permukaan cawan patrie (Gambar a). Bentuk konidium ganda memiliki sekat, pada sisinya membesar dan tumpul serta sisi lainnya mengecil dan sempit (Gambar b dan c). Hal ini sesuai dengan pernyataan Weber (1973), Konidiofor tegak, bersekat, dengan ukuran 20 – 180 X 4 -18 µm. Konidium berbentuk gada terbalik berwarna cokelat berukuran 105 – 200 X 12 – 24 µm, dengan sekat melintang sebanyak 6 -12 buah dan 3 buah sekat membujur. Konidium mempunyai paruh (*beak*) pada ujungnya, paruh bersekat, panjang paruh lebih kurang setengah dari panjang konidium atau lebih.

4.2 Pertumbuhan Vegetatif Tanaman

4.2.1 Tinggi Tanaman

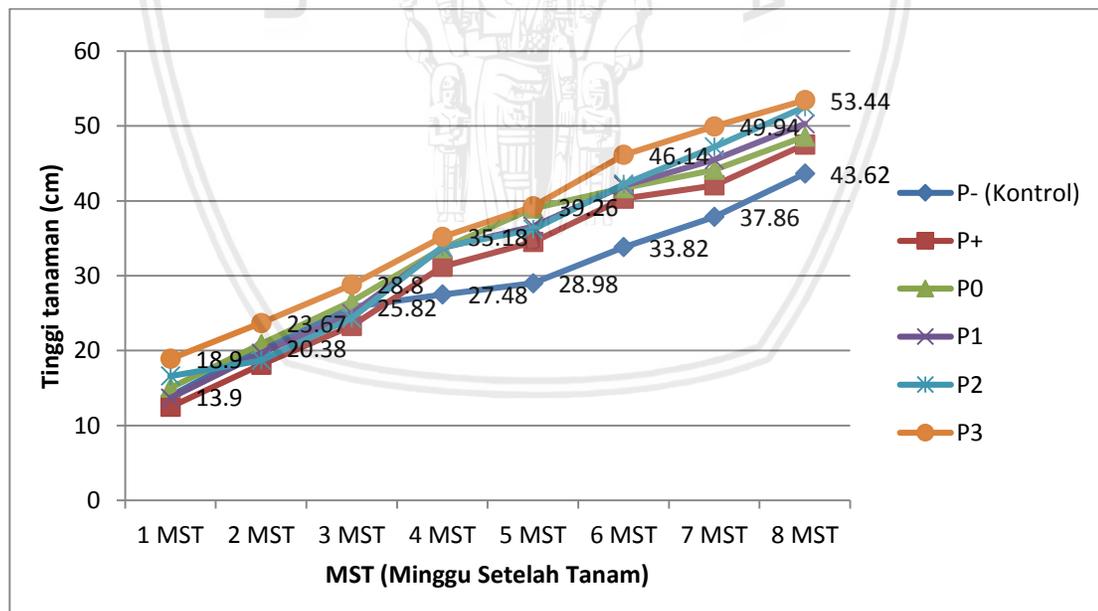
Tanaman bawang putih yang telah diberi perlakuan kemudian diukur tinggi tanaman, kemudian diuji dengan analisis ragam. Berikut ini adalah data hasil pengamatan tinggi tanaman bawang putih.

Tabel 1. Perbandingan Rata – Rata Tinggi Tanaman Bawang Putih

Rata Rata Tinggi Tanaman Bawang Putih 1-8 MST (cm)						
Perlakuan	P- (Kontrol)	P+	P0	P1	P2	P3
	28,98 a	31,18 a	33,68 a	33,29 a	33,95 a	36,92 a

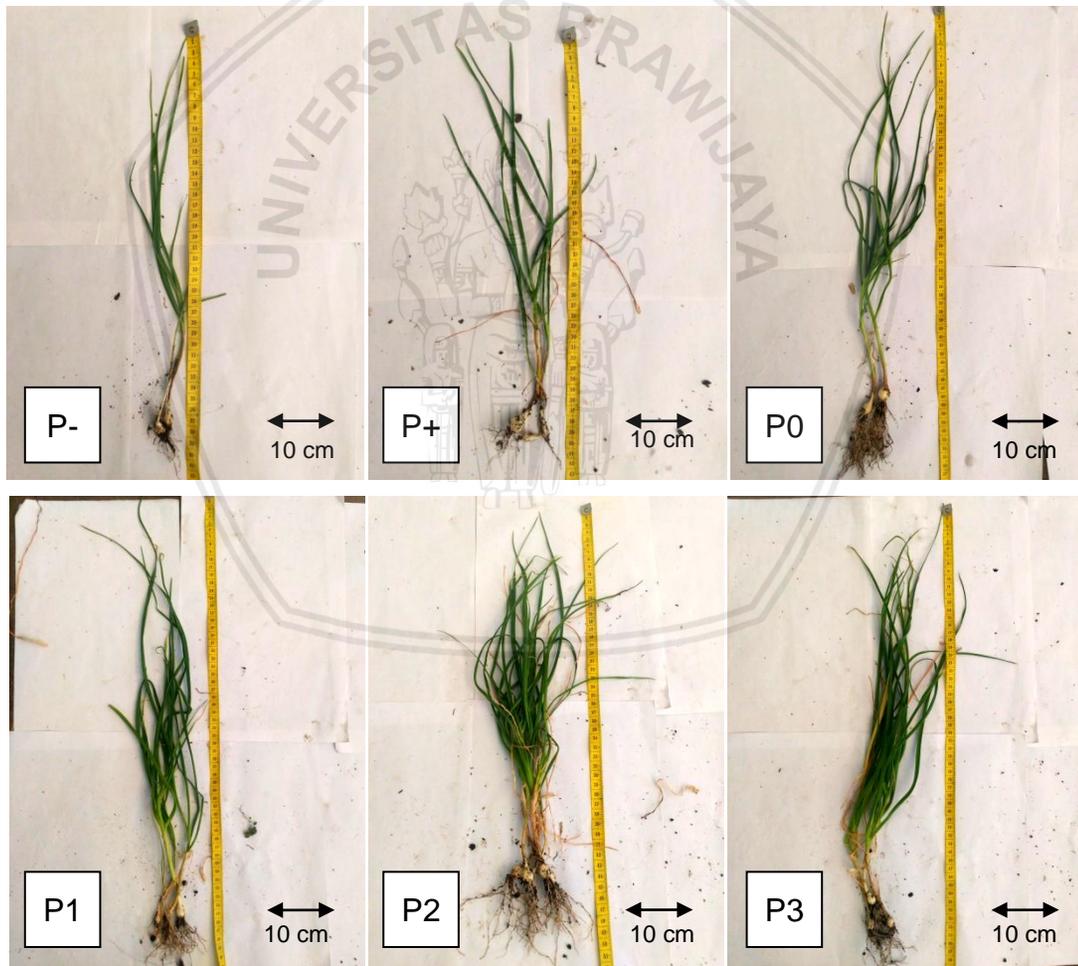
Keterangan: Bilangan yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak nyata pada uji DMRT 5%.

Hasil pengukuran tinggi tanaman bawang putih antar perlakuan menunjukkan tidak berpengaruh nyata namun terdapat perbedaan tinggi tanaman yang terlihat secara fisiologis dan terukur, perlakuan dengan tinggi tanaman terendah terdapat pada P-(Kontrol) yakni dengan rata-rata 28,98 cm sedangkan pada perlakuan P0, P1 dan P2 menunjukkan hasil tinggi tanaman yang hampir sama yakni antara 33,68-33,95 dan perlakuan tertinggi terdapat pada perlakuan P3 dengan tinggi sebesar 36,92 cm



Gambar 2. Grafik tinggi tanaman bawang putih.

Pertumbuhan tanaman dengan perlakuan P3 memiliki rata – rata tinggi tanaman lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain, pertumbuhan dari 4 mst - 8 mst pada perlakuan P3 memiliki pertumbuhan paling pesat. Pada perlakuan P3 – P2 dari 4mst sampai dengan 8mst rata – rata pertumbuhan tinggi setiap minggunya 3 – 8 cm sedangkan pada kontrol 1 – 5 cm setiap minggunya. Mikoriza dapat bersimbiosis dengan tanaman sehingga dapat membantu penyerapan unsur hara pada tanaman sehingga tanaman dapat tumbuh lebih baik. Peningkatan tinggi tanaman akibat perlakuan pemberian mikoriza sesuai dengan dengan penelitian Abror dan Mauludin (2015) yaitu pemberian mikoriza meningkatkan tinggi tanaman cabai rawit dan pada penelitian yang dilakukan oleh Syamsiah *et. al.* (2014) mikoriza juga dapat meningkatkan tinggi tanaman padi sebesar 9% dibanding dengan perlakuan padi tanpa mikoriza.



Gambar 3. Perbandingan Tinggi Tanaman Setiap Perlakuan 8 MST

4.2.2 Jumlah Daun

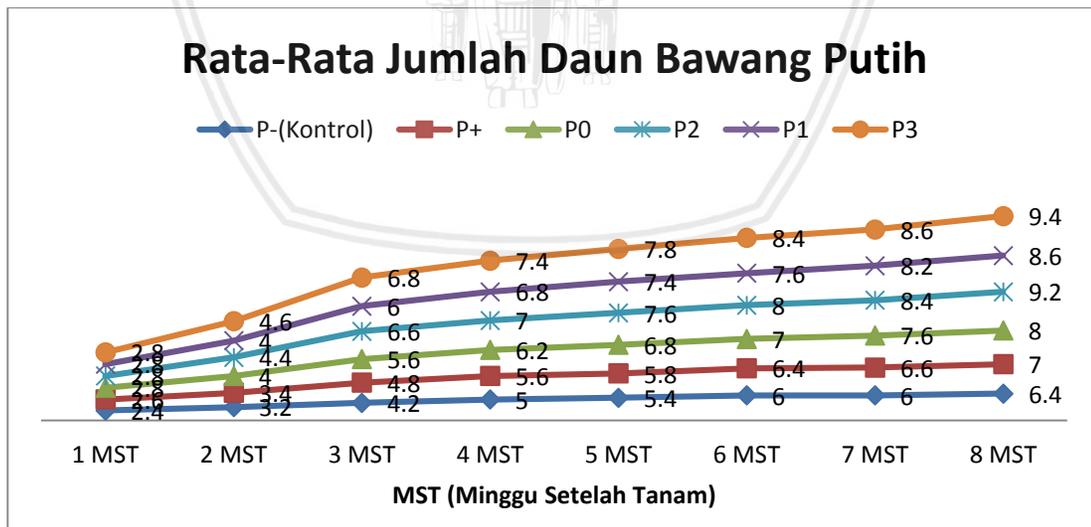
Tanaman bawang putih dihitung jumlah daun pada setiap perlakuan. Berikut ini adalah hasil jumlah daun tembakau pada setiap perlakuan pada 8 mst.

Tabel 2. Perbandingan Rata – Rata Jumlah Daun Tanaman Tembakau Pada Setiap Perlakuan

Rata Rata Jumlah Daun Bawang Putih								
Perlakuan	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST
P-(Kontrol)	2,4 a	3,2 a	4,2 a	5,4 a	5,4 a	6 a	6 a	6,4 a
P+	2,6 a	3,4 a	4,8 b	5,6 a	5,8 a	6,4 a	6,6 b	7 b
P0	2,8 a	4 b	5,6 c	6,2 b	6,8 b	7 b	7,6 c	8 c
P1	2,8 a	4 b	6 c	6,8 c	7,4 c	7,6 c	8,2 d	8,6 d
P2	2,8 a	4,4 b	6,6 d	7 c	7,6 c	8 c	8,4 d	9,2 e
P3	2,8 a	4,6 c	6,8 d	7,4 c	7,8 c	8,4 c	8,6 d	9,4 e

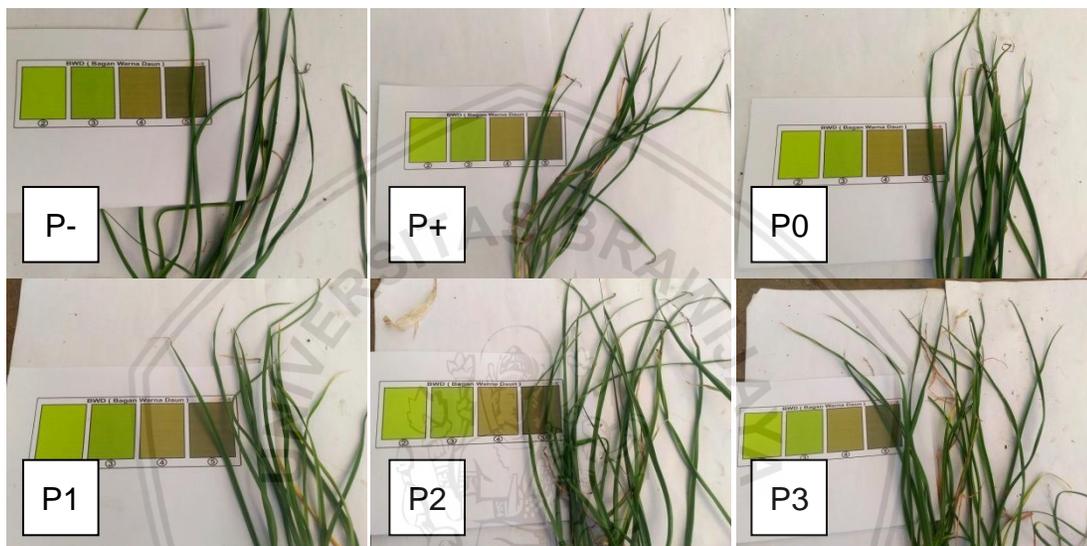
Keterangan: Bilangan yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak nyata pada uji DMRT 5%.

Hasil perhitungan jumlah daun tanaman bawang putih dari semua perlakuan dari 1-8 mst menunjukkan berbeda nyata, kecuali pada perlakuan P-(kontrol) menunjukkan tidak berpengaruh nyata, hal ini menunjukkan bahwa pengaruh mikoriza terhadap media AMB-P07 menunjukkan hasil yang berpengaruh terhadap pertumbuhan jumlah daun pada bawang putih.



Gambar 4. Histogram Jumlah Daun Bawang Putih.

Tanaman bawang putih yang diberi perlakuan mikoriza rata – rata tiap minggunya bertambah sebanyak 2 daun sedangkan pada tanaman bawang putih tanpa perlakuan hanya 1 daun tiap minggunya. Namun pada minggu 8 jumlah daun pada perlakuan P-(Kontrol) dan P+ mengalami pengurangan karena terdepdat daun yang terkena layu fusarium sehingga daun tersebut mati. Hasil yang sama juga didapatkan pada penelitian yang dilakukan Valentine *et. al.* (2017) dimana penggunaan mikoriza menghasilkan perbedaan nyata pada jumlah daun tamanan melon yang tidak menggunakan mikoriza.



Gambar 5. Perbandingan Jumlah Daun Bawang Putih Setiap Perlakuan.

4.2.3 Luas Daun

Perhitungan menggunakan aplikasi *Easy Leaf Area* yang tersedia di *Google Playstore*. Aplikasi ini menurut Easlon dan Bloom (2014) mempunyai hasil yang akurat dan dalam proses penggunaannya sangat mudah. Perhitungan dilakukan dengan cara mengambil tiga daun terbesar di setiap tanaman kemudian di rata – rata. Berikut ini adalah data luas daun setiap perlakuan tanaman:

Tabel 3. Perbandingan Luas Daun Tanaman Tembakau Setiap Perlakuan
Luas Daun Tanaman Bawang Putih 8 mst (cm²)

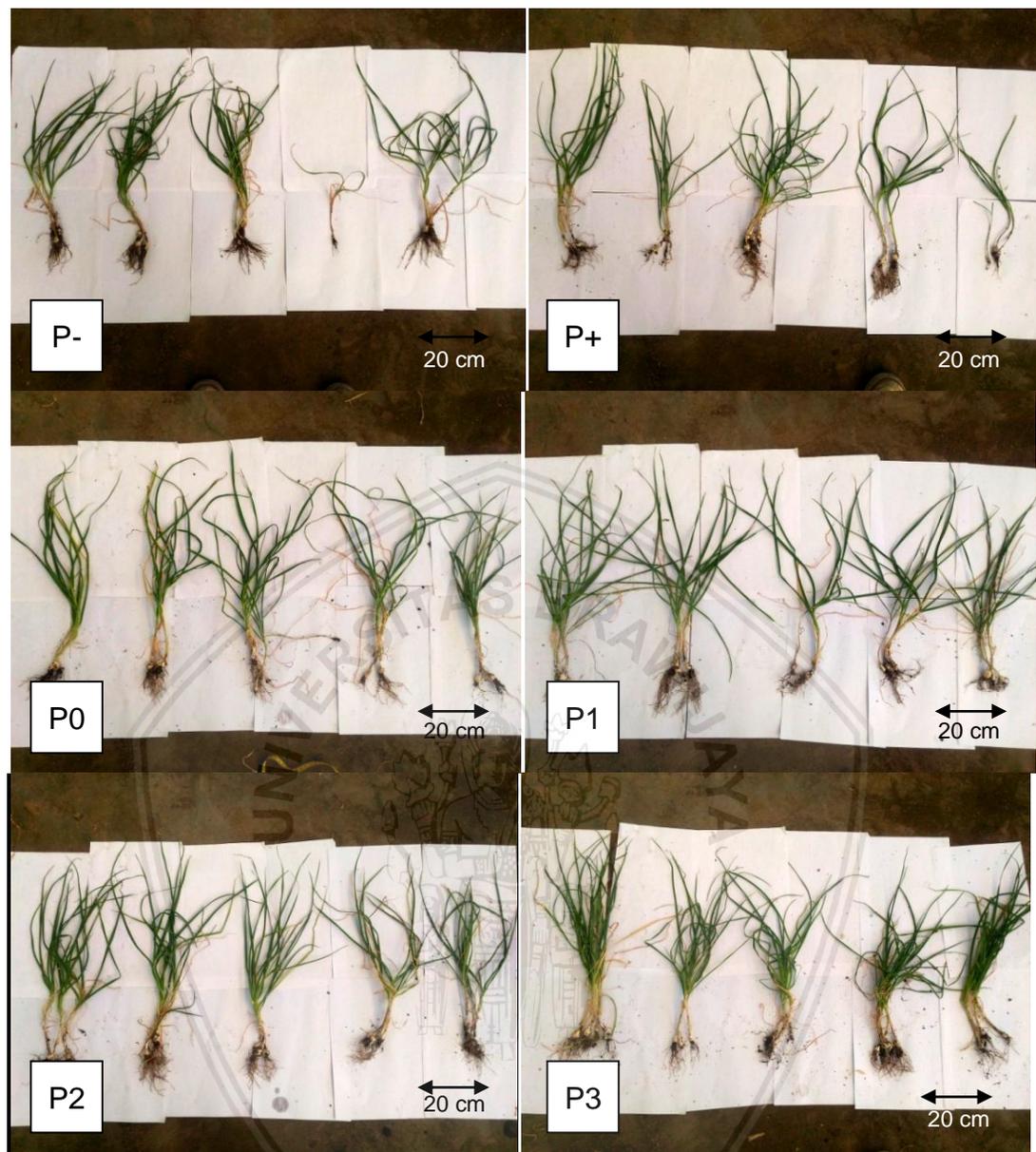
Perlakuan	P- (Kontrol)	P+	P0	P1	P2	P3
	111,8 a	126,26 b	131,12 c	131,94 c	137,44 d	142,63 e

Keterangan: Bilangan yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak nyata pada uji DMRT 5%.

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa perlakuan yang mempunyai luas daun paling besar yaitu perlakuan P3 (40g mikoriza) dengan luas rata-rata 142,63 cm². sedangkan luas daun terkecil terdapat pada perlakuan P-(kontrol) dengan rata-rata luas 111,8 cm². Pada perlakuan kontrol luas daun terbesar terdapat pada ulangan 2 yaitu sebesar 120,29 cm² dan luas daun terkecil terdapat pada ulangan 5 yaitu sebesar 100,74 cm², pada perlakuan P+ luas daun terbesar terdapat pada ulangan 5 yaitu sebesar 130,78 cm² dan luas daun terkecil terdapat pada ulangan 3 yaitu sebesar 120,53 cm², pada perlakuan P0 luas daun terbesar terdapat pada ulangan 3 yaitu sebesar 134,05 cm² dan luas daun terkecil terdapat pada ulangan 4 yaitu sebesar 129,47 cm², pada perlakuan P1 luas daun terbesar terdapat pada ulangan 1 yaitu sebesar 140,42 cm² dan luas daun terkecil terdapat pada ulangan 3 yaitu sebesar 120,30 cm², pada perlakuan P2 luas daun terbesar terdapat pada ulangan 5 yaitu sebesar 129,50 cm² dan luas daun terkecil terdapat pada ulangan 1 yaitu sebesar 154,95 cm², dan pada perlakuan P3 luas daun terbesar terdapat pada ulangan 5 yaitu sebesar 154,95 cm² dan luas daun terkecil terdapat pada ulangan 3 yaitu sebesar 137,54 cm².

Rata – rata luas daun terbesar kedua terdapat pada perlakuan P2 kemudian diikuti dengan perlakuan P1, P0 dan P+. Luas daun terkecil terkecil terdapat pada variabel kontrol dengan selisih 242 cm² dengan perlakuan P3. Pada penelitian Yadav *et. al.* (2012) mikoriza juga dapat meningkatkan luas daun mikropragasi tanaman *Spilanthes acmella* Murr., meningkatkan luas daun benih tanaman kopi (Davas, 2013), meningkatkan luas daun tanaman wijen sebesar 136% (Boureiman, 2007) dan dapat meningkatkan luas daun tanaman *Zelkova serrata* yang di tanam dalam lahan salin (Wang *et. al.*, (2019).

Semua variabel pengamatan seperti tinggi tanaman, jumlah daun dan luas daun menunjukkan bahwa perlakuan penggunaan mikoriza 40 g mempunya nilai yang paling tinggi di setiap pengamatan. Mikoriza dapat bersimbiosis dengan akar tanaman dan meningkatkan penyerapan unsur hara pada tanaman. Mekanisme penyerapan unsur oleh mikoriza menurut Kaur *et. al.* (2014) adalah jamur mikoriza melepaskan enzim seperti kitinase, peroksidase, selulase, dan protease yang memungkinkan jamur mikoriza dapat menembus substrat organik di dalam tanah.



Gambar 6. Perbandingan Pertumbuhan Bawang Putih Setiap Perlakuan

Substrat organik yang telah terurai kemudian dapat diserap dan digunakan oleh jamur dan / atau tanaman inang sebagai energi dan sumber nutrisi untuk pertumbuhan dan reproduksi.

Perbedaan penyerapan unsur hara tersebut yang dapat mempengaruhi terhadap pertumbuhan tanaman sehingga tanaman yang mempunyai kemampuan menyerap lebih banyak dan efektif mempunyai pertumbuhan lebih baik. Menurut Prajapati (2012) unsur K dibutuhkan tanaman untuk proses fotosintesis dan untuk

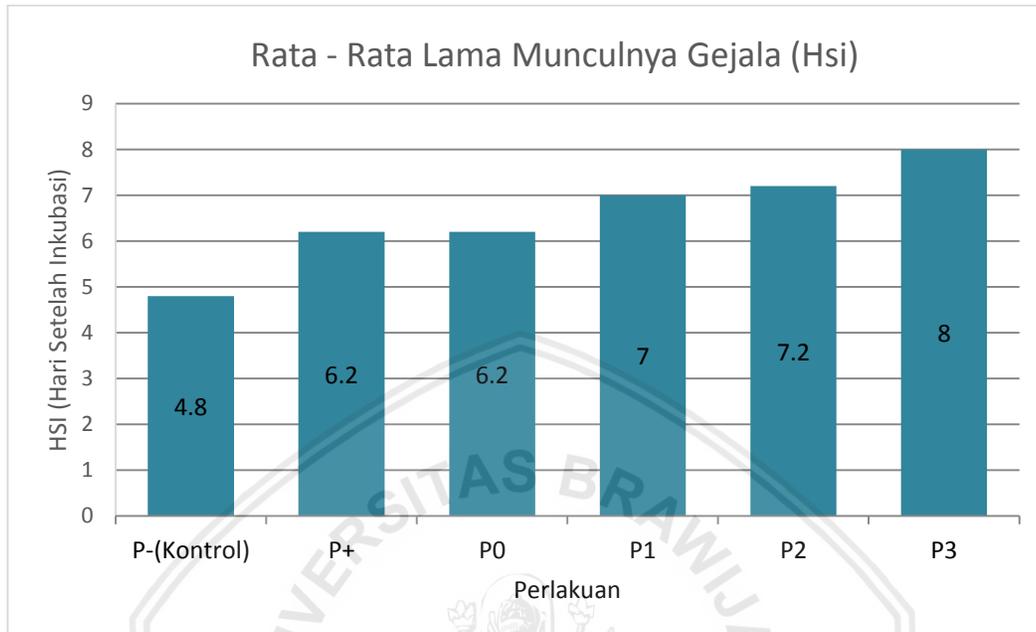
meningkatkan hasil panen tanaman, unsur N menurut Leghari *et. al.* (2016) merupakan unsur yang paling penting dalam beberapa proses pertumbuhan fisiologis tanaman seperti pertumbuhan daun dan batang serta bagian vegetative tanaman lainnya, dan unsur P menurut Malhotra *et. al.* (2018) penting untuk tanaman karena unsur P membantu pertumbuhan akar tanaman, luas daun tanaman, tinggi tanaman, jumlah daun serta meningkatkan perkecambahan benih dan vigor benih.

4.3 Lama Munculnya Gejala Penyakit Bercak Ungu (*Alternaria porri*)

Tanaman bawang putih diinokulasikan *Alternaria porri* pada 4 minggu setelah tanam. Inokulasi dilakukan dengan cara melukai daun kemudian diberi suspensi patogen sebanyak 10ml setiap tanaman. Semua tanaman yang diinokulasikan menghasilkan gejala yang sama yaitu permukaan daun menguning melingkar dan lama – kelamaan daun akan mengering dengan tanda bercak ungu. Pada awal serangan, daun tanaman bawang putih akan terdapat bercak kuning. Setelah 1 minggu, bercak daun tersebut akan lebih luas hingga muncul lingkaran ungu pada bercak dan pada akhirnya daun tanaman bawang putih akan kering dan berwarna coklat seluruhnya. Selain gejala pada daun, tanaman yang terserang bercak ungu juga terdapat gejala pada permukaan bawah daun. Daun tanaman bawang putih yang terserang penyakit bercak ungu akan berubah menjadi kuning keunguan akibat dari kehilangan banyak cairan.

Daun menguning diakibatkan Konidia *Alternaria. porri* yang mengganggu proses transportasi air dan hara pada tanaman bawang putih. Menurut Agrios (2005) konidia atau konidium *A. porri* pada awalnya masuk melalui jaringan daun tanaman. Konidia yang telah masuk ke dalam daun akan terus masuk menuju seluruh pembuluh daun tanaman. Di dalam jaringan tanaman, konidia akan menghasilkan mikrokonidia yang nantinya terbawa oleh xylem saat proses transportasi air, hara dan mineral dari daun menuju akar. Mikrokonidia tersebut akan mengganggu proses transportasi air dari akar menuju daun sehingga menyebabkan daun kekurangan air dan daun kemudian menutup stomata tanaman terserang dan daun akan mengalami layu.

Gejala bercak ungu muncul pada waktu yang berbeda beda. Berikut ini adalah diagram dari lama munculnya gejala bercak ungu pada tanaman bawang putih:



Gambar 7. Diagram Rata - Rata Lama Munculnya Gejala *Alternaria porri*.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil bahwa munculnya gejala penyakit bercak ungu lebih lama pada tanaman yang diberi perlakuan mikoriza dibanding dengan tanaman yang tidak diberi perlakuan mikoriza. Pada variabel kontrol bercak ungu rata – rata muncul pada 4-6 hari setelah inokulasi dan pada tanaman bawang putih yang diberi perlakuan mikoriza lebih dari 1 minggu yaitu yang tertinggi pada perlakuan 40g mikoriza yakni 7-9 hari setelah inokulasi. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hasanah *et. al.* (2007) dimana tanaman tomat yang di beri perlakuan mikoriza juga lebih lama muncul gejala bercak ungu dibanding dengan tanaman yang tidak diberi mikoriza.

Perhitungan IP dilakukan dengan metode skoring dengan level serangan 0-4. IP dihitung dari 1 msi 4 msi. Berikut ini adalah tabel IP penyakit bercak ungu pada tanaman bawang putih.

Tabel 4. Indeks Penyakit *Alternaria porri* pada Bawang Putih

Indeks Penyakit <i>Alternaria porri</i> Pada Bawang Putih (%)					
Perlakuan	U1	U2	U3	U4	U5
P-(Kontrol)	30,00 a	28,00 a	36,00 a	40,00 a	42,0 a
P+	36,00 a	40,00 b	22,50 a	25,70 b	40,0 a
P0	20,00 b	31,40 c	28,80 b	34,20 c	37,1 b
P1	25,00 c	27,50 c	24,40 b	20,00 d	17,7 c
P2	11,10 d	20,00 d	13,30 c	14,00 e	11,1 d
P3	10,00 e	6,60 e	12 d	6,00 f	11,1 d

Keterangan: Bilangan yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak nyata pada uji DMRT 5%.

Tabel menunjukkan perlakuan Kontrol memiliki IP tertinggi yaitu 42% dan perlakuan P3 memiliki IP terendah yakni 6%. Serangan penyakit yang diderita oleh bawang putih terus menurun signifikan sejalan dengan adanya pemberian mikoriza yang semakin bertambah. Mikoriza merupakan salah satu cara untuk pengendalian patogen, menurut penelitian Hao *et. al.* (2015) mikoriza dapat mengurangi serangan layu fusarium dan juga dapat meningkatkan beberapa senyawa metabolit sekunder seperti prolin dan polifenol oksidase yang dapat mempertebal dan melindungi permeabilitas membran tanaman sehingga mengurangi serangan *Fusarium oxysporum*. Terdapat beberapa mekanisme mikoriza dalam mengurangi serangan patogen seperti merubah pertumbuhan morfologi akar tanaman sehingga akar tanaman lebih tahan terhadap patogen tular tanah, perubahan morfologis serta peningkatan senyawa metabolit sekunder serta sistem pertahanan pada tanaman yang dapat mengurangi patogen pada tanaman, peningkatan nutrisi dan unsur hara yang diserap tanaman sehingga tanaman lebih tahan terhadap penyakit, menyebabkan kompetisi antara mikoriza dan patogen khususnya patogen tular tanah sehingga patogen tular tanah pertumbuhannya (Akhtar dan Siddiqui, 2008).

4.4 Kandungan Flavonoid Pada Bawang Putih

Asam salisilat dihitung dengan cara mengambil sampel akar secara komposit setiap perlakuan kemudian 0.5 g akar diuji dengan alat spektrofotometer. Berikut ini adalah hasil uji asam salisilat:

Tabel 5. Kandungan Flavonoid Pada Tanaman Bawang Putih

Rata – Rata Kandungan Flavonoid Pada Daun Tanaman Bawang Putih (mg)				Nilai probabilitas (p)	
Perlakuan	Kontrol	AMB-P07	AMB-P07 + Mikoriza	Kontrol terhadap AMB P07	AMB P07 terhadap AMB P07 + Mikoriza
Kandungan flavonoid (mg)	0,79	1,32	1,63	0,03	0,26

Keterangan: angka pada nilai probabilitas yang diikuti tanda (*) berbeda nyata ($p < 0.05$)

Penelitian hasil uji flavonoid dapat dilihat perlakuan bawang putih yang ditanam pada tanah konvensional P-(kontrol) mempunyai kandungan flavonoid sebesar 0,79 mg, media AMB-P07 tanpa mikoriza sebesar 1,32 dan pada media AMB-P07 dengan mikoriza mempunyai kandungan sebesar 1,63. Kandungan flavonoid pada media tanah konvensional berbeda nyata dengan perlakuan AMB-P07 + Mikoriza, hal ini sesuai dengan penelitian Harrison dan Dixon 1993, Pada tanaman *Medicago truncatula* yang bersimbiose dengan *Glomus versiforme*, maka kandungan flavonoid atau isoflavanoid meningkat. Ini terjadi karena stimulasi pada waktu tanaman terinfeksi MVA akan terbentuk kolonisasi pada perakaran, sehingga tanaman menjadi lebih tahan. Shaul et al. (2001) mengemukakan bahwa peningkatan struktur flavonoid tidak langsung berperan terhadap ketahanan tanaman, tetapi mensintesis chitinase dan enzim phenylalanine, ammonium lyase yang secara fungsional berguna untuk sifat ketahanan. Media AMB-P07 dengan AMB-P07 + mikoriza memiliki kandungan flavonoid tidak berbeda nyata, hal tersebut dikarenakan media AMB-P07 mengandung kompos rumput gajah dimana rumput gajah menurut Videira et al. (2012) jaringan daun, batang dan akar rumput gajah berkolonisasi dengan bakteri *Gluconacetobacter* dan *Azorspirillum* yang dimana bakteri tersebut juga menjadi *biofertilizer* serta PGPR. Menurut Wijayanti et al. (2007) rizobakteri dapat meningkatkan flavonoid yang sangat signifikan.

Tanaman dengan media tanam AMB dengan tambahan mikoriza mempunyai kandungan flavonoid paling tinggi dan juga memperoleh IP paling kecil sedangkan pada perlakuan kontrol kandungan flavonoid paling kecil dan memperoleh IP paling besar sehingga flavonoid berkorelasi negatif dengan IP.

Infeksi mikoriza pada akar tanaman dapat menyebabkan perubahan morfologi, seperti terjadinya lignifikasi pada bagian sel endodermis akar sehingga membentuk penghalang terhadap penetrasi patogen dan mikoriza akan menggantikan peran akar melalui hifa eksternalnya dalam penyerapan air serta unsur hara di dalam tanah. Selain itu, mikoriza juga mampu meningkatkan kandungan senyawa fenol (zat antibiotik) pada akar tanaman, seperti flavonoid, isoflavonoid, dan tanin. Terjadinya akumulasi senyawa-senyawa flavonoid ini disebabkan karena meningkatnya aktivasi enzim *Phenylalanine Ammonium Lyase* (PAL) yang berfungsi dalam menginduksi ketahanan tanaman terhadap serangan patogen. Penelitian lain menunjukkan bahwa tanaman jagung yang terinfeksi mikoriza mampu menghasilkan senyawa flavonoid. Adanya bentuk pertahanan mikoriza yang demikian ini mampu menekan serangan patogen sampai taraf yang cukup signifikan, sehingga tidak mengganggu pertumbuhan vegetatif tanaman.

Fungsi lain Flavonoid juga sebagai pigmen antosianin tanaman dimana sangat berperan penting di alam yang berguna untuk keindahan dan kecantikan dari warna bunga, buah, dan daun musim gugur. Flavonoid bertanggung jawab untuk warna kuning dan oranye, dan *anthocyanin* adalah sumber dari merah, ungu dan warna biru. Senyawa ini terutama terjadi di sintesis oleh banyak tanaman tingkat tinggi dan kurang untuk tanaman tingkat rendah. Flavonoid memainkan peran utama dalam menarik serangga untuk memberi makan dan penyerbukan tanaman. Beberapa dari mereka juga memiliki rasa pahit dan mengusir serangga berbahaya seperti ulat. (Prasasti *et. al.*, 2013)

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa dosis mikoriza yang berasosiasi dengan media tanam AMB P-07 berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman bawang putih dan ketahanan terhadap serangan bercak ungu. Luas daun dan jumlah daun tanaman bawang putih dengan perlakuan mikoriza lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa perlakuan mikoriza. Mikoriza juga berpengaruh nyata terhadap ketahanan tanaman terhadap serangan bercak ungu. Intensitas penyakit bercak ungu dengan perlakuan penambahan mikoriza berbeda nyata dengan tanaman tanpa penambahan mikoriza, pada lama munculnya gejala bercak ungu, tanaman dengan penambahan dosis mikoriza lebih lama munculnya gejala penyakit dibanding dengan tanpa penambahan mikoriza namun tidak berbeda nyata. Penambahan mikoriza pada media AMB-P07 juga dapat meningkatkan senyawa metabolit sekunder berupa flavonoid pada tanaman bawang putih dibanding dengan tanaman tanpa penambahan mikoriza.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan flavonoid pada umbi dan daun tanaman serta pengaruhnya terhadap salah satu metabolit sekunder yang berkaitan langsung dengan ketahanan terhadap penyakit bercak ungu, selain itu juga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut apakah metabolit sekunder hasil pengomposan media tanam AMB-P07 dapat diserap langsung oleh tanaman dengan bantuan mikoriza secara baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abawi, G.S., dan J.W. Lorbeer. 1972. Several aspects of the ecology and pathology of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*. *J. Phytopathol.* 62: 870-876.
- Abadi, A.L. 2003. Epidemiologi dan strategi penyakit tumbuhan. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.
- Abbaspour, H., S.S. Sar, H. Afshari, A.M.A. Wahhab. 2012. Tolerance of Mycorrhiza Infected Pistachio (*Pistacia vera* L.) Seedlings to Drought Stress Under Glasshouse Conditions. *Journal of Plant Physiology* 169: 704-709.
- Abror, M dan Mauludin, M. 2015. Pengaruh Pemberian Mikoriza Vesikular Arbuskula Terhadap Efisiensi Penyerapan Fosfat Pada Pertumbuhan Dan Produksi Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Sidoarjo.
- Agrios, G.N. 2005. *Plant Pathology: Fifth Edition*. Elsevier Academic Press. USA.
- Aguiar, A.C., dan J.M. Barea. 1996, Arbuscular Mycorrhizas and Biological Control of Soil Borne Plant Pathogens-An Overview of The Mechanisms Involved. *Journal of Mycorrhiza* 6: 457-464.
- Akhtar, M.S. dan Siddiqui, Z. A. 2008. Arbuscular Mycorrhizal Fungi as Potential Bioprotectants Against Plant Patogens. Aligarh Muslim University. India.
- Alderman, J.M dan Morton, J.B. 2006. Infectivity of Vesicular Arbuscular Mychorrhizal Fungi Influence Host Soil Diluent Combination on MPN Estimates and Percentage Colonization. *Jurnal of Soil Biolchen* 8 (1): 77-88
- Alexopoulos, C.J. dan Mims, C. W. 1979. *Introductory Mycology*. Chapman and Hall, London.
- Ali, S.T., M.M.Z. Abdin, M. Iqbal. 2008. Ontogenetic Changes in Foliar Features and Psoralen Content of *Psoralea corylifolia* Linn. Exposed to SO₂ Stress. *Journal of Environmental Biology* 29 (5): 661-668.
- Ambarish, C.N dan Sridhar, K.R. 2014. Do the giant pill-millipedes (*Arthrosphaera: Sphaerotheriida*) disseminate arbuscular mycorrhizal spores in the Western Ghats. Mangalore University. India.
- Anas, I. dan Tampubolon, J. L.O. 2004. Media Campuran Tanah - Pasir dan Pupuk Anorganik untuk Memproduksi Inokulasn Cendwan Mikoriza Arbuskula (CMA). *Buletin Agronomi* (1): 26 – 31.
- Anif, S., Rahayu, T., dan Faatih, M. 2007. Pemanfaatan Limbah Tomat Sebagai Pengganti EM-4 Pada Proses Pengomposan Sampah Organik. *Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi* 2 (8): 119 – 143.
- Anjum, N.A., M. Hasanuzzaman, M.A. Hossain, P. Thangavel, A. Roychoudhury, S.S. Gill, M.A. Rodrigo, V. Adam, M. Fujita, R. Kizek, A.C. Duarte. 2015. Jacks of Metal (Loid) Chelation Trade in Plants. *Journal of Front Plant Science* 6:192.
- Arnaud, S.M., dan V. Vujanovic. 2007. Effects of The Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis on Plant Diseases and Pests. In Hamel, C., C. Plenchette (ed.)

- Mycorrhizae in Crop Production. Haworth Food dan Agricultural Products Press. Binghamton, New York. p 67–122.
- Aroca, R., R.J.M. Lozano, A.M. Zamarreno, J.A. Paz, G.J.M. Mina, M.J. Pozo, L.J.A. Ruez. 2013. Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Influences Strigolactone Production under Salinity and Alleviates Salt Stress in Lettuce Plants. *Journal of Plant Physiology* 170: 47–55.
- Auge, R.M. 2001. Water Relations, Drought and Vesicular Mycorrhizal Fungi Symbiosis. *Journal of Mycorrhiza* 11: 3–42.
- Bagheri, V., M.H. Shamshiri, H. Shirani, H. Roosta. 2012. Nutrient Uptake and Distribution in Mycorrhizal Pistachio Seedlings Under Drought Stress. *Journal of Agriculture Science Technology* 14: 1591–1604.
- Baltruschat, H., dan F. Schonbeck. 1975. Studies on The Influence of Endotrophic Mycorrhiza on The Infection of Tobacco by *Thielaviopsis basicola*. *Journal of Phytopathology* 84: 172–188.
- Baslam, M., I. Garmendia, N. Goicoechea. 2013. Enhanced Accumulation of Vitamins, Nutraceuticals and Minerals in Lettuces Associated with Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF): A Question of Interest for Both Vegetables and Humans. *Review Agriculture* 3: 188–209.
- Becker, W.N. 1976. Quantification of Onion Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae and Their Resistance to *Pyrenochaeta terrestris*. Dissertataion University of Illinois. Urbana, IL.
- Beltrano, J., M. Ruscitti, M.C. Arango, M. Ronco. 2013. Effects of Arbuscular Mycorrhiza Inoculation on Plant Growth, Biological and Physiological Parameters and Mineral Nutrition in Pepper Grown under Different Salinity and P Levels. *Journal Soil Science Plant Nutrition* 13: 123–141.
- Bihari K M dan Gupta N. 2013. Taxonomic Series: Acaulospora, Entrophospora, and Scutellospora from Odisha. Council of Scientific and Industrial Research. India
- Bloem, E., S. Haneklaus, E. Schnug. 2005. Significance of Sulphur Compounds in The Protection of Plants Against Pests and Diseases. *Journal of Plant Nutrition* 28: 763-784.
- Bodker, L., R. Kjoller, S. Rosendahl. 1998. Effect of Phosphate and Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Glomus intraradices* on Disease Severity of Root Rot of Peas (*Pisum sativum*) caused by *Aphanomyces euteiches*. *Journal of Mycorrhiza* 8: 169–174.
- Borde, M., M. Dudhane, P.K. Jite. 2010. AM Fungi Influences The Photosynthetic Activity, Growth and Antioxidant Enzymes in *Allium sativum* L. under Salinity Condition. *Journal of Science Biology* 2: 64–71.
- Boureima S, Diouf M, Diop T A, Diatta M, Leye E M, Ndiaye F dan Seck D. 2007. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on the growth and the development of sesame (*Sesamum indicum* L.) *African Journal of Agricultural Research* 3 (3)

- Bradley, D.J., P. Kjellborn, C.J. Lamb. 1992. Elicitor and Wound Induced Oxidative Cross Linking of A Proline Rich Plant Cell Protein: A Novel Rapid Defence Response 70: 21-30.
- Brooker N., J. Windorski, E. Blumi. 2008. Halogenated Coumarins Derivatives as Novel Seed Protectants. Communication in Agriculture and Applied Biological Sciences 73 (2): 81-89.
- Brundrett, M. 2004. Diversity and classification of mycorrhizal associations. Biol. Rev. 79: 473-495.
- Brundrett M.C., Bougher N., Dells, Grove B.T. and Malajczuk N., 1996. Working With Mycorrhizas In Forestry and Agriculture. ACIAR.
- Buckman H.O. dan Brady N.C. 1982. Ilmu Tanah. Bhratara Karya Aksara. Jakarta
- Budiman, Soetrisno, S.P.S. Budhi and Indrianto A. 2012. Morphological Characteristics, Productivity And Quality Of Three Napier Grass (*Pennisetum purpureum* Schum) Cultivars Harvested At Different Age. University of Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Buntan, A.S., Bachrein, M. Rauf, Soenartiningih, dan Suarni. 1997. Interaksi dan karbohidrat terhadap pembentukan kolonisasi mikoriza vesicular Arbuskular (MVA) pada tanaman jagung. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 15(2):18-23.
- Cardoso, I.M., dan T.W. Kuyper. 2006. Mycorrhizas and Tropical Soil Fertility. Journal of Agriculture Ecosystem Environment 116: 72-84.
- Cekic, F.O., S. Unyayar, I. Ortas. 2012. Effects of Arbuscular Mycorrhizal Inoculation on Biochemical Parameters in *Capsicum annum* Grown Under Long Term Salt Stress. Journal Bot 36: 63-72.
- Chen, S., W. Jin, A. Liu, S. Zhang, D. Liu, F. Wang, X. Lin, C. He. 2013. Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) Increase Growth and Secondary Metabolism in Cucumber Subjected to Low Temperature Stress. Journal of Science Horticulture 160: 222-229.
- Choi, Y.E., E. Harada, M. Wada, H. Tsuboi, Y. Morita, T. Kusano, H. Sano. 2001. Detoxification of Cadmium in Tobacco Plants: Formation and Active Excretion of Crystals Containing Cadmium and Calcium Through Trichomes. Journal of Planta 213: 45-50.
- Clark, R.B., dan S.K. Zeto. 2000. Mineral Acquisition by Arbuscular Mycorrhizal Plants. Journal of Plant Nutrition 23: 867-902.
- Clark, R.B., V.C. Baligar, R.W. Zobel. 2005. Response of Mycorrhizal Switchgrass to Phosphorus Fractions in Acidic Soil. Journal of Commun Soil Sci Plant Anal 36: 1337-1359.
- Clemson University - USDA Cooperative Extension Slide Series. 2011. Bugwood.org
- Cordier, C., M.J. Pozo, S. Gianinazzi, G.V. Pearson. 1998. Cell Defence Responses Associated with Localised and Systemic Resistance to *Phytophthora parasitica* Induced in Tomato by An Arbuscular Mycorrhizal Fungus. Journal of Plant Microbe Interc. 11: 1017-1028.

- Daras U, Trisilawati O dan Sobari L. 2013. Pengaruh Mikoriza dan Amelioran Terhadap Pertumbuhan Benih Kopi. Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar. Sukabumi
- Davies, R.M., dan J.A. Menge. 1980. Influence of *Glomus fasciculatus* and Soil Phosphorus on *Phytophthora* Root-Rot of Citrus. *Journal of Phytopathology* 70: 447–452.
- Debnath A., Karmakar P., Debnath S., Roy Das A., Saha A.K., Das P. 2015. Arbuscular mycorrhizal and dark septate endophyte fungal association in some plants of Tripura, North-East India. *Journal Research in Environmental dan Applied Mycology* 5 (4): 398-407
- Declerck, S., J.M. Risede, G. Ruyfikiri, B. Delvaux. 2002. Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on The Severity of Root Rot of Bananas Caused by *Cylindrocladium spathiphylli*. *Journal of Plant Pathology* 51: 109–115.
- Dehne, H.W. 1982. Interactions Between Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Plant Pathogens. *Journal of Phytopathology* 72: 1115–1119.
- Dodd, J.C. 2000. The Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agro-and Natural Ecosystems. *Jurnal Agriculture* 29(1) : 63–70.
- Ditjentan. 1997. Perkembangan luas panen, rata-rata hasil dan produksi sayuran. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan Hortikultura. Jakarta.
- Eisner, T., dan J. Meinwald. 1995. *Chemical Ecology: The Chemistry of Biotic Interaction*. National Academy Press. Washington DC.
- Etten, V.H.D., J.W. Mansfield, J.A. Bailey, E.E. Farmer. 1994. Two Classes of Plant Antibiotics: *Phytoalexins* Versus "*Phytoanticipins*". *Journal of Plant Cell* 6: 1191-1192.
- Evelin, H., dan R. Kapoor. 2014. Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Modulates Antioxidant Response in Salt-Stressed *Trigonella Foenum-Graecum* Plants. *Journal of Mycorrhiza* 24(3): 197–208.
- Fan, Q.J., dan J.H. Liu. 2011. Colonization with Arbuscular Mycorrhizal Fungus Affects Growth, Drought Tolerance and Expression of Stress-Responsive Genes in *Poncirus Trifoliata*. *Journal Acta Physiology Plant* 33: 1533–1542.
- Farooq, M., T. Aziz, A. Wahid, D.J. Lee, K.H.M. Siddique. 2009. Chilling Tolerance in Maize: Agronomic and Physiological Approaches. *Journal of Crop Pasture Science* 60: 501–516.
- Fasolo, B.P., dan P. Spanu. 1992. Pathogenic and Endomycorrhizal Associations. In Norris, J.R., D.J. Read A.K. Verm (ed.) *Methods and Microbiology*, Vol., 24. *Techniques for the Study of Mycorrhiza*. Academic London. p 142–167.
- Fatawi, Z.D., H.S. Gutomo, dan Hadiwiyono. 2003. Studi Lini Dasar Terjadinya Epidemi Penyakit Busuk Pangkal Bawang Putih di Tawangmangu. Laporan Hasil Penelitian Sumber Dana DUE-Like TA.2003. PS. Agronomi. F. Pertanian. UNS. 45hal.
- Fran, F., dan N.B. Cook. 1998. *Fundamental of Diagnostic Mycology*. WB Sanders Company. Philadelphia. 283 hal.

- Fassuliotis G. 1970. Resistance of Cucumis spp. to Root-Knot Nematode. *Journal of Nematology* 2: 174.
- Flores, G.F., C.E. Olsen, B.A. Halkier. 2009. Towards Engineering Glucosinolates Into Non-Cruciferous Plants. *Journal of Planta* 229 (2): 261-270.
- Frisvad J. C. dan Filtenborg O. 1995. Introduction to food borne fungis. Netherland
- Funck, D., B. Stadelhofer, W. Koch. 2009. Ornithine-Delta-Aminotransferase is Essential for Arginine Catabolism but Not for Proline Biosynthesis. *Journal of Plant Biology* 8: 40-45.
- Gamalero, E., G. Lingua, G. Berta, B.R. Glick. 2009. Beneficial Role of Plant Growth Promoting Bacteria and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Plant Responses to Heavy Metal Stress. *Journal of Microbiology* 55: 501-514.
- Garcia, K., dan Zimmermann, S.D. 2014. The role of mycorrhizal associations in plant potassium nutrition. *Plant Science*. 5: 1-9.
- Gavito, M.E., H. Rouhier, P.A. Olsson, P.A. Medina, I. Jakobsen, B. Bago, A.C. Azcon. 2005. Temperature Constraints on The Growth and Functioning of Root Organ Cultures with Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Journal of New Phytology* 168: 179-188.
- Gershenzon, J., dan R. Croteau. 1991. Terpenoids in Herbivores Their Interaction with Secondary Plant Metabolites, Vol I. In Rosenthal G.A., M.R. Berenbaum (ed.) *The Chemical Participants*. Academic Press. San Diego. p 165-219.
- Gholamhoseini, M., A. Ghalavand, A. Dolatabadian, E. Jamshidi, K.A. Joghhan. 2013. Effects of Arbuscular Mycorrhizal Inoculation on Growth, Yield, Nutrient Uptake and Irrigation Water Productivity of Sunflowers Grown under Drought Stress. *Journal of Agriculture Water Management* 117: 106-114.
- Giovannetti M dan Mosse B. 1980. An evaluation of technique for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol* 84: 489-500.
- Gould, J.M. 1983. Probing The Structure and Dynamics of Lignin In Situ. *Journal of Plant Physiology* 14: 25-91.
- Graham, J.H., dan J.A. Menge. 1982. Influence of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Soil Phosphorus on Take-All Disease of Wheat. *Journal of Phytopathology* 72: 95-96.
- Guo QS, Chen LT, Liu ZY (2010) Study on influence of arbuscular mycorrhizal fungi on *Pinelliaternata* yield and chemical composition. *Chin J Chin Med* 35(3):333-338
- Hadiwiyono. 2004. Serangan *Fusarium* pada pertanaman Bawang Putih di Tawangmangu Jawa Tengah. Pp.203-210 in L. Susanto (ed) *Prosiding Simposium Nasional 1 tentang Fusarium*. PFI Komisariat Purwokerto dan Jur. Hama dan Penyakit Tumbuhan. F. Pertanian Unsoed Purwokerto.
- Hajiboland, R. 2013. Role of Arbuscular Mycorrhiza in Amelioration of Salinity. In Ahmad, P., M.M. Azooz, M.N.V. Prasad (Ed.) *Salt Stress in Plants: Signalling, Omics and Adaptations*. Springer New York. 301-354.

- Hameed A., E. Difuza, E.F. Abd-Allah, A. Hashem, A. Kumar, and P. Ahmad. 2014. Salinity Stress and Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis in Plants. In Miransari, M. (ed.) Use of Microbes for The Alleviation of Soil Stresses. Vol. 1, Springer Science Business Media NY. 139–159.
- Handayanto E dan Hairiyah K. 2007. Biologi Tanah. Yogyakarta: Pustaka adipura.
- Hanson J.R. 2011. Natural Products: The Secondary Metabolites. University of Sussex. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.
- Hanum C. 2008. Teknik Budidaya Tanaman Jilid 3. Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- Hao Z., Christie, P., Qin, L., Wang, C., and Li, X., 2005, Kontrol of Fusarium Wilt of cucumber seedlings by inoculation with an arbuscular mycorrhizal fungus. J. Plant Nutr 28
- Harborne J.B. 1996. Metode Fitokimia edisi kedua. ITB: Bandung.
- Harrier L.A., dan C.A. Watson. 2004. The Potential Role of Arbuscular Mycorrhizal (AM) Fungi in The Bioprotection of Plants Against Soil-Borne Pathogens in Organic And/Or Other Sustainable Farming Systems. Journal of Pest Management Science 60: 149–157.
- Harsono S. 1992. Perbanyak tanaman sirih. Warta Tumbuhan Obat Indonesia. 1(1): 22-23.
- Hartmann, T. 1991. Alkaloids In Herbivores: Their Interaction with Secondary Plant Metabolites, Vol. I. In Rosenthal G.A., M.R. Berenbaum (ed.) The Chemical Participants. Academic Press. San Diego. p 33-85.
- Hasanuzzaman, M., S.S. Gill, M. Fujita. 2013. Physiological Role of Nitric Oxide in Plants Grown under Adverse Environmental Conditions. In Tuteja, N., S.S. Gill (ed.) Plant Acclimation to Environmental Stress. Springer Science Business Media. New York. p 26–32.
- Hashemi M dan Safari M. (2016). Valorization of tomato waste proteins through production of antioxidant and antibacterial hydrolysates by proteolytic *Bacillus subtilis*: Optimization of fermentation conditions. Journal of Food Science and Technology-Mysore, 53(1) : 391–400
- Hatzig S., A. Kumar, A. Neubert, S. Schubert. 2010. PEP-Carboxylase Activity: A Comparison of Its Role in A C4 and A C3 Species under Salt Stress. Journal of Agronomy Crop Science 196: 185–192.
- Hegnauer R. 1988. Biochemical, Distribution and Taxonomic Relevance of Higher Plant Alkaloids. Journal of Phytochemistry 27: 2423-2427.
- Heinrich M., Barnes, J., Gibbons, S., Williamson, E.,M. 2010. Farmakognosi dan Fitoterapi. Penerbit Buku Kedokteran: Jakarta.
- Jahromi F., R. Aroca, R. Porcel, R.J.M. Lozano. 2008. Influence of Salinity on The in Vitro Development of Glomus Intraradices and on The in Vivo Physiological and Molecular Responses of Mycorrhizal Lettuce Plants. Journal of MicrobEcology 55: 45–53.

- Kardinan A. 2002. Pestisida Nabati. Ramuan dan aplikasi. Penebar Swadaya Jakarta.
- Kasiyadi. 1981. Analisis ekonomi usahatani bawang putih di daerah Batu Kabupaten Malang. Makalah disampaikan dalam Kongres Nasional Hortikultura I di Malang.
- Johnson R., J. Narvaez, G. An, C. Ryan. 1989. Expression of Proteinase Inhibitors I and II in Transgenic Tobacco Plants: Effects on Natural Defence Against *Manduca sexta* Larvae. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA 86: 9871-9875.
- Juniawan. 2015. Fungitoksitas Eugenol terhadap Jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense. Artikel tidak dipublikasikan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Kang S.Y., dan Y.C. Kim. 2007. Decursinol and Decursin Protect Primary Cultured Rat Cortical Cells from Glutamate-Induced Neurotoxicity. Journal of Pharmacy and Pharmacology 59(6): 863-870.
- Kang Z., dan H. Buchenauer. 2003. Immunocytochemical Localization of Cell Wall-Bound Thionins and Hydroxyproline-Rich Glycoproteins in *Fusarium culmorum*-infected Wheat Spikes. Journal of Phytopathology 151(3): 120-129.
- Kapoor R., H. Evelin, P. Mathur, B. Giri. 2013. Arbuscular Mycorrhiza: Approaches for Abiotic Stress Tolerance in Crop Plants for Sustainable Agriculture. In Tuteja, N., S.S. Gill (ed.) Plant Acclimation to Environmental Stress, Springer Science Business Media, LLC. p 359-401.
- Kaur R., A. Singh dan J.S. Kang 2014. Influence of Different Types Mycorrhizal Fungi on Crop Productivity. Current Agriculture Research Journal 2 (1): 51-54.
- Kondo T., K. Yoshida, A. Nakagawa, T. Kawai, H. Tamura, T. Goto. 1992. Structural Basis of Blue-Color Development in Flower Petals from *Commelina communis*. Journal of Nature 358: 515-518.
- Kothari S.K., H. Marschner, V. Romheld. 1990. Direct and Indirect Effects of VA Mycorrhiza and Rhizosphere Microorganisms on Mineral Nutrient Acquisition by Maize (*Zea mays* L.) in a Calcareous Soil. Journal New Phytology 116: 637-645.
- Krishna, K.R., dan D.J. Bagyaraj. 1986. Phenolics of Mycorrhizal and Uninfected Groundnut Var. MGS-7. Journal of Curr. Res. 15: 51-52.
- Kuhn O.J., Portz PL, Stangarlin JR, del Águila RM, Schwan-Estrada KRF, Frenzener G. 2006. Effect ekstrak Curcuma to *Xanthomonas axonopodis* pv. manihotis. Semina Ciências Agrárias (Londrina) 27:13-20
- Markham K.R., 1988. Cara Mengidentifikasi Flavanoid. Terjemahan Kosasih Padmawinata, Penerbit ITB: Bandung.
- Muhibuddin A. 2018. Spesifikasi kandungan nutrisi kompos. Jombang : Unwaha Press, 112.
- Mursito B. 2003. Sehat di usia lanjut dengan ramuan tradisional. Penebar Swadaya. Jakarta.

- Omon R.M. 2008. Pengaruh Dosis Tablet Mikoriza terhadap Pertumbuhan Dua Jenis Meranti Merah Asal Benih dan Stek di HPH PT. ITCIKU, Balikpapan, Kalimantan Timur. *Info Hutan* 5(4): 329-335.
- Paimin F.B. dan Murhananto. 2002. *Budidaya, pengolahan, dan perdagangan jahe*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Permadi, A.H., Alliudin dan M. Soleh. 1992. Pengaruh asal bibit terhadap daya hasil beberapa varietas bawang putih di dataran rendah dan dataran medium. *Laporan Penelitian*. Balihort Lembang.
- Pujianto. 2001. Pemanfaatan Jasad Mikro, Jamur Mikoriza Dan Bakteri Dalam Sistem Pertanian Berkelanjutan Di Indonesia, Tinjauan dari perspektif falsafah Sains. *Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Pertanian Bogor*. Review. 79: 473.
- Rahayu W.P. 2001. *Penuntun Praktikum Penilaian Organoleptik*. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi. Fakultas Teknologi Pangan. IPB. Bogor.
- Reijnders, Suwandi dan Stallen. 1991. Pengaruh lokasi ketinggian tempat terhadap pertumbuhan dan perkembangan bawang putih cv. Lumbu Putih dan Lumbu Kuning. *Laporan Penelitian*. ATA 395 Project.
- Riyadi 2012. Sehat Tanpa Obat. <http://Belalangtue.wordpress.com>. Diakses pada 28 Juni 2019.
- Robinson, T. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*. Terjemahan Kosasih Padmawinata. ITB: Bandung.
- Santoso H.B. 1988. *Bawang putih*. Kanisius Yogyakarta: 64 hal.
- Semangun H. 2004. *Penyakit Tanaman Pangan di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 449.
- Setiadi Y., dan A. Setiawan 2011. Studi Status Fungi Mikoriza Arbuskula di Areal Rehabilitasi Pasca Penambangan Nikel (Studi Kasus PT INCO Tbk. Sorowako, Sulawesi Selatan). *J. Silvikultur Tropika* 3 (1): 88-95.
- Setiadi Y. 2001. Peranan mikoriza arbuskula dalam reboisasi lahan kritis di Indonesia makalah seminar penggunaan CMA dalam sistem pertanian organik dan rehabilitasi lahan. Bandung.
- Syamsiah I.S., dan Tajudin. 2003. *Khasiat dan Manfaat Bawang Putih*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Talanca H. 2010. Status cendawan mikoriza vesikular-arbuskular (MVA) pada tanaman. *Prosiding*. 353-357.
- Talaat, N.B., dan B.T Shawky. 2014. Protective Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Plants Exposed to Salinity. *Environment Exp Bot* 98: 20-31.
- Tarigan, R., S. Barus, Kuswandi. 2018. Pengaruh Asam Salisilat dan K2HP04 Pada Ketahanan Tanaman Kentang Terhadap Penyakit Busuk Daun di Musim Penghujan. *Jurnal Hortikultura* 28 (2): 209-218

- Thakur P., dan H. Nayyar. 2013. Facing The Cold Stress by Plants in The Changing Environment: Sensing, Signaling, and Defending Mechanisms. In Tuteja, N., S.S. Gill (ed.) Plant Acclimation to Environmental Stress. Springer Science Business Media. New York. p 29–69.
- Thomma, B.P.H.J., B.P.A. Cammue, K. Thevissen. 2002. Plant Defenses. *Journal of Planta* 216(2): 193–202.
- Tohari. 1992. Tembakau dalam Fisiologi Tanaman Budidaya Tropik (Terjemahan). Gajah Idada universrty hess. p.747-836.
- Turlings T.C.J., J.H. Loughrin, P.J. McCall, U.S.R. Roese, W.J. Lewis, J.H. Tumlinson. 1995. How Caterpillar-Damaged Plants Protect Themselves by Attracting Parasitic Wasps. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the USA* 92: 4169-4174.
- Usha, K., A. Saxena, B. Singh. 2004. Rhizosphere Dynamics in Fluenced by Arbuscular Mycorrhizal Fungus (*Glomus deserticola*) and Related Changes in Leaf Nutrient Status and Yield of Kinnow Mandarin [King (*Citrus nobilis*) x Willow Leaf (*Citrus deliciosa*)]. *Journal of Agriculture* 55: 571–576.
- Valentine, K., N. Herlina., N. Aini. Pengaruh Pemberian Mikoriza dan Trichoderma sp. Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Produksi Benih Melon Hibrida (*Cucumis melo* L.). *Jurnal Produksi Tanaman* 5 (7): 1085 - 1092
- Van Etten, H., E. Temporini, C. Wasmann. 2001. Phytoalexin (and phytoanticipin) tolerance as a virulence trait: why is it not required by all pathogens. *Jurnal Physiological and Molecular Plant Pathology* 59: 83-93.
- Veloso, 2007. Sekilas Tentang Penyakit Trotol. <http://petani.desa.wordpress.com/2007/02/05/sekilas-tentang-penyakit-trotol>. Diakses tanggal 21 Juli 2019.
- Vickers, C.E, J.Gershenzon, M.T. Lerdau, F.Loreto. 2009. A unified mechanism of action for volatile isoprenoids in plant abiotic stress. *Nature Chem Ecol* 5: 283–291
- Videira, S.S., D.M. Oliveira, R.F. Morais, W.S. Borges, V.L.D. Baldani, J.I. Baldani. 2012. Genetic diversity and plant growth promoting traits of diazotrophic bacteria isolated from two Pennisetum purpureum Schum. genotypes grown in the field. *Jurnal Plant and Soil* 356 : 51-66
- Vierheilig H., B. Iseli, N. Raikhel, N. Wiemken. Do Flavonoids play a role in Root Colonization by AM Fungi. *Conference on Mycorrhizae. USA*
- Vigo C., J.R. Norman, J.E. Hooker. 2000. Biocontrol of Pathogen *Phytophthora parasitica* by Arbuscular Mycorrhizal Fungi is A Consequence of Effects on Infection Loci. *Journal of Plant Pathology* 49: 509–514.
- Vlot A.C., D.M.A. Dempsey, D.F. Klessig. 2009. Salicylic Acid, Multifected Hormone to Combat Disease. *Annual Review Phytopathology* 47: 177–206
- Vos D.M., dan G. Jander. 2009. Myzus persicae (Green Peach Aphid) Salivary Components Induce Defence Responses in Arabidopsis thaliana. *Journal of Plant Cell and Environment* 32 (11): 1548-1560.

- Wahid A., M. Farooq, I. Hussain, R. Rasheed, S. Galani. 2012. Responses and Management of Heat Stress in Plants. In Ahmad, P., M.N.V. Prasad (ed.) Environmental Adaptations and Stress Tolerance of Plants in The Era of Climate Change. Springer Science Business Media, LLC. p 135–157.
- Wang J., Z. Fu., Q. Ren., L. Zhu., J. Lin., J. Zhang., X. Cheng., J. Ma., J. Yue. 2019. Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth, Photosynthesis, and Nutrient Uptake of *Zelkova serrata* (Thunb.) Makino Seedlings under Salt Stress. Forest Article 10
- Whipps J.M. 2004. Prospects and limitations for mycorrhizas in biocontrol of root pathogens. Canadian Journal of Botany 82:1198–1227
- Wick R.L., dan L.D. Moore. 1984. Histology of Mycorrhizal and Non-Mycorrhizal *Ilex Crenata* 'Helleri' Challenged by *Thielaviopsis basicola*. Journal of Plant Pathology 6: 146–150.
- Wright S.F. 2005. Management of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. In Zobel, R.W., S.F. Wright (ed.) Roots and Soil Management: Interactions Between Roots and The Soil. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Madison. p 183–197.
- Wu, Q.S., dan Y.N. Zou. 2010. Beneficial Roles of Arbuscular Mycorrhizas in Citrus Seedlings at Temperature Stress. Journal of Science Horticultura 125: 289–293.
- Wuyts N., D.D. Waele, R. Swennen. 2006. Extraction and Partial Characterization of Polyphenol Oxidase from Banana (*Musa acuminata* Grandr Naine) Roots. Journal of Plant Physiology and Biochemical 44: 308-314.
- Yadav K., N. Singh, A. Aggarwal. 2012. Arbuscular Mycorrhizal Technology for the Growth Enhancement of Micropropagated *Spilanthes acmella* Murr. Journal Plant Protect Science 48 (1).
- Yang Y., Ou X, Yang G, Xia Y, Chen M, Guo L, Liu. 2017. Arbuscular mycorrhizal fungi regulate the growth and phyto-active compound of *Salvia miltiorrhiza* seedlings. Appl Sci 7 (1): 68.
- Yaseen T., T. Burni, F. Hussain. 2012. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Inoculation on Nutrient Uptake, Growth and Productivity of Chickpea (*Cicer arietinum*) Varieties. Journal of Agronomy Plant Prod 3: 334–345.
- Yuniarti. 2010. Kajian Pemanfaatan Ekstrak Kuliat *Acacia Mangium* Willd. Sebagai Antifungi dan Pengujiannya Terhadap *Fusarium* sp. dan *Ganoderma* sp.
- Zhang R.Q., H.H Zhu, H.Q. Zhao, Q. Yao. 2013. Arbuscular mycorrhizal fungal inoculation increases phenolic synthesis in clover roots via hydrogen peroxide, salicylic acid and nitric oxide signaling pathways. Journal of Plant Physiology 170
- Zhu X.C., F.B. Song, S.Q. Liu, T.D. Liu, X. Zhou. 2012. Arbuscular Mycorrhizae Improves Photosynthesis and Water Status of *Zea mays* L. Under Drought Stress. Journal of Plant Soil Environment 58: 186–191.
- Zou Y.N., Q.S. Wu, Y.M. Huang, Q.D. Ni, X.H. He. 2013. Mycorrhizal Mediated Lower Proline Accumulation in *Poncirus Trifoliata* Under Water Deficit Derives

from The Integration of Inhibition of Proline Synthesis with Increase of Proline Degradation. PLOS One 8: 1–8.

Żróbek S.A., 2012. Temperature stress and responses of plants. In: Ahmad P, Prasad MNV (eds.) Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the era of climate change. Springer Science Business Media.

Zubek S., K. Rola, A. Szewczyk, M.L Majewska, K. Turnau. (2015) Enhanced concentrations of elements and secondary metabolites in *Viola tricolor* L. induced by arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil* 390(1–2):129–142.

